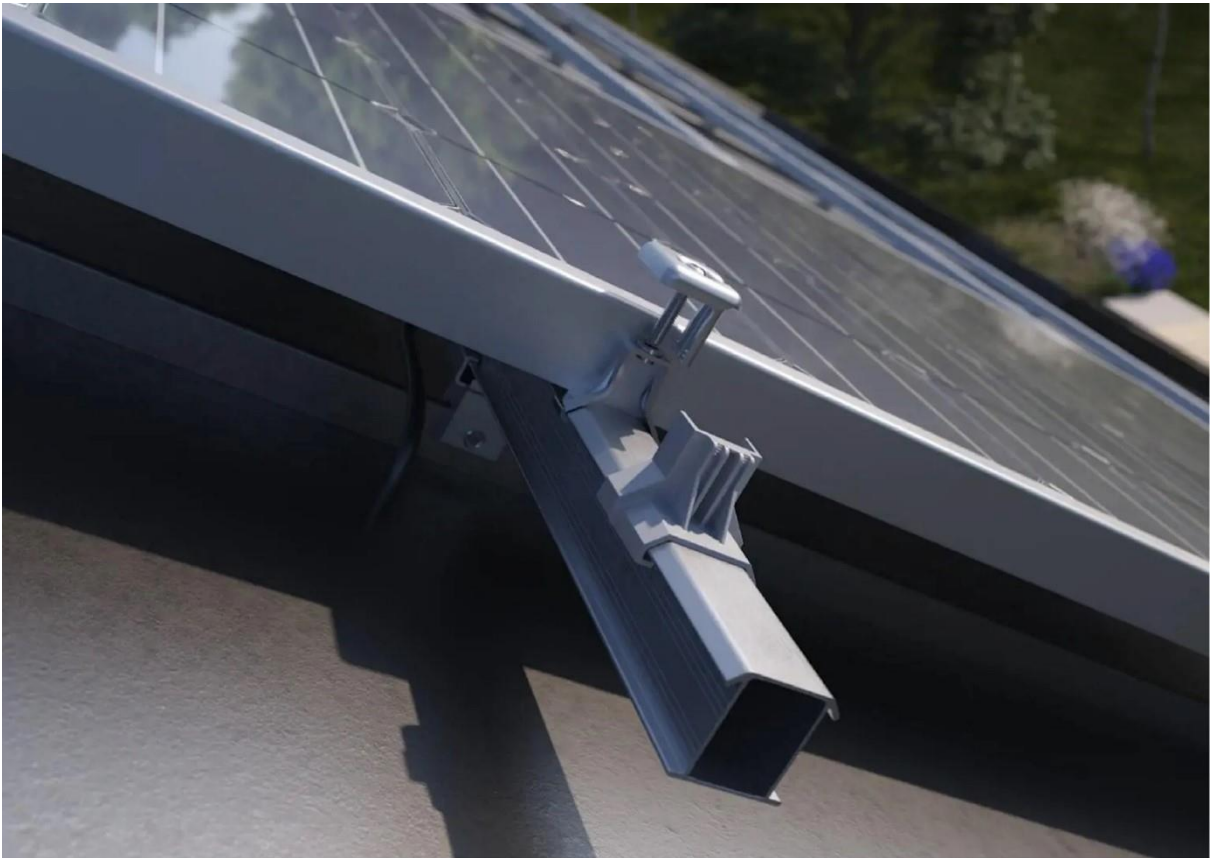


Solar Re-use System

Inzamelings- en hergebruikstelsiem voor
montageframes, PV-panelen en omvormers

Plan van aanpak



17-04-2025

Consortium: Solar Re-use Systems

Inhoud

1.	Introductie	3
	Probleemstelling	3
	Huidige status	4
2.	Het consortium	5
3.	Ambitie en doelen	5
	Doelstelling.....	7
	Ambitieverklaring	8
4.	Projectstructuur en actielijnen.....	9
	Actielijn 1: Opzetten inzamelings- en hergebruikstelsel voor montageframes	9
	Actielijn 2: Ontwikkelen werkwijze en kwaliteitsborging voor circulaire verwerking	9
	Actielijn 3: Landelijke opschaling naar PV-panelen en omvormers.....	10
	Actielijn 4: Uitwerken en valideren businessmodel	10
5.	Effecten en risico's	11
	Milieuwinst	11
	Overige grondstoffenbesparing	12
	Overige voordelen	12
	Barrières en oplossingen	12
6.	Ketenregie.....	13
7.	Planning.....	14
8.	Begroting en financiering	15
9.	Kennisdeling	16
	Bijlage 1: Ambitiestatement	17
	Bijlage 2: Berekening CO ₂ -impact.....	18

1. Introductie

In Nederland worden PV-montageframes, PV-panelen en omvormers over het algemeen nog niet op een duurzame manier verwerkt. Op dit moment worden deze componenten veelal afgedankt vóór het einde van hun technische gebruiksduur. Wanneer een nieuwere en efficiëntere versie van een PV-paneel op de markt komt, worden bestaande panelen vaak vervangen. Dit leidt ertoe dat niet alleen de panelen zelf, maar ook de bijbehorende montageframes en omvormers in de afvalstroom belanden. De technische levensduur van deze producten wordt zodoende verlaagd van 15 tot 25 jaar naar een economische levensduur van slechts 5 tot 10 jaar. Door dit patroon vindt er een grote verspilling plaats van waardevolle materialen en dit brengt onnodige milieubelasting met zich mee.

Probleemstelling

De jaarlijkse hoeveelheden afgedankte PV-panelen, montageframes en omvormers zullen de komende jaren snel gaan stijgen. Volgens TU Delta zullen er in 2030 ca. 400.000 ton PV-panelen worden afgedankt¹, terwijl dit er volgens Stichting OPEN in 2021 enkele honderden tonnen² waren. De beperkte mate van recycling en hergebruik betekent dat waardevolle grondstoffen zoals aluminium, silicium en koper deels verloren gaan; er wordt recycling toegepast op panelen, maar dit heeft voornamelijk de vorm van ‘downcycling’ waarin de materialen als vulmiddel worden gebruikt in bijvoorbeeld cement³. De montageframes worden gemaakt van staal en deze frames zijn vaak nog uitstekend geschikt voor hergebruik en refurbishment. Een meer circulair systeem voor het demonteren, inzamelen en verwerken is van groot belang om deze producten, door hergebruik, refurbishing en remanufacturing hoger in de waardeketen te kunnen behouden en om zo de impact te verminderen en aan de toenemende vraag naar duurzame oplossingen te voldoen.

