



Bryssel 24.10.2023
COM(2023) 652 final

KOMISSION KERTOMUS EUROOPAN PARLAMENTILLE JA NEUVOSTOLLE

Edistyminen puhtaan energian teknologioiden kilpailukyvyssä

VUODEN 2023 KERTOMUS PUHTAAN ENERGIAN TEKNOLOGIOIDEN KILPAILUKYVYN EDISTYMISESTÄ

TIIVISTELMÄ	2
1. JOHDANTO	6
2. EU:N PUHTAAN ENERGIAN ALAN KILPAILUKYVYN ARVIOINTI	8
2.1 Energian ja raaka-aineiden korkeiden hintojen vaikutus EU:n puhtaan energian alaan	8
2.2 Resursseista kokoonpanoon: EU:n aseman vahvistaminen teollisena voimatekijänä	11
2.3 Inhimillinen pääoma ja osaaminen: osaamisvajeiden ja työvoimapulan korjaaminen pullonkaulojen välttämiseksi	16
2.4 Tutkimuksesta ja innovoinnista markkinoille saattamiseen: tuloksellisen tutkimus- ja innovointipolun määrittäminen EU:lle	18
2.5 Riskipääomatilanne: pääoman houkuttelemine EU:hun	20
3. STRATEGISTEN NETTONOLLATEKNOLOGIOIDEN KILPAILUKYVYN ARVIOINTI	23
3.1 Aurinkosähkö	23
3.2 Aurinkolämpö.....	26
3.3 Maa- ja merituulivoima	27
3.4 Valtamerienergia	29
3.5 Akut.....	30
3.6 Lämpöpumput	33
3.7 Geoterminen energia	35
3.8 Veden elektrolyysi uusiutuvan vedyn tuottamiseksi	36
3.9 Kestävät biokaasu- ja biometaaniteknologiat	39
3.10 Hiilidioksidin talteenotto ja varastointi (CCS)	41
3.11 Sähköverkkoteknologiat: suurjännitteisten tasasähköjärjestelmien esimerkki	44
4. PÄÄTELMÄT	47

TIIVISTELMÄ

Vastatakseen covid-19-pandemian maailman energiajärjestelmässä aiheuttamaan ennennäkemättömään häiriöön, jota Venäjän provosoimaton, perusteeton hyökkäys on pahentanut entisestään, **EU on päättänyt nopeuttaa siirtymistä puhtaaseen energiaan.**

Vaikka hinnat nousivat vuonna 2022 ennätysellisen korkeiden energia- ja materiaalikustannusten vuoksi, **puhtaan energian teknologiat ovat edelleen erittäin kustannuskilpailukykyisiä. Puhtaan energian teknologioiden käyttöönotto kiihtyy EU:ssa.** Vuonna 2022 tuuli- ja aurinkoenergian käyttöönottoaste kasvoi noin 50 prosenttia vuoteen 2021 verrattuna. Tämä kehitys ei kuitenkaan saisi hämärtää EU:n puhtaan energian valmistusteollisuuden kohtaamia haasteita. EU:n markkinaosuudet pienenevät jopa tuulivoiman tai lämpöpumppujen kaltaisilla aloilla, joilla EU:lla on vahva tuotantopohja.

Kaiken kaikkiaan **EU on niin raaka-aineiden, keskeisten välivaiheen komponenttien kuin lopullisten puhtaan energian teknologioiden suhteen yhä riippuvaisempi kolmansista maista tulevasta tuonnista.** Yli 60 prosenttia akkujen ja aurinkoenergian arvoketjujen tärkeimpien osien maailmanlaajuisesta valmistuskapasiteetista ja yli 90 prosenttia aurinkosähkön edellyttämien kiekkojen ja harkkojen valmistuskapasiteetista sijaitsee Kiinassa.

Vihreän kehityksen teollisuussuunnitelma, nettonollateollisuutta koskeva säädös ja kriittisiä raaka-aineita koskeva säädös ovat keskeisiä EU:n toimia, joilla vähennetään riippuvuutta nettonollateknologioiden tuonnista, vahvistetaan arvoketjun häiriönsietokykyä ja rakennetaan vahva EU:n oma tuotantopohja. Niillä pyritään vastaamaan kiireellisimpiin haasteisiin. Yksi tällainen haaste koskee **osaamisen parantamista, laadukkaiden työpaikkojen varmistamista ja innovoinnin muuttamista teolliseksi tuotannoksi.** Työllisyyden myönteisestä kehityksestä huolimatta viimeisimmät tiedot osoittavat, että vuodesta 2021 lähtien havaitut **osaamisvajeet ja -puutteet** voivat jarruttaa puhtaan energian alan kasvua. Lähes neljä viidestä pienestä ja keskisuuresta yrityksestä ilmoitti vuonna 2023, että niiden on yleensä vaikea löytää työntekijöitä, joilla on oikeanlaiset taidot.

Myös **onnistuneen tutkimus- ja innovointipolun suunnitteleminen on avaintekijä kilpailukykyisen puhtaan energian alan luomiseksi.** EU on edelleen puhtaan energian tutkimuksen eturintamassa, se on säilyttänyt hyvän asemansa kansainvälisesti suojattujen patenttien alalla ja sillä on johtava asema uusiutuvien energialähteiden alalla ja energiatehokkuudessa. EU:n ja kansallisten ohjelmien synergioiden hyödyntämiseen tähtäävien toimien tehostaminen ja selkeiden kansallisten tutkimus- ja innovointitavoitteiden määrittäminen vuosiksi 2030 ja 2050 ovat kuitenkin ratkaisevan tärkeitä tekijöitä tällaisen onnistuneen tutkimus- ja innovointipolun suunnittelussa.

EU:n on myös pysyttävä puhtaan energian teknologioihin tehtävien investointien sekä niiden valmistuksen ja käyttöönoton kannalta houkuttelevana paikkana. Riskipääomainvestoinnit puhtaaseen energiaan lisääntyivät vuonna 2022 EU:ssa 42 prosenttia vuoteen 2021 verrattuna, ja niiden osuus koko maailman riskipääomainvestoinneista puhtaan energiateknologian yrityksiin kasvoi niin, että EU nousi tässä suhteessa kolmanneksi (edellä ovat Yhdysvallat ja Kiina). Nettonollateollisuutta koskevassa säädöksessä määriteltyjen

strategisten nettonollateknologioiden osalta – akkuja lukuun ottamatta – EU ei ole vielä saanut käyttöön koko kapasiteettiaan houkutelukseen nopeampaan kasvuun tähtääviä rahoitussopimuksia, kuten Yhdysvalloissa ja Kiinassa on tapahtunut. EU:n kilpailukyvyyn, häiriönsietokyvyyn ja johtoaseman vahvistamiseksi EU:n sääntely- ja rahoituskehyksiä kehitetään siten, että varmistetaan investoinnit ja EU:n yritysten riittävä pääoman saanti.

Näiden monialaisten seikkojen lisäksi kullakin nettonollateknologialla on omat haasteensa ja ne tarjoavat erilaisia mahdollisuuksia.

Vuosi 2022 oli ennätysvuosi EU:ssa asennetun aurinkosähkön kapasiteetin suhteen. Arvoketjun näkökulmasta EU on kuitenkin vahvasti riippuvainen Kiinasta tulevasta tuonnista. Jotta EU voi kuroa umpeen kustannuseroa kilpailijoihinsa suunniteltujen toimenpiteiden pohjalta, sen on laajennettava tuotantolaitoksiaan sekä keskityttävä innovatiivisiin tuotteisiin ja kehittyneisiin, kestävämpiin valmistusprosesseihin.

