



### **III. DUURZAAMHEIDSASPECTEN EN MARKTSCAN DUURZAMERE ZONNEPANELEN**

**Gids voor:**

- Merken en series zonnepanelen
- Indicatieve meerprijzen
- Carbon footprint, PFAS, technische levensduur, vermijdbare giftige stoffen

Een initiatief van: **RVO, UPCM en PIANOo**

Uitgegeven door de Buyer Group voor Duurzame Zonnepanelen



Versie: 1.1

Publicatiedatum: September 2024

# INHOUDSOPGAVE

## Inleiding

### 1. De carbon footprint van zonnepanelen

- 1.1 Introductie
- 1.2 Wat is de impact van een hoge carbon footprint?
- 1.3 Low-Carbon en Ultra Low-Carbon zonnepanelen
- 1.4 Overzicht vanuit het marktonderzoek
- 1.5 Suggestie ten aanzien van eisen

### 2. Vermijdbare toxische stoffen

- 2.1 Introductie
- 2.2 Nadere toelichting en alternatieven
- 2.3 Overzicht vanuit het marktonderzoek
- 2.4 Suggestie ten aanzien van de eisen

<b>4</b>	<b>3. Technische levensduur</b>	<b>19</b>
	3.1 Introductie	19
<b>6</b>	3.2 Waarom is een lange levensduur belangrijk	22
6	3.3 Hoe krijg je een grote kans op levensduur van meer dan 25 jaar?	23
8	3.4 Overzicht vanuit het marktonderzoek	26
10	3.5 Suggesties ten aanzien van eisen	27
	<b>4. Arbeidsomstandigheden</b>	<b>28</b>
<b>13</b>	4.1 Introductie	28
13	4.2 Het vaststellen of uitsluiten van dwangarbeid is moeilijk	29
13	4.3 Welke acties worden ondernomen in het Westen?	30
18	4.4 Lijst met 'slaafvrije' zonnepanelen?	32
18	4.5 Wat is nu opgenomen in het Inkooptemplate?	32

# INLEIDING

## Doel van deze gids

De focus van zonnepaneelproducenten ligt al jaren op het verlagen van de productiekosten, het verhogen van de ceffeiciëntie en het verhogen van de productiecapaciteit. De zonnepanelen zelf lijken een commodity vanwege de kleine verschillen in uiterlijk, specificaties en prijs.

Maar er zijn wel degelijk grote verschillen in *klimaateffect* en *milieubelasting*. Dit rapport geeft inzicht in de schaduwkanten van zonnepanelen en de verschillen tussen zonnepanelen. Ook worden de duurzamere zonnepanelen met naam genoemd en wordt een indicatie gegeven van de meerkosten.

## Onderwerpen

De focus van deze gids ligt op de volgende duurzaamheidsaspecten:

- *Carbon footprint* – deze is hoog bij mainstream zonnepanelen en leidt in Nederland steeds vaker tot een *carbon payback time* die langer is dan de verwachte levensduur. Dit is ongunstig t.a.v. klimaatopwarming.
- *Vermijdbare toxische stoffen* – veel zonnepanelen bevatten een PFAS-folie over de gehele achterkant, loodhoudende soldeer en glas waaraan het toxische antimoon is toegevoegd.
- *Technische levensduur* – de meeste zonnepanelen gaan niet langer dan 10-15 jaar mee; bij hoogwaardige materialen en een robuust ontwerp kunnen ze wel >25 jaar mee gaan.

Het onderwerp *dwangarbeid* wordt ook kort besproken. Hierbij zijn objectieve criteria en betrouwbare, onafhankelijke onderzoeken naar producenten nog in ontwikkeling.

De duurzaamheidsverschillen tussen omvormers van diverse producenten zijn klein; zo ook bij montagematerialen. Deze zijn vooralsnog niet onderzocht.

## Aanpak: literatuuronderzoek, marktonderzoek, experts

In 2022 is er uitgebreid literatuuronderzoek gedaan en zijn talloze experts geraadpleegd. Op deze manier zijn de verschillende duurzaamheidsaspecten van zonnepanelen onderzocht. In dit document wordt een korte samenvatting gegeven voor elk duurzaamheidsaspect.

In 2023 en 2024 werden 50 zonnepaneelproducenten bevroegd over duurzaamheidsaspecten. Dankzij dit marktonderzoek kunnen duurzamere panelen en hun meerprijs worden getoond.

NB - Deze overzichten geven een *minimum* weer: naast de hier getoonde merken van zonnepanelen zullen ook andere merken of paneelseries voldoen aan bepaalde criteria.

Veel dank is verschuldigd aan de deelnemers aan de *Buyer Group voor Duurzame Zonnepanelen* die veel input en feedback hebben gegeven: gemeente Amsterdam, gemeente Rotterdam, gemeente Groningen, ProRail, Rijksvastgoedbedrijf, Waterschap Noorderzijlvest, Eneco en HVC.

### Ten behoeve van inkoop

Deze gids is één van de 3 documenten die horen bij de *Template Inkoop Eisen en Gunningscriteria*:

- I. Het voortraject van een PV-project
- II. Het aanbesteden van een PV-project en toelichting op de Template
- III. **Duurzaamheidsaspecten en marktscan duurzame zonnepanelen** (deze gids)

### Verantwoording

Deze gids is een initiatief van de Buyer Group voor Duurzame Zonnepanelen. Deze Buyer Group maakt onderdeel uit van PIANOo - Expertisecentrum Aanbesteden en is mogelijk gemaakt door het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW). Het initiatief voor deze Buyer Group komt van het Uitvoeringsprogramma Circulaire Maakindustrie (UPCM). Deze Buyer Group is namens de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) geleid door Bart-Jeroen Bierens en Michiel Mensink.

### Fouten of aanvullingen?

Deze gids is een 1.1-versie en krijgt verdere updates. Voor verbeteringen of aanvullingen stuur je ons een e-mail via het e-mailadres: [BGDPV@pianoo.nl](mailto:BGDPV@pianoo.nl).

### Disclaimer

Deze gids heeft als doel om aanbestedende diensten houvast en ondersteuning te bieden bij de voorbereiding van aanbestedingen van PV-projecten. De gids is opgesteld aan de hand van inzichten uit de sector en marktonderzoek. De genoemde meerprijzen moeten worden gezien als indicatief, zeker gezien de snel veranderende marktomstandigheden en prijzen.

Het gebruik van deze gids en de criteria valt onder de eigen verantwoordelijkheid van inkopende of aanbestedende organisaties. Gebruikers kunnen geen aanspraak maken op de juistheid en volledigheid van de inhoud of hieraan rechten ontleen.

### Auteur

Michiel Mensink, 2024

### Uitgever

Buyer Group voor Duurzame Zonnepanelen  
[www.pianoo.nl/BGDPV](http://www.pianoo.nl/BGDPV)

### Copyright

RVO, 2024

# 1. DE CARBON FOOTPRINT VAN ZONNEPANELEN

## 1.1 Introductie

De *raison d'être* van zonnepanelen is het vertragen van klimaat-opwarming. Hoe goed zijn zonnepanelen eigenlijk in deze kerntaak? En zijn sommige zonnepanelen hierin beter dan andere?

De broeikasgasemissies (BKG-emissies) tijdens de productie van standaardzonnepanelen zijn groter dan veel mensen zich realiseren. Vooral de volgende processen vergen zeer veel energie:

- Het produceren van metallurgisch silicium in een elektrische boogoven, uit een mengsel van quartz-zand en steenkoolpoeder.
- De zuivering van het silicium, dat eerst met zoutzuur (HCl) in gasfase (SiCl<sub>3</sub>) wordt gebracht en daarna via het Siemens-proces tot de vereiste 99,99999999% (9N) wordt geraffineerd.
- Het kristallisatieproces waarbij een monokristal (ingot) uit een smeltkroes met vloeibaar silicium (1600 °C) wordt getrokken.
- Het verzagen van de ingot tot zeer dunne *wafers* door dunne, diamant-gecoate staaldraden.
- De celproductieprocessen.

China's marktaandeel in deze processen is ongeveer 90%. Maar de meeste (ca 65%) elektriciteit in China wordt nog steeds met kolencentrales geproduceerd – en zeker in de industriële provincies waar deze zware industrie is gevestigd. Ondanks veel nieuwe zonneparken komen er in China ook nog wekelijks nieuwe kolencentrales bij.

Twee kristallijn-silicium zonnepanelen, elk 500 Wattpiek, wegen samen circa 50 kg. Zij hebben samen een vermogen van 1 kWp

en een Carbon Footprint<sup>1</sup> van ongeveer 1.000 kg CO<sub>2</sub>--equivalent. De CO<sub>2</sub>-emissies zijn daarmee ongeveer 20 keer het paneelgewicht. Maar is dat nu veel of weinig? En is dat een probleem of niet?

## 1.2 Wat is de impact van een hoge carbon footprint?

De twee voorgaande vragen kunnen worden beantwoord via de **carbon payback time (CPT)**.

De CO<sub>2</sub>-emissies van het productieproces worden geleidelijk 'terugverdiend': elektriciteit uit het zonnepaneel voorkomt elektriciteitsopwek en bijbehorende CO<sub>2</sub>-emissies van een gascentrale.

Als de CPT *korter* is dan de levensduur dan zal het paneel de klimaatopwarming vertragen.<sup>2</sup> Maar bij een terugverdientijd *langer* dan de levensduur is het effect negatief: dan leidt het installeren van het zonnepaneel tot een *versnelling* van klimaatopwarming.

Uit ons onderzoek blijkt dat er ook massaproductie is van low-carbon en ultra-low-carbon zonnepanelen met een carbon footprint die

<sup>1</sup> In de vakliteratuur variëren inschattingen van de carbon footprint van mainstream zonnepanelen van 800 tot 1300 kg CO<sub>2</sub>-eq per kWp. Dit komt uitgebreid aan de orde in het document "*Carbon Paybacktime van Extra ZonPV in 2024 in NL*", verkrijgbaar op aanvraag via [bgdpv@piano.nl](mailto:bgdpv@piano.nl) of via download op [circulairemaakindustrie.nl/projecten/buyer-groep-duurzame-zonnepanelen/](http://circulairemaakindustrie.nl/projecten/buyer-groep-duurzame-zonnepanelen/).

<sup>2</sup> Een flinke marge is raadzaam vanwege de onzekerheid in diverse factoren. De typische levensduur van een zonnepaneel is door economische factoren, brand, hagel, of technische degradatie 10 tot 15 jaar.

twee respectievelijk vier keer lager is dan mainstream zonnepanelen. Deze ultra-low -carbon zonnepanelen hebben daarmee een veel kortere CPT en zijn veel effectiever tegen klimaatopwarming. De meerkosten van ultra-low-carbon of low-carbon panelen zijn gering - in de orde van 1 tot 5% van de systeemkosten.

### Mainstream?

Met mainstream zonnepanelen bedoelen we kristallijn-silicium zonnepanelen die in China zijn geproduceerd. Deze hebben in Nederland een marktaandeel van ca 95%.

