



Beleidsanalyse voor de productgroep 'hernieuwbare energietechnologie' om de circulaire transitie te versnellen

Inbreng voor de Integrale Circulaire Economie Rapportage (ICER) 2025

Planbureau voor de Leefomgeving (PBL)

Rotterdam, 26 november 2024

Beleidsanalyse voor de productgroep 'hernieuwbare energietechnologie' om de circulaire transitie te versnellen

Inbreng voor de Integrale Circulaire Economie Rapportage (ICER) 2025

Planbureau voor de Leefomgeving (PBL)

Rotterdam, 26 november 2024

Auteur:

Karla Ritsema

Yoeri Dijkhof

Alexander Boisseau

Zazie Weiffenbach

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	4
1.1	Vraagstelling onderzoek.....	4
1.2	Leeswijzer	5
2	Mondiale keten van de productgroep.....	6
2.1	Winning van kritieke grondstoffen.....	6
2.2	Importafhankelijkheid van verschillende componenten	9
2.3	Productie van HE-technologieën in Nederland en Europa.....	10
2.4	Belangrijkste bevindingen voor het onderzoek	10
3	Huidige beleidsmix	12
3.1	Nederlandse beleidsmix.....	13
3.1.1	Overkoepelend Nederlands beleid	13
3.1.2	Nederlandse initiatieven per HE-technologie	14
3.1.3	Nederlandse Subsidie- en financieringsprogramma	14
3.2	Europese beleidsmix.....	15
3.2.1	Overkoepelend Europees beleid.....	16
3.2.2	Europese (beleids)initiatieven specifiek voor windturbines, zon-PV en batterijen	17
3.2.3	Europese subsidie- en financieringsprogramma's	18
3.3	Conclusies en bevindingen	18
4	Knelpunten en oplossingsrichtingen	19
4.1	Overkoepelende kenmerken en beleidsinstrumenten	19
4.1.1	Overkoepelende knelpunten	19
4.1.2	Mogelijke beleidsinstrumenten	20
4.2	Kenmerken en beleidsinstrumenten voor windturbines.....	21
4.2.1	Kenmerken en knelpunten	21
4.2.2	Mogelijke beleidsinstrumenten	22
4.3	Kenmerken en beleidsinstrumenten voor zon-PV	25
4.3.1	Kenmerken en knelpunten	25
4.3.2	Mogelijke beleidsinstrumenten	26
4.4	Productgroep batterijen.....	28
4.4.1	Kenmerken en knelpunten van de productgroep	29
4.4.2	Mogelijke beleidsinstrumenten	29
4.5	Conclusie kansrijke beleidsinstrumenten.....	31
5	Doorkijk richting 2040 en 2050.....	33
5.1	Clustering van beleidsinstrumenten.....	33
5.2	Tijdslijn.....	33
6	Conclusies.....	35
Bijlage A: Gedetailleerde handelsanalyse per component en technologie..		38

1 Inleiding

Nederland heeft de ambitie om in 2050 klimaatneutraal te zijn. Dit heeft als gevolg dat de energieopwekking uit hernieuwbare bronnen sterk zal toenemen. Voor het realiseren van een duurzaam energiesysteem groeit de vraag naar hernieuwbare energietechnologieën (HE-technologieën), zoals windturbines, zon-PV en batterijen voor de opslag van energie en dit zal in de komende jaren enkel toenemen. Hierdoor zal de vraag naar materialen binnen de productgroep in de komende jaren sterk toenemen. Het doel van de circulaire transitie van deze productgroep is om de maatschappelijke impact van grondstofgebruik en daarmee de afhankelijkheid van kritieke grondstoffen en impact op milieu, klimaat en biodiversiteit te verminderen.

De producten in deze groep worden vaak gemaakt van kritieke grondstoffen, metalen en materialen, die buiten Nederland gewonnen en geproduceerd worden en dus onderdeel zijn van een wereldwijde waardeketen. Voor de productie en levering is Nederland sterk afhankelijk van landen binnen Europa (Frankrijk, Duitsland, Italië), maar in grotere mate van landen buiten Europa, zoals China.

De afgelopen jaren hebben mondiale crises, zoals de coronacrisis, oorlog in Oekraïne en de Gaza-oorlog, aangetoond dat geopolitieke spanningen de leveringszekerheid van deze producten ten nadele kan beïnvloeden. Daarnaast schuurt de grote vraag naar voornamelijk primaire grondstoffen met de ambitie voor een volledige circulaire economie in Nederland in 2050 en een halvering van het gebruik van primaire abiotische grondstoffen (mineralen, metalen en fossiel) in 2030.

1.1 Vraagstelling onderzoek

Het *Werkprogramma Monitoring en sturing CE 2023-2024* heeft een productgroep analyse (PGA) laten uitvoeren door CML Leiden, TU-Delft en de Universiteit Utrecht naar hernieuwbare energietechnologieën, waaronder windturbines, zon-PV en batterijen (hierna PGA-studie)¹. Die studie had als doel het in kaart brengen van i) de kansen en belemmeringen van een circulaire transitie in het hernieuwbare energietechnologie systeem, ii) het materiaal- en milieueffect van deze transitie middels dynamische stofstroomanalyse, en iii) het formuleren van aangrijpingspunten voor beleid om de circulaire economie transitie te versnellen.

Het Planbureau van de Leefomgeving (PBL) heeft ons gevraagd om voor de PGA hernieuwbare energietechnologieën inzichtelijk te maken wat 1) de belangrijkste knelpunten zijn die de transitie naar circulariteit voor de drie producten belemmeren en 2) welke beleidsopties deze belemmeringen tegen kunnen gaan. Daarnaast vullen wij de PGA-studie aan met een ketenanalyse om de importafhankelijkheid van de productgroep te bepalen. Wij beantwoorden in dit onderzoek de volgende deelvragen:

¹ De Koning, A., Elzinga, R., Balkenende, R. & Kleijn, E.G.M. (2024), Productgroepanalyse hernieuwbare energietechnologie. Werkpakket 6: Aangrijpingspunten voor beleid

1. *Wat zijn de belangrijkste knelpunten voor de in de PGA onderscheiden hernieuwbare energietechnologieën (windturbines, zon-PV en batterijen) in de transitie naar circulariteit?*
2. *Hoe kunnen deze belemmeringen verminderd of weggenomen worden met beleid?*
 - *Zijn er mogelijkheden voor verbetering van het huidige beleidsinstrumentarium voor circulaire opties? Wat zijn daarvan voor- en nadelen?*
 - *Wat zijn mogelijke aanvullende beleidsopties en instrumenten? Wat zijn daarvan de voor- en nadelen?*
3. *Zijn er conflicterende beleidsinstrumenten vanuit circulair perspectief? Zijn deze instrumenten te herleiden naar een conflicterend beleidsdoel?*

1.2 Leeswijzer

Om te begrijpen waar in de keten van de productgroep beleid de meeste impact maakt vult [Hoofdstuk 2](#) de inzichten uit de PGA-studie aan met een ketenanalyse van de producten. Vervolgens geeft [Hoofdstuk 3](#) een overzicht van de huidige Nederlandse en Europese beleidsmix met betrekking tot circulaire economie en energie. Hierbij wordt zowel het overkoepelend beleid als het specifieke beleid voor de afzonderlijke productgroepen uiteengezet.

In [Hoofdstuk 4](#) worden per product de kenmerken en knelpunten voor de circulaire transitie beschreven. Dit wordt gevolgd door een overzicht van kansrijke beleidsinstrumenten per product die op effectieve wijze de verschillende knelpunten kunnen oplossen en daarmee de circulaire transitie kunnen versnellen. [Hoofdstuk 5](#) geeft een doorkijk naar 2040 en 2050 door de eerder-gepresenteerde kansrijke beleidsinstrumenten te clusteren vanuit het ketenperspectief en op een tijdslijn te plaatsen. Tenslotte beschrijft [Hoofdstuk 6](#) de conclusies van de analyse en geeft antwoord op de onderzoeksvragen.

2 Mondiale keten van de productgroep

De productieketens van de productgroep mondiaal zijn georganiseerd en niet alle schakels van de keten (o.a. winning van grondstoffen en de verwerking tot halffabricaten en eindproducten) bevinden zich in Nederland of Europa. Zodoende heeft het beleid waar Nederland en Europa op kunnen inzetten beperktere aangrijpingspunten. Zo is het bijvoorbeeld lastiger een producent van zonnepanelen in China te dwingen schadelijke stoffen uit te faseren. Over het algemeen geldt dat hoe hoger de importafhankelijkheid, hoe lastiger het is effectieve beleidsmaatregelen gericht op minder grondstofgebruik of alternatieve ontwerpprincipes of materialen uit te voeren (hoger op de R-ladder). Daarnaast is de levenszekerheid van strategische grondstoffen en producten afhankelijk van globale ontwikkelingen, zoals de coronacrisis of geopolitieke spanningen. Het is daarom van cruciaal belang om een goed beeld te hebben van de waardeketen voor het bepalen van effectieve beleidsinstrumenten.

In dit hoofdstuk vullen we de inzichten uit de PGA-studie aan met een analyse naar de ketens van windturbines, zon-PV en batterijen. Dit hoofdstuk brengt in kaart i) welke ketenschakels zich binnen Nederland en Europa bevinden, ii) op welke schakels de grootste knelpunten voor de transitie zich voordoen en iii) hoe derhalve beleidsinstrumenten het meest effectief ingezet kunnen worden. Bijlage A geeft een omschrijving van de gebruikte methode.

2.1 Winning van kritieke grondstoffen

De winning en verwerking van essentiële grondstoffen voor diverse technologische componenten wordt grotendeels gedomineerd door China. Dit geldt in het bijzonder voor Dysprosium, Praseodymium en Neodymium, die tot de zeldzame aardmetalen (Rare-Earth Elements, REEs) behoren. [China heeft vrijwel een monopolie op de productie en verwerking van deze materialen](#), die van cruciaal belang zijn voor de magnetische onderdelen in windturbinegeneratoren. In een analyse van de Europese Commissie uit 2023 werden deze grondstoffen aangemerkt als enkele van de meest kritieke voor de energietransitie, met een hoog leveringsrisico voor de EU.²

De afhankelijkheid van REEs is duidelijk in de waardeketen van de windindustrie, waar vrijwel alle schakels, van grondstofwinning tot verwerking, momenteel in Chinese handen zijn. Hoewel er in Europa, met name in Scandinavische landen, aanzienlijke reserves van deze materialen aanwezig zijn, is er in het verleden voor gekozen om deze reserves beperkt te exploiteren vanwege de grote maatschappelijke impact van de winning. In reactie hierop zijn er binnen Europa initiatieven ontstaan, zoals de Critical Raw Materials Act (CRM Act) en de oprichting van de European Raw Materials Alliance³, die tot doel hebben om lokale grondstofwinning, verwerking en recycling te stimuleren. Ondanks dat de alliantie aanzienlijke

² EC, Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs, Grohol, M., Veeh, C., (2023). Study on the critical raw materials for the EU 2023 – Final report, *Publications Office of the European Union*, Beschikbaar via [link](#).

³ Zie: European Raw Materials (ERMA). Beschikbaar via [link](#).

(private) investeringen heeft weten aan te trekken, wordt verwacht dat dit initiatief slechts een deel van de toenemende vraag naar deze grondstoffen binnen de EU zal kunnen dekken.

Binnen deze context zijn er vier benaderingen voor het aanpakken van de afhankelijkheid van kritieke grondstoffen en batterijcomponenten: 1) uitbreiding van mijnbouw in Europa, 2) diversificatie en robuust maken van de toelevering via handelsbeleid, 3) uitbreiding van recycling en hergebruik van materialen en batterijen, en 4) innovatie om het gebruik van kritieke materialen te verminderen of volledig te vervangen door meer overvloedige alternatieven. Alle vier de benaderingen worden momenteel in de EU nagestreefd. Zo wordt mijnbouw actiever verkend, met name de winning van lithium in Portugal, Tsjechië en Spanje, en van kobalt en nikkel in Finland.

Daarnaast speelt de diversificatie van de toeleveringsketen van bepaalde grondstoffen een steeds belangrijker rol. Niet alle benodigde materialen voor de energietransitie zijn immers in grote hoeveelheden aanwezig of te winnen binnen de EU. Een voorbeeld hiervan is mangaan, een cruciaal element voor zowel de wind- als batterij-industrie. De belangrijkste bronnen van mangaan bevinden zich in Zuid-Afrika en Australië, die gezamenlijk verantwoordelijk zijn voor een groot deel van de wereldwijde productie, terwijl het merendeel van de verwerking in China plaatsvindt.⁴ Figuur 2.1 geeft een gedetailleerd overzicht van de benodigde kritieke grondstoffen per technologie en land van herkomst voor zowel de winning en verwerking van deze grondstoffen.

Binnen de EU is er een groeiende erkenning van de noodzaak om via internationale samenwerking de toeleveringsketen van deze grondstoffen te diversifiëren, zoals blijkt uit recente overeenkomsten met derde landen. Deze partnerschappen richten zich op de gehele waardeketen, van exploratie en winning tot verwerking en recycling, en vormen een stap in de richting van een veerkrachtiger en duurzamer toeleveringssysteem.

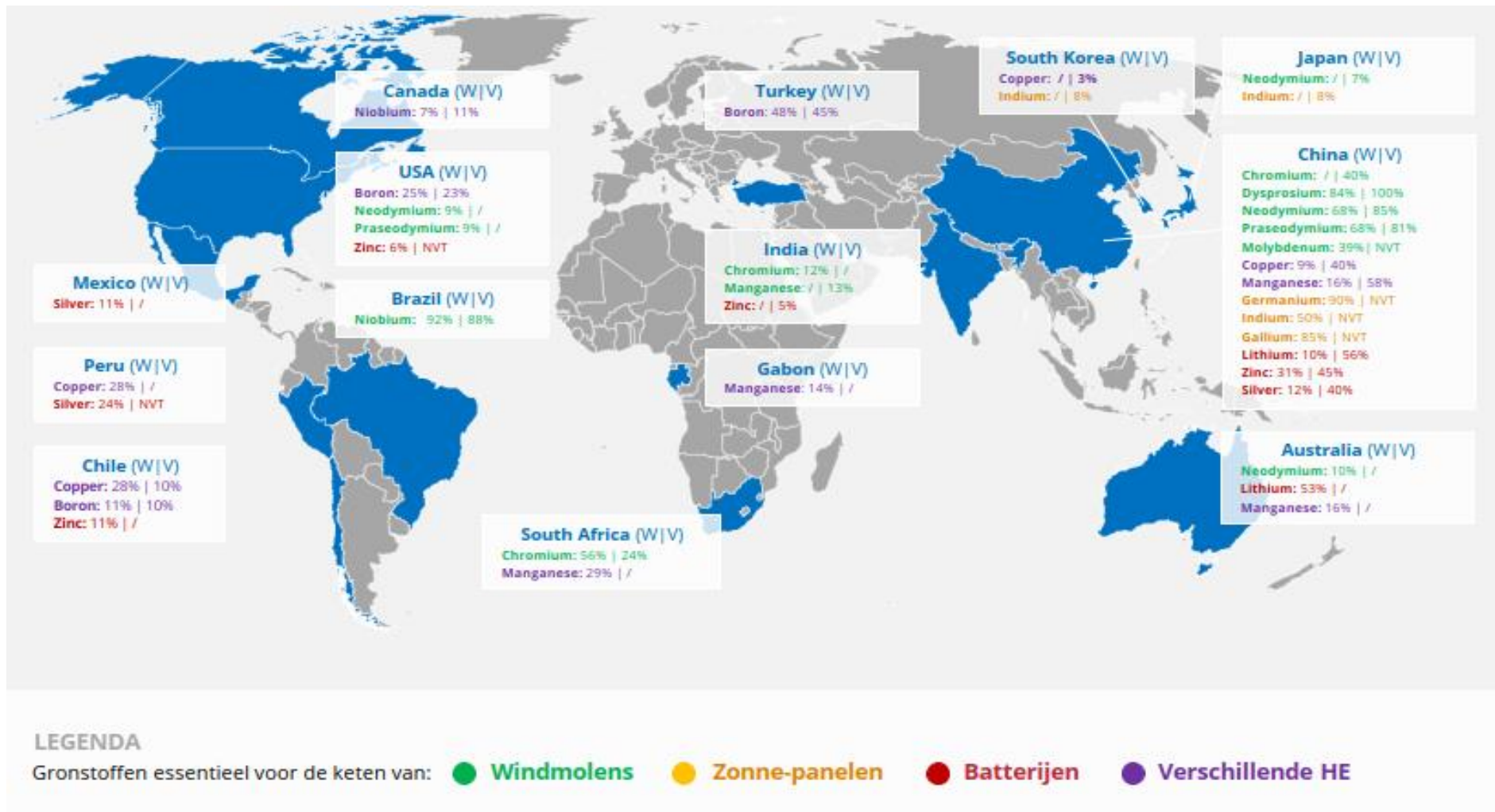
Handelsakkoorden en internationale partnerschappen zijn hierbij van groot belang. Deze overeenkomsten, zoals het Memorandum van Overeenstemming tussen de EU en Australië⁵, vertegenwoordigen belangrijke stappen richting een meer robuuste en gediversifieerde toeleveringsketen voor kritieke grondstoffen. Hoewel deze initiatieven aanzienlijke vooruitgang boeken, blijft de vraag bestaan hoe effectief zij zullen zijn in het volledig aanpakken van de mondiale afhankelijkheden en de bijbehorende risico's voor de leveringszekerheid van de EU. Naast diversificatie en strategische investeringen, zowel binnen als buiten Europa, wordt een circulaire economie steeds meer erkend als een cruciale oplossing om de afhankelijkheid van primaire grondstoffen te verminderen en de toeleveringsketens veerkrachtiger te maken.⁶

⁴ EC, Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs, Grohol, M., Veeh, C., (2023). Study on the critical raw materials for the EU 2023 – Final report, *Publications Office of the European Union*, Beschikbaar via [link](#).