EU:lla on teknologinen johtoasema aurinkolämmön alalla, mutta aasialaisten toimijoiden aiheuttama kilpailupaine kasvaa. Innovatiiviset ratkaisut ja teknologian jatkuva kehitys ovat avaintekijöitä kilpailukyvyyn parantamiseksi. Myös EU:n suuri 150–400 °C:n teollisen prosessilämmön kysyntä tarjoaa hyvän mahdollisuuden aurinkolämmön käyttöönottoon.

EU:n **tuulivoimasektori** on edelleen yksi maailman vahvimista toimijoista, ja vuonna 2022 EU:n valmistajien osuus maailmanmarkkinoista oli 30 prosenttia. Osuus oli kuitenkin pienempi kuin vuonna 2019, jolloin se oli 42 prosenttia. Tuulivoimasektorilla on erityisiä haasteita, kuten epävarma kysyntä, huutokauppojen suunnitteluun liittyvät kysymykset ja hitaat lupamenettelyt. Näiden ongelmien ratkaisemiseksi komissio on hyväksynyt **tuulivoimaa koskevan toimintasuunnitelman**, joka auttaa nopeuttamaan lupien myöntämistä entisestään, parantamaan huutokauppajärjestelmiä kaikkialla EU:ssa, helpottamaan rahoituksen saantia ja vahvistamaan toimitusketjuja.

EU:n valtamerienergiateknologian teollisuus on vahva innovoija. Tämän alan kilpailukyvyyn parantamiseksi sijoittajat tarvitsevat takeita. Myös yksittäisiä teknologioita koskevien huutokauppojen järjestäminen tai useiden rinnakkaisten käyttötarkoitusten kehittäminen (esimerkiksi käyttö muiden uusiutuvia energialähteitä hyödyntävien laitojen kanssa tai useisiin toimintoihin) tukisivat alan teollisuutta.

EU pystynee vastaamaan vuosiksi 2025 ja 2030 ennustettuun akkujen kysyntään. Ilmoitettujen litiumioniakkujen gigatehtaiden määrä lisääntyi 26:sta 30:een vuonna 2022 ja kasvaa edelleen. Vaikka Euroopan osuus koko maailmassa ilmoitetuista litiumioniakkujen tuotantokapasiteettiin tehtävistä investoinneista väheni 41 prosentista 2 prosenttiin vuosina 2021–2022, akkutehtaita rakennetaan yhä kiihtyvällä vauhdilla kaikkialla Euroopassa ja niiden ennustetaan kattavan suurimman osan EU:n kysynnästä vuoteen 2030 mennessä. Vuoden 2030 tavoitteen saavuttamiseksi tarvittava suurin suhteellinen lisäys koskee kierrätystä.

Käyttäjäkohtaisten lämpöpumppujen markkinat EU:ssa ovat kasvussa. Arvioiden mukaan käyttäjäkohtaisten lämpöpumppujen myynti kasvoi 41 prosenttia vuonna 2022. Myynnin kasvu on kuitenkin osittain katettu tuonnilla, ja kauppavaje kaksinkertaistui vuonna 2022 vuoteen 2021 verrattuna. EU:n tuotantokapasiteetin arvioitiin vuonna 2021 kattaneen

75 prosenttia käyttäjäkohtaisten ilmavesilämpöpumppujen kysynnästä EU:ssa, mutta EU:n valmistajat ovat riippuvaisia erilaisten komponenttien, kuten kompressorien ja synteettisten kylmäaineiden, tuonnista. Komissio laatii parhaillaan EU:n toimintasuunnitelmaa lämpöpumppujen käyttöönoton nopeuttamiseksi.

Vaikka EU:n geotermisen alan asennettu kapasiteetti on vähäinen, ala voi edistää REPowerEU-tavoitteiden saavuttamista ja raaka-aineiden toimitusvarmuutta. Ala tarvitsee enemmän saatavilla olevaa tietoa maanalaisista olosuhteista uusien geotermisten hankkeiden onnistumisasteen ja ennustettavuuden lisäämiseksi sekä teknologisten parannusten aikaan saamiseksi. Ala hyötyisi myös toimista, joilla yksinkertaistetaan lupamenettelyjä, perustetaan riskien vähentämistä koskevia järjestelmiä, lisätään yleisön tietoisuutta ja parannetaan työvoiman ammattitaitoa.

EU:ssa tehdyt investoinnit veden elektrolyysillä tuotettavan uusiutuvan vedyn tuotantoon ovat tarjonneet useille valmistajille mahdollisuuden rakentaa uusia elektrolyysilaitoksia Eurooppaan. EU:n haasteina on kuitenkin lisätä uusiutuvaa ja kustannustehokasta energiaa elektrolyysilaitteiden voimanlähteeksi ja välttää mahdolliset kielteiset vaikutukset makean veden saatavuuteen tämän teknologian käyttöönottamisen yhteydessä. Euroopan kierrätyskapasiteetin parantamiseksi myös elektrolyysilaitteiden valmistuksessa tarvittavien kriittisten raaka-aineiden osalta tarvitaan lisätoimia.

EU oli vuonna 2022 suurin biokaasun tuottaja, jonka osuus maailmanlaajuisesta tuotannosta oli yli 67 prosenttia. EU:lla on myös johtoasema kestävästä biokaasusta koskevassa tutkimuksessa ja innovoinnissa. Tuotantokustannusten alentaminen erityisesti innovoinnin, monistamisen ja vakaan sääntelykehityksen avulla voisi auttaa parantamaan EU:n kilpailukykyä tällä alalla.

Erilaiset hiilidioksidin talteenottoa ja varastointia (CCS) koskevat teknologiat ovat EU:ssa kypsiä, toimiviksi osoitettuja ja helposti saatavilla. Ilmastoneutraaliuden saavuttaminen vuoteen 2050 mennessä edellyttää kuitenkin hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin laajamittaista käyttöönottoa. EU:n asema on suhteellisen hyvä hiilidioksidin talteenottoteknologioiden ja tutkimuksen ja innovoinnin osalta, mutta unioni ei ole vielä kehittänyt täydellisiä teollisuuden hiilen hallinnan arvoketjuja eivätkä laitokset vieläkään toimi kaupalliselta pohjalta. Yksityisen pääoman houkuttelemiseksi tarvitaan julkista rahoitusta sekä EU:n että kansallisella tasolla. Lisäksi on olennaisen tärkeää ehdottaa liiketoimintamalleja näille kehittyville markkinoille. EU:lla on useita toimintapoliittisia välineitä, joilla tuetaan hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin kehittämistä. Komissio laatii parhaillaan teollista hiilen hallintaa koskevaa strategiaa, jonka on suunniteltu valmistuvan vuoden 2024 ensimmäisellä neljänneksellä.

Suurten merituulipuistojen ja alueellisten yhdysjohtojen rakentaminen on tehnyt Euroopan markkinoista erittäin houkuttelevat **suurjännitteisten tasasähköjärjestelmien (HVDC-järjestelmien)** kehittäjille ja teknologian tarjoajille. Alalla on kuitenkin ratkaistavanaan haasteita, kuten komponenttien maailmanlaajuisen kysynnän kasvu ja toimitusketjun häiriöiden riski. Sidosryhmien yhteistyön tiivistäminen – samoin kuin yhdenmukaistamisen ja standardoinnin tukeminen – on keskeisen tärkeää erityisesti, jotta edistetään etenkin EU:ssa olevien toimittajien investointeja tuotantokapasiteettiin. Yksinkertaistettujen

hankintamenettelyjen käyttöönotto ja EU:n ostajille suunnattu vapaaehtoinen kysynnän yhdistäminen voisivat auttaa ratkaisemaan toimitusketjun suurimmat ongelmat.