### In Nederland is de carbon payback time langer dan in de meeste andere landen

De CPT van een PV-installatie die in 2024 wordt geïnstalleerd op een plat dak in Nederland is aanzienlijk langer dan in de meeste andere landen. Dat komt door diverse ongunstige factoren in Nederland:

- *Curtailment (afschakelen)*. Nederland is wereldwijd nummer 1 in het PV-vermogen per inwoner. Ook met de wind-op-land en wind-op-zee staan we -per inwoner- in de wereldwijde top. Maar daardoor is er steeds vaker een overschot van elektriciteit en moet een deel van de zonnepanelen steeds vaker worden afgeschakeld. Volgens een voorlopig onderzoek werden sommige zonnepanelen in H1'24 ongeveer 600 uren afgeschakeld waardoor ze slechts de helft van de opwek leverden.
- *Instraling*. Een typische oost-westopstelling op een plat dak wekt hier ~850 vollasturen op. In Spanje en Italië is dat het dubbele.
- *Aardgas*. Gascentrales wekken het merendeel van onze elektriciteit op, in tegenstelling tot Duitsland dat ook veel kolencentrales gebruikt. Zonnestroom vervangt bij ons vooral CO<sub>2</sub>-emissies van gascentrales en die emissies zijn relatief laag.

- *Geen stuwmeren*. In tegenstelling tot Frankrijk, Duitsland, Scandinavië heeft Nederland geen stuwmeren of andere seizoensopslag. Hierdoor gaan de grote stroomoverschotten in de zomer verloren.

In de buyer group voor duurzame Zon PV is veel aandacht besteed aan de Carbon Footprint en de Carbon Payback Time van ZonPV systemen die in 2024 of 2025 worden geïnstalleerd. Uitgebreide analyses zijn gemaakt en verschillende scenario's doorgerekend. Deze analyses zijn nog niet meegenomen in dit rapport en worden nog gevalideerd.

Een eerste conclusie is dat de bandbreedte van de CPT van een op 1 juli 2024 geïnstalleerd plat-dak PV systeem ligt tussen de 4 – 6 jaar voor een Ultra-low carbon systeem. Voor low carbon,- en mainstream systemen is dit aanzienlijk langer.

Hierbij moeten we er ook rekening mee houden dat de gemiddelde levensduur van veel zonnepanelen eerder 12-15 jaar is dan 25 jaar (zie Hoofdstuk 3). Slechts een beperkt percentage haalt de 25 jaar.

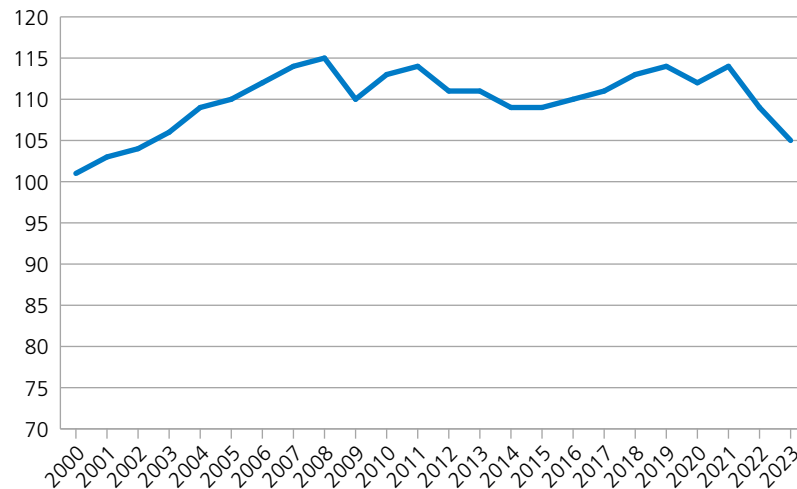
Dus om klimaatopwarming niet onbedoeld te versnellen, zou je in Nederland alleen nog *ultra-low carbon* zonnepanelen moeten toepassen, of op zijn minst Low Carbon panelen.

Een validatieslag moet nog gemaakt worden maar de hoofdboodschap blijft dat het altijd beter is te kiezen voor (ultra) low-carbon panelen; zeker gezien de geringe meerkosten (1-5%).

### Carbon Payback Time wordt steeds langer

Volgens onze analyse stijgt de CPT snel omdat er in Nederland en buurlanden de komende jaren veel zon- en windopwek bij wordt geplaatst terwijl de elektriciteitsvraag slechts beperkt groeit. De stroom overschotten nemen snel toe. Ook daalt de Carbon Footprint van zonnepanelen en andere systeemcomponenten slechts langzaam.

De afgelopen paar jaar was er zelfs sprake van krimp van het elektriciteitsverbruik (zie Figuur 1). De verwachte groei van thuisbatterijen en netgekoppelde batterijen heeft volgens onze analyse weinig impact op de hoeveelheid curtailment.



**Figuur 1: Netto elektriciteitsverbruik in Nederland per jaar, in TWh (miljoen kWh).**

'Netto elektriciteitsverbruik' = opwek + import - export - distributieverliezen.

Bron: CBS, 2024.

## 1.3 Low-Carbon en Ultra Low-Carbon zonnepanelen

Terwijl mainstream kristallijn silicium zonnepanelen een Carbon Footprint hebben van ca 1.000 CO<sub>2</sub>-eq/kWp<sup>3</sup> is deze ongeveer 50% lager bij Low-Carbon panelen (500-550 kg CO<sub>2</sub>-eq/kWp) en 75% lager bij Ultra-Low-Carbon panelen (260-300 kg CO<sub>2</sub>-eq/kWp). Deze zonnepanelen worden hieronder nader toegelicht.

### 1.3.1 Low-Carbon c-Si zonnepanelen

Er zijn twee manieren om Low-Carbon c-Si zonnepanelen te maken: met standaard technologie en een schonere energiemix of met een innovatieve technologie. Deze varianten worden hieronder toegelicht.

#### Variant A: Gelijke technologie maar met andere energiemix

De raffinage van metallurgisch silicium naar 'solar grade polysilicon' vergt de meeste energie. Een aantal grote Chinese 'Tier 1'-zonnepaneelproducenten koopt daarom een deel van het benodigde gezuiverde 9N silicium (polysilicon) in bij het Europese bedrijf Wacker. Immers, Wacker gebruikt geavanceerdere technologie en Europa heeft een gunstigere elektriciteitsmix dan China. Daardoor is de carbon footprint van polysilicon van Wacker een stuk lager. Ook enkele Europese producenten, zoals MeyerBurger en 3Sun, kopen hun polysilicon in Europa en hebben daardoor ook een lagere CFP.

<sup>3</sup> Inschatting in de literatuur variëren van 800-1300 kg CO<sub>2</sub>/kWp. Wij gebruiken hier een NREL studie bron die in het midden van die range uitkomt: Wikoff et al., *Embodied energy and carbon from the manufacture of cadmium telluride and silicon photovoltaics*, Joule (2022), <https://doi.org/10.1016/j.joule.2022.06.006> (zie de supplemental information).



### Variant B: Andere technologie

- *Fluidised Bed Reactor*. De grote Chinese polysilicium producent CGL gebruikt voor een deel van hun polysilicium productie een ander proces. Niet het Siemens-proces maar een proces op basis van een Fluidised Bed Reactor, waarvoor minder elektriciteit nodig is.
- *Dunnere cellen*. Ook proberen sommige producenten dunnere wafers te gebruiken met een dikte van 110-120 micron in plaats van de standaard 150 micron. Daardoor kan een kwart van het silicium worden bespaard. Bijvoorbeeld de Chinese producent Risen zet hier op in.  
Ook andere bedrijven die heterojunctie celtechnologie gebruiken (oa MeyerBurger, 3SUN) gebruiken dunnere wafers.
- *Radicale innovaties*. Radicaal andere productieprocessen beloven ook een sterke reductie.  
De stap van kristallisatie en wafering kan worden geëlimineerd onder namen als *kerfless*, *direct wafering* of *epitaxial growth*. Daardoor wordt ongeveer de helft van de BKG-emissies bespaard. Verschillende scale-ups, waaronder het Duitse NexWafe, werken aan deze technologie. Volgens NexWafe komen deze dunne, low-carbon wafers in 2026 op de markt.

#### 1.3.2 Ultra Low-Carbon zonnepanelen

Dunne-film zonnepanelen worden al decennia in grote aantallen geproduceerd. De afgelopen 10 jaar was het marktaandeel 5-8%. Het beperkte marktaandeel komt door de iets hogere efficiency van c-Si-zonnepanelen.

De vier keer lagere carbon footprint komt omdat de dunne-film zonnecellen slechts 2 à 3 micron<sup>4</sup> dik zijn en dus ongeveer 50 keer

<sup>4</sup> De CFP is niet 50 keer lager, omdat de CFP van een kristallijn-silicium zonnepaneel voor 10-20% wordt bepaald door het glas en het aluminium frame, en die worden ook gebruikt bij de meeste dunne film zonnepanelen.

dunner dan silicium zonnecellen. Dunne-filmcellen bestaan uit halfgeleiders als CIGS, CdTe, Amorf-silicium of Perovskiet. Al deze dunne-filmpanelen hebben een zeer lage carbon footprint.

Korte toelichting over de verschillende soorten dunne-film zonnepanelen:

- **CdTe**. De CadmiumTelluride-technologie heeft al jaren 80% marktaandeel binnen het dunne- filmsegment. FirstSolar uit de VS is veruit de grootste producent. Het is ook de enige niet-Chinese producent van zonnepanelen die in de wereldwijde top 10 staat. De productie-capaciteit van FirstSolar bedroeg in 2023 ~12 GW; deze groeit in 2026 naar 25 GW.

De module-efficiency van CdTe is iets lager (19%) ten opzichte van kristallijn silicium (20-22%). Dit verschil wordt grotendeels gecompenseerd door de lagere temperatuurscoëfficiënt van CdTe, waardoor de opbrengst per m<sup>2</sup> vrijwel gelijk is. De verkoopprijs van FirstSolar is vergelijkbaar met mainstream c-Si-panelen.

Dankzij het toepassen van een glas-glaspaneel kan het CdTe niet vrijkomen tijdens de gebruiksfase, zelfs niet bij brand.<sup>5</sup> Bij einde levensduur gaat het paneel naar FirstSolar's eigen recyclingfabriek in Duitsland waar het CdTe wordt teruggewonnen.

Deze panelen zijn iets groter dan mainstream zonnepanelen. Bij de kabel-layout moet rekening worden gehouden met een hogere spanning. Deze modules worden niet verkocht voor residentiële toepassingen maar wel voor grotere platte daken.

<sup>5</sup> P. Sinha, et al., 2018, *Human health risk assessment methods for PV, Part 1: Fire risks*, International Energy Agency (IEA) PVPS Task 12, Report T12-14:2018.

- **CIGS** (Copper Indium Gallium Selenide). Geproduceerd door een tiental relatief kleine producenten en vooral gericht op architectonische toepassingen (BIPV). Duurder dan mainstream c-Si-panelen en met 15-16% ook een wat lagere efficiency.
- **Amorf-silicium (a-Si)**. Deze zonnecellen werden al in de jaren 80 in rekenmachines gebruikt. Productie van dit type panelen was bijna verdwenen maar de Nederlandse producent HyetSolar heeft serieproductie opgestart van een flexibele zonnefolie. De opbrengst per m<sup>2</sup> is ongeveer de helft lager ten opzichte van silicium. De verkoopprijs en systeemprijs maken het product volgens de fabrikant toch commercieel interessant.
- **Perovskiet**. Dit nieuwe type zonnecel is potentieel goedkoop en het heeft een efficiency die vergelijkbaar is met c-Si. Er wordt wereldwijd veel onderzoek naar gedaan – ook in Nederland en België door TNO, Solliance en IMEC. Uitdaging was altijd de stabiliteit: het materiaal degradeerde relatief snel. Dit schijnt te zijn opgelost – verschillende bedrijven uit China en Europa zeggen massaproductie van perovskiet zonnepanelen in 2024 te starten.