De Nederlandse overheid heeft zich ten doel gesteld om het gebruik van primaire grondstoffen in 2030 te hebben gehalveerd, en in 2050 een volledig circulaire economie te hebben bereikt⁴. Op basis van deze doelen zullen de betrokken partijen in dit traject hun krachten en kennis bundelen om een nieuw systeem op te zetten waarin oude PV-panelen, montageframes en omvormers worden hergebruikt, refurbished of hoogwaardig gerecycled. Door verschillende activiteiten (zoals logistiek, montage, productie en afvalverwerking) met elkaar te combineren zal er een systeem opgezet worden wat gericht is op de principes van ‘economies of scale’ waarin partijen door verregaande samenwerking lasten delen en hogere efficiëntie bereiken. Dit traject richt zich op het implementeren en uitrollen van het systeemontwerp, zoals uitgewerkt in het Moonshot project. Het doel is om niet alleen de milieu-impact van afgedankte zonnepanelen en gerelateerde producten te verminderen, maar ook om economische waarde te creëren door de levensduur van deze materialen te verlengen en grondstoffen te behouden binnen de circulaire economie. Daarnaast zal het voor de betrokken partijen een innovatief businessmodel bieden waarin een alternatief wordt gegeven voor verkoop en plaatsing van nieuwe producten.

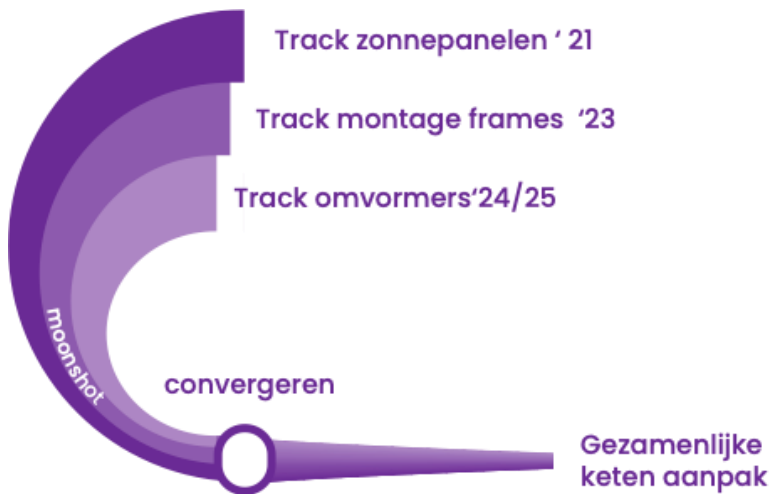
¹ <https://delta.tudelft.nl/article/wat-doen-we-straks-met-al-die-afgedankte-zonnepanelen>

² <https://www.stichting-open.org/2021/12/03/stichting-open-voorsorteren-op-de-verwerking-van-steeds-meer-zonnepanelen/>

³ <https://circulairekennis.nl/onderzoek/naar-een-meer-circulaire-energietransitie-met-upv/>

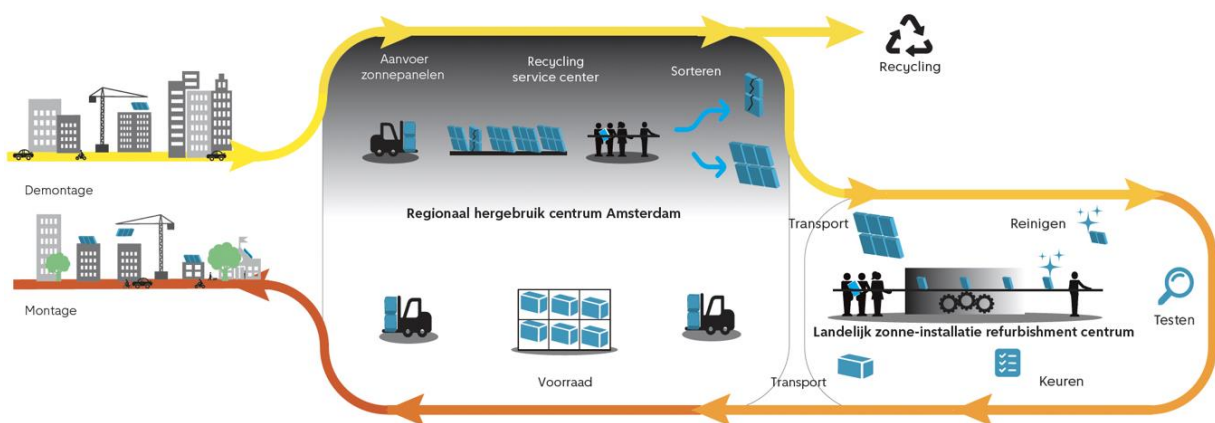
⁴ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/beleidsnotas/2023/02/03/nationaal-programma-circulaire-economie-2023-2030>

Huidige status



Afbeelding 1: CIRCO tracks en Moonshot project als opmaat voor een ketendoorbraakproject

Er zijn drie CIRCO Tracks georganiseerd die de opzet van een circulair systeem voor de desbetreffende productgroepen verkennen. De bovenstaande afbeelding geeft een overzicht van de drie Circo tracks en hoe deze uiteindelijk samenkomen. De tracks voor PV-panelen en montageframes zijn afgerond. De track voor omvormers bevindt zich momenteel in de uitvoeringsfase. Voor montageframes loopt er een Moonshot-traject waarin een landelijk retoursysteem met branche partijen tot in detail wordt uitgewerkt. Het systeem zal een uitbreiding worden van het bestaande systeem van Stichting ZonNext, waarin afgedankte zonnepanelen worden hergebruikt in een logistiek systeem op regionale schaal. Dit systeem is weergegeven in onderstaande afbeelding.



Afbeelding 2: Bestaande systeem voor inzameling zonnepanelen (Stichting ZonNext)

2. Het consortium

Er is een consortium gevormd rondom de deelnemers aan de CIRCO tracks en het Moonshot project. Onderstaand zijn alle tot op heden betrokken partijen in het Consortium Re-use Solar Systems weergegeven.