Puhtaan energian alan kilpailukykyyn on viime vuoden aikana kiinnitetty enemmän huomiota. EU on toiminut nopeasti auttaakseen teollisuuttaan vastaamaan nykyisiin haasteisiin ja aikoo jatkaa tätä koskevia koordinoituja toimia. Tämä vuoden 2023 kertomus kilpailukyvyn edistymisestä on erityisen ajankohtainen, koska siinä annetaan tietoa EU:n puhtaan energian alan kilpailukyvyn tärkeimmistä edistäväistä tekijöistä, mahdollisuuksista ja esteistä.

1. JOHDANTO

Covid-19-pandemia ja Venäjän provosoimaton, perusteeton hyökkäys Ukrainaan ovat häirinneet valtavasti maailman energijärjestelmää. Ennätyksellisen korkeat energian hinnat ja maailmanlaajuisten toimitusketjujen häiriöt ovat muodostaneet EU:n energijärjestelmälle ennennäkemättömän haasteen ja edellyttäneet toimia, jotta kansalaisille voidaan toimittaa varmaa, kohtuuhintaista energiaa. Niinpä **EU on ryhtynyt päättäväisiin toimiin monipuolistaakseen energiahuoltoaan ja nopeuttaakseen siirtymistä puhtaaseen energiaan.**

Pandemian johdosta hyväksytyt EU:n talouden elvytystoimet, kuten **elpymis- ja palautumistukiväline**, ovat vuodesta 2020 lähtien lisänneet merkittävästi investointeja puhtaisiin energiaratkaisuihin. Jo pelkästään jäsenvaltioiden elpymis- ja palautumissuunnitelmissa ehdotetut uudistukset ja investoinnit merkitsevät noin 203 miljardin euron suuruisia ilmastoon liittyviä menoja.¹ Lisäksi koheesiopolitiikan varoista myönnetään 46 miljardia euroa puhtaaseen energiaan liittyviin investointeihin.

EU hyväksyi vuonna 2022 **REPowerEU-suunnitelman**². Siinä esitetään toimintatapa, jonka avulla EU:n riippuvuus Venäjän energiantuonnista poistetaan asteittain mahdollisimman pian. Suunnitelmassa esitetään toimenpiteitä energian säästämiseksi, energiatoimitusten monipuolistamiseksi ja uusiutuvan energian käyttöönoton nopeuttamiseksi.

Näillä toimilla on saatu aikaan merkittäviä tuloksia. Venäjän putkikaasun osuus EU:n kaasun kokonaistuonnista oli ennen pandemiaa noin 45–50 prosenttia, mutta tammi-kesäkuussa 2023 se oli enää noin 10 prosenttia. Tuuli- ja aurinkoenergian käyttöönottoaste kasvoi EU:ssa noin 50 prosenttia vuoteen 2021 verrattuna. Tuuli- ja aurinkoenergian osuus EU:n sähköntuotannosta oli 22 prosenttia ja siten ensimmäistä kertaa maakaasua suurempi. Lisäksi EU hyväksyi kunnianhimoisemmat energiatehokkuutta ja uusiutuvaa energiaa koskevat tavoitteet vuodeksi 2030.

Tätä laajamittaista, nopeutettua energiasiirtymää on tuettava **toimenpiteillä, joilla varmistetaan puhtaan energian teknologioiden häiriönsietokykyiset toimitukset.** Tällaisia toimenpiteitä ovat muun muassa EU:n oman tuotantokapasiteetin laajentaminen, toimitusketjujen monipuolistaminen ja kiertotaloustoimenpiteiden soveltaminen. **Tämä on ratkaisevan tärkeää EU:n avoimen strategisen riippumattomuuden vahvistamiseksi.** Sen lisäksi, että tällaiset toimenpiteet ovat tärkeitä energian toimitusvarmuuden lisäämiseksi, niillä voidaan myös luoda työpaikkoja ja kasvua. Keskeisten massatuotannossa olevien nettonollateknologioiden maailmanlaajuisten markkinoiden odotetaan kolminkertaistuvan vuoteen 2030 mennessä nykytasoon verrattuna, jolloin niiden vuotuinen arvo olisi noin 600 miljardia euroa.³

EU:n puhtaan energian valmistusteollisuus on nyt vastatuulella. Markkinaosuudet pienenevät jopa tuulivoiman tai lämpöpumppujen kaltaisilla aloilla, joilla EU:lla on vahva tuotantopohja. Muut maailman alueet ovat tehneet laajamittaisia aloitteita nettonollateollisuutensa edistämiseksi, ja kilpailu kiihtyy nopeasti.

¹ Tilanne 1. kesäkuuta 2023, ilmastoseurantamenetelmää noudattaen ja elpymis- ja palautumistukivälineestä annetun asetuksen liitettä VI soveltaen.

² COM(2022) 230 final.

³ Kansainvälinen energijärjestö (IEA), *Energy Technology Perspectives*, 2023.

Tästä syystä Euroopan komissio esitti helmikuussa 2023 **Euroopan vihreän kehityksen teollisuussuunnitelman**⁴. Suunnitelmalla pyritään kohentamaan EU:n nettonollateollisuuden kilpailukykyä parantamalla sääntelykehystä, nopeuttamalla rahoituksen saantia, investoimalla osaamiseen ja tukemalla kauppaa. Suunnitelman jatkotoimina tehtiin maaliskuussa 2023 ehdotukset **nettonollateollisuutta koskevaksi säädökseksi**⁵ ja **kriittisiä raaka-aineita koskevaksi säädökseksi**⁶. Näiden aloitteiden tavoitteena on yksinkertaistaa sääntelykehystä, lujittaa EU:n teollisuuden johtoasemaa nollanettoteknologian valmistuksessa, varmistaa kriittisten raaka-aineiden toimitusten kestävyys, vähentää EU:n riippuvuutta voimakkaasti keskittyneestä tuonnista ja lisätä strategisten raaka-aineiden kierrätysastetta. Nämä toimet perustuvat muihin, jo käynnissä oleviin aloitteisiin, kuten kiertotalouden toimintasuunnitelmaan ja uusiin akkuja koskeviin sääntöihin.

Muut aloitteet, kuten tiedonannot *Sisämarkkinoiden 30. vuosipäivä*⁷ ja *EU:n pitkän aikavälin kilpailukyky vuoden 2030 jälkeen*⁸, täydentävät vihreän kehityksen teollisuusohjelmaa, sillä niissä esitetään kestävä, kattava pitkän aikavälin lähestymistapa EU:n kilpailukykyyn parantamiseksi. **Euroopan taloudellisen turvallisuuden strategian**⁹ tavoitteena on minimoida tietyistä taloudellisista virroista aiheutuvat riskit mutta säilyttää samalla talouden mahdollisimman suuri avoimuus ja dynaamisuus. Lisäksi Euroopan strategisten teknologioiden kehysvälineellä (STEP-väline) lisätään kapasiteettia investoida kriittisiin teknologioihin, myös puhtaisiin energiateknologioihin.

Jotta näiden aloitteiden edistymistä voidaan seurata, kyseisistä toimenpiteistä on saatava tietoja, mikä edellyttää **EU:n puhtaan energian alan kilpailukykyyn jatkuvaa seurantaa**. Tämä **kertomus puhtaan energian teknologioiden kilpailukykyyn edistymisestä**¹⁰ on monin tavoin osa tätä seurantaprosessia. Siinä annetaan tietoa EU:n puhtaan energian alan kilpailukykyyn tärkeimmistä ajureista, mahdollisuuksista ja esteistä tarkastellen alaa kokonaisuutena. Siinä tarkastellaan sekä teknologisia että muita haasteita, jotka liittyvät energian ja materiaalien korkeisiin hintoihin, arvoketjujen häiriöiden riskiin, osaamisvajeeseen ja työvoimapulaan sekä innovointiympäristöön. Lisäksi siinä arvioidaan ehdotuksessa nettonollateollisuutta koskevaksi säädökseksi yksilöityjen strategisten energiateknologioiden kilpailukykyä ja korostetaan sellaisia arvoketjujen segmenttejä, joihin on kiinnitettävä huomiota.