#### 1.4 Overzicht vanuit het marktonderzoek

Onderstaande tabel (Tabel 1) toont een aantal producenten die PV-modules kunnen leveren met een lagere carbon footprint.

NB: deze tabel is een momentopname. Er zijn meer producenten van low-carbon-panelen en de hier genoemde merken hebben mogelijk inmiddels modules met een lagere CFP.

NB 2: Voor de Chinese producenten in de tabel geldt deze CFP alleen voor *specifieke* moduleseries. De meeste andere modules die zij verkopen hebben een CFP van 800-1200 kg CO<sub>2</sub>/kWp. Het is belangrijk bij de producent of groothandel te vragen welke paneelseries worden aangeboden met een lage carbon footprint.

De inschattingen van de meerprijzen zijn indicatief voor de periode van het onderzoek (Q1 2024).

Producer	Module series	Carbon Footprint* <i>kg CO<sub>2</sub>-eq / kWp</i>	Country	Production capacity	Why lower CFP	Additional module costs
FirstSolar	All	267	USA	Global Top 10	Thin film technology	€
Sunpower/Maxeon	Maxeon 3	339	USA	Global Top 20	EU PolySi/ingot/wafers	€€€€
Solarge	Solo ULC	445	NL	200 MW/yr	PolySi from Taiwan	€€€
SolarWatt	Panel vision M 5.0	450	Germany	600 MW/yr	Mostly made in EU	€€€
GCL	NT10/72GDF	495	China	Global top 10	FBR polySi	€
Meyer Burger	All	480	Germany	Top 5 EU	Mostly made in EU	€€€
3Sun (EnelGreenPower)	All	490	Italy	Top 5 EU	Mostly made in EU	€€
Energyra	All	500	NL	200 MW/yr	Mostly made in EU	€€€€
JASolar	JAM54S0/MR	550	China	Global top 10	PolySi from EU	€
Risen	Special: RSM40-8-xxxM	550	China	Global top 10	Thin wafers, other	€
Longi	Special: LR5-54HTH-430M CRE	550	China	Global top 10	PolySi from EU	€
Trina	Special series	550	China	Global top 10	PolySi from EU	€
Jinko	Special series	550	China	Global top 10	PolySi from EU	€
Canadian Solar	Special series	550	China	Global top 10	PolySi from EU	€
GMEGC	Special series	550	China	Global top 10	PolySi from EU	€
DAS solar	Special series	550	China	Global top 15	PolySi from EU	€
Talesun	Special series	550	China	Global top 15	PolySi from EU	€
Mainstream PV modules		800-1200	China			-

Tabel 1: Voorbeelden van zonnepanelen met een lage of ultra lage carbon footprint.

Legenda: indicatieve meerprijzen ten opzichte van mainstream zonnepanelen per Q1'24

€: + € 0,01 tot € 0,04/Wp

€€: + € 0,05 tot € 0,10/Wp

€€€: + € 0,15 tot € 0,25/Wp

€€€€: + € 0,25 tot € 0,40/Wp

## 1.5 Suggestie ten aanzien van eisen

### Eisen in andere landen

Sinds 2015 hanteert Frankrijk een limiet aan de carbon footprint van zonnepanelen voor het Franse equivalent van de SDE++-regeling. Van de Europese Commissie mocht deze limiet niet te laag worden om voldoende concurrentie te waarborgen en om de energietransitie niet te vertragen. De Franse limiet staat al een paar jaar vast op 550 kg CO<sub>2</sub>-eq /kWp. Vrijwel alle grote Chinese producenten maken speciaal voor de Franse tenders een moduleserie die voldoet aan deze Franse eis.

Naast Frankrijk limiteert ook Zuid-Korea sinds 2020 de carbon footprint van zonnepanelen. Diverse andere landen zijn van plan een limiet in te stellen.

### Meerkosten

Een grote aantal producenten kan een moduleserie leveren die voldoet aan de Franse limiet van 550 kg CO<sub>2</sub>-eq /kWp. De meerkosten van deze zonnepanelen die meestal beperkt tot 1-3 eurocent. Aangezien de totale investering voor een typisch PV project in de orde ligt van €0,60-€0,90 per Wp stijgt deze investering met slechts 1-5% bij gebruik van (Ultra) Low Carbon panelen.

### Suggestie ten aanzien van eisen

De Franse limiet van 550 kg CO<sub>2</sub>/kWp is nu opgenomen in de Template - omdat de meerkosten beperkt zijn en omdat veel panelen beschikbaar zijn die voldoen aan deze limiet. Via de 'gunningscriteria' worden extra punten gegeven aan zonnepanelen met een lagere carbon footprint, om het gebruik van ultra-low carbon panelen te stimuleren.

### Hoe de CFP te bepalen

Frankrijk heeft sinds 2015 veel ervaring opgedaan met de Carbon Footprint limiet. Het heeft stap voor stap de *Evaluation Carbone Simplifiée* (ECs) ontwikkeld waarmee producenten de carbon footprint kunnen bepalen. Deze methode is goedkoper, sneller en fraudebestendiger dan andere methoden.

Diverse onafhankelijke organisaties, waaronder CertiSolis, KIWA en PI Berlin, beschikken over de vereiste accreditaties (ISO 17065, ISO 17025) om deze ECs uit te voeren. Hierbij moeten producenten bepaalde cijfers goed onderbouwen met facturen, inkooporders en pakbonnen. Hierdoor is het Franse systeem tamelijk fraudebestendig.

Veel zonnepaneelproducenten hebben inmiddels een ECs-certificaat, ook vele Chinese 'Tier 1'-producenten. Ook daarom is een ECs-certificaat als eis in de Template opgenomen.

## 2. VERMIJDBARE TOXISCHE STOFFEN

### 2.1 Introductie

De meeste mainstream zonnepanelen bevatten toxische stoffen zoals PFAS, lood en antimoon. Het is onzeker of toegestane milieunormen worden overschreden. Het is echter beter deze stoffen te vermijden omdat er geschikte alternatieven zijn die niet of nauwelijks duurder zijn.

**PFAS.** De meeste zonnepanelen bevatten een PFAS-folie als achterzijde (backsheet). Meestal 60-140 gram aan PFAS per zonnepaneel. Deze PFAS laag kan loskomen of degraderen en vervolgens als poederdeeltjes of schilfers in de bodem terecht komen. PFAS-vrije zonnepanelen zijn gelukkig ruim beschikbaar. Deze hebben al een groot marktaandeel (meer dan 40%) en zijn niet of nauwelijks duurder. Daarom is in de Template als eis opgenomen dat een PFAS-vrije backsheet wordt gebruikt.

**Lood.** Loodhoudende soldeertin is goedkoop en betrouwbaar. Via het soldeertin bevat een standaard zonnepaneel 5 tot 15 gram lood. Een aantal producenten gebruikt al wel loodvrije soldeertin.

**Antimoon.** Antimoon is een zwaar metaal met een vergelijkbare toxiciteit als lood. Het wordt vooral in China door glasproducenten toegevoegd tijdens de glasproductie; per zonnepaneel 40-80 gram. Dit is voor hen de gemakkelijkste manier om het voorzijdeglas ultratransparant te maken. Een aantal producenten uit Europa en India kan ultratransparant solar glas produceren zonder antimoon of andere zware metalen toe te voegen.

Tijdens de gebruiksfase kan hooguit een kleine fractie antimoon in de omgeving terechtkomen. Het grootste probleem van antimoon is dat het hoogwaardige recycling van het glas bemoeilijkt.

#### Advies

Bij lood en antimoon zijn de risico's tijdens de gebruiksfase relatief klein; de risico's zitten vooral in de afvalverwerking. Het aanbod van loodvrije of antimoonvrije zonnepanelen is helaas nog beperkt. Daarom adviseren wij nog niet om loodvrije of antimoonvrije panelen als eis op te nemen omdat het aanbod dan te klein zou worden. Wel kunnen dergelijke zonnepanelen extra punten krijgen via de gunningscriteria.

Overigens worden naast deze drie stoffen nog andere toxische stoffen gebruikt. Echter in zeer kleine hoeveelheden en meestal onmisbaar voor een goede werking van de cellen.

### 2.2 Nadere toelichting en alternatieven

#### 2.2.1 PFAS

De buitenste laag van de backsheet van een zonnepaneel bestaat vaak uit een PFAS-folie met een dikte van 15-35 micrometer. Dit komt neer op 30-70 gram per vierkante meter zonnepaneel.

Deze laag beschermt het zonnepaneel tegen UV-licht, tegen andere weersinvloeden en tegen algen en andere aangroei. Vanaf de jaren '80 had Tedlar-folie van DuPont bijna een monopolie als backsheet voor zonnepanelen. Deze folie is zeer goed bestand tegen

weersinvloeden en heeft een lange levensduur. Tedlar bestaat uit een kernlaag van PET van 300 micrometer tussen twee dunne lagen polyvinylfluoride (PVF). Het marktaandeel van Tedlar is 20-30% (zie Figuur 2).

### Opkomst van PVDF en fluor-coatings

Gezien de hoge kosten van Tedlar en de sterke patentpositie van DuPont zijn er diverse alternatieve backsheets ontwikkeld. Een aantal grote producenten in China produceren polyvinylidifluoride (PVDF) als vervanger van PVF. PVDF lijkt op PVF maar is chemisch iets minder stabiel. Dit materiaal wordt net als PVF gebruikt als buitenste laag van backsheets en heeft een marktaandeel van 40-50% (bron: ITRPV).

Bij onderzoeken van veldopstellingen bleek echter dat bij zonnepanelen met PVF-backsheets die pas 6-10 jaar oud waren, bijna de helft van die backsheets al ernstige degradatie vertoonde (scheuren, schilfers, verpoedering).<sup>6</sup>

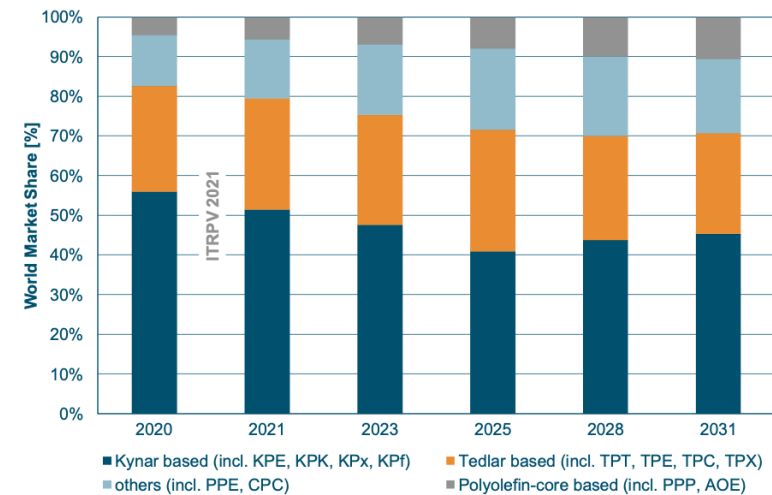
De laatste jaren bieden grote Chinese backsheet-producenten nog goedkopere varianten aan waarbij een *coating* met fluorpolymeren (PFAS) wordt aangebracht op een kernlaag van PET (marktaandeel circa 10% volgens ITRPV). De levensduur van zo'n coating is onbekend; mogelijk is dit korter dan 5 jaar.

### Backsheet onbekend

Helaas vermelden zonnepaneelproducenten niet welke soort backsheet ze gebruiken. Dit is niet verplicht en er is weinig bewustzijn bij inkopers over het belang van een goede backsheet.

<sup>6</sup> Diverse papers, onder andere: J. Tracy et al., *Survey of Material Degradation in Globally Fielded PV Modules*, 2019 IEEE 46<sup>th</sup> Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), pp. 0874-0879, doi: 10.1109/PVSC40753.2019.8981140.

### Different backsheet foil materials



**Figuur 2: Marktaandeel van diverse soorten backsheets.** 'Kynar' is een merknaam is voor PVDF. 'C' staat voor een coating van een fluorpolymeer. Bron: ITRPV 2021, VDMA.

Producenten hebben daarmee ook de mogelijkheid om diverse backsheets toe te passen. Deze flexibiliteit kan van pas komen bij prijsstijgingen of leveringsproblemen van backsheets. Volgens de kwaliteitsonderzoekers van PVEL uit de VS wisselen producenten regelmatig van backsheet, en andere componenten, ook binnen 1 moduleserie.

### Risico op bodemverontreiniging

De kwaliteit van de PFAS-laag loopt sterk uiteen. Het is gebleken dat backsheets met inferieure PFAS-soorten snel (binnen 5-10 jaar) kunnen degraderen. Een deel van die PFAS-laag kan dan als schilfers of poederdeeltjes op de bodem terecht komen: bodemverontreiniging! Dit risico is nu onbekend en dient door een onafhankelijke instantie te worden onderzocht.

In 2019 werden vele bouwprojecten een half jaar stilgelegd omdat in de bouwgrond een microgram PFAS per kubieke meter werd gemeten. Als de bodem onder 5-10 jaar oude zonnepanelen zou worden onderzocht, is het goed voorstelbaar dat op bepaalde plekken de bodem ver boven de norm is verontreinigd met PFAS-poederdeeltjes en -schilfers. Het is kostbaar om de bodem naderhand te saneren. Vandaar onze aanbeveling om te kiezen voor PFAS-vrije zonnepanelen.

### Risico's tijdens het productieproces van PFAS

In Nederland en in de VS zijn grootschalige milieuverontreinigingen aan het licht gekomen, veroorzaakt door lozingen van PFAS-producenten met alle gezondheidsrisico's van dien.

### PFAS-vrije alternatieven

*Glas.* Het marktaandeel van glas-glaszonnepanelen groeit snel. In 2023 heeft al 40% van alle zonnepanelen een glasplaat als achterzijde (zie Figuur 3).<sup>7</sup>

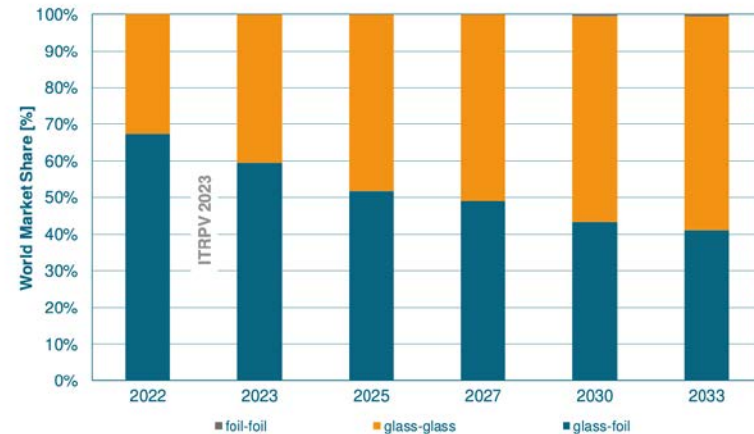
Glas is het belangrijkste PFAS-vrije alternatief. Het snel stijgende marktaandeel komt ook door de opkomst van *bifacial* zonnepanelen. Deze zonnepanelen kunnen ook het licht dat op de achterkant valt omzetten in elektriciteit.

Andere voordelen van glas-glas panelen:

- Kleiner brandrisico – er is geen backsheet dat vlam kan vatten
- Sterker – glas-glaspanelen kunnen grotere hagelstenen weerstaan
- Langere levensduur – de glasplaat is een gasdichte barrière waardoor bepaalde degradatiemechanismen trager verlopen.

<sup>7</sup> ITRPV, VDMA, 2023.

World Market Share of different front and back cover materials



Figuur 3: Het marktaandeel van glas-glas panelen groeit snel.

Bron: ITRPV 2023, VDMA.

Glas-glas panelen waren altijd zwaarder en duurder dan glas-foliepanelen. Maar tegenwoordig bieden vrijwel alle grote Chinese producenten glas-glas panelen aan die dankzij dunne glasplaten van slechts 1,6 mm even veel wegen als een glas-folie paneel (1 glasplaat van 3,2 mm).

Bovendien zijn de productiekosten en verkoopprijzen nu gelijk aan glas-folie panelen, omdat dit dunne glas ongeveer even duur is als een kunststof backsheet (€ 2-3 /m<sup>2</sup>). Overigens is het nog wel de vraag in hoeverre deze licht glas-glas panelen bestand zijn tegen grotere hagelstenen.

*PO en PET.* PFAS-vrije kunststof backsheets op basis van met name PET en PO hebben inmiddels een marktaandeel van 10-20%. Diverse backsheet-producenten, waaronder ook producenten met Europese roots zoals Coveme en Endurans, produceren PFAS-vrije backsheets

op basis van UV-bestendige PET of PP. Deze zijn naar verluid even goed en niet duurder dan backsheets met PFAS.

### 2.2.2 Lood

De grote Chinese producenten leveren nog geen loodvrije zonnepanelen. 'Loodvrij' heeft daar nog weinig aandacht.

De RoHS-richtlijn uit 2011 (Restriction of Hazardous Substances) verbiedt het gebruik van lood in de meeste soorten elektronica. Zonnepanelen met loodhoudend soldeertin zijn destijds echter vrijgesteld van deze richtlijn.

#### Risico's bij gebruik van loodhoudende soldeertin

Tijdens de gebruiksfase van een zonnepaneel kan het lood niet vrijkomen.<sup>8</sup> Zelfs bij brand ontstaan er geen gevaarlijke loodconcentraties in de lucht of in het grondwater.<sup>9</sup> Het risico op milieuvervuiling komt pas bij *end-of-life*, na de afvalverwerking van zonnepanelen.

Er is een risico dat het lood via uitloging uit het afvalgranulaat in het grondwater belandt. Dit risico is onbekend. Het is wat ons betreft belangrijk dat het RIVM dit risico onderzoekt.

<sup>8</sup> P. Sinha, et al, 2019, *Human health risk assessment methods for PV, Part 2: Breakage risks*, International Energy Agency (IEA) PVPS Task 12, Report T12-15:2019. ISBN 978-3-906042-87-9.

<sup>9</sup> P. Sinha, et al, 2018, *Human health risk assessment methods for PV, Part 1: Fire risks*, International Energy Agency (IEA) PVPS Task 12, Report T12-14:2018.

### De afvalverwerking van zonnepanelen

In Nederland gaat de verwerking van afgedankte zonnepanelen nu als volgt: Eerst worden de kabels en het frame verwijderd. Het aluminium (frame) en het koper (kabels) gaan naar metaalverwerkers. Het overgebleven laminaat van glas, cellen en kunststoffen wordt in België vermalen en bijgemengd met oud ijzer. In een smeltoven wordt uit het oud ijzer weer nieuw ijzer geproduceerd (recycling); de gemalen brokjes glas en plastic helpen in dat proces. Na dit proces blijven 'bodemslakken' in smeltoven over. Deze bodemslakken worden vermalen tot granulaat. Dat wordt gebruikt o.a. voor wegfunderingen gebruikt.

#### Loodvrije alternatieven

Loodvrije soldeertin is al decennia beschikbaar. Een aantal fabrikanten gebruikt dit al. Deze soldeertin is duurder maar verhoogt de zonnepaneelkosten met minder dan 0,1%. Er zijn wel andere soldeerinstellingen nodig. Sommige producenten lassen de diodes in de junction box – hiervoor is geen helemaal geen soldeertin nodig.

### 2.2.3 Antimoon

Solar glas is veel helderder dan vensterglas. Het laat vrijwel al het zonlicht ongehinderd door. Vensterglas is licht groen van kleur door onder andere ijzeroxiden in het glas. Daardoor laat vensterglas circa 25% minder zonlicht door - vooral minder infrarood licht. Solar glas wordt ook voorzien van een anti-reflectiecoating en het wordt thermisch gehard.

Voor solar glas worden zuiverdere grondstoffen (zandsoorten) gebruikt. Maar de Aziatische glasproducenten voegen ook antimoon toe aan de zandmix: 0,3-0,6% van het glasgewicht. Hierdoor wordt het glas nog helderder. Europese producenten bereiken dezelfde



hoge helderheid zonder antimoon toe te voegen; zij gebruiken nog zuiverdere grondstoffen.

### **Risico's bij gebruik van antimoon in het glas**

Antimoon is net als lood een zwaar metaal dat gezondheidsschade kan veroorzaken. In veel landen is de toegestane antimoonconcentratie in drinkwater vergelijkbaar met die van lood.

Gedurende de gebruiksfase kan er hoogstens een fractie antimoon uitlogen uit het glas. Maar net als bij lood in de soldeertin komt het risico vooral na het einde levensduur. Afvalgranulaat wordt gestort als fundering voor bijvoorbeeld wegen. Antimoon (en lood) kan dan via uitloging in het grondwater belanden. De risico's en gevolgen zijn helaas onbekend. Nader onderzoek van een onafhankelijke instantie is nodig.

Antimoon in het solar glas verhindert ook standaard glas recycling:

- Giftige antimoondampen kunnen vrijkomen als solar glas belandt in een reguliere recycling-glasoven; dit geeft gezondheidsrisico's voor de werknemers.
- Antimoon is verboden voor 'verpakkingsglas' (flessen, glazen, potten).
- Het kan lelijke vlekken veroorzaken bij het produceren van float-glas (vensterglas).

### **Antimoonvrije zonnepanelen**

Enkele producenten, bijvoorbeeld f-Solar in Duitsland en Borosil in India, leveren antimoonvrij solarglas dat even helder en even sterk is als solarglas met antimoon. Een aantal PV-producenten gebruikt dit antimoonvrije solarglas.

Helaas is het marktaandeel van antimoonvrij solarglas nog erg klein. Bovendien heeft de Europese Commissie geen initiatief genomen om antimoon te verbieden of te eisen dat het wordt vermeld op een label of datasheet.

### 2.3 Overzicht vanuit het marktonderzoek

Vrijwel alle producenten leveren glas-glas zonnepanelen. Dus vrijwel iedereen heeft een PFAS-vrij alternatief. Het aantal antimoonvrije of loodvrije zonnepanelen is nog gering.

Producer	Module series	PFAS-free	Antimony-free	Lead-free	Country	Production capacity	Additional module costs
Meyer-Burger	all	YES	YES	YES	Germany	1 GW	€€€
First Solar	all	YES	YES	YES	USA	Top 10 Global	€
3SUN	all	YES	YES	YES	Italy	Top 5 EU	€€
Several EU producers		YES	YES	YES	Across EU		€€€
Energyra	all	YES	YES	YES	Netherlands		€€€€
Solarge	Solo 500	YES	YES	NO	Netherlands		€€€
Maxeon	Maxeon 3	YES	NO	YES	USA	Top 20 Global	€€€€
All producers	glass-glass	YES					0

**Tabel 2: Zonnepanelen zonder PFAS, Lood, Antimoon.**

Legenda: indicatieve meerprijzen ten opzichte van mainstream zonnepanelen per Q1'24

€: + € 0,01 tot € 0,04/Wp

€€: + € 0,05 tot € 0,10/Wp

€€€: + € 0,15 tot € 0,25/Wp

€€€€: + € 0,25 tot € 0,40/Wp

### 2.4 Suggestie ten aanzien van de eisen

In de *Template inkoop Eisen* is nu 'PFAS-vrij' opgenomen als eis omdat PFAS-vrije zonnepanelen ruim beschikbaar zijn en zonder meerprijs. Bij glas-glas panelen komen daar enkele voordelen bij: minder brandbaar, bestand tegen grotere hagelstenen, vaak een langere technische levensduur.

Antimoonvrij en loodvrij zijn vanwege de beperkte beschikbaarheid en de onzekerheid over de risico's nog niet opgenomen als eis in de *Template*. Wel krijgen ze punten via de gunningscriteria.

## 3. TECHNISCHE LEVENSDUUR

### 3.1 Introductie

Hoeveel jaren een zonnepaneel stroom opwekt hangt af van verschillende factoren:

- *natuurgeweld* – grote hagelstenen, windhoos, brand, bliksem. Door een toename in weersextremen is de kans hierop toegenomen.
- *financiële overwegingen* – soms worden ze na 8 jaar al vervangen door panelen met een hogere efficiëntie (repowering). Door de forse prijsdaling van Chinese panelen komt dit vanuit commerciële overwegingen regelmatig voor.
- *technische degradatie*.

De meeste panelen gaan kapot<sup>10</sup> via technische degradatie. Via geleidelijke achteruitgang zoals het vergelen van de encapsulant, microcracks in de cellen, corrosie van busbars, scheuren in backsheet. Of via acute problemen zoals een kortsluiting, een hotspot of glasbreuk.

De levensduur van een PV systeem wordt daarom vooral bepaald door de kwaliteit van de materialen en het paneelontwerp.

#### Dynamische industrie met veel innovaties

De solar industrie is zeer dynamisch: nieuwe materialen of technologieën hebben vaak binnen een paar jaar al een groot marktaandeel. Dat kan gaan om de celtechnologie (PERC, PERT,

<sup>10</sup> Köntges et al., *Assessment of Photovoltaic Module Failures in the Field*, Report IEA-PVPS T13-09:2017, IEA, May 2017.

TopCon, HJT), de celgrootte, de afmetingen van de panelen, de verbindingen tussen de cellen, de backsheets, de encapsulanten - de *bill of materials* verandert continu.

Veel van deze innovaties zijn slechts kort getest voordat ze breed worden doorgevoerd. Helaas bleek bij een paar van die innovaties dat zonnepanelen binnen een paar jaar al sterk achteruit gingen.<sup>11</sup> Recent bleek dat TOPcon panelen al binnen 2 jaar met 8% degraderen door *UVID*.

#### 40 jaar levensduur is mogelijk en bewezen

Het project 'Ticino Solare' bewijst dat zonnepanelen minstens 40 jaar mee kunnen gaan.<sup>12</sup> Zonnepanelen van verschillende fabrikanten werden daar in 1982 geïnstalleerd en om de paar jaar doorgemeten. Veel van deze panelen zijn inmiddels kapotgegaan maar één batch panelen van één producent leveren na 40 jaar nog meer dan 85% van hun initiële opwek!

Deze panelen bestonden uit hoogwaardige materialen en een robuust ontwerp:

- De backsheet was opgebouwd uit een staalplaat met een dubbele Tedlar-laag. De hoogwaardige encapsulant PVB werd gebruikt (nu vooral EVA); de silicium zonnecellen waren 300 micron dik (nu 150 micron).

<sup>11</sup> Bijvoorbeeld de 'AAA' backsheets van Isovoltaic; bijvoorbeeld LID en PID na de introductie van PERC-cellen.

<sup>12</sup> Project Ticino Solare: <https://www.aramis.admin.ch/Default?DocumentID=49977&Load=true>.

- Het paneel had een robuust ontwerp: afmetingen 120x30 cm (nu vaak 110x180) bij framehoogte 38 mm (nu vaak 30 mm) en glasdikte 3,2 mm (nu gelijk of kleiner).

### Kwaliteit van mainstream zonnepanelen is achteruit gegaan

#### Laagwaardige materialen

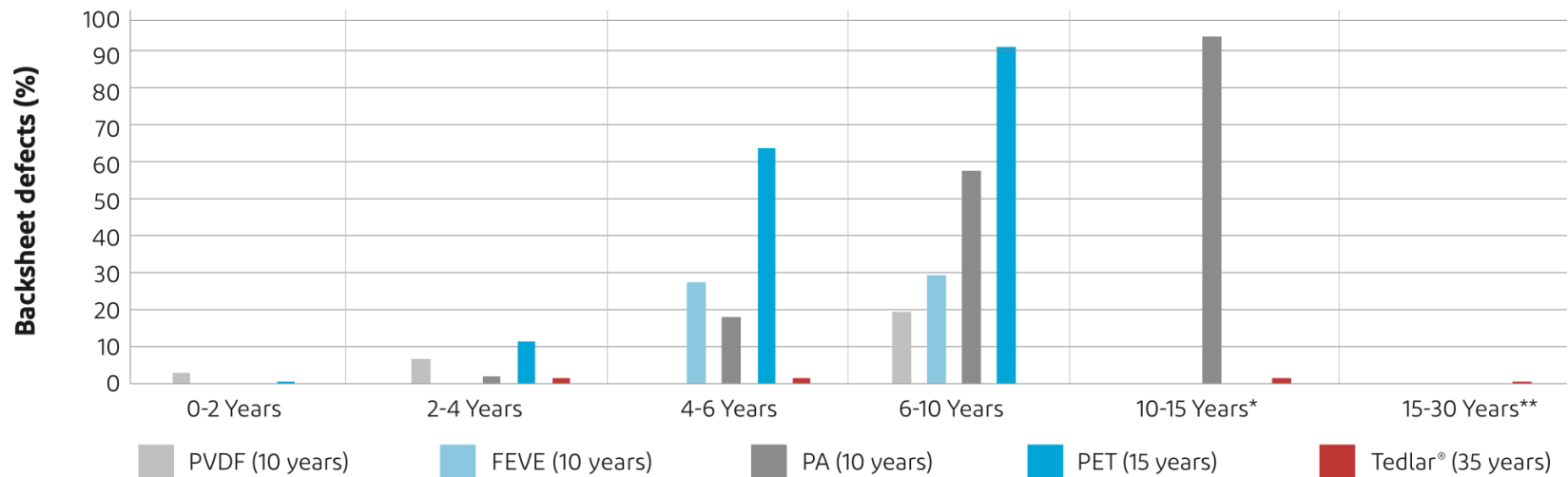
Door de extreme prijsconcurrentie gebruiken producenten van mainstream zonnepanelen nu goedkopere en laagwaardigere materialen

dan in de jaren '80, met name voor de backsheet<sup>13</sup> en encapsulant<sup>14</sup>. Deze materialen zijn niet geschikt zijn voor een lange levensduur<sup>15</sup>.

Het Amerikaanse Dupont produceert de Tedlar<sup>16</sup> backsheet.

Deze is betrouwbaar en het was de dominante backsheet in de jaren '80 en '90. Maar het is wel prijzig en de afgelopen 20 jaar hebben vele partijen goedkopere backsheets op de markt gebracht. Het marktaandeel Tedlar is sterk gedaald (zie Figuur 2 in het vorige

**Defect rates in PVDF, FEVE, PA, PET and Tedlar® backsheets**



**Figuur 4: Backsheet defect rates volgens veldonderzoek van Dupont,** verricht over 9 miljoen zonnepanelen verspreid over 551 PV installaties in de VS, Europa en Azië. Afkortingen: PVDF – polyvinylidifluoride, PA – polyamide, FEVE – fluorethyleen vinyl ether, PET – polyethyleen terephthalaat. \*\*) PA, PET, FEVE, PVDF pas <15 jaar op de markt.

<sup>13</sup> Taiyang News, 18 januari 2022, "So many backsheet structures".

<sup>14</sup> De goedkoopste encapsulant - EVA - is niet geschikt voor een lange levensduur maar heeft wel een marktaandeel >70%. Bron: Pag 41, *International Technology Roadmap for Photovoltaic*, 2023, VDMA.

<sup>15</sup> Oreski et al., *Designing new materials for photovoltaics: Opportunities for lowering cost and increasing performance through advanced material innovations*, Report IEA-PVPS T13-13:2021, April 2021.

<sup>16</sup> Op basis van het polymeer PolyVinylFluoride (PVF).

hoofdstuk). Grote veldonderzoeken van Dupont<sup>17</sup> laat zien dat veel van deze alternatieve backsheets al binnen 5 tot 10 jaar sterk degraderen (Figuur 4). Dupont heeft een groot belang bij die uitkomst, desalniettemin lijken de onderzoeken toch representatief en betrouwbaar.

### Dunner glas en zwakkere frames

Naast de materiaalkwaliteit is de afgelopen paar jaar ook sterk bespaard op de *hoeveelheid* materialen bij mainstream panelen. Het glas is 20% dunner geworden en de frames 25% lager terwijl de panelen zelf veel groter werden (Figuur 5). Dit gaat waarschijnlijk leiden tot hogere percentages breuk bij storm, sneeuw of hagel<sup>18</sup>.

Ook PV Evolution Labs en STS Certified, leidende organisaties in kwaliteitstests respectievelijk kwaliteitsinspecties van zonnepanelen, verwachten een toename van technische problemen<sup>19</sup>.

### Veldonderzoek uit Tsjechië op basis van 85 PV installaties: 12 jaar

Er zijn weinig grootschalige, onafhankelijke veldonderzoeken naar de gemiddelde levensduur van zonnepanelen in de praktijk. In Tsjechië werd in 2023 onderzoek gedaan<sup>20</sup> naar 85 grotere PV-installaties uit de periode 2009-2010. Alle zonnepanelen kwamen van 'Tier 1' producenten. In dit onderzoek bleek dat vrijwel al deze zonnepanelen vanaf hun tiende jaar snel achteruitgingen. De gemiddelde technische levensduur van de zonnepanelen van deze 85 PV installaties bleek 12 jaar, dus veel korter dan de 20-25 jaar waar men op rekende.

		High Quality PV-modules 2023	Mainstream PV-modules 2023	Vershil
Produktgarantie		30-40 jaar	10-12 jaar	
Hoogte	cm	170	196	+15%
Breedte	cm	105	113	+8%
Oppervlak	m <sup>2</sup>	1,8	2,2	+24%
Frame-dikte	mm	40	30	-25%
Glas-dikte	mm	2.0 + 2.0	1.6 +1.6	-20%
Encapsulant		POE of TPO	EVA	

**Figuur 5:** Verschillen tussen mainstream zonnepanelen en hoge kwaliteit zonnepanelen (bijv. Maxeon, MeyerBurger, SolarWatt).

<sup>17</sup> J. Tracy et al, *Survey of Material Degradation in Globally Fielded PV Modules*, 2019 IEEE 46<sup>th</sup> Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), pp. 0874-0879, doi: 10.1109/PVSC40753.2019.8981140.

<sup>18</sup> V. Poulek et al., *On site renovation of degraded PV panels*, Solar Energy, Volume 263, 2023, doi.org/10.1016/j.solener.2023.111956.

<sup>19</sup> Zie p17 en p18 van *Solar Risk Assessment: 2022, Quantitative Insights from the Industry Experts*. [www.solaranywhere.com/wp-content/uploads/2022/06/kWhAnalytics\\_Solar-Risk-Assessment-2022\\_SolarAnywhere.pdf](http://www.solaranywhere.com/wp-content/uploads/2022/06/kWhAnalytics_Solar-Risk-Assessment-2022_SolarAnywhere.pdf).

<sup>20</sup> M. Libra et al., *Reduced real lifetime of PV panels – Economic consequences*, Solar Energy, Volume 259, 2023, doi.org/10.1016/j.solener.2023.04.063.

### **Verwachte levensduur van *mainstream* zonnepanelen: gemiddeld 12 tot 15 jaar**

Helaas is er geen duidelijke aanleiding om aan te nemen dat de *mainstream* zonnepanelen van nu een langere levensverwachting hebben dan de zonnepanelen die in 2010 werden geproduceerd. In tegendeel: de panelen zijn groter geworden terwijl het glas en de frames zwakker werden. Ook zijn er meer backsheets met een lage kwaliteit.

Wel is de kwaliteit van de EVA encapsulant gemiddeld beter dan in 2010 en is de kans op hotspots kleiner dan in 2010 door de *halfcut* cellen nu. Onze *educated guess* is daarom een verwachte levensduur van 12-15 jaar voor *mainstream* zonnepanelen.

Overigens worden er nog steeds hoogwaardige zonnepanelen worden geproduceerd die *wel* minstens 25 jaar meegaan. Daarover meer in de onderstaande paragrafen.

### **Fabrikanten leveren wat de klant wenst**

Het is heel goed mogelijk om een zonnepaneel te maken dat langer dan 25 jaar meegaat. Daarvoor zijn wat duurdere materialen nodig en een robuust ontwerp. Alle producenten kunnen zonnepanelen produceren die lang meegaan, en zeker ook de grote Chinese producenten. Maar veel fabrikanten focussen op lage productiekosten en laagwaardige materialen omdat veel klanten kiezen voor de laagste prijs.

### **Maar de *performance warranty* is 25 jaar?**

De solarindustrie heeft zelf bijgedragen aan de onduidelijkheid over de levensduur. De meeste *mainstream* zonnepanelen hebben een 'performance warranty' die 25 jaar duurt en een 'product warranty' van 10 of 12 jaar. Er bestaat veel verwarring omtrent deze warrantys.

Belangrijk is dat een performance warranty van 25 jaar meestal niets dekt als het paneel na 12 jaar kapot gaat. Want kapot gaan valt onder de produktgarantie.

Het is daarnaast de vraag hoeveel waarde je aan deze warranties moet hechten. Het is moeilijk om de schade te verhalen, de schadevergoeding is vaak laag en de bewijslast hoog. Soms bestaat de leverancier of producent niet meer: het merendeel van de top 20 PV-producenten van 12 jaar geleden is inmiddels failliet gegaan of gestopt. Deze warranties worden ook door de zonnepaneelproducenten zelf afgegeven. Er is geen test of keuring door een onafhankelijke organisatie nodig. Ook daarom betekenen deze garanties niet zoveel.

## **3.2 Waarom is een lange levensduur belangrijk**

### **De laagste stroomkosten**

De onderhoudskosten van zonnepanelen zijn in Nederland nul of zeer gering. De kosten van zonnestroom wordt vrijwel geheel bepaald door de initiële investering. Dus hoe langer de panelen stroom opwekken des te goedkoper de zonnestroom wordt.

Voorbeeld: bij een project met zonnepanelen van hoge kwaliteit, met een levensduur van 25 jaar, is de investering € 1 per Wattpiek. Bij een gemiddelde opbrengst van 600 kWh/kWp/jaar levert dit project zonnestroom van € 0,07 per kWh (exclusief financieringskosten, onderhoud en degradatie). Bij goedkopere zonnepanelen met een levensduur van 15 jaar is de investering iets lager: € 0,95 per Wp. Maar de kale stroomprijs stijgt naar € 0,11 per kWh.

### Klimaat en milieu

De *carbon payback time* van kristallijn-silicium zonnepanelen is relatief lang. Een lange levensduur is daarom erg belangrijk want alleen dan kan een zonnepaneel een goede klimaatbijdrage leveren.

Ook andere milieu-impacts worden kleiner bij een lange levensduur:

- minder productie en gebruik van toxische stoffen;
- minder delfstoffen en mijnbouw nodig;
- minder kritieke materialen nodig;
- de afvalberg van oude zonnepanelen wordt kleiner<sup>21</sup>

### 3.3 Hoe krijg je een grote kans op levensduur van meer dan 25 jaar?

Zonnepaneelproducenten gebruiken niet allemaal dezelfde materialen. Ze houden de gebruikte materialen en toeleveranciers meestal strikt geheim. Bovendien past elke producent zijn materialen om de paar jaar een beetje aan. Géén van de materialen die 10 jaar of 20 jaar geleden werden gebruikt worden nu in precies dezelfde samenstelling gebruikt. Er is daarom geen zekerheid dat een module 25 jaar of

<sup>21</sup> Het is nog niet rendabel om grondstoffen terug te winnen uit zonnepanelen en het is onzeker of dit in de toekomst wel rendabel wordt. Er is in Nederland de afgelopen 10 jaar te weinig geld ingezameld voor de afvalverwerking van huidige zonnepanelen. Die verwerkingskosten moeten door de samenleving worden gedragen. Sinds 1 juli 2023 is er wel een dekkende afvalbijdrage voor nieuwe zonnepanelen.

langer zal meegaan. Wel kan worden aangegeven onder welke voorwaarden de kans op een lange levensduur groot is. Die kans hangt samen met de materialen, het ontwerp en de resultaten van versnelde levensduurtests.

Er vindt veel onderzoek plaats door universiteiten, onderzoeksinstituten en producenten naar de kwaliteit en levensduur van zonnepanelen en materialen. Het is zowel laboratorium- als veldonderzoek.

Vele tests worden ingezet om de bestendigheid van zonnepanelen te onderzoeken. Ze worden blootgesteld aan klimaatkamers, mechanische tests, UV-licht, hoge elektrische spanningen en gecombineerde stresstests. Vervolgens worden de materialen onderzocht met een scala aan analytische methoden, van elektronenmicroscopie tot röntgenfoto's en kristallografie.

#### 3.3.1 Materialen

Uit onderzoekspublicaties en gesprekken met experts kwam naar voren dat 2 materialen een grote rol spelen in de levensduur van zonnepanelen:

- *encapsulant* – de doorzichtige folie tussen de zonnecellen en het glas
- *backsheet* – de kunststoffolie of de glasplaat achter de zonnecellen

#### Encapsulant

In de jaren '70 en '80 werd vaak een PVB of een siliconen-polymeer gebruikt als encapsulant. Dit zijn UV-stabiele materialen waarmee een lange levensduur mogelijk is. Deze materialen zijn echter duur en ook de verwerking is duur. De laatste 20 jaar is het goedkopere en gemakkelijk te verwerken EVA dominant geworden. EVA is helaas inherent minder UV-stabiel. Het kan vergelen en er kunnen acetaatzuren vrijkomen die weer leiden tot corrosie.

De encapsulantsoorten POE (polyolefin) en TPO (thermoplastisch polyolefin) zijn wel UV-stabiel en goed te verwerken. Deze komen goed uit de verschillende onderzoeken. Het gebruik van een POE of TPO biedt nog geen garantie - materiaalkwaliteit en het verwerkingsproces zijn cruciaal. Het nieuwe materiaal EPE (een dikke laag POE tussen twee dunne laagjes EVA) geeft ook goede resultaten.

### Backsheets

DuPont's Tedlar is een bewezen backsheet met een lang trackrecord. Maar het is relatief duur en het bestaat uit een fluorhoudende polymeer - een PFAS. Bij diverse andere kunststof backsheets ontstonden binnen 10 jaar problemen als vergeling, scheuren (cracks) en poedervorming (chalking), zo bleek uit veldonderzoek.

Figuur 6 toont de grote variëteit aan backsheet-varianten die momenteel worden toegepast in zonnepanelen – daaronder ook veel materialen die nog niet langjarig zijn getest. Een aantal van deze backsheets zijn niet geschikt voor een lange levensduur.<sup>22</sup>

### Glas-glas

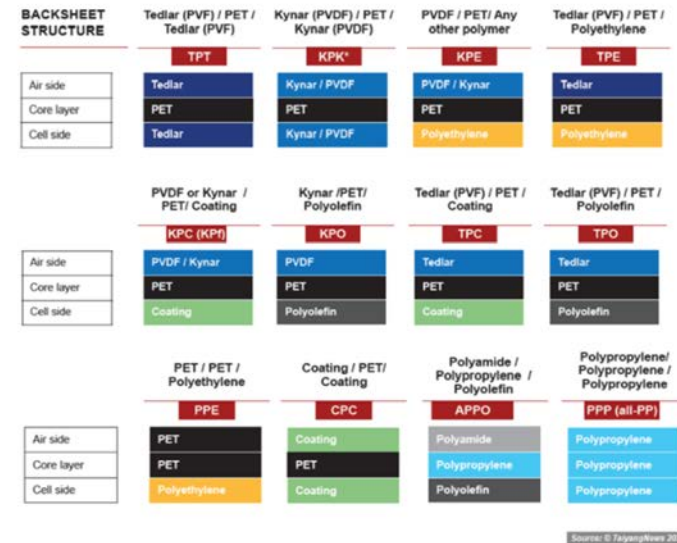
Bij het gebruiken van een glasplaat als backsheet kunnen waterdamp, zuurstof en andere gassen die zorgen voor degradatie alleen via de dunne rand aan de zijkant binnendringen. Een glas-glas module kan daarom zeer lang meegaan. Sommige producenten verwachten een levensduur van meer dan 40 jaar. Het productieproces van een glas-glasmodule is wel lastiger. Gelukkig hebben de meeste producenten voldoende ervaring en de juiste machines om goede glas-glaspanelen te maken.

<sup>22</sup> Bron: Taiyang News, 18 januari 2022, "So many backsheet structures".

So Many Backsheet Structures

## Overview On Different Configurations For Solar Module Backsheets Available In Today's Market

Feb 18, 2022



Figuur 6: vele soorten backsheets met veel verschillende materialen en kwaliteit.

### 3.3.2 Levensduurtests

#### IEC61215 – zegt alleen iets over de eerste 5 jaar!

Helaas is er nog geen test waarmee je de levensduur kan voorspellen. Alle zonnepanelen die in Europa op de markt worden gebracht moeten voldoen aan de Europese normen met betrekking tot elektrische veiligheid en kwaliteit. De belangrijkste norm voor zonnepanelen is de IEC61215. Deze test bestaat uit verschillende tests met een doorlooptijd van enkele maanden.



Om aan de norm te voldoen moeten de zonnepanelen intense UV-belichting en vele uren in klimaatkamers doorstaan, met hagelstenen, het gewicht van sneeuw en wind, enzovoorts. Toch zegt deze test alleen iets over de kans dat het paneel de *eerste 5 jaar* overleeft. Het bewijst niet dat het paneel 10 jaar of langer meegaat.

### PVEL PQP en 3 x IEC61215

De IEC 63209-1 Extended Stress Test is al een rigoureuzere stresstest dan de IEC 61215. Enkele onderzoeksinstituten (onder andere het Amerikaanse PVEL) hebben zogeheten ‘*Combined Accelerated Stress Tests*’ (CAST) ontwikkeld. Daarbij worden klimaatkamers gebruikt waarin de panelen tegelijkertijd worden blootgesteld aan extreme temperaturen (-40 °C tot +80 °C), een hoge luchtvochtigheid, UV-licht en een elektrische spanning op het frame. Deze tests duren ook langer.

Veel moduleproducenten maken inmiddels gebruik van deze tests. Als alternatief voor deze PVEL CAST-test voeren sommigen de tests uit IEC61215 drie keer achter elkaar uit. Als een module goed door de PVEL CAST-test of door de drie maal IEC61215 heen komt, is de kans groot op een levensduur van 25 jaar of langer.

### 3.3.3 Module-ontwerp

#### Glas-foliezonnepanelen

Onderstaande tabel toont de evolutie van mainstream zonnepanelen de afgelopen 8 jaar:

	Vermogen (Wp)	Afmetingen (cm)	Glasdikte bij glas-folie-zonnepanelen (mm)	Frame-hoogte (mm)
2015	250	165 x 92	3,2-4,0	40-45
2018	325	175 x 98	3,2	35-40
2023	400	180 x 108	2,5-3,2	30

Tabel 3: de evolutie van mainstream zonnepanelen.

Kortom: de afgelopen 8 jaar zijn zonnepanelen groter geworden maar het glas dunner en het frame zwakker. Hierdoor is de kans op celbreuk of glasbreuk ten gevolge van wind, sneeuw of hagel toegenomen. Gelukkig hebben sommige fabrikanten het dikkere glas en de hogere frames behouden.

#### Glas-glas zonnepanelen

Tien jaar geleden waren glas-glaspanelen nog zeldzaam, maar tegenwoordig hebben ze een marktaandeel van 40%. Dat groeiende marktaandeel komt deels door de opkomst van *bifacial* zonnecellen. Daarbij kan de achterzijde van de cel ook licht omzetten in elektriciteit. Op een dak hebben deze zonnepanelen weinig nut maar in een veldopstelling stijgt de opbrengst met 10-20%.

Een andere reden voor de groeiende vraag naar glas-glas is de grotere robuustheid. Ze zijn stijver en sterker dan glas-foliepanelen. Door de symmetrische opbouw ondervinden de cellen ook minder krachten. Bij een extreme hagelbui in 2015 in Brabant met hagelstenen zo groot als tennisballen gingen alle zonnepanelen kapot op twee na – allebei glas-glaspanelen.

### 3.4 Overzicht vanuit het marktonderzoek

Tabel 4 geeft onze inschatting van de kans dat een zonnepaneel een levensduur van 25+ jaar haalt.

Het aantal H's is subjectief<sup>23</sup>. Hierin wegen we verschillende aspecten: de produktgarantie, de gebruikte materialen, het moduleontwerp en extreme levensduurtests.

Producer	Module type	Chance to last >25 years	Product Guarantee years	Extreme lifetime testing? Type	High quality encapsulant?	High quality backsheet?	Robust module design Frame height, glass thickness	Additional module costs
Sunpower	Glass-foil	HHHH	40	PVEL PQP + IEC63209	POE	PET-alu-PET	3,2 mm glass; frame 40 mm	€€€€
Meyer Burger	Glass-glass	HHHH	30	3* IEC 61215	POE	Glass	2,0+2,0 mm glass; frame 35 mm	€€€
Solar Watt	Glass-glass	HHH	30	2* IEC 61215/ IEC63209		Glass	2,0+2,0 mm glas; frame 35 mm	€€€
Meyer Burger	Glass-foil	HH	25	3* IEC 61215	POE	PET-alu-PET	3,2 mm; frame 35 mm	€€€
3SUN	Glass-foil	HH	25	PVEL PQP*	POE	PET-alu-PET	3,2 mm; frame 30 mm	€€
FirstSolar	Glass-glass	HH	12	PVEL PQP + IEC63209	POE	Glass	2,0+2,0 mm glass; 35 mm frame + midsupport frame	€
Longi	Glass-glass	?	12	PVEL PQP	?	Glass	2,0+1,6 mm glass; 30 mm frame	€
Longi	Glass-foil	?	12	PVEL PQP	?	?	3,2 mm glass; 30 mm frame	-
Mainstream GG	Glass-glass	?	15-25	-	?	Glass	2,0+1,6 mm glass; 30 mm frame	€
Mainstream GF	Glass-foil	small	10-12	-	?	-	2,5 mm glass; 30 mm frame	-

**Tabel 4: inschatting van de kans op een lange levensduur voor een reeks van zonnepanelen.**

Legenda: indicatieve inschatting van de kans dat een module 25 jaar levensduur haalt

HHHH: Hoogst

HH: Hoog

?: Onbekend

<sup>23</sup> Bij geen van de vele test- en onderzoeksorganisaties vonden wij een dergelijk overzicht met de verwachte levensduur van zonnepanelen. Mocht u wel zo'n onderzoek kennen laat het ons weten!

### 3.5 Suggesties ten aanzien van eisen

Met glas-glas panelen is de kans groter op een langere levensduur al biedt het geen garantie. Alleen met de juiste materialen en processen bereik je een lange levensduur. Een lange levensduur is ook mogelijk met sommige kunststof backsheets (zoals Tedlar). Alleen rigoureuze tests geven een indicatie over de levensduur: PVEL PQP, 3 x IEC61215 of IEC63209.

We hopen in de toekomst wel een dergelijke rigoureuze test als eis op te nemen. Op dit moment is het aanbod nog te klein en is er geen duidelijkheid welke test moet worden gebruikt.

Wel kunnen modules bonuspunten krijgen via de gunningscriteria als ze één van deze tests goed doorstaan.

## 4. ARBEIDSMOMSTANDIGHEDEN

### 4.1 Introductie

Goede arbeidsomstandigheden in elke stap van de keten – van mijnbouw tot en met installatie. Het is de ambitie om kinderarbeid, dwangarbeid of uitbuiting van arbeidsmigranten uit te bannen.

Het is bekend dat in de solar industrie misstanden voorkomen. Chinese producenten zijn dominant in de solarindustrie: 90% van alle zonnecellen worden in China geproduceerd en ook de meeste zonnepanelen. In de productieketen van zonnepanelen gaat het met betrekking tot arbeidsomstandigheden vooral over de arbeidsomstandigheden in China.

#### Risico's op dwangarbeid door Oeigoeren

De Oeigoeren, een islamitische etnische minderheid uit de westelijke provincie Xinjiang, worden door de Chinese overheid onderdrukt. Er is veel berichtgeving geweest over heropvoedingskampen en gevangenissen in Xinjiang waar mensen zonder rechtspraak in belanden. De Nederlandse Tweede Kamer heeft de gebeurtenissen bestempeld als genocide.

In Xinjiang is ook door vele onderzoekers en journalisten dwangarbeid geconstateerd. Dit gebeurt niet alleen in Xinjiang: Oeigoeren worden ook in andere provincies als dwangarbeider ingezet.

Volgens schattingen worden meer dan 1 miljoen Oeigoeren in dit als dwangarbeider gebruikt.

Dankzij goedkope kolen en goedkope elektriciteit staat er veel energie-intensieve industrie in Xinjiang. Het gebied is verantwoordelijk voor 32% van de wereldwijde productie van metallurgisch silicium en 40% van het polysilicium, de grondstof voor c-Si-zonnecellen. Er staan ook veel fabrieken voor vervolgstappen als kristallisatie, wafering en celproductie.

#### Inzet dwangarbeid in de Solar Supply Chain is vastgesteld

In het rapport uit 2021: [In Broad Daylight: Uyghur Forced Labour and Global Solar Supply Chains](#), constateerde de Sheffield Hallam University uit het Verenigd Koninkrijk dat er dwangarbeid wordt toegepast in diverse Chinese fabrieken die deel uitmaken van de solar supply chain. Dit vindt plaats bij de productie van polysilicium en bij andere productieprocessen.

Voor meer informatie over het onderwerp 'Oeigoerse dwangarbeid in de PV industrie' zie ook de opname van de ESMC conferentie op 15 februari 2024 in over dit onderwerp<sup>24</sup>.

<sup>24</sup> <https://www.linkedin.com/video/live/urn:li:ugcPost:716385072772020736/>.

## 4.2 Het vaststellen of uitsluiten van dwangarbeid is moeilijk

Door drie problemen is het moeilijk om dwangarbeid in China vast te stellen of uit te sluiten.

### Probleem 1 – Ondoorzichtige keten

De productieketen van silicium zonnecellen is zeer complex en ondoorzichtig met een lange keten van toeleveranciers. Daarom is het zeer lastig te bepalen of ergens hoger in de keten sprake was van dwangarbeid. De belangrijkste stappen:

1. mijnbouw: kolen en silica/quartz
2. productie van metallurgisch silicium (zuiverheid 98-99%)
3. productie van polysilicium (zuiverheid 99.99999999%)
4. kristallisatie en productie van ingots
5. wafering (verzagen van ingots in dunne wafers)
6. celproductie
7. moduleproductie

De meeste Chinese moduleproducenten hebben deels eigen celproductie en deels kopen ze de cellen in. De celproducenten kopen weer wafers in en de waferproducenten hebben vaak eigen kristallatie-afdelingen met ingot-pullers. Maar ook zij kopen ingots in bij leveranciers. Kortom, de keten is erg intransparant.

De productie van elk van deze stappen vindt plaats op grote industriële complexen waar vele duizenden werknemers werken. Vaak op afgelegen plekken waarbij veel van die werknemers ook op de fabriekscampus wonen. De fabrieken zijn eigendom van grote bedrijven met een omzet van (tientallen) miljarden euro.

Stel nu dat er in 1 polysiliconfabriek dwangarbeid wordt geconstateerd. Alleen als alle partijen in de keten zouden meewerken en alle orders en facturen van leveranciers en klanten zouden vrijgeven, zou het mogelijk zijn te achterhalen waar dat polysilicon precies belandt.

### Probleem 2 – Ook in ‘non-XUAR’ regio’s kan dwangarbeid niet worden uitgesloten

Sommige Chinese modulefabrikanten hebben hun toeleveringsketens opgesplitst waarmee men beweert zonnepanelen vrij van XUAR-inputs (Xinjiang - Uygur Autonomous Region) te kunnen leveren. Dit is ontworpen met het oog op UFLPA-naleving (US Uygur Forced Labor Prevention Act).

Gezien de bovengenoemde intransparantie is het moeilijk te controleren of die *dedicated supply chain* niets uit Xinjiang krijgt. Bovendien worden Oeigoeren ook in andere provincies ingezet als dwangarbeider.

En zelfs als deze non-XUAR-keten vrij is van dwangarbeid, dan kopen deze moduleproducenten voor hun binnenlandse klanten *wel* in Xinjiang. De vraag is daarom of een ‘XUAR-input-vrije’-divisie iets bijdraagt aan het verminderen van dwangarbeid.

### Veel Europese zonnepaneelproducenten óók blootgesteld aan dwangarbeid

Veel Europese moduleproducenten kopen hun zonnecellen in China. Een aantal heeft eigen celproductie maar ook zij kopen de wafers vaak alsnog in China. Deze Europese producenten weten vaak niet hoe de keten van toeleveranciers in elkaar zit. En ze hebben zo’n klein

aandeel in de omzet van hun Chinese leveranciers dat ze ook niet bij machte zijn om volledige informatie te krijgen laat staan keuzes in de toeleverketen af te dwingen.

Slechts enkele producenten hebben een productieketen volledig buiten China.

### **Probleem 3 – Verbod op ‘audits’ met gevangenisstraf**

De perceptie van de Chinese overheid op ‘dwangarbeid door Oeigoeren’ is heel anders dan de Westerse. Even vrij vertaald – men beschouwt dit niet als dwangarbeid maar als opleidingen of werkstages voor onderontwikkelde mensen die voorheen een gevaar vormden (vanwege bomaanslagen in het verleden door Oeigoeren).

De websites van enkele solar bedrijven presenteren wat wij dwangarbeid noemen, met trots als ‘social return’ - goede werken voor de maatschappij. De Chinese overheid strijdt actief tegen wat zij noemen een ‘Westerse perceptie’. De Chinese overheid heeft via een nieuwe wet een verbod uitgevaardigd op het uitvoeren van een audit over arbeidsvoorwaarden en mensenrechten. Meerdere onafhankelijke onderzoekers zijn met de Chinese overheid in juridische problemen gekomen en in de gevangenis beland. Het Nederlandse ministerie van Buitenlandse Zaken ontraadt mensen ten strengste om naar Xinjiang te reizen.

Deze fundamentele verschillen in waarden en perceptie maken het onmogelijk om transparantie te verkrijgen in de productieketens; laat staan om bepaalde leveranciers te vragen om te stoppen met dwangarbeid. Zonder een akkoord met de Chinese overheid, waarbij men expliciete medewerking toegeeft en onafhankelijk onderzoek toegestaan, is betrouwbare informatie vrijwel onmogelijk.

## **4.3 Welke acties worden ondernomen in het Westen?**

Er zijn diverse initiatieven om dwangarbeid bij de productie van zonnepanelen te voorkomen.

### **Angelsaksische aanpak: Boycot tenzij er onafhankelijk audits plaats mogen vinden.**

In de VS, Australië en het Verenigd Koninkrijk is er wetgeving aangenomen met als doel om producten te boycotten waar de kans op dwangarbeid aanzienlijk is. Voor zonnepanelen en -cellen uit Xinjiang geldt daarom een omgekeerde bewijslast: de producent of importeur moet uitgebreid via onafhankelijke audits onderbouwen dat er geen dwangarbeid aan te pas kwam.

De Amerikaanse *Uyghur Forced Labor Prevention Act* is al in 2023 in werking getreden en boycot effectief alle producten uit Xinjiang aangezien er onafhankelijke audits worden vereist die weer strikt worden verboden door de Chinese overheid.

De *Modern Slavery Act* van Australië en Engeland is breder van opzet. Daarbij moeten zonnepaneelproducenten uitgebreid rapporteren welke risico's er in hun supply chain zitten bij alle toeleveranciers – ook die buiten China. Hoe zijn de risico's onderzocht en welke acties zijn er genomen om uitbuiting en erger te voorkomen?

### **De Europese aanpak: pas vanaf 2027 en dan boterzacht**

In tegenstelling tot de VS, het VK en Australië pakt de Europese Commissie dwangarbeid in China nog niet echt aan.

In het voorjaar 2024 werd het *Corporate Sustainability Due Diligence Directive (CSDDD)* aangenomen. Hierin worden zeer grote bedrijven vanaf najaar 2027 verplicht om een due diligence (een onderzoek) uit te voeren naar de toeleveringsketens, zeker als er een vermoeden is van dwangarbeid. Maar er is alleen een onderzoeksplicht en een

rapportageplicht (via de CSRD). De import van zonnepanelen die (deels) met dwangarbeid zijn geproduceerd wordt met deze twee directives niet of nauwelijks verminderd.

Er is ook een concept<sup>25</sup> vastgesteld<sup>26</sup> voor een Europese *anti-dwangarbeidverordening*. Dit concept moet nog verder worden behandeld door de nieuwe Europese Commissie. Helaas is dit concept zwak van opzet.

Ten eerste omdat het niet gebaseerd is op de *omgekeerde bewijslast* – zoals in de VS, het VK en Australië. De omgekeerde bewijslijst via onafhankelijke audits is een noodzakelijke kern, zeker in het geval van dwangarbeid in China. Het is immers praktisch onmogelijk om het bewijs te leveren dat er *wel* dwangarbeid heeft plaatsgevonden, zolang China onafhankelijk onderzoek verbiedt. En ten tweede omdat Europese landen in de lead zijn om een zaak te starten bij de Europese Commissie. De meeste landen zullen dit niet durven omdat de kans op een pijnlijke Chinese retaliation heel groot is.

### **Wat verwacht de Nederlandse regering?**

*“Het kabinet verwacht van bedrijven dat zij de OESO-richtlijnen voor multinationale ondernemingen inzake maatschappelijk verantwoord ondernemen (OESO-richtlijnen) en de UN Guiding Principles for Business and Human Rights (UNGPs) toepassen. Volgens deze kaders moeten bedrijven rekening houden met potentiële en daadwerkelijke negatieve gevolgen van hun eigen activiteiten, diensten of producten, en die van hun zakelijke relaties. Potentiële en daadwerkelijke negatieve gevolgen – zoals dwangarbeid – dienen zij volgens het gepaste zorgvuldigheidsproces te identificeren, voorkomen of mitigeren, en hier rekenschap over af te leggen.*

<sup>25</sup> <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-7542-2024-INIT/en/pdf>.

<sup>26</sup> <https://www.consilium.europa.eu/nl/press/press-releases/2024/03/05/council-and-parliament-strike-a-deal-to-ban-products-made-with-forced-labour/>.

*Met totstandkoming van de Europese anti-dwangarbeidverordening wordt het voor bedrijven ook wettelijk verboden om producten die zijn vervaardigd met dwangarbeid op de Europese markt te brengen. Meer detail over de uitkomst van de onderhandelingen over de anti-dwangarbeidverordening is per brief met uw Kamer gedeeld op 29 april jl. (Kamerstuk 26 485, nr. 436)”<sup>27</sup>*

Kortom: de regering verwijst naar de CSRD, de CSDDD en de concept anti-dwangarbeidverordening.

### **Het Solar Stewardship Initiative van SolarPowerEurope (SPE)**

SPE is de Europese branchevereniging van de PV-sector. Voorheen een groep van importeurs, groothandels en EPC'ers, tegenwoordig zijn ook grote Chinese producenten aangesloten.

In samenwerking met grote Chinese producenten als Trina en Jinko werkt SPE aan het *Solar Stewardship Initiative (SSI)*. Hierbij wordt via een standaardvragenlijst en een verklaring ontwikkeld waarmee Chinese producenten kunnen voldoen aan de *due diligence* vragen die worden gesteld vanuit de CSRD en CSDDD. Met een uniforme verklaring en rapportage wordt voorkomen dat honderden Europese bedrijven en organisaties de Chinese producenten bestoken met vragen en site visits. Dat zou onwerkbaar worden en voor beide partijen hoge extra kosten met zich mee brengen.

Maar het kernprobleem van de SSI is dat er geen onafhankelijke audits in zitten. Die komen er ook niet want die zijn verboden door de Chinese regering. Daarom wordt het SSI door sommigen gezien als window dressing: *“Solar Stewardship Initiative Fails to Address Solar Industry Reliance on Uyghur Forced Labour”*.<sup>28</sup>

<sup>27</sup> <https://www.tweedekamer.nl/downloads/document?id=2024D19336>.

<sup>28</sup> <https://enduyghurforcedlabour.org/solar-stewardship-initiative-fails-to-address-solar-industry-reliance-on-uyghur-forced-labour/>.

### Het SER IMVO convenant

De Sociaal Economische Raad (SER) werkt samen met grotere Nederlandse bedrijven en organisaties uit de sectoren wind op zee en zon-PV aan het IMVO-convenant (Internationaal Maatschappelijk Verantwoord Ondernemen). Er is een secretariaat opgericht dat organisaties gaat ondersteunen bij het uitvoeren van de *due diligence*. Het initiatief is nog in een vroege fase.

### 4.4 Lijst met 'slaafvrije' zonnepanelen?

Tony Chocolonely adverteerde al met "*slaafvrije chocola*". Maar ondanks jarenlange inspanningen om rechtstreeks bij boeren in te kopen kon Tony niet garanderen dat er geen slavernij aan te pas komt. Ook hier door intransparante handelsketens en gebrekkige onafhankelijke audits.

Velen vinden dat we de energietransitie niet over de rug van Oeigoeren mogen laten gaan en dat we zonnepanelen met een aanzienlijke kans op Oeigoerse dwangarbeid niet moeten kopen.

Maar zijn er zonnepanelen die gegarandeerd zonder dwangarbeid worden geproduceerd? Zeker is dat het geval bij een aantal producenten, maar wij hebben geen certificaat of lijst gezien van zonnepanelen waarbij dit via onafhankelijke audits is vastgesteld.

De kans dat (Oeigoerse) dwangarbeid is gebruikt is zeer klein bij de volgende zonnepanelen:

- *Dunne-film zonnepanelen*. Deze hebben geen silicium nodig. Enkele fabrikanten produceren deze panelen volledig buiten China en ook zonder componenten of materialen uit China.
- *c-Si-panelen 100% made-in-Europe*. Enkele Europese moduleproducenten gebruiken alleen componenten en grondstoffen uit Europa (ook wafers en polysilicon).
- *Enkele grote Amerikaanse zonnepaneelproducenten*.

Zij maken de uitgebreide due diligence rapporten met onafhankelijke audits, om te voldoen aan de Engelse en Australische 'Modern Slavery' wetgeving.

### 4.5 Wat is nu opgenomen in het Inkooptemplate?

Er is nu helaas geen eis opgenomen over de arbeidsomstandigheden bij de productie van de zonnepanelen. Dit komt omdat er geen overeenstemming is over een objectief criterium of een certificaat. We hopen in de volgende versie wel een dergelijke eis op te nemen.

#### Due diligence?

Je zou een due diligence naar dwangarbeid conform OECD-richtlijnen kunnen eisen. De aannemer, EPC'er of installateur moet dan een due diligence laten uitvoeren op de zonnepaneelproducent. Het is alleen de vraag of dat zinvol is omdat on-site onderzoek in China onmogelijk is:

- Is het *effectief* – leidt deskresearch tot minder dwangarbeid in China?
- Is het *betrouwbaar* – hoe betrouwbaar zijn de uitkomsten van deskresearch?

Ook is het de vraag of het proportioneel is om dit te vragen aan een opdrachtnemer – staan de inspanningen en de kosten van zo'n onderzoek in verhouding tot de omzet? Het is ook de vraag of iemand nog inschrijft als zo'n due diligence-eis wordt opgenomen.

#### Rapportage conform Modern Slavery Act?

Een andere optie is een rapportage conform de Engelse of Australische Modern Slavery Act te vragen. Maar ook deze optie kent nadelen:

- *Weinig keuze* – slechts een beperkt aantal producenten die in Nederland leveren, hebben deze rapportages gemaakt.
- *Benadeelt kleine producenten* – deze rapportages zijn duur en bewerkelijk. Dit werpt een hoge drempel op voor kleine producenten.



**Tot slot**

Misschien komt er via de SER één nationaal onderzoek naar de verschillende producenten. Nog beter zou zijn één *Europees* onderzoek. Pas dan is er voldoende leverage richting China en de grote producenten.

Voorwaarde is wel dat de Chinese overheid hiermee akkoord gaat: Beijing moet toestaan dat onafhankelijke organisaties (bijvoorbeeld accountantskantoren) de boekhouding van producenten in de gehele keten mogen doorspitten, en dat onafhankelijk onderzoek naar de arbeidsomstandigheden in alle fabrieken in Xinjiang wordt toegestaan. Gezien het fundamenteel andere perspectief in China is de kans hierop erg klein.