Partij	Omschrijving	Rol in de keten
<u><i>Van der Valk Solar systems</i></u>	Ontwikkelaar en producent van PV-montageframes	Productie en installatie
<u><i>Sunbeam</i></u>	Producent en ontwikkelaar van PV-montageframes	Productie, installatie en inzameling
<u><i>Enstall</i></u>	Installateur van PV-montagesystemen	Installatie
<u><i>Green Teams Europe</i></u>	Montagebedrijf van PV-panelen en onderstellen	Installatie en onderhoud
<u><i>Tenten Solar</i></u>	Specialist, leverancier en installateur op het gebied van PV-panelen	Groothandel en installateur
<u><i>Libra Energy</i></u>	Groothandel van PV-panelen en onderdelen	Groothandel
<u><i>SolarNRG</i></u>	Installateur en verkoper van zonnepanelen voor zowel bedrijven als particulieren	Groothandel en installatie
<u><i>Sunrock</i></u>	Projectontwikkeling en installatie van zonnepanelen voor grotere bedrijven zoals logistieke centra	Projectontwikkeling en installatie
<u><i>Avasco Industries</i></u>	Producent metaalbewerking	Productie
<u><i>Brink Industrial</i></u>	Metaalbewerkingsbedrijf	Productie en reparatie
<u><i>APT Extrusions</i></u>	Producent van hoogwaardige aluminium extrusies	Reparatie
<u><i>Stichting ZonNext</i></u>	Stichting ZonNext geeft gebruikte PV-panelen een maatschappelijke bestemming	Herinzet PV-panelen
<u><i>Refurn</i></u>	Specialist in het refurbishen en hergebruiken van EEA (elektronica)	Hergebruik en refurbishment
<u><i>Gebruikte Panelen</i></u>	Handelsbedrijf voor refurbishen, repareren en verkopen van gebruikte PV-panelen	Hergebruik
<u><i>A&M Recycling</i></u>	Recyclingbedrijf voor metaal	Recycling
<u><i>WEEE Nederland</i></u>	Uitvoeringspartner voor verwerking van PV-panelen onder Stichting OPEN.	Recycling
<u><i>Rabobank</i></u>	Ondersteunen van duurzame projecten en initiatieven	Financiële dienstverlening en ondersteuning
<u><i>Circospin</i></u>	Biedt circulaire oplossingen voor installatie en industrie	Advies

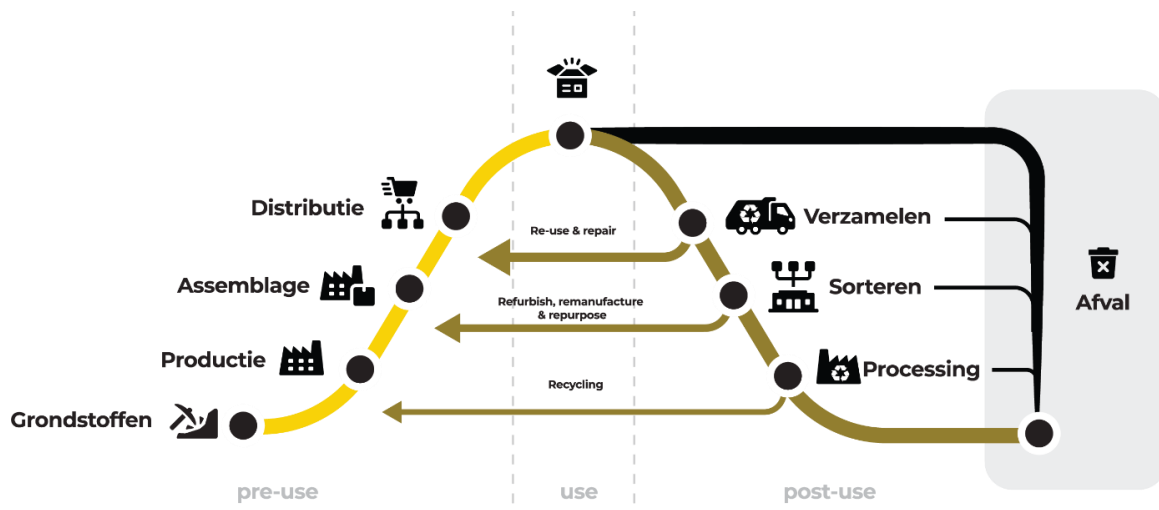
3. Ambitie en doelen

Het consortium richt zich op het verlengen van de levensduur van PV-systemen, bestaand uit drie belangrijke productgroepen: PV-montageframes, PV-panelen en omvormers. In de

levenscyclus van deze producten ligt hier het grootste knelpunt; de vroegtijdige afdanking van deze producten.

Er wordt één landelijke inzamelstructuur opgezet waarin alle deze complete PV-systemen op systematische wijze ingezameld kunnen worden voor duurzame verwerking. Door de drie productgroepen te combineren in één logistieke stroom wordt (mogelijkheid tot) duurzame verwerking geoptimaliseerd, en uiteindelijk de standaard. Logistiek gezien is het een stuk efficiënter om deze stromen te combineren. Dit gebeurt momenteel nog niet omdat de montageframes geen E-waste zijn, en daardoor niet onder de UPV vallen. Een landelijke inzamelstructuur voor complete PV-systemen biedt meer mogelijkheden voor het verlengen van de levensduur van de producten, die nu nog veelal direct naar de recycling gaan. Door de schaalvergroting en efficiëntere logistiek is het beter mogelijk om hogere R-strategieën toe te passen, zoals hergebruik, refurbishment en reparatie.

Dit is dan ook één van de hoofddoelen van het ketendoorbraakproject. Er wordt al veel onderzoek gedaan naar 'design for recycling' van zonnepanelen, bijvoorbeeld om ze modulair te maken t.b.v. een verhoogde recycling rate⁵. Ook wordt er al grootschalig ingezet op de recycling van de onderdelen door Stichting OPEN⁶. Deze aanpakken zijn echter grotendeels gericht op de laagste trede op de R-ladder. In de onderstaande afbeelding worden de benodigde activiteiten voor een goed functionerend hergebruik systeem en de samenhang met de R-strategieën weergegeven.



Afbeelding 3: Waarde Pyramide en mogelijkheden voor waardebehoud.

De huidige markt voor PV-systemen is met name gericht op korte-termijn financiële winstoptimalisatie. Producenten en ontwikkelaars van PV-systemen kunnen een korte-termijn winst realiseren als de gebruiker hun producten sneller afdankt. Snelle afdanking betekent immers meer verkoop van nieuwe producten. Daarnaast speelt efficiëntie een grote rol in de markt. Consumenten en bedrijven die PV-panelen gebruiken hebben er baat bij dat de panelen zo efficiënt mogelijk zijn. Met een hoger rendement kunnen ze namelijk meer energie opwekken. Dit betekent dat de minder efficiënte panelen steeds sneller afgedankt worden, ondanks dat ze nog goed functioneren.

⁵ <https://www.biosphere.solar/>

⁶ <https://www.stichting-open.org/2024/06/14/recyclen-van-end-of-live-zonnepanelen/>

De waarde van het landelijk inzamelsysteem zit daarom in zowel het optimaliseren van de retourstromen als het opstellen van een businessplan voor hergebruik van afgedankte systemen, waarin ook de minder efficiënte producten een waarde krijgen.

Doelstelling

De doelstelling van dit project is:

“Het ontwikkelen, uitrollen en implementeren van een landelijk opererend inzamelings- en hergebruikstelsel voor PV installaties dat in staat is om de snel toenemende volumes van vrijkomende systemen circulair te verwerken.”