Komissio on vuodesta 2020 lähtien julkaissut tämän kertomuksen vuosittain energiaunionin ja ilmastotoimien hallinnosta annetun asetuksen 35 artiklan 1 kohdan m alakohdan mukaisesti. Tämä kertomus liitetään energiaunionin tilaa koskeviin katsauksiin, ja se perustuu puhtaan energiateknologian seurantakeskuksen (CETO) tietoihin.¹¹

⁴ COM(2023) 62 final.

⁵ COM(2023) 161 final ja SWD(2023) 68 final.

⁶ COM(2023) 160 final.

⁷ COM(2023) 162 final.

⁸ COM(2023) 168 final.

⁹ JOIN(2023) 20 final.

¹⁰ Lisätietoja: [Clean Energy Competitiveness](https://europea.eu) (europa.eu) ja vuoden 2022 kertomus puhtaan energian teknologioiden kilpailukykyyn edistymisestä (COM(2022) 643 final).

¹¹ Lisätietoja: [puhtaan energiateknologian seurantakeskus](https://europea.eu).

2. EU:N PUHTAAN ENERGIAN ALAN KILPAILUKYVYN ARVIOINTI

2.1 Energian ja raaka-aineiden korkeiden hintojen vaikutus EU:n puhtaan energian alaan

Venäjän provosoimaton, perusteeton sotilaallinen hyökkäys Ukrainaa vastaan ja yritykset manipuloida energiamarkkinoita nostivat energian hinnat vuonna 2022 kaikkien aikojen korkeimmalle tasolle EU:ssa ja muualla maailmassa. Kaasun tukkuhinnat nousivat elokuussa 2022 EU:ssa historiallisen korkeiksi (294 euroa megawattituntia kohti¹²) ja pysyivät erittäin korkeina vuoden 2022 loppuun saakka. Vaikka suurin osa sähköstä tuotetaan edullisemmista lähteistä (41 % uusiutuvista energialähteistä ja 23 % ydinvoimasta), sähkön hinnat noudattelevat edelleen suurelta osin maakaasun hintaa.¹³ Tämän seurauksena sähkön hinnat nousivat vuonna 2022 tukkumarkkinoilla ennätyskellisen korkeiksi (474 euroa megawattituntia kohti¹⁴) ja muodostivat haasteen EU:n kilpailukyvyille.

EU on toteuttanut päättäväisiä toimia jo vuodesta 2021 lähtien.¹⁵ Toimitusten monipuolistamiseen, pakollisiin varastointimääriin, yhteisiin energiatehokkuuden parantamistoimiin, energian kysynnän vähentämiseen ja uusiutuvien energialähteiden nopeampaan käyttöönottoon perustuvan strategian ansiosta maakaasun hinnat laskivat merkittävästi viime vuoden ennätyskorkeasta tasosta. Osittain leudon talven ansiosta Euroopan kaasu- ja sähkömarkkinat vakautuivat vuoden 2022 loppuun mennessä, ja hinnat alkoivat laskea jatkuvasti. **Kaasun tukkuhinnat** laskivat historiallisen korkealta tasolta 130–140 euroon megawattituntia kohti vuoden 2022 loppuun mennessä, ja vuoden 2023 alkupuoliskolla ne jatkoivat tasaisesti laskuaan 30–40 euroon megawattituntia kohti elokuuhun 2023 mennessä. Kaasun hintojen laskua noudatellen myös **sähkön hinnat** laskivat vähitellen ennätyskorkealta tasolta kysynnän vähenemisen, uusiutuvan energian tuotannon lisääntymisen ja vesivoimavarastojen täyttymisen ansiosta. Sähkön hinnat laskivat tukkumarkkinoilla 74 euroon megawattituntia kohti elokuun 2023 ensimmäisellä viikolla.

Markkinoiden perustekijöiden parantumisesta – EU:n politiikkatoimien ja markkinavoimien tasapainotettua energian tarjonnan ja kysynnän – ja uusien kaasunhankintalähteiden¹⁶ varmistamisesta huolimatta teollisuuden sähkön ja kaasun hinnat ovat edelleen korkeammat

¹² Virtuaalisen Title Transfer Facility -kauppapaikan (TTF) viikoittainen keskihinta.

¹³ Gasparella, A., Koolen, D. ja Zucker, A., *The Merit Order and Price-Setting Dynamics in European Electricity Markets*, Euroopan komissio, Petten, 2023, JRC134300.

¹⁴ Tukkuhinta (EU5): EU:n tärkeimpien sähkömarkkinoiden (DE, ES, FR, NL) ja Nordpoolin markkinoiden (NO, DK, FI, SE, EE, LT, LV) hintojen painotettu keskiarvo.

¹⁵ EU:n toteuttamia toimenpiteitä ovat toiminta- ja tukivälineistöä koskeva tiedonanto (COM(2021) 660 final), toimitusvarmuutta ja kohtuullisia energianhintoja koskeva tiedonanto (COM(2022) 473 final), kaasun varastointia koskeva asetus (COM(2022) 135 final – asetus (EU) 2017/1938), kaasun kysynnän vähentämistä koskeva asetus (COM(2022) 361 final – neuvoston asetus (EU) 2022/1369), asetus korkeisiin energianhintoihin liittyvistä hätätoimenpiteistä (COM(2022) 473 final – neuvoston asetus (EU) 2022/1854), asetus yhteisvastuun lisäämisestä (COM(2022) 549 final – neuvoston asetus (EU) 2022/2576), markkinakorjausmekanismi (COM(2022) 668 final – neuvoston asetus (EU) 2022/2578) ja lupamenettelyjä koskeva asetus (COM(2022) 591 final – neuvoston asetus (EU) 2022/2577).

¹⁶ EU lisäsi erityisesti nesteytetyn maakaasun tuontia Yhdysvalloista ja putkikaasutoimituksia Norjasta, Azerbaidžanista ja Yhdistyneestä kuningaskunnasta.

kuin ennen kriisiä keskimäärin.¹⁷ Myös ero maailman muihin talouksiin on kasvanut.¹⁸ Tämä on sekä mahdollisuus että haaste puhtaan energian alan kilpailukyvyille.

Toisaalta **korkeat energian hinnat tekevät puhtaista energiaratkaisuista entistä kilpailukykyisempiä fossiilisiin polttoaineisiin perustuviin vaihtoehtoihin verrattuina ja vauhdittavat niiden käyttöönottoa.** Korkeat energian hinnat ja Venäjän provosoimaton, perusteeton sotilaallinen hyökkäys Ukrainaa vastaan ovat lisänneet merkittävästi EU:n julkisia ja yksityisiä investointeja energiatehokkuuteen ja uusiutuviin energialähteisiin. Tähän sisältyy energiainfrastruktuurin julkisen rahoituksen lisääminen erityisesti elpymis- ja palautumistukivälineestä REPowerEU-suunnitelmalle¹⁹ myönnetyn rahoituksen avulla.

Korkeat polttoaineiden ja hiilen hinnat ovat johtaneet fossiilisten polttoaineiden osuuden pienenemiseen EU:n sähköntuotannossa (34 %:sta 32 %:iin vuosina 2021–2023), kun taas uusiutuvien energialähteiden osuus nousi 37 prosentista 42 prosenttiin vuosina 2021–2023. EU:n politiikkatoimilla on ollut merkittävä rooli puhtaan energian teknologioiden käyttöönoton nopeuttamisessa: vuonna 2022 aurinkovoimakapasiteetin asentaminen kasvoi 60 prosenttia ja tuulivoimakapasiteetin asentaminen 45 prosenttia ja tuuli- ja aurinkoenergialla tuotetun sähkön osuus ylitti ensimmäistä kertaa kaasulla ja hiilellä tuotetun sähkön osuuden.

Toisaalta **korkeat energian hinnat yhdessä korkeiden korkojen kanssa haittaavat sekä suoraan että välillisesti myös EU:n puhtaan energian teknologian arvoketjuja.** Vuodesta 2020 lähtien taloudellinen ja geopoliittinen kuohunta on aiheuttanut merkittäviä paineita puhtaan energian toimitusketjuille ja pysäyttänyt tilapäisesti käyttöönottokustannusten laskusuuntauksen. Nämä tekijät yhdessä ovat lisänneet tuulivoiman ja vähäisemmässä määrin aurinkoenergiահankkeiden valmistus- ja asennuskustannuksia. Alan teollisuuden arvioiden mukaan²⁰ merituulipuistojen rakentamisen kustannukset EU:ssa ovat vuonna 2023 nousseet 40 prosenttia.

Myös korkojen nousu on vaikuttanut kielteisesti uusiutuvaa energiaa koskevien hankkeiden rahoitukseen, sillä ensivaiheen pääomakustannukset muodostavat suurimman osan hankkeiden kustannuksista. Tämä vaikuttaa erityisen voimakkaasti merituulivoimaan, koska se edellyttää suuria alkuinvestointeja. Korkojen 3,2 prosentin nousun arvioidaan nostavan merituulivoimahankkeiden kustannuksia 25 prosenttia.²¹ Tämän seurauksena uusia päätöksiä merituulipuistoihin tehtävistä investoinneista ei tehty. Uusien tuuliturbiinien tilaukset vähenivät Euroopassa 47 prosenttia vuonna 2022 vuoteen 2021 verrattuna.²² Tämä suuntaus kuitenkin kääntyi vuonna 2023. Vuoden 2023 kuuden ensimmäisen kuukauden aikana hankittiin lähes 9,3 miljardia euroa rahoitusta neljää EU:hun rakennettavaa tuulipuistoa varten, joiden tuotantokapasiteetti on 2,7 gigawattia.

¹⁷ Kaasun tukkuhinnat ovat edelleen kaksinkertaiset Venäjän Ukrainaan kohdistamaa hyökkäystä edeltäneiden 15 vuoden keskiarvoon verrattuna. Sähkön hinnat olivat ennen kriisiä 40–60 euroa megawattituntia kohti. Ks. myös [EU fossil generation hits record low as demand falls | Ember \(ember-climate.org\)](#).

¹⁸ Energiakriisin ja Ukrainan sodan puhkeamisen jälkeen kaasun hinnat ovat olleet EU:ssa maailman korkeimpia. Vaikka markkinat vakiintuivat, kaasun hinnat olivat EU:ssa tammikuun 2023 ja heinäkuun 2023 välisenä aikana 4–5 kertaa korkeammat kuin Yhdysvalloissa, joskin ne olivat osapuilleen vertailukelpoisia Yhdistyneen kuningaskunnan ja muiden kaasua tuovien maiden, kuten Kiinan ja Japanin, hintojen kanssa.

¹⁹ Asetus (EU) 2023/435.

²⁰ WindEurope, lehdistötiedote: [Investments in wind energy are down – Europe must get market design and green industrial policy right](#), 31. tammikuuta 2023.

²¹ M. Đukan, A. Gumber, F. Egli ja B. Steffen, *The role of policies in reducing the cost of capital for offshore wind*, 2023.

²² Enerdata-tutkimusyriety, [Daily Energy and Climate News](#), 1. maaliskuuta 2023.

Raaka-ainetoimitukset ja raaka-aineiden hintakehitys muodostavat toisen haasteen EU:n puhtaan energian alan kilpailukyvyille, koska ne vaikuttavat puhtaiden energiateknologioiden kustannuksiin. Useiden kriittisten materiaalien (erityisesti litiumin ja nikkelin) hinta nousi vuonna 2021 ja vuoden 2022 alussa, ja hintojen epävakaus lisääntyi jyrkästi.²³ Vaikka hinnat alkoivat tasaantua vuoden 2022 jälkipuoliskolla ja vuoden 2023 alussa, ne pysyivät selvästi aiemman keskiarvon yläpuolella.

Myös **litiumkarbonaatin** hinnat nousivat edelleen koko vuoden 2022 ajan ja lähes kaksinkertaistuivat tammikuun 2022 ja tammikuun 2023 välillä. Litiumin hinnat olivat vuoden 2023 alussa kuusi kertaa vuosien 2015–2020 keskiarvoa korkeammat. Tammikuun ja maaliskuun 2023 välisenä aikana litiumin hinnat laskivat 20 prosenttia ja palautuivat vuoden 2022 lopun tasolle. **Koboltin hinnat** olivat maaliskuussa 2022 korkeimmillaan 80 000 Yhdysvaltojen dollaria (72 600 euroa²⁴) tonnilta mutta laskivat sen jälkeen jatkuvasti ja pysyivät noin 50 000:ssa Yhdysvaltojen dollarissa (47 485 eurossa²⁵) tonnilta koko loppuvuoden. Vuonna 2023 koboltin hintojen odotetaan pysyvän alhaisina ylitarjonnan vuoksi. Sekä litium että koboltti ovat akkujen keskeisiä materiaaleja ja sellaisina olennaisia puhtaaseen energiaan siirtymisen kannalta.

Korkeat energian ja raaka-aineiden hinnat pysäyttivät kymmenen vuoden ajan jatkuneen puhtaan energian teknologioiden kustannusten laskusuuntauksen, joka oli johtunut innovoinnista ja mittakaavaeduista.²⁶ Esimerkiksi tuuliturbiinien ja aurinkosähkömoduulien hinnat nousivat vuosina 2020–2022. Vuonna 2023 hinnat ovat kuitenkin jälleen laskussa. Tästä hintadynamiikasta huolimatta kaikkien puhtaan energian teknologioiden hinnat ovat edelleen huomattavasti alhaisemmat kuin kymmenen vuotta sitten. Vaikka energian ja raaka-aineiden korkeat hinnat ovat vaikuttaneet puhtaan energian alaan, puhtaan energian teknologioilla tuotettu energia on EU:ssa edelleen erittäin kustannuskilpailukykyistä.²⁷

Kaaviossa 1 esitetään katsaus energian tasoitettuja kokonaistuotantokustannuksia (LCOE) koskeviin vuoden 2022 laskelmiin erilaisten edustavien olosuhteiden²⁸ osalta eri puolilla EU:ta. Tulokset osoittavat, että sellaisten teknologiatyyppien, joiden muuttuvat kustannukset (mukaan luettuina muuttuvat toimintakustannukset ja polttoainekustannukset) ovat alhaiset, kuten uusiutuvan energian tuotannon, tasoitettujen kokonaistuotantokustannukset olivat vuonna 2022 alhaisemmat kuin sellaisten tuotantoteknologioiden, joiden muuttuvat kustannukset ovat korkeammat.

²³ Kansainvälinen energiajärjestö (IEA), *Critical Minerals Market Review*, 2023.

²⁴ Maaliskuun 2022 keskimääräisen vaihtokurssin mukaan (0,9075 euroa = 1 Yhdysvaltojen dollari). Ks. https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/eurofxref-graph-usd.en.html

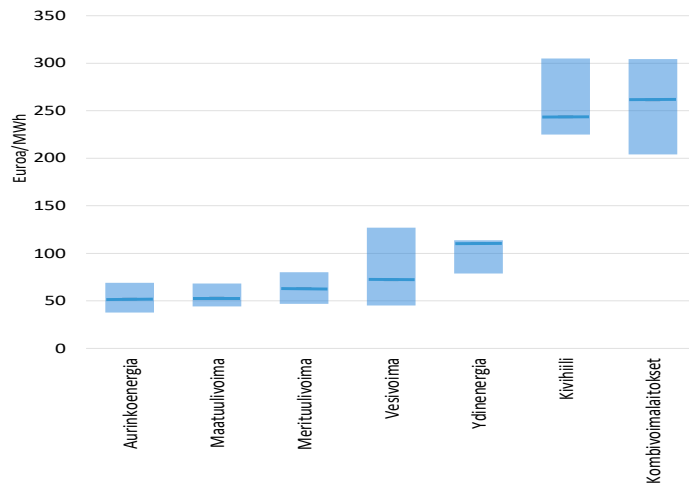
²⁵ Vuoden 2022 keskimääräisen vaihtokurssin mukaan (0,9497 euroa = 1 Yhdysvaltojen dollari). Ks. https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/eurofxref-graph-usd.en.html

²⁶ Kansainvälinen energiajärjestö (IEA), *Clean energy equipment price index, 2014–2022*, 2023.

²⁷ Tässä jaksossa keskitytään kustannusanalyysiin. Markkina-arvosta lähemmin ks. [The development of renewable energy in the electricity Market](#), kesäkuu 2023.

²⁸ Tietopisteet näytetään ensimmäisestä kolmanteen kvartiiliväliin poikkeavien tekijöiden suodattamiseksi.

Kaavio 1: Tilannekatsaus teknologialaitteistokohtaisiin energian tasoitettuihin kokonaistuotantokustannuksiin (LCOE) vuonna 2022. (Vaaleansiniset viivat näyttävät vaihteluvälin EU:ssa ja paksut siniset viivat kuvaavat mediaania.)²⁹



Lähde: Yhteinen tutkimuskeskus (JRC).

Lähde: Yhteisen tutkimuskeskuksen (JRC) METIS-mallisimulaatio, 2023.³⁰

2.2 Resursseista kokoonpanoon: EU:n aseman vahvistaminen teollisena voimatekijänä

Nykyinen geopoliittinen tilanne on vaikuttanut myös puhtaan energian maailmanlaajuiseen kilpailuympäristöön, koska se on synnyttänyt uutta poliittista dynamiikkaa ja markkinasuuntauksia.

Nettonollateknologioiden ala kasvaa nopeasti koko maailmassa. Keskeisten massatuotannossa olevien nettonollateknologioiden maailmanlaajuisten markkinoiden odotetaan kolminkertaistuvan vuoteen 2030 mennessä, jolloin niiden vuotuinen arvo olisi noin 600 miljardia euroa.³¹ Kysynnän kasvu kulkee käsi kädessä resurssien ja materiaalien kysynnän kasvun kanssa. Arvioiden mukaan joidenkin puhtaan energian teknologian arvoketuissa keskeisten raaka-aineiden maailmanlaajuinen kysyntä kasvaa merkittävästi lähivuosikymmeninä. Terbiumin, galliumin ja litiumin³² maailmanlaajuisen kysynnän ennustetaan olevan vuonna 2050 noin 100 prosenttia nykyisestä tarjonnasta myös vähäisen kysynnän skenaariossa.³³ Ennusteissa korostetaan sellaisille talouksille mahdollisesti syntyviä riskejä, jotka ovat erittäin riippuvaisia näiden kriittisten raaka-aineiden toimituksista.

²⁹ Kaaviossa ”CCGT” tarkoittaa kaasukäyttöistä kombivoimalaitosta.

³⁰ Gasparella, A., Koolen, D. ja Zucker, A., *The Merit Order and Price-Setting Dynamics in European Electricity Markets*, Euroopan unionin julkaisu-toimisto, Petten, 2023, JRC134300.

Laskelma perustuu vuoden 2022 vuotuisiin kustannuksiin. Pääomamenot ja toimintamenot perustuvat vuoden 2022 PRIMES-skenaarioon, ja ne on muunnettu vuositasolle teknisten käyttöikien ja keskimääräisen pääomakustannuksen perusteella. Vuosittaiset kustannukset on tasoitettu käyttämällä METIS-mallista johdettuja käyttökertoimia. Muuttuvat kustannukset perustuvat vuoden 2022 hyödykkeiden hintoihin, toimintamenojen muuttuun ja METIS-simulaatioon.

³¹ Kansainvälinen energiajärjestö (IEA), *Energy Technology Perspectives*, 2023.

³² Terbium on yksi niistä harvinaisista maametalleista, jotka ovat tuuliturbiinien magneettien perusmateriaaleja. Galliumia käytetään joissakin aurinkosähköpaneelissa sekä elektroniikassa, tietoverkoissa, robotiikassa ja satelliiteissa. Litium on keskeinen materiaali akkujen valmistuksessa.

³³ Carrara, S. ym., *Supply chain analysis and material demand forecast in strategic technologies and sectors in the EU – A foresight study*, Euroopan unionin julkaisu-toimisto, Luxemburg, 2023, doi:10.2760/386650, JRC132889.

EU on niin raaka-aineiden, keskeisten välivaiheen komponenttien kuin lopullisten puhtaan energian teknologioiden suhteen **yhä riippuvaisempi kolmansista maista tulevasta tuonnista**. Tilanne vaihtelee teknologian mukaan, mutta useimmissa teknologioissa EU on riippuvainen Kiinasta vähintään yhden arvoketjun vaiheen osalta. Kiinalla on keskeinen rooli **kriittisten raaka-aineiden** toimituksissa. Niiden suhteen EU on erittäin riippuvainen vain muutamista maista tulevasta tuonnista. EU saa esimerkiksi 98 prosenttia harvinaisten maametallien ja 97 prosenttia magnesiumin toimituksista Kiinasta³⁴, noin 80 prosenttia litiumtoimituksista Chilestä ja yli 60 prosenttia kobolttitoimituksista Kongon demokraattisesta tasavallasta.³⁵ Kiina on hallitsevassa asemassa myös puhtaan energian eri teknologioiden **valmistuksessa**. Yli 60 prosenttia akkujen ja aurinkosähkön arvoketjujen tärkeimpien osien maailmanlaajuisesta tuotantokapasiteetista sijaitsee Kiinassa. Yli 90 prosenttia aurinkosähkön edellyttämistä kiekkoista ja harkoista valmistetaan Kiinassa³⁶.

Tuulivoimaloiden valmistuksessa Kiinan osuus maailmanlaajuisesta tuotannosta kasvoi 23 prosentista 50 prosenttiin vuosina 2017–2022.³⁷ Samalla ajanjaksolla EU:n osuus laski 58 prosentista 30 prosenttiin.^{38, 39} Sirut ovat keskeinen komponentti puhtaan energian teknologioiden valmistuksessa, ja EU:n teollisuusstrategian vuoden 2021 päivityksessä⁴⁰ komissio vahvisti, että EU on vahvasti riippuvainen Yhdysvalloista sirujen yleisten suunnitteluvälineiden osalta ja Aasiasta sirujen kehittyneen valmistuksen osalta.

Taiwan Semiconductor Manufacturing Companyn (TSMC) osuus maailman kehittyneimpien puolijohteiden valmistuksesta vuonna 2022 oli 92 prosenttia, joten Taiwan valmistaa noin puolet maailman puolijohteista.⁴¹ EU:n osuus digitaalisten komponenttien maailmanlaajuisesta tuotannosta on merkittävä, mutta EU tuottaa vain 9 prosenttia puolijohteista ja mikroprosessoreista.⁴²

Covid-19-pandemian aiheuttamat maailmanlaajuiset toimitusketjun häiriöt, joita Venäjän provosoimaton, perusteeton sotilaallinen hyökkäys Ukrainaa vastaan on kärjistänyt, ovat osoittaneet, että on ratkaisevan tärkeää parantaa EU:n valmiuksia ja kilpailukykyä, jotta unioni voi tuottaa ilmastonutraaliuteen siirtymiseen tarvittavia teknologioita ja komponentteja.

³⁴ [RMIS – Raw Materials Information System \(europa.eu\)](https://data.europa.eu/doi/10.2873/725585), 2023.

³⁵ Euroopan komissio, sisämarkkinoiden, teollisuuden, yrittäjyyden ja pk-yritystoiminnan pääosasto, Grohol, M. ja Veeh, C., *Study on the critical raw materials for the EU 2023 – Final report*, Euroopan unionin julkaisu- ja tiedustelu, 2023, <https://data.europa.eu/doi/10.2873/725585>

³⁶ BloombergNEF, *Localizing clean energy supply chains comes at a cost*, 2022.

³⁷ Carrara, S. ym., *Supply chain analysis and material demand forecast in strategic technologies and sectors in the EU – A foresight study*, Euroopan unionin julkaisu- ja tiedustelu, Luxemburg, 2023, doi:10.2760/386650, JRC132889.

³⁸ Arvioiden mukaan muualla kuin EU:ssa tai Kiinassa vuonna 2022 rakennetuista maatuulivoimaloista EU:n yritykset rakensivat 51 prosenttia, yhdysvaltalaiset yritykset 34 prosenttia ja kiinalaisyrietykset 9 prosenttia. Merituulivoimaloista EU:n yritykset rakensivat 94 prosenttia ja kiinalaiset yritykset 6 prosenttia. Lähde: Yhteinen tutkimuskeskus (JRC) Wood Mackenzie ja 4C Offshoren tietojen perusteella.

³⁹ Tapoglou, E., Tattini, J., Schmitz, A., Georgakaki, A., Długosz, M., Letout, S., Kuokkanen, A., Mountraki, A., Ince, E., Shtjefni, D., Joanny Ordonez, G., Eulaerts, O.D. ja Grabowska, M., puhtaan energiateknologian seurantakeskus: *Wind energy in the European Union – 2023 Status Report on Technology Development Trends, Value Chains and Markets*, Euroopan unionin julkaisu- ja tiedustelu, Luxemburg, 2023, doi:10.2760/618644 (sähköinen versio), JRC135020.

⁴⁰ COM(2021) 350 final.

⁴¹ Alankomaiden yritys- ja tutkimusvirasto, *Research on the Next Generation Semiconductor Industry in Taiwan*, 2022.

⁴² Euroopan komissio, energian pääosasto, Guevara Opinska, L., Gérard, F., Hoogland, O. ym., *Study on the resilience of critical supply chains for energy security and clean energy transition during and after the COVID-19 crisis – Final report*, Euroopan unionin julkaisu- ja tiedustelu, 2021, <https://data.europa.eu/doi/10.2833/946002>

Suunnitteleamalla uusia materiaaleja, joiden ominaisuudet optimoivat nettonollatekniologioiden suorituskyvyn, on myös tarkoitus avata uusia mahdollisuuksia teollisuudelle⁴³.

Tarkasteltaessa suuria talouksia voidaan todeta, että **Yhdysvaltojen** vuonna 2022 antaman **inflaation alentamista koskevan lain** (Inflation Reduction Act, IRA)⁴⁴ tavoitteena on lisätä investointeja kotimaiseen tuotantokapasiteettiin myöntämällä puhdasta energiaa varten arviolta 400 miljardia Yhdysvaltojen dollaria (380 miljardia euroa⁴⁵) liittovaltion rahoitusta pääasiassa tukien ja verokannustimien avulla. Yhdysvallat hyväksyi vuonna 2021 myös Bipartisan Infrastructure Deal -ohjelman (infrastruktuuri-investointeja ja työpaikkoja koskeva laki), johon sisältyy 1,5 miljardia Yhdysvaltojen dollaria (1,27 miljardia euroa⁴⁶) vetyelektrolyysin tukemiseen ja 8 miljardia Yhdysvaltojen dollaria (6,7 miljardia euroa) laajan, alueellisia puhtaan vedyn keskuksia koskevan ohjelman rahoittamiseen. Keskuksilla luodaan niiden yhteydessä sijaitsevien ekosysteemien verkostoja puhtaan vedyn tuotantoa, jakelua, varastointia ja loppukäyttöä varten. Yhdysvallat julkaisi myös Yhdysvaltojen puhtaan vedyn kansallisen strategian ja etenemissuunnitelman. Lisäksi Yhdysvallat antoi heinäkuussa 2023 toimeenpanomääräyksen *Invent it here, make it here* ('täällä tehdyt keksinnöt valmistetaan täällä'), jonka mukaan liittovaltion virastojen on asetettava kotimainen valmistus etusijalle, kun Yhdysvaltojen rahoittamia innovatiivisia teknologioita saatetaan markkinoille.

Kiinan teollinen kapasiteetti pyritään nykyaikaistamaan vuonna 2015 julkaistulla kymmenvuotisella teknologiapoliittisella aloitteella **Made in China 2025**⁴⁷. Tähän sisältyy se, että maan riippuvuus ulkomaisen teknologian tuonnista korvataan kotimaisilla innovaatioilla. Kiina ilmoitti heinäkuussa 2023 rajoittavansa erilaisten teknisten sovellusten, kuten puolijohteiden ja muiden kehittyneiden teknologioiden, valmistuksessa käytettävien raaka-aineiden (gallium ja germanium) vientiä.

Japani julkaisi vuoden 2023 alussa Japanin vihreää siirtyvää koskevan suunnitelman **Basic Plan for the Gx: Green Transformation Policy**⁴⁸. Kyseessä on arvoltaan 150 biljoonan jeniin (0,95 biljoonaa euroa⁴⁹) kymmenvuotinen hiilestä irtautumista koskeva strategia, jolla pyritään edistämään innovatiivisten teknologioiden kehittämistä ja vähentämään hiilidioksidipäästöt alle nollatason vuoteen 2050 mennessä.

Suunnilleen samaan aikaan Intia varasi 350 miljardia rupiaa⁵⁰ (4 miljardia euroa⁵¹) investointeihin maan energiavarmuuteen ja vihreään siirtymään (jossa keskitytään

⁴³ Lisätietoja: vuoden 2023 unionin tilaa koskevassa puheessa ilmoitettu Kehittyneet materiaalit teollisuuden johtoaseman turvaamiseksi -aloite.

⁴⁴ Valkoinen talo, *Inflation Reduction Act Guidebook | Clean Energy*, 2022.

⁴⁵ Vuoden 2022 keskimääräisen vaihtokurssin mukaan (0,9497 euroa = 1 Yhdysvaltojen dollari). Ks. https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/eurofxref-graph-usd.en.html

⁴⁶ Vuoden 2021 keskimääräisen vaihtokurssin mukaan (0,8455 euroa = 1 Yhdysvaltojen dollari). Ks. https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/eurofxref-graph-usd.en.html

⁴⁷ Institute for Security & Development Policy, *Made in China 2025*, kesäkuu 2018.

⁴⁸ *The Japanese Cabinet confirms the Basic Plan for the GX: Green Transformation Policy*, maaliskuu 2023.

⁴⁹ Tammikuun 2. päivän 2023 keskimääräisen vaihtokurssin mukaan (0,006341 euroa = 1 jeni). Ks. https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/eurofxref-graph-jpy.en.html

⁵⁰ Bloomberg, *India plans \$4.3 billion spending for energy transition*, 1. helmikuuta 2023.

⁵¹ Tammikuun 2. päivän 2023 keskimääräisen vaihtokurssin mukaan (0,011351 euroa = 1 rupia). Ks. https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/eurofxref-graph-inr.en.html

aurinkoenergiaan ja vihreän vedyn tuotantoon). Tavoitteena on saavuttaa nettonollapäästöt vuoteen 2070 mennessä.

Sen lisäksi, että EU lisää kiertoon perustuvaa materiaalien käyttöä ja monipuolistaa hankintalähteitä, se pyrkii laajentamaan merkittävästi valmistusta ja nopeuttamaan puhtaan energian teknologioiden käyttöönottoa. Tämä auttaa EU:ta turvaamaan teollisen johtoasemansa nopeasti kasvavilla aloilla ja siirtymään nettonollateknologioiden nettotuonnista vahvaan EU:n omaan tuotantopohjaan.

Komissio esitti tätä koskevat suunnitelmansa **vihreän kehityksen teollisuussuunnitelmassa**. Suunnitelmalla pyritään parantamaan EU:n puhtaan energian alan kilpailukykyä yksinkertaistamalla sääntelykehystä, nopeuttamalla rahoituksen saantia, lisäämällä osaamista ja tukemalla kauppaa. Vihreän kehityksen teollisuussuunnitelman jatkotoimina komissio teki ehdotukset **nettonollateollisuutta koskevaksi säädökseksi** ja **kriittisiä raaka-aineita koskevaksi säädökseksi**. Ehdotetulla nettonollateollisuutta koskevalla säädöksellä pyritään poistamaan nettonollateknologioiden tuotannon laajentamista haittaavat esteet. Se tarjoaisi sääntelykehysten, jolla yksinkertaistetaan ja nopeutetaan lupien myöntämistä, parannetaan nettonollateknologioiden pääsyä markkinoille ja edistetään erilaisia välineitä. Ehdotettu kriittisiä raaka-aineita koskeva säädös antaisi EU:lle mahdollisuuden tehostaa energia-alaa varmistamalla uusiutuvien energialähteiden ja puhtaan energian teknologioiden sekä muiden strategisten alojen tarvitsemien kriittisten raaka-aineiden saatavuus. Siinä keskitytään myös monipuolistamaan toimitusketjuja häiriönsietokyvyn ja valmiuksien luomiseksi kriisiaikojen varalta sekä kiertotalouden vauhdittamiseksi.

Komissio teki helmikuussa 2022 ehdotuksen **EU:n sirusäädökseksi**⁵². Sen tarkoituksena on torjua puolijohdepulaa ja edistää Euroopan teknologista johtoasemaa. Sirusäädös tuli voimaan 21. syyskuuta 2023, ja sillä saadaan liikkeelle yli 43 miljardia euroa julkisia ja yksityisiä investointeja. Se sisältää toimenpiteitä, joilla valmistaudutaan ja reagoidaan nopeasti tuleviin toimitusketjun häiriöihin sekä ennakoidaan niitä yhdessä jäsenvaltioiden ja EU:n kansainvälisten kumppaneiden kanssa. Tavoitteena on kaksinkertaistaa EU:n osuus maailmanlaajuisesta sirujen tuotannosta 20 prosenttiin vuoteen 2030 mennessä.

Komissio on yksinkertaistanut REPowerEU-suunnitelman ja vihreän kehityksen teollisuussuunnitelman mukaisesti valtioneuvoston päätöksiä, jotta jäsenvaltiot voivat myöntää valtiontukea helpottaakseen uusiutuvan energian tuotantohankkeiden nopeaa käyttöönottoa ja toteuttaakseen teollisuuden hiilestä irtautumista koskevia toimenpiteitä nettonollatalouden saavuttamiseksi. Maaliskuussa 2023 hyväksytyissä **tilapäisissä kriisi- ja siirtymäpuitteissa**⁵³ sallitaan tuki kaikille uusiutuvan energian teknologioille sekä uusiutuvan vedyn ja biopolttoaineiden varastoinnille. Puitteiden mukaan vähemmän kehittyneiden teknologioiden yhteydessä ei myöskään tarvitse enää käyttää avoimia tarjouskilpailumenettelyjä. Puitteilla myös laajennetaan mahdollisuuksia myöntää tukea teollisuuden tuotantoprosessien hiilestä irrottamiseen sähköistämisen ja/tai uusiutuvan ja sähköpohjaisen vedyn käytön avulla. Lisäksi tilapäisissä kriisi- ja siirtymäpuitteissa sallitaan investointitukiohjelmat strategisten nettonollateknologioiden tuotantoa varten. Tähän kuuluu myös mahdollisuus myöntää suurempaa tukea, jotta se vastaisi EU:n ulkopuolella sijaitsevien kilpailijoiden samanlaisiin

⁵² COM(2022) 46 final.

⁵³ EUVL C 101, 17.3.2023, s. 3.

hankkeisiin saamaa tukea. Tätä toimea täydennettiin hyväksymällä kesäkuussa 2023 yleisen ryhmäpoikkeusasetuksen tarkistus.⁵⁴

Näiden ehdotusten avulla EU tehostaa toimia, joilla EU:hun houkutellaan lisää pääomaa puhtaisiin energiateknologioihin tehtäviin investointeihin ja näiden teknologioiden valmistukseen. EU tarjoaa tukea aloitteisiin useista rahastoista ja välineistä. Komissio esitti esimerkiksi toukokuussa 2023 **teknisen tuen välineen puitteissa vihreän kehityksen teollisuussuunnitelman tukemista koskevan vuoden 2024 lippulaivahankkeen**⁵⁵, jonka tarkoituksena on auttaa jäsenvaltioita vihreän kehityksen teollisuussuunnitelman täytäntöönpanossa.

Kriittisiin ja puhtaisiin energiateknologioihin tehtävien investointien tukemiseksi ja tehostamiseksi komissio ehdotti kesäkuussa 2023 **Euroopan strategisten teknologioiden kehysvälinettä (STEP-kehysväline)**.⁵⁶ Se tarjoaa rahoitusta **EU:n innovaatorahastosta**, joka on keskeinen investointiväline puhtaan energian teknologioiden valmistuksen tukemiseksi. Kolmannen suuria hankkeita koskevan ehdotuspyynnön⁵⁷ tulokset osoittavat jo nyt, että tässä EU:n päästökauppajärjestelmän innovaatorahaston ehdotuspyynnössä rahoitettaviksi esivalitut hankkeet kattavat yhdessä aiemmin hyväksytyjen hankkeiden kanssa 17 prosenttia nettonollateollisuutta koskevassa säädöksessä vuodeksi 2030 asetetuista aurinkoenergiakapasiteetin valmistusta koskevista tavoitteista sekä 11 prosenttia elektrolyysilaitteiden ja 7 prosenttia akkujen valmistustavoitteista, jos kaikki hankkeet toteutetaan. Lisäksi elpymis- ja palautumistukivälineellä tuetaan muiden investointien ohella elektrolyysilaitteiden, aurinkosähköpaneelien ja akkujen tuotantolaitosten rakentamista.

EU ei aloita tyhjästä, sillä käynnissä on jo useita eri teknologioita koskevia hankkeita. EU:n markkinoilla on viime kuukausina tapahtunut merkittävää kehitystä, sillä niillä on **ilmoitettu uusista hankkeista ja investoinneista, jotka koskevat keskeisen nettonollateknologian valmistusta EU:ssa**. Nämä liittyvät aurinkosähköön, tuulivoimaan, akkuihin, lämpöpumppuihin, elektrolyysilaitteisiin ja polttokennoihin. Myös hankejatkumot ovat kehittyneet edelleen. Näiden keskeisen nettonollateknologian arvoketjujen osalta elokuussa 2023 oli suunnitteilla yli 100 hanketta uuden tuotantokapasiteetin rakentamiseksi tai olemassa olevan tuotantokapasiteetin laajentamiseksi.⁵⁸ EU:n päästökauppajärjestelmän innovaatorahaston johdonmukaisesti hyvät tulokset, myös viimeisin suuria hankkeita koskeva ehdotuspyyntