



Brussel, 26.2.2025
COM(2025) 74 final

**VERSLAG VAN DE COMMISSIE AAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE
RAAD**

Voortgang over het concurrentievermogen van schone-energietechnologieën

VOORTGANGSVERSLAG 2025 OVER HET CONCURRENTIEVERMOGEN VAN SCHONE-ENERGIETECHNOLOGIEËN

Inhoud

Samenvatting	2
1. Inleiding	6
2. Beoordeling van het concurrentievermogen van de EU-sector voor schone energie	7
2.1. De mondiale economische context en het concurrentievermogen van de nettonultechnologie-sector van de EU	7
2.1.1. Ontwikkelingen op het gebied van energieprijzen en -kosten	7
2.1.2. Steun voor nettonultechnologieën op de wereldmarkten	10
2.2. Waardeketens voor nettonultechnologie in de EU: kansen en uitdagingen voor een schone industrie	13
2.2.1. Toeleveringsketens voor productie	13
2.2.2. Het koolstofvrij maken van energie-intensieve industrieën	15
2.2.3. Menselijk kapitaal en vaardigheden	17
2.3. Het innovatielandschap in de schone-energiesector	18
2.3.1. O&I-trends	18
2.3.2. Trends van durfkapitaalinvesteringen	23
3. Beoordeling van het concurrentievermogen van de EU op het gebied van nettonultechnologieën	25
3.1. Fotovoltaïsche zonne-energie	25
3.2. Thermische zonne-energie	27
3.3. Onshore- en offshore-windenergie	28
3.4. Oceaanenergie	30
3.5. Batterij- en energieopslag	31
3.6. Warmtepomptechnologieën	32
3.7. Geothermische energie	33
3.8. Waterstoftechnologieën: elektrolyse-installaties en brandstofcellen	34
3.9. Technologieën voor duurzaam biogas en biomethaan	36
3.10. Technologieën voor koolstofafvang en -opslag (CCS)	38
3.11. Technologieën voor het elektriciteitsnet: elektriciteitsleidingen en transformatoren	40
3.12. Technologieën voor kernsplijtingsenergie	41
3.13. Waterkracht	42
3.14. Duurzame alternatieve brandstoffen	43
3.15. Technologieën voor terugwinning van industriële overtollige warmte	45
4. Conclusie	47

SAMENVATTING

Het **voortgangsverslag 2025 over het concurrentievermogen van schone-energietechnologieën** biedt een overzicht van de trends en uitdagingen op het gebied van nettonultechnologieën en de productie ervan in de EU. Het omvat eerst een **horizontaal deel over het concurrentievermogen van de EU-sector voor schone energie**, gevolgd door een **sectorale analyse voor 15 technologieën**. Het verslag bouwt voort op het Draghi-verslag en het kompas voor concurrentievermogen en ondersteunt de uitvoering van de verordening voor een nettonulindustrie als monitoringverslag ervan. Het verslag, dat samen met de Clean Industrial Deal en het actieplan voor betaalbare energie is vastgesteld, ondersteunt beide initiatieven door inzicht te verschaffen in de technologieën die nodig zijn om de EU-industrie koolstofvrij te maken en tegelijkertijd het concurrentievermogen ervan te versterken en de energiekosten te verlagen.

Concurrentievermogen van de EU-sector voor schone energie

Schone-energietechnologieën zijn nog steeds zeer kosteneffectief in de EU, dankzij lage operationele kosten. In 2024 stegen hernieuwbare energiebronnen tot een nieuw recordniveau van 48 % van de elektriciteit in de EU, een stijging ten opzichte van 45 % in 2023 en 41 % in 2022.

Hoewel de uitrol van schone-energietechnologieën dynamisch toeneemt, wordt de nettonulindustrie van de EU geconfronteerd met een uitdagend ondernemingsklimaat en hevige concurrentie. Zoals in het Draghi-verslag wordt benadrukt, moet de EU, als innovatieleider op het gebied van schone technologieën, de economische kansen benutten die gepaard gaan met de wereldwijde toepassing van deze technologieën. Tegelijkertijd hebben industriebeleid en nieuwe invoerbepalingen, zoals in de VS en China, een steeds groter effect op het ondernemingsklimaat, de handelsbetrekkingen en investeringsbeslissingen.

De EU beschikt over een gediversifieerde industrie voor de productie van nettonultechnologie, maar heeft moeite om wereldwijd marktaandeel te behouden, aangezien China de productie in belangrijke sectoren is gaan domineren. Voor alle nettonultechnologieën blijft de EU afhankelijk van specifieke technologiecomponenten of belangrijke grondstoffen binnen de toeleveringsketen, wat uitdagingen meebrengt voor haar algehele economische veerkracht en strategische autonomie. Dit hangt samen met de uitdagingen waarmee de EU wordt geconfronteerd in energie-intensieve industrieën, die metalen en chemische producten leveren aan fabrikanten van nettonultechnologie.

Schone-energietechnologieën zorgen voor hoogwaardige banen, maar er blijven uitdagingen bestaan, zoals de beschikbaarheid van geschoolde werknemers en een vergrijzende beroepsbevolking. De werkgelegenheid is in 2023 blijven groeien, waarbij het aantal banen op het gebied van hernieuwbare energie in de EU 1,8 miljoen bedroeg. In de bredere schone-energiesector is ongeveer een derde van de banen te vinden in de productie van nettonultechnologieën, wat het sociale en economische belang van deze waardeketens bevestigt.

De EU bevindt zich nog steeds in een goede positie op het gebied van onderzoek naar schone-energietechnologieën, maar in het licht van de sterke wereldwijde concurrentie is haar concurrentievoordeel op het gebied van innovatie de afgelopen jaren uitgehold. Uit de meest recente gegevens blijkt dat de helft van de rapporterende lidstaten in 2023 hun uitgaven voor onderzoek en innovatie (O&I) op het gebied van energietechnologieën heeft verhoogd. Als deze gedeeltelijke rapportage representatief blijkt te zijn, zou dit leiden tot een verhoging met 9 % van de steun voor de prioriteiten van de energie-unie op het gebied van

O&I. Over het geheel genomen neemt de EU wereldwijd het voortouw op het gebied van overheidsuitgaven voor O&I op het gebied van schone-energietechnologieën. Particuliere investeringen in O&I, die nog steeds meer dan driekwart van de O&I-financiering voor schone-energietechnologieën in grote economieën opleveren, blijven echter aanzienlijk hoger in de grote Aziatische economieën. Zoals in het Draghi-verslag wordt benadrukt en in het kompas voor concurrentievermogen wordt erkend, zijn verdere inspanningen nodig om ervoor te zorgen dat de EU een van de leiders blijft wat betreft O&I op het gebied van schone technologie, en haar matige prestaties bij het op de markt brengen van deze innovatie verbetert.

Toegang tot risicokapitaal blijft een belangrijke uitdaging voor het opstarten en opschalen van EU-bedrijven in de schone-energietechnologiesector. Voor 2024 wijzen de eerste gegevens erop dat een moeilijk macro-economisch klimaat heeft bijgedragen tot een aanzienlijke daling van durfkapitaalinvesteringen in schone-energietechnologieën in de EU, met –34 % ten opzichte van 2023. Deze daling houdt verband met een afname van de durfkapitaalactiviteiten en een kleiner aantal grootschalige investeringen, in vergelijking met 2023, toen grootschalige transacties in op batterijen en op waterstof gebaseerde staalproductiefaciliteiten plaatsvonden. Deze transacties speelden een belangrijke rol bij het opvoeren van EU-durfkapitaalinvesteringen in de sector tot 9,2 miljard EUR in 2023 (+20 % ten opzichte van 2022). Tegelijkertijd blijkt uit voorlopige gegevens dat het EU-aandeel in de wereldwijde durfkapitaalinvesteringen in schone-energietechnologieën in 2024 relatief stabiel is gebleven. De EU stond in 2023 wereldwijd op de tweede plaats, met een aandeel van 28 %, tussen de VS (30 %) en China (24 %).

Concurrentievermogen van de EU op het gebied van nettonultechnologieën

In 2024 stond de EU op de tweede plaats na China wat betreft nieuw geïnstalleerde fotovoltaïsche zonne-energiecapaciteit. EU-fabrikanten zijn actief in een zeer uitdagende omgeving en hebben moeite om wereldwijd te concurreren. De EU is sterk afhankelijk van de invoer van zonnepanelen uit China, waar meer dan 90 % van de mondiale productiefaciliteiten zijn gevestigd. Tegelijkertijd speelt de EU nog steeds een belangrijke rol op het gebied van O&I voor specifieke fotovoltaïsche zonne-energie toepassingen.

De EU behoudt een sterke productiecapaciteit voor thermische zonne-energietechnologieën. Thermische zonne-energie is een rijpe technologie, maar in 2023/2024 stond zij nog steeds voor uitdagingen om gelijke tred te houden met andere hernieuwbare oplossingen. Terwijl de markt voor thermische zonne-energie in 2023 kromp, vertoonde het segment voor warmte uit industriële processen een aantal veelbelovende ontwikkelingen, die wereldwijd op jaarbasis verdrievoudigden.

De EU blijft zeer concurrerend op het gebied van windenergietechnologie. EU-spelers staan echter onder toenemende druk, met name omdat Chinese bedrijven steeds concurrerendere producten tegen lagere prijzen aanbieden. In 2024 was de EU goed voor bijna 13 % van de wereldwijde productiecapaciteit voor bladen en gondelassenblage en ongeveer 22 % van de productie van masten. EU-bedrijven hadden in 2023 een marktaandeel van bijna 90 % op de Europese markt en van 23 % op de wereldmarkt, wat neerkomt op een daling met ongeveer 7 % op de wereldmarkt ten opzichte van 2022.

In 2024 was sprake van ongekende financiering van en belangstelling voor oceaanenergietechnologieën. In 2024 werd in Europa ongeveer 1 230 kW aan nieuwe capaciteit voor oceaanenergie geïnstalleerd. China neemt echter het voortouw op het gebied van hoogwaardige uitvindingen in deze sector, waarbij het voorloopt op de EU. Verdere maatregelen zijn nodig om de economische levensvatbaarheid van oceaanenergie te vergroten en innovatieve oceaanenergietechnologie op de markt te brengen.

Batterijfabrikanten in de EU hebben te maken met zware tegenwind bij hun streven naar het vergroten van de productiecapaciteit en het marktaandeel. China is toonaangevend op het gebied van batterijtechnologie en is goed voor meer dan 85 % van de wereldwijde capaciteit voor productie in opdracht in 2024, gevolgd door de EU met ongeveer 7 % en de VS met ongeveer 5 %. EU-fabrikanten zijn voor kathoden en anoden sterk afhankelijk van China. Als de aangekondigde projecten worden uitgevoerd, lijkt de EU op schema te liggen om haar productiedoelstellingen voor 2030 te halen met een aandeel van 10 % (1 510 GWh) van de verwachte wereldwijde operationele productiecapaciteit voor batterijen voor 2030. Waarnemers voorspellen een overaanbod van batterijcellen in de komende jaren, wat waarschijnlijk tot hevige wereldwijde concurrentie zal leiden.

Fabrikanten van warmtepompen in de EU zijn wereldleider op het gebied van hoogwaardige innovatieve oplossingen voor huishoudelijk gebruik en industriële warmtepompen. De eindassemblagecapaciteit in de EU ligt op schema om aan de behoeften van de EU voor de uitrol voor 2030 te voldoen. Voor bepaalde componenten, zoals compressoren, blijft de EU-industrie echter sterk afhankelijk van invoer. Terwijl het tekort op de handelsbalans van de EU in de toeleveringsketen in 2023 met een derde werd verminderd, daalde de verkoop van warmtepompen in de EU in 2023 met 7,2 %, na tien jaar groei. Deze trend is in 2024 verslechterd, met een daling van de verkoop in Europa met 31 %. Hieruit blijkt dat inspanningen moeten worden geleverd om de sector opnieuw elan te geven.

EU-bedrijven spelen een belangrijke rol bij de installatie en eindassemblage van technologieën voor geothermische energie die in de EU worden toegepast. De wereldmarkt voor belangrijke componenten wordt echter gedomineerd door bedrijven van buiten de EU. Het aanpakken van sectorale uitdagingen, zoals de beschikbaarheid van gegevens over de ondergrond, kan de EU-industrie helpen.

Europese bedrijven blijven een belangrijke rol spelen bij de productie van elektrolyse-installaties en hebben in 2024 naar schatting in ongeveer een derde tot een kwart van de wereldwijde productiecapaciteit voorzien. Hoewel de capaciteit voor de elektrolyse van waterstof in de EU dynamisch blijft groeien, blijven uitdagingen bestaan bij de ontwikkeling van een grootschalige waterstofsector, waarbij de beschikbaarheid van grote hoeveelheden kosteneffectieve waterstof wordt gewaarborgd. Bovendien is de EU achterop geraakt bij de productie van brandstofcellen.

In de EU zijn wereldwijd toonaangevende bedrijven actief op het gebied van de productie van biogas en biomethaan en de productie van componenten. Europa beschikt over een rijpe biogas- en biomethaanindustrie, voornamelijk voor de opwekking van elektriciteit, met groeiende markten voor warmte en vervoer. Bijna 50 % van de productie vindt plaats in Europa, terwijl Duitsland alleen al aan 20 % van de wereldwijde vraag voldoet.

De EU bevindt zich in een goede positie op het gebied van CO₂-afvangtechnologieën, maar blijft achter bij de VS en Canada op het gebied van vervoer en opslag van CO₂. Het aantal CCS-projecten is wereldwijd en in Europa snel toegenomen. EU-maatregelen om investeerders voorspelbaarheid te bieden en de zichtbaarheid van de vraag naar en het aanbod van opslag te vergroten, zijn in dit verband van cruciaal belang.

De EU beschikt over enkele gevestigde markt- en technologieleiders voor zowel elektriciteitsleidingen als transformatoren. Europese bedrijven zullen naar verwachting op korte tot middellange termijn te maken krijgen met toenemende druk van internationale concurrenten. De productie van netwerkuitrusting is sterk afhankelijk van de toegang tot grondstoffen zoals koper, aluminium en elektrostaal met georiënteerde korrel, waarbij EU-fabrikanten afhankelijk zijn van invoer.

Op het gebied van kernenergie beschikt de EU over één actieve verkoper van reactoren, met een wereldwijd marktaandeel van 5,3 % van reactoren die begin 2024 in aanbouw waren. Aangezien de vloot van kerncentrales in de EU en de arbeidskrachten vergrijzen, zijn inspanningen nodig om de sector te verjongen. De Europese industriële alliantie voor kleine modulaire reactoren is in 2024 opgericht om de uitrol van kleine modulaire reactoren te vergemakkelijken en een concurrerend EU-ecosysteem in deze opkomende technologie te ondersteunen.

Hoewel de waterkrachtindustrie van de EU wereldwijd een leidende rol blijft spelen, heeft zij de afgelopen jaren marktaandeel in geproduceerde turbines en andere onderdelen verloren. Het handelsoverschot van de EU daalde aanzienlijk van een piek van 466 miljoen EUR in 2015 tot 213 miljoen EUR in 2023. Om een sterke verwerkende industrie van componenten in de EU in stand te houden, zou de thuismarkt met nieuwe investeringen moeten worden ondersteund. Er schuilt ook onbenut potentieel in het uitbreiden van de opwekking van waterkracht in pompcentrales om bij te dragen tot netflexibiliteit.

De EU is een van de innovatieleiders op de opkomende markt voor duurzame alternatieve brandstoffen voor de luchtvaart en het zeevervoer. De productiecapaciteit blijft beperkt en moet worden opgeschaald, terwijl tegelijkertijd de prijzen voor dergelijke brandstoffen moeten worden verlaagd.

Overtollige energie uit industriële processen in de EU zou kunnen worden omgezet in 150 TWh elektriciteit per jaar met behulp van centrales voor organische rankinecyclus (ORC). EU-fabrikanten behoren tot de belangrijkste spelers op de wereldmarkt, maar er zijn belemmeringen, zoals lange terugverdientijden, om de uitrol in de EU te vergroten.

1. INLEIDING

Schone-energie technologieën zijn van cruciaal belang om de EU tegen 2050 klimaatneutraal te maken, haar energiezekerheid te versterken en haar concurrentievermogen te vergroten. **De afgelopen decennia heeft de EU een centrale rol gespeeld bij de uitrol van schone technologieën**, zoals zonne- en windenergie. In 2024 bedroeg het aandeel hernieuwbare energiebronnen in de elektriciteitsmix van de EU 48 %. Dit onderstreept het toenemende concurrentievermogen en de economische relevantie van schone-energie technologieën in vergelijking met fossiele energiebronnen. Om zijn broeikasgasemissiereductiedoelstellingen voor 2030 en daarna te halen, zal Europa in die richting moeten doorgaan en zijn inspanningen moeten opvoeren.

Tegelijkertijd wordt de EU-industrie geconfronteerd met toenemende druk op haar concurrentievermogen op het gebied van nettonultechnologieën. Het leiderschap in en de productie van technologieën die in de EU zijn ontwikkeld, verschuiven steeds meer naar andere grote economieën, zoals China en de VS, die hun productiecapaciteit aan het uitbreiden zijn.

Concurrentievermogen is een aandachtspunt geworden voor EU-beleid, ook met betrekking tot nettonultechnologieën. In de conclusies van de Europese Raad van april 2024 werd er bij de EU op aangedrongen concurrerder te worden¹. Het nieuwe kompas voor concurrentievermogen bevat een reeks maatregelen om het concurrentievermogen van de EU de komende jaren te versterken, voortbouwend op de bevindingen van het jaarverslag over de eengemaakte markt en het concurrentievermogen en de diepgaande analyse in het Draghi-verslag². In het Draghi-verslag wordt de nadruk gelegd op de economische kansen die schone technologieën bieden voor de EU, als innovatieleider op het gebied van schone technologieën³. Hierin worden de belangrijkste belemmeringen voor het concurrentievermogen van de EU opgesomd en wordt opgeroepen tot een coherente en gerichte strategie, waarbij rekening wordt gehouden met verschillen tussen industrieën. Zowel in het Draghi-verslag als in het Letta-verslag wordt ook gewezen op het belang van het tegelijkertijd versterken van de eengemaakte markt voor energie en aanverwante infrastructuur om het potentieel van de EU op het gebied van hernieuwbare energie te benutten, met als doel veilige en betaalbare energie voor haar industrieën te waarborgen⁴.

Om de strategische autonomie van de EU te ondersteunen, haar industriële basis veilig te stellen en het innovatiepotentieel in stand te houden, **is de productie van de nettonultechnologieën van vandaag en morgen in Europa van essentieel belang. De Clean Industrial Deal vormt een nieuwe blauwdruk voor de welvaart en het concurrentievermogen van de EU**⁵. Met de Clean Industrial Deal zal de Commissie de toegang van de EU-industrie tot financiering, materiaalstromen en geschoolde arbeidskrachten verbeteren en tegelijkertijd nieuwe leidende markten creëren en de veerkracht van waardeketens vergroten. Tegelijkertijd zal de Commissie een ongekende inspanning tot vereenvoudiging leveren om de lasten voor bedrijven te verminderen. Dit zal de weg vrijmaken voor meer concurrerende industrieën en hoogwaardige banen, met bijzondere aandacht voor schone en strategische technologieën.

¹ Europese Raad (2024), Conclusies van de buitengewone bijeenkomst van de Europese Raad (17 en 18 april 2024); Europese Raad (2024), Verklaring van Boedapest over de nieuwe deal voor het Europees concurrentievermogen (7 en 8 november 2024).

² COM(2025) 30 final en COM(2025) 26 final.

³ Mario Draghi, [The future of European competitiveness](#), 2024.

⁴ Enrico Letta, [Much more than a market](#) (Veel meer dan een markt), 2024.

⁵ **[RUIMTE VOOR VERWIJZING NAAR DE CLEAN INDUSTRIAL DEAL].**

Toegang tot betaalbare energie is een belangrijke factor voor het concurrentievermogen van de EU en de centrale doelstelling van het nieuwe actieplan voor betaalbare energie⁶. Het actieplan vormt een aanvulling op de Clean Industrial Deal waarin maatregelen worden voorgesteld om de energiekosten voor industrie, bedrijven en huishoudens te verlagen en tegelijkertijd de nodige structurele hervormingen te versnellen. Het is gericht op de doelstelling om de transitie naar betaalbare, schone, in de EU opgewekte energie te versnellen, voortbouwend op de in dit verslag behandelde technologieën. Het actieplan heeft tot doel de energie-unie te voltooien en te zorgen voor een volledig geïntegreerde interne energiemarkt met de vereiste fysieke interconnecties.

Dit verslag bevat empirisch onderbouwde monitoring en advies met betrekking tot het concurrentievermogen van schone-energietechnologieën en de fabrikanten ervan in Europa. De verordening voor een nettonulindustrie, die in 2024 in werking is getreden, versterkt de rol van het verslag verder door het aan te wijzen als het belangrijkste monitoringinstrument voor de vooruitgang van de EU met betrekking tot de in de handeling vastgestelde productiedoelstellingen. Met de verordening voor een nettonulindustrie streeft de EU ernaar haar binnenlandse productiecapaciteit voor belangrijke schone technologieën te versterken en het concurrentievermogen en de veerkracht van haar industrie te vergroten. Het doel is de afhankelijkheid van externe actoren te verminderen door een productiecapaciteit te bereiken van ten minste 40 % van de jaarlijkse behoeften van de EU voor de uitrol van de technologieën die nodig zijn om haar klimaat- en energiedoelstellingen voor 2030 te halen, en door tegen 2040 een aandeel van 15 % in de wereldproductie te bereiken⁷.

Deel I van het verslag bevat algemene inzichten over belangrijke kwesties voor het concurrentievermogen van de nettonultechnologiesector van de EU als geheel, met inbegrip van aspecten als energiekosten, productie, decarbonisatie van de industrie, vaardigheden, trends in investeringen, onderzoek en innovatie, en de mondiale context. Deel II van het verslag geeft een overzicht van de stand van zaken met betrekking tot het concurrentievermogen van de EU-industrie in 15 nettonultechnologieën, waarbij de sterke en zwakke punten in de respectieve waardeketens worden belicht.

Dit is de vijfde editie van dit voortgangsverslag over het concurrentievermogen, dat sinds 2020 wordt gepubliceerd overeenkomstig artikel 35, lid 1, punt m), van de verordening inzake de governance van de energie-unie en klimaatactie. Dit verslag wordt geschraagd door gegevens van het Waarnemingscentrum voor schone-energietechnologie (CETO)⁸.

2. BEOORDELING VAN HET CONCURRENTIEVERMOGEN VAN DE EU-SECTOR VOOR SCHONE ENERGIE

2.1. De mondiale economische context en het concurrentievermogen van de nettonultechnologiesector van de EU

2.1.1. Ontwikkelingen op het gebied van energieprijzen en -kosten

De situatie op de energiemarkt in de EU is in 2023 en 2024 verbeterd. De energieprijzen waren aanzienlijk lager dan in 2022, maar bleven boven het niveau van vóór de crisis en aanzienlijk hoger dan in concurrerende regio's. Een grotere diversificatie van de invoer van gas en een

⁶ [RUIMTE VOOR VERWIJZING NAAR HET ACTIEPLAN VOOR BETAALBARE ENERGIE].

⁷ PB L, 2024/1735, 28.6.2024, artikel 5.

⁸ Meer informatie en CETO-verslagen zijn te vinden op: [Clean Energy Technology Observatory](#).

grotere capaciteit voor de opwekking van hernieuwbare energie, in combinatie met een lager verbruik, hebben bijgedragen aan lagere groothandelsprijzen voor gas en elektriciteit.

De groothandelsprijzen voor gas waren in 2024 lager dan in 2023 en veel lager dan de prijzen in de eerste maanden na de Russische invasie van Oekraïne in 2022. Zij bleven echter hoger dan vóór de crisis. Voor 2024 is de gemiddelde groothandelsprijs voor gas gestabiliseerd op 34 EUR/MWh. De prijzen daalden in de eerste helft van het jaar tot niveaus dicht bij de buurt van 30 EUR/MWh, maar stegen tegen eind 2024 gestaag tot 35-45 EUR/MWh om begin 2025 opnieuw te stijgen.

Wat betreft elektriciteit werd 2024 ook gekenmerkt door een voortzetting van positieve fundamentele marktfactoren die resulteerden in lagere groothandelsprijzen voor elektriciteit. Lagere gasprijzen, een gematigde vraag en een hogere productie van hernieuwbare energie en kernenergie zijn allemaal factoren die hebben bijgedragen tot het verlagen van de groothandelsprijzen voor elektriciteit op alle EU-markten. De Europese elektriciteitsbenchmark bedroeg gemiddeld 95 EUR/MWh in 2023, ofwel 57 % lager dan in 2022. In de eerste drie kwartalen van 2024 daalde het gemiddelde tot 70 EUR/MWh, maar de prijzen stegen in het laatste kwartaal. In totaal bedroeg het gemiddelde voor 2024 76 EUR/MWh. Het elektriciteitsverbruik in de EU nam in 2024 licht toe (+2 %), waarbij de industriële vraag licht herstelde.