⁵ EC (2024). EU and Australia sign partnership on sustainable critical and strategic minerals. Beschikbaar via [link](#).

⁶ IEA (2022). The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions – Reliable supply of minerals. Beschikbaar via [link](#).

Figuur 2.1 Benodigde grondstoffen voor HE-technologieën, grondstofwinning (W) en verwerking (V), in percentages van het wereldwijde marktaandeel (%), 2023



Bron: EC, DG Grow, Grohol, M., Veeh, C., (2023). Study on the critical raw materials for the EU 2023 – Final report, *Publications Office of the European Union*, Beschikbaar via [link](#)

2.2 Importafhankelijkheid van verschillende componenten

Nederland is reeds afhankelijk⁷ van grondstoffen voor windturbines en heeft een nog grotere afhankelijkheid van componenten en eindproducten voor zon-PV en batterijen (zie Figuur 2.2). Nederland importeerde in 2022 bijvoorbeeld voor EUR 3,3 miljard aan batterijen, waarvan 75% afkomstig was uit derde landen—met China als grootste leverancier, goed voor 47% van de totale import. Met weinig tot geen binnenlandse productie van batterijen, resulteerde dit in een handelstekort van EUR 2,1 miljard in datzelfde jaar. De EU als geheel ervaart een vergelijkbare situatie, zij het minder uitgesproken; gemiddeld importeerde de EU 52% van haar batterijen uit derde landen.

Een handelstekort voor specifieke producten is niet per definitie problematisch, maar het is relevant hier rekening mee te houden, voornamelijk voor producten die als kritiek of essentieel zijn bestempeld. Een handelstekort kan aantonen dat we afhankelijk zijn van andere landen voor de levering van producten en de Nederlandse industrie mogelijk minder effectief problemen in de waardeketen zou kunnen opvangen. Daarnaast is het lastiger invloed uit te oefenen op de waardeketen als een groot deel van de keten buiten Nederland ligt.

Voor zon-PV geldt een vergelijkbare situatie, zij het een iets minder sterk patroon. Nederland importeerde in 2022 46% van al haar zon-PV-componenten uit derde landen, wat beter is dan het EU-gemiddelde van 77%. Ook hier is China de belangrijkste handelspartner.

Voor windturbines is de afhankelijkheid lager. In 2022 was Nederland voor 34% afhankelijk van import uit derde landen en voor 24% van de EU voor onderdelen die essentieel zijn voor de nacelle. Voor componenten van de toren van windturbines lag deze afhankelijkheid op respectievelijk 16% en 20%.

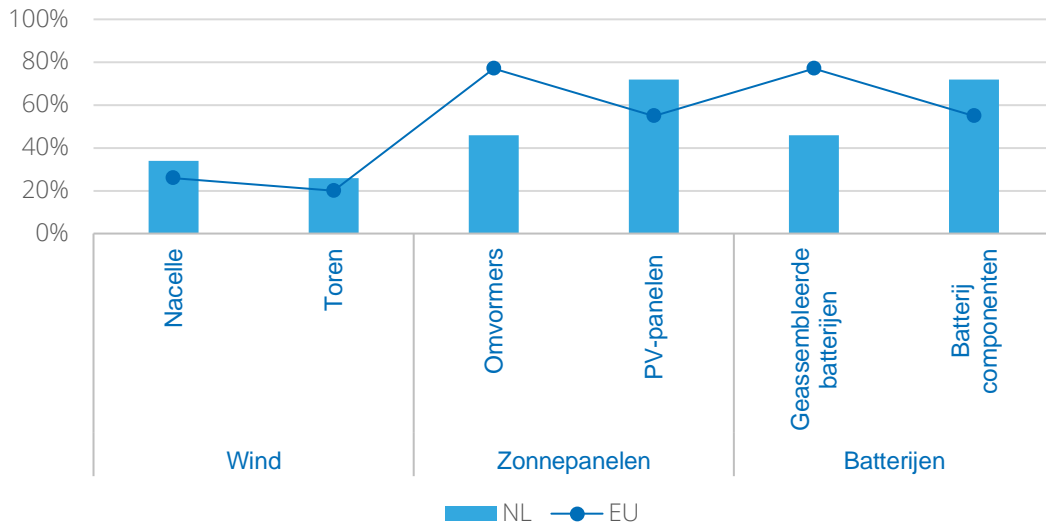
Deze cijfers illustreren de sterke afhankelijkheid van Nederland en de EU van derde landen, met name China, voor essentiële componenten en producten in de snelgroeïende sectoren van hernieuwbare energie en opslagtechnologieën. Terwijl sommige Europese lidstaten zoals Duitsland erin slagen om de afhankelijkheid te beperken in bepaalde sectoren, blijven de meeste EU-landen sterk afhankelijk van import, wat uitdagingen met zich meebrengt op het gebied van strategische autonomie.

Chinees fabrikanten profiteren van aanzienlijke staatssteun, waardoor ze Europese prijzen flink kunnen onderbieden. Dit heeft geleid tot oproepen van belanghebbenden om een agressievere handelsstrategie te hanteren. Bijvoorbeeld, er wordt gesuggereerd om hogere tarieven in te voeren op geïmporteerde zon-PV en de mogelijkheid te onderzoeken om handelsquota in te stellen om de hoeveelheid import te beperken.⁸ Daarnaast wordt er gepleit voor een herziening en mogelijke heronderhandeling van bestaande handelsakkoorden om de belangen van Europese producenten beter te beschermen. Het doel van deze maatregelen is om een gelijk spelveld te creëren en het concurrentievoordeel van gesubsidieerde buitenlandse producenten te verminderen.

⁷ Er is geen standaard om de 'ernst' van importafhankelijkheid te bepalen, maar doorgaans beschouwen wij een afhankelijkheid van 40% of meer als hoog. Voor kritieke sectoren zoals de energiesector zou men een importafhankelijkheid van 30% al als hoog kunnen beschouwen.

⁸ HKTDC (2024). European Debate Over Possible Trade Defence in Solar Photovoltaic Panels Sector. Beschikbaar via [link](#)

Figuur 2.2 Importafhankelijkheid van Nederland in de EU voor componenten benodigd in windturbines, zon-PV en batterijen (2022)



Bron: Eigen analyse op basis van UN COMTRADE data, 2022. [Link](#)

2.3 Productie van HE-technologieën in Nederland en Europa

Uit Eurostat Prodcom-data blijkt dat de productie van HE-technologieën in de EU sterk geconcentreerd is in enkele lidstaten, waarbij Duitsland veruit de koploper is. Duitsland domineert zowel in absolute productievolumes als in marktaandeel voor batterijen, windturbinecomponenten en zon-PV. Nederland daarentegen heeft volgens Prodcom-data weinig tot geen productiecapaciteit in deze drie HE-technologieën.

Nederland heeft enkele kleinschalige producenten van HE-technologieën. Zo is de geschatte productiecapaciteit van zonne-PV 340 MW per jaar, wat slechts 1% van de totale EU-capaciteit vertegenwoordigt. Voor batterijproductie zijn er geplande faciliteiten, zoals die van Eurocells en LeydenJar, die naar verwachting in 2025 en 2026 operationeel zullen zijn. Daarnaast is er één actieve producent van li-ion batterijen en enige capaciteit in de productie van windturbinecomponenten, hoewel de omvang hiervan onduidelijk blijft. Nederland lijkt meer een competitief voordeel te hebben in dienstverlening gerelateerd aan HE-technologieën, zoals de installatie en onderhoud van offshore windparken, dan in grootschalige productie.

2.4 Belangrijkste bevindingen voor het onderzoek

De toenemende afhankelijkheid van strategische grondstoffen en componenten voor windturbines, zon-PV en batterijen uit derde landen zoals China, heeft aanzienlijke implicaties voor de circulariteit van hernieuwbare energietechnologieën in de EU. Veel van deze technologieën worden in het buitenland geproduceerd met een focus op lage kosten en optimalisatie van het productieproces (bijvoorbeeld verlijming in plaats van vastmaken met schroeven), in plaats van op recycleerbaarheid of duurzaamheid van de producten. Dit leidt ertoe dat producten die in Europa terechtkomen, vaak lastig te hergebruiken, repareren of

recyclen zijn of kritieke materialen bevatten die moeilijk terug te winnen zijn. Dit belemmert zo de overgang naar een circulaire economie.

De huidige afhankelijkheid van externe leveranciers betekent dat Nederland en Europa slechts beperkt invloed hebben op hoe materialen worden gewonnen, verwerkt en in producten geïntegreerd. Hierdoor wordt de ontwikkeling van een volledig circulaire keten, met aandacht voor het verminderen van het gebruik van bepaalde grondstoffen, de reparatiebaarheid en verlenging van de levensduur, en de recycling van deze technologieën, bemoeilijkt.

Innovatie speelt een cruciale rol in het verminderen van deze afhankelijkheid en het verbeteren van de circulariteit. Door te investeren in technologieën die minder of geen kritieke grondstoffen vereisen, kan Europa zijn strategie verschuiven naar duurzamere alternatieven. Het versterken van recyclingcapaciteiten binnen Europa is eveneens essentieel om ervoor te zorgen dat gebruikte materialen opnieuw in de productieketen kunnen worden opgenomen, waardoor de afhankelijkheid van nieuwe, mogelijk niet-duurzame materialen afneemt.

Kortom, de huidige afhankelijkheid van buitenlandse componenten en grondstoffen vormt een aanzienlijke belemmering voor de circulariteit van hernieuwbare energietechnologieën in Europa. Zonder meer controle over de productieketen en een grotere focus op ontwerp voor recycling, blijft de circulaire economie in deze sectoren een uitdaging.

Gezien deze belemmerende factoren kan Nederland een cruciale rol spelen om de circulaire transitie in eigen land en in de EU te bevorderen. Ten eerste kan Nederland strategisch kiezen om meer producten af te nemen uit EU-landen die voldoen aan strikte duurzaamheidseisen. Dit zou niet alleen de afhankelijkheid van derde landen verminderen, maar ook Europese samenwerking versterken. Daarnaast ligt er een belangrijke kans voor Nederland in het vergroten van de eigen hoogwaardige recyclingcapaciteit, met een specifieke focus op kritieke materialen voor windturbines, zon-PV en batterijen. Deze grondstoffen kunnen in Nederland (of Europa) weer hergebruikt worden in de fabricage van nieuwe producten.

Door te investeren in innovatieve op het gebied van circulaire ontwerpprincipes, recyclingtechnologieën en het stimuleren van hergebruik, kan Nederland zijn positie versterken. Verder kan Nederland een voortrekkersrol spelen binnen de EU door te pleiten voor strengere regelgeving die alleen circulaire producten toelaat die ontworpen zijn met het oog op reparatiebaarheid en recycling. Op deze manier kan Nederland bijdragen aan een meer robuuste en duurzame Europese waardeketen, waarbij de afhankelijkheid van primaire grondstoffen wordt verminderd.

3 Huidige beleidsmix

Dit hoofdstuk beschrijft de belangrijkste beleidsinitiatieven voor de drie producten op nationaal en Europees niveau. Tabel 3.1 geeft een overzicht van relevant vastgesteld, voorgenomen en geagendeerd beleid. Daarbij hebben we beprijzende, stimulerende en normerende initiatieven opgenomen. De beleidsinitiatieven zijn bepalend voor de ontwikkeling en gebruik van de technologieën in Nederland en fungeren als kapstok om circulariteit van windturbines, zon-PV en batterijen op te nemen of stappen te zetten in de waardeketen van de producten.

Het overzicht beperkt zich tot de beleidsdomeinen die het meeste effect hebben op de ontwikkeling van de technologieën en de circulaire transitie van de productgroep, zoals energie, circulaire economie en ruimtelijke ordening. De transitie naar een circulaire productgroep heeft echter impact op meerdere beleidsdomeinen. Zo zou een omslag van primair naar secundair materiaalgebruik en de overstap naar hernieuwbare grondstoffen de op- en overslag op andere manieren en locaties moeten faciliteren. Daarnaast zullen nieuwe vaardigheden nodig zijn in bijvoorbeeld het gebruik van deze materialen, demontabele bouwtoepassingen, en reparatie en onderhoud. Dit vergt ook aanpassingen in andere beleidsdomeinen, zoals transport en infrastructuur, onderwijs en fiscaliteit.

Tabel 3.1 Totaaloverzicht van vastgesteld en voorgenomen beleid op het gebied van hernieuwbare energietechnologieën en circulaire economie

Productgroep	Nederland	EU
Overkoepelend (energie & circulair)	Nationaal Grondstoffenakkoord NPCE LAP3 UPV SDE++ NPE Omgevingswet Subsidieregeling duurzame ketenprojecten.	CEAP Ecodesign for sustainable products regulation Critical Raw Materials ACT Strategic Partnerships Financieringsprogramma's zoals Horizon Europe- Cluster 6
Windturbines	TKI Offshore Energie (Voorheen TKI Wind op Zee)	North Sea Energy Cooperation Decom North Sea REWIND ETIPWind WindEurope
Zon-PV	TKI Offshore Energie OPEN (voorheen PV-Cycle) Nationaal Groeifonds (SolarNL) Investeringssubsidie maakindustrie klimaatneutrale economie (IMKE)	WEEE
Batterijen	OPEN (voorheen Stibat) Investeringssubsidie maakindustrie klimaatneutrale economie (IMKE) Nationaal Groeifonds (Material Independence & Circular Batteries)	EU batterijenverodening, inclusief batterijenpaspoort EBA Battery 2030+

3.1 Nederlandse beleidsmix

In dit deel van het rapport wordt het Nederlandse beleid op gebied van circulariteit en energietechnieken uiteengezet. Hierbij wordt eerst het overkoepelend nationaal beleid beschreven in de volgorde: algemeen beleid in het kader van circulaire economie, beleid met betrekking tot afvalbeheer en beleid voor de stimulering van duurzame energie. Vervolgens wordt het beleid dat specifiek gericht is op een afzonderlijk product (windturbines, zon-PV of batterijen) beschreven. Ten slotte benoemen we de bestaande financierings- en subsidieregelingen.

