

MERWEDE LAB

Zonnepanelen nu en in de toekomst

In samenwerking met: Merosch



NASLAGWERK

Duurzame Energie

COLOFON

Eerste druk

In opdracht van het Merwede LAB, uitgevoerd door/in samenwerking met Merosch

Merwede LAB brengt impactvolle, praktisch toepasbare, duurzame innovaties en interventies op het vlak van duurzame energie, circulair bouwen, social design, gezond stedelijk leven in het planproces van Merwede.

© Merwede LAB

Inhoudelijke vragen of opmerkingen?

Neem contact op via: office@merwedelab.nl

We hebben ons best gedaan om van alle foto's en afbeeldingen de oorspronkelijke eigenaar te achterhalen. Mocht u van mening zijn dat een foto of afbeelding onterecht zonder toestemming is opgenomen verzoeken wij u contact op te nemen met de auteur.

Merwede LAB: office@merwedelab.nl

Programma management: Brokkenmákers

Vormgeving: Studio Flauwer

Foto voorkant: LOLA Landscape Architect

Disclaimer: Dit naslagwerk dient ter inspiratie voor het verleggen van de lat in Merwede. Uitkomsten van het Merwede LAB zijn nooit automatisch aanvullende eisen of toetsingskaders. Alleen als expliciet in het Eigenarencollectief het besluit wordt genomen, kan de lat verlegd worden.

Mede mogelijk gemaakt door:

Het eigenarencollectief:

Gemeente Utrecht, Janssen de Jong,
BPD | Bouwfonds Gebiedsontwikkeling,
Synchroon, Boelens de Gruyter, G&S, AM,
Greystar, Roundhill Capital, Lingotto en
3T Vastgoed.

EFRO React EU en Kansen voor West II



INHOUDSOPGAVE

VOORWOORD	5
DOEL EN ACHTERGROND	7
INLEIDING	9
VERSCHILLENDE ZONNEPANELEN	11
ENERGIE OPBRENGST	19
MILIEU BELASTING	23
KOSTEN	31
OPWERKPATROON	37
AANBIEDERS	41
CONCLUSIE	47

VOORWOORD

Beste betrokkene bij Merwede,

Het Merwede LAB brengt impactvolle, praktisch toepasbare, duurzame innovaties en interventies op het vlak van duurzame energie, circulair bouwen, social design, gezond stedelijk leven in het planproces van Merwede. In dat kader heeft het Merwede LAB Merosch gevraagd ons mee te nemen in de laatste ontwikkelingen op gebied van PV-panelen en antwoord te geven op de volgende vragen:

We zijn in de samenwerkingsovereenkomst uitgegaan van kristallijn silicium panelen met een opwekrendement van 220 Wp/m².


- Maar wat zijn op dit moment de nieuwste innovaties, wat is toepasbaar voor Merwede met welke opbrengst en MGP impact in verhouding tot de kosten?
- Wat zijn daarnaast de toekomstige ontwikkelingen die we in de gaten moeten houden en waar we op kunnen voorsorteren voor Fase 2?

Dit rapport geeft antwoord op deze vragen en geeft aan welke ontwikkelingen wel en niet relevant zijn voor Merwede.

Hartelijke groet,

Mirjam Schmüll | Programmamanager Merwede LAB

Met medewerking van Merosch



**"ZONNEPANELEN SLIM BENUTTEN
BETEKENT VERDER KIJKEN DAN
VERMOGEN – DENK IN SEIZOENEN,
BESPAAR OP PIEKEN!"**

DOEL EN ACHTERGROND

DOELSTELLING

Wat is de laatste stand der techniek van op gebied van **PV**? Wat is de **opbrengst** en mate van **circulariteit** in verhouding tot de **kosten** nu en in de komende jaren.

In de samenwerkingsovereenkomst(SOK) is uitgegaan van kristallijn silicium panelen met een opwekrendement van 220 Wp/m².

- Is dat het hoogst haalbare of zijn er nieuwe ontwikkelingen die meegenomen kunnen worden?
- Wat zijn daarnaast de toekomstige ontwikkelingen die Merwede in de gaten moeten houden en waar Merwede op kan voorsorteren voor Fase 2?

ACHTERGROND

Merwede is een integrale duurzame ontwikkeling. We sturen in de ontwikkeling van deze stadswijk niet alleen op duurzame energie, maar maken integrale afwegingen op de thema's energie, circulair, social design en gezond stedelijk leven, om de ambitie van een toekomstbestendige, geliefde stadswijk te realiseren. Dit zorgt voor een optimalisatie & integratie van alle ambities en geen maximalisatie van 1 ambitie.

Om binnen de beperkte ruimte op de daken binnen Merwede zo optimaal mogelijk te gebruiken, is in de samenwerkingsovereenkomst (SOK) het principe 'geen dak onbenut' afgesproken. Ten behoeve van klimaatbestendigheid, gezondheid, biodiversiteit en tegengaan van hittestress dient gemiddeld 50% van het dakoppervlak te worden gebruikt voor groenvoorzieningen. De overige 50% van het dakoppervlak kan gebruikt worden voor PV-panelen om duurzame elektriciteit op te wekken.

INLEIDING

Om een beeld te krijgen van de potentiële opwekcapaciteit van deze zonnepanelen is het van belang een overzicht te hebben van panelen die op de markt zijn, nu en in de toekomst. Aangezien Merwede de komende jaren gedurende een lange periode gerealiseerd zal worden, zijn de trends en ontwikkelingen voor de komende 10 jaar meegenomen in de analyse.

Drie kenmerken van zonnepanelen zijn uitgewerkt:

- de energieopbrengst van de panelen,
- de belasting op het milieu
- en de kosten van de panelen.

Voor alle drie kenmerken wordt in deze notitie de huidige stand van zaken en de verwachting op langere termijn omschreven. Tot slot is een overzicht weergegeven van verschillende aanbieders/fabrikanten van hoge kwaliteit zonnepanelen. Dit kan een goed startpunt zijn voor een volgende stap in de besluitvorming van welke zonnepanelen geschikt zijn voor Merwede.

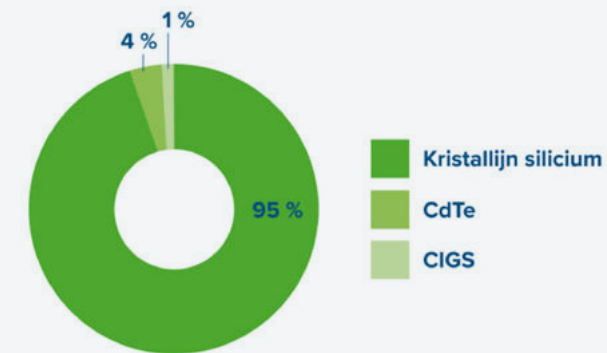
VERSCHILLENDE **ZONNEPANELEN**

HUIDIGE TYPE ZONNEPANELEN

Op dit moment zijn er drie technieken van PV-panelen die de markt domineren:

- Kristallijn silicium panelen
- Dunne film CIGS panelen
- Dunne film CdTe panelen

In het figuur is het marktaandeel van de verschillende PV-panelen te zien.



Figuur: Het marktaandeel van de verschillende typen PV-panelen in 2020

Kristallijn silicium panelen

De panelen die veruit het meest gebruikt worden zijn kristallijn silicium panelen met een marktaandeel van 95%¹. Tenzij er een specifieke toepassing nodig is, waar flexibele of lichtgewicht panelen nodig zijn, zijn dit de meest geschikte panelen voor grootschalige opwek op daken. Binnen de silicium panelen kan er onderscheid gemaakt worden tussen de monokristallijn en polykristallijn panelen. Monokristallijn zonnepanelen zijn zwart en egaal, polykristallijne zonnepanelen zijn blauw en zien er minder egaal uit. De monokristallijn zonnepanelen zijn gemiddeld gezien iets duurder dan polykristallijne zonnepanelen, maar wekken ook meer stroom per vierkante meter op.

¹ www.circulairremaakindustrie.nl

Dunne film panelen

CdTe en CIGS panelen betreffen samen de overige 5% van de markt. Dit zijn dunne flexibele PV-panelen geschikt voor diverse toepassingen. Met een korte levensduur en lagere efficiency zijn ze vaak minder aantrekkelijk dan de silicium panelen.

INNOVATIE OP DE LANGE TERMIJN

Naast de technieken die op dit moment veel verkocht worden, zullen in de toekomst ook andere innovatieve zonnepanelen terrein winnen. De belangrijkste innovaties worden hieronder beschreven.

TANDEMZONNECELLEN

We willen in Nederland de maximale opbrengst uit zonne-energie halen binnen de beschikbare vierkante meters, zo ook in Merwede. Het toepassen van zonnepanelen met tandemzonnecellen, bijvoorbeeld kristallijn silicium-zonnecellen gecombineerd met perovskiet, is een veelbelovende techniek². Bij tandemzonnecellen kan door het gebruik van twee materialen op elkaar met verschillende straling- absorberende materialen een hoger gedeelte van de energie uit het zonlicht gehaald. De eerste commercieel massa geproduceerde zonnepanelen met tandemzonnecellen zullen waarschijnlijk in 2023 op de markt komen. Het voordeel van tandemzonnecellen is dat ze een aanzienlijk hogere theoretische efficiency kunnen behalen van 43%. Ter vergelijking, 'normale' zonnecellen hebben een theoretisch maximum van 29% rendement³.

HETEROJUNCTION ZONNECELLEN

Deze cellen combineren twee technologieën: een silicium cel ingesloten door twee lagen van dunne film lagen. In de International Technology Roadmap of Photovoltaic (ITRPV) wordt verwacht dat deze techniek commercieel veel

² www.tno.nl/nl/aandachtsgebieden/energietransitie/roadmaps/hernieuwbare-elektriciteit/zonne-energie/rendement-zonnepanelen/tandem-pv

³ www.oxfordpv.com

terrein zal winnen. Jaarlijks wordt dit rapport uitgebracht waarin de belangrijkste trends besproken worden voor de sector. Net als bij de tandemcellen wordt gebruik gemaakt van verschillende materialen, waardoor een hoger rendement behaald kan worden. Op dit moment scoort het rendement ongeveer 1% hoger dan silicium panelen. De verwachting is dat dit verschil de komende jaren blijft.

MEERLAAGSE ZONNECELLEN

Naast de tandem, is het mogelijk nog meer lagen van verschillende stralings-absorberende materialen te stapelen. Vanwege de hoge kosten wordt dit echter voornamelijk gebruikt voor concentrated solar energy. Hierbij worden meedraaiende spiegels gebruikt om zonne-energie te bundelen en op een zeer efficiënt zonnepaneel te richten. Voor deze techniek is echter veel ruimte nodig en daarom niet geschikt in de gebouwde omgeving.

EEN DUBBELZIJDIG ZONNEPANEEL

Een dubbelzijdig of bifacial type zonnepaneel heeft aan beide kanten zonnecellen en wekt daardoor meer stroom op. Dit soort zonnepanelen werkt dus vooral als er sprake is van weerkaatsing van het licht, bijvoorbeeld op het water, in de sneeuw of boven een witte ondergrond. Op huizen en gebouwen zal dit niet geschikt zijn, omdat er dan geen sprake is van dubbelzijdige inval van licht.

DOORZICHTIGE ZONNEPANELEN

Een nieuwe innovatieve technologie is een raam dat tevens stroom opwekt door doorzichtige panelen te gebruiken. Deze techniek staat nog in de kinderschoenen en heeft een beperkt rendement, maar zou in de toekomst een significantere rol kunnen gaan spelen.

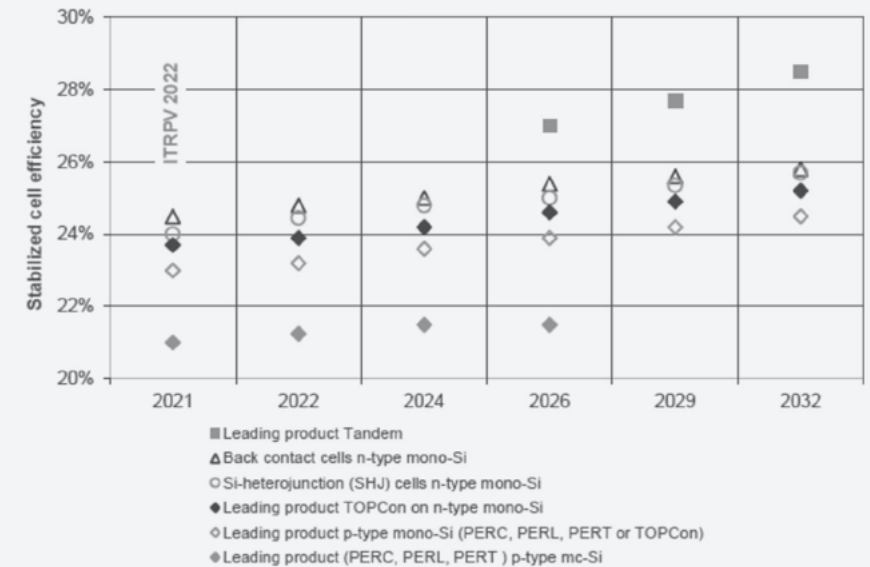
ENERGIEOPBRENGST

ENERGIEOPBRENGST

Voor Merwede is in de berekeningen onderliggend aan de SOK uitgegaan van kristallijn silicium panelen met een opwekkendement van 220 Wp/m². Op het moment van de berekeningen was dergelijk paneel nog niet op de markt, maar was wel de verwachting dat dit er bij start bouw zou zijn.

Average stabilized efficiency values for Si solar cells in mass production

Measured with busbars (no BB-less measurement) and front side STC



Figuur: De gemiddelde efficiency van massa geproduceerde zonnepanelen over tijd

OP DE KORTE TERMIJN

Inmiddels zijn er verschillende silicium panelen op de markt met verschillende opbrengsten. Een vuistregel die vaak gehanteerd wordt, is dat elk jaar panelen een 5 Wp hogere opbrengst hebben.

OP DE LANGERE TERMIJN

De efficiency, en daarmee ook het piekvermogen, zullen blijven groeien, maar naderen wel een maximum als gevolg van de fysische eigenschappen van het materiaal. Het theoretisch maximum van silicium panelen is een efficiency van

29%, wat gelijk staat aan een Wp/m² van 290. Daarom zal de vuistregel op de lange termijn niet op blijven gaan, en zal de groei waarschijnlijk iets afnemen. Voor silicium panelen is de verwachte opbrengst circa 250 Wp/m² in 2032. Zoals te zien is in figuur 3.1 zal met de introductie van tandemtechnologie (oranje vierkantje) de verwachte groei nog sterker zijn en kunnen we met een efficiency van 28% tot 30% een vermogen van minimaal 280Wp/m² verwachten in 2032^{4,5}. Door het combineren van verschillende materialen geldt een theoretisch maximum van 42% en is de rek er voorlopig nog niet uit. Doordat deze technologie nieuw is zal de groei van de efficiëntie sterk te zijn. Voorlopig zal deze groei niet afvlakken. Welke efficiëntie we na 2032 kunnen verwachten is met de huidige informatie niet te zeggen.

MILIEU **BELASTING**

4 ITRPV, 2021: Hoog efficiënte zonnecellen en grote zonnepanelen winnen marktaandeel, prijsdruk op producenten blijft.

5 Victoria, 2021: Solar photovoltaics is ready to power a sustainable future

MILIEU BELASTING

In tegenstelling tot fossiele brandstoffen zijn zonnepanelen in het gebruik een schone, CO₂-vrije manier om elektriciteit op te wekken. Echter, bij de productie van deze panelen is veel energie nodig. Die energie wordt (nu) vaak geleverd vanuit een gas- of kolencentrale. Hierdoor komt bij de productie van zonnepanelen veel CO₂ vrij.

Daarnaast worden er veel verschillende (schaarse) materialen gebruikt in een zonnepaneel. De winning hiervan heeft een uiteenlopende impact op het milieu. We gaan kort in op de diverse milieubelasting, hoe dit beschreven wordt in het instrument Milieu Prestatie Gebouwen (MPG), en hoe verwacht wordt dat dit zal veranderen in de toekomst. Een belangrijk aspect van de milieupact van een product is of het goed herbruikbaar en recyclebaar is. Daarom wordt de circulariteit van zonnepanelen ook besproken.

MPG ZONNEPANEEL

Als basis voor de milieubelasting van een zonnepaneel is er gekeken naar de MPG-score van een zonnepaneel. Op dit moment zijn er slechts drie merken zonnepanelen opgenomen in de nationale milieudatabase:

- Exasun X-glas met een gewogen Milieu Kosten Indicator (MKI) van 84 (per m²);
- JASolar JAM60S12 met een MKI van 79 (per m²). (NB: bij dit paneel is de steun niet meegenomen in de MKI).
- Sunpower Maxeon 3 met een MKI van 30 (per m²). (NB: bij dit paneel is de steun niet meegenomen in de MKI).

Wanneer een ander merk of type paneel dat bovenstaande wordt toegepast, moet voor de MPG een standaard zonnepaneel worden gekozen met een MKI van 114 (bij een plat dak). Naar verwachting zullen de komende jaren wel meer zonnepanelen in de MPG worden opgenomen. In eerste instantie zullen dat met name panelen van de grotere producenten/leveranciers zijn, onder andere vanwege de kosten van het opstellen van een levenscyclusanalyse (LCA). Welke

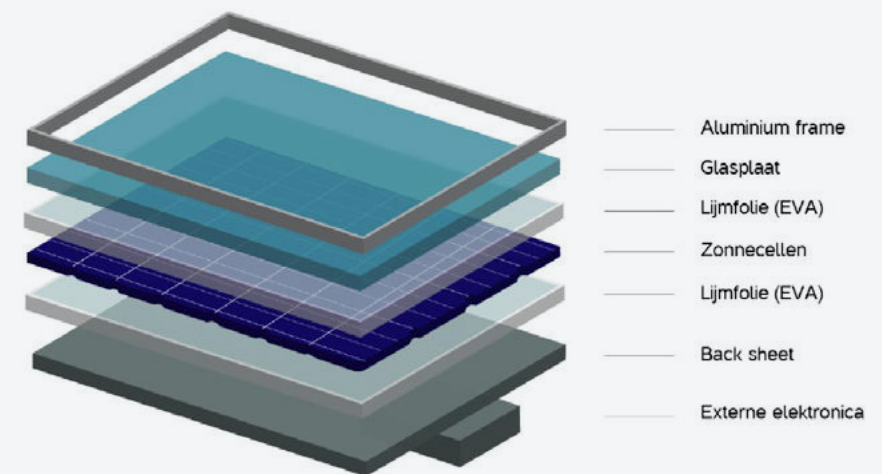
leveranciers dit zullen zijn en wat de scores zijn, is niet bekend. In de MPG (met de MKI-scores) worden de uitputting van grondstoffen, CO₂-uitstoot, verzuring, vermist toxiciteit en de aantasting van de ozonlaag meegenomen. Zonnepanelen hebben de hoogste impact in de productiefase. Dit komt door een hoge CO₂-uitstoot en de impact van lijm op de humane toxiciteit en de toxiciteit van oceanen. De verwachting is dat in de toekomst meer panelen worden toegevoegd aan de nationale milieudatabase die beter scoren dan de huidige panelen.

Om te zorgen voor een lage MPG is het van belang dat deze panelen lokaal en duurzaam geproduceerd worden, dus de verwachting is dat producenten hier in de toekomst rekening mee zullen houden. Daarmee zal de impact van zonnepanelen op de MPG-score dus afnemen. Een ander belangrijke invloed op de milieu impact is de losmaakbaarheid van de panelen, dit wordt besproken in hoofdstuk Milieubelasting – circulariteit.

In het boek *De verborgen impact van Babette Porcelijn*, staat een overzicht van de milieu-impact van verschillende energiebronnen, waaronder zonnepanelen. De belangrijkste parameters zijn: CO₂-uitstoot, de impact van grondstoffen, vervuiling, schade aan de gezondheid en landgebruik. Hieruit blijkt dat het grondstoffengebruik voor een zonnepaneel met afstand het meest belastend is voor het milieu. De CO₂-uitstoot die vrij komt bij de productie van het paneel is in 2 jaar 'terugverdiend' door de duurzame opwek van elektriciteit. Daarna levert het paneel dus 23 jaar (uitgaande van een levensduur van 25 jaar) elektriciteit op waarmee het juist CO₂-uitstoot voorkomt⁶.

CIRCULARITEIT

Om de impact van zonnepanelen op het milieu te minimaliseren dienen zo min mogelijk nieuwe materialen gebruikt te worden. De recyclebaarheid van zonnepanelen na einde levensduur is daarom ook van belang. Het recyclepercentage van een silicium paneel wat op dit moment gehaald kan worden, is circa 85% van het hele paneel. In het figuur is de opbouw van een silicium paneel weergegeven. Bij het recyclen wordt allereerst de elektronica en het aluminium frame van het paneel afgehaald. De verdere recycling van elektronica is in dit artikel buiten beschouwing gelaten, omdat dit los van de rest van het paneel verwerkt wordt, maar het aluminiumframe kan hoogwaardig worden gerecycled.



Figuur: De opbouw van een kristallijn silicium paneel

Bron: M2i, Provincie Zuid-Holland, Circulaire Maakindustrie. (2021). Kansen en uitdagingen voor circulaire Zon PV, met focus op materiaal en technologie.

⁶ www.oneworld.nl/lezen/schone-energie/hoe-duurzaam-zijn-zonnepanelen-nu-eigenlijk

Het aluminiumframe is dan ook het enige wat hoogwaardig kan worden gerecycled. Zoals in de figuur te zien is zitten de back sheet, de zonnecellen en de glasplaat aan elkaar bevestigd door een lijmfolie, EVA geheten⁷. Door deze lijmfolie zijn de lagen alleen niet meer uit elkaar te halen. Dit hele pakket met de back sheet, zonnecellen en lijmfolie gaat hierdoor dus in zijn geheel in de 'versnipperaar'. Deze zorgt dat het overgebleven paneel in kleine stukjes wordt gemalen, waarna de overgebleven snippers zo goed mogelijk worden gesorteerd. Met de huidige methoden kan dit redelijk goed en kan een groot deel van het glas en silicium hergebruikt worden. De zuiverheid is helaas alleen niet groot genoeg om de materialen voor PV-panelen te hergebruiken, ze worden dan ook ge-downcycled. Het glas wordt gebruikt om bijvoorbeeld glaswol van te maken en de silicium wordt gebruikt in metaalproductie. De overige materialen die in een PV-paneel zitten gaan helaas momenteel nog verloren: ze worden vaak 'thermisch gerecycled'⁸. **Oftewel: gebruikt als brandstof in de verbrandingsovens van staalproductie.**

Metabolic heeft in 2018 een studie uitgevoerd naar de toekomstige vraag naar kritieke materialen voor PV-panelen⁹. Dit onderzoek heeft aangewezen dat in 2050 de vraag naar indium voor alleen zonnepanelen waarschijnlijk al gelijk zal zijn aan 12 keer de huidige wereldwijde totaalproductie van indium. Uit alle silicium en CIGS-panelen wordt op het moment van de kritieke materialen echter alleen silicium teruggewonnen. Het probleem voor de overige metalen is dat ze erg lastig terug te winnen zijn en er maar kleine hoeveelheden van in een zonnepaneel zitten. Ze bevinden zich allen in de zonnecellen binnen het zonnepaneel en het komt mede doordat de zonnecellen vastgelijmd zitten aan de backsheet en de glasplaat dat het erg ingewikkeld is om deze materialen terug te winnen. **Op het moment is het misschien wel technisch mogelijk om de materialen terug te winnen, maar is het bij lange na nog niet financieel rendabel om een recycleproces op te zetten.**

7 FINAL_DO_M2i_Studie_CirculairePV_Eindrapport_12mei2021.pdf (circulairemaakindustrie.nl)

8 FINAL_DO_M2i_Studie_CirculairePV_Eindrapport_12mei2021.pdf (circulairemaakindustrie.nl)

9 Metal Demand for Renewable Electricity Generation in the Netherlands (metabolic.nl)

Tegelijkertijd is op dit moment de instroom van oude zonnepanelen nog zeer laag: de gemiddelde levensduur van PV-panelen is 25 jaar en het (grootschalige) gebruik van PV-panelen begon pas zo'n 15 jaar geleden¹⁰. De grote stroom van oude PV-panelen moet hierdoor nog op gang komen. Wanneer er een grote hoeveelheid oude PV-panelen is, wordt het ook steeds (financieel) interessanter om een goed recycleproces op te zetten.

Naast kritieke materialen zitten er ook giftige (toxische) materialen in PV-panelen. In zo goed als alle PV-panelen wordt lood gebruikt in het soldeer-materiaal van de zonnecellen, en PFAS in de plastic plaat waar de zonnecellen op bevestigd worden. Deze giftige materialen moeten uiteraard verantwoordelijk verwerkt worden.

Een interessante casus voor giftige stoffen is de CdTe-panelen. Cadmium is namelijk een giftige stof, maar dit is een bijproduct van de zink-, lood-, en koperwinning. Dit betekent dat deze stof vrijkomt in het milieu bij productie van zink, lood en koper en een negatief effect kan hebben op de lokale bevolking. Maar door Cadmium te gebruiken in een zonnepaneel wordt het hiermee dus juist uit het milieu gehouden. Er kan dus gesteld worden dat ondanks dat Cd giftig is, het wel goed is om de stof te gebruiken. De enige CdTe-producent neemt zijn panelen ook weer terug, om ze verantwoord te verwerken.

10 Recycling & giftige stoffen zonnepanelen - Zonnepaneel

KOSTEN

KOSTEN

De prijs van zonnepanelen blijft sinds 1975 hard dalen. Toen bedroeg de kosten voor een wattpiek 80 euro. Inmiddels kost een wattpiek inclusief installatie nog geen € 1,50 zoals te zien is in het figuur (inclusief btw en installatie, consumentenprijzen). De prijzen zijn berekend voor gelijke opbrengsten. De prijs voor meer innovatieve panelen met hogere opbrengsten ligt dus wel hoger. Voor grootschalige PV-systemen voor woningbouwprojecten zien we prijzen van € 0,90 tot € 1,00 per wattpiek (incl. installatie, excl. btw). Dat de prijs verder zal dalen lijkt een zekerheid, met hoeveel is lastig te zeggen. Een theorie, genaamd Swanson's Law, is dat de prijs van zonnepanelen 20% daalt bij elke verdubbeling van geproduceerde panelen. In de laatste 10 jaar zijn de kosten voor panelen 75% gedaald.



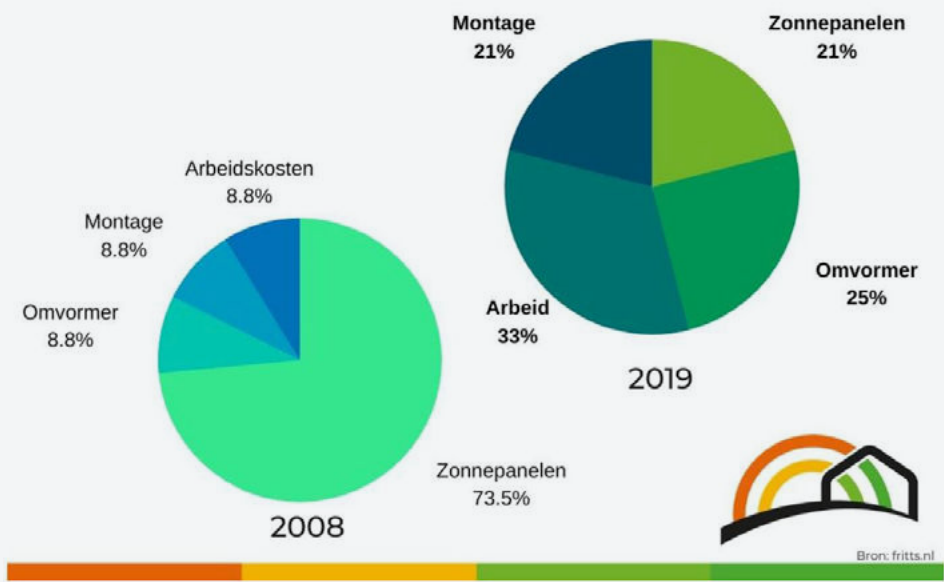
Figuur: Ontwikkeling gemiddelde prijs inclusief installatie

De vraag is in hoeverre deze theorie houdbaar blijft, omdat een bepaalde ondergrens wel te verwachten is als gevolg van benodigde (schaarser wordende) materialen.

Daarbij merkt het IEA op dat de zonnepaneel modules 20 tot 30 procent van de

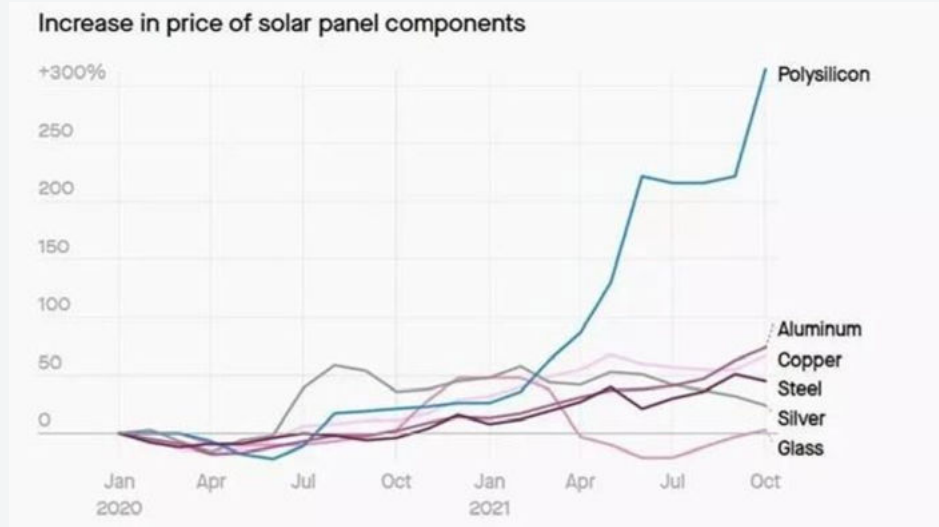
kosten van een PV-systeem uitmaken, waardoor de recente prijsontwikkelingen in stijging van materiaalkosten slechts 'een beperkt effect' hebben op de totale projectkosten (figuur). Ook andere materiaalkosten, de omvormer en de arbeidskosten voor productie en installatie, beïnvloed door krapte op de arbeidsmarkt, spelen een belangrijke rol in de kosten van het gehele systeem.

Productieprijs zonnepanelen (2008 - 2019)



Figuur: Verdeling prijs PV-systemen

De huidige volatiele materiaalrijzen brengen extra onzekerheid met zich mee. Met name van polysiliconen stijgt de prijs ontzettend snel, maar ook voor materialen als aluminium, koper en staal is er veel onzekerheid, zoals te zien is in het figuur. Dit is deels door ontwikkelingen in China, waar een aantal siliciumfabrieken zijn afgebrand, het effect van de coronapandemie, maar ook de onzekerheid rondom de oorlog in Oekraïne. Daarnaast zijn door de hoge energieprijzen zonnepanelen op dit moment zeer gewild. Om deze redenen liggen de huidige aanschafkosten van zonnepanelen op het moment hoger dan 1-2 jaar geleden. Het is niet met zekerheid te zeggen hoe deze kosten zich zullen ontwikkelen op een langere termijn, omdat dit afhangt van ontwikkelingen op de wereldmarkt.



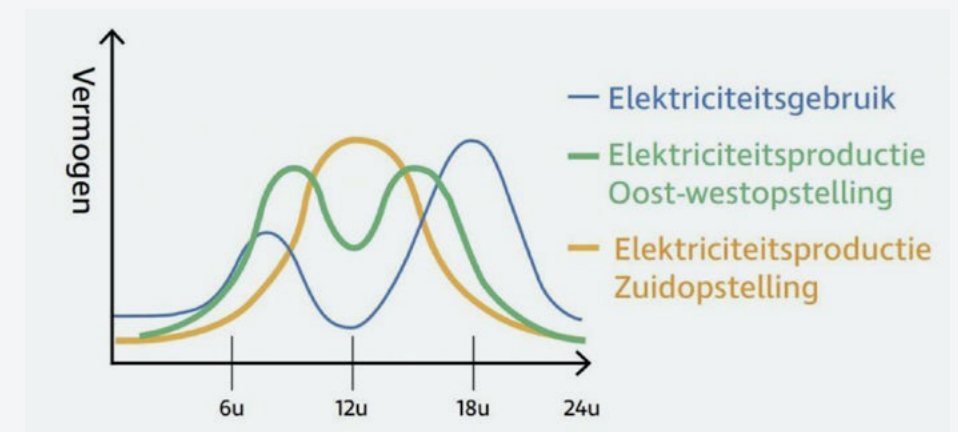
Figuur: De prijsontwikkeling van verschillende componenten in PV-panelen

OPWERKPATROON

OPWERKPATROON

Naast dat er veel ontwikkeling is op het gebied van de techniek, verandert ook de sector als geheel. Door de toenemende geïnstalleerde capaciteit van hernieuwbare energiebronnen gaat de elektriciteitsproductie steeds meer fluctueren. In tegenstelling tot een gascentrale kunnen we de productie van een zonnepaneel niet op- of afschroeven. De elektriciteit wordt geproduceerd wanneer de zon schijnt.

Met deze variabele productie, wordt ook de prijs flexibeler. Bij een hoog aanbod aan elektriciteit zakt de prijs, terwijl de prijs bij een laag aanbod juist stijgt. Doordat de zonsterkte in de winter lager is, en de zon ook lager staat leidt dit tot hoge prijzen in de winter en lage of zelfs negatieve prijzen in de zomer. Maar ook gedurende dag en nacht kan de elektriciteitsprijs steeds meer gaan variëren: op een zonnige middag om 14 uur zal stroom veel goedkoper zijn dan 's avonds of 's nachts. Daarom is het van belang te onderzoeken in welke mate ook in de dalmomenten zoveel mogelijk eigen duurzame energie kan worden gebruikt.



Voor de opwekking van elektriciteit worden technieken die ook in dalmomenten relatief veel opwekken steeds interessanter. Voorheen werden panelen vaak op het zuiden georiënteerd onder een hoek van 30°, omdat dan het meest opgewekt wordt. Maar door panelen op een andere oriëntatie en hellingshoek te leggen, kan een constantere productie van elektriciteit worden gerealiseerd die beter past bij de elektriciteitsvraag (zie het figuur). Door panelen op dak of

gevel op andere oriëntaties te plaatsen, kan dit een interessante optie zijn om per saldo uiteindelijk meer duurzame energie in Merwede te gebruiken.

Om integraal naar de opwek van duurzame elektriciteit in Merwede te kijken, is het dus aan te bevelen verder te kijken dan alleen de vermogens (in wattpiek), maar ook de verwachte productie in de verschillende seizoenen en op verschillende momenten van de dag mee te nemen. Op die manier kan meer energie echt lokaal worden gebruikt en kunnen grote pieken op het elektriciteitsnet worden gereduceerd. Let wel; het zal het niet waarschijnlijk zijn dat de panelen ook direct aan de woningen kunnen worden gekoppeld.

AANBIEDERS

AANBIEDERS

Het is natuurlijk lastig te zeggen welke panelen er exact op de markt zullen zijn over tien jaar en door wie deze aangeboden zullen worden. Daarom hier een overzicht van de aanbieders die op dit moment de zonnepanelen aanbieden met de hoogste efficiency. Daarnaast is er een overzicht gegeven van een aantal producenten die zich bezighouden met het minimaliseren van de milieu-impact van hun panelen en circulaire panelen ontwikkelen. Tot slot zijn er nog een aantal aanbieders gepresenteerd die zich profileren als producenten van innovatieve technologieën en zich bezighouden met tandemcellen etc.

Merk	Module	Prijsklasse	Efficiency [%]	Wp per paneel	Wp/m ²
Sunpower	Maxeon 3	€€€	22.6	400	224
LG	Neon R	€€€	22.0	380	220
REC	Alpha	€€	21.7	380	217
Panasonic	Evervolt	€€€	21.7	370	214
Silfab Solar	Elite	€€€	21.4	380	208
Risen Energy	Titan	€	21.3	395	205
Trine Solar	Honey M DEO8M	€€	20.7	375	205
Lonig Solar	Hi-Mo 4	€	20.6	375	206
Solaria	Power XT	€€€	20.5	370	205
Jinko Solar	Tiger Mon-facial	€€	20.4	390	204

Best presterende zonnepanelen op de markt in 2022

HUIDIG AANBOD HOOGRENDEMENTSPANELEN

Er zijn een heel aantal aanbieders met hoge kwaliteit zonnepanelen en een efficiëntie van boven de 20%¹¹. Deze aanbieders en hun paneel staan in de tabel opgesomd. Hoewel succes in het verleden geen garantie biedt voor de toekomst, zijn dit wel aanbieders die het ook waard zijn om verder te onderzoeken wat hun plannen zijn voor de komende jaren. Daarnaast is in de tabel ook indicatief de prijsklasse weergegeven. Voor bijna alle van deze panelen geldt dat deze niet in de MPG staan en dat er derhalve dus een standaard MKI van 114 per m² wordt gehanteerd. De enige uitzondering is het Sunpower Maxeon 3 paneel, met een MKI van 29 per m².

Op dit moment zijn dus een paar panelen verkrijgbaar die een vergelijkbaar of iets hoger rendement hebben dan het uitgangspunten in de SOK (220 Wp/m²). De verwachting is dat dit de komende paar jaar nog iets zal stijgen naar 230-240 Wp/m², waarmee dus tot 9% meer kan worden opgewekt dan het uitgangspunt bij de SOK.

TECHNIEKEN VOOR DE LANGE TERMIJN

Omdat een deel van de realisatie van Merwede zich niet voor 2030 zal voltrekken, zijn ook technieken die nu commercieel nog niet interessant zijn van belang om mee te nemen. Die kunnen zich nog verder ontwikkelen, en in de toekomst wel commercieel haalbaar zijn. Het overzicht in onderstaande tabel is niet compleet, de producenten van innovatieve technieken zijn vrijwel eindeloos, maar kan gebruikt worden ter inspiratie. Voor fase 1 is dit niet relevant, mogelijk kan het voor latere fasen wel als inspiratiebron dienen.

Producent	Circulair	Euro-pees	Type	Opbrengst (Wp/m ²)	Specificatie
Exasun	+	+	Kristallijn silicium	160-190	Modulair PV-paneel – losmaakbare lijm Geen giftige stoffen
Solarge	+	+	Kristallijn silicium (lichtgewicht)	190	100% recyclebare kunststof i.p.v. glas
First-Solar	+	+	Dunne film	175-185	CdTe-panelen Nemen zelf panelen terug om 90% te recyclen Voorkomen een giftige stof (Cd) in milieu
Energyra	-	+	Kristallijn silicium	200-215	Nederlandse producent
Hyet Solar	-	+	Dunne film	120	Nederlandse producent

Producenten van lokaal geproduceerde panelen met minimale milieubelasting

De MPG scores zijn nog niet beschikbaar voor deze panelen (behalve voor een paneel van Exasun). De hoop en verwachting is dat de komende jaren meer zonnepanelen worden toegevoegd in de database, zodat ook op basis van impact op het milieu een keuze gemaakt kan worden tussen verschillende panelen.

¹¹ solarcalculator.com.au/solar-panel-efficiency

¹³ www.solarreviews.com/blog/what-are-the-most-efficient-solar-panels

CIRCULAIRE PANELEN

De twee voornaamste methodes om klimaatimpact te reduceren zijn circulair ontwerp en lokale productie. Daarom zijn in de tabel een paar producten genoemd die lokaal produceren en een aantal die zich ook richten op het minimaliseren van de milieubelasting door recyclebaarheid en losmaakbaarheid al in het ontwerp van de panelen mee te nemen.

Producent	Type
Bengsolar	Zonnegevel
Oxfordpv	Tandemcellen
Swift Solar	Tandemcellen voor flexibele panelen
Tandem PV	Tandemcellen
Physee	Zonneramen
Ecosolifer	Heterjunction cellen

Tabel – Producenten van innovatieve zonnepanelen

CONCLUSIE

CONCLUSIE

Merosch is door het Merwede LAB gevraagd ons mee te nemen in de laatste ontwikkelingen op het gebied van PV-panelen. Voor Merwede is in de berekeningen onderliggend aan de SOK uitgegaan van kristallijn silicium panelen met een opwekkendement van 220 Wp/m². Op het moment van de berekeningen was dergelijk paneel nog niet op de markt, maar was wel de verwachting dat dit er bij start bouw zou zijn.

De volgende vragen zijn beantwoord in dit document:

- Is dat het hoogst haalbare of zijn er nieuwe ontwikkelingen die meegenomen kunnen worden?
- Wat zijn daarnaast de toekomstige ontwikkelingen die Merwede in de gaten moeten houden en waar Merwede op kan voorsorteren voor Fase 2?

VERSCHILLENDE ZONNEPANELEN

- **Huidige type zonnepanelen:** op dit moment zijn de kristallijn silicium panelen het meest geschikt om in Merwede toe te passen.
- **Verwachting de komende jaren:** voor fase 1 van Merwede (bouw tussen 2023 en 2025) is de grove verwachting dus dat er panelen kunnen worden toegepast met rendementen van 230 tot 240 Wp/m², mits beschikbaar bij bouwaanvraag. Deze zijn op dit moment nog niet beschikbaar op de markt.
- **Tandemzonnecellen:** voor fase 2 kan de ontwikkeling van tandemzonnecellen interessant zijn. Zij hebben een aanzienlijk hogere theoretische efficiency van 43% t.o.v. 29% bij 'normale' zonnecellen.
- **Heterojunction zonnecellen:** voor fase 1 niet zodanig op de markt om toe te passen. Mogelijk is het voor fase 2 wel relevant.
- **Meerlaagse zonnecellen:** niet van toepassing voor Merwede.
- **Een dubbelzijdig zonnepaneel:** geen geschikt paneel
- **Doorzichtige zonnepanelen:** op dit moment niet een reële optie, gezien de hoge kosten, beperkte beschikbaarheid en lage rendement. Mogelijk voor fase 2 relevant.

ENERGIEOPBRENGST

- **Korte termijn:** voor fase 1 van Merwede is de grove verwachting dat er panelen kunnen worden toegepast met rendementen van 230 tot 240 Wp/m², mits beschikbaar bij bouwaanvraag.
- **Lange termijn:** het piekvermogen zal blijven groeien, maar naderen wel een maximum als gevolg van de fysische eigenschappen van het materiaal. Theoretisch maximum van silicium panelen is een efficiency van 29%, wat gelijk staat aan een Wp/m² van 290.

MILIEU BELASTING

- Om de impact van zonnepanelen op het milieu te minimaliseren dienen er zo min mogelijk nieuwe materialen gebruikt te worden. De recyclebaarheid van zonnepanelen na einde levensduur is daarom ook van belang. Het recyclepercentage van silicium paneel wat op dit moment gehaald kan worden, is circa 85% van het hele paneel. Het overige wordt gebruikt als brandstof in de verbrandingsovens van staalproductie.
- Op het moment is het misschien wel technisch mogelijk de materialen terug te winnen, maar is het bij lange na nog niet financieel rendabel om een recycleproces op te zetten.

KOSTEN

Door de hoge energieprijzen en onzekerheid op de grondstoffenmarkt liggen de huidige aanschafkosten van zonnepanelen op het moment hoger dan 1-2 jaar geleden. Het is niet met zekerheid te zeggen hoe deze kosten zich zullen ontwikkelen op een langere termijn, omdat dit afhangt van ontwikkelingen op de wereldmarkt.

OPWERKPATROON

- Door panelen op dak of gevel op andere oriëntaties te plaatsen, kan het een interessante optie zijn om per saldo uiteindelijk meer duurzame energie in Merwede te gebruiken.

AANBIEDERS

- De aanbieder met de panelen met de hoogste efficiëntie is Sunpower.
- Voor bijna alle van deze panelen geldt dat deze niet in de MPG staan en dat er derhalve dus een standaard MKI van 114 per m² wordt gehanteerd. De enige uitzondering is het Sunpower Maxeon 3 paneel, met een MKI van 29 per m².
- Op dit moment zijn dus een paar panelen verkrijgbaar die een vergelijkbaar of iets hoger rendement hebben dan het uitgangspunt in de SOK (220 Wp/m²). De verwachting is dat dit de komende jaar nog iets zal stijgen naar 230-240 Wp/m², waarmee dus tot 9% meer kan worden opgewekt dan het uitgangspunt bij de SOK. Al zijn de panelen nu nog niet beschikbaar.
- Voor de lange termijn voor Merwede zijn de kristallijn silicium panelen het meest interessant vanwege het hoge rendement.

Merk	Module	Prijsklasse	Efficiency [%]	Wp per paneel	Wp/m ²
Sunpower	Maxeon 3	€€€	22.6	400	224
LG	Neon R	€€€	22.0	380	220
REC	Alpha	€€	21.7	380	217
Panasonic	Evervolt	€€€	21.7	370	214
Silfab Solar	Elite	€€€	21.4	380	208
Risen Energy	Titan	€	21.3	395	205
Trine Solar	Honey M DE08M	€€	20.7	375	205
Lonig Solar	Hi-Mo 4	€	20.6	375	206
Solaria	Power XT	€€€	20.5	370	205
Jinko Solar	Tiger Mon-facial	€€	20.4	390	204

Best presterende zonnepanelen op de markt in 2022

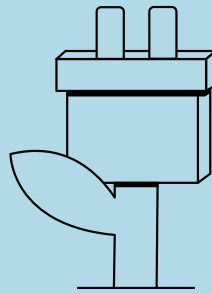
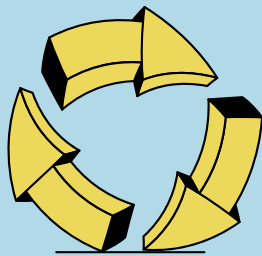
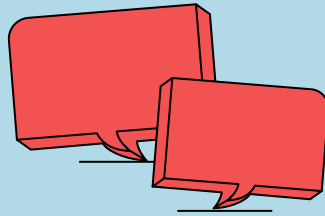
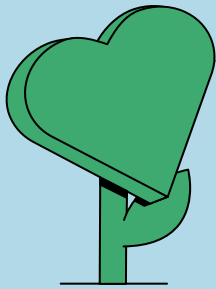
MERWEDE LAB



LOLA Landscape Architects

www.merwedelab.nl

MERWEDE LAB



www.merwedelab.nl