Als gevolg van de energiecrisis werden aanzienlijke stijgingen van de groothandelsprijzen voor elektriciteit aan de eindverbruikers doorberekend, in sommige gevallen met vertraging. Als gevolg daarvan stegen de detailhandelsprijzen voor elektriciteit voor huishoudens in 2022 en gedeeltelijk in 2023⁹. In overeenstemming met de inspanningen van de EU hebben de lidstaten tijdelijke maatregelen genomen om de gevolgen van de hoge prijzen voor consumenten te beperken. Hoge prijzen bleven echter een probleem, met name voor kwetsbare consumenten. Uit de ontwikkeling van de detailhandelsprijzen van huishoudens in 2024 blijkt dat de prijzen in de EU licht daalden of vergelijkbaar bleven ten opzichte van de prijzen van 2023.

De elektriciteitsprijzen voor industriële gebruikers daalden in de eerste helft van 2024 aanzienlijk ten opzichte van dezelfde periode in 2023. De daling varieerde van 13 % tot 27 % (exclusief belastingen) en van 6 % tot 27 % (inclusief niet-terugvorderbare belastingen)¹⁰ in verschillende verbruikscategorieën, waardoor de in 2023 aangevangen neerwaartse trend werd versterkt. De EU-industrie wordt momenteel echter geconfronteerd met elektriciteitsprijzen die ongeveer twee keer hoger liggen dan die in de VS of China, met een gemiddelde van 0,16 EUR per kWh in 2024¹¹.

Het aandeel hernieuwbare energie in de elektriciteitsmix van de EU is gestegen tot een nieuw recordniveau van 48 % in 2024 (tegenover 45 % in 2023 en 41 % in 2022¹²), terwijl het aandeel fossiele brandstoffen aanzienlijk is gedaald tot 24 % (van 28 % in 2023). De productie van zonne-energie en offshore-windenergie is in 2024 aanzienlijk gestegen: offshore-windenergie steeg met 17 % (+9 TWh), terwijl de opwekking van zonne-energie met 19 % toenam (+37 TWh). De productie van waterkracht nam toe met 7 % (+22 TWh), de opwekking van onshore-windenergie bleef min of meer stabiel (–1 TWh) en de nucleaire productie steeg in

⁹ Eurostat ([nrg_pc_204](#)), geraadpleegd op 12 februari 2025.

¹⁰ Eurostat ([nrg_pc_205](#)), geraadpleegd op 12 februari 2025.

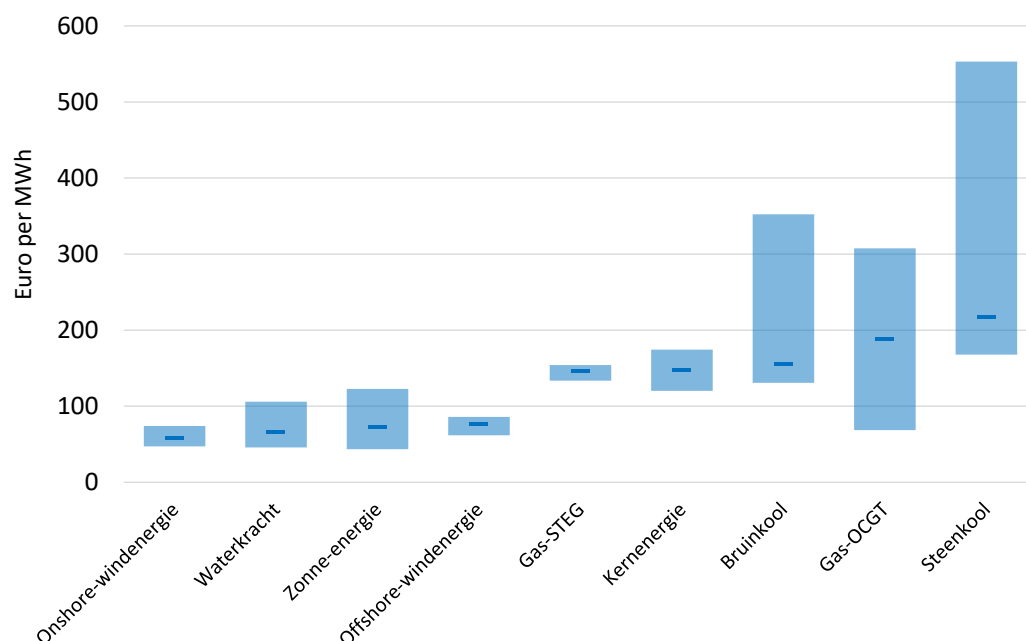
¹¹ Eurostat, [Electricity price statistics](#) (statistieken betreffende elektriciteitsprijzen). Opmerking: De prijzen hebben betrekking op de verbruikscategorie ID, waarbij terugvorderbare heffingen in mindering worden gebracht.

¹² Gegevens voor 2022 op basis van [Eurostat](#).

dezelfde periode met 5 % (+29 TWh)¹³. Tegelijkertijd is de elektrificatie niet geïntensiveerd, waardoor elektriciteit als aandeel van de energiemix sinds 2000 stabiel is gebleven op ongeveer 20 %¹⁴.

Figuur 1 geeft een overzicht van de **genormaliseerde elektriciteitskosten (LCOE) in de EU**¹⁵, die zijn geraamd op basis van de specifieke kenmerken van de elektriciteitssystemen in elke lidstaat voor 2023. De investeringskosten en de exploitatie- en onderhoudskosten stegen in 2023 als gevolg van inflatie, hogere materiaalkosten en toegenomen arbeidskosten. De hoge inflatie en de hoge rentetarieven speelden een belangrijke rol bij het beïnvloeden of vertragen van investeringsbeslissingen in 2023, zowel voor projectontwikkelaars als voor fabrikanten.

Figuur 1: Momentopname van de voor de technologievloot specifieke genormaliseerde elektriciteitskosten (LCOE) voor 2023. De donkerblauwe lijnen geven de mediaan aan en de lichtblauwe balken tonen een bereik van ± 25 % in de EU, waardoor verschillen tussen de lidstaten duidelijk worden.



Bron: Modelsimulatie METIS van het JRC¹⁶

Ondanks deze stijgende kosten blijven technologievloten met lage variabele kosten (met inbegrip van operationele kosten, bv. onderhouds- en brandstofkosten), zoals hernieuwbare energiebronnen als onshore-windenergie en zonne-energie, kosteneffectiever in vergelijking

¹³ De gegevens voor 2023 en 2024 in deze alinea zijn gebaseerd op het [ENTSO-E Transparency Platform](https://transparency.entsoe.eu/) (transparantieplatform van ENTSB-E).

¹⁴ COM(2025) 26 final.

¹⁵ De genormaliseerde elektriciteitskosten (LCOE) zijn een methode om de gemiddelde kosten van het opwekken van één eenheid elektriciteit (gewoonlijk gemeten in megawattuur, MWh) over de gehele levensduur van een energieopwekkend actief of project te vergelijken, waarbij rekening wordt gehouden met alle kosten in verband met de bouw en exploitatie van de energiecentrale (kapitaall uitgaven, exploitatie- en onderhoudskosten, brandstofkosten (indien van toepassing), financieringskosten en ontmantelingskosten (indien van toepassing)).

¹⁶ Overeenkomstig: Gasparella, A., Koolen, D. en Zucker, A., “The Merit Order and Price Setting Dynamics in European Electricity Markets”, Bureau voor publicaties van de Europese Unie, 2023. Berekening gebaseerd op de jaarlijkse kosten voor het jaar 2023. Kapitaall uitgaven en bedrijfskosten op basis van het Primes-referentiescenario voor de klimaatdoelstelling voor 2040, omgerekend in jaarcijfers aan de hand van de technische levensduur en de gewogen gemiddelde kapitaall kosten. De jaarlijkse kosten zijn genormaliseerd met gebruik van capaciteitsfactoren die zijn afgeleid van het METIS-model. De variabele kosten zijn gebaseerd op de grondstoffenprijzen van 2023, de variabele bedrijfskosten en de levering in de METIS-simulatie.

met opwekkingstechnologieën met hoge variabele kosten, zoals fossiele energiebronnen als gas en steenkool onder invloed van brandstofkosten. Over het algemeen zijn hernieuwbare energiebronnen in de EU nog steeds zeer kosteneffectief.

De LCOE-waarde van een bepaalde technologie wordt onder meer beïnvloed door de verhouding tussen het jaarlijkse productievolume van de technologie en de geïnstalleerde capaciteit ervan. Hoe minder een technologie wordt gebruikt, hoe groter de LCOE-waarde ervan zal zijn. Daarom worden voor conventionele technologieën, zoals bruinkool, gasturbine met open cyclus (OCGT) en steenkool, die in sommige lidstaten met een lagere opwekking te maken hebben gehad, grotere opwaartse spreads in hun LCOE-waarden opgetekend. De LCOE-spread voor een technologie als de gecombineerde gasturbinescyclus (STEG) blijft daarentegen zeer beperkt, aangezien het gebruikscijfer van STEG-centrales in de meeste lidstaten hoog is.

Hernieuwbare energiebronnen blijven de goedkoopste concurrerende technologieën, terwijl STEG de meest concurrerende thermische technologie op basis van kosten werd. Deze trend is deels te verklaren door de sterke daling van de aardgasprijzen ten opzichte van het voorgaande jaar. Hoewel in 2022 als gevolg van schommelende prijzen een aanzienlijke brandstofomschakeling tussen gas en steenkool plaatsvond, verschoof de focus in 2023 meer naar de gevolgen van hogere vaste kosten voor alle technologieën.

De afgelopen tien jaar is de LCOE voor verschillende opwekkingstechnologieën in Europa aanzienlijk geëvolueerd als gevolg van verschillende belangrijke factoren. De technologische vooruitgang heeft geleid tot meer efficiëntie en capaciteit, met name op het gebied van zonnepanelen en windenergie, waardoor de kosten aanzienlijk zijn gedaald. Schaalvoordelen, met name bij grotere projecten en massaproductie, hebben de kosten voor hernieuwbare energie verder doen dalen. Beleidssteun, met inbegrip van subsidies, fiscale stimulansen en koolstofbeprijzing, heeft de toepassing van schonere energiebronnen aangemoedigd en tegelijkertijd de kosten in verband met fossiele brandstoffen zoals steenkool en aardgas verhoogd. Verbeterde toeleveringsketens en productieprocessen hebben het algemene concurrentievermogen van hernieuwbare technologieën vergroot. Deze gecombineerde invloeden hebben het energielandschap veranderd, waardoor hernieuwbare energiebronnen kosteneffectiever zijn geworden en de afhankelijkheid van traditionele energiebronnen is verminderd.

In het Draghi-verslag wordt energie benadrukt als een belangrijke motor voor het concurrentievermogen van de EU en wordt een combinatie van maatregelen voorgesteld om de oorzaken van de hoge energieprijzen in de EU aan te pakken, met als doel eindgebruikers te laten profiteren van de voordelen van het koolstofvrij maken van energie¹⁷. Energie vervult een centrale rol in de nieuwe Clean Industrial Deal en met het actieplan voor betaalbare energie stelt de Commissie concrete maatregelen voor om de energiekosten voor huishoudens en de industrie te verlagen.

2.1.2. Steun voor nettonultechnologieën op de wereldmarkten

De nieuwe geopolitieke dynamiek en een fase die wordt gekenmerkt door zowel hoge rentevoeten als inflatie, hebben het ondernemingsklimaat voor nettonultechnologieën de afgelopen jaren veranderd. De wereldmarkt voor belangrijke, massaal geproduceerde nettonultechnologieën zal tegen 2035 qua omvang bijna verdrievoudigen en een jaarlijkse

¹⁷ Mario Draghi, [The future of European competitiveness](#) (De toekomst van het Europese concurrentievermogen), 2024.

waarde van ongeveer 1,9 biljoen EUR bereiken¹⁸. In de wedloop om de productie op te bouwen om aan de verwachte vraag te voldoen, blijft het van cruciaal belang ervoor te zorgen dat de EU-industrie concurrerend is en haar rol kan spelen bij de levering van de technologieën voor de energietransitie in Europa en wereldwijd. Tegelijkertijd vormen onzekerheden een uitdaging voor langetermijninvesteringen, ook in fabricage- of productiefaciliteiten. Om de EU en haar industrieën in staat te stellen in 2030 en daarna om marktaandelen te concurreren, zullen de besluiten die op dit moment worden genomen en uitgevoerd, van doorslaggevend belang zijn. Vertragingen bij de opbouw van nettonulproductiecapaciteit kunnen gevolgen hebben voor het concurrentievermogen van de EU in de komende decennia. Hoewel versnelde elektrificatie de afhankelijkheid van de invoer van fossiele brandstoffen zal verminderen, zullen veerkrachtige waardeketens voor nettonultechnologieën, zoals windenergie of batterijen, nodig zijn om nieuwe afhankelijkheden te voorkomen¹⁹.

Als reactie op recente crises en als strategieën om bedrijven te ondersteunen bij de energietransitie, is wereldwijd industriebeleid ingevoerd om de productie van schone-energie-technologieën te vergroten, ook in landen als Canada, China, India, Japan, Zuid-Korea en de VS. Met de vaststelling van de wet inflatiebestrijding (IRA) hebben de VS subsidies aangeboden ter ondersteuning van de installatie van geavanceerde technologieën alsook belastingkredieten voor investeringen in productiefaciliteiten voor de productie van apparatuur voor schone energie (naar schatting 461 miljard EUR²⁰, waarvan 60 % op de energiesector is gericht). Tegelijkertijd is China een overheersende producent van talrijke nettonultechnologieën geworden en heeft het voortouw genomen bij de ondersteuning van schone technologieën door middel van een op investeringen gerichte economie²¹. Wat specifiek de zonne-energiesector betreft, is meer dan 90 % van de productiefaciliteiten in China gevestigd²².

Bovendien vergroten de invoerbepalingen in de VS en andere landen de druk op fabrikanten uit de EU op hun thuismarkten. Daarnaast brengt wereldwijde groei van de productiecapaciteit, die momenteel naar verwachting voor bepaalde technologieën de inzetcapaciteit kan overschrijden, het gevaar van overcapaciteit mee. Een dergelijke ontwikkeling kan ernstige schade toebrengen aan segmenten van de EU-productie, waaronder nettonultechnologieën. Volgens prognoses voor 2025 zal nog steeds sprake zijn van wereldwijde overcapaciteit op het gebied van belangrijke schone-energie-technologieën, met name voor de hele waardeketen voor batterijen en zonne-energie, en gondels voor windturbines²³.

Uit schattingen blijkt dat de totale subsidies van China drie tot negen keer zo hoog liggen als die van andere OESO-landen, zoals de VS of Duitsland²⁴. De EU heeft een antisubsidieonderzoek naar de invoer van batterijelektrische voertuigen (BEV) uit China afgerond, wat heeft geleid tot de instelling van compenserende rechten op dergelijke invoer²⁵. Ter beoordeling van de omvang en reikwijdte van subsidies en de overeenstemming met de internationale handelsregels moeten verdere kanalen voor overheidssteun in aanmerking

¹⁸ Internationaal Energieagentschap (IEA), “Energy Technology Perspectives”, 2024. Ramingen van de mondiale markt voor fotovoltaïsche zonne-energie, windenergie, elektrische voertuigen, batterijen, elektrolyse-installaties en warmtepompen. In het verslag wordt 2 biljoen USD genoemd, omgerekend in EUR eind 2024.

¹⁹ Europese Commissie, [2025 Annual Single Market and Competitiveness Report](#), (Jaarverslag over de eengemaakte markt en het concurrentievermogen 2025), zie KPI 18 over elektrificatie.

²⁰ Op basis van de gemiddelde wisselkoers van 0,9239 EUR voor 1 USD over het jaar 2024, op basis van de [ECB](#).

²¹ Strategic perspectives, [Competing in the new zero-carbon industrial era](#) (Concurreren in het nieuwe koolstofvrije industriële tijdperk), 2023.

²² Meer informatie is te vinden in het volgende punt over fotovoltaïsche zonne-energie.

²³ BloombergNEF, “Trade & Supply Chains: 10 Things to Watch in 2025”, 2025.

²⁴ Kiel Institute for the World Economy, “Foul Play? On the Scale and Scope of Industrial Subsidies in China”, 2024.

²⁵ PB L, 2024/2754, 29.10.2024.

worden genomen. De EU zal ook samenwerken met internationale handelspartners en de hulp inroepen van internationale instellingen zoals de Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (OESO) en het Internationaal Energieagentschap (IEA) voor de monitoring van de situatie.

Wil de wereldwijde energietransitie succesvol zijn, moeten de economische kansen en voordelen in de hele waardeketen worden gedeeld. In dit verband zullen mondiale partnerschappen en een gelijk speelveld van essentieel belang zijn voor het bereiken van veerkracht en strategische autonomie voor de EU. Het huidige EU-initiatief Global Gateway bevordert investeringen in niet-EU-landen op gebieden die van cruciaal belang zijn voor de EU en haar groene en digitale transitie. Global Gateway beoogt tot 300 miljard EUR aan investeringen te mobiliseren²⁶. Het onderhandelen over en sluiten en uitvoeren van ambitieuze handelsovereenkomsten zal helpen de markttoegang uit te breiden en de economische veerkracht te vergroten²⁷. Daarnaast kunnen partnerschappen voor schone handel en investeringen handelsovereenkomsten aanvullen en de decarbonisatie-inspanningen in de EU en daarbuiten ondersteunen, afgestemd op de zakelijke belangen van de EU en haar handelspartners in de schone-energiesector.

In de EU stond het versnellen van de decarbonisatie en de transitie naar schone energie centraal in de Europese Green Deal en daaropvolgende beleidsmaatregelen, waaronder het Fit for 55-pakket en het industrieel plan voor de Green Deal. De EU beschikt over een solide kader ter bevordering van nettonultechnologieën, waarin steun op het gebied van onderzoek en innovatie, economische stimulansen zoals koolstofbeprijzing in het emissiehandelssysteem van de EU (ETS) en regelgevingsinstrumenten zoals de richtlijn hernieuwbare energie en de verordening voor een nettonulindustrie worden gecombineerd. De herstel- en veerkrachtfaciliteit voorziet in een begroting van 650 miljard EUR ter ondersteuning van hervormingen en investeringen van de lidstaten, met een aandeel van ten minste 37 % groene maatregelen in de nationale herstel- en veerkrachtplannen. Daarnaast voorzien de fondsen van het cohesiebeleid van de EU uit het Europees Fonds voor regionale ontwikkeling, het Cohesiefonds, het Fonds voor een rechtvaardige transitie en Interreg in bijna 120 miljard EUR aan investeringen in groene maatregelen (waarvan de totale investeringskosten meer dan 166 miljard EUR bedragen). Dit vertegenwoordigt een gemiddelde bijdrage van 40 % aan klimaatactie voor deze fondsen, wat veel verder gaat dan de minimale regelgevingsverplichtingen²⁸. Bovendien heeft REPowerEU een belangrijke rol gespeeld bij het snel verminderen van de afhankelijkheid van Russische fossiele brandstoffen en het in een hogere versnelling brengen van de groene transitie.

Het platform voor strategische technologieën voor Europa (STEP) is door de EU opgericht om de Europese industrie te ondersteunen en investeringen in kritieke technologieën, waaronder schone-energietechnologieën, in Europa te stimuleren. Door middel van een mix van financiële stimulansen en maatregelen om de financiering van projecten te vergemakkelijken, wendt STEP financiering aan ter ondersteuning van kritieke technologieën in het kader van bestaande EU-programma's en -fondsen, waaronder fondsen van het cohesiebeleid, InvestEU, Horizon Europa, het Europees Defensiefonds, het Innovatiefonds van het EU-emissiehandelssysteem en de herstel- en veerkrachtfaciliteit. Bovendien heeft cluster 5 van het Horizon Europa-programma — “Klimaat, energie en mobiliteit” — tot 2024 meer dan 3 miljard EUR ter

²⁶ Meer informatie is te vinden op: https://international-partnerships.ec.europa.eu/policies/global-gateway_nl.

²⁷ COM(2025) 30 final.

²⁸ Meer informatie is te vinden op: [Exploring investments 2021-2027 — Cohesion policy support to climate action](#) (Verkenning van investeringen 2021-2027 — Ondersteuning van klimaatactie in het kader van het cohesiebeleid).

beschikking gesteld om onderzoek en innovatie op het gebied van schone-energietechnologieën te ondersteunen.

2.2. Waardeketens voor nettonultechnologie in de EU: kansen en uitdagingen voor een schone industrie

2.2.1. Toeleveringsketens voor productie

De afgelopen jaren heeft de EU stappen ondernomen om haar productiecapaciteit voor nettonultechnologieën te vergroten, met als doel strategische afhankelijkheden te verminderen en de veerkracht van de EU te vergroten en tegelijkertijd bij te dragen aan de klimaat- en energiedoelstellingen van de EU.

Hoewel de EU haar inspanningen opvoert, wordt zij geconfronteerd met zware tegenwind van mondiale concurrenten. De afgelopen jaren is haar positie op het gebied van productie van nettonultechnologieën wereldwijd verslechterd, ondanks de sterke punten van de EU op het gebied van onderzoek en innovatie, geschoolde arbeidskrachten en regelgevingsnormen. De EU behoudt een sterke productiebasis voor bepaalde nettonultechnologieën, zoals windenergie en elektrolyse-installaties, terwijl andere delen van de wereld bepaalde waardeketens steeds meer gaan domineren, zoals zonnepanelen en batterijen. Uitdagingen vormen niet alleen de afhankelijkheid van bepaalde nettonultechnologieën als zodanig, maar ook van specifieke technologische componenten in de toeleveringsketen. De EU bevindt zich bijvoorbeeld in een goede positie op het gebied van productie en blijft de belangrijkste producent van hydronische warmtepompen, maar China levert de meeste vierwegkleppen en compressoren²⁹. Bovendien blijft de EU sterk afhankelijk van een reeks kritieke grondstoffen die essentieel zijn voor de productie van een aantal nettonultechnologieën.

Wereldwijde investeringen in de productie van schone technologie namen tot 2023 snel toe. In 2024 bleven de investeringen op een vergelijkbaar niveau, met 129 miljard EUR (133 miljard EUR in 2023)³⁰. Volgens het Internationaal Energieagentschap (IEA) konden de EU en de VS hun gecombineerde aandeel wereldwijde investeringen in de productie van schone technologie in 2023 verhogen tot 16 % (tegenover 11 % in 2022)³¹. Tegelijkertijd behoudt China een aanzienlijke voorsprong op het gebied van investeringen in de productie. Voor 2024 wordt geschat dat China goed was voor 81 % van de wereldwijde investeringen in de toeleveringsketen voor schone technologie³².

De productiekosten in de EU en de VS blijven structureel hoger dan in China. De productiekosten van modules voor fotonvoltaïsche zonne-energie zijn in China 35 tot 65 % lager dan in de EU en de VS³³. Componenten van windturbines op land kosten ongeveer 355 EUR/kW in China, terwijl de kosten in de EU en de VS variëren van 448 tot

²⁹ Meer informatie is te vinden in het punt over warmtepomptechnologieën in hoofdstuk 3 van dit verslag.

³⁰ BloombergNEF, “Energy Transition Investment Trends 2025”, 2025. De gegevens hebben betrekking op de productie van belangrijke onderdelen van batterijen (met inbegrip van mijnen en raffinaderijen), fotonvoltaïsche zonne-energie, windenergie en de waterstoftoeleveringsketen. Omrekening op basis van de gemiddelde wisselkoers van 0,9239 EUR voor 1 USD over het jaar 2024, op basis van de [ECB](#).

³¹ Internationaal Energieagentschap (IEA), “Advancing Clean Technology Manufacturing”, 2024.

³² BloombergNEF, “Energy Transition Investment Trends 2025”, 2025. De gegevens hebben betrekking op de productie van belangrijke onderdelen van batterijen (met inbegrip van mijnen en raffinaderijen), fotonvoltaïsche zonne-energie, windenergie en de waterstoftoeleveringsketen.

³³ IEA, “Advancing Clean Technology Manufacturing”, 2024.

485 EUR/kW³⁴. De eindassemblage van warmtepompen in de EU en de VS kost ongeveer twee keer zo veel als in China³⁵.

Verschillende factoren dragen bij aan deze kostenverschillen, waaronder hoge energieprijzen, verstoringen van de toeleveringsketen, valuta-inflatie, hogere rentetarieven, hevige marktconcurrentie, verschillende subsidieprogramma's en een onzekere toekomstige vraag. Uit een recente analyse van het IEA blijkt dat China de meest kosteneffectieve locatie blijft voor kapitaalinvesteringen in productiefaciliteiten, waarbij de kosten in de EU en de VS 70 tot 195 % hoger liggen per eenheid productiecapaciteit³⁶. Hoewel de uitdagingen voor het vergroten van de EU-productie aanzienlijk zijn, bergt de EU, als een van de belangrijkste markten voor de ontwikkeling en uitrol van nettonultechnologieën, een groot potentieel in zich om de economische kansen van de wereldwijde energietransitie te benutten.

De productie van nettonultechnologie is over tal van regio's in de EU verspreid, die elk verschillende specialisaties hebben. Terwijl het aandeel van de EU in de wereldwijde productie van fotonulzonnepanelen de afgelopen jaren is gedaald, beschikken Duitsland, Italië, Spanje, Frankrijk en Oostenrijk nog over productielocaties. Wat windenergie betreft, is de productie van componenten over de EU gespreid, maar zijn de belangrijkste windturbinefabrikanten geconcentreerd in Denemarken en Duitsland, met extra relevante productiecapaciteit voor masten in Spanje. De productie van batterijen in de EU is in ontwikkeling, met productiefaciliteiten in Polen, Duitsland, Hongarije, Frankrijk, Zweden en andere lidstaten. Wat waterstof betreft, is meer dan de helft van de productie van elektrolyse-installaties in de EU geconcentreerd in Duitsland, met extra capaciteit in Denemarken, Spanje, Portugal, Italië en Frankrijk. Wat warmtepompen betreft, behoren Duitsland, Zweden, Finland en Denemarken tot de landen met relevante productie. Op het gebied van geothermische energie neemt Italië het voortouw wat betreft productie, met relevante productie eveneens in Duitsland en Frankrijk. Italië speelt ook een leidende rol wat betreft kabelproductie in de EU, gevolgd door Zweden, Duitsland, Frankrijk, Polen en Denemarken. De EU is ook een toonaangevende producent van biogas en biomethaan, met relevante productie met name in Duitsland en Italië, alsook in Tsjechië, Spanje en Polen voor relevante componenten³⁷.