Dit doel zal worden bereikt aan de hand van de volgende actielijnen:

1. **Opzetten inzamelings- en hergebruikstelsel voor montageframes (2025-2026)**
2. **Ontwikkelen van een werkwijze en kwaliteitsborging voor circulaire verwerking van PV-systemen (2025-2027)**
3. **Landelijke opschaling en voorbereiding van de integratie omvormers en PV panelen (2026-2027)**
4. **Uitwerken en valideren van businessmodel (2025-2028)**

De algehele ambitie van de deelnemers is om een significante bijdrage te leveren om te voldoen aan de doelstelling uit het Nationaal Programma Circulaire Economie (NPCE)⁷ om in 2030 50% circulair te zijn. Deze doelen van het NPCE worden momenteel aangescherpt en per productgroep uitgewerkt, waarbij levensduurverlenging een belangrijke rol krijgt. Om deze doelen te bereiken zal nauw samengewerkt worden met Stichting OPEN, die als PRO verantwoordelijk is om deze doelen te bereiken voor de PV-panelen.

Op basis van de hoeveelheden geplaatste PV-panelen en de te verwachten aantallen vrijkomende systemen kan een inschatting gemaakt worden wat dit betekent qua aantallen.

Jaar	Bijgeplaatst vermogen (MW)	Jaar	Potentieel recycling plat dak (MW)	Aantal panelen
2010	20,682	2025	6,2	20.682
2011	58,473	2026	17,5	58.473
2012	138,493	2027	41,5	138.493
2013	362,549	2028	108,8	362.549
2014	357,588	2029	107,3	357.588
2015	518,536	2030	155,6	518.536
2016	609,146	2031	182,7	609.146
2017	775,597	2032	232,7	775.597
2018	1698,282	2033	509,5	1.698.282
2019	2616,69	2034	785,0	2.616.690
2020	3491,413	2035	1.047,4	3.491.413

Afbeelding 4: Inschatting geplaatste en vrijkomende PV-systemen (Libra Energy)

Het doel is opgesteld aan de hand van de bovenstaande inschatting van Libra Energy. Hierin wordt een verwachting omschreven van het aantal panelen wat er in de aankomende jaren vrij zal komen. Het gaat in dit geval over panelen die gebruikt worden op platte, commerciële daken.

Qua verwerkingsroutes wordt de volgorde van de R-ladder aangehouden voor de prioritering:

⁷ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/beleidsnotas/2023/02/03/nationaal-programma-circulaire-economie-2023-2030>

1. Hergebruik
2. Reparatie
3. Refurbishment
4. Hoogwaardige recycling (closed loop)
5. Recycling (open loop)

Ambitieverklaring

De betrokken partijen hebben een ambitieverklaring ondertekend om hun ambitie en motivatie voor het project te bevestigen. De ambitie luidt:

- Uiterlijk 2027 is er een landelijk inzamelsysteem beschikbaar waar installateurs de afgedankte PV-installaties circulair kunnen laten verwerken.
- Per type PV-systeem is er een plan voor circulaire verwerking (inzamelen, testen, remanufacturing, hergebruik en recycling).
- Er worden afspraken gemaakt om de kosten en opbrengsten van het systeem in de keten te verrekenen.
- In 2030 wordt minimaal 50% van de PV-systemen op een circulaire manier verwerkt.

Hiermee willen de partijen voldoen aan de Nederlandse en Europese doelen met betrekking tot de circulaire economie.

De volledige ambitieverklaring is te vinden in de bijlage.

4. Projectstructuur en actielijnen

De uit te voeren activiteiten zijn uitgewerkt in verschillende actielijnen met beoogde resultaten en de rol van de ketenregisseur:

Actielijn 1: Opzetten inzamelings- en hergebruikssysteem voor montageframes

Er wordt gestart met het ontwikkelen van een landelijk inzamelings- en hergebruikssysteem voor montageframes, maar hierbij wordt rekening gehouden dat het systeem ook opgeschaald kan worden om PV-panelen en omvormers mee te nemen.

- a. *Informeren stakeholders – communicatieplan en inzamelpropositie.* Op basis van een communicatieplan wordt informatie gedeeld onder de consortiumpartijen en andere stakeholders om het draagvlak te vergroten voor het project.
- b. *Instructies demontage en inzameling.* Het ontwikkelen van een instructie voor de installatiepartijen voor het veilig demonteren van de montageframes.
- c. *Vorbereiding pilots en opschaling.* Ook wordt het logistieke systeem opgezet voor de demontagelocaties met behulp van hubs. Ontwerpprincipes dusdanig meenemen zodat het systeem later ook opgeschaald kan worden om PV-panelen en omvormers mee te nemen.

Beoogde resultaten:

- Communicatieplan en inzamelpropositie
- Instructiedocument voor demontage en inzameling
- Plan voor pilots en landelijke opschaling inzamelingsstelsel

Rol van de ketenregisseur:

- Uitbouwen van het consortium en coördineren van de onderlinge communicatie tussen consortiumpartijen en overige stakeholders
- Projectmanagement (inplannen van meetings en zorgen dat afspraken nagekomen worden)
- Voortgangsbewaking van het project en rapportage

Actielijn 2: Ontwikkelen werkwijze en kwaliteitsborging voor circulaire verwerking

In deze actielijn wordt een werkwijze en beoordelingsmethode van de teruggehaalde montageframes ontwikkeld, getest en verbeterd aan de hand van de eerste ervaringen en resultaten.

- a. Ontwikkelen en testen van een intakestelsel voor het beoordelen van kwaliteit en mogelijkheden voor hergebruik van montageframes
- b. Ontwikkelen kwaliteitsstandaarden voor hergebruik, refurbishment, remanufacturing en parts-recovery
- c. Ontwikkelen van een kwaliteitsborgingstelsel en garantie
- d. Uitvoeren pilots met verschillende deelnemers en systemen

Beoogde resultaten:

- Opzet voor eerste werkende locatie
- Uitgewerkte instructie voor de fabrikanten
- Opzet voor kwaliteitsborgings- en garantiestelsel
- Evaluatie van de resultaten van pilots en plan voor opschaling

Rol van de ketenregisseur:

- Coördineren van deze stappen i.s.m. de relevante partijen
- Managen en overzien van de pilots en testen van logistieke systeem
- Evaluatie en rapportage van de pilots en verbeteren logistiek en kwaliteitsbeoordeling
- Vastleggen opzet voor kwaliteitsborgingssysteem en garantiesysteem

Actielijn 3: Landelijke opschaling naar PV-panelen en omvormers

Als derde actielijn zal het ontwikkelde systeem landelijk worden opgeschaald met behulp van de regionale hubs en worden uitgebreid naar de productgroepen PV-panelen en omvormers. Deze productcategorieën vallen onder EEA regelgeving en hiervoor is een goede samenwerking met Stichting OPEN en WEEE Nederland noodzakelijk.

Beoogde resultaten:

- Proof of concept van het inzamelsysteem op landelijk niveau
- Plan voor opschaling naar andere productgroepen
- Pilots voor inzameling en verwerking complete PV-systemen

Rol van de ketenregisseur:

- Opstellen van een gedetailleerde planning van deze actielijn
- Afstemming met Stichting OPEN en WEEE Nederland
- Monitoren van EU regelgeving en anticiperen op toekomstige ontwikkelingen
- Rapporteren van resultaten en meedenken met de opschalingsstappen; eveneens ervoor zorgen dat additionele pilots goed verlopen

Actielijn 4: Uitwerken en valideren businessmodel

In deze actielijn wordt het businessplan uitgewerkt en gevalideerd, waarmee de gebruikte montageframes, PV-panelen en omvormers een waarde krijgen en kunnen worden doorverkocht op een rendabele manier. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de ervaringen opgedaan in de verschillende pilots. In tegenstelling tot de andere drie actielijnen loopt deze niet chronologisch, maar gedurende het hele traject.

Beoogde resultaten:

- Opstellen en valideren van een businessplan voor het circulair inzamelen en hergebruiken van PV-systemen (montageframes, PV panelen en omvormers)

Rol van de ketenregisseur:

- Opstellen van een gedetailleerde planning van deze actielijn
- Opzet maken voor een gevalideerd business model, op basis van kosten en baten, rekening houdend met de belangen van verschillende stakeholders;
- Rapporteren van resultaten en meedenken met de opschalingsstappen; eveneens ervoor zorgen dat additionele pilots goed verlopen

5. Effecten en risico's

Hieronder wordt een overzicht gegeven van de beoogde effecten van het project en de barrières die het bereiken van de doelen in de weg kunnen staan met mogelijke oplossingen hiervoor.

Milieuwinst

Het beoogde effect van dit project is dat er een landelijk systeem wordt opgezet voor het circulair inzamelen, hergebruik en verwerken van PV-systemen. Het doel is om de systemen zo hoogwaardig mogelijk te verwerken, waarbij hergebruik, refurbishment en remanufacturing voorrang krijgen boven (hoogwaardige) recycling. Op basis van aannames, literatuuronderzoek en gegevens van verschillende consortiumpartijen wordt een inschatting gedaan van de CO₂- en grondstoffenbesparing van het te ontwikkelen systeem. Een volledige lijst van data, bronnen en aannames is te vinden in de bijlage.

Montageframes

De potentiële CO₂-besparing van de montageframes is gebaseerd op bestaande gegevens over de impact van PV-montageframes. De gemiddelde impact van een montageframe is circa 30 kg CO₂-eq per frame. Cijfers van Libra Energy (afbeelding 4) geven een hoeveelheid panelen (en zodoende ook montageframes) weer die in de komende jaren afgedankt zullen worden; bij elkaar komt dat uit op 1.456.321 frames. Uitgaand van het doel om 50% circulair te zijn in 2030 is een inschatting gemaakt van het aantal frames dat ieder jaar hergebruikt en gerecycled zal worden. Een overzicht hiervan is te vinden in de bijlage. Een vermenigvuldiging van deze waardes resulteert in een CO₂-besparing van 1.620 ton/CO₂-eq tot en met 2030. Hierin zit ook een aanname van de uitstoot van additionele logistiek die door het systeem veroorzaakt wordt, wat is gebaseerd op aannames i.c.m. een CO₂-berekening in de software SimaPro. De eventuele uitstoot van de reparatie en refurbishment activiteiten worden als verwaarloosbaar geacht en vooralsnog buiten beschouwing gelaten.

Voor de grondstoffenbesparing van de frames wordt gekeken naar staal, waar de frames voor het grootste deel uit bestaan. Gebaseerd op een gewicht van 32 kg resulteert dit in een totale materiaalbesparing van 22.285 ton staal tot en met 2030.

PV-panelen

Voor de CO₂-besparing van PV-panelen is een literatuurstudie uitgevoerd waarin de resultaten van bestaande life-cycle analyses worden gebruikt in het huidige en toekomstige scenario. Een studie uitgevoerd door Müller et al.⁸ wordt gebruikt voor gegevens over de impact van productie van materialen, panelen, en de totale levenscyclus. Naar inschatting heeft een paneel 1.920 kg CO₂-eq. Voor zijn hele levenscyclus. De energieopwekking van de gebruiksfase is hierin niet meegenomen. Samen met aannames van hoeveelheden hergebruik en verwerkte panelen per jaar resulteert dit in een CO₂-besparing van 356,7 kton CO₂-eq per jaar tot en met 2030.

Voor grondstoffenbesparing wordt gekeken naar glas en aluminium, de twee meest voorkomende materialen in PV-panelen. Zowel hergebruik als recycling zorgen voor een grondstoffenbesparing van ca. 867 ton aluminium en 4.583 ton glas.

Omvormers

Voor de omvormers is het op dit moment nog niet duidelijk of hier hergebruik mogelijk is. Hiervoor zal een goede kwaliteitscontrole noodzakelijk zijn en het is nog niet zeker of hergebruik

⁸ <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0927024821003202>

van omvormers haalbaar is. Refurbishment is technisch mogelijk maar er moet nog samen met de fabrikanten onderzocht worden of dit economisch haalbaar is.

Overige grondstoffenbesparing

Met dit project wordt een grote hoeveelheid grondstoffen bespaard. Enerzijds door het verlengen van de levensduur van montageframes, PV-panelen en omvormers. Anderzijds door de inzameling en hoogwaardige recycling van materialen.

Daarnaast zitten er in de PV-panelen en omvormers ook zogenaamde Critical Raw Materials (CRM) die voor EU landen van belang zijn om minder afhankelijk te zijn van import vanuit o.a. China.

Overige voordelen

Geopolitiek

Door meer circulariteit te implementeren binnen Nederland zullen producenten en installateurs van PV-systemen minder afhankelijk zijn van landen die momenteel de grondstoffen verschaffen. Zo komt bijvoorbeeld het grote merendeel van het polysilicium uit China⁹. Als we als sector meer richting een circulaire economie gaan, zal dit betekenen dat we geen grondstoffen uit andere landen meer nodig hebben, en zodoende minder afhankelijk van ze worden.

Werkcondities

Het mijnen van kritieke grondstoffen gaat nog steeds gepaard met slechte werkomstandigheden en lage lonen¹⁰. Door af te stappen van virgin grondstoffen en meer in te zetten op gerecyclede materialen of hergebruik van onderdelen is dit moeilijke, slecht betaalde werk minder nodig.

Barrières en oplossingen

In onderstaande tabel staan de mogelijke barrières, risico's en bijbehorende oplossingen weergegeven.

Barrières	Risico's	Oplossingen
Gebrek aan ketensamenwerking	Concurrentie tussen producenten en installatiebedrijven en focus op korte termijn winst	Gezamenlijke ambitie Inzichtelijk maken van kosten en baten
Wet- en regelgeving	Kunnen dezelfde garanties worden gegeven op refurbished producten?	Ontwikkelen van een kwaliteitsborgingsstelsel i.s.m. producenten.
Integratie met UPV-systeem	Mogelijke conflicten met UPV-systeem en einde-afval status van afgedankte producten	Goede afstemming met Stichting OPEN en monitoring van de ingezamelde stromen
Marktacceptatie	Gebruikers kopen liever een nieuw systeem, dan een refurbished systeem.	Het bieden van garantie en een lagere prijs.

⁹ <https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i29064/aandeel-china-in-wereldwijde-siliciumproductie-voor-zonnepanelen-groeit-naar-88-procent>

¹⁰ <https://www.csri.global/launch-report/5-clean-energys-dirty-secret-how-can-solar-cut-its-dependence-on-xinjiang-forced-labour>

Geen werkend circulair business model	Hergebruik en refurbishment is duurder dan het inzetten van nieuwe producten	Schaalvergroting en efficiëntie verhogen
---------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------

6. Ketenregie

Om van de Re-Use Solar Systems hebben de deelnemers behoefte aan de meerjarige inzet van een onafhankelijke ketenregisseur die hen met vertrouwen en succes laat samenwerken en helpt om de doelen te halen en om nieuwe deelnemers aan te laten sluiten bij de coalitie. De ketenregisseur zorgt er voor dat het gezamenlijke en maatschappelijk belang worden gediend (en niet alleen de individuele bedrijfsbelangen) om zo het transitieproces te versnellen.

Een ketenregisseur zal worden ingezet voor het coördineren en faciliteren van zowel de inhoud van het project als het gehele proces. Het is noodzakelijk dat in een project van deze omvang een overzicht wordt gehouden, en dat alle partijen up to date zijn en de samenwerkingen binnen de keten soepel verlopen. Bovendien zal de ketenregisseur ervoor zorgen dat gedurende het project *altijd* het maatschappelijk belang prioritair is ten opzichte van de individuele bedrijfsbelangen van de partijen. Er is een concreet doel gesteld, en dit kan enkel gehaald worden als alle neuzen dezelfde kant op staan; de ketenregisseur zorgt ervoor dat deze richting behouden blijft.

De ketenregisseur is een onafhankelijke partij met meerdere rollen binnen het project. De rollen zijn als volgt omschreven in de ketendoorbraak handleiding van het Versnellingshuis:

Ketenregisseur

De ketenregisseur (architect) is de partij die in eerste instantie het concept van het project opzet. Deze heeft een goed overkoepelend beeld van de visie en impact van het project, en creëert zodoende een overzicht van de benodigdheden voor het uiteindelijke slagen hiervan. De ketenregisseur is nauw betrokken bij de inhoud van het project en de doelstellingen van het NPCE.

De ketenregisseur (makelaar) zorgt ervoor dat de juiste nodige partijen bij elkaar komen; in dit project wordt dat gedaan door de gehele keten inhoudelijk te bekijken en een netwerk op te stellen van partijen die niet alleen de ervaring/grootte hebben die van belang is, maar ook de intrinsieke motivatie hebben om bij te dragen aan een project met een groter doel hun eigen korte-termijn winstoogmerk. De makelaar is met name in het voortraject en de eerste fase van dit project belangrijk, en zal een minder grote rol op zich nemen zodra de keten loopt. Desalniettemin zal deze in de opschalingsstap nog steeds een rol hebben voor het aanhaken van meer partijen.

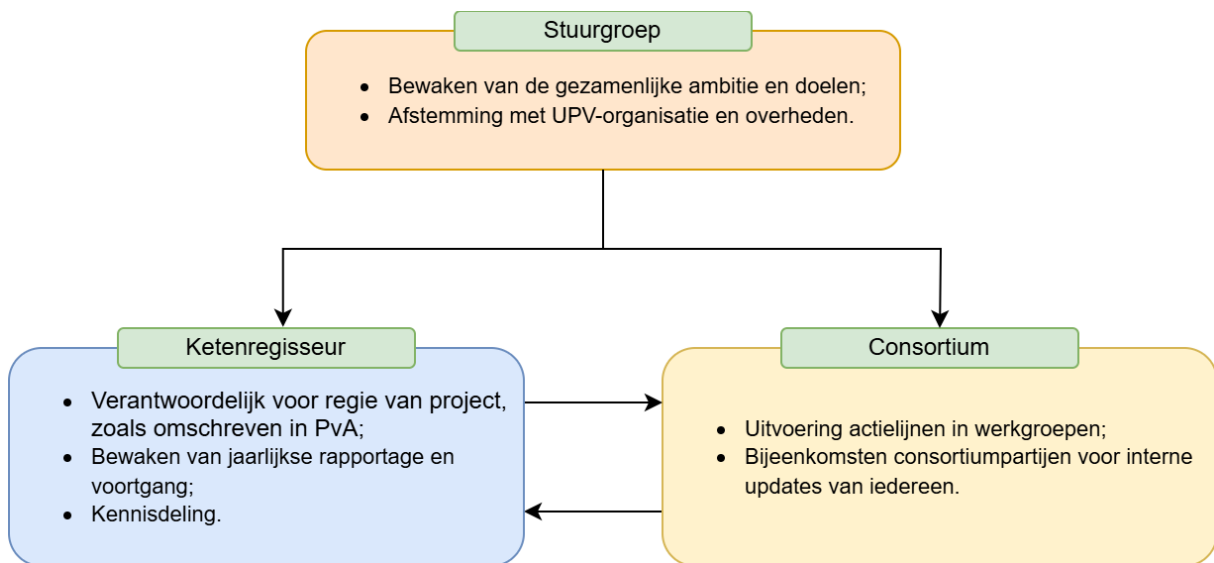
De ketenregisseur (manager) is op een holistische manier betrokken bij het project, en heeft een duidelijk beeld van het proces. Deze partij zorgt ervoor dat de planning goed verloopt en afspraken nagekomen worden. In tegenstelling tot de architect en de makelaar heeft de manager gedurende het hele project een sterke rol.

De ketenregisseur (coach) dient voornamelijk als contactpersoon van alle ketenpartijen, en blijft constant op de hoogte van wat er speelt in het proces en binnen iedere partij. Net als de manager heeft de coach een holistische blik op het traject, en zorgt voor transparante communicatie tussen de partijen en de ketenregisseur.

Op basis van bovenstaande rollen hebben we een inschatting gemaakt van de benodigde tijd en budget.

Governance

Onderstaand is een stroomschema weergegeven van de verdeelde rollen binnen het ketendoorbraakproject. De ketenregisseur en het consortium werken nauw samen gedurende het project. Hierin is het consortium de uitvoerende partij, en de ketenregisseur organiseert de samenkomsten en het globale overzicht van het project. De stuurgroep is hierbij betrokken als eindverantwoordelijke met reguliere checks op de uitkomsten. De structuur van governance zoals hier omschreven dient als opzet om later uitgewerkt te worden.



Afbeelding 5: governance structuur

7. Planning

Planning van activiteiten

Planning	2025		2026				2027				2028	
	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2
Actielijn 1												
Actielijn 2												
Actielijn 3												
Actielijn 4												
Projectmanagement												
Kennisdeling												

Bovenstaande tabel omschrijft de globale planning van het gehele project per actielijn. Deze planning is een inschatting, en kan gedurende het project aangepast worden.

8. Begroting en financiering

Onderstaand budget is een inschatting van de benodigde tijdsinvestering en budget op basis van de verschillende benodigde rollen voor de ketenregie, projectmanagement en ondersteunende taken.

Architect + makelaar

- Voortgangsrapportage en kennisdelen (6 uur / maand)
- Begeleiden werkgroepen (16 uur / maand)
- Begeleiden van pilots (16 uur / maand)

Manager

- Afstemmen met stuurgroep en overige stakeholders (8 uur / maand)
- Projectcoördinatie (8 uur / maand)

Coach

- Inhoudelijke ondersteuning werkgroepen (16 uur / maand)
- Interne en externe communicatie (8 uur / maand)

Budget en financiering

Voor bovenstaande activiteiten is een budget benodigd van maximaal € 320.000, exclusief aanvullende kosten voor het inhuren van derden en het uitvoeren van de pilots.

Deelnemers zullen voor eigen rekening hun eigen tijd en onkosten inbrengen voor hun deelname en uitvoering van de pilots. Wanneer er investeringen benodigd zijn zullen aanvullende subsidiemogelijkheden hiervoor samen met deelnemende bedrijven worden verkend.

9. Kennisdeling

Een belangrijke rol van de ketenregisseur is de interne communicatie, met als doel kennisuitwisseling en om alle deelnemers en stakeholders op een goede manier te betrekken bij het project.

Externe partijen worden door de ketenregisseur via digitale kanalen (website en sociale media) op de hoogte gehouden van de voortgang van het project. Generieke inzichten worden tevens via deze kanalen gedeeld als inspiratie/ praktische handvatten voor andere sectoren met een vergelijkbare uitdaging. De ketenregisseur zal zich tevens inzetten om deel te nemen aan kennisdelingsactiviteiten van het Versnellingshuis en gedurende het project inzichten en relevante voorbeelden m.b.t. circulaire ketensamenwerking ter beschikking stellen.

Leren en delen van bevindingen pilots

Binnen de verschillende pilots is het belangrijk om te evalueren en te leren van elkaar. De knelpunten en bevindingen van de pilots worden gedeeld met de deelnemers en andere stakeholders.

Kennisactiviteiten

De coalitie zal zich (onder leiding van de ketenregisseur) inzetten om deel te nemen aan kennisdelingsactiviteiten van het Versnellingshuis Nederland Circulair! en gedurende het project inzichten en relevante voorbeelden m.b.t. circulaire ketensamenwerking ter beschikking stellen.

Communicatie

Communicatie met zowel in- als externe partijen is onderdeel van de aanpak. Om het doel van een landelijk systeem mogelijk te maken, zullen alle stakeholders worden betrokken in het project.

Open source

Het ketendoorbraakproject richt zich uitsluitend op pre-concurrentiële activiteiten. Het project richt zich nadrukkelijk niet op de daadwerkelijke inzameling, reparatie, remanufacturing en hergebruik, maar op de ontwikkeling van een circulair systeem. Dit concept wordt publiekelijk gedeeld en is voor alle marktpartijen toegankelijk. Dit om snelle opschaling van het concept mogelijk te maken.

Geleerde lessen / aanpak

Na afloop van het ketendoorbraakproject zullen de geleerde lessen van het project gedeeld worden met externe partijen van andere productgroepen. Dit zal worden gedaan aan de hand van een separaat rapport waarin een lijst is opgesteld met geleerde lessen, opmerkelijkheden en eventuele gemaakte fouten en oplossingen. Deze lessen zullen met name betrekking hebben op de aanpak en structuur van het project. Bij soortgelijke projecten met andere productgroepen kan dit nuttig zijn, aangezien ze zo kunnen leren van ons proces en van eventuele fouten die gemaakt zijn.

Bijlage 1: Ambitiestatement

Circulair keteninitiatief PV-installaties

Ambitiestatement

Partijen hebben de ambitie om een landelijk systeem op te zetten voor de circulaire inzameling en verwerking van PV-systemen.

De ambitie van het keteninitiatief is om de volgende doelen te behalen:

- Uiterlijk 2027 is er een landelijk inzamelsysteem beschikbaar waar installateurs de afgedankte PV-installaties kunnen laten verwerken.
- Per type PV-systeem is er een plan voor circulaire verwerking (inzamelen, testen, remanufacturing, hergebruik en recycling).
- Er worden afspraken gemaakt om de kosten en opbrengsten van het systeem in de keten te verrekenen.
- In 2030 wordt minimaal 50% van de PV-systemen op een circulaire manier verwerkt.

Hiermee willen de partijen voldoen aan de Nederlandse en Europese doelen met betrekking tot de circulaire economie.



Bijlage 2: Berekening CO₂-impact

In deze bijlage is een eerste globale inschatting gemaakt van de potentiële milieuwinst en grondstoffenbesparing van het Solar Re-use System.

Op basis van de hoeveelheden geplaatste PV-panelen en de te verwachten aantallen vrijkomende systemen kan een inschatting gemaakt worden wat dit betekent qua aantallen.

Jaar	Bijgeplaatst vermogen (MW)	Jaar	Potentieel recycling plat dak (MW)	Aantal panelen
2010	20,682	2025	6,2	20.682
2011	58,473	2026	17,5	58.473
2012	138,493	2027	41,5	138.493
2013	362,549	2028	108,8	362.549
2014	357,588	2029	107,3	357.588
2015	518,536	2030	155,6	518.536
2016	609,146	2031	182,7	609.146
2017	775,597	2032	232,7	775.597
2018	1698,282	2033	509,5	1.698.282
2019	2616,69	2034	785,0	2.616.690
2020	3491,413	2035	1.047,4	3.491.413

Onderstaande berekeningen zijn gebaseerd op de aanname dat uiteindelijk 50% van de vrijkomende PV-systemen in 2030 via het landelijk systeem worden ingezameld en verwerkt, waarbij een deel geschikt is voor hergebruik en het andere deel hoogwaardig wordt gerecycled.

Montageframes	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Totaal
Totaal aantal ingezamelde frames:	20.682	58.473	138.493	362.549	357.588	518.536	1.456.321
Aantal frames verwerkt:	4.136 20%	17.542 30%	55.397 40%	181.274 50%	178.794 50%	103.7007 50%	696.412
Waarvan hergebruik:	3.309 80%	14.034 80%	44.318 80%	145.020 80%	143.035 80%	207.414 80%	557.130
Waarvan recycling:	827 20%	3.508 20%	11.079 20%	36.255 20%	35.759 20%	51.854 20%	139.282
CO ₂ besparing (ton CO ₂ -eq) (30 kg CO ₂ -eq per frame)	98,2	41,6	132	430	424	616	1.650
Grondstoffenbesparing (ton staal) (aantal frames hergebruikt *32 kg)	106	449	1.418	4.641	4.577	6.637	17.828
PV-panelen	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Totaal
Aantal PV-panelen verwerkt:	0	0	0	181.274 50%	178.794 50%	259.268 50%	619.337
Levensduurverlenging door remanufacturing en hergebruik	0	0	0	90.637 50%	89.397 50%	129.634 50%	309.668
Hoogwaardige recycling	0	0	0	90.637 50%	89.397 50%	129.634 50%	309.668
CO ₂ besparing (ton CO ₂ -eq) (1920 kg CO ₂ -eq per paneel)	0	0	0	104.414	102.985	149.338	356.738
Grondstoffenbesparing (ton glas)	0	0	0	1.341	1.323	1.918	4.583

Grondstoffen- besparing (ton aluminium)	0	0	0	254	250	363	867
-----------------------------------------------	---	---	---	-----	-----	-----	-----

Montageframes

In bovenstaande tabel wordt naar inschatting de grondstoffen- en CO₂-besparing tot en met 2030 weergegeven. Deze inschatting is als volgt opgebouwd:

- Op dit moment wordt circa 20% van de montageframes al hergebruikt en gerecycled. In 2028 is de opschaling afgerond en wordt het doel van 50% van de totale hoeveelheid frames duurzaam verwerken gehaald.
- Aanneمة is dat de frames voor een groot deel (80%) hergebruikt, refurbished of gerepareerd kunnen worden, en de overige 20% gerecycled. Dit zijn percentages van de frames die circulair verwerkt worden, dus niet van de totale hoeveelheid frames. De eventuele uitstoot van het repareren of refurbishen wordt als verwaarloosbaar geacht.
- Er wordt vanuit gegaan dat staal momenteel al gerecycled wordt bij afdanking. Het recyclingpercentage is daarom niet meegenomen in deze hoeveelheden.
- Eén montageframe weegt 32 kg¹¹; in de berekening wordt de versimpeling gedaan dat dit 100% staal is. Dit kan later verder gespecificeerd worden.

De CO₂-besparing van de montageframes is gebaseerd op gegevens uit een EPD van Sunbeam¹². Hierin zijn meerdere varianten van de Supra montageframes genoemd (universeel 1 & 2, symmetrisch 1 & 2) met de bijbehorende CO₂-waarden. Voor de berekening is van deze vier units het gemiddelde genomen, wat uitkomt op 29,7 kg CO₂-eq per frame. Van de montageframes van Sunbeam wordt al een deel teruggehaald voor recycling of hergebruik; dit zit op ongeveer 20%. Het is onbekend in hoeverre dit voor andere montageframes in Nederland het geval is, dus wordt de 20% nu als vaste waarde voor huidige terugwinning genomen.

Transport

Voor het additionele transport van het systeem zijn de volgende aannames gehanteerd:

- De gemiddelde afstand die de frames moeten afleggen is 100km; dit is gebaseerd op de planning van 7 verwerkingshubs in Nederland.
- Door gebruik te maken van nesting passen er ca. 100 frames in een vrachtwagen.

Name	Status	Comment
Frame transport	None	

Materials/Assemblies	Amount	Unit
Add		

Processes	Amount	Unit
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 (RoW) market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 Cut-off, S	32*100	kgkm
Add		

Image

Met de LCA-software Simapro is een simpel model opgesteld met een bestaand proces voor vrachtwagentransport uit de database Ecoinvent. Op basis hiervan is een CO₂-impact berekend van 0,616 kg CO₂-eq per frame.

De CO₂ besparing voor het hergebruik van een montageframe komt hiermee op ca. 30 kg CO₂ eq per frame.

¹¹ https://sunbeam.solar/app/uploads/2024/10/Sunbeam-Product-Sheet-Supra_Symmetrical_NL_sept.2024_LR.pdf

¹² <https://sunbeam.solar/app/uploads/2024/11/038-Sunbeam-Supra-V2-.pdf>

Panelen

Voor de CO₂-impact van zonnepanelen is een literatuurstudie uitgevoerd waarin de resultaten van bestaande life-cycle analyses worden gebruikt in het huidige en toekomstige scenario. Een LCA studie uitgevoerd door Fraunhofer (Müller et al)¹³ is gebruikt als bron voor gegevens over de impact van productie van materialen, panelen en de totale levenscyclus van PV-panelen.

De volgende aannames worden gehanteerd:

- Het project richt zich vanaf 2028 naast montageframes ook op PV-panelen en omvormers. Vanaf 2028 staat het logistieke systeem er al en kan direct de 50% verwerking worden behaald.
- De inschatting is dat van deze ingezamelde panelen 50% een levensduurverlenging van ca. 10 jaar krijgt, en de rest hoogwaardig wordt gerecycled. Deze levensduurverlenging wordt uitgedrukt in een factor van 1,67 (25/15).
- De LCA studie van Fraunhofer noemt een CO₂-impact van 480 kg CO₂-eq/kWp; Met de aanname van een gemiddeld vermogen van 4 kWp per paneel, resulteert dit in een gemiddelde impact van 1.920 kg CO₂-eq per paneel.
- In het huidige systeem wordt al rekening gehouden met recycling, maar dit heeft nog vrijwel geheel de vorm van downcycling¹⁴. Vanwege internationale productieketens van PV-systemen zal er geen closed-loop recycling mogelijk zijn, en daarom wordt aangenomen dat glas en aluminium na implementatie van het te ontwikkelen systeem bespaard zullen worden d.m.v. hoogwaardig recycling.

De CO₂ besparing voor het hergebruik van een PV-paneel komt hiermee op ca. 1920 CO₂ eq per frame.

Omvormers

Voor de omvormers is het op dit moment nog niet duidelijk of hier hergebruik mogelijk is. Hiervoor zal een goede kwaliteitscontrole noodzakelijk zijn en het is nog niet zeker of hergebruik van omvormers haalbaar is. Refurbishment is technisch mogelijk maar er moet nog samen met de fabrikanten onderzocht worden of dit economisch haalbaar is.

¹³ <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0927024821003202>

¹⁴ <https://circulairkennis.nl/onderzoek/naar-een-meer-circulaire-energietransitie-met-upv/>