3.1.1 Overkoepelend Nederlands beleid

Nationaal Grondstoffenakkoord 2017

Dit akkoord is een samenwerking tussen overheid, bedrijven, en maatschappelijke organisaties. De betrokken partijen hebben afgesproken om gezamenlijk vijf transitieagenda's op te stellen met actiepunten voor het bereiken van een circulaire economie. Zo wordt in de transitieagenda voor de maakindustrie, als meest relevante voor hernieuwbare energietechnologie, de schaarste van benodigde metalen voor o.a. zon-PV en windturbines aangestipt. De in 2018 gepubliceerde transitieagenda's zijn opgevolgd door een nationaal programma waarin ambities naar concrete beleidsmaatregelen zijn vertaald (zie omschrijving hieronder).⁹

Beleidsvoorstellen Nationaal Programma Circulaire Economie 2023-2030 (NPCE).

Het NPCE beschrijft de kabinetsaanpak voor de realisatie van een circulaire economie in 2050 via een scala aan beprijzende, normerende en sturende maatregelen. Deze maatregelen zijn gegroepeerd op basis van algemene circulaire doelstellingen, specifiek per productgroep en ter ondersteuning van circulaire thema's. Tot de productgroepen behoren o.a. circulaire windparken en zon-PV-systemen. De in-totaal 28 maatregelen voor deze twee productgroepen hebben als doel om hergebruik en toepassing van gerecyclede materialen te bevorderen en gebruik van primaire grondstoffen en toxische stoffen te verminderen en/of elimineren. Hiertussen zitten ook 16 maatregelen voor verkenning/onderzoek waarvan de verkenning zelf wel financieel gedekt is, maar de eventuele doorvertaling naar concrete beleidsmaatregelen nog niet.¹⁰

Landelijk afvalbeheerplan 2017-2029 (LAP3)

Als één van de instrumenten vanuit het NPCE presenteert LAP3 doelen en staand nationaal beleid voor het beheer van afval en de bevordering van een circulaire economie. Dit normerend beleid is uitgewerkt voor 85 verschillende afvalstromen. Zo wordt voor de afvalstromen categorie 'Batterijen en accu's' de beleidskaders uitgezet voor onder andere de verwerking en recycling van teruggenomen batterijen. Dit wordt ook gedaan voor de inzameling en recycling van materialen uit afgedankte windturbines. Vanaf 2025 zal het Circulair Materialenplan (CMP) het LAP3 vervangen, deze wordt momenteel nog opgesteld.¹¹

⁹ Website Rijksoverheid (n.d.). *Nederland circulair in 2050*. Beschikbaar via: [Link](#)

¹⁰ Rijksoverheid (februari 2023). *Nationaal Programma Circulaire Economie 2023-2030*. Beschikbaar via: [Link](#)

¹¹ Website Rijkswaterstaat: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (n.d.). *Landelijke afvalbeheerplan 3*. Beschikbaar via: [Link](#)

Uitgebreide Producentenverantwoordelijkheid (UPV)

De UPV betreft vastgesteld normerend beleid in de vorm van regels waaraan producenten en importeurs van bepaalde producten zich moeten houden omtrent de hoeveelheid afval die ze moeten inzamelen en hergebruiken voor de productie van nieuwe producten. Deze regelgeving geldt o.a. voor batterijen en accu's en elektronische en elektrische apparaten. Zo zijn producenten en importeurs van zon-PV sinds 2014 volgens de Europese richtlijn afgedankte elektrische en elektronische apparatuur (AEEA) verantwoordelijk voor de inzameling en verwerking van afgedankte zon-PV via het UPV.¹²

Stimulering Duurzame Energieproductie en Klimaattransitie (SDE++)

Dit is een staande subsidieregeling voor bedrijven en non-profit organisaties die technieken (willen) toepassen voor grootschalige productie van hernieuwbare energie of vermindering van CO₂-uitstoot. Er worden voor vijf categorieën subsidies gegeven: hernieuwbare elektriciteit, gas en warmte en CO₂-arme warmte en productie. Via deze subsidie beoogt de overheid de toepassing van deze technieken te stimuleren en daarmee de energietransitie te versnellen. Op het gebied van circulariteit stimuleert dit beleid hernieuwbare inzet van energie en CO₂-uitstoot.¹³

Nationaal plan energiesysteem (NPE)

Dit plan beschrijft een langetermijnvisie en toekomstige richting voor een duurzaam energiesysteem in 2050. Hierbij wordt gestuurd op de ontwikkeling van vier energieketens: elektriciteit, waterstof, koolstof en warmte. Ook wordt de ambitie uitgesproken om maatregelen in te zetten voor de realisatie van een circulair energiesysteem. Met juridische borging in de Energiewet dient het plan als basis en voornemen voor toekomstige beleid over het Nederlandse energiesysteem. Het NPE wordt nog opgevolgd door een beleids- en uitvoeringsagenda.¹⁴

3.1.2 Nederlandse initiatieven per HE-technologie

Specifiek voor de drie HE-technologieën is er alleen voor windparken en zon-PV vastgesteld stimulerend beleid in de vorm van een innovatieprogramma genaamd **TKI Offshore Energy** (voorheen TKI Wind op Zee). Dit programma ondersteunt en adviseert partijen, waaronder in de wind- en zonenergie, die duurzame energie opwekken op de Noordzee.¹⁵ Daarnaast is er voor zon-PV en batterijen een stichting genaamd **OPEN (voorheen Stibat en PC-Cycle)** die verantwoordelijk is voor de wettelijke invulling van het UPV voor elektronische apparaten (inclusief zon-PV), lampen en batterijen.¹⁶

3.1.3 Nederlandse Subsidie- en financieringsprogramma

De **Investeringsubsidie Maakindustrie Klimaatneutrale Economie (IMKE)** subsidieert investeringen die nodig zijn om productielijnen op te zetten voor het produceren van

¹² 1. Website Inspectie Leefomgeving en Transport: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (n.d.), *Uitgebreide producentenverantwoordelijkheid*. Beschikbaar via: [Link](#)

2. Website Pont Omgeving (april 2020). *Beantwoording Kamervragen over de recyclingkosten van zonnepanelen*. Beschikbaar via: [Link](#)

¹³ Website Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (maart 2024). *Stimulering Duurzame Energieproductie en Klimaattransitie (SDE++)*. Beschikbaar via: [Link](#)

¹⁴ 1. Ministerie van Economische Zaken en Klimaat & Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (december 2023). *Nationaal plan energiesysteem*. Beschikbaar via: [Link](#)

2. Website Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (januari 2024). *Nationaal plan energiesysteem (NPE)*. Beschikbaar via: [Link](#)

¹⁵ Website TKI Offshore Energy (n.d.). *TKI Offshore Energy*. Beschikbaar via: [Link](#)

¹⁶ Website Stichting Open (n.d.). *About us*. Beschikbaar via: [Link](#)

(onderdelen van) batterijen, elektrolyzers en zon-PV. Tevens geldt er dit jaar een [Subsidieregeling duurzame ketenprojecten](#) waarbij ondernemers die gezamenlijk een product- of materiaalketen gaan sluiten 50% van de gemaakte kosten als subsidie terug kunnen krijgen.¹⁷

Het [Nationaal Groeifonds \(SolarNL\)](#) investeert in drie zon-pv-innovatieketens die onderzoek, technologie- en productontwikkeling, industrialisatie en opschaling verbinden. Het programma omvat onderzoek, technologie- en productontwikkeling, industrialisatie en opschaling. Het heeft aandacht voor circulair ontwerp bij elke technologie en product. Doel van het project is de ontwikkeling en industrialisatie van drie innovatieve zon-pv-technologieën, die elk concurrerend zullen zijn op hun respectievelijke markten:

1. Hoog-rendements silicium heterojunctie 'HJT' cellen;
2. Flexibele perovskiet folies;
3. Op maat gemaakte zon-pv-producten voor integratie in gebouwen en automotivetoepassingen.

Het [Nationaal Groeifonds \(Material Independence & Circular Batteries\)](#) ontwikkelt binnen drie programmalijnen een goed georganiseerde en geïntegreerde keten die applicatiegericht batterijtechnologie ontwikkelt door de applicatiemarkten te verbinden met technologie ontwikkelende partijen. Het programma kent drie lijnen:

- Programmalijn 1 ziet toe op duurzame materiaalvoorziening (leveren van grondstoffen door raffinage en batterijrecycling);
- Programmalijn 2 omvat het ontwikkelen en opschalen van duurzame batterijtechnologie (materialen, componenten en equipment);
- Programmalijn 3 betreft circulaire batterijsystemen voor vervoerstoepassingen en netstabiliteit (zwaar vervoer en grootschalige pilots en demo's voor bulkbatterijen).

Een van de beoogde resultaten van het programma is de ontwikkeling van recyclingcapaciteit en relevante kennis op het gebied van batterijsystemen.

De [Investeringsubsidie Maakindustrie Klimaatneutrale Economie \(IMKE\)](#) subsidieert investeringen die nodig zijn om productielijnen op te zetten voor het produceren van (onderdelen van) batterijen, elektrolyzers en zon-PV. Voor investeringen in een productielijn voor batterijen kan ook subsidie aangevraagd worden voor de productie of terugwinning van grondstoffen. Het moet dan gaan om kritieke grondstoffen die nodig zijn voor de productie van die batterijen of noodzakelijke onderdelen daarvan.

3.2 Europese beleidsmix

Onderstaand wordt het Europese beleid op gebied van circulariteit en energietechnieken uiteengezet. Hierbij wordt eerst het overkoepelend Europees beleid beschreven in de volgorde: algemeen beleid in het kader van circulaire economie, beleid met betrekking tot circulair ontwerp en kritieke grondstoffenbeleid. Vervolgens wordt het beleid dat specifiek gericht is op een afzonderlijke productgroep opgedeeld en beschreven. Ten slotte wordt gekeken naar de bestaande Europese financiering- en subsidieregelingen.

¹⁷ Website Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (maart 2020). *Subsidie Circulaire ketenprojecten*. Beschikbaar via: [Link](#)

3.2.1 Overkoepelend Europees beleid

EU Circulaire economie actieplan (CEAP)

Dit plan is gelanceerd als onderdeel van de European Green Deal en presenteert een agenda voor de circulaire economie in de EU. Het actieplan richt zich op het bevorderen van circulaire productontwerpen en productieprocessen, het versterken van inzamel- en recyclingbeleid en circulariteit te realiseren binnen zeven waardeketens waaronder o.a. batterijen en voertuigen, elektronica en ICT en kunststoffen. Met dit actieplan als basis heeft de Europese Commissie meerdere maatregelen, waaronder de batterijenverordening (zie hieronder) uitgebracht.¹⁸

Ecodesign for Sustainable Products Regulation

In juli 2024 is een EU Verordening (2024/1781) in werking getreden. Dit betreft een staand en normerend beleidsinitiatief. De Verordening omschrijft een kader waarin vereisten op het gebied van ecologisch ontwerp voor duurzame producten zijn vastgesteld. Deze verordening vervangt de eerdere Eco-design richtlijn (2009/125/EG). Het doel van de Verordening is om duurzaamheid, de energieprestatie en circulariteit van producten in de EU-markt te verhogen. Deze verordening maakt het stellen van ontwerpisen met betrekking tot prestatie en informatievoorziening voor bijna alle fysieke productcategorieën mogelijk. De verwachting is dan ook dat deze verordening in de toekomst geleidelijk wordt ingevuld door concrete maatregelen en eisen.¹⁹

Critical Raw Materials Act

In mei 2024 heeft de EU 34 grondstoffen die van belang zijn voor de ontwikkeling van groene technologie geïdentificeerd als strategisch, 17 hiervan zijn gemarkeerd als kritiek. Voor deze grondstoffen geldt staand en stimulerend beleid in de vorm van niet-bindende doelstelling om aan een minimaal aandeel van de vraag voor deze materialen in de EU binnen de EU zelf te voldoen. Ook zijn er doelstelling afgesproken om de mate van recycling van deze grondstoffen te verhogen en de afhankelijkheid voor de winning van deze grondstoffen buiten de EU te verlagen.²⁰

Samenhangend met de CRM Act zijn er strategische partnerschapsovereenkomsten ondertekend tussen de EU en andere landen.²¹ Deze hebben als doel om een duurzame en stabiele kritieke grondstoffenketen te verzekeren om daarmee voldoende voorraad te hebben voor het behalen van de digitale en groene ambities. Hiervan zijn de twee meest recente overeenkomsten:

- **Strategic partnership EU & Servië (2024).** Een Memorandum of Understanding (MoU) voor duurzame grondstoffen, batterij-waardeketens en elektrische voertuigen.²²
- **Strategic partnership EU & Australië (2024).** Een MoU voor duurzame kritische en strategische mineralen.²³

¹⁸ Website Europees Parlement (maart 2024). *Hoe wil de EU uiterlijk in 2050 een circulaire economie tot stand brengen?*

Beschikbaar via: [Link](#)

¹⁹ Website European Commission (n.d.). *Ecodesign for Sustainable Products Regulation*. Beschikbaar via: [Link](#)

²⁰ Baker McKenzie (mei 2024). *Europe: The EU's Critical Raw Materials Act enters into force*. Beschikbaar via: [Link](#)

²¹ European Commission Press release (April 2024). *EU establishes strategic partnership with Uzbekistan on critical raw materials*. Beschikbaar via: [Link](#)

²² Directorate-General for Neighbourhood and Enlargement Negotiations van de Europese Commissie (juli 2024). *EU and Serbia sign strategic partnership on sustainable raw materials, battery value chains and electric vehicles*. Beschikbaar via: [Link](#)

²³ European Commission Press release (mei 2024). *EU and Australia sign partnership on sustainable critical and strategic materials*. Beschikbaar via: [Link](#)

3.2.2 Europese (beleids)initiatieven specifiek voor windturbines, zon-PV en batterijen

Deze paragraaf geeft inzicht in initiatieven die gericht zijn op de drie producten windturbines, zon-PV en batterijen. De windenergie sector kent binnen Europa meerdere vormen van samenwerking die zich inzetten op duurzame recycling en circulariteit binnen de keten. Deze samenwerkingen agenderen beleid om de keten van windturbines te verduurzamen:

- **Decom Mission (eerder bekend als Decom North Sea)**. Dit is een onafhankelijke en internationale brancheorganisatie gericht op duurzame ontmanteling en hergebruik in de energiesector, waaronder offshore en onshore windturbines. Zij bieden marktkennis, ervaring en connecties op het gebied van waardeketens en wetgeving.²⁴
- **North Sea Energy Cooperation (NSEC)**. Dit is een samenwerkingsverband tussen negen EU-lidstaten en Noordzeelanden en de Europese Commissie. Deze organisatie heeft als doel om de samenwerking en kosteneffectiviteit van hernieuwbare offshore (wind)energie op de Noordzee te bevorderen.²⁵ De gezamenlijk ambities worden verwoord in de *Actie agenda 2023-2024*. Hierin wordt bijvoorbeeld circulariteit vermeld als mogelijke kwalitatieve criteria bij veilingen.²⁶
- **WindEurope**. Dit is een vereniging voor de windenergie waarbij het bevorderen van duurzaamheid en circulariteit in de windenergie keten centraal staat. WindEurope heeft in een position paper een visie op het circulair maken van windturbine bladen uiteengezet. Hierin vragen ze om een Europees verbod voor 2025 op het storten van afgedankte windturbinebladen. Ook geven ze suggesties voor toekomstig beleid en benodigde samenwerkingsvormen om windturbinebladen volledig recyclebaar te maken.²⁷
- Daarnaast bestaat er een openbaar platform, genaamd **ETIPWind**, gericht op alle belanghebbenden in de windenergiesector om samenwerking te bevorderen op het gebied van onderzoek en innovatie.²⁸ Ook wordt vanuit het EU Horizon programma het onderzoeksproject **REWIND** gefinancierd. Deze richt zich op nieuwe technieken en technologie voor het ontmantelen en recyclen van windturbinebladen.²⁹

WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment). De EU heeft staand normerend beleid in de vorm van een Richtlijn (2012/19/EU) met maatregelen om de groei in E-waste tegen te gaan. Hiermee worden producenten van elektrische en elektronische apparatuur, inclusief zon-PV, verplicht om afgedankte producten in te zamelen en te recyclen. Ook bevat de richtlijn verplichte inzameldoelen en recyclingpercentages, en maatregelen ter bevordering van hergebruik en verwerking van waardevolle materialen. Momenteel wordt de richtlijn geëvalueerd op de huidige doeltreffendheid.³⁰

EU Batterijenverordening (2023/1542). Deze verordening is, als één van de instrumenten vanuit de Green Deal, in juli 2023 door de Europese Commissie aangenomen ter vervanging van de eerdere batterijenrichtlijn (Richtlijn 2006/66/EG). De nieuwe verordening geldt sinds februari 2024 en stelt eisen, streefcijfers, doelstellingen en verplichtingen voor de gehele levenscyclus van alle batterijen (van ontwerp en productie tot recycling en hergebruik). Zo bevat deze verordening prestatie-, duurzaamheids- en veiligheidscriteria en strenge

²⁴ Website Decom Mission (n.d.). *Where we work*. Beschikbaar via: [Link](#)

²⁵ Website European Commission (n.d.). *The North Seas Energy Cooperation*. Beschikbaar via: [Link](#)

²⁶ North Seas Energy Cooperation (September 2022). *North Seas Energy Cooperation Action Agenda 2023-2024*. Beschikbaar via: [Link](#)

²⁷ Windeurope (november 2020). *How to build a circular economy for wind turbine blades through policy and partnerships*. Beschikbaar via: [Link](#)

²⁸ Website ETIP Wind (n.d.). *About*. Beschikbaar via: [Link](#)

²⁹ Website REWIND Project (n.d.). Beschikbaar via: [Link](#)

³⁰ Website European Commission (n.d.). *Waste from Electrical and Electronic Equipment (WEEE)*. Beschikbaar via: [Link](#)

beperkingen voor gevaarlijke stoffen in batterijen. Ook stelt de verordening aanvullende eisen op het gebied van etikettering en informatievoorziening, een digitale 'batterijpaspoort' en QR-code.³¹ Het [batterijpaspoort](#) gaat vanaf 18 februari 2027 in en bevat informatie over het batterijmodel en specifieke informatie over de afzonderlijke batterij. Dit paspoort zal gelden voor batterijen voor lichte vervoermiddelen, industriële batterijen met een capaciteit van meer dan 2kWh en batterijen voor elektrische voertuigen.

Verder bestaat er een samenwerkingsverband, genaamd [European Battery Alliance \(EBA\)](#), tussen Europese Commissie, de industrie en kennisinstellingen om de batterijproductie in EU en het recyclen hiervan te versterken en verduurzamen.³² Ook is er een Europees onderzoeksinitiatief, [Battery 2030+](#), voor duurzame en innovatieve (recycling)technologieën van batterijen.³³

3.2.3 Europese subsidie- en financieringsprogramma's

De EU heeft meerdere financieringsprogramma's met betrekking tot de stimulering van circulaire initiatieven. Eén van deze programma's is [Horizon Europe \(Cluster 6\)](#), een onderzoeks- en innovatieprogramma dat projecten financiert die bijdragen aan de circulaire economie. Hieronder valt nieuwe technologieën voor recycling en hergebruik van zon-PV, windturbines en batterijen. Verdere relevante financieringsprogramma vanuit de 2021-2027 Multiannual Financial Framework (MMF) van de EU zijn³⁴:

- InvestEU
- Connecting Europe Facility
- European Regional Development Fund
- European Agricultural Fund for Regional Development
- Cohesion Fund
- European Maritime, Fisheries and Aquaculture Fund
- Programme for Environment and Climate Action (LIFE)
- Just Transition Fund
- Recovery and Resilience Facility

3.3 Conclusies en bevindingen

Er is veel relevant Nederlands en Europees beleid dat de algehele klimaat- en circulaire doelstellingen ondersteunt. Zon-PV en batterijen kennen daarbij normerende wet- en regelgeving, vastgelegd in Europese Verordeningen en via een UPV uitgewerkt in Nederlands beleid. Alle producten kennen tevens een breed palet aan stimuleringsmaatregelen (onderzoeksfondsen en subsidies), samenwerkingsverbanden en kennisplatforms. Specifieke beleidsinstrumenten die circulariteit in deze producten stimuleren of verplichten ontbreken vooralsnog. Er zijn wel initiatieven aangekondigd (o.a. circulaire kwalitatieve randvoorwaarde in tenders Windenergiegebied IJmuiden Ver), maar zijn veelal nog onvoldoende uitgewerkt.

Aanvullend beleid kan gebruik maken van deze kapstok, maar dient ook gegrond te worden in andere domeinen. Een integrale blik op de maatschappelijke impact van beleid is daarom cruciaal. Hoewel beleid voor klimaat en circulariteit beide van belang zijn voor de producten lopen de doelstellingen en ambities uiteen. Het is daarom van belang dat aankomende beleidsinitiatieven deze ambities meer harmoniseren, dit bespreken we in Hoofdstuk 4.

³¹ Europese Commissie, EU Batterijverordening: [Link](#).

³² Website EBA2050 (n.d.). *About EBA2050*. Beschikbaar via: [Link](#)

³³ Website Battery 2030+ (n.d.). *About us*. Beschikbaar via: [Link](#)

³⁴ Website European Commission (n.d.). *EU funding programmes*. Beschikbaar via: [Link](#)

4 Knelpunten en oplossingsrichtingen

In dit hoofdstuk gaan we dieper in op mogelijke beleidsinstrumenten die de circulaire transitie van de productgroep kunnen versnellen. Het uitgangspunt van deze analyse zijn de geïdentificeerde aangrijpingspunten voor beleid in de PGA-studie. De aangrijpingspunten zijn tot stand gekomen naar aanleiding van drie analyses:

1. Een MIS analyse ter identificatie van kansen en belemmeringen in de transitie naar een circulaire economie;
2. Een analyse naar circulaire oplossingen vanuit technisch en ontwerpmatig perspectief;
3. Scenario-ontwikkeling om het effect van de voorgestelde circulaire oplossingsroute te bepalen.

Hieronder beschrijven wij overkoepelende en product gerelateerde knelpunten en oplossingsrichtingen voor de transitie naar circulaire hernieuwbare energie. Hieruit volgt een overzicht van mogelijke kansrijke beleidsinstrumenten die op effectieve wijze de knelpunten kunnen verhelpen en de circulaire transitie kunnen bevorderen.

4.1 Overkoepelende kenmerken en beleidsinstrumenten

De productgroep HE-technologieën kent drie producten met allemaal een ander karakter. Zo verschillen de (afhankelijkheid) van productieketens, grondstoffen, installatie en exploitatie en levensduur aanzienlijk. Toch zijn er factoren die raken aan alle drie de producten. Hieronder worden overkoepelende knelpunten en mogelijke beleidsinstrumenten beschreven.

4.1.1 *Overkoepelende knelpunten*

De ambitie om meer duurzame energie op te wekken is vooralsnog dominant geweest over de ambitie minder grondstoffen en producten te gebruiken. De doelstellingen die nu zijn verankerd in wet- en regelgeving legt de nadruk op het [zo efficiënt mogelijk ombouwen van het energiesysteem tegen de laagste kosten](#). Dit levert immers de snelste CO₂-reductie op, tegen zo laag mogelijk kosten. Deze nadruk op levelised cost of electricity (LCOE) zorgt ervoor dat innovaties voornamelijk zijn gericht op het verlagen van de kosten van hernieuwbare energie.

Vandaag de dag zijn innovaties en beleid voornamelijk gericht op opschaling en optimalisatie van de productie van hernieuwbare energie. [Kostenbesparingen en procesoptimalisatie kunnen daarmee een nadelig effect hebben op circulariteit](#). Het stimuleren van circulair ontwerpen, levensverlengende maatregelen en het hergebruiken en recycleren van materialen die vrijkomen aan het einde van de levensduur van de producten is hierin nog altijd ondergeschikt. De aanpassing van bestaande of toevoeging van nieuwe beleidsinstrumenten moet er dan ook op gericht zijn om innovatie en investeringen meer richting circulariteit te bewegen en de impact over de gehele levensduur van de producten in acht nemen. De energietransitie, die nu in volle gang is en op het punt staat verder opgeschaald te worden kan daardoor direct circulair ingestoken worden. Dit levert op de lange termijn een win-win situatie op wanneer de levensduur van de producten optimaal benut wordt.

Voor alle drie de producten geldt tevens ze voor de technologische levensduur worden afgeschreven en vervangen door nieuwe producten. Dit komt enerzijds door de nadruk op LCOE, maar ook door belemmeringen van wet- en regelgeving. Zo is de [vergunningsduur vaak korter dan de technologische/economische levensduur](#), waardoor levensduur verlengende maatregelen zoals reparatie en vervanging van onderdelen minder interessant zijn. Overigens geldt dit in verschillende mate voor de producten.

Er is nog [nauwelijks voldoende capaciteit voor hoogwaardige verwerking](#)³⁵, vooral niet voor de verwerking en terugwinning van kritieke grondstoffen. Verwerkers zien veelal nog geen business case om producten(onderdelen) te hergebruiken of grondstoffen te herwinnen naar einde levensduur. Recyclingtechnieken zijn niet nog niet volledig uitontwikkeld, de kosten voor verwerking zijn hoog en er is nog onduidelijkheid over de afzetmarkt van herwonnen grondstoffen. Producten zijn niet ontworpen op recyclebaarheid (door o.a. verlijming, gebruik van ZZS, PFAS), waardoor recycling te complex en te duur is. Hierdoor worden de producten door de shredder gehaald, verbrand of begraven. Op termijn moet er ingezet worden op de verwerking van reeds bestaande windturbines, zon-PV en batterijen. Op de korte termijn moet ingezet worden op circulair ontwerp en levensduurverlenging om een groeiende afvalberg te voorkomen.

[Er is slecht zicht op materialen in, ontwerp en assemblage van de producten](#). Data ontbreekt en dit bemoeilijkt verwerking, levensduurverlenging en zicht op ZZS. De winning van grondstoffen en productie van de producten (of componenten) vindt grotendeels plaats buiten de EU. De keten is niet transparant en dit maakt het moeilijker om met enkel Nederlands beleid verandering te bewerkstelligen. EU beleid is hier cruciaal om meer zicht te krijgen op de waardeketens en om deze (gedeeltelijk) naar Europa te halen.

De geformuleerde ambitie om in Nederland in 2050 een circulaire economie te hebben biedt onvoldoende houvast voor concrete beleidsinitiatieven en veranderingen van huidige ketens. Het is noodzakelijk om met marktpartijen, overheden en kennisinstellingen sectorale roadmaps op te stellen richting 2050. Hierin moeten haalbare innovaties en ambitieuze tussendoelstellingen geformuleerd worden, om beleidsinstrumenten hierop af te stemmen.

4.1.2 *Mogelijke beleidsinstrumenten*

Het is van belang op korte termijn concrete sectorale ambities en tussendoelstellingen te formuleren. Sluit hierbij aan op EU-doelstellingen en beleid (zoals targets in de CRM Act) en lopende trajecten met de Nederlandse industrie. Beleid kan hier dan op afgestemd worden:

- Stel een afwegingskader op tussen de energetische doelstellingen en die van circulariteit, bijvoorbeeld bij de plaatsing en vervanging van wind- of zonneparken.
- Draag actief bij aan marktvorming door circulaire criteria op te nemen in aanbestedingen, exploitatie en vergunningverlening. Dit creëert een vraag naar circulaire innovaties en koppelt de circulaire doelen aan investeringen die vrijkomen uit de klimaat- en energiedoelen.

³⁵ We hanteren dezelfde definitie van hoogwaardige verwerking uit het conceptuele raamwerk van de PGA-studie. Dat houdt in dat materialen verwerkt worden tot een nieuw product van dezelfde (hoogwaardige) of, indien niet mogelijk, mindere (laagwaardige) kwaliteit, of primaire grondstoffen vervangen worden door andere materialen waardoor materialen makkelijker hoogwaardig zouden kunnen worden gerecycled.

- Mede door innovatie is de kostprijs van de productgroep sterk gedaald in de afgelopen jaren en is stimulering minder noodzakelijk. Er is echter weinig stimulans voor circulaire toepassingen. Herzie het huidige subsidiepakket en voeg circulaire criteria toe of scherp deze aan. Leer daarbij van de ervaringen waar dit al wordt toegepast, zoals de MIA en de Vamil.
- Nederland heeft door haar ligging en investeringsklimaat een interessante uitgangspositie om closed loop verwerking op te tuigen. Met name verwerking en terugwinning van kritieke grondstoffen zal een belangrijk competitief voordeel opleveren voor de toekomstige industrie. Omgevingsplannen, financierings- en belastingafspraken en kennisontwikkeling kunnen ingezet worden om deze bedrijvigheid naar Nederland te halen.
- Huidig beleid (zoals de definiëring van afval en aansprakelijkheid) maakt producenten huiverig producten te hergebruiken aan het einde van de levensduur. Het is van belang duidelijkheid te scheppen rondom eigenaarschap, aansprakelijkheid en garantie van refurbished, hergebruikte of gerecyclede producten. Veiligheidsnormen en kwaliteitsstandaarden moeten herzien worden om circulariteit te stimuleren. Deze problematiek speelt ook bij andere productgroepen, zoals bijvoorbeeld voedselverpakkingen of medische instrumenten.

4.2 Kenmerken en beleidsinstrumenten voor windturbines

Het Klimaatakkoord stelt dat windenergie, met name wind op zee, een aanzienlijk deel van de energiemix zal uitmaken om de beoogde vermindering van de CO₂-uitstoot. In 2030 wordt verwacht dat wind op zee alleen al goed zal zijn voor 40% van de elektriciteitsproductie in Nederland. Tevens spelen Nederlandse bedrijven zoals Boskalis en Van Oord een grote rol in de installatie van wind op zee voor Nederland, maar ook in het internationale speelveld. De komende jaren zullen veel nieuwe windparken geïnstalleerd worden (van circa 10,7 GW opgesteld vermogen in 2023 naar 21 GW in 2030). Dit zal veel extra grondstoffen vereisen.

Daarnaast komen er aan het einde van de levensduur van een windpark ook veel materialen vrij, die op dit moment nog niet optimaal hergebruikt, gerepareerd of gerecycled worden. Uitgaande dat de technische levensduur van windturbines naar 60 jaar gebracht kan worden zijn de gevolgen hiervan dus pas ver in de toekomst merkbaar. Er moeten echter nu interventies genomen worden om te anticiperen op deze vrijkomende stroom materialen en circulariteit over de gehele levensfase te vergroten.

4.2.1 Kenmerken en knelpunten

Hieronder noemen we enkele belangrijke kenmerken van windturbines uit de PGA-studie, aangevuld met kenmerken van de waardeketen. Deze kenmerken zijn onderliggend aan de belangrijkste knelpunten in de circulaire transitie van windturbines. Beleidsinstrumenten dienen daarom in te grijpen op deze knelpunten om de circulariteit te bevorderen.

Winning van grondstoffen: De grondstofwinning en verwerking van kritieke grondstoffen voor windturbines worden gedomineerd door China. Windturbinebladen en funderingen worden op de installatielocatie (of zo dicht mogelijk bij) geproduceerd vanwege de benodigde ruimte en transportcapaciteit. Zowel Nederland als andere EU-landen als Duitsland, Italië en Frankrijk

hebben aanzienlijke productiecapaciteit voor torens en turbines. Nederland is echter sterk afhankelijk van landen buiten de EU voor componenten in de nacelle (generator).

Innovaties zijn gericht op energie-efficiëntie en niet op materiaal-efficiëntie: De nadruk op de levelised cost of electricity (LCOE) leidt ertoe dat er voornamelijk geïnoveerd wordt op het gebied van energie-efficiëntie of het zo efficiënt mogelijk produceren van onderdelen, maar niet op het verminderen van primair materiaalgebruik, hergebruik of levensduurverlenging. Windturbines worden zodoende steeds groter. Het vervangen van windturbineparken door grotere turbines vereist namelijk steeds grotere infrastructuur, zoals grotere kranen, schepen, productiehallen en machines. Dit vraagt grote investeringen, die moeilijk terug te verdienen zijn in de beperkte tijd voordat nieuwe infrastructuur alweer nodig is. Standaardisatie van het ontwerp is essentieel met het oog op de circulaire doelen³⁶.

Niet alle onderdelen van windturbines zijn even goed te repareren, hergebruiken of recycleren: Windturbines bestaan grofweg uit vier onderdelen met verschillende recyclebaarheidsniveaus en levensduur. Er zijn reeds initiatieven voor reparatie, hergebruik en recycling van de torens (stalen constructies) en onderdelen uit de generator (nacelle). Dit geldt echter niet voor de funderingen en de windturbinebladen.

- De funderingen worden vaak op locatie gerealiseerd en gaan ongeveer 100 jaar mee, dubbel zo lang als de windturbines zelf. Het verwijderen van de funderingen veroorzaakt ondergronds momenteel veel schade, waardoor deze vaak -veel eerder dan het einde van hun levensduur – worden achtergelaten in de grond.
- De turbinebladen zijn gemaakt van composietmaterialen, zoals glasvezel en harsen, en moeten ongeveer om de 30 jaar worden vervangen. Doordat de materialen niet meer te scheiden zijn is reparatie of hoogwaardige recycling een grote uitdaging waarbij ook hoge kosten gemoeid zijn. Het Landelijke Afval Plan (LAP3) stelt dat storten en verbranden van composieten verboden is tenzij alternatieve verwerking duurder is dan €200/ton. Recycling van turbinebladen kost €1200,- tot €1500,- per ton. Daarnaast zijn recyclebare bladen momenteel driemaal duurder dan reguliere bladen. Zowel voor recyclers als voor windturbineparkbouwers is er momenteel geen gezonde business case.

4.2.2 Mogelijke beleidsinstrumenten

Per product is onderzocht welk type beleidsinstrumenten effectief kunnen zijn om de verschillende knelpunten op te lossen. In een transitie naar een circulaire economie zal er altijd een combinatie (clustering) van beleidsinstrumenten ingezet moeten worden, gericht op meerdere schakels in de keten of onderdelen van de productgroep. Beleidsinterventies die zijn benoemd door actoren in de MIS-analyse zijn met oog op op effectiviteit, uitvoerbaarheid en prioriteit vertaald naar beleidsinstrumenten. We beschouwen onderstaande potentiële interventies als meest kansrijk op basis van bestaande en aangekondigde beleidskaders, impact van de interventie (gebaseerd op de uitkomsten van de PGA-studie) en de invloed die Nederland heeft op de (waardketen van de) productgroep.

³⁶ De PGA-studie gaat in het circulaire grondstoffen scenario uit van een standaard tiphoogte van offshore windturbines van 120m na 2030. Dit draagt bij aan een reductie van 30% in het verlies van materialen voor windturbines.

Tabel 4.1 Overzicht mogelijke beleidsinterventies voor de productgroep windturbines

Beleidsinterventie	Type	Niveau	Keten-schakel	Circulaire strategie
Vergunnings- en exploitatiebeleid verlengen	Normerend	NL	Exploitatie	Re-use
Circulaire criteria opnemen in aanbestedingen	Normerend	NL	Ontwerp	Rethink
Circulaire criteria opnemen in subsidiemechanismen	Stimulerend	NL	Ontwerp	Rethink
LAP3 aanpassen	Normerend	NL	Einde levensduur	Recycle
Activeer en informeer recyclers	Stimulerend	EU	Ontwerp	Re-use
Overheden ondersteunen in opstellen omgevingsplan	Normerend	NL	Exploitatie	Rethink
Stimuleer technische innovaties	Stimulerend	EU	Ontwerp	Rethink

Om de belangrijkste knelpunten in een circulaire transitie van windturbines op te lossen is het van belang dat een combinatie van beleidsinstrumenten ingezet wordt. Wij concluderen dat beleidsinterventies gericht moeten zijn op drie doelen, die hieronder zijn toegelicht.

Economisch rendement van windturbines vergroten

Innovaties in windturbines zijn gericht op het verlagen van de kosten van de opwek van hernieuwbare elektriciteit. Om de circulariteit van windturbines te vergroten is het echter van belang dat innovaties zich richten op het vergroten van de materiaalefficiëntie en verlengen van de levensduur. Circulair ontwerp is echter nog duurder en moet daarom gestimuleerd worden middels beleidsinterventies. Het vergroten van het economisch rendement van windturbines kan de innovaties gericht op het verbeteren van de materiaalefficiëntie stimuleren. Hierdoor kan de maatschappelijke impact over de gehele levensduur van windturbines beter bekostigd worden. Hiervoor zien wij de volgende beleidsinterventies als haalbaar en uitvoerbaar, mede door draagvlak uit het veld:

- **Versterk het innovatief ecosysteem** om technische verbeteringen te stimuleren. Met name technische innovaties die de levensduur van monopiles en turbinebladen kunnen verlengen en/of reparatie en vervanging te vergemakkelijken (losmaakbaarheid). Aangezien de productie van onderdelen van windturbines grotendeels in Nederland plaatsvindt, kan kennis en kunde hier opgebouwd worden. Maak hierbij gebruik van bestaande subsidieregelingen (zie sectie 3.1.3).
- **Onderzoek de mogelijkheden voor verlenging van vergunningen en exploitatierecht.** Door vergunningen en exploitatierechten te verlengen kan de economische levensduur van windturbines dichterbij de technische levensduur gebracht worden. Verlenging stimuleert exploitanten om (duurder) circulair ontwerp toe te passen en langer reparaties uit te voeren over de levensduur van de turbine. De omgevingswet stelt dat (nieuwe) omgevingsplannen en projectbesluiten hier voor een deel op toezien en dus relevant zijn voor bestaande en nieuwe windturbineparken. Het is bij herziening van belang een doorkijk te geven naar 2040, 2050 en verder, om verlengde exploitatie van windpark mogelijk te maken. Gemeenten hebben tot 2032 de tijd om deze plannen integraal te herzien. Het Rijk is bevoegd gezag voor windparken op zee.

- **Neem circulaire criteria op in stimuleringsmechanismen.** In het Klimaatakkoord is afgesproken dat een van de belangrijkste subsidieregelingen ter bevordering van de productie van hernieuwbare energie, de SDE++, per 2025 ophoudt te bestaan. De regeling zal worden vervangen door Contracts for Difference (CfD's) waarbij partijen een vaste elektriciteitsprijs afspreken. Het opnemen van circulaire criteria, zoals ontwerp, reparatie, hergebruik of afspraken rond het einde van de levensduur stimuleert circulariteit.
- **Neem circulaire criteria op in toekomstige aanbestedingen,** met name voor wind op zee. Denk bijvoorbeeld aan een garantie dat de fundering voor een tweede cyclus gebruikt kan worden, of een UPV voor verwerking van andere componenten van de turbine³⁷. Hierdoor wordt circulair ontwerp gestimuleerd en kan geëxperimenteerd worden met innovaties. Stel daarbij een evaluatiemoment in naar de technische stand van zaken van windturbines, zodat criteria in de toekomst aangescherpt kunnen worden. Vanuit circulair perspectief is het relevant om de 'North Sea Standard' te heroverwegen in aanbestedingen.³⁸

Hoogwaardige verwerking van onderdelen van windturbines vergroten

Een belangrijk knelpunt van windturbines is de beperkte hoogwaardige verwerking van onderdelen. Dit heeft voornamelijk economische oorzaken, de kosten voor recycling zijn te hoog, waardoor bijvoorbeeld bladen worden opgeslagen. Het verbeteren van het economisch rendement helpt, omdat de kosten van verwerking beter gedragen kunnen worden bij een langere terugverdiensijd. Tegelijkertijd moet er worden ingezet op vergrote en efficiëntere verwerkingscapaciteit. Hiervoor zien wij de volgende beleidsinterventies als haalbaar en uitvoerbaar, mede door draagvlak uit het veld:

- **Pas het LAP3 aan voor de productgroep windturbines.** Het is relevant om de drempel voor het verbranden van composiet te verhogen. Dit verkleint het verschil met de huidige kosten en kan innovatie en efficiëntie stimuleren doordat op termijn een grotere stroom bladen ontstaat. Daarnaast is het relevant de afvalstatus van onderdelen van windturbines aan te passen om meer zekerheid te creëren voor hergebruik in andere toepassingen.
- **Activeer en informeer recyclers.** Creëer bewustzijn onder deze partijen over de verwachte toekomstige stroom aan te recyclen onderdelen van windturbines. Grootschaligere recyclingcapaciteit kan de kostprijs van recycling verlagen door een hogere efficiëntie. Een productpaspoort kan recyclers helpen waardevolle reststromen te identificeren.

Functionele levensduur van funderingen maximaliseren

Funderingen zijn het onderdeel van windturbines die niet vervangen kunnen worden. Het is daarom cruciaal dat de functionele levensduur gemaximaliseerd wordt en een tweede exploitatie van turbines mogelijk wordt. Hiervoor zien wij de volgende beleidsinterventies als haalbaar en uitvoerbaar, mede door draagvlak uit het veld:

- **Stimuleer technische innovaties** om materiaalgebruik van funderingen te verminderen en de levensduur te verlengen. Maak gebruik van bestaande stimuleringsmaatregelen (zie o.a. sectie 3.1.3).

³⁷ Zie bijvoorbeeld ook resultaten van de Buyer Group Circulaire windparken op land ([link](#))

³⁸ North Sea Standard. NedZero, de branchevereniging voor windenergie in Nederland heeft een voorstel gedaan voor Europese standaardisatie van windturbinedimensies, genaamd de 'North Sea Standard'. Hierbij stellen ze voor om voor een periode van (minimaal) 10 jaar een standaard afmeting van windturbines vast te zetten met een maximale tiphoogte van 1.000 voet en daarbij een tipafstand van 25 meter boven zeewater. In een kamerbrief uit 31 mei 2024 geeft de Minister Jetten (Klimaat en Energie) aan het vraagstuk over standaardisatie van windturbinedimensies te hebben verkend middels gesprekken met de windenergiesector en buurlanden, en consultatie van de North Sea Standard voorstel van NedZero. Aan de hand hiervan geeft hij aan momenteel de standaardisatie van windturbinedimensies niet wenselijk te achten. Daarbij schrijft hij dat de windenergiesector zelf wel vrij is in de keuze om de standaard toe te passen en dat hij de ontwikkeling op dit onderwerp blijft volgen en bespreken met de medeleden van de NSEC.

- **Ondersteun het bevoegd gezag in het uitwerken van projectbesluiten en omgevingsplannen.** Het is van belang dat er duidelijkheid wordt geschept over het eigenaarschap van de fundering gedurende de levensduur en welke afspraken er worden gemaakt na het einde van de levensduur van funderingen. Experimenteer met andere economische activiteiten na einde levensduur voor funderingen op zee zoals het plaatsen van mosselbanken of productie van zeewier of natuurbevordering door de groei van koraal om andere toepassingen van funderingen te bevorderen.

4.3 Kenmerken en beleidsinstrumenten voor zon-PV

Zon-PV bestaan uit PV-panelen, omvormers, installatie-elektronica en de bevestigingsconstructie. In de elektriciteitsmix zullen zon-PV volgens energiescenario's 30% gaan vervullen, waardoor het innovatiebeleid zich richt op het opschalen van het aantal zon-PV in Nederland. Er wordt hierin onderscheid gemaakt tussen zon-PV op particuliere daken en zonneparken voor grootschalige energieopwekking.

4.3.1 Kenmerken en knelpunten

Hieronder noemen we enkele belangrijke kenmerken van zon-PV uit de PGA-studie, aangevuld met kenmerken van de waardeketen. Deze kenmerken zijn onderliggend aan de belangrijkste knelpunten in de circulaire transitie van zon-PV. Beleidsinstrumenten dienen daarom in te grijpen op deze knelpunten om de circulariteit te bevorderen.

Winning van grondstoffen: Nederland en Europa zijn zowel voor de winning van kritieke grondstoffen voor zon-PV, zoals silicium, aluminium en zilver, als de productie van (elementen van) de zon-PV afhankelijk van landen buiten de EU, waarbij China de markt met betrekking tot de winning en verwerking van grondstoffen voornamelijk domineert. Naast China wordt silicium gewonnen in onder andere Australië en Zuid-Afrika.

Leveringszekerheid van producten: Het grootste gedeelte van de wereldwijde productie van zon-PV vindt plaats in China, zoals de PV-panelen en omvormers, evenals andere landen zoals Taiwan, Verenigde Staten en India. In Europa zijn Duitsland, Frankrijk en Italië de grootste producenten van omvormers en PV-panelen (zie paragraaf 2.2. en 2.3). Het grote verschil tussen Europa en China is dat Europa haar consumenten subsidieert voor de aanschaf van zon-PV, terwijl China de nationale industrie subsidieert om goedkopere productie van zon-PV te stimuleren. Dit heeft ertoe geleid dat Europese producenten niet kunnen concurreren met de goedkope zon-PV uit China, waardoor de productieketen van PV-panelen in de laatste jaren grotendeels naar China is verhuisd.

Zon-PV **zijn nagenoeg niet te repareren, hergebruiken of recyclen:** De nadruk op levelised cost of electricity (LCOE) heeft geleid tot een aanzienlijke verbetering in de energie-efficiëntie van zon-PV, maar heeft nadelige gevolgen voor de materiaalefficiëntie. Innovaties zijn in het verleden voornamelijk gericht op prestatieverbetering en niet op circulariteit, wat leidt tot het gebruik van toxische stoffen en verlijmde onderdelen die reparatie of recycling bemoeilijken. Er zijn echter initiatieven die zich richten op levensduurverlenging van zon-PV door middel van leasecontracten of marktplaatsen voor tweedehands panelen.

Zon-PV **worden vroegtijdig afgedankt:** zon-PV worden vaak vroegtijdig vervangen door efficiëntere modellen, terwijl de afgedankte panelen nog 80% van hun originele capaciteit behouden. Hergebruik is dan niet wenselijk vanwege efficiëntieoverwegingen. Volgens de

Europese WEEE-richtlijn moet 65% van de elektrische en elektronische apparaten bij afhandeling worden ingezameld en verwerkt. De stroom met afgedankte zon-PV is momenteel lager dan de put-on-market doelstelling, waardoor zon-PV momenteel nog zijn uitgesloten van deze verplichting. Het experimenteren met effectieve inzamelingslogistiek om de stroom afgedankte zon-PV te vergroten of het herzien van de uitsluiting van zon-PV uit de WEEE-richtlijn kan ervoor zorgen dat afgedankte zon-PV niet verloren gaan.

Europese wetgeving: De Europese Unie speelt een belangrijke rol in het reguleren van de markt voor zon-PV en het stimuleren van de energietransitie. Europese richtlijnen, zoals de WEEE-richtlijn voor recycling, beïnvloeden de manier waarop Nederland omgaat met de installatie en afvoer van zon-PV. Er zijn echter (nog) geen officiële circulaire economie-doelen (naast recycling) die richting geven aan de sector. Om minder afhankelijk te zijn van externe leveranciers, wordt er op EU-niveau ingezet op beleid voor het opzetten van een lokale(re) keten en innovaties om de prestaties van zon-PV te verbeteren, zoals de Eco-design richtlijn, Eco/energielabel en CENELC-reuse standaard).

4.3.2 Mogelijke beleidsinstrumenten

Per product is onderzocht welk type beleidsinstrumenten effectief kunnen zijn om de verschillende knelpunten op te lossen. In een transitie naar een circulaire economie zal er altijd een combinatie (clustering) van beleidsinstrumenten ingezet moeten worden, gericht op meerdere schakels in de keten of onderdelen van de productgroep. Beleidsinterventies die zijn benoemd door actoren in de MIS-analyse zijn met oog op op effectiviteit, uitvoerbaarheid en prioriteit vertaald naar beleidsinstrumenten. We beschouwen onderstaande potentiële interventies als meest kansrijk op basis van bestaande en aangekondigde beleidskaders, impact van de interventie (gebaseerd op de uitkomsten van de PGA-studie) en de invloed die Nederland heeft op de (waardketen van de) productgroep.

Tabel 4.2 Overzicht mogelijke beleidsinterventies voor de productgroep zon-PV

Beleidsinterventie	Type	Niveau	Keten-schakel	Circulaire strategie
Stimuleer circulair ontwerp	Stimulerend	EU	Ontwerp	Rethink
Scherp inkoopcriteria en/of aanbestedingen aan	Normerend	NL	Ontwerp	Rethink
Zet pilotprojecten op met een vergunningsperiode van 2 cycli	Normerend	NL	Exploitatie	Rethink
Neem circulaire criteria op in stimuleringsmaatregelen	Stimulerend	NL	Ontwerp	Rethink
Stimuleer hergebruik van zon-PV in binnen- en buitenland	Stimulerend	NL	Exploitatie	Re-use
Stimuleer technische innovaties die recycling en terugwinning van grondstoffen verbeteren	Stimulerend	EU	Einde levensduur	Recycle
Verstreng wettelijke vereisten voor de einde levensduur van zon-PV	Normerend	NL	Einde levensduur	Recycle

Om de belangrijkste knelpunten in een circulaire transitie van zon-PV op te lossen is het van belang dat een combinatie van beleidsinstrumenten ingezet wordt gericht op drie doelen, die hieronder zijn toegelicht.

Circulariteit van nieuw geproduceerde zon-PV verbeteren

Hoewel veruit de meeste zon-PV worden geïmporteerd uit China moet er worden ingezet op het verbeteren van de circulariteit van zon-PV. Die kan door bestaande productieketens te veranderen of nieuwe productieketens op te zetten en innovatie te stimuleren. Hiervoor zien we de volgende beleidsinterventies als haalbaar en uitvoerbaar:

- **Stimuleer circulair ontwerp via innovatietrajecten en pilotprojecten.** De Ecodesign-richtlijn biedt hiervoor een wettelijke verankering. Innovaties kunnen gestimuleerd worden via bestaande mechanismen (zoals het SolarNL programma van het Nationaal Groeifonds). Deze onderzoeken dienen zich te richten op technische innovaties die zorgen voor minder materiaalgebruik (zoals de toepassing van CIGS-panelen i.p.v. silicium), minder gebruik van zeer zorgwekkende stoffen (ZZS), hoogwaardige recycling en hergebruik middels losmaakbaarheid en repareerbaarheid en levensduurverlening van panelen.
- **Scherp inkoopcriteria en/of aanbestedingen aan.** Hierin kunnen onder andere criteria over een productpaspoort, Milieu-Kosten Indicatie (MKI), een reductie van ZZS en levensduurverlengende maatregelen opgenomen worden³⁹. Door actief vraag naar circulaire panelen te genereren kan (grootschalige) productie van circulaire zon-PV op Europees niveau gestimuleerd worden. Pleit hiervoor ook in Europa voor het stellen van circulaire eisen (zoals uitfasering ZZS, repareerbaarheid en losmaakbaarheid) op geïmporteerde zonnepanelen om een level-playing-field te garanderen en circulariteit in de waardeketen te forceren.

Levensduur van zon-PV verlengen

Zon-PV worden nu veelal vroegtijdig (voor het einde van de technische levensduur) vervangen door efficiëntere modellen. Verlenging van de levensduur of stimulatie van het opnieuw plaatsen van afgedankte (maar nog functionele) zon-PV verbetert de circulariteit van de keten. Om dit te stimuleren zien we de volgende beleidsinterventies als haalbaar en uitvoerbaar:

- **Zet pilotprojecten op met een vergunningsperiode van twee cycli (50-60 jaar)** in samenwerking met decentrale overheden. Experimenten met de verlenging van vergunningen en exploitatierecht (zoals dakhuur/grondrecht) kunnen de terugverdientijd van infrastructuur, technische innovaties en recycling van onderdelen vergroten. Overweeg woningcorporaties te verplichten zon-PV te plaatsen bij nieuwbouw en/of grootschalige renovatie.
- **Neem circulaire criteria op in stimuleringsmechanismen.** In het Klimaatakkoord is afgesproken dat een van de belangrijkste subsidieregelingen ter bevordering van de productie van hernieuwbare energie, de SDE++, per 2025 ophoudt te bestaan. De regeling zal worden vervangen door Contracts for Difference (CfD's) waarbij partijen een vaste elektriciteitsprijs afspreken. Het opnemen van circulaire criteria, zoals ontwerp, reparatie, hergebruik of afspraken rond het einde van de levensduur stimuleert circulariteit.
- **Stimuleer hergebruik van zon-PV in binnen- en buitenland.**⁴⁰ Tweedehands gebruik van zon-PV kan wegens lagere kosten interessant zijn op locaties in Nederland waar het potentieel of energiebehoefte lager is (of buiten Nederland waar de zonnestraling intensiever is). Dit is al mogelijk met de CENELEC-reuse standaard⁴¹. Overweeg een subsidie of financieringsregeling om tweedehands gebruik van zon-PV te stimuleren, bijvoorbeeld voor huishoudens met lage inkomens.

³⁹ Zie bijvoorbeeld ook resultaten van de Buyer Group Duurzame Zonnepanelen ([link](#))

⁴⁰ Zie hiervoor bijvoorbeeld het [Refurn](#) initiatief.

⁴¹ CENELEC, European Standards for Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). [Link](#)

Verdienmodel voor recycling zon-PV verbeteren

Naast het stimuleren van circulaire zon-PV komt er de komende decennia een grote stroom zon-PV vrij die niet hoogwaardig gerecycled kunnen worden. Om hoogwaardige recycling te stimuleren zien we de volgende beleidsinterventies als haalbaar en uitvoerbaar:

- **Stimuleer technische innovaties die recycling van zon-PV en terugwinning van grondstoffen verbeteren.** Hiervoor zijn onderzoeksprogramma's en subsidiëring voor innovaties in de recycling van zon-PV nodig. Maak gebruik van bestaande subsidiemechanismen om hoogwaardige recycling te stimuleren, bijvoorbeeld via de *subsidieregeling duurzame ketenprojecten*.
- **Verstreng wettelijke vereisten voor de einde levensduur van zon-PV.** Overweeg hiervoor het gedoogbeleid voor zon-PV binnen de WEEE terug te draaien. Daarnaast is het relevant de systematiek van de afvalbeheerbijdrage van stichting OPEN te herzien en verhogen om de kosten van toekomstige hoogwaardige recycling te dekken. Stichting OPEN voorziet namens de producenten in een waarborg van recycling door een fonds in te richten waarmee de totale hoeveelheid (in te zamelen en te verwerken) afval van de komende 5 jaar betaald kan worden. Deze kosten zullen echter aanzienlijk oplopen door een toekomstige stijging van te recyclen zon-PV.

4.4 Productgroep batterijen

E-waste, of elektronisch afval, is een van de snelst groeiende afvalstromen in de EU. De verschuiving naar duurzame mobiliteit zal de vraag naar batterijen aanzienlijk doen toenemen, waarbij de wereldwijde vraag naar verwachting in 2030 veertien keer hoger zal zijn dan in 2019. Dit leidt tot een grotere behoefte aan essentiële grondstoffen zoals lithium, mangaan, kobalt en nikkel. De focus van deze productgroep ligt op lithium-ion batterijen (Li-ion), met name de typen NMC (nikkel, mangaan, kobalt) en LFP (lithium, ijzer, fosfaat). Deze batterijen domineren met meer dan 90% de toepassingen in elektrische voertuigen, stationaire energieopslag en draagbare apparaten. Toch brengt deze dominantie ook knelpunten met zich mee, variërend van materiaalbeschikbaarheid tot juridische aansprakelijkheden, vooral bij de hergebruik van batterijen in een "second life"-toepassing.

De EU heeft sinds 2019 aanzienlijke investeringen gedaan in de lokale productie van batterijen, met een doelstelling dat de EU tegen 2025 zelfvoorzienend kan zijn in batterijproductie en tegen 2030 nieuwe generatie batterijen kan produceren. Desondanks blijft de raffinage en winning van grondstoffen grotendeels buiten de EU plaatsvinden, wat de noodzaak onderstreept voor een sterkere lokale keten voor recycling en hergebruik.

Batterijen worden erkend als een prioritaire sector binnen de CEAP. De complexiteit van batterijproductie en -recycling, gecombineerd met de huidige technologische ontwikkelingen, vereist een dringende heroverweging van beleidsinterventies om ervoor te zorgen dat de transitie naar een circulaire economie ook effectief is. Batterijproducenten vrezen immers voor aansprakelijkheid als gebruikte batterijen in nieuwe toepassingen problemen veroorzaken, wat de weg vrijmaakt voor verder onderzoek naar zowel technische als juridische oplossingen.

4.4.1 Kenmerken en knelpunten van de productgroep

Aansprakelijkheid van batterijproducenten: producenten van batterijen maken zich zorgen over de mogelijke aansprakelijkheid wanneer een batterij wordt hergebruikt voor andere toepassingen. Deze terughoudendheid komt voort uit de angst dat, indien hergebruikte batterijen falen of schade veroorzaken, zij verantwoordelijk kunnen worden gehouden. Dit risico kan leiden tot aanzienlijke juridische en financiële gevolgen, wat fabrikanten ertoe aanzet voorzichtig te zijn met het herbestemmen van batterijen.

Diversiteit van batterijen: vooral het gebruik van andere grondstoffen dan lithium, verkleint de recyclebaarheid van batterijen aanzienlijk. Verschillen in ontwerp, chemische samenstelling en constructie tussen verschillende fabrikanten en modellen maken het renovatie- en herbestemmingsproces complexer, wat gespecialiseerde kennis en apparatuur vereist. Bovendien ondergaan batterijen, met name die in elektrische voertuigen, aanzienlijke slijtage. De afname in capaciteit en efficiëntie maakt direct hergebruik of herbestemming zonder ingrijpende renovatie technisch uitdagend.

Afhankelijkheid van grondstoffen: Nederland en Europa zijn momenteel sterk afhankelijk van derde landen voor de import van zowel batterijen als de benodigde grondstoffen. China heeft zich daarbij geïmplementeerd als een dominante speler in de internationale verwerking van lithium en de productie van lithiumbatterijen. De Chinese overheid heeft deze positie versterkt door aanzienlijke steun te bieden via beleid, subsidies en strategische investeringen. Dit omvat financiering voor onderzoek en ontwikkeling, ondersteuning van batterijfabrikanten, en initiatieven om innovatie in batterijtechnologie te bevorderen.

4.4.2 Mogelijke beleidsinstrumenten

Per product is onderzocht welk type beleidsinstrumenten effectief kunnen zijn om de verschillende knelpunten op te lossen. In een transitie naar een circulaire economie zal er altijd een combinatie (clustering) van beleidsinstrumenten ingezet moeten worden, gericht op meerdere schakels in de keten of onderdelen van de productgroep. Beleidsinterventies die zijn benoemd door actoren in de MIS-analyse zijn met oog op effectiviteit, uitvoerbaarheid en prioriteit vertaald naar beleidsinstrumenten. We beschouwen onderstaande potentiële interventies als meest kansrijk op basis van bestaande en aangekondigde beleidskaders, impact van de interventie (gebaseerd op de uitkomsten van de PGA-studie) en de invloed die Nederland heeft op de (waardketen van de) productgroep.

Beleidsinterventie	Type	Niveau	Keten-schakel	Circulaire strategie
Regelgevingskaders: regels opstellen die recycling- en herbestemmingsdoelen verplichten, veiligheidsnormen voor gerenoveerde batterijen vaststellen en aansprakelijkheidsbescherming voor fabrikanten regelen.	Normerend	NL en EU	Ontwerp en einde levensduur	Recycle, recover
Stimuleren van private en publiek-private initiatieven voor recycling technologieën en capaciteit.	Stimulerend	NL	Einde levensduur	Recycle, recover
Het creëren van een ondersteunende regelgevende omgeving, zoals de Net-Zero Industry Act kan de lokale batterijproductie stimuleren.	Stimulerend	EU	Productie	Rethink

Om de belangrijkste knelpunten in een circulaire transitie van batterijen op te lossen is het van belang dat een combinatie van beleidsinstrumenten ingezet wordt. Wij concluderen dat beleidsinterventies gericht moeten zijn op drie doelen, die hieronder zijn toegelicht.

Aansporen van hergebruik van batterijen:

Momenteel worden producenten geconfronteerd met aanzienlijke belemmeringen, met name door zorgen over aansprakelijkheid. Wanneer hergebruikte batterijen falen of schade veroorzaken, kunnen fabrikanten aansprakelijk worden gesteld, wat leidt tot mogelijke juridische en financiële risico's. Hieronder volgen enkele beleidsaanbevelingen.

- **Verduidelijking van regelgevingskaders, eigenaarschap en garanties:** Een eerste stap om producenten te motiveren batterijen te hergebruiken, is het opstellen van duidelijke regelgevingskaders die eigenaarschap en garantieverplichtingen helder afbakenen. Dit omvat het vaststellen van de verantwoordelijke van een refurbished batterij -de producent, de verkoper of de eindgebruiker- om zo de aansprakelijkheid beter te beheeren. Daarnaast moet Nederland zich op EU-niveau inzetten om de Batteries Regulation⁴² en de WEEE-richtlijn⁴³ aan te scherpen, bijvoorbeeld door het harmoniseren van veiligheidsnormen voor refurbished batterijen. Dit kan de terughoudendheid van producenten verminderen door juridische bescherming te bieden en duidelijkheid te scheppen.
- **Ontwikkeling van een secundaire markt en implementatie van Software Reset Functie:** Het creëren van een robuuste secundaire markt voor refurbished batterijen is essentieel om economische kansen te benutten, de kosten voor consumenten te verlagen en technologische innovatie te stimuleren. Om de functionering van deze markt te bevorderen, moet de nieuwe Battery Directive's software reset functie breed worden toegepast. Deze functie maakt het eenvoudig om software opnieuw te installeren, wat technische belemmeringen voor hergebruik wegneemt.

Recycling van batterijen versimpelen:

Om de circulaire economie binnen de energietransitie te bevorderen, is het cruciaal om het recyclingproces van batterijen te vereenvoudigen. Variaties in batterijontwerp, chemie en constructie tussen fabrikanten en modellen bemoeilijken echter het renovatie- en herbestemmingsproces, waardoor gespecialiseerde kennis en apparatuur vereist zijn. Bovendien ondergaan batterijen, met name die in elektrische voertuigen, aanzienlijke slijtage, wat directe herbestemming zonder uitgebreide renovatie technisch uitdagend maakt. Hieronder volgen enkele aanbevelingen.

- **Standaardisatie van batterijcomponenten en investeringen in technologie:** Een van de meest effectieve manieren om het recyclingproces te vereenvoudigen, is het bevorderen van de standaardisatie van batterijcomponenten en het stimuleren van modulair ontwerp. Dit zou het eenvoudiger maken om batterijen te demonteren, te testen en te herbestemmen, wat leidt tot een efficiënter recyclingproces. Tegelijkertijd is het noodzakelijk om te investeren in onderzoek en ontwikkeling om batterijdiagnostiek, renovatietechnieken en recyclingtechnologieën te verbeteren. Dit kan helpen om het proces efficiënter te maken.
- **Materialenpaspoort en stimulering van publiek-private initiatieven:** Een cruciale stap om de recyclingslagkracht te vergroten, is de invoering van een materialenpaspoort met

⁴² EC, DG ENV (2023). Batteries regulation – Circular Economy. Beschikbaar via [link](#).

⁴³ EC, DG ENV (2024).

gedetailleerde informatie over de gebruikte materialen en componenten in batterijen. Dit vergemakkelijkt het renovatie- en herbestemmingsproces door technici snel inzicht te geven in herbruikbare onderdelen. Daarnaast moeten private en publiek-private initiatieven, zoals het EU-Horizon project BATT4EU⁴⁴ en initiatieven van bedrijven als Renault⁴⁵ en de Orano Group⁴⁶, worden gestimuleerd om recyclingtechnologieën en -capaciteit op te schalen. Verplichte materialenpaspoorten en een Europees register kunnen dit proces ondersteunen, terwijl gerichte investeringen in partnerschappen de ontwikkeling van geavanceerde recyclingfaciliteiten bevorderen.

Afhankelijkheid van op derde landen, met name China, verminderen:

Nederland en Europa zijn momenteel sterk afhankelijk van de import van batterijen en grondstoffen uit landen buiten de EU. China heeft zich gepositioneerd als een dominant productieland voor lithiumbatterijen, ondersteund door omvangrijke staatssteun, beleid, subsidies en strategische investeringen. Dit heeft China in staat gesteld om een technologische voorsprong te behouden en de wereldmarkt te domineren. Deze situatie vormt een kwetsbare situatie voor Europa in zijn streven naar een duurzame en autonome energietransitie. Hieronder volgen enkele aanbevelingen.

- **Versnelling en uitbreiding van lokale initiatieven:** Om de afhankelijkheid van China te verminderen, is het cruciaal om bestaande initiatieven voor de winning, verwerking en recycling van grondstoffen in Europa te versnellen en uit te breiden. Het is daarom noodzakelijk om een ondersteunend regelgevingskader te creëren, zoals de Net-Zero Industry Act, dat lokale batterijproductie en innovatie stimuleert.
- **Diversificatie van toeleveringsketens en internationale partnerschappen:** Naast het versterken van lokale capaciteit is het cruciaal om toeleveringsketens te diversifiëren en strategische partnerschappen te sluiten met grondstofrijke landen buiten China, zoals het samenwerkingsverband met Australië, voor onder andere lithiumwinning.⁴⁷

4.5 Conclusie kansrijke beleidsinstrumenten

Door de nadruk op het maximaliseren van de productie van hernieuwbare elektriciteit hebben innovaties zich voornamelijk gericht op het verlagen van de LCOE. Nu de terugverdientijd van HE-technologieën aanzienlijk is verkort, loont het om circulaire innovaties en maatregelen te stimuleren, door:

- duidelijke circulaire doelstellingen te formuleren voor HE-technologieën en stimulans/subsidies voor de uitvoering van beleid
- hergebruik van afgedankte windturbines of zon-PV te stimuleren (in andere landen of via sociale regelingen);
- onderzoek en innovatie van circulair ontwerp aan te jagen en financieren (repareerbaarheid, recyclebaarheid, secundair materiaal);
- selectiecriteria van aanbestedingen, exploitaties en subsidiemaatregelen aanscherpen en circulaire elementen op te nemen;

⁴⁴ Batteries European Partnership Association (2024). Beschikbaar via [link](#).

⁴⁵ Partnerschap tussen Renault Group, Veolia en Silvay. Beschikbaar via [link](#).

⁴⁶ Partnerschap tussen Orano Group, MTB, Saft, Paprec en CRA. Beschikbaar via [link](#).

⁴⁷ EC (2024). EU and Australia sign partnership on sustainable critical and strategic minerals. Beschikbaar via [link](#).

- het goede voorbeeld te geven en bij te dragen aan marktforming door circulaire technologieën zelf in te kopen (circulaire zon-PV op overheidsgebouwen, recyclebare windturbines op Rijksvastgoed, hergebruikte batterijen als back-up/generator)

We adviseren samenwerking met Europese partners om een Europese waardeketen van circulaire hernieuwbare technologieën op te zetten (van productie tot verwerking reststromen). Bepaal welke rol Nederland kan en wil opnemen in deze keten en werk beleid hiervoor uit.

Inzicht in de (verwerking) van kritieke materialen en ZZS moet verder onderzocht worden. Zet dit op de Europese agenda.

5 Doorkijk richting 2040 en 2050

5.1 Clustering van beleidsinstrumenten

Het reduceren van materiaalgebruik in hernieuwbare energietechnologieën kan het beste worden gerealiseerd door per keten te zoeken naar een optimale ketenaanpak: een combinatie van minder materiaalgebruik door circulair ontwerpen en consuminderen (narrow the loop), het verlengen van de levensduur van producten (slow the loop), het hergebruiken van materialen door het repareren, opknappen en recyclen van producten (close the loop) en het vervangen van eindige (fossiele) grondstoffen voor biobased materialen (regenerate). Om de gestelde beleidsdoelen te halen is het van belang beleidsinstrumenten zodanig in te zetten dat de gehele waardeketen richting 2050 circulair is geworden.

Iedere keten heeft zijn eigen actoren, spelregels en dynamiek. Die diversiteit hangt samen met de fysieke en technologische mogelijkheden van de gebruikte grondstoffen, de samenstelling van materialen of het product, de structuur van de markt, het bestaande en voorgenomen beleid op Europees niveau en binnen Nederland en de houding en het gedrag van consumenten ten opzichte van het product of de technologieën. De PGA-studie brengt de volledige productie-consumptieketen in beeld. Hoe deze georganiseerd is, hoeveel materiaalgebruik erin omgaat, welke knelpunten er zijn in de transitie naar een circulaire economie en eventuele oplossingsroutes.

De beschreven beleidsinstrumenten hebben verschillende circulaire strategieën en grijpen op verschillende plekken aan in de waardeketen van de productgroepen. Het is essentieel om beleidsinstrumenten te clusteren op de onderdelen van de waardeketen en gebruik te maken van alle circulaire strategieën. Er is wel een verschil in de urgentie van bepaalde beleidsinstrumenten, die overigens verschillend kunnen zijn voor de productgroepen. Het is van belang rekening te houden met de fases van ontwikkeling van producten en aan te sluiten bij lopende initiatieven voor het opstellen van Roadmaps voor de Nederlandse industrie. Idealiter bestaat het pakket beleidsinstrumenten uit stimulerende, normerende en beprijzende acties.

De tijdlijn in Figuur 5.1 clustert de mogelijke beleidsinstrumenten op de korte, middellange en lange termijn. Daarbij gaat wij ervan uit dat resultaten op de korte termijn binnen 3 jaar gerealiseerd zijn, op de middellange termijn tussen de 3 en 8 jaar en op de lange termijn na 8 jaar.

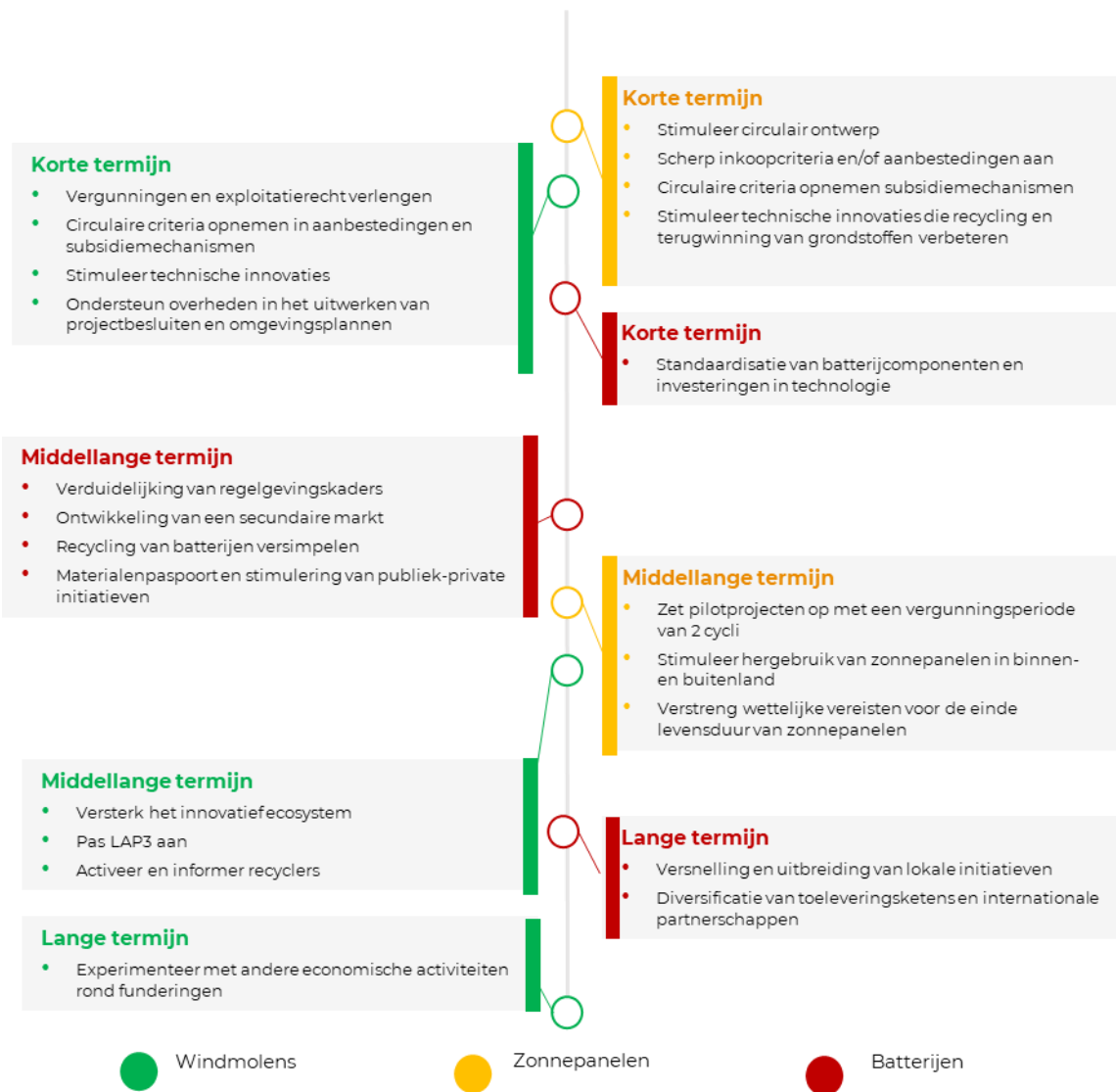
5.2 Tijdlijn

Uit de tijdlijn kan worden opgemaakt dat met name voor windturbines en zon-PV het van belang is op korte termijn in te zetten op circulaire beleidsinstrumenten. Dit heeft voornamelijk te maken met het feit dat voorgestelde instrumenten aangrijpen op de ontwerpfase van de keten en de producten tevens een lange levensduur hebben. Hierdoor is de impact van deze beleidsmaatregelen groot.

Voor batterijen is het minder van belang om in te zetten op circulaire beleidsinstrumenten op de korte termijn. Dit komt voornamelijk omdat veel relevant beleid voor batterijen op Europees niveau wordt vastgesteld en er recentelijk wet- en regelgeving is aangenomen die naar verwachting op korte termijn effect gaat hebben. Uit de ketenanalyse blijkt echter wel dat Nederland een potentieel comparatief voordeel heeft bij het optuigen van een waardeketen voor batterijen. Beleidsmakers moeten dus overwegen of Nederland een rol wenst te spelen in het optuigen van (onderdelen in) deze waardeketen.

Tenslotte is het relevant om resterend overkoepelend beleid te versterken op de middellange en lange termijn. Overkoepelende instrumenten moeten komen uit strategische keuzes zoals investeren in recyclingcapaciteit in Nederland, en verdere schakels in de productieketen van de producten circulair maken

Figuur 5.1 Tijdslijn van mogelijke beleidsinitiatieven voor de productgroep hernieuwbare energietechnologieën



6 Conclusies

Dit hoofdstuk beschrijft de conclusies van de analyse naar potentiële beleidsinstrumenten om de circulaire transitie van de productgroep hernieuwbare energietechnologie te versnellen. Daarbij beantwoorden we de hoofdvraag en deelvragen die centraal staan in het onderzoek.

Wat zijn de belangrijkste knelpunten voor de in de PGA onderscheiden hernieuwbare energietechnologieën (windturbines, zon-PV en batterijen) in de transitie naar circulariteit? Hoe kunnen deze belemmeringen verminderd of weggenomen worden met beleid? En zijn er conflicterende instrumenten vanuit circulaire perspectief?

In het rapport gaan we ook dieper in op de belangrijkste knelpunten en kansrijke beleidsinstrumenten voor de verschillende hernieuwbare energietechnologieën (windturbines, zon-PV en batterijen). In deze conclusie focussen wij ons op de aanbevelingen voor beleid(sinstrumenten) voor de overkoepelende knelpunten van de gehele productgroep.

Het belangrijkste knelpunt van de productgroep heeft als oorzaak dat het zwaartepunt van ontwikkelingen van hernieuwbare energietechnologieën ligt op het verbeteren van de energie efficiëntie in plaats van materiaalefficiëntie. De huidige beleidsinstrumenten hebben (nog) onvoldoende aandacht voor de transitie naar een circulaire productgroep. Materiaalefficiëntie is nog een witte vlek in beleid. Vandaag de dag zijn innovaties en beleid daarom voornamelijk gericht op opschaling en optimalisatie van de productie van hernieuwbare energie. Kostenbesparingen en procesoptimalisatie kunnen daarmee nadrukkelijk op de korte termijn een nadelig effect hebben op circulariteit. Dit resulteert bijvoorbeeld in steeds grotere windturbines voor meer energie efficiëntie of vroegtijdige afschrijving van zon-PV. Circulaire strategieën en efficiënt materiaalgebruik zijn hierin nog altijd ondergeschikt. **Om de transitie naar circulariteit te versnellen moeten (bestaande) stimuleringsmaatregelen aangepast worden om de onrendabele top van (duurdere) circulaire oplossingen te ondersteunen (wortel) en criteria in beleidsinstrumenten aangescherpt worden (stok).** Sluit allereerst aan op bestaand en voorgenomen beleid, zoals het opnemen van circulaire criteria in de Contracts of Difference (CfD), de uitwerking van de uitgebreide producentenverantwoordelijkheid (UPV), de Ecodesign-richtlijn en bestaande innovatiemechanismen. **Daarnaast kan het vergroten van economisch rendement van windturbines en zon-PV innovaties op het gebied van materiaalefficiëntie stimuleren.** De economische levensduur van met name windturbines en zon-PV wordt mede beperkt doordat vergunningen en subsidie instrumenten (zoals de SDE++) een kortere looptijd hebben dan de technische levensduur van de producten. Er is daarom minder stimulans om de levensduur te verlengen middels circulaire ontwerp, reparatie of vervanging van onderdelen en hergebruik. Experimenten met de verlenging van vergunningen en exploitatierecht (zoals dakhuur/grondrecht) kunnen de terugverdientijd van infrastructuur, technische innovaties en recycling van onderdelen van wind- en zonneparken vergroten en vroegtijdige afdanking verminderen.

Daarnaast is er nog nauwelijks voldoende hoogwaardige recyclingcapaciteit voor de productgroepen, vooral niet voor de verwerking en terugwinning van kritieke grondstoffen. Dit komt enerzijds omdat er nog onvoldoende 'massa' afgedankte windturbines, zon-PV en batterijen beschikbaar is (of niet effectief wordt ingezameld) om recycling economisch

rendabel te maken, en anderzijds doordat het ontwerp van de producten rendabele hoogwaardige recycling belemmert (door o.a. verlijming en gebruik van ZZS). Het is daarom essentieel [op de korte termijn in te zetten op circulair ontwerp om een groeiende afvalberg of het verbranden of schredden van hoogwaardig materiaal in de toekomst te voorkomen](#). Producten die nu circulair worden ontworpen, kunnen aan het einde van hun levensduur makkelijker gerepareerd, hergebruikt en gerecycled worden. [Zet parallel in op het optuigen van zo hoogwaardig mogelijk recyclingcapaciteit](#). Nederland heeft door haar ligging en investeringsklimaat een interessante uitgangspositie om hierin te ontwikkelen. Met name verwerking en terugwinning van kritieke grondstoffen zal een belangrijk competitief voordeel opleveren voor de toekomstige industrie. Ga hiervoor in gesprek met de recyclingsector en maak een langetermijnvisie voor wat de recyclingsector nodig heeft en op welk moment. Door de kortere levensduur van batterijen kan op korte termijn ingezet worden op recycling van batterijen en zon-PV en vervolgens op recycling van windturbines.

Als laatste heeft de toenemende afhankelijkheid van strategische grondstoffen en componenten heeft aanzienlijke implicaties voor de circulariteit van hernieuwbare energietechnologieën in de EU. Hoewel de EU reeds bijzonder afhankelijk is van grondstoffen voor windturbines, is deze afhankelijkheid nog groter wanneer het gaat om componenten en eindproducten voor zon-PV en batterijen. Meer dan 45%-75% van de benodigde grondstoffen, componenten en eindproducten wordt in Nederland geïmporteerd, waarvan het grootste deel van buiten de EU. De keten is niet transparant en dit maakt het moeilijker om met enkel Nederlands beleid verandering te bewerkstelligen. Vaak ontbreekt de juiste data of informatie over de materialen in en ontwerp/assemblage van de producten. Dit bemoeilijkt reparatie, hergebruik, recycling, herwinning en zicht op ZZS. Het is cruciaal om meer grip te krijgen op de internationale waardeketens. Dit kan enerzijds door [het stimuleren van de productie van duurzamere alternatieven en recycling in Europa](#) en anderzijds door [op EU-niveau te pleiten voor strengere regelgeving](#) die alleen circulaire producten toelaat die ontworpen zijn met het oog op reparbaarheid en recycling.

De geformuleerde ambitie om in Nederland in 2050 een circulaire economie te hebben biedt onvoldoende houvast voor concrete beleidsinitiatieven en veranderingen van huidige ketens. [Voor de circulaire transitie is een combinatie \(clusters\) van stimulerende, normerende en beprijzende beleidsinstrumenten, gericht op meerdere schakels in de keten of onderdelen van de productgroep noodzakelijk om te versnellen](#). Iedere keten heeft zijn eigen actoren, spelregels en dynamiek. Die diversiteit hangt samen met de fysieke en technologische mogelijkheden van de gebruikte grondstoffen, de samenstelling van materialen of het product, de structuur van de markt, het bestaande en voorgenomen beleid op Europees niveau en binnen Nederland en de houding en het gedrag van consumenten ten opzichte van het product of de technologieën. Hiervoor is het belangrijk te redeneren vanuit het volledige ketenperspectief, zon-PV, windturbines en batterijen los te benaderen en de ontwikkelingen op de lange termijn te beoordelen.

Dit vergt aanpassingen in vastgesteld beleid en uitwerking van nieuwe instrumenten en neemt onzekerheid met zich mee voor ondernemers en burgers. Het is daarom van belang [heldere doelstellingen te formuleren en een transitie pad per productgroep \(windturbines, zon-PV en batterijen\) voor uit te tekenen](#). Zo kunnen circulaire criteria in bestaande of nieuwe subsidieregelingen de onrendabele top van circulaire toepassingen verkleinen. Meer duidelijkheid over de definitie van afval en rondom eigenaarschap van de producten (en

aansprakelijkheid) na einde levensduur kan belemmeringen in hergebruik wegnemen. Tenslotte kan een scherpere beprijzing van de maatschappelijke impact optimalisatie van de levensduur van producten aanjagen. Sluit hierbij aan op EU-doelstellingen en beleid (zoals targets in de CRM Act), lopende trajecten met de Nederlandse industrie, bestaande subsidiepakketten en stem nieuwe beleidsinstrumenten hierop af. Start met beleid dat inspeelt op synergiën tussen de energietransitie en circulaire doelstellingen en bouw het vervolgens uit. Geef de markt hierbij een langetermijnperspectief zodat zij zich kunnen voorbereiden op de transitie en voldoende houvast hebben om te investeren.

Bijlage A: Gedetailleerde handelsanalyse per component en technologie

Methode

In onze analyse beoordelen we de Nederlandse importafhankelijkheid van andere landen voor bepaalde goederen en componenten uit de productgroep. Hiervoor maken wij gebruik van een combinatie van handelsdata, productiedata en gerapporteerde gegevens over de winning en verwerking van grondstoffen en materialen voor diverse essentiële componenten van wind-, zonne- en batterijtechnologieën.

Om zicht te krijgen op de handel in windturbines, zon-PV en batterijen gebruiken we de lijst van klimaatgoederen uit recente literatuur in combinatie met de recent opgenomen klimaatgoederen in de EU-Nieuw Zeeland handelsovereenkomst.⁴⁸ Op basis van deze goederen en de gekoppelde HS-codes⁴⁹ kunnen we belangrijke inzichten verkrijgen over de huidige stand van zaken in de mondiale keten en de verbindingen van Nederland en de EU daarin.

Tabel A.1 Overzicht van goederen en gekoppelde HS-codes

Technologie	Component beschrijving	HS code	Importafhankelijkheid (2022)		Handelsbalans (2022)	
			NL	EU	NL	EU
Batterijen	Componenten totaal	n.v.t	75%	53%	-€ 2,101,942,778	-€ 18,583,646,110
Batterijen	Final battery products, battery packs, battery cells	n.v.t	75%	53%	-€ 2,085,531,041	-€ 18,160,353,290
Batterijen	Manganese dioxide cells and batteries, non-alkaline (excl. spent, and cylindrical cells)	850610	44%	43%	-€ 47,984,745	-€ 323,486,237
Batterijen	Mercuric oxide cells and batteries (excl. spent)	850630	88%	23%	€ 1,339,509	-€ 313,552
Batterijen	Silver oxide cells and batteries (excl. spent)	850640	94%	59%	-€ 4,043,452	-€ 29,831,160
Batterijen	Lithium cells and batteries, in the form of cylindrical cells (excl. spent)	850650	77%	53%	-€ 5,487,444	-€ 420,724,247
Batterijen	Air-zinc cells and batteries (excl. spent)	850660	19%	32%	-€ 9,968,852	€ 21,024,771
Batterijen	Dry zinc-carbon batteries of a voltage of >= 5,5 V but <= 6,5 V (excl. spent)	850680	29%	66%	€ 1,136,962	-€ 97,485,098
Batterijen	Lead-acid accumulators of a kind used for starting piston engines (starter batteries), working with non-liquid electrolyte (excl. spent)	850710	21%	18%	-€ 140,799,619	€ 855,370,921

⁴⁸ Zie bijvoorbeeld: J. Monkelbaan., Kar. Soumyajit (2022). Accelerating Decarbonization through Trade in Climate Goods and Services. *World Economic Forum*. Beschikbaar via [link](#); A. Bleser., et al. (2023). Trade in Environmental Goods and Services. *Ecorys*. Beschikbaar via [link](#); EC (2024). The EU-New Zealand trade agreement. Beschikbaar via [link](#).

⁴⁹ Harmonised System codes worden internationaal gebruikt voor het classificeren van goederen bij import en export.

Technologie	Component beschrijving	HS code	Importafhankelijkheid (2022)		Handelsbalans (2022)	
			NL	EU	NL	EU
Batterijen	Lead-acid accumulators, working with non-liquid electrolyte (excl. spent and starter batteries)	850720	62%	42%	-€ 149,201,381	-€ 272,543,949
Batterijen	Hermetically sealed nickel-cadmium accumulators (excl. spent)	850730	61%	47%	€ 722,916	€ 165,219,572
Batterijen	Electric accumulators (excl. spent, and lead-acid, nickel-cadmium, nickel-metal hydride and lithium-ion accumulators)	850780	82%	58%	-€ 1,731,244,935	-€ 18,057,584,311
Batterijen	Battery components	n.v.t	85%	48%	-€ 16,411,736	-€ 423,292,820
Batterijen	Separators for electric accumulators (excl. separators of vulcanised rubber other than hard rubber or of textiles)	850790	85%	48%	-€ 16,411,736	-€ 423,292,820
Windturbines	Componenten totaal	n.v.t	24%	20%	-€ 1,069,553,071	€ 3,608,394,496
Windturbines	Wind turbine structure	n.v.t	20%	16%	-€ 657,020,788	€ 1,800,449,579
Windturbines	Towers and lattice masts, of iron or steel	730820	68%	48%	-€ 89,685,239	-€ 571,425,361
Windturbines	Structures and parts of structures, of iron or steel, n.e.s. (excl. bridges and bridge-sections, towers and lattice masts, doors and windows and their frames, thresholds for doors, props and similar equipment for scaffolding, shuttering, propping or pit-propping)	730890	7%	6%	-€ 481,068,806	€ 1,837,937,173
Windturbines	Structures and parts of structures, of aluminium, n.e.s., and plates, rods, profiles, tubes and the like, prepared for use in structures, of aluminium, n.e.s. (excl. prefabricated buildings of heading 9406, doors and windows and their frames and thresholds for doors)	761090	23%	17%	-€ 32,801,705	€ 292,991,749
Windturbines	Ball bearings	848210	25%	19%	-€ 44,688,296	-€ 140,930,670
Windturbines	Spherical roller bearings	848230	76%	59%	-€ 8,776,742	€ 381,876,689
Windturbines	Nacelle	n.v.t	26%	34%	-€ 302,748,737	€ 1,851,987,386
Windturbines	Gears and gearing for machinery (excl. toothed wheels, chain sprockets and other transmission elements presented separately); ball or roller screws; gear boxes and other speed changers, incl. torque converters	848340	28%	17%	-€ 412,896,521	€ 2,599,570,716
Windturbines	Clutches and shaft couplings, incl. universal joints, for machinery	848360	60%	51%	-€ 12,852,215	€ 552,416,670
Windturbines	Transistors with a dissipation rate >= 1 W (excl. photosensitive transistors)	854129	25%	24%	-€ 114,279,438	-€ 317,989,304
Windturbines	Parts of non-electrical engines and motors, n.e.s.	841290	37%	29%	-€ 95,504,109	-€ 1,026,053,165
Zon-PV	Componenten totaal	n.v.t	73%	56%	€ 14,081,920,843	€ 6,807,973,872
zon-PV	Solar voltaic wafers and its components	n.v.t	46%	77%	-€ 39,715,951	€ 144,298,038

Technologie	Component beschrijving	HS code	Importafhankelijkheid (2022)		Handelsbalans (2022)	
			NL	EU	NL	EU
Zon-PV	Chemical elements; doped for use in electronics, in the form of discs, wafers or similar forms; chemical compounds doped for use in electronics	381800	46%	77%	-€ 39,715,951	€ 144,298,038
Zon-PV	Parts of solar voltaic modules	n.v.t	73%	55%	€ 14,121,636,794	€ 6,663,675,834
Zon-PV	Plastics; plates, sheets, film, foil and strip, other than cellular	392190	23%	23%	-€ 146,567,379	€ 895,129,019
Zon-PV	Glass mirrors; unframed, excluding rear-view mirrors for vehicles	700991	28%	43%	-€ 12,143,372	-€ 82,885,977
Zon-PV	Electronic integrated circuits; processors and controllers, whether or not combined with memories, converters, logic circuits, amplifiers, clock and timing circuits, or other circuits	854231	72%	66%	€ 849,017,950	€ 9,723,194,175
Zon-PV	Optical elements; lenses n.e.c. in heading no. 9001, prisms, mirrors and other optical elements, unmounted, of any material (excluding elements of glass not optically worked)	900190	40%	72%	-€ 24,030,674	-€ 586,190,088
Zon-PV	Optical devices, appliances and instruments: n.e.c. in heading no. 9013 (including liquid crystal devices)	901380	87%	81%	-€ 16,794,317	-€ 222,872,282
Zon-PV	Optical appliances and instruments: parts and accessories for articles of heading no. 9013	901390	57%	67%	€ 3,405,988	€ 179,635,269
Zon-PV	Glass; float glass and surface ground or polished glass, in sheets, non-wired, having an absorbent reflecting or non-reflecting layer	700510	27%	12%	€ 4,335,335	€ 92,697,597
Zon-PV	Glass; safety glass, toughened (tempered), (not of a size and shape suitable for incorporation in vehicles, aircraft, spacecraft or vessels)	700719	59%	56%	-€ 71,293,049	-€ 360,418,998
Zon-PV	Electric motors and generators: DC, of an output exceeding 750W but not exceeding 75kW	850132	93%	56%	-€ 104,100,403	-€ 136,717,974
Zon-PV	Electrical static converters	850440	76%	51%	-€ 873,719,717	-€ 6,173,360,447
Zon-PV	Electrical transformers, static converters and inductors; parts thereof	850490	63%	46%	-€ 179,840,834	-€ 346,765,394
Zon-PV	Electric motors and generators: DC, of an output exceeding 75kW but not exceeding 375kW	850133	89%	83%	€ 1,096,138	-€ 73,910,801
Zon-PV	Electrical transformers, static converters and inductors; parts thereof	850490	63%	46%	-€ 179,840,834	-€ 346,765,394
Zon-PV	Electrical static converters	850440	76%	51%	-€ 873,719,717	-€ 6,173,360,447
Zon-PV	Machines and apparatus of a kind used solely or principally for the manufacture of semiconductor boules or wafers	848610	81%	57%	€ 75,330,170	€ 269,972,606
Zon-PV	Machines and apparatus of a kind used solely or principally for the manufacture of semiconductor devices or of electronic integrated circuits	848620	89%	88%	€ 15,046,472,723	€ 9,724,955,848
Zon-PV	Machines and apparatus of heading 8486; parts and accessories	848690	74%	68%	€ 624,028,788	€ 281,339,118



Postbus 4175
3006 AD Rotterdam
Nederland

Watermanweg 44
3067 GG Rotterdam
Nederland

T 010 453 88 00
F 010 453 07 68
E netherlands@ecorys.com

K.v.K. nr. 24316726

W www.ecorys.nl