De EU heeft de verordening voor een nettonulindustrie vastgesteld om haar afhankelijkheid van ingevoerde nettonultechnologieën te verminderen, de veerkracht van de waardeketen te versterken en een sterke binnenlandse productiebasis op te bouwen. Het doel is een regelgevingskader vast te stellen om de toegang van de EU tot een veilige en duurzame levering van nettonultechnologieën te waarborgen, onder meer door de productiecapaciteit voor nettonultechnologieën en de toeleveringsketens ervan op te schalen.

Daarnaast stellen de lidstaten steeds meer specifiek beleid vast ter bevordering van de productie van nettonultechnologieën. Deze nationale beleids- en rechtskaders voor nettonultechnologieën omvatten een mix van stimuleringsregelingen, belastingen, begrotingsbeleid en vaardigheden- en onderwijsbeleid. Veel van deze nationale strategieën zijn gericht op specifieke technologieën in plaats van op nettonultechnologieën in het algemeen. In een recente studie wordt geconcludeerd dat de meeste vastgestelde beleidsmaatregelen in de lidstaten gericht zijn op elektrolyse-installaties en brandstofcellen, gevolgd door batterijen en opslagtechnologieën, windenergie en fotonulzonnepanelen. Zo beschikken Duitsland

³⁴ Op basis van een gemiddelde wisselkoers van 0,9239 EUR voor 1 USD over het jaar 2024, op basis van de [ECB](#).

³⁵ IEA, "Advancing Clean Technology Manufacturing", 2024.

³⁶ IEA, "Advancing Clean Technology Manufacturing", 2024.

³⁷ Ecorys, "The Net-Zero manufacturing industry landscape across Member States — Final Report", 2025. Niet-limitatieve lijst van voorbeelden.

en Spanje over specifieke strategieën voor waterstoftechnologieën, terwijl Ierland en Polen sectorale strategieën voor windenergie technologie hebben³⁸.

Een van de uitdagingen voor de wijdverbreide productie van nettonultechnologieën is de vergunningverlening voor productielocaties, wat uitgebreid wordt aangepakt in de verordening voor een nettonulindustrie. De regels verschillen van land tot land, wat van invloed kan zijn op het tijdschema voor de uitvoering van deze technologieën. De lidstaten werken echter aan oplossingen zoals digitalisering, het opzetten van éénloketsystemen en het prioriteren van groene projecten. Voorbeelden hiervan zijn de ontwikkeling door Italië van éénloketsystemen voor bedrijfsactiviteiten, de tijdelijke prioritering door Finland van projecten in het kader van de groene transitie en de classificatie van bepaalde projecten door Hongarije als prioritaire investeringen. De Franse wet op groene industrie heeft ook tot doel de vergunningstermijnen te verkorten met behulp van parallelle verwerking en versnelde procedures voor strategische projecten³⁹.

In het Draghi-verslag wordt benadrukt dat de productie van schone technologie in de EU moet worden behouden en versterkt om de groeimogelijkheden van een groeiende markt binnen en buiten de EU te kunnen benutten, voortbouwend op de sterke fundamenten van de EU op het gebied van innovatie en productie. Voorts worden in het verslag verschillende uitdagingen om op te schalen en te concurreren, in kaart gebracht, waarmee EU-fabrikanten op het gebied van deze technologieën worden geconfronteerd, en worden verschillende maatregelen voorgesteld om het concurrentievermogen van de EU op dit gebied te ondersteunen. In het verslag wordt onder meer de nadruk gelegd op de cruciale rol van een volledige en snelle uitvoering van de verordening voor een nettonulindustrie om de productie te ondersteunen⁴⁰.

De Clean Industrial Deal voorziet in een concurrentiegericht benadering van decarbonisatie, die erop gericht is de EU te beschermen als aantrekkelijke locatie voor productie, onder meer voor energie-intensieve industrieën en schone technologieën. Bovendien zal het toekomstige Europees Fonds voor concurrentievermogen ertoe bijdragen dat strategische technologieën, waaronder schone technologieën, in de EU worden ontwikkeld en geproduceerd⁴¹.

2.2.2. *Het koolstofvrij maken van energie-intensieve industrieën*

Van metalen zoals staal, aluminium tot chemische producten: de materialen die door energie-intensieve industrieën worden geproduceerd, zijn van strategisch belang voor de economie van de EU, onder meer als basis voor zowel het ontwerp als de productie van nettonultechnologieën. Voor de bouw van een windturbinemast is staal nodig voor de mast en de fundering ervan, aluminium voor de gondel en bladen, alsook gespecialiseerde chemische deklagen ervoor. Tegelijkertijd maken nettonultechnologieën, van hernieuwbare energiebronnen tot waterstofproductie, energie-efficiëntie en technologieën voor koolstofafvang en -opslag, het koolstofvrij maken van energie-intensieve industrieën mogelijk. Dit illustreert hoe essentieel energie-intensieve industriële producten zijn voor nettonulwaardeketens en vice versa.

Het vergroten van de strategische autonomie van de EU vereist daarom een benadering van de waardeketen waarbij rekening wordt gehouden met alle essentiële componenten en materialen

³⁸ Ibid.

³⁹ Ibid.

⁴⁰ Mario Draghi, [The future of European competitiveness](#), 2024.

⁴¹ [Politieke richtsnoeren voor de volgende Europese Commissie 2024-2029](#).

van nettonultechnologieën. In de verordening voor een nettonulindustrie wordt het belang erkend van transformatieve industriële technologieën voor het koolstofvrij maken van de productie van grondstoffen, zoals staal, aluminium, non-ferrometalen, chemische stoffen en cement. Deze verordening omvat steun voor decarbonisatieprojecten voor energie-intensieve industrieën die deel uitmaken van de toeleveringsketen van een nettonultechnologie⁴². Deze projecten profiteren met name van versnelde vergunningverlening. Daarnaast ondersteunt de EU de overschakeling van fossiele brandstoffen op hernieuwbare en koolstofarme energiebronnen, met name via energie-efficiënte elektrificatie, bijvoorbeeld door gebruik te maken van warmtepompen om warmte terug te winnen uit uitlaatgassen en deze te hergebruiken.

Energie-intensieve industrieën zijn goed voor meer dan de helft van het energieverbruik van de EU-industrie⁴³ en worden het zwaarst getroffen door structureel hogere energieprijzen in de EU in vergelijking met andere grote economieën. Ondanks de inspanningen in het kader van REPowerEU is de productie door de energie-intensieve industrieën van de EU sinds 2021 met 10 tot 15 % gedaald⁴⁴. Tegelijkertijd zijn energie-intensieve industrieën verantwoordelijk voor een aanzienlijk deel van de broeikasgasemissies in de EU. Het koolstofvrij maken ervan is van essentieel belang om klimaatneutraliteit te bereiken, maar vereist grote investeringen, waardoor de druk op EU-bedrijven verder toeneemt. Over het algemeen zet dit het concurrentievermogen van energie-intensieve industrieën in de EU sterk onder druk in vergelijking met landen met lagere energieprijzen en een minder ambitieuze decarbonisatieagenda. Het verlies van productie op het gebied van belangrijke industriële producten als gevolg van deze druk zou de toeleveringsketens van de EU op het gebied van nettonultechnologieën verzwakken, de afhankelijkheid van invoer vergroten en de welvaart verminderen.

In het Draghi-verslag wordt gewezen op het belang van energie-intensieve industrieën voor de economie van de EU en de enorme uitdaging waarmee zij te maken krijgen om te moeten investeren in decarbonisatie, terwijl zij worden geconfronteerd met stijgende prijzen voor koolstofemissies, en om te concurreren op de wereldmarkten. In dit verband wordt in het verslag gewezen op het gebrek aan een gelijk speelveld, met name ten aanzien van bedrijven die hoge subsidies ontvangen in landen als China, dat zijn productie snel uitbreidt. Voortbouwend op deze analyse wordt in het Draghi-verslag voorgesteld energie-intensieve industrieën in de EU gecoördineerde steun te verlenen bij hun transitie — van vergunningverlening tot financiële steun —, onder meer door vraag te creëren naar groene producten om een duidelijke businesscase te bieden voor investeringen in schone productie. Tegelijkertijd wordt in het verslag geadviseerd om een gelijk speelveld met de internationale concurrentie te creëren, bijvoorbeeld door voort te bouwen op het EU-mechanisme voor koolstofgrenscorrectie (CBAM)⁴⁵.

In de Clean Industrial Deal wordt sterk de nadruk gelegd op het ondersteunen van de EU-industrie en het concurrentievermogen ervan op weg naar decarbonisatie. De Commissie zal met name wetgeving inzake een versnelling van industriële decarbonisatie voorstellen ter ondersteuning van industrieën in transitie, door leidende markten voor schone producten te creëren en de plannings-, aanbestedings- en vergunningsprocedures voor de bouw of transformatie van productiefaciliteiten te versnellen, met bijzondere aandacht voor energie-intensieve industrieën. Het nieuwe kompas voor concurrentievermogen voorziet in op maat gesneden actieplannen voor energie-intensieve sectoren, zoals staal, metalen en chemische

⁴² PB L, 2024/1735, 28.6.2024, artikel 2, lid 3.

⁴³ Zie: https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/strategy/energy-intensive-industries_en.

⁴⁴ Mario Draghi, *The future of European competitiveness* (De toekomst van het Europese concurrentievermogen), 2024.

⁴⁵ Ibid.

stoffen, die de ruggengraat van het Europese productiesysteem vormen. Daarnaast worden in het kompas voor concurrentievermogen maatregelen voorgesteld ter bevordering van het concurrentievermogen, onder meer om het regelgevingsklimaat te vereenvoudigen en de regeldruk voor de industrie in de EU te verminderen.

2.2.3. Menselijk kapitaal en vaardigheden

Geschoolde arbeidskrachten liggen aan de basis van de capaciteit van de EU om schone-energietechnologieën en -infrastructuur te ontwerpen, te produceren, te bouwen, aan te sluiten en in stand te houden. Volgens het meest recente verslag van Irena bedroeg de werkgelegenheid in de hernieuwbare-energiesector in 2023 ongeveer 1,8 miljoen werknemers in de EU⁴⁶. Uit gegevens van brancheorganisaties blijkt dat eind 2023 ongeveer 826 000 mensen in de zonne-energiesector in de EU werkzaam waren (met 362 000 directe banen), wat neerkomt op een groei van 27 % van het aantal banen in de zonne-energiesector sinds 2022, waarbij 5 % van de banen betrekking had op het gebied van productie⁴⁷. In de warmtepompsector bedroeg het aantal directe banen in datzelfde jaar bijna 170 000, met 39 % op het gebied van productie⁴⁸. Negatieve trends in 2024 en daarna kunnen echter gevolgen hebben voor de arbeidsmarkt in de sector. In dit verband moet worden gewezen op de rol die schone-energietechnologieën spelen in het productiesegment, dat goed is voor ongeveer een derde van de banen in de bredere schone-energiesector. Dit onderstreept de belangrijke rol van nettonultechnologieën en de productie ervan, ook voor de werkgelegenheid.

Hoewel de situatie in 2024 licht verbeterde, blijft het tekort aan arbeidskrachten een punt van zorg. In het derde kwartaal van 2024 bedroeg de vacaturegraad in de energievoorzieningssector 1,6 %, terwijl het totale percentage in de EU-economie 2,3 % bedroeg⁴⁹. Het percentage bedrijven dat een tekort aan arbeidskrachten in de sector van de productie van elektrische apparatuur meldt, is gedaald van 20 % in het laatste kwartaal van 2023 tot 15 % in het laatste kwartaal van 2024⁵⁰. In dit opzicht is de vergrijzing van de beroepsbevolking in veel lidstaten een belangrijke factor die structurele tekorten aan arbeidskrachten de komende jaren kan verergeren⁵¹.

Verschillende beleidsmaatregelen en initiatieven op verschillende niveaus dragen al bij tot het aanpakken van tekorten aan arbeidskrachten en vaardigheden, maar de inspanningen moeten worden voortgezet. De lidstaten hechten veel waarde aan omscholing en herverdeling van werknemers over beroepen, sectoren en regio's. Voor zover mogelijk maken doelstellingen en maatregelen op het gebied van vaardigheden deel uit van het beleid inzake onderzoek, innovatie en concurrentievermogen in de nationale energie- en klimaatplannen⁵². Op EU-niveau is de vaardighedenagenda na het Europees Jaar van de Vaardigheden in 2023 een prioritair gebied gebleven. Het actieplan van 2024 inzake tekorten aan arbeidskrachten en vaardigheden in de EU bevat nieuwe acties voor de EU, de lidstaten en de sociale partners om

⁴⁶ Irena en IAO, "Renewable energy and jobs: Annual review 2024", 2024.

⁴⁷ Solar Power Europe: "EU Solar Jobs Report 2024 — a solar workforce ready for stronger growth", 2024.

⁴⁸ European Heat Pump Association, [European Heat Pump Market and Statistics Report 2024](#) (Verslag over de Europese warmtepompmarkt en statistieken 2024), 2024.

⁴⁹ Eurostat ([jvs_q_nace2](#)), geraadpleegd op 13 februari 2025.

⁵⁰ Europese Commissie, DG ECFIN, [Business and consumer survey database, subsector data](#) (Databank voor conjunctuurenquêtes, gegevens over subsectoren). "NACE-code 27: Vervaardiging van elektrische apparatuur" wordt gebruikt als graadmeter voor de sector van de productie van hernieuwbare energie, aangezien veel technologieën voor schone energie onder deze categorie vallen.

⁵¹ IEA, "World Energy Employment, 2024"; Cedefop, "Electroengineering workers: skills opportunities and challenges", 2023.

⁵² Verslagen van de lidstaten over nationale energie- en klimaatplannen, waarin informatie was verstrekt.

bij- en omscholing te ondersteunen, met name in sectoren die door de groene en de digitale transitie worden getroffen⁵³. Er zijn drie grootschalige partnerschappen in het kader van het pact voor vaardigheden (inzake hernieuwbare offshore-energie, hernieuwbare onshore-energie en digitalisering van energie) en drie academies voor nettonulvaardigheden (een batterijacademie in 2022, een academie voor zonne-energie in juni 2024 en een grondstoffenacademie in december 2024) opgericht om specifieke tekorten aan vaardigheden in belangrijke sectoren van schone-energietechnologie aan te pakken. Daarnaast zijn er nog meer academies op het gebied van wind- en waterstoftechnologie gepland.

Een concurrerende schone-energiesector en de energietransitie vereisen daarom aanzienlijke, versterkte en gerichte publieke en private coördinatie-inspanningen om werknemers aan te trekken en om en bij te scholen, zodat voldoende arbeidskrachten beschikbaar zijn. Verdere inspanningen zullen nodig zijn om het aandeel vrouwen dat werkzaam is op het gebied van ontwikkeling, productie en toepassing van schone-energietechnologieën, te verhogen, jongeren aan te trekken voor beroepen op energiegebied, en pools van talent op het gebied van schone energie te ontwikkelen. In het kompas voor concurrentievermogen benadrukt de Commissie de noodzaak en schetst zij verdere maatregelen om tekorten aan vaardigheden en arbeidskrachten aan te pakken ter ondersteuning van de industrieën die met het kompas worden aangepakt. Dit omvat de oprichting van een vaardigheidsunie en een hernieuwde focus op de financiering van vaardigheden in de EU-begroting, met bijzondere aandacht voor sectoren die betrokken zijn bij de groene en de digitale transitie. Deze maatregelen zullen van bijzonder belang zijn voor schone-energietechnologieën en het succes van de energietransitie.

2.3. Het innovatielandschap in de schone-energiesector

2.3.1. O&I-trends

Van oudsher heeft de EU wetenschappelijke en technische excellentie op het gebied van schone-energietechnologieën nagestreefd en bereikt, wat zich ook heeft vertaald in succes op de markt dankzij een pioniersvoordeel. Dit concurrentievoordeel is de afgelopen jaren echter afgenomen. Door vooruitgang te boeken op het gebied van onderzoek en innovatie, gebruik te maken van markten voor intern gebruik voor technologieoverdracht of al doende te leren, lopen andere economieën hun achterstand in of halen zij de EU in wat betreft de innovatiecapaciteit, met alle gevolgen van dien voor het concurrentievermogen. Daarom is het dichten van de innovatiekloof een van de drie onderdelen van het kompas voor concurrentievermogen, dat maatregelen bevat om de innovatieprestaties van de EU te versterken.

Tegelijkertijd heeft de EU nog steeds een sterke basis op het gebied van schone-energietechnologieën, waarbij zij zich in veel sectoren nog steeds in een goede positie bevindt. De EU raakt echter achterop bij de VS en China op digitaal gebied, zowel in het algemeen als in verband met schone technologieën⁵⁴. Gezien de horizontale relevantie van digitalisering in alle technologieën, heeft dit ook gevolgen voor het concurrentievermogen van de EU.

Wat betreft de uitgaven voor O&I op het gebied van schone-energietechnologieën als percentage van het bbp in de grote economieën, vertoont de EU een hoog niveau van publieke uitgaven aan O&I, maar dit staat in contrast met relatief lagere niveaus van private uitgaven aan O&I. Uit de meest recente beschikbare gegevens blijkt dat de helft van de lidstaten die al

⁵³ COM(2024) 131 final.

⁵⁴ Europese Commissie, directoraat-generaal Onderzoek en Innovatie, [Science, research and innovation performance of the EU 2024](#) (Prestaties op het gebied van wetenschap, onderzoek en innovatie in de EU, 2024), 2024.

cijfers voor 2023 hebben gerapporteerd⁵⁵, hun publieke uitgaven aan O&I hebben verhoogd. Als deze gedeeltelijke rapportage representatief zou zijn, zou dit — onder gelijkblijvende omstandigheden — leiden tot een extra bedrag van 0,7 miljard EUR (een stijging van 9 %) ter ondersteuning van de O&I-prioriteiten van de energie-unie⁵⁶.

De overheidsinvesteringen in onderzoek en innovatie in de O&I-prioriteiten van de energie-unie zijn gestaag toegenomen, waarbij de door de lidstaten gerapporteerde cijfers in 2022 23 % hoger liggen dan in 2021⁵⁷. Ongeveer de helft van de lidstaten die gegevens hebben verstrekt⁵⁸, heeft in 2022 meer O&I-overheidsinvesteringen in de prioriteiten van de energie-unie gedaan ten opzichte van 2021. De in 2022 aangegeven overheidsinvesteringen, aangevuld met EU-middelen, bedroegen meer dan 9 miljard EUR. Volgens deze cijfers en ramingen voor China en de VS neemt de EU het voortouw bij de overheidsuitgaven voor O&I in schone-energietechnologieën onder de grote economieën, zowel in absolute termen als percentage van het bbp (0,057 %, gevolgd door Japan met 0,055 %).

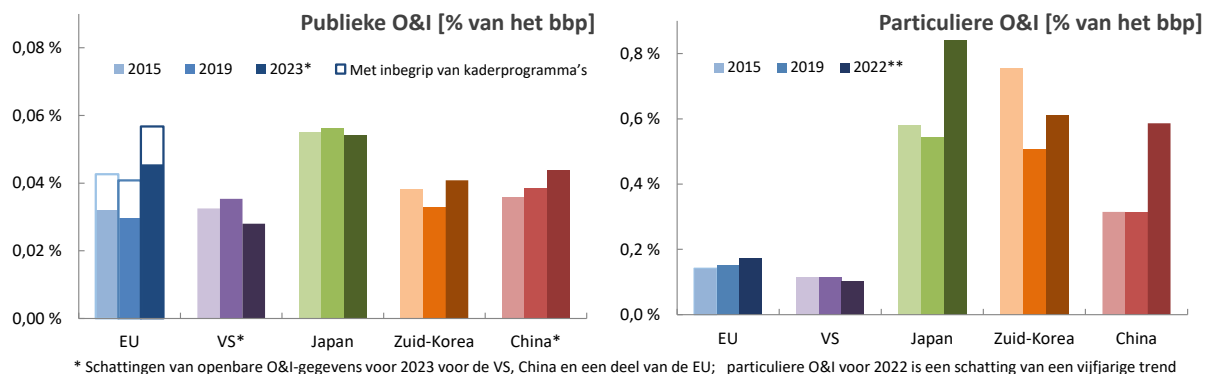
⁵⁵ Tijdige, robuuste en vergelijkbare informatie over O&I-trends op het gebied van schone-energietechnologieën is niet onmiddellijk beschikbaar. Dit is deels te wijten aan de inherente vertraging in bepaalde statistieken, maar ook aan het feit dat er niet altijd een duidelijke definitie van de betrokken technologiegebieden bestaat en deze vaak verspreid zijn over bredere themagebieden, zoals energie, vervoer of de bebouwde omgeving. De versnipperde rapportage maakt het moeilijk om een samenhangend beeld te krijgen en vormt een van de aandachtsggebieden, teneinde de monitoring en coördinatie in O&I te verbeteren. Zie ook SWD(2023) 646 final.

⁵⁶ COM(2015) 80 final.

⁵⁷ Een aanzienlijk aandeel van de toename in 2021 en 2022 was het gevolg van een wijziging in de rapportage door Spanje en herzieningen door Frankrijk. Deze twee lidstaten waren in 2022 goed voor een extra bedrag van 1 miljard EUR aan O&O-investeringen, waarbij Frankrijk verantwoordelijk is voor een groot deel van de toename in 2023. Bron: Internationaal Energieagentschap (IEA), [Energy Technology RD&D Budgets — Database documentation](#) (OO&D-budgetten voor energietechnologie — Gegevensbankdocumentatie), 2024.

⁵⁸ 22 lidstaten zijn lid van het IEA: AT, BE, CZ, DE, DK, EL, ES, FI, FR, HU, IE, IT, LT, LU, NL, PL, PT, SE, SK (EL en LU rapporteren niet, IT ontbreekt nog). Voor 2022 meldden BE, DE, EE, ES, FR, LT, IE, PL, PT en FI een toename aan het IEA. Tot dusver meldden AT, BE, FR, LT, IE en SK een toename voor 2023.

Figuur 2: Publieke/particuliere O&I-investeringen in de O&I-prioriteiten van de energie-unie in grote economieën als percentage van het bbp



Bron: JRC gebaseerd op IEA⁵⁹, “Mission Innovation”⁶⁰, eigen analyse⁶¹.

De meest recente stijgingen komen erop neer dat de investeringen van de lidstaten vanaf 2021 de piek van tien jaar geleden — vóór de gevolgen van de economische neergang — hebben overtroffen, zowel in nominale termen als bij het berekenen van de inflatie. In dezelfde periode heeft een aanzienlijke verschuiving plaatsgevonden in het aandeel publieke O&I-investeringen in de O&I-prioriteiten van de energie-unie. Nucleaire veiligheid was vroeger het meest prominente gebied, waarbij bijna een derde van de publieke O&I-investeringen werd aangetrokken; de afgelopen jaren heeft duurzaam vervoer een vergelijkbaar aandeel bereikt, met de nadruk op batterij- en waterstoftechnologieën.

Overheidsinvesteringen van de lidstaten worden aangevuld met EU-fondsen. Horizon Europa, het kaderprogramma van de EU voor onderzoek en innovatie, blijft schone-energietechnologieën en hun concurrentievermogen ondersteunen. Zo heeft cluster 5 “Klimaatenergie en mobiliteit” van Horizon Europa tussen 2021 en 2024 ongeveer 320 miljoen EUR geïnvesteerd in O&I voor fotonvoltaïsche zonne-energie, 70 miljoen EUR voor geothermische energie en meer dan 230 miljoen EUR voor de vooruitgang van geavanceerde technologieën op het gebied van duurzame alternatieve brandstoffen voor de luchtvaart en het zeevervoer. Horizon Europa omvat ook inspanningen om particuliere investeringen aan te trekken via Europese partnerschappen, zoals het partnerschap voor schone waterstof, Batt4EU en het partnerschap voor zonne-energie.

Particuliere investeringen blijven het grootste deel (meer dan driekwart) van de O&I-financiering voor schone-energietechnologieën in de EU en in alle grote economieën opleveren, waarbij investeringen als percentage van het bbp nog steeds aanzienlijk hoger liggen in de grote Aziatische economieën dan in de EU en de VS. Het grootste deel van de particuliere O&I-investeringen in schone-energietechnologieën in de EU gaat naar duurzamevervoerstechnologieën. De automobielsector beschikt over het grootste aandeel

⁵⁹ Bewerking van: Internationaal Energieagentschap (IEA), [IEA energy technology RD&D budgets database](#) (IEA-gegevensbank voor OO&D-budgetten voor energietechnologie), 2024. Ramingen van publieke O&I-gegevens voor de VS, op basis van het IEA en Myslikova, Z., Gallagher, K. S., Zhang, F., Narassimhan, E., Oh S. en Chi, K., [Global Public Energy RD&D Expenditures Database](#) (Gegevensbank voor mondiale publieke OO&D-uitgaven op energiegebied), 2024.

⁶⁰ Mission Innovation, [Country Highlights](#) (Hoogtepunten per land), 2020. Voor China geschatte publieke O&I, op basis van indieningen voor voorgaande jaren en aanvullende bronnen.

⁶¹ Europese Commissie, Gemeenschappelijk Centrum voor onderzoek, [SET Plan information system Research and Innovation Data](#) (Informatiesysteem SET-plan, gegevens over onderzoek en innovatie); particuliere O&I is een schatting van een vijfjarige trend.

industriële O&O-investeringen in de EU. Zij neemt wereldwijd het voortouw in O&O-investeringen in de automobiellindustrie, met acht keer meer investeringen dan de energiesector (schone en andere technologieën)⁶². Bijna een kwart van de innovatieve activiteiten van de sector is gericht op duurzamere technologieën, waarvan bijvoorbeeld meer dan een derde betrekking heeft op elektromobiliteit (met inbegrip van batterijen)⁶³.

In het Draghi-verslag wordt gewezen op de sleutelrol van innovatie bij het verhogen van de productiviteit en tegelijkertijd wordt benadrukt dat collectieve inspanningen nodig zijn om belemmeringen voor innovatie weg te nemen en de kloof met China en de VS op het gebied van sleuteltechnologieën te dichten. In dit verband wordt in het verslag benadrukt dat het voordeel van de EU op het gebied van groene technologieën steeds meer onder druk komt te staan⁶⁴. Tegelijkertijd blijkt uit een analyse van toonaangevende EU-investeerders op het gebied van onderzoek en ontwikkeling dat het rendement op O&O-investeringen afneemt, wat erop wijst dat het louter stimuleren van meer investeringen, zonder rekening te houden met andere factoren, zoals het behouden van talent, misschien een ontoereikende maatregel is⁶⁵. In 2024 heeft de door Manuel Heitor voorgezeten onafhankelijke deskundigengroep een aantal maatregelen vastgesteld die de EU kan nemen om het leiderschap op het gebied van O&I te waarborgen en het concurrentievermogen te ondersteunen in een snel veranderende technologische omgeving. Deze variëren van het verhogen van de financiering en het herdefiniëren van de samenwerking tot het herstructureren van beleid en instrumenten op het gebied van O&I⁶⁶. Voortdurende monitoring van onze prestaties en concurrentiepositie op het gebied van O&I zal helpen de veranderingen in de praktijk te brengen en het effect zo nodig te beoordelen.

Hoewel de EU goed blijft presteren, neemt China steeds meer het voortouw wat betreft onderzoeksresultaten op het gebied van schone technologieën. Wat wetenschappelijke publicaties betreft, is de EU meer gespecialiseerd dan de VS, maar blijft zij achter bij China op het gebied van slim, groen en geïntegreerd vervoer en veilige, schone en efficiënte energie. Niettemin is zij nog steeds toonaangevend op het gebied van specialisatie, wanneer de wetenschappelijke resultaten worden gebundeld onder de duurzameontwikkelingsdoelstelling voor betaalbare en schone energie⁶⁷.

Het aandeel octrooiaanvragen voor de bescherming van technologieën ter beperking van de klimaatverandering in alle uitvindingen bereikte in 2011 een hoogtepunt. Parallel aan de vertraging van de “groene” octrooieringsactiviteit sindsdien zijn de aanvragen voor verwante handelsmerken toegenomen, wat wijst op een verschuiving van de nadruk op uitvoering en toepassing in plaats van op onderzoek en innovatie⁶⁸. De EU behoudt nog steeds een

⁶² Europese Commissie, Gemeenschappelijk Centrum voor onderzoek, [2024 EU industrial R&D investment scoreboard](#) (EU-scorebord voor investeringen in industrieel onderzoek en ontwikkeling 2024), 2024.

⁶³ Europese Commissie, Gemeenschappelijk Centrum voor onderzoek, [2023 EU industrial R&D investment scoreboard](#) (EU-scorebord voor investeringen in industrieel onderzoek en ontwikkeling 2023), 2023.

⁶⁴ Mario Draghi, [The future of European competitiveness](#) (De toekomst van het Europese concurrentievermogen), 2024.

⁶⁵ Europese Commissie, Gemeenschappelijk Centrum voor onderzoek, [2024 EU industrial R&D investment scoreboard](#) (EU-scorebord voor investeringen in industrieel onderzoek en ontwikkeling 2024), 2024.

⁶⁶ Europese Commissie, directoraat-generaal Onderzoek en Innovatie, [Align, act, accelerate — Research, technology and innovation to boost European competitiveness](#) (Afstemmen, handelen, versnellen — Onderzoek, technologie en innovatie om het Europese concurrentievermogen te stimuleren), 2024.

⁶⁷ Ibid.

⁶⁸ Cervantes, M. et al., [Driving low-carbon innovations for climate neutrality](#), *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, nr. 143, 2023.

voortrekkersrol op het gebied van de wereldwijde output van hoogwaardige octrooiaanvragen⁶⁹ in verband met de O&I-prioriteiten van de energie-unie op het gebied van hernieuwbare energie (29 %) en energie-efficiëntie (23 %). Het land staat op de tweede plaats achter Japan op het gebied van duurzaam vervoer en achter de VS op het gebied van koolstofafvang, -gebruik en -opslag (CCUS) en nucleaire veiligheid, maar heeft niet aan terrein gewonnen wat betreft slimme systemen. China richt zich, na enkele jaren aanvragen op zijn binnenlandse markt te hebben afgestemd, steeds meer op internationale bescherming voor innovaties op het gebied van schone energie. Het is al toonaangevend op het gebied van hoogwaardige octrooiaanvragen voor slimme systemen (33 %) en loopt in op alle andere gebieden. Niettemin heeft de EU specialisatie op het gebied van hernieuwbare energie, duurzaam vervoer en koolstofafvang en -opslag consequent boven het mondiale gemiddelde gehandhaafd. De EU behoudt ook een specialisatievoordeel op het gebied van verschillende technologieën zoals windenergie, waterstof voor vervoer en bio-energie.

Met behulp van het strategisch plan voor energietechnologie (SET-plan) — het belangrijkste instrument voor de uitvoering van het onderdeel onderzoek, innovatie en concurrentievermogen van de energie-unie — werken de lidstaten en de Commissie samen en in nauwe samenwerking met de industrie en onderzoeksinstituten om gezamenlijke onderzoeks- en innovatieagenda's op het gebied van nettonultechnologieën op te stellen. Na de herziening van het SET-plan in 2023⁷⁰ heeft de verordening voor een nettonulindustrie de rol van het SET-plan en de bijbehorende stuurgroep verder versterkt ter ondersteuning van de ontwikkeling van schone, efficiënte en kosteneffectieve energietechnologieën door middel van coördinatie en samenwerking⁷¹.

In 2023 en 2024 is bij de werkzaamheden in het kader van het SET-plan gestage vooruitgang geboekt. Als gevolg van de sterke thematische banden tussen werkgroepen van het SET-plan is de samenwerking in het kader van het plan geïntensiveerd, met in 2024 het grootste aantal samenwerkingen tussen werkgroepen sinds de oprichting ervan. Zo is een sterke samenwerking tot stand gebracht tussen de groep inzake energiesystemen en de groep inzake duurzaam en efficiënt energiegebruik in de industrie. Werkgroepen van het SET-plan blijven hun technologiespecifieke uitvoeringsplannen actualiseren en herzien. Op het gebied van gelijkstroomtechnologieën bijvoorbeeld is in 2024 een nieuw uitvoeringsplan voor laagspanningsgelijkstroom (LVDC) gepubliceerd, dat tot doel heeft LVDC-micronetten in gebouwen en industriële installaties te ontwikkelen en te demonstreren. In het voortgangsverslag 2024 van het SET-plan⁷² wordt nader ingegaan op recente ontwikkelingen, waaronder bijvoorbeeld de visie die in het kader van het plan voor de geothermische sector tegen 2050 is ontwikkeld.

In haar nieuwe kompas voor concurrentievermogen heeft de Commissie benadrukt dat onderzoek en innovatie, als belangrijke aanjager van concurrentievermogen, centraal moeten worden gesteld in de economie van de EU. Als een van de maatregelen om de innovatiekloof te dichten, zal de Commissie een wetgevingshandeling inzake de Europese onderzoeksruimte voorstellen om O&O-investeringen te versterken en deze dichter bij de investeringsdoelstelling

⁶⁹ Het JRC op basis van alle aanvragen in de voorjaarseditie van EOB Patstat 2024. Bevindingen gerapporteerd voor de drie meest recente jaren met volledige statistieken (2018-2020) om vertekening van trends als gevolg van vertraging in de gegevens te voorkomen. Meer informatie is te vinden op: [Patent-Based Indicators: Main Concepts and Data Availability](#) (Op octrooien gebaseerde indicatoren: belangrijkste concepten en beschikbaarheid van gegevens).

⁷⁰ COM(2023) 634 final.

⁷¹ PB L, 2024/1735, 28.6.2024.

⁷² Europese Commissie, Gemeenschappelijk Centrum voor onderzoek, Kuzov, T., Letout, S., Georgakaki, A., Volt, S., Tumara, D., Martinez Castilla, G., Lauritzen, A., Sobczak, A., Paunescu, G., Fromentin, M., Degiorgis, E., Volkanovski, A. en Tzimas, E., [SET Plan Progress Report](#) (voortgangsverslag van het SET-plan), 2024.

van 3 % bbp te brengen. Bovendien zullen de Europese Onderzoeksraad en de Europese Innovatieraad worden uitgebreid⁷³.

2.3.2. Trends van durfkapitaalinvesteringen

De financiering van schone-energiebedrijven is van cruciaal belang om de veerkracht en technologische soevereiniteit van de EU op energiegebied te bevorderen. Durfkapitaal, dat de kern vormt van het ecosysteem dat innovatieve start-ups en scale-ups financiert, heeft een essentiële rol te vervullen om ervoor te zorgen dat de EU de door opkomende schone-energietechnologieën geboden industriële kansen benut.

De ontwikkeling van durfkapitaalinvesteringen in de schone-energiesector van de EU getuigt van de inspanningen van de EU om haar durfkapitaalsector te ontwikkelen, publieke investeerders te mobiliseren om grote financieringstekorten te dichten, en andere financiers, zoals zakelijke en institutionele investeerders, aan te trekken. De EU heeft het hoogste relatieve aandeel van door de overheid verstrekt durfkapitaal (in vergelijking met het totale durfkapitaal)⁷⁴, waaruit de sterke rol van overheidsinvesteringen in vergelijking met particuliere investeringen blijkt.

Er ontstaat een gemengd beeld voor 2023 en 2024, dat zowel kansen als uitdagingen voor de EU laat zien. In 2023 heeft de EU, tegen de achtergrond van een wereldwijde krimp van durfkapitaalfinanciering, laten zien dat zij in staat is strategische groeiovereenkomsten aan te trekken voor faciliteiten voor grootschalige op batterijen en waterstof gebaseerde staalproductie. Deze uitzonderlijke overeenkomsten hebben geleid tot de groei van durfkapitaalinvesteringen in schone-energietechnologieën in de EU, die in 2023 goed waren voor 9,2 miljard EUR (+20 % ten opzichte van 2022)⁷⁵.

In 2024 leidde een aanhoudend ongunstig macro-economisch klimaat tot een afgenomen uitvoering van transacties en tot een aanzienlijke daling van de totale durfkapitaalinvesteringen in de EU. Uit deze scherpe daling (–34 % ten opzichte van 2023) bleek een sterke afhankelijkheid van een klein aantal grootschalige transacties (meer dan 1 miljard EUR aan risicofinanciering). In 2023 hebben drie bedrijven dergelijke bedragen opgehaald, die samen goed waren voor 43 % van de totale durfkapitaalinvesteringen in schone-energietechnologieën in de EU. In het geval van de Zweedse batterijfabrikant Northvolt, die in november 2024 faillissementsbescherming heeft aangevraagd, wordt onder meer gewezen op de uitdaging om de productie snel op te schalen. Deze afhankelijkheid van grote transacties was in 2024 zelfs nog groter, met slechts één ervan, die 2,4 miljard EUR bedroeg en op zichzelf goed was voor 39 % van de durfkapitaalinvesteringen in schone-energietechnologieën in de EU⁷⁶.

Als gevolg van deze grote transacties was in 2023 sprake van de kleinste investeringskloof tussen de EU, waar het aandeel schone-energietechnologieën in de totale

⁷³ [Politieke richtsnoeren voor de volgende Europese Commissie 2024-2029](#); COM(2025) 30 final.

⁷⁴ Europese Commissie, [Science, research and innovation performance of the EU – A competitive Europe for a sustainable future](#) (Prestaties van de EU op het gebied van wetenschap, onderzoek en innovatie — Een concurrerend Europa voor een duurzame toekomst), 2024.

⁷⁵ JRC-selectie op basis van verticaal en diepgaand onderzoek van PitchBook voor CETO en het Europees scorebord voor het concurrentievermogen van de klimaatneutrale industrie. Voor meer details, zie Europese Commissie: JRC, Georgakaki, A., Taylor, N., Ince, E., Koukoulakis, G., Kuokkanen, A., Kuzov, T., Letout, S., Mountraki, A., Murauskaite-Bull, I., Mancini, L., Miletic, M., Pennington, D., Ozdemir, E. en Terça, G., CETO, “Overall Strategic Analysis of Clean Energy Technology in the European Union”, 2024.

⁷⁶ Op basis van PitchBook, gedeeltelijke gegevens voor 2024 opgevraagd in januari 2025, op basis van JRC-selectie voor CETO.

durfkapitaalinvesteringen van de EU toenam, en de VS en China, waar de durfkapitaalinvesteringen afnamen. Zo was de EU in 2023 goed voor 28 % — een groeiend aandeel — van de wereldwijde durfkapitaalinvesteringen in schone-energietechnologieën en bevond zij zich tussen de VS (30 %) en China (24 %). Dit aandeel bleef in 2024 relatief stabiel.

Over het algemeen blijft de toegang tot financiering een belangrijke belemmering voor de meeste EU-bedrijven die schone-energietechnologieën ontwikkelen en vervaardigen. Er zullen meer succesverhalen nodig zijn, ook op het gebied van andere technologieën waar de EU op dit moment nog steeds achterblijft.

Tegelijkertijd namen durfkapitaalinvesteringen in technologieën voor fotovoltaïsche zonne-energie in de EU toe, die tussen 2021 en 2023 goed waren voor 20 % van de totale wereldwijde investeringen. Deze investeringen kwamen echter vooral ten goede aan integratoren van zonne-energiesystemen en droegen niet bij aan de ontwikkeling van een binnenlandse productie van zonnemodules. Chinese bedrijven hebben 2,7 keer meer durfkapitaal geïnvesteerd dan hun tegenhangers in de EU, waarvan het merendeel ten goede kwam aan scale-ups die nieuwe soorten zonnecellen en -modules ontwikkelen en produceren.

De EU was tussen 2021 en 2023 ook goed voor 15 % van de wereldwijde durfkapitaalinvesteringen in waterstoftechnologieën. De positie van de fabrikant is echter verzwakt door de afnemende durfkapitaalinvesteringen in 2023 en door een reeks grotere transacties waarbij Chinese producenten van brandstofcellen in 2021 en 2022 en Amerikaanse fabrikanten van elektrolyse-installaties in 2023 betrokken waren. In 2023 nam het aantal Amerikaanse start-ups voor de ontwikkeling van elektrolyse-technologieën toe, waarbij zij acht keer meer risicokapitaal ophaalden dan hun concurrenten in de EU, met als doel hun productiecapaciteit op te schalen, de productiekosten te verlagen en buitenlandse markten aan te pakken.

Noord-Amerikaanse start-ups hebben traditioneel de overhand in alle andere nettonultechnologieën en hebben het merendeel van de daarmee verband houdende durfkapitaalinvesteringen aangetrokken. Dit is het geval voor CCUS, geconcentreerde zonne-energie, geothermische energie, waterkracht, kernenergie, hernieuwbare brandstoffen van niet-biologische oorsprong en duurzame alternatieve brandstoffen, waarbij de EU stelselmatig goed blijft voor een laag aandeel van de totale durfkapitaalinvesteringen die wereldwijd op deze gebieden worden gedaan.

De EU heeft echter een relevante basis van projecten ontwikkeld op het gebied van bio-energie, het opladen van elektrische voertuigen, warmtepompen, nieuwe opslagmogelijkheden voor energie, oceaan-, thermische zonne-energie- en windtechnologieën. Samen zijn deze goed voor 18,5 % (waarvan het opladen van elektrische voertuigen de helft uitmaakt) van de durfkapitaalinvesteringen in nettonultechnologieën in de EU tussen 2021 en 2023. In 2023 was de EU goed voor het grootste aandeel van de totale investeringen wereldwijd in elk van deze technologieën, op gelijke voet met de VS. Ondanks de toegenomen investeringen sinds 2021 ontbreekt het EU-bedrijven die dergelijke technologieën en componenten ontwikkelen, nog steeds aan grotere transacties die hen in staat stellen een concurrentievoordeel te behalen en de uitrol van deze technologieën op grote schaal te ondersteunen.

Er zijn verschillende EU-financieringsinstrumenten die innovatieve investeringen in schone technologie bevorderen, zoals het Innovatiefonds, InvestEU en het EIC-fonds, de durfkapitaalinvesteringstak van de Europese Innovatieraad (EIC). Het platform voor strategische technologieën voor Europa (STEP), dat in 2024 in werking is getreden,

ondersteunt investeringen in start-ups, kmo's en kleine midcapondernemingen in de EU die kritieke schone-energie technologieën ontwikkelen en produceren⁷⁷.

Om het volledige potentieel van het ondernemersecosysteem in de EU op het gebied van schone energie te ontsluiten, moeten investeringsbelemmeringen worden weggenomen en gerichte overheidsmaatregelen worden genomen⁷⁸. In het Draghi-verslag wordt een onderontwikkelde durfkapitaalmarkt aangemerkt als een van de belemmeringen voor schone technologieën in de EU en wordt opgeroepen tot het stimuleren van particuliere investeringen⁷⁹. Zoals in het verslag wordt gesuggereerd, houdt het opschalen van investeringen in schone-energie technologie in dat de EU-begroting moet worden gestimuleerd en gestroomlijnd en dat financieringsregelingen moeten worden ingevoerd om particuliere en risicovolle investeringen in innovatieve bedrijven te ondersteunen, zodat strategische EU-bedrijven of langetermijntransitieprojecten kunnen worden opgeschaald.

In de politieke richtsnoeren van de Commissie wordt erkend dat er behoefte is aan verdere maatregelen op het gebied van overheidsinvesteringen en het verminderen van de risico's van particulier kapitaal. Het is met name van belang de financiering van snel groeiende bedrijven door banken, investeerders en durfkapitaal te vergemakkelijken. De Commissie zal op basis van het Letta-verslag⁸⁰ een Europese spaar- en investeringsunie voorstellen, met inbegrip van bank- en kapitaalmarkten⁸¹. Het verdiepen van de bank- en kapitaalmarkten van de EU is een essentiële voorwaarde om extra financieringsbronnen aan te boren, grensoverschrijdende investeringen te bevorderen en scale-ups aantrekkelijker te maken voor investeerders door hun uitstapmogelijkheden te verbeteren.

Om ervoor te zorgen dat middelen op de vereiste schaal stromen om de investeringskloof van de EU aan te pakken, moeten schone-energie technologieën als een strategische prioriteit worden beschouwd. In dit opzicht heeft de Commissie binnen het volgende meerjarig financieel kader een Europees Fonds voor concurrentievermogen aangekondigd, dat tot doel heeft investeringen in schone en strategische technologieën te ontsluiten. Een specifieke EU-strategie voor startende en opschalende bedrijven zal de obstakels aanpakken die de oprichting en opschaling van nieuwe bedrijven in de weg staan⁸².

3. BEOORDELING VAN HET CONCURRENTIEVERMOGEN VAN DE EU OP HET GEBIED VAN NETTONULTECHNOLOGIEËN

3.1. Fotovoltaïsche zonne-energie

Fotovoltaïsche zonne-energie is de snelst groeiende technologie voor de opwekking van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen. In 2024 lag de EU op schema om de doelstelling van de EU-strategie voor zonne-energie van 600 GWac (~720 GWp) geïnstalleerde fotovoltaïsche capaciteit tegen 2030 te halen⁸³. Op basis van voorlopige gegevens voor 2024 is de jaarlijkse groei vertraagd, maar de installaties zijn nog steeds aanzienlijk gegroeid van meer dan 56 GWp in 2023 tot 63 GWp in 2024. In beide jaren stond de EU op de tweede plaats na China (374 GWp in 2024), gevolgd door de VS (45 GWp in 2024)⁸⁴. In de meeste landen zijn de

⁷⁷ PB L, 2024/795, 29.2.2024. Meer informatie is te vinden op: <https://strategic-technologies.europa.eu>.

⁷⁸ Europese Investeringsbank, *The scale-up gap* (De opschalingskloof), 2024.

⁷⁹ Mario Draghi, *The future of European competitiveness* (De toekomst van het Europese concurrentievermogen), 2024.

⁸⁰ Enrico Letta, *Much more than a market* (Veel meer dan een markt), 2024.

⁸¹ Meer informatie is te vinden op: [Verzoek om input over de Europese spaar- en investeringsunie](#).

⁸² COM(2025) 30 final.

⁸³ COM(2022) 221 final.

⁸⁴ Jaeger-Waldau, A., "Snapshot of Photofotovoltaics", 2025 (verschijnt binnenkort).

kosten voor de opwekking van elektriciteit uit fotovoltaïsche energie nu lager dan die van alternatieven op basis van fossiele brandstoffen⁸⁵.

In de verordening voor een nettonulindustrie wordt verwezen naar de doelstelling van de Europese alliantie voor de fotovoltaïsche zonne-energiesector om tegen 2025 een jaarlijkse productiecapaciteit van 30 GWp aan fotovoltaïsche zonne-energie in de hele waardeketen te bereiken⁸⁶. Deze doelstelling is al overtroffen voor omvormers (82 GWp in 2023⁸⁷) en is bijna gehaald voor polysilicium (29 GWp in 2024). Voor andere delen van de waardeketen is de situatie echter anders. De huidige productiecapaciteit op het gebied van fotovoltaïsche zonne-energie in de EU voor staven en wafers bedraagt minder dan 1 GWp, terwijl het cijfer voor cellen en modules lager is dan 3 GWp⁸⁸, met aanwijzingen dat de daadwerkelijke productie in 2023 voor laatstgenoemde ongeveer 2 GWp bedroeg⁸⁹. Over het geheel genomen is de EU sterk afhankelijk van de invoer van zonnepanelen uit China, waar 91 % van de in gebruik genomen productiefaciliteiten is gevestigd. De EU, de VS en India zijn daarentegen elk goed voor een aandeel van 1 %⁹⁰.

De kosten voor de productie van een fotovoltaïsche module liggen in de EU naar schatting ongeveer 60 % hoger dan in China⁹¹. Deze verschillen zijn het gevolg van hogere investerings-, arbeids- en energiekosten, lagere productieschalen en een gebrek aan verticale integratie. Extra uitdagingen voor Europese fabrikanten zijn de hoge voorraadniveaus en het overaanbod uit China, waardoor de prijzen voor modules op de spotmarkt sterk zijn gedaald, die met meer dan 25 % op jaarbasis zijn gedaald tot 0,105 EUR/Wp in januari 2025⁹². Hoewel dit de uitrol stimuleert, worden fabrikanten hierdoor onder grote druk gezet. Faciliteiten die cellen en modules produceren, hebben een lage gemiddelde benuttingsgraad van ongeveer 50 % wereldwijd⁹³.

Over het algemeen hebben producenten van fotovoltaïsche apparatuur in de EU moeite om wereldwijd te concurreren, met name op het gebied van prijzen. De concentratie productiecapaciteit voor fotovoltaïsche apparatuur in één land, namelijk China, brengt risico's mee voor de veerkracht van de waardeketen en de prijsstabiliteit⁹⁴. De EU speelt nog steeds een belangrijke rol bij onderzoek en innovatie op het gebied van fotovoltaïsche zonne-energie, met name met betrekking tot specifieke toepassingen zoals fotovoltaïsche installaties die zijn geïntegreerd in gebouwen, landbouw, infrastructuur of voertuigen⁹⁵.

Om het concurrentievermogen op het gebied van de productie van fotovoltaïsche apparatuur te vergroten, zou de EU innovatieve technologieën in grote fabrieken op gigawattschaal die in de hele waardeketen zijn geïntegreerd, moeten opschalen. Met het Europees handvest voor zonne-energie⁹⁶, dat in april 2024 werd ondertekend, hebben de Commissie, 23 lidstaten en

⁸⁵ IEA, "Advancing Clean Technology Manufacturing", 2024.

⁸⁶ PB L, 2024/1735, 28.6.2024, overweging 16.

⁸⁷ Solar Power Europe, [Inverter Explained 2.0](#) (Omvormers uitgelegd 2.0), juni 2024.

⁸⁸ Europese Commissie, JRC, Chatzipanagi, A., Jaeger-Waldau, A., Letout, S., Mountraki, A., Gea Bermudez, J., Georgakaki, A., Ince, E. en Schmitz, A., CETO, [Photovoltaics in the European Union](#) (Fotovoltaïek in de Europese Unie), 2024.

⁸⁹ ESMC, [Letter to the European Commission](#) (brief aan de Europese Commissie), januari 2024.

⁹⁰ CETO, [Photovoltaics in the European Union](#) (Fotovoltaïek in de Europese Unie), 2024.

⁹¹ IEA, "Renewables 2023 — Analysis and forecast to 2028", 2024.

⁹² PV Exchange, [Solar Market Analysis January 2025 — PV module prices at crossroads](#) (Analyse van de zonne-energiemarkt januari 2025 — moduleprijzen op een kruispunt), 2025.

⁹³ IEA, "Advancing Clean Technology Manufacturing", 2024.

⁹⁴ [European Solar Charter](#) (Europees handvest voor zonne-energie), 2024.

⁹⁵ CETO, [Photovoltaics in the European Union](#) (Fotovoltaïek in de Europese Unie), 2024.

⁹⁶ [European Solar Charter](#) (Europees handvest voor zonne-energie), 2024.

vertegenwoordigers van de industrie zich verbonden tot een reeks vrijwillige acties ter ondersteuning van de sector voor productie van fotovoltaïsche apparatuur in de EU.

3.2. Thermische zonne-energie

De EU-strategie voor zonne-energie⁹⁷ heeft tot doel de vraag naar zonnewarmte tussen 2022 en 2030 te verdrievoudigen. De sector heeft tot dusver echter beperkte vooruitgang geboekt en werd in 2023 en 2024 met verschillende uitdagingen geconfronteerd. Het tempo van de investeringen vertraagde als gevolg van de concurrentie van fotovoltaïsche apparatuur en warmtepompen als alternatieve hernieuwbare oplossing en het effect van goedkoper gas en veranderde stimulansen voor de uitrol⁹⁸. De EU heeft in 2023 in 1,3 GWth extra thermische zonne-energiecapaciteit voorzien, een afname van 24 % ten opzichte van 2022. De daaruit voortvloeiende nettotoename van de capaciteit met 1,3 % (met inbegrip van de ontmanteling van oudere systemen) ligt ver onder het percentage dat nodig is om de capaciteit tegen 2030 te verdrievoudigen⁹⁹.

De wereldmarkt kende ook een neergang, met 21 GWth aan nieuwe installaties in 2023, tegenover 23 GWth in 2022¹⁰⁰. Meer bemoedigend is dat het segment industriële proceswarmte op jaarbasis wereldwijd verdrievoudigde tot een totale capaciteit van 0,95 GWth in 2023. Dit omvatte de nieuwe grootste geconcentreerde zonne-energie-installatie van de EU (30 MWth met een opslag van 68 MWh) in Spanje. Wat geconcentreerde zonne-energie (CSP) betreft, is er geen sprake van toename van de opwekkingscapaciteit in de EU, die sinds 2013 vrijwel ongewijzigd blijft (2,30 GW, bijna volledig in Spanje)¹⁰¹. Ondertussen is China uitgegroeid tot de belangrijkste ontwikkelaar van CSP wereldwijd, met 1 GW aan nieuwe capaciteit in bedrijf en nog eens 2 GW in ontwikkeling¹⁰².

De EU heeft een sterke productiesector voor heetwatertoestellen op thermische zonne-energie en zou eerder naar schatting tot 90 % van de binnenlandse vraag dekken, ruim boven de productiebenchmark van de verordening voor een nettonulindustrie. Ondanks de consolidatie van de sector in de afgelopen tien jaar, met name in Duitsland en Spanje, is er nog steeds een breed scala aan spelers die verschillende producten aanbieden. Griekse producenten van thermosyfon-systemen hebben kunnen profiteren van een sterke marktgroei, ook met aanzienlijke uitvoer¹⁰³. Verschillende EU-bedrijven betreden momenteel de markt voor grootschalige installaties voor stadsverwarming en voor industriële thermische zonnewarmte, die de komende tien jaar naar verwachting aanzienlijk zal groeien. Uit handelsgegevens voor op zonne-energie werkende en niet-elektrische heetwatertoestellen blijkt dat de invoer aanzienlijk is toegenomen, hoewel de EU in 2023 over het geheel genomen een positieve handelsbalans van 27 miljoen EUR heeft behouden¹⁰⁴.

Thermische zonne-energietechnologie is een rijpe decarbonisatieoptie, maar het valt nog te bezien of daarmee een aanzienlijk marktaandeel kan worden vastgesteld. Momenteel dekt

⁹⁷ COM(2022) 221.

⁹⁸ EurObserv'ER, barometer voor thermische en geconcentreerde zonne-energie, 2024.

⁹⁹ Ibid.

¹⁰⁰ Weiss, W., Spörk-Dür, M., [Solar Heat Worldwide](#) (Zonnewarmte wereldwijd), 2024.

¹⁰¹ Eurostat ([nrg_inf_epcrw](#)), geraadpleegd op 12 februari 2025, en Europese Commissie, JRC, Carlsson, J., Taylor, N., Georgakaki, A., Letout, S., Mountraki, A., Ince, E., Schmitz, A. en Gea Bermudez, J., CETO, [Solar Thermal Energy in the European Union](#) (Thermische zonne-energie in de Europese Unie), 2024.

¹⁰² REN21, "Renewables 2024 Global Status Report Collection: Energy Supply", 2024.

¹⁰³ EurObserv'ER, barometer voor thermische en geconcentreerde zonne-energie, 2023.

¹⁰⁴ CETO, [Solar Thermal Energy in the European Union](#) (Thermische zonne-energie in de Europese Unie), 2024.

thermische zonne-energie slechts 0,9 % van de wereldwijde vraag naar warmte-energie¹⁰⁵. De genormaliseerde kosten van zonnewarmte kunnen concurreren met conventionele bronnen, met name in gebieden met goede zonne-energiebronnen. Thermische zonne-energie technologie wordt echter vaak geïnstalleerd in een systeem met een andere warmtebron, terwijl warmtepompen voor tal van toepassingen op zichzelf staande oplossingen kunnen bieden. Thermische zonne-energie zou gebaat zijn bij gecoördineerde inspanningen en duidelijke routekaarten om de groei te herstellen teneinde de doelstelling voor 2030 te halen.

EU-bedrijven bevinden zich in een goede positie als technologieleveranciers, maar er zijn verdere inspanningen nodig op het gebied van normalisatie en de ontwikkeling van een netwerk van installateurs met deskundigheid op het gebied van kosteneffectieve oplossingen, waaronder hybridisatie met andere hernieuwbare technologieën. Voor geconcentreerde zonne-energie zal een heropleving van de EU-markt sterk afhankelijk zijn van het voorstel van Spanje om tegen 2030 in 2,5 GW extra capaciteit te voorzien¹⁰⁶. Ook hier zou standaardisering op het gebied van ontwerp en productie van essentieel belang zijn om concurrerende kostenniveaus te bereiken.

3.3. Onshore- en offshore-windenergie

De EU speelt een voortrekkersrol in de wereldwijde windenergiesector en heeft tot dusver een sterke positie ingenomen. Haar concurrentievermogen ondervindt echter steeds meer druk van China. Windenergie speelt een cruciale rol in de energietransitie van de EU, met 219 GW aan totale windenergiecapaciteit geïnstalleerd tegen 2023, waarvan 91 % onshore en 9 % offshore¹⁰⁷. In 2023 werd 16,8 GW aan nieuwe capaciteit geïnstalleerd, waarvan 83 % in onshore-windinstallaties en 17 % offshore¹⁰⁸. Deze ontwikkelingen wijzen op een sneller installatietempo (gecombineerde installatie voor 2022 bedroeg 15,5 GW) en maken van 2023 een recordjaar, wat de jaarlijkse installatie betreft. Uit voorlopige cijfers voor 2024 blijkt dat de EU nog eens 13,6 GW aan windenergie heeft geïnstalleerd, waarvan 10,7 GW onshore en 2,9 GW offshore¹⁰⁹.

Met de verordening voor een nettonulindustrie streeft de EU naar een productiecapaciteit voor windenergie van ten minste 36 GW tegen 2030¹¹⁰. In 2024 was de EU goed voor 12,6 % van de wereldwijde productie van bladen (~25 GW), 12,5 % van de wereldwijde gondelassemblage (~35 GW) en 21,8 % van de productie van masten (~38 GW)¹¹¹. In 2023 leverden EU-bedrijven wereldwijd meer dan 27 GW aan windturbines¹¹². Het mondiale marktaandeel van EU-fabrikanten daalde in 2023 echter van 30 % in het voorgaande jaar tot 23 %, terwijl het aandeel van Chinese fabrikanten steeg van 46 % tot 55 %. Op de Europese markt domineerden EU-bedrijven nog steeds met een marktaandeel van 89 % in 2023. De productiecapaciteit van de EU zal moeten worden verhoogd om tegemoet te komen aan de toekomstige vraag op basis van de verwachte toename van het aantal installaties. Dit is van cruciaal belang om de kapitaaluitgaven voor nieuwe installaties te verminderen, ervoor te zorgen dat het aanbod

¹⁰⁵ IEA, [Renewables 2023](#) (Hernieuwbare energie), 2024.

¹⁰⁶ Regering van Spanje, geïntegreerd nationaal energie- en klimaatplan, update 2023-2030, 2024.

¹⁰⁷ Eurostat ([nrg_inf_epcrw](#)), geraadpleegd op 12 februari 2025.

¹⁰⁸ Eurostat ([nrg_inf_epc](#)), geraadpleegd op 12 februari 2025.

¹⁰⁹ JRC op basis van GWEC en Rystad, 2025.

¹¹⁰ PB L, 2024/1735, 28.6.2024, overweging 16.

¹¹¹ JRC op basis van BloombergNEF en Rystad.

¹¹² Europese Commissie, JRC, Mc Govern, L., Tapoglou, E., Georgakaki, A., Mountraki, A., Letout, S., Ince, E., Gea Bermudez, J., Schmitz, A. en Grabowska, M., CETO, [Wind Energy in the European Union](#) (Windenergie in de Europese Unie), 2024.

voldoet aan de vraag tegen concurrerende prijzen, en knelpunten in de voorziening of kostenstijgingen te voorkomen.

De belangrijkste uitdagingen voor EU-bedrijven hebben met name te maken met de hevige concurrentie van China. Chinese fabrikanten kunnen veel lagere prijzen aanbieden dan hun Europese concurrenten, met uitgevoerde turbines uit China die ongeveer 32 % goedkoper zijn dan hun concurrenten¹¹³, in een context waarin de prijs van windturbines en hun componenten wereldwijd met ongeveer 26 % is gestegen ten opzichte van het niveau van vóór de pandemie¹¹⁴. Dit zou tot een ongelijk speelveld voor EU-bedrijven kunnen leiden en hun toekomstige concurrentievermogen op de wereldmarkt kunnen belemmeren.

Naarmate het macro-economische klimaat verbeterde, begonnen de investeringen in windenergie weer aan te trekken¹¹⁵, met een recordinvestering van 48 miljard EUR in 2023 in de EU (tegenover een investering van minder dan 20 miljard EUR in 2022). In 2023 bleef onshore-windenergie op een investeringsniveau dat vergelijkbaar was met dat van 2022 met ongeveer 18 miljard EUR, terwijl offshore-windenergie steeg van 0,4 miljard EUR in 2022 tot 30 miljard EUR in 2023.

De wereldwijde windenergiesector is sterk afhankelijk van complexe toeleveringsketens, die kwetsbaar kunnen zijn voor verstoringen, spanningen op handelsgebied en tekorten aan kritieke grondstoffen. De behoefte aan materialen als koper en staal is aanzienlijk, aangezien deze worden gebruikt in verschillende turbinecomponenten zoals generatoren, masten, bladen en versnellingsbakken. Bijzonder zorgwekkend is de sterke afhankelijkheid van Chinese zeldzame aardmetalen¹¹⁶, die van cruciaal belang zijn voor de productie van permanente magneten voor windturbines. Er is ook sprake van kwetsbaarheden op het gebied van componenten en subcomponenten, zoals generatoren, waardoor het risico op verstoringen van de toeleveringsketen toeneemt. De inkoop van zowel materialen als componenten kan in een paar landen worden geconcentreerd, wat risico's voor de toeleveringsketen kan opleveren als gevolg van geopolitieke afhankelijkheden. Dit benadrukt de noodzaak van gediversifieerde en veerkrachtige toeleveringsketens ter ondersteuning van de groei van de windenergiesector.

Met het Europees actieplan voor windenergie heeft de Commissie maatregelen voorgesteld om het concurrentievermogen van de windenergiesector in de EU te ondersteunen¹¹⁷. Een van de daarmee samenhangende initiatieven, het Europees handvest inzake windenergie¹¹⁸, werd in december 2023 ondertekend. Het handvest brengt 26 lidstaten samen die zich ertoe hebben verbonden de windenergiesector van de EU te ondersteunen door onder meer de productiecapaciteit in de EU op te schalen en het veiling- en vergunningsproces te verbeteren en te vereenvoudigen. De bestaande inspanningen ter ondersteuning van de uitrol, waaronder snellere vergunningverlening, zichtbaarheid van de projectenpijplijn en netinvesteringen, moeten worden voortgezet om ervoor te zorgen dat investeringen in toekomstige windmolenparken aantrekkelijk blijven en dat de windenergiesector in de EU kan profiteren van de kansen die de wereldwijde uitbreiding van het aanbod aan windenergie biedt.

¹¹³ BloombergNEF, "Wind Turbine Price Index 2H 2024", 27 december 2024.

¹¹⁴ BloombergNEF, "Rising costs dampen the outlook for offshore wind", 3 juli 2024.

¹¹⁵ Rystad en WindEurope, Verslag: [Rebound in wind energy financing in 2023 shows that the right policies attract investors](#) (Heropleving van de financiering van windenergie in 2023 toont aan dat het juiste beleid investeerders aantrekt), 21 maart 2024.

¹¹⁶ Europese Commissie, directoraat-generaal Interne Markt, Industrie, Ondernemerschap en Midden- en Kleinbedrijf, [Study on the Critical Raw Materials for the EU 2023: Final Report](#) (Studie over kritieke grondstoffen voor de EU 2023: eindverslag), 2023.

¹¹⁷ COM(2023) 669 final.

¹¹⁸ [European Wind Charter](#) (Europees handvest inzake windenergie), 2023.

3.4. Oceaanenergie

Oceaanenergie omvat verschillende technologieën, waarvan de meest geavanceerde getijdenstroom- en golfslagenenergie zijn. Hoewel sommige van deze technologieën een hoog niveau van technologische paraatheid hebben bereikt, worden oceaanenergietechnologieën nog niet op industriële schaal toegepast.

De EU is een leider op het gebied van de ontwikkeling van oceaanenergietechnologieën, met name op het gebied van getijdenstroom- en golfslagenenergie. Zij wordt echter geconfronteerd met toenemende concurrentie van andere grote economieën, zoals de VS en China. De VS hebben de afgelopen vijf jaar 546 miljoen EUR¹¹⁹ geïnvesteerd in oceaanenergie. In 2023 en 2024 was sprake van ongekende financiering en belangstelling voor de markt. Uit voorlopige gegevens voor 2024 blijkt dat in 2024 in Europa ten minste 1 230 kW nieuwe oceaanenergiecapaciteit is geïnstalleerd¹²⁰. In de EU werd 878 kW geïnstalleerd in 2022 en 250 kW in 2023¹²¹. Nationale inkomstensteun (zoals contracten ter verrekening van verschillen of teruglevertarieven) en EU- en nationale financiering waren in de loop van 2023/2024 de belangrijkste aanjagers van het aantrekken van particuliere investeringen en het stimuleren van de ontwikkeling van deze projecten in Europa. Vertegenwoordigers van de sector verwachten een pijplijn van 165 MW op 15 proef- en precommerciële parken¹²². Van de lidstaten hebben Frankrijk, Denemarken en Nederland het grootste deel van de cumulatieve geïnstalleerde capaciteit in termen van getijdenstroomenergie, terwijl Portugal en Spanje het voortouw nemen bij de uitrol van golfslagenenergie-installaties.

De EU-industrie speelt een leidende rol in de ontwikkeling van de sector met 41 % van de ontwikkelaars op het gebied van getijdenstroomenergie en 52 % van de ontwikkelaars op het gebied van golfslagenenergie in de EU¹²³. De productie van versnellingsbakken, generatoren en besturingssystemen is voornamelijk Europees, met projecten die naar schatting ten minste 415 voltijdequivalenten in de EU opleveren. Wereldwijd heeft de EU 20 % van de hoogwaardige uitvindingen in handen, op de tweede plaats na China (32 %)¹²⁴.

De belangrijkste uitdaging wordt nog steeds gevormd door de hoge kapitaalkosten, die investeringen en uitrol vertragen en een domino-effect op de industrialisering hebben. Het strategisch plan voor energietechnologie (SET-plan) bevat doelstellingen in dit verband, met als doel de productiekosten tegen 2030 te verlagen tot 0,10 EUR/kWh voor getijdenstroomenergie en tot 0,15 EUR/kWh tegen 2030 voor golfslagenenergie¹²⁵. Dit moet met name worden bereikt door middel van technologiespecifieke veilingen voor proef- en precommerciële parken, die in sommige lidstaten nog steeds ontbreken. Om de pijplijn van projecten te realiseren en deze doelstelling te halen, zijn instrumenten nodig om het investeringsrisico te verminderen. Dergelijke risicobeperkingsinstrumenten kunnen leninggaranties voor de eerste precommerciële parken omvatten om de kapitaalkosten te

¹¹⁹ Op basis van de gemiddelde wisselkoers van 0,9239 EUR voor 1 USD over het jaar 2024, op basis van de [ECB](#).

¹²⁰ Voorlopige gegevens van Ocean Energy Europe.

¹²¹ Eurostat ([nrg_inf_epc](#)), geraadpleegd op 12 februari 2025.

¹²² ETIP Ocean, [Strategic Research and Innovation Agenda for Ocean Energy](#) (Strategische onderzoeks- en innovatieagenda voor oceaanenergie), 2024.

¹²³ Europese Commissie, JRC, Tapoglou, E., Mc Govern, L., Georgakaki, A., Mountraki, A., Letout, S., Ince, E., Gea Bermudez, J., Schmitz, A. en Grabowska, M., CETO, [Ocean Energy in the European Union](#) (Oceaanenergie in de Europese Unie), 2024.

¹²⁴ CETO, [Ocean Energy in the European Union](#) (Oceaanenergie in de Europese Unie), 2024.

¹²⁵ SET-plan, [Ocean energy implementation plan](#) (Uitvoeringsplan voor oceaanenergie), 2021; CETO, [Ocean Energy in the European Union](#) (Oceaanenergie in de Europese Unie), 2024.

verlagen, investeerders aan te trekken en de uitrol te versnellen. Dit zal schaalvoordelen opleveren en de kosten verder verlagen, zoals reeds het geval is geweest voor gevestigde hernieuwbare energiebronnen.

3.5. Batterij- en energieopslag

De ambitie van Europa om het voortouw te nemen bij de wereldwijde transitie naar schone energie, is afhankelijk van zijn vermogen om geavanceerde batterijtechnologieën snel en op grote schaal te ontwikkelen, te produceren en te integreren. In de verordening voor een nettonulindustrie wordt verwezen naar de doelstelling om tegen 2030 een EU-productiecapaciteit voor batterijen van ten minste 550 GWh te bereiken¹²⁶.

Begin 2024 leek de EU op schema om haar doelstellingen voor 2030 te halen. In de tussentijd heeft het Zweedse bedrijf Northvolt in november 2024 echter faillissementsbescherming aangevraagd. Volgens schattingen wordt ongeveer 616 GWh aan geplande productiecapaciteit in Europa geannuleerd, vertraagd of verminderd, wat de doelstellingen voor 2030 in gevaar zou kunnen brengen¹²⁷. Als gevolg daarvan is het aandeel van de EU in de wereldwijde operationele batterijproductie van 7 % in 2024 lager dan eerdere ramingen. Tegelijkertijd zal de totale mondiale productie de komende vijf jaar naar verwachting bijna vervijfvoudigd worden en zou het verwachte aandeel van 10 % in de mondiale productie in de EU de verwachte behoeften van de EU in 2030 volledig dekken, als het zou worden gerealiseerd¹²⁸.

De celproductie in de EU wordt geconfronteerd met kritieke risico's in de toeleveringsketen, met name als gevolg van de grote afhankelijkheid van China voor kathoden en anoden en hogere productiekosten — doorgaans 70 % tot 130 % meer per eenheid productiecapaciteit dan in China¹²⁹. De toenemende wereldwijde overproductie van cellen en de afnemende vraag naar elektrische voertuigen leidden ertoe dat Europese productielocaties onder hun capaciteit draaiden of hun productielijnen stopzetten/uitstelden, zoals de fabriek van Volkswagen in Salzgitter (slechts 20 GWh in plaats van 40 GWh)¹³⁰. Voor 2030 voorspellen de prognoses een wereldwijd overaanbod van batterijcellen. Bovendien nemen handelsbeschermende maatregelen toe, waaronder bijvoorbeeld Amerikaanse heffingen op Chinese elektrische voertuigen. Een verdere escalatie van de spanningen op handelsgebied zou de kosten kunnen opdrijven en gevolgen kunnen hebben voor beslissingen over aankopen in de toeleveringsketen voor batterijen¹³¹. In de EU heeft de Commissie in 2024 een antisubsidieonderzoek naar de invoer van batterijelektrische voertuigen uit China afgerond, wat heeft geleid tot compenserende rechten op ingevoerde voertuigen¹³².

De wereldwijde capaciteit van batterijsystemen voor energieopslag op het net bereikte 168 GWh in 2024, een aanzienlijke stijging ten opzichte van 96,1 GWh in 2023¹³³. China was goed voor 67 % van de wereldwijde uitrol van batterijsystemen voor energieopslag, gevolgd door de VS en Canada, waarbij Europa momenteel achterblijft. Energieopslag “achter de

¹²⁶ PB L, 2024/1735, 28.6.2024, overweging 16.

¹²⁷ BloombergNEF, “Northvolt Collapse Underscores Importance of Supply Chains”, 2024.

¹²⁸ 237 GWh aan productiecapaciteit in de EU tegenover een wereldwijde productiecapaciteit van 3 347 GWh in 2024, en een geschatte productiecapaciteit van 1 510 GWh in de EU tegenover een geschatte wereldwijde productiecapaciteit van 14 903 GWh in 2030, op basis van BloombergNEF, geraadpleegd op 20 februari 2025.

¹²⁹ IEA, “Advancing Clean Technology Manufacturing Report”, 2024.

¹³⁰ Reuters, “Volkswagen’s German battery plant to stay at half capacity amid cost pressures”, 2024.

¹³¹ BloombergNEF, “Energy Storage: 10 Things to Watch in 2025”, 2025.

¹³² PB L, 2024/2754, 29.10.2024.

¹³³ Energy Storage News, [Global BESS deployments soared 53% in 2024](#) (Wereldwijde uitrol van batterijsystemen voor energieopslag namen met 53 % toe in 2024), 2025.

meter” bereikte in 2024 wereldwijd 40 GWh. Tegen 2035 zullen stationaire toepassingen naar verwachting goed zijn voor 16 % van de wereldwijd gebruikte batterijen, tegenover 6 % in 2020¹³⁴. De meeste toonaangevende leveranciers van batterijen voor batterijsystemen voor energieopslag hebben hun hoofdkantoor in Azië.

Om gelijke tred te houden met haar concurrenten, moet de EU haar productiecapaciteit sneller inzetten en betrouwbare waardeketens opbouwen, meer investeren in O&O voor nieuwe batterijtechnologieën en kritieke lacunes in haar waardeketen aanpakken door middel van alternatieve oplossingen.

3.6. Warmtepomptechnologieën

In de EU gevestigde fabrikanten van warmtepompeindassemblages behoren tot de wereldleiders op het gebied van hoogwaardige hydronische oplossingen voor huishoudelijk gebruik, terwijl Chinese bedrijven de markt voor omkeerbare lucht-luchtairconditioners domineren¹³⁵. EU-fabrikanten hebben in dit decennium meer dan 30 GWth aan uitbreidingen van de eindassemblagecapaciteit aangekondigd, tegenover een bestaande capaciteit van ongeveer 24 GWth in 2023. Met deze geplande uitbreidingen voldoet de EU-industrie bijna aan de door het Internationaal Energieagentschap voor 2030 vastgestelde behoeften voor de uitrol van ongeveer 60 GWth in de EU¹³⁶. Hoewel de EU op schema ligt om de doelstelling van de verordening voor een nettonulindustrie van ten minste 31 GWth productiecapaciteit aan warmtepompeindassemblages te halen, bevinden EU-bedrijven zich momenteel niet in een sterke positie wat betreft de productie van bepaalde componenten.

Het tekort op de handelsbalans van de EU in hydronische warmtepompen is in 2023 met een derde verminderd als gevolg van een afname van de invoer met 13 % en een toename van de uitvoer met 14 %¹³⁷. Tegelijkertijd daalde de verkoop van warmtepompen in de EU in 2023 met 7,2 % ten opzichte van 2022, na een decennium van gestage groei¹³⁸. Deze trend zette zich in 2024 voort, waarbij de verkoop in Europa met 31 % daalde ten opzichte van 2023¹³⁹. Dit resulteerde in werktijdverkorting en banenverlies in de sector en onzekerheid over investeringsbeslissingen voor de verwerkende industrie. Ook de groei van de productiecapaciteit in de EU vertraagde in 2023¹⁴⁰. Om deze trend om te buigen, dringt de industrie aan op ambitieuze EU-doelstellingen voor het koolstofvrij maken van

¹³⁴ Op basis van BloombergNEF, januari 2025.

¹³⁵ Comext/Comtrade-gegevens voor GS-code 841861 — warmtepompen; andere dan machines en apparaten voor de regeling van het klimaat: EU-uitvoer naar de rest van de wereld: 3 837 miljoen EUR, waarvan 603 miljoen EUR buiten de EU; Chinese uitvoer naar de rest van de wereld: 971 miljoen EUR. En Comext/Comtrade-gegevens voor GS-code 841581 — machines voor de regeling van het klimaat: EU-uitvoer naar de rest van de wereld: 782 miljoen EUR, waarvan 177 miljoen EUR buiten de EU; Chinese uitvoer naar de rest van de wereld: 549 miljoen EUR.

¹³⁶ IEA, “Advancing Clean Technology Manufacturing”, 2024. Nulemissiescenario tegen 2050; reikwijdte: warmtepompen voor ruimteverwarming en warmwatervoorziening in woon- en bedrijfsgebouwen, omkeerbare airconditioners inbegrepen wanneer zij worden gebruikt als primaire verwarmingsapparatuur.

¹³⁷ GS 841861 — Warmtepompen (uitgezonderd machines en apparaten voor de regeling van het klimaat). Aanvullende informatie is te vinden in: Europese Commissie, JRC, Toleikyte, A., Lecomte, E., Volt, J., Lyons, L., Roca Reina, J. C., Georgakaki, A., Letout, S., Mountraki, A., Wegener, M. en Schmitz, A., CETO, [Heat Pumps in the European Union](#) (Warmtepompen in de Europese Unie), 2024.

¹³⁸ Europese warmtepompvereniging (EHPA), Market Report 2024, beperkt tot AT, BE, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, HU, IE, IT, LT, NL, PL, PT, SE, SK. Met inbegrip van warmtepompen voor hoofdzakelijk het verwarmen van ruimtes en voor sanitair warm water.

¹³⁹ BloombergNEF, “Europe’s Heat Pump Market Collapse Triggers Spending Dip”, 2025.

¹⁴⁰ IEA, “Advancing Clean Technology Manufacturing”, 2024.

ruimteverwarming, stabiele nationale beleidskaders voor de lange termijn en een gunstige prijsverhouding tussen de elektriciteits- en de gasprijs¹⁴¹.

De eindassemblagefase van warmtepompen kost momenteel naar schatting ongeveer 184 tot 230 EUR/kW¹⁴² in Europa en de VS, ongeveer twee keer zo hoog als de geschatte kosten voor China. Aangezien componenten 75 % van de uiteindelijke kosten uitmaken, zijn verticaal geïntegreerde fabrikanten concurrerender¹⁴³. De EU-industrie blijft grotendeels afhankelijk van invoer voor componenten zoals compressoren, warmtewisselaars, kleppen en koelmiddelen. Ter versterking van het concurrentievermogen en de veerkracht van de productie van residentiële warmtepompen zouden meer diversificatie van het aanbod en sterkere waardeketens in de EU nodig zijn om deze afhankelijkheden te verminderen.

Wat **industriële warmtepompen** betreft, hebben EU-fabrikanten wereldwijd het voortouw genomen en bestrijken zij de hele toeleveringsketen¹⁴⁴. Volgens het Internationaal Energieagentschap moet tegen 2050 ongeveer 30 % van de vraag naar industriële warmte tot 400 °C worden gedekt door industriële warmtepompen, en tegen 2030 al voor de helft daarvan¹⁴⁵. Industriële warmtepompen hebben ook het potentieel om te voorzien in warmtebehoefte onder 200 °C, die 37 % van de industriële warmtebehoefte vertegenwoordigen¹⁴⁶, met bestaande toepassingen in de sectoren levensmiddelen en dranken, en pulp en papier.

Voor de verdere ontwikkeling van industriële warmtepompen zijn O&O-projecten nodig om het scala aan toepassingen uit te breiden en technologieën zo snel mogelijk toe te passen en te standaardiseren¹⁴⁷. Daarnaast zijn investeringen in de toeleveringsketen van de EU nodig om de productiecapaciteit uit te breiden en de productkosten te verlagen. De industrie ziet potentieel om van industriële warmtepompen een Europees succesverhaal te maken.

3.7. Geothermische energie

In 2024 kreeg geothermische energie meer aandacht van het publiek en werd er een politieke impuls aan gegeven. Deze politieke impuls omvatte de resolutie van het Europees Parlement over geothermische energie¹⁴⁸ en de conclusies van de Raad over geothermische energie¹⁴⁹. In 2023 bedroeg de geïnstalleerde netto geothermische capaciteit in de EU ongeveer 0,9 GWe¹⁵⁰ (wereldwijd 14,8 GWe¹⁵¹). Het directe gebruik van aardwarmte nam gestaag toe met 298 systemen voor stadsverwarming en -koeling in 2023¹⁵².

¹⁴¹ EHPA, *EU Heat Pump Accelerator*, 2023.

¹⁴² Op basis van de gemiddelde wisselkoers van 0,9239 EUR voor 1 USD over het jaar 2024, op basis van de [ECB](#).

¹⁴³ IEA, "Advancing Clean Technology Manufacturing", 2024.

¹⁴⁴ IEA HPT TCP, [Annex 58 High-Temperature Heat Pumps](#) (Bijlage 58 Hoge-temperaturen-warmtepompen), 2023. 20 in de EU en 7 in Noorwegen, 24 in Japan, waarvan 9 met technologie voor mechanische dampcompressie (MDR), alsook MDR-installaties in China.

¹⁴⁵ IEA, "Net Zero by 2050", 2021.

¹⁴⁶ TNO, [Strengthening Industrial Heat Pump Innovation](#) (Het versterken van innovaties op het gebied van industriële warmtepompen), 2020.

¹⁴⁷ IEA Technology Collaboration Programme on Heat Pumping Technologies (HPT TCP), [Annex 58 High-Temperature Heat Pumps](#) (Bijlage 58 Hoge-temperaturen-warmtepompen), 2023.

¹⁴⁸ Resolutie van het Europees Parlement van 18 januari 2024 over geothermische energie (2023/2111(INI)).

¹⁴⁹ Raad van de Europese Unie, Conclusies over de bevordering van geothermische energie, 16 december 2024.

¹⁵⁰ Eurostat ([nrg_inf_epcrw](#)), geraadpleegd op 12 februari 2025.

¹⁵¹ Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21), "Renewables Global Status Report", 2024.

¹⁵² European Geothermal Energy Council (EGEC), "Geothermal Market Report 2023", 2024.

EU-bedrijven spelen een belangrijke rol op de eengemaakte markt, van locatieonderzoek tot ontmanteling, aangezien de waardeketens voor uitrol doorgaans volledig binnenlands zijn¹⁵³. Wat de productie van eindproducten betreft, zal de sector naar schatting voldoen aan de doelstelling van de verordening voor een nettonulindustrie dat 40 % van de uitrol moet worden gedekt door binnenlandse productie¹⁵⁴. De wereldmarkt voor onderdelen zoals turbines, turbo-expanders, pompen, kleppen en regelsystemen wordt daarentegen gedomineerd door niet-EU-bedrijven. Japan produceert 82 % van de stoomturbines met flashverdampingscyclus en Israël 74 % van de expanders met binaire cyclus. Europese fabrikanten van deze technologieën zijn voornamelijk gevestigd in Italië en in mindere mate in Duitsland en Frankrijk¹⁵⁵. Op het gebied van onderzoek en innovatie was de EU de wereldleider op het gebied van hoogwaardige uitvindingen voordat zij in 2019 door China werd ingehaald¹⁵⁶.

De coproductie van lithium en andere grondstoffen kan de economische duurzaamheid van geothermische installaties vergroten. Wat de afhankelijkheid van materialen betreft, is de technologie zelf sterk afhankelijk van staal, waarvan een groot deel uit Azië wordt ingevoerd. In mindere mate vereist de geothermische sector ook kritieke grondstoffen zoals aluminium¹⁵⁷, koper en titanium¹⁵⁸. In het recente initiatiefverslag van het Europees Parlement¹⁵⁹ en de conclusies van de Raad¹⁶⁰ wordt onder meer het volgende aanbevolen: i) de politieke zichtbaarheid en het algemene bewustzijn rond het potentieel en de uitdagingen van geothermische energie vergroten, ii) het probleem van de beschikbaarheid van gegevens aanpakken, iii) de investeringsrisico's verminderen door het invoeren van garantieregelingen, iv) vergunningverleningsprocedures stroomlijnen en versnellen, v) beste praktijken bevorderen, vi) het tekort aan geschoolde arbeidskrachten aanpakken, en vii) het publieke draagvlak vergroten.

3.8. Waterstoftechnologieën: elektrolyse-installaties en brandstofcellen

Watelektrolyse is een proces waarbij waterstof wordt geproduceerd uit water met behulp van elektriciteit. Als de elektriciteit afkomstig is van hernieuwbare en koolstofarme bronnen, kan deze technologie een sleutelrol spelen bij het koolstofvrij maken van industriële sectoren die moeilijk koolstofvrij te maken zijn, met name de productie van energie-intensieve materialen (zoals staal, cement), meststoffen en de zee- en luchtvaart. De productiecapaciteit van elektrolyse-installaties neemt in Europa toe, ondersteund door regelgevings- en financieringskaders¹⁶¹. De eerste veiling van de Europese waterstofbank in 2024 leverde 720 miljoen EUR op voor zeven projecten. Hoewel hierdoor voor meer projecten definitieve

¹⁵³ EGE, "Geothermal Market Report 2023", 2024.

¹⁵⁴ Europese Commissie, JRC, Taylor, N., Georgakaki, A., Ince, E., Letout, S., Mountraki, A., Gea Bermudez, J. en Schmitz, A., CETO, [Geothermal Energy in the European Union](#) (Geothermische energie in de Europese Unie), 2024.

¹⁵⁵ EGE, [Geothermal Market Report 2023](#) (Verslag over de geothermische markt 2023), 2024.

¹⁵⁶ CETO, [Geothermal Energy in the European Union](#) (Geothermische energie in de Europese Unie), 2024.

¹⁵⁷ EGE, [Geothermal Market Report 2023](#), 2024.

¹⁵⁸ Europese Commissie, directoraat-generaal Onderzoek en Innovatie, Schleker, T., Hicks, M., Cressida Howard, I., Ohrvik-Stott, J. et al., [Study on clean energy R&I opportunities to ensure European energy security by targeting challenges of distinct energy value chains for 2030 and beyond](#) (Studie over O&I-mogelijkheden op het gebied van schone energie om Europese energiezuikerheid te waarborgen door het aanpakken van uitdagingen van specifieke energiewaardeketens voor 2030 en daarna), 2024.

¹⁵⁹ Resolutie van het Europees Parlement van 18 januari 2024 over geothermische energie (2023/2111(INI)).

¹⁶⁰ Raad van de Europese Unie, Conclusies over de bevordering van geothermische energie, 16 december 2024.

¹⁶¹ Met inbegrip van verbruiksdoelstellingen in Richtlijn (EU) 2023/2413 (richtlijn hernieuwbare energie), de doelstelling van het partnerschap inzake elektrolyse-installaties om tegen 2025 jaarlijks 25 GWe te bereiken, en vier IPCEI's op het gebied van waterstof en brandstofcellen, zie: https://competition-policy.ec.europa.eu/state-aid/ipcei/approved-ipceis_en.

investeringsbeslissingen kunnen worden genomen, worden Europese bedrijven nog steeds geconfronteerd met financierings- en operationele belemmeringen.

De geïnstalleerde elektrolyse-capaciteit in Europa nam toe van 228 MWe in 2023 tot 663 MWe in 2024 (projecten in uitvoering of waarvoor een investeringsbeslissing is genomen), met 517 MWe in EU-landen¹⁶². De wereldwijde geïnstalleerde capaciteit steeg van 1,4 à 1,7 GWe in 2023 tot 5 GWe in 2024¹⁶³. Hiervan is 2,7 GWe aan China en ongeveer 300 MWe aan de VS toe te schrijven.

De productiecapaciteit voor Europese electrolyser stacks wordt geschat op 10 tot 15,7 GWe per jaar in 2024¹⁶⁴, terwijl de wereldwijde capaciteit wordt geschat op 40 tot 54 GWe per jaar¹⁶⁵. China heeft de hoogste productiecapaciteit, geschat op ongeveer 20 GWe in 2024¹⁶⁶.

Ondanks de uitbreiding van de productiecapaciteit en de toename van de systeemomvang zijn de verwachte kostenverminderingen nog niet gerealiseerd. Dit is te wijten aan inflatie en andere kosten, zoals hulpcomponenten, stroomaansluiting en indirecte kosten. De meest recente studies wijzen op aan kapitaaluitgaven gerelateerde kosten van 3 050 EUR per kW voor alkalinesystemen van 100 MW en van 2 630 EUR per kW voor systemen van 200 MW¹⁶⁷, ten minste vier keer meer dan in Azië. Sommige Europese fabrikanten geven aan dat zij onvoldoende afnemers hebben voor hun productie, wat hun vermogen om de kapitaalkosten per kW te verlagen en de levensvatbaarheid van tal van businesscases voor hernieuwbare en koolstofarme waterstof beïnvloedt.

De groei van het aanbod in Europa vertraagt. Dit is te wijten aan tekorten in de upstreamtoeleveringsketen, een gebrek aan geschikte vraagvolumes en afhankelijkheden van kritieke grondstoffen (zoals platinametalen)¹⁶⁸ en componenten¹⁶⁹. Deze factoren dragen ook bij aan hogere productiekosten. Het concurrentievermogen van Europese elektrolysebedrijven is dan ook matig. Enerzijds zijn er in de handel verkrijgbare producten voor de belangrijkste groepen elektrolyse-installaties¹⁷⁰ en bevinden EU-spelers zich in een goede positie wat betreft hoogwaardige octrooien¹⁷¹. Anderzijds is sprake van lange aanlooptijden voor stackassemblage, zwakke punten stroomopwaarts in de waardeketen en duurdere systemen die van invloed zijn op het concurrentievermogen van Europese fabrikanten. De businesscase kan

¹⁶² Op basis van de gegevensset voor waterstofprojecten van het IEA, geraadpleegd in januari 2025 voor de EU, NO, VK en CH.

¹⁶³ Europese Commissie, JRC, Bolard, J., Dolci, F., Gryc, K., Eynard, U., Georgakaki, A., Letout, S., Mountraki, A., Ince, E., Shtjefni, D., Rózsai, M. en Wegener, M., CETO, [Water Electrolysis and Hydrogen in the European Union](#) (Watarelektrolyse en waterstof in de Europese Unie), 2024; IEA, “Global Hydrogen Review”, 2024. Het IEA meldt in 2024 een aanzienlijk lagere geïnstalleerde capaciteit voor de VS dan in de projectendatabank in 2023, die 717 MWe bedroeg.

¹⁶⁴ IEA, “Global Hydrogen Review”, 2024; CETO, [Water Electrolysis and Hydrogen in the European Union](#) (Watarelektrolyse en waterstof in de Europese Unie), 2024. Het hoogste bereik heeft betrekking op Rystad Energy en omvat productiecapaciteit in aanbouw (oktober 2024).

¹⁶⁵ IEA, “Global Hydrogen Review”, 2024. Verwachte gegevens over het hogere bereik in BloombergNEF, “Electrolysers, too many fish in the Pond”, 2024.

¹⁶⁶ IEA, “Global Hydrogen Review”, 2024. Het bovenste bereik heeft betrekking op de hoofdkantoren van OEM's in China.

¹⁶⁷ Op basis van BloombergNEF, “Electrolyser Price Survey”, 2024; TNO, *Evaluation of the levelised cost of hydrogen based on proposed electrolyser projects in the Netherlands* (Evaluatie van de genormaliseerde kosten van waterstof op basis van voorgestelde elektrolyseprojecten in Nederland), 2024.

¹⁶⁸ Op basis van JRC, [Supply chain analysis and material demand forecast in strategic technologies and sectors in the EU](#) (Analyse van de toeleveringsketen en prognose van de vraag naar materialen in strategische technologieën en sectoren in de EU), 2023. 1 tot 5 % van het CRM voor elektrolyse-installaties is afkomstig uit Europa.

¹⁶⁹ Op basis van BloombergNEF, “Electrolyser Overcapacity”, 2024.

¹⁷⁰ De vier belangrijkste in de handel gebrachte technologieën zijn: alkaline, protonuitwisselingsmembraan, vast oxide en anionuitwisselingsmembraan. Protongeleidende keramische elektrolyse is een nieuwe technologie in ontwikkeling.

¹⁷¹ Europees scorebord voor het concurrentievermogen van de klimaatneutrale industrie (CIndECS). Het gaat om 31 % van de hoogwaardige uitvindingen in de EU.

ook worden beïnvloed door andere aspecten, zoals garanties na fabricage en hoge exploitatiekosten voor de productie van hernieuwbare waterstof.

Elektriciteitskosten spelen een belangrijke rol in de genormaliseerde waterstofkosten (Levelized Cost of Hydrogen — LCOH). Dit komt doordat elektriciteit een aanzienlijk deel van de totale kosten vertegenwoordigt, waarbij het relatieve aandeel ervan varieert naargelang van de locatie en de specificaties van elektrolyse-installaties¹⁷². Zo bedroeg in de recente projecten in Nederland de LCOH¹⁷³ 12 tot 14 EUR/kg waterstof voor offshore-elektriciteit voor elektrolysesystemen van 100-200 MWe. De LCOH zal sterk afhangen van het ontwerp, de werking en de lokalisatie van projecten.

De resterende uitdagingen op het gebied van onderzoek en innovatie zijn de vervanging van “niet-afbreekbare chemische stoffen” die in membranen worden gebruikt, het verlagen van de systeemkosten, het verbeteren van de prestaties en levensduur ervan, het verminderen van het zoetwaterverbruik en de toepassing in de eindgebruikerssectoren tegen concurrerende prijzen.

Brandstofcellen zijn systemen om op efficiënte wijze elektriciteit uit schone waterstof te produceren. Zij hebben toegevoegde waarde bij het bieden van koolstofvrije oplossingen voor vervoer, verwarming of niet op het net aangesloten elektriciteit. Zij worden voornamelijk gebruikt in elektrische door brandstofcellen aangedreven voertuigen, bussen, regionale treinen en in mindere mate in verwarming, machines en stationaire niet op het net aangesloten elektriciteit. In de EU creëren emissienormen en koolstofprijzen extra stimulansen voor investeringen. In 2023 bedroeg de geïnstalleerde capaciteit wereldwijd naar schatting 7,8 GW, met aan kop Azië (72 %), gevolgd door de VS en Canada (18 %) en Europa met 0,6 GW (8 %)¹⁷⁴, met het grootste deel van de markt voor mobiliteit¹⁷⁵.

Europese fabrikanten bieden brandstofcelbussen aan, maar de brandstofcellen worden meestal bij andere leveranciers gekocht, met name uit Canada en Japan. In de EU worden prototypen voor brandstofcellen voor zware bedrijfsvoertuigen ontwikkeld, aangezien de belangstelling voor schoon vervoer toeneemt en de totale kosten van eigendom na 2035 mogelijk op hetzelfde niveau als die van dieselvrachtwagens komen te liggen. Vermoedelijk zullen door brandstofcellen aangedreven zware bedrijfsvoertuigen duurder blijven dan elektrische voertuigen op batterijen. Brandstofcellen voor verwarming zullen waarschijnlijk slechts een nichesrol spelen in de EU.

De veerkracht van waardeketens voor zowel elektrolyse-installaties als brandstofcellen moet worden versterkt, van de inkoop van grondstoffen en de productie en levering van componenten tot het verkorten van de levertijden van volledige systemen in Europa tegen concurrerende kosten. De beschikbaarheid van grote hoeveelheden kosteneffectieve hernieuwbare en koolstofarme waterstof blijft een beleidsprioriteit.

3.9. Technologieën voor duurzaam biogas en biomethaan

Europa heeft een rijpe industrie, voornamelijk voor de opwekking van elektriciteit uit biogas, met groeiende markten voor warmte en vervoer als gevolg van netinjectie met biomethaan.

¹⁷² CETO, [Water Electrolysis and Hydrogen in the European Union](#) (Watarelektrolyse en waterstof in de Europese Unie), 2024.

¹⁷³ TNO, [Evaluation of the levelised cost of hydrogen based on proposed electrolyser projects in the Netherlands](#) (Evaluatie van de genormaliseerde kosten van waterstof op basis van voorgestelde elektrolyseprojecten in Nederland), 2024.

¹⁷⁴ Op basis van Rystad Energy, “Fuel Cell Installed Capacity Dataset”, 2024.

¹⁷⁵ Europees waarnemingscentrum voor waterstof, [Fuel Cell Market Dataset](#) (Gegevensset over de brandstofcelmarkt), 2021.

Bijna 50 % van de productie bevindt zich in Europa, terwijl Duitsland alleen al aan 20 % van de wereldwijde vraag voldoet¹⁷⁶. Anaerobe vergisting blijft de belangrijkste commerciële technologie voor de productie van biogas dat wordt opgewerkt tot biomethaan. De EU is een toonaangevende producent van biogas en biomethaan, met een gecombineerde productie van ongeveer 22,1 miljard kubieke meter in 2023¹⁷⁷. De EU is ook een leider op het gebied van de productie van apparatuur. De productiecapaciteit voor biomethaan in de EU uit anaerobe vergisting bedroeg in 2023 3,8 miljard m³, met een daadwerkelijke jaarlijkse productie van naar schatting 3,5 miljard m³. De groei van de productiecapaciteit zal echter naar verwachting tegen 2030 met een factor 5 toenemen¹⁷⁸. Het huidige groeicijfer van biomethaan in de EU sluit nauw aan bij de doelstellingen voor 2030 in de nationale energie- en klimaatplannen, in overeenstemming met de REPowerEU-doelstelling.

In de EU zijn wereldwijd toonaangevende bedrijven actief op het gebied van componenten voor de productie van biogas en biomethaan (zoals gistingstanks, apparatuur voor het reinigen van biogas, vergassers)¹⁷⁹. Er worden nieuwe trajecten ontwikkeld, waarbij de EU het voortouw neemt¹⁸⁰. In het kader van het Horizon-programma van de EU is meer dan 120 miljoen EUR in 20 innovatieve projecten geïnvesteerd, waarbij technologie op dit gebied wordt bevorderd. Innovatieve technologieën voor de directe productie van biomethaan, zoals vergassing van biomassa-residuen en -afval, worden in de EU nog niet op grote schaal gedemonstreerd (2 000 ton per jaar aan geïnstalleerde en operationele productiecapaciteit in 2023, hoewel de productie van biomethaan naar verwachting zal toenemen tot 0,7 miljard m³ in 2030¹⁸¹). Productie-installaties voor bio-lng zijn een waardevolle optie in de EU, met een capaciteit van ongeveer 7,3 TWh in 2023, die naar verwachting zal stijgen tot 15,4 TWh tegen 2025¹⁸².

De EU is verantwoordelijk voor een aanzienlijk deel van de investeringen in biogas en is de leider op het gebied van hoogwaardige octrooien¹⁸³. Biogastechnologieën (anaerobe vergisting en gasopwerking) vertonen geen kritieke afhankelijkheden voor materialen, componenten of leveranciers en er is geen sprake van afhankelijkheid van apparatuur, materialen of leveranciers van technologieën die specifiek nodig zijn voor een vergasser¹⁸⁴. De EU is ook niet afhankelijk van de invoer van biologische grondstoffen¹⁸⁵. Er is echter sprake van afhankelijkheid van niet-EU-leveranciers voor gasmotoren en -turbines voor elektriciteitsopwekking, zoals in alle gasvormige brandstoffen.

De hoge kosten vormen momenteel een belemmering voor de verdere uitrol van biomethaan, aangezien de kapitaalkosten voor een biogasinstallatie voor anaerobe vergisting ongeveer

¹⁷⁶ IEA, Renewables 2023, [Special section: Biogas and biomethane](#) (Speciale rubriek: biogas en biomethaan), 2024.

¹⁷⁷ Op basis van European Biogas Association (EBA), [Statistical report](#) (Statistisch verslag), 2024.

¹⁷⁸ Europese Commissie, directoraat-generaal Onderzoek en Innovatie, [Development of outlook for the necessary means to build industrial capacity for drop-in advanced biofuels](#) (Ontwikkeling van de vooruitzichten voor de nodige middelen voor de opbouw van industriële capaciteit voor geavanceerde drop-inbiobrandstoffen), (bijlage 3), 2024.

¹⁷⁹ Europese Commissie, directoraat-generaal Onderzoek en Innovatie, [Study on energy technology dependence](#) (Studie over afhankelijkheid van energietechnologie), 2020.

¹⁸⁰ European Commission, JRC, Motola, V., Scarlat, N., Buffi, M., Hurtig, O., Rejtharova, J., Georgakaki, A., Mountraki, A., Letout, S., Salvucci, R., Rózsai, M. en Schade, B., CETO, [Bioenergy in the European Union](#) (Bio-energie in de Europese Unie), 2024.

¹⁸¹ Europese Commissie, directoraat-generaal Onderzoek en Innovatie, [Development of outlook for the necessary means to build industrial capacity for drop-in advanced biofuels](#) (Ontwikkeling van de vooruitzichten voor de nodige middelen voor de opbouw van industriële capaciteit voor geavanceerde drop-inbiobrandstoffen), (bijlage 3), 2024.

¹⁸² CETO, [Bioenergy in the European Union](#) (Bio-energie in de Europese Unie), 2024.

¹⁸³ CETO, [Bioenergy in the European Union](#) (Bio-energie in de Europese Unie), 2024.

¹⁸⁴ Europese Commissie, directoraat-generaal Onderzoek en Innovatie, [Study on energy technology dependence](#) (Studie over afhankelijkheid van energietechnologie), 2020.

¹⁸⁵ CETO, [Bioenergy in the European Union](#) (Bio-energie in de Europese Unie), 2024.

1 500 tot 2 000 EUR/kW¹⁸⁶ bedragen en de totale kosten van de productie en opwerking van biogas worden geraamd op ongeveer 100 EUR/MWh¹⁸⁷. Evenzo bedragen de kapitaalkosten voor een vergassingsbiomethaaninstallatie 2 000 tot 3 600 EUR/kW en de productiekosten ongeveer 89 tot 112 EUR/MWh¹⁸⁸.

Om het concurrentievermogen van de EU in deze sector in stand te houden, moet innovatie op het gebied van technologieën voor duurzame biomethaanproductie afkomstig van vergassing en opwerking van biogas voor anaerobe vergisting verder worden ondersteund om de productiecapaciteit te vergroten en de productiekosten te verlagen. Daarnaast moet de toegang tot het net voor biogas- en biomethaaninstallaties worden vergemakkelijkt.

3.10. Technologieën voor koolstofafvang en -opslag (CCS)

De EU heeft met haar in februari 2024 vastgestelde strategie voor het beheer van industriële koolstof¹⁸⁹ een visie uiteengezet voor een robuust regelgevings- en investeringskader voor technologieën voor het afvangen, vervoeren, gebruiken en opslaan van koolstof en voor technologieën voor de verwijdering van koolstof uit de atmosfeer. De strategie, die wordt ondersteund door de verordening voor een nettonulindustrie, waarin een doelstelling van jaarlijkse injectiecapaciteit van ten minste 50 miljoen ton in opslaglocaties in de EU tegen 2030 is vastgesteld¹⁹⁰, bevat concrete acties ter ondersteuning van CCS-technologieën.

De EU bevindt zich in een goede positie op het gebied van CO₂-afvangtechnologieën, waarbij 5 van de 16 grootste aanbieders van CO₂-afvang op de lijst EU-bedrijven zijn¹⁹¹. Wat het vervoer, de opslag en de volledige waardeketen van CO₂ betreft, loopt Europa echter achter op de VS en Canada, met zeer weinig bedrijven die deze technologieën aanbieden¹⁹². De EU heeft de afgelopen jaren een inhaalslag gemaakt op het gebied van publieke O&O-uitgaven. In 2022 was de EU goed voor ongeveer 22 % van de wereldwijde uitgaven, met een kleine voorsprong op Canada en Japan¹⁹³, waarbij het merendeel van de investeringen naar CO₂-opslag ging.

In 2023 is het aantal CCS-projecten in verschillende stadia van ontwikkeling verdubbeld ten opzichte van het voorgaande jaar, met wereldwijd 392 faciliteiten (met 119 projecten in Europa), wat neerkomt op 361 Mtpa CO₂¹⁹⁴. In Europa ondersteunen CCS-projecten in verschillende ontwikkelingsstadia industrieën zoals waterstof, ammoniak en meststoffen

¹⁸⁶ Europese Commissie, directoraat-generaal Onderzoek en Innovatie, [Development of outlook for the necessary means to build industrial capacity for drop-in advanced biofuels](#) (Ontwikkeling van de vooruitzichten voor de nodige middelen voor de opbouw van industriële capaciteit voor geavanceerde drop-inbiobrandstoffen), 2023.

¹⁸⁷ IEA, "Outlook for Biogas and Biomethane", 2020; Europese Commissie, directoraat-generaal Onderzoek en Innovatie, [Development of outlook for the necessary means to build industrial capacity for drop-in advanced biofuels](#) (Ontwikkeling van de vooruitzichten voor de nodige middelen voor de opbouw van industriële capaciteit voor geavanceerde drop-inbiobrandstoffen), (bijlage 3), 2024.

¹⁸⁸ Europese Commissie, directoraat-generaal Onderzoek en Innovatie, [Development of outlook for the necessary means to build industrial capacity for drop-in advanced biofuels](#) (Ontwikkeling van de vooruitzichten voor de nodige middelen voor de opbouw van industriële capaciteit voor geavanceerde drop-inbiobrandstoffen), (bijlage 3), 2024.

¹⁸⁹ COM(2024) 62.

¹⁹⁰ PB L, 2024/1735, 28.6.2024, overweging 36.

¹⁹¹ Europese Commissie, JRC, Martinez Castilla, G., Tumara, D., Mountraki, A., Letout, S., Jaxa-Rozen, M., Schmitz, A., Ince, E. en Georgakaki, A., CETO, [Carbon Capture, Utilisation and Storage in the European Union](#) (Koolstofafvang, -gebruik en -opslag in de Europese Unie), 2024.

¹⁹² CETO, [Carbon Capture, Utilisation and Storage in the European Union](#) (Koolstofafvang, -gebruik en -opslag in de Europese Unie), 2024.

¹⁹³ Ibid.

¹⁹⁴ Faciliteiten in de fase van uitrol, in aanbouw of in bedrijf; exclusief de capaciteit van andere projecten voor CO₂-vervoer en/of -opslag (om dubbel telling te vermijden) dan faciliteiten voor CO₂-vervoer en/of -opslag zonder eigen CO₂-afvangbron.

(20 faciliteiten), elektriciteitsopwekking en warmte (19 faciliteiten), cement (17 faciliteiten) en biomassa voor elektriciteit/warmte (15 faciliteiten)¹⁹⁵.

In Europa zijn verschillende van de 35 in ontwikkeling zijnde projecten voor CO₂-vervoer en -netwerken belangrijke projecten van gemeenschappelijk belang (PGB's) die ten grondslag liggen aan een grensoverschrijdend koolstofdioxidenetwerk in de EU¹⁹⁶. Hoewel de vastgestelde opslagcapaciteit nog steeds geconcentreerd is in de Noordzee, zijn in lidstaten als Bulgarije, Kroatië, Griekenland en Italië nieuwe locaties voor onshore- en offshore-CCS-projecten in kaart gebracht. In 2024 werden de eerste exploratievergunningen verleend voor de opslag van CO₂ aan land in Denemarken, waardoor de totale hoeveelheid exploratievergunningen voor CO₂-opslag werd verdubbeld¹⁹⁷. In januari 2025 heeft de Commissie in het kader van de Connecting Europe Facility voor energie 250 miljoen EUR aan financiering toegekend ter ondersteuning van de bouw van drie projecten en de financiering van negen voorbereidende studies voor CO₂-infrastructuurprojecten van gemeenschappelijk belang¹⁹⁸.

De EU bevindt zich in een goede positie in de belangrijkste productiesectoren van CCS-componenten voor afvangtechnologieën, zoals amineoplosmiddelen die voor absorptie worden gebruikt (de meest rijpe technologie). Zij opereert echter nog niet op grote schaal en beschikt nog niet over gespecialiseerde waardeketens. Na een periode van stagnatie in het afgelopen decennium kwam de productie van amineoplosmiddelen in de EU in 2023 uit op 260 miljoen EUR, een stijging met 8 % ten opzichte van het voorgaande jaar. De EU bevindt zich in een goede positie om innovatieve methoden te ontwikkelen, onder meer voor membranen (polymeer, keramiek) en adsorptiemiddelen, terwijl China wereldwijd het voortouw neemt op het gebied van collegiaal getoetste artikelen. Projecten in het kader van het Horizon 2020-programma van de EU zullen naar verwachting de processen sterk verbeteren en deze methoden naar het handelsstadium brengen¹⁹⁹.

Ondanks het feit dat het afgelopen jaar een impuls is gegeven aan CCS in de EU, zal het tempo van de uitrol van CO₂-opslag exponentieel moeten toenemen om de aanzienlijke CO₂-afvangvolumes te bereiken die nodig zijn om de doelstellingen voor 2030, 2040 en 2050 te halen. De EU neemt maatregelen om de vraag naar en het aanbod van opslag zichtbaarder te maken en om het noodzakelijke kader voor een niet-discriminerende, open toegang en een multimodale CO₂-infrastructuur vast te stellen. Deze maatregelen zullen de belangrijkste uitdagingen bij de uitrol van oplossingen voor het beheer van industriële koolstof aanpakken, de voorspelbaarheid voor investeerders vergroten en de risico's van investeringen verminderen. De Commissie zal verdere maatregelen voorstellen om het gebruik van technologieën voor koolstofafvang, -gebruik en -opslag (CCUS) te stimuleren en te vergroten²⁰⁰.

¹⁹⁵ Global CCS Institute, "Global Status of CCS 2023, Scaling up through 2030".

¹⁹⁶ Zoals de Porthos- en Aramis-projecten in Nederland en Antwerp@C in België. De [nieuwe lijst van EU-energieprojecten van gemeenschappelijk en wederzijds belang \(europa.eu\)](#) omvat 14 CO₂-netwerkprojecten.

¹⁹⁷ Deens Ministerie van Klimaat, Energie en Nutsvoorzieningen, [The first exploration licenses for land-based storage of CO₂ in Denmark have been granted](#), (De eerste exploratievergunningen voor CO₂-opslag aan land in Denemarken zijn verleend), 20 juni 2024.

¹⁹⁸ Zie https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/nl/ip_25_377.

¹⁹⁹ CETO, [Carbon Capture, Utilisation and Storage in the European Union](#) (Koolstofafvang, -gebruik en -opslag in de Europese Unie), 2024.

²⁰⁰ Opdrachtbrief aan Dan Jørgensen, commissaris voor Energie en Huisvesting, 17 september 2024.

3.11. Technologieën voor het elektriciteitsnet: elektriciteitsleidingen en transformatoren

In het EU-actieplan voor netwerken²⁰¹ worden mondiale trends vastgesteld (zoals toenemend elektriciteitsverbruik, digitalisering en de integratie van hernieuwbare energiebronnen), die bijdragen aan een toename van de wereldwijde vraag naar netcomponenten, waaronder elektriciteitsleidingen en transformatoren²⁰². Uit de analyse van Europacable van de tienjarige netwerkontwikkelingsplannen voor 2024²⁰³ blijkt dat tussen 2024 en 2033 bijna 100 000 km aan nieuwe transmissielijnen en kabels in Europa zullen worden aangelegd (een verhoging met 10 % van het cijfer van 2022). Wat het distributiesysteem betreft, verwacht Eurelectric dat tussen 2025 en 2050 jaarlijks gemiddeld 262 000 km aan geleiders zal moeten worden geïnstalleerd, met inbegrip van nieuwe leidingen en vervangingen²⁰⁴. Bovendien zouden voor de ontwikkeling van het distributienet in de EU en Noorwegen alleen al 172 000 transformatoren nodig kunnen zijn, die tussen 2025 en 2050 elk jaar moeten worden toegevoegd, waardoor hun aantal tegen het midden van de eeuw zal zijn verdubbeld van 4,5 miljoen tot 9 miljoen²⁰⁵. In totaal kan de modernisering van de Europese elektriciteitstransmissie- en -distributie-infrastructuur tot 2040 tot wel 730 miljard EUR aan investeringen vergen²⁰⁶.

De EU beschikt reeds lang over een aantal markt- en technologieleiders voor zowel elektriciteitsleidingen als transformatoren. De markt voor draden en kabels in de EU wordt voornamelijk beleverd door Europese bedrijven, hoewel de concurrentiedruk van internationale spelers op de korte tot middellange termijn zou kunnen toenemen. Wat de Europese markt voor transformatoren betreft, is de situatie enigszins anders: terwijl enkele grote multinationale ondernemingen het segment van grote transmissietransformatoren domineren, bestaan het segment van middelgrote transformatoren en producenten van distributietransformatoren uit zowel van oudsher nationale fabrikanten en familiebedrijven uit Europa als internationale concurrenten.

De toeleveringsketens voor koper en aluminium zijn van cruciaal belang voor de productie. Hoewel deze naar verwachting op korte termijn gelijke tred zullen houden met de gestaag groeiende vraag, vormen de hoge vraag en de concentratie van de productie van geraffineerd koper een risico op verstoringen op lange termijn²⁰⁷. De belangrijkste hoogwaardige component voor transformatoren, de kern, is vervaardigd uit elektrostaal met georiënteerde korrel. De waarde van de wereldwijde markt voor elektrostaal met georiënteerde korrel zal tegen 2032 naar schatting bijna verdubbelen²⁰⁸, onder invloed van de vraag van de productie van transformatoren. Hoewel de EU een belangrijke producent is, zijn veel fabrikanten van transformatoren in de EU afhankelijk van de invoer van kernstaal²⁰⁹.

²⁰¹ COM(2023) 757 final.

²⁰² Terwijl deze editie gericht is op elektriciteitsleidingen en transformatoren, was de laatste editie gericht op hoogspanningsgelijkstroomsystemen (HVDC) en convertorstations, zie COM(2023) 652 final.

²⁰³ ENTSB-G en ENTSB-E, *Ten-Year Network Development Plans (TYNDP)* (Tienjarige netwerkontwikkelingsplannen), mei 2024.

²⁰⁴ Dit zal naar verwachting leiden tot een netto-uitbreiding van het netwerk van de EU en Noorwegen van 10 tot 16,8 miljoen km in de periode 2025-2050.

²⁰⁵ Eurelectric, *Grids for speed* (Netten voor snelheid), 2024.

²⁰⁶ Europese Commissie, directoraat-generaal Energie, Finesso, A., Kralli, A., Bene, C., Goodall, F. et al., [Investment needs of European energy infrastructure to enable a decarbonised economy](#) (Investeringsbehoeften van Europese energie-infrastructuur om een koolstofvrije economie mogelijk te maken), 2025.

²⁰⁷ IEA, "Critical Minerals Market Review", 2023.

²⁰⁸ Fortune Business Insights, [Grain Oriented Electrical Steel Market Size, Share & Industry Analysis](#) (Analyse van de omvang, het aandeel en de sector van elektrostaal met georiënteerde korrel), 2024.

²⁰⁹ T&D Europe, [Transformer Commodities Indices](#) (Indexen van grondstoffen voor transformatoren), april 2024.

De toenemende vraag naar netcomponenten zoals elektriciteitsleidingen en transformatoren heeft geleid tot vertraagde leveringen, lange aanlooptijden en verdere prijsstijgingen. Naar verluidt zijn verschillende toonaangevende Europese kabelproducenten begonnen met de uitvoering van investeringsbeslissingen ter waarde van 4 miljard EUR, wat heeft bijgedragen tot de verdubbeling van de productiecapaciteit voor hoog- en superhoogspanningskabels in Europa²¹⁰. Uit een enquête onder fabrikanten van transformatoren binnen en buiten de EU blijkt dat op korte termijn (tot 2026) een uitbreiding van de productiecapaciteit met 10 % kan worden verwacht, met maximaal 30 % tot 2030, als de opwaartse trend in de vraag wordt bevestigd²¹¹. Niettemin zal de vraag de komende jaren en in de jaren 2030 naar verwachting sneller blijven groeien dan het aanbod.

Een van de grootste uitdagingen voor de sector is een tekort aan geschoolde arbeidskrachten. Bijna de helft van de ondervraagde fabrikanten van transformatoren meldde onderbenutte capaciteit als gevolg van een tekort aan gekwalificeerde werknemers²¹². De Commissie heeft in haar actieplan voor netwerken maatregelen vastgesteld om ervoor te zorgen dat elektriciteitsnetten in de EU efficiënter functioneren en sneller worden uitgerold²¹³. Nauwere samenwerking tussen overheidsinstanties, netbeheerders en technologieleveranciers zal van cruciaal belang zijn om gemeenschappelijke technologiespecificaties te ontwikkelen, de zichtbaarheid van netprojectenpijplijnen te verbeteren, investeringen in productiecapaciteit te vergemakkelijken en toeleveringsketens veilig te stellen. Tijdens de huidige mandaatsperiode zal de Commissie nadenken over het rechtskader voor Europese netten om elektrificatie te ondersteunen en de vergunningverlening te versnellen²¹⁴. De Commissie zal een actieplan voor elektrificatie presenteren om elektrificatie in alle eindgebruikerssectoren te ondersteunen, alsook een Europees netwerkpakket voorstellen om haar netwerk van energietransmissie- en -distributie-infrastructuur te moderniseren en uit te breiden.

3.12. Technologieën voor kernsplijtingsenergie

Kerncentrales zijn een van de technologieën die inzetbare koolstofarme elektriciteit leveren²¹⁵. De kosten per eenheid elektriciteit uit kerncentrales liggen doorgaans tussen die van hernieuwbare en fossiele technologieën. Kerncentrales produceerden in 2023 22,8 % van de elektriciteit in de EU, iets meer dan 21,9 % in 2022²¹⁶, met drie hefbomen om dit te bereiken: verlenging van de levensduur, bouw van nieuwe grote kerncentrales en uitrol van kleine modulaire reactoren.

De meeste nieuwe reactoren die in aanbouw zijn, bevinden zich in Azië. Begin 2024 was er wereldwijd ongeveer 61 GW aan reactorcapaciteit in aanbouw, waarvan zich meer dan de helft

²¹⁰ [Europacable, Letter to European Commission Executive Vice-President Maroš Šefčovič](#) (Brief aan uitvoerend vicevoorzitter van de Europese Commissie Maroš Šefčovič), 5 maart 2024.

²¹¹ Transformers Magazine's Industry Navigator, [Investments 2024 — Outlook to 2033](#) (Investerings 2024 — Vooruitzichten voor 2033), 2024.

²¹² Ibid.

²¹³ COM(2023) 757 final.

²¹⁴ Opdrachtbrief aan Dan Jørgensen, commissaris voor Energie en Huisvesting, 17 september 2024.

²¹⁵ De lidstaten zijn overeenkomstig de Verdragen vrij in de keuze van hun energiemix.

²¹⁶ Analyse van de Commissie op basis van Eurostat, "Net electricity generation by type of fuel — monthly data", onlinegegevenscode: [nrg_cb_pem](#), voor het laatst bijgewerkt op 28 januari 2025; ENTSB-E, "Statistical Factsheet 2023", 2024; Onderzoeksdienst van het Europees Parlement, "Strategic autonomy and the future of nuclear energy in the EU", 2024; SWD(2024) 63 final, deel 1/5.

in China en India bevond. De EU beschikt over één actieve leverancier van reactoren²¹⁷, die 5,3 % van de voornoemde capaciteit bouwt²¹⁸. Dit illustreert dat de EU-industrie haar concurrentievermogen moet verbeteren overeenkomstig de doelstellingen van de verordening voor een nettonulindustrie.

In 2024 heeft de Commissie de Europese industriële alliantie voor kleine modulaire reactoren opgericht om de uitrol ervan tegen het begin van de jaren 2030 te vergemakkelijken en een concurrerend Europees ecosysteem te ondersteunen²¹⁹. Kleine modulaire reactoren hebben innovatieve ontwerpen en zijn opgebouwd rond modulaire componenten die mogelijk in serie kunnen worden vervaardigd. Zij zijn nog niet ingezet in de EU, hoewel de eerste kleine modulaire reactoren al in bedrijf zijn in China en Rusland²²⁰.

Om de verwachte capaciteit in de EU te kunnen verwezenlijken, moet de productiecapaciteit worden uitgebreid²²¹. Bovendien moet de vergrijzende beroepsbevolking in de sector worden aangepakt door arbeidskrachten aan te trekken en vakmensen uit andere sectoren om te scholen. Programma's voor de ontwikkeling van specifieke vaardigheden inzake kernenergie moeten worden bevorderd. Met behulp van de diversificatie van de toeleveringsketen voor splijtstof, diensten in verband met de kernsplijtstofcyclus en reserveonderdelen moet de afhankelijkheid van afzonderlijke onbetrouwbare partners, met name Rusland, verder worden aangepakt²²². Er moet voortdurend aandacht worden besteed aan het behoud van nucleaire veiligheid, het veiligstellen van gediversifieerde voorraden, veilig afvalbeheer en het bevorderen van nieuwe technologieën²²³. Elk toekomstig gebruik van kernenergie moet afhankelijk blijven van de naleving van de strengste nucleaire veiligheidsnormen en van de veilige verwijdering van alle soorten kernafval en verbruikte splijtstof.

3.13. Waterkracht

De wereldwijde waterkrachtcapaciteit bedroeg 1 416 GW in 2023²²⁴, met naar verwachting rond 2030 een extra capaciteit van ongeveer 160 GW (waarvan ongeveer 15-16 GW in Europa)²²⁵. Pompaccumulatie is nog steeds de meest voorkomende technologie voor energieopslag, met meer dan 90 % van alle opslagcapaciteit op netschaal wereldwijd en met een geïnstalleerde pompcapaciteit van 46 GW in de EU²²⁶. Hoewel EU-bedrijven wereldwijd

²¹⁷ In de jaren 1980 waren er vier Europese fabrikanten van reactoren: ABB (Zweden/Zwitserland), Framatome (Frankrijk), Kraftwerk Union/Siemens (Duitsland) en National Nuclear Corp. (Verenigd Koninkrijk). Alleen Framatome is vandaag nog actief. Agentschap voor kernenergie, "Nuclear New build: Insights into Financing and Project Management", 2015.

²¹⁸ Analyse van de Commissie op basis van PRIS-gegevens van het IAEA (31 december 2023). Framatome voltooide de bouw van Olkiluoto 3 (Finland), die in mei 2023 in bedrijf is genomen.

²¹⁹ [European Industrial Alliance on SMRs](#) (Europese industriële alliantie voor kleine modulaire reactoren), 2024.

²²⁰ PRIS-gegevens van het IAEA (31 december 2023).

²²¹ Bovendien ontbreekt het volgens analyses van het Voorzieningsagentschap van Euratom aan een verrijkingcapaciteit in het globale westen van 2 500 tSWU tegen 2030, waarbij de westerse reactoren in het scenario van een stabiele vraag ongeveer 6 000 ton conversiecapaciteit per jaar missen. ESA, "Euratom Supply Agency Annual Report", 2022.

²²² Vijf lidstaten gebruiken reactoren van het type VVER. Van oudsher is er slechts één, Russische, leverancier van brandstofdiensten voor deze reactoren geweest, wat een kwetsbaarheid vormt voor de voorzieningszekerheid. In 2022 is de Commissie raadplegingen gestart met de lidstaten die VVER-reactoren exploiteren om het proces van diversificatie van de brandstofvoorziening overeenkomstig de REPowerEU-doelstellingen te versnellen.

²²³ Opdrachtbrief aan Dan Jørgensen, commissaris voor Energie en Huisvesting, 17 september 2024.

²²⁴ Europese Commissie, JRC, Quaranta, E., Georgakaki, A., Letout, S., Mountraki, A., Ince, E. en Gea Bermudez, J., CETO, [Hydropower and Pumped Storage Hydropower in the European Union](#) (Waterkracht en pompaccumulatie in de Europese Unie), 2024.

²²⁵ Irena, [The changing role of hydropower: Challenges and opportunities](#) (De veranderende rol van waterkracht: uitdagingen en kansen), 2023; IEA, "Hydropower Special Market Report Analysis and forecast to 2030", 2021.

²²⁶ CETO, [Hydropower and Pumped Storage Hydropower in the European Union](#) (Waterkracht en pompaccumulatie in de Europese Unie), 2024.

actief zijn op het gebied van nieuwe waterkrachtprojecten, ligt een belangrijke focus in de EU op het moderniseren en renoveren van bestaande installaties, die goed zijn voor ongeveer 153 GW aan geïnstalleerde capaciteit²²⁷.

De verwerkende industrie van waterkrachtcomponenten in de EU blijft sterk in 2024, wat wijst op positieve vooruitzichten wat betreft vooruitgang in de richting van de benchmarks van de verordening voor een nettonulindustrie. Hoewel de toeleveringsketen van de EU goed ontwikkeld is, bestaat het risico op toekomstige afhankelijkheid van permanente magneten als component²²⁸. De waarde van in de EU vervaardigde onderdelen en turbines bedroeg 605 miljoen EUR in 2023, maar het handelsoverschot is de afgelopen jaren aanzienlijk gedaald tot 213 miljoen EUR in 2023, vergeleken met de piek van 466 miljoen EUR in 2015. Dit komt ook tot uiting in het aandeel van de EU in de wereldwijde uitvoer, dat echter hoog bleef met 44 % in de periode 2021-2023²²⁹. De daling van de productiewaarde in de afgelopen jaren maakt duidelijk dat de EU-industrie weliswaar concurrerend blijft, maar geconfronteerd wordt met toegenomen wereldwijde concurrentie, aangezien met name China zijn positie op het gebied van waterkrachttechnologie heeft uitgebouwd²³⁰.

Hoewel de waterkrachtindustrie van de EU wereldwijd een leidende rol blijft spelen, is te verwachten dat deze op middellange en lange termijn nog verder onder druk komt te staan. In dit verband is een bijzonder probleem voor de EU-industrie het geringere potentieel voor nieuwe waterkrachtprojecten in Europa, waarbij het vaststellen van nieuwe locaties voor duurzame waterkracht een grote uitdaging blijft. Een andere uitdaging voor de EU-productie van waterkracht is het behoud van vaardigheden in de sector.

De EU moet wereldwijd een leidende positie op het gebied van waterkracht behouden door meer te investeren in onderzoek en innovatie dan mondiale concurrenten en door haar thuismarkt met nieuwe investeringen in stand te houden. Er schuilt met name onbenut potentieel in het uitbreiden van pompaccumulatie om de flexibiliteit van het net te vergroten, onder meer door bestaande waterkrachtcentrales aan te passen.

3.14. Duurzame alternatieve brandstoffen

Duurzame alternatieve brandstoffen, zoals gedefinieerd in de verordening voor een nettonulindustrie, zijn duurzame en koolstofarme brandstoffen die bedoeld zijn om de broeikasgasemissies in de sectoren luchtvaart en zeevervoer te verminderen²³¹. De EU bevindt zich in een goede positie op het gebied van deze technologieën, maar verdere inspanningen zijn nodig om een concurrerende grootschalige productie in de EU op te bouwen. Over het algemeen heeft de EU momenteel een technologisch voordeel op het gebied van productie: zij

²²⁷ Eurostat ([nrg_inf_epc](#)), geraadpleegd op 12 februari 2025.

²²⁸ Europese Commissie, directoraat-generaal Onderzoek en Innovatie, Schleker, T., Hicks, M., Cressida Howard, I., Ohrvik-Stott, J. et al., [Study on clean energy R&I opportunities to ensure European energy security by targeting challenges of distinct energy value chains for 2030 and beyond](#) (Studie over O&I-mogelijkheden op het gebied van schone energie om Europese energiezekerheid te waarborgen door het aanpakken van uitdagingen van specifieke energiewaardeketens voor 2030 en daarna), 2024.

²²⁹ CETO, [Hydropower and Pumped Storage Hydropower in the European Union](#) (Waterkracht en pompaccumulatie in de Europese Unie), 2024.

²³⁰ IEA, "Hydropower Special Market Report Analysis and forecast to 2030", 2021.

²³¹ PB L, 2024/1735, 28.6.2024, artikel 3, overeenkomstig de definities in de ReFuelEU Luchtvaart-verordening en de FuelEU Zeevaart-verordening. Dit punt heeft alleen betrekking op biobrandstoffen en synthetische hernieuwbare brandstoffen van niet-biologische oorsprong.

beschikt over de meeste commerciële faciliteiten ter wereld en speelt een belangrijke rol bij de ontwikkeling van nieuwe en innovatieve technologieën.

Brandstof van door hydrobehandeling verkregen esters en vetzuren (HEFA) is momenteel de enige volledig commerciële technologie voor luchtvaartbrandstoffen. Hoewel er momenteel geen essentiële productie van duurzame luchtvaartbrandstoffen in de EU is, kunnen bestaande installaties voor waterstofbehandelde plantaardige olie worden gemoderniseerd om jaarlijks ongeveer 1,07 Mtoe geavanceerde HEFA-brandstoffen te produceren. Dit zou meer dan het dubbele zijn van de totale productie van duurzame luchtvaartbrandstoffen in de wereld in 2023²³² en minder dan de helft van de door EU-beleid gestuurde vraag. De EU-productie uit in aanmerking komende biomassagrondstoffen zal tegen 2030 naar verwachting toenemen tot 1,5 Mtoe per jaar. Voor maritiem gebruik produceert de EU momenteel 0,1 Mtoe per jaar uit op afval gebaseerde grondstoffen. Voor 2030 wordt een uitbreiding tot 2,1 Mtoe per jaar verwacht²³³, wat ongeveer de helft is van de door EU-beleid gegenereerde vraag. Volgens aangekondigde industrieplannen zal de productie van e-kerosine tegen 2023 uitkomen op 1 129 Mtoe per jaar, terwijl de productie van e-methanol en e-ammoniak 1 464 Mtoe per jaar zal bedragen²³⁴. Dit is respectievelijk ongeveer 3 % en 4 % van de verwachte vraag in de EU.

Van de 28 commerciële faciliteiten (TRL 9) die wereldwijd duurzame luchtvaartbrandstoffen produceren, bevinden zich er 15 in de EU (waarvan 14 HEFA-faciliteiten) en 6 in de VS. Er zijn ook 6 precommerciële installaties (TRL 8) voor HEFA en geavanceerde technologieën in de EU, tegenover 4 in de VS. Voor maritiem gebruik bestaan er slechts 3 operationele innovatieve biomethaaninstallaties (TRL 8) (waarvan 1 in de EU)²³⁵. Dit illustreert het huidige concurrentievermogen van de EU in de opkomende sector en de noodzaak om de commercialisering van geavanceerde technologieën te versnellen met het oog op het in stand houden ervan.

Er zijn geen kritieke afhankelijkheden voor technologieën, aangezien veel technologieontwikkelaars en fabrikanten van apparatuur zich in de EU bevinden en het risico op afhankelijkheid van kritieke materialen gering is²³⁶. Voor geavanceerde biobrandstoftechnologieën is er geen kritieke afhankelijkheid van de invoer van grondstoffen. Voor hernieuwbare brandstoffen van niet-biologische oorsprong is er daarentegen een kritieke afhankelijkheid van niet-EU-landen die katalysatormaterialen (kobalt, chroom, vanadium en wolfram) produceren, en van de beschikbaarheid van hernieuwbare elektriciteit, hernieuwbare waterstof (zie punt 3.8 over waterstoftechnologieën) en CO₂-grondstoffen.

De productiekosten variëren per technologie en blijven een uitdaging, aangezien deze technologieën nog tot commercieel niveau moeten worden opgeschaald. De kosten voor HEFA uit geavanceerde grondstoffen liggen tussen 15 EUR en 32 EUR per MWh, en voor biomethanol via vergassing tussen 89 EUR en 112 EUR per MWh²³⁷. De kosten van

²³² IATA, [Annual Review](#) (Jaarlijkse evaluatie), 2024.

²³³ Europese Commissie, directoraat-generaal Onderzoek en Innovatie, [Development of outlook for the necessary means to build industrial capacity for drop-in advanced biofuels](#) (Ontwikkeling van vooruitzichten voor de nodige middelen voor de opbouw van industriële capaciteit voor geavanceerde drop-inbiobrandstoffen) (bijlage 3), 2024.

²³⁴ Europese Commissie, directoraat-generaal Onderzoek en Innovatie, [Development of outlook for the necessary means to build industrial capacity for drop-in advanced biofuels](#) (Ontwikkeling van vooruitzichten voor de nodige middelen voor de opbouw van industriële capaciteit voor geavanceerde drop-inbiobrandstoffen) (bijlage 4), 2024.

²³⁵ Zie de databank over [Task 39, Biofuels to decarbonize transport](#) (Taak 39, Biobrandstoffen om het vervoer koolstofvrij te maken).

²³⁶ Europese Commissie, directoraat-generaal Onderzoek en Innovatie, [Study on energy technology dependence](#) (Studie over afhankelijkheid van energietechnologie), 2020.

²³⁷ Europese Commissie, directoraat-generaal Onderzoek en Innovatie, [Development of outlook for the necessary means to build industrial capacity for drop-in advanced biofuels](#) (Ontwikkeling van vooruitzichten voor de nodige middelen voor de opbouw van industriële capaciteit voor geavanceerde drop-inbiobrandstoffen) (bijlage 3), 2024.

hernieuwbare brandstoffen van niet-biologische oorsprong zijn grotendeels afhankelijk van de kosten van hernieuwbare waterstof, elektriciteit en CO₂ en liggen tussen 90 en 180 EUR per MWh voor maritiem gebruik, maar veel hoger voor uit e-methanol geproduceerde e-kerosine²³⁸.

De prijzen voor duurzame luchtvaartbrandstoffen liggen momenteel drie tot tien keer hoger dan die voor conventionele brandstoffen, hoewel zij naar verwachting aanzienlijk zullen dalen naarmate de productietechnologieën opschalen. Verder onderzoek en innovatie zouden de kosten aanzienlijk kunnen drukken. In combinatie met de oprichting van demonstratie- en precommerciële installaties om de kapitaal- en exploitatiekosten te verlagen, zou een vermindering van de totale productiekosten met 5 tot 27 % kunnen worden bereikt²³⁹. Daarnaast kunnen markten en productiefaciliteiten voor hernieuwbare brandstoffen voor het wegvervoer, de luchtvaart en de scheepvaart naast elkaar worden ontwikkeld om synergieën in alle vervoerssectoren tot stand te brengen. Zo creëert de productie van luchtvaartbrandstoffen via veel geavanceerde productieketens voor biobrandstoffen een bijproductenmarkt voor groene diesel (voor vrachtwagens) en nafta (voor schepen). De exploitatie van de economische waarde van bijproducten kan leiden tot een verlaging van de kosten van de primaire brandstof. Synergieën tussen geavanceerde biobrandstoffen en hernieuwbare brandstoffen van niet-biologische oorsprong zijn ook van cruciaal belang voor het gebruik van groene waterstof, biogeen CO₂ en aanverwante technologieën.

3.15. Technologieën voor terugwinning van industriële overtollige warmte

Technologieën om overtollige warmte uit industriële processen terug te winnen, zijn van cruciaal belang om de energie-efficiëntie in de industrie te verhogen²⁴⁰. Er bestaan verschillende technieken. In het algemeen wordt de warmte eerst geëxtraheerd (zoals uit uitlaatgassen) door middel van warmtewisselaars. Deze kan dan lokaal worden overgebracht naar een ander proces (zoals voorverwarming van grondstoffen), hetzij rechtstreeks, hetzij via een vloeistof, of worden geëxporteerd naar een stadsverwarmingsnet. De teruggewonnen warmte kan worden opgewerkt (bv. door warmtepompen, zie punt 3.6) om bij een hogere temperatuur te worden gebruikt of om voor koeling te worden omgezet. Als alternatief kan de warmte in mechanisch of elektrisch vermogen worden omgezet.

Dit punt is gericht op de terugwinning van warmte en de omzetting in elektrische energie via rankinecyclustechnologie, waarbij warmte wordt gebruikt voor het doen uitzetten van een vloeistof om een turbine en een elektrische generator aan te drijven. Zowel organische rankinecycli (ORC's) als stoomrankinecycli (SRC's) zijn in de handel verkrijgbaar, waarbij ORC's verder worden verbeterd aan de hand van onderzoek en innovatie. Superkritische CO₂-cyclustechnologie (sCO₂) heeft het potentieel om efficiënter en compacter te zijn, maar is nog niet rijp.

²³⁸ Europese Commissie, directoraat-generaal Onderzoek en Innovatie, [Development of outlook for the necessary means to build industrial capacity for drop-in advanced biofuels](#) (Ontwikkeling van vooruitzichten voor de nodige middelen voor de opbouw van industriële capaciteit voor geavanceerde drop-inbiobrandstoffen) (bijlage 4), 2024.

²³⁹ IEA Bioenergy Technology Cooperation Programme, [Advanced Biofuels — Potential for Cost Reduction](#) (Geavanceerde biobrandstoffen — Potentieel voor kostenvermindering), 2020.

²⁴⁰ Hoewel in de literatuur van oudsher wordt verwezen naar industriële terugwinning van “afvalwarmte”, krijgt de term “overtollige warmte” nu de voorkeur, aangezien bij terugwinning van de warmte deze niet langer wordt verspild.

In de EU wordt het theoretische potentieel voor industriële overtollige warmte geraamd op 920 TWh per jaar, wat overeenkomt met een Carnotpotentieel van 279 TWh²⁴¹. Geraamd wordt dat overtollige energie afkomstig van industriële processen in de EU door ORC-energiecentrales kan worden omgezet in 150 TWh elektriciteit per jaar²⁴².

De mondiale ORC-markt werd in 2023 geschat op 750 miljoen EUR en zal naar verwachting groeien²⁴³. De technologie wordt voornamelijk toegepast op geothermische energie (77 %), terugwinning van industriële overtollige warmte (11 %) en biomassa (10 %)²⁴⁴. De belangrijkste componenten van ORC- en SRC-systemen zijn warmtewisselaars, condensoren, voedingspompen en turbines met generatoren. De gebruikte materialen zijn staal, aluminium en (organische) vloeistoffen, koper en magneten voor de generator en andere componenten voor regelelektronica.

Europa beschikt over een groot aantal fabrikanten van ORC-systemen en innovatie op dit gebied. Eén Amerikaanse en twee EU-bedrijven zijn toonaangevend op de mondiale ORC-markt en nemen een meerderheid van de markt in (78 % in de periode 2016-2020)²⁴⁵. Europa neemt het voortouw op het gebied van aanverwante O&O-activiteiten wat betreft ORC²⁴⁶, maar de belangstelling is wereldwijd toegenomen en het aantal wetenschappelijke documenten over ORC is meer dan verdubbeld ten opzichte van de periode 2014-2018, tot 3 329 in de periode 2019-2023. Van deze publicaties werden er 523 uitgegeven in de EU, na China (860) en vóór Iran (368), het Verenigd Koninkrijk (176) en de VS (165)²⁴⁷.

Er blijven bepaalde belemmeringen bestaan voor de uitrol van de rankinecyclus en andere technologieën voor warmteterugwinning, die de verdere ontwikkeling van de industrie in de weg staan. De aanloop- en onderhoudskosten van warmteterugwinning en de prijs van de geproduceerde elektriciteit kunnen zeer verschillend zijn, met verschillende terugverdientijden tot gevolg²⁴⁸. Ook kan de beschikbaarheid van warmte in de toekomst onzeker zijn als gevolg van mogelijke veranderingen in het respectieve industriële proces (zoals elektrificatie).

Processpecifieke en locatiespecifieke omstandigheden doen de inspanningen toenemen die nodig zijn om warmteterugwinningssystemen te plannen, te ontwerpen en te installeren. De uitrol en de toeleveringsketen van de terugwinning van overtollige warmte zouden baat hebben bij meer gestandaardiseerde componenten, die zijn ontworpen om te voldoen aan de behoeften van de meeste installaties in een bepaalde industriële subsector. Op EU-niveau kunnen verdere uitwisselingen tussen technologieleveranciers en eindgebruikerssectoren, mogelijk in het kader van het strategisch plan voor energietechnologie, helpen de uitrol te versnellen en het concurrentievermogen van de EU te versterken.

²⁴¹ Bianchi, G., Panayiotou, G. P., Aresti, L. et al., *Estimating the waste heat recovery in the European Union Industry* (Raming van de terugwinning van afvalwarmte in de industrie van de Europese Unie). Energy, Ecology and Environment, 2019.

²⁴² KCORC, *Thermal Energy Harvesting* (Het winnen van thermische energie), 2025.

²⁴³ Grand View Research, *Organic Rankine Cycle Market Size & Trends* (Omvang en trends van de markt voor organische rankinecyclus), 2024. Op basis van de gemiddelde wisselkoers van 0,9239 EUR voor 1 USD over het jaar 2024, op basis van de ECB.

²⁴⁴ Wieland, C., Schiffelechner, C., Dawo, F., Astolfi, M., *The organic Rankine cycle power systems market: Recent developments and future perspectives* (De markt voor systemen voor organische rankinecycli: recente ontwikkelingen en toekomstperspectieven), Applied Thermal Engineering, 2023.

²⁴⁵ Ibid.

²⁴⁶ KCORC, *Thermal Energy Harvesting* (Het winnen van thermische energie), 2025.

²⁴⁷ Elsevier, Scopus-databank, met de zoekstring "Organic AND Rankine AND Cycle AND Power", op 31 januari 2025.

²⁴⁸ CE-Delft, *ORC Plants for Thermal Energy Harvesting* (ORC-installaties voor het winnen van thermische energie), 2023.

4. CONCLUSIE

De sector nettonultechnologieën biedt de EU een grote economische kans en is van essentieel belang voor de energietransitie. De mondiale markt voor belangrijke schone-energietechnologieën kan bijna verdrievoudigen en tegen 2035 ongeveer 1,9 biljoen EUR bereiken²⁴⁹. De industrie van de EU kan een sleutelrol spelen bij de levering van deze technologieën, op basis van een nog steeds sterke industriële basis en prestaties op het gebied van onderzoek en innovatie. Mogelijk is er geen ander technologiegebied waarop de EU zich in een goede positie bevindt dat zo snel groeit.

De EU blijft een van de grootste mondiale markten voor nettonultechnologieën. Hernieuwbare energiebronnen zijn qua kosten zeer concurrerend in de EU en hebben een recordniveau qua uitrol bereikt, waarbij zij in 2024 in 48 % van de elektriciteit in de EU voorzagen. Tegelijkertijd blijven de energieprijzen in de EU aanzienlijk hoger dan in veel andere grote economieën, met name de VS en China. Dit is een structureel nadeel voor de EU-industrie, en met name voor haar energie-intensieve industrieën, maar ook voor het concurrentievermogen van veel fabrikanten in de nettonultechnologiesector van de EU. Naarmate de EU haar energietransitie voortzet, de elektrificatie vergroot en van haar afhankelijkheid van fossiele brandstoffen afstapt, zullen nettonultechnologieën nog relevanter worden. Het concurrentievermogen van EU-fabrikanten zal bepalen of een essentieel deel van deze transitie in de EU zal plaatsvinden dan wel zal worden ingevoerd. Dit is niet alleen een zaak van voorzieningszekerheid, maar ook van welvaart en werkgelegenheid.

De EU bevindt zich nog steeds in een goede positie op het gebied van onderzoek naar schone-energietechnologieën, maar blijft achterlopen op het gebied van particuliere O&I-investeringen. Horizon Europa blijft O&I op het gebied van schone-energietechnologieën en het concurrentievermogen ervan ondersteunen, met inbegrip van inspanningen om particuliere investeringen via Europese partnerschappen aan te trekken. Tegelijkertijd blijven de aloude uitdagingen in verband met particuliere O&I-investeringen en de opschaling van bedrijven de EU tegenhouden. In 2023 presteerde de EU beter wat betreft het aantrekken van durfkapitaal voor de sector schone-energietechnologie, maar dit was het gevolg van een beperkt aantal grote transacties. Dit is een belangrijke factor die de afname van durfkapitaal in de sector verklaart, zoals uit de voorlopige gegevens voor 2024 blijkt. Ook onderstreept dit de noodzaak van het voortzetten van de inspanningen van de EU om particuliere financiering aan te trekken, zodat bedrijven kunnen opschalen.

In het licht van de steeds kosteneffectievere concurrentie loopt de EU het risico nog meer terrein te verliezen wat betreft concurrentievermogen en productie. China domineert al de wereldwijde productie van fotonultraïsche zonne-energie en batterijen en zal naar verwachting zijn productiecapaciteit op het gebied van schone-energietechnologieën de komende jaren aanzienlijk uitbreiden. De huidige problemen van de opkomende batterij-industrie in de EU bij het opvoeren van de productie tonen de enorme uitdagingen aan die gepaard gaan met het opbouwen van grootschalige productiecapaciteit voor technologieën waarvan het zwaartepunt en de industriële knowhow zich niet langer in Europa bevinden, ondanks aanzienlijke publieke en particuliere investeringen. De komende jaren zullen van cruciaal belang zijn om na te gaan of de bestaande O&I-deskundigheid van de EU op het gebied van zonne-energie en batterijen

²⁴⁹ IEA, “Energy Technology Perspectives”, 2024. Ramingen van de mondiale markt voor fotonultraïsche zonne-energie, windenergie, elektrische voertuigen, batterijen, elektrolyse-installaties en warmtepompen. In het verslag wordt 2 biljoen USD genoemd, omgerekend in EUR eind 2024.

kan helpen deze sectoren in de EU nieuw leven in te blazen, bijvoorbeeld door oplossingen te verkennen die minder kritieke grondstoffen vereisen.

De EU neemt nog steeds een sterke positie in wat betreft de productie van verschillende nettonultechnologieën, waaronder windenergie en warmtepompen. Beide technologieën zullen van steeds groter mondiaal belang worden, en ramingen wijzen op potentiële ondercapaciteit in de verwerkende industrie in vergelijking met de verwachte mondiale vraag. Hoewel de windenergiesector in de EU zich nog steeds in een goede positie bevindt, zijn Chinese concurrenten begonnen mondiale markten te betreden waar EU-bedrijven de afgelopen jaren al marktaandeel hebben verloren. Warmtepompoplossingen zullen in de toekomst een sleutelrol spelen bij het aanpakken van zowel huishoudelijke als industriële verwarmingsbehoeften. De EU neemt nog steeds een sterke positie in, maar de sector heeft een nieuwe impuls nodig. Verdere steun voor deze strategische industrieën zal nodig zijn om de waardeketens van de EU te versterken.

Er zijn nog meer beproefde technologieën waarin concurrerende EU-industrieën groeipotentieel hebben. De EU heeft een rijpe biogas- en biomethaanindustrie. In de EU gevestigde bedrijven hebben ook een sterke positie op het gebied van de levering van componenten van het elektriciteitsnet, waarnaar de mondiale vraag toeneemt naarmate de elektrificatie toeneemt. De sector zal in de toekomst echter waarschijnlijk nog meer concurrentiedruk ondervinden. Net als veel andere nettonultechnologieën is de productie van netcomponenten sterk afhankelijk van materialen, zoals koper en speciaal staal. De EU-industrie heeft een lange traditie op het gebied van waterkracht, maar heeft de afgelopen jaren wereldwijd marktaandeel verloren. Ook in de EU schuilt er onbenut potentieel op het gebied van waterkracht. Het uitbreiden van de pompaccumulatie van waterkracht, onder meer door de aanpassing van bestaande faciliteiten, zou de flexibiliteit van het net kunnen helpen vergroten.

Daarnaast zijn er nog verschillende technologieën die in opkomst zijn en verdere steun nodig hebben om hun commerciële potentieel aan te tonen. Dit betreft technologieën zoals technologieën voor oceaanenergie, kleine modulaire reactoren, duurzame alternatieve brandstoffen en koolstofafvang en -opslag. Deze technologieën vereisen gerichte steun om hun commerciële levensvatbaarheid te vergroten en ze op grotere schaal uit te rollen.

Innovatie speelt een centrale rol bij het stimuleren van het concurrentievermogen van de EU, zowel om nieuwe technologieën op de markt te brengen als om bestaande oplossingen te verbeteren. O&I is nodig om de efficiëntie te verhogen en de afhankelijkheid van kritieke grondstoffen, zoals lithium in batterijtechnologie, te beperken. Er zijn ook verdere inspanningen nodig om de circulariteit en duurzaamheid te vergroten, bijvoorbeeld door het gebruik van PFAS-chemicaliën in elektrolyse-installaties aan te pakken. Naarmate wereldwijde investeringen in nettonultechnologieën toenemen, zullen verdere inspanningen nodig zijn om de EU in staat te stellen gelijke tred te houden op het gebied van O&I. Dit komt tot uiting in de focus van het recente kompas voor concurrentievermogen op het dichtten van de innovatiekloof. Het onlangs versterkte strategisch plan voor energietechnologie heeft een belangrijke rol te vervullen bij het coördineren en op elkaar afstemmen van onderzoeksprioriteiten, waarbij publieke en particuliere belanghebbenden worden samengebracht, en bij het verhogen van de efficiëntie van O&I-uitgaven onder de lidstaten, onder meer via het partnerschap voor de transitie naar schone energie²⁵⁰.

²⁵⁰ Meer informatie is te vinden op: [Clean Energy Technology Partnership](#) (Partnerschap voor de transitie naar schone energie).

Om de economische voordelen van de wereldwijde energietransitie ten volle te benutten, is het van essentieel belang dat de EU haar productiecapaciteit vergroot. Een waardeketenbenadering blijft van cruciaal belang, waarbij rekening wordt gehouden met de hele keten van grondstoffen en energie-intensieve industrieën voor materialen tot productie en eindinstallatie. Tekorten aan vaardigheden zullen de komende jaren een andere belangrijke uitdaging blijven die moet worden aangepakt om ervoor te zorgen dat de sector kan gedijen.

De uitvoering van de verordening voor een nettonulindustrie kan een sleutelrol spelen bij het verlenen van gecoördineerde steun voor de productie van nettonultechnologie in de EU. Hiervoor moet gebruik worden gemaakt van alle instrumenten die zij biedt, van vergunningverlening tot het gebruik van niet-prijsgerelateerde criteria in openbare aanbestedingsprocedures en veilingen. Het platform voor nettonultechnologie in Europa speelt een belangrijke rol bij de coördinatie van het beleid in de EU en bij de samenwerking met de industrie. Met de inwerkingtreding van de verordening voor een nettonulindustrie is dit voortgangsverslag over het concurrentievermogen aangewezen als het belangrijkste monitoringinstrument ervan. De komende jaren zal het verslag de ontwikkelingen in verband met het concurrentievermogen van de EU op het gebied van nettonultechnologieën nauwlettend blijven volgen en kwesties in verband met de uitvoering van de verordening voor een nettonulindustrie blijven onderzoeken.

Met het kompas voor concurrentievermogen, de Clean Industrial Deal en het actieplan voor betaalbare energie heeft de Commissie de versterking van het concurrentievermogen van de EU centraal gesteld in haar plannen voor de komende jaren. In deze drie documenten worden de belangrijkste acties beschreven die voortbouwen op de sector nettonultechnologie en deze versterken. Hiertoe behoren de gezamenlijke routekaart voor decarbonisatie en het concurrentievermogen van de EU-industrie in het kader van de Clean Industrial Deal, en de acties om de toegang tot betaalbare energie te verbeteren, zoals uiteengezet in het actieplan voor betaalbare energie.

In dit verband zal de Commissie nettonultechnologieën blijven ondersteunen, zowel als belangrijke industriële sector als in hun rol als faciliterende technologieën voor het koolstofvrij maken van de economie in bredere zin. Hiertoe zijn aanhoudende gecoördineerde inspanningen op EU- en nationaal niveau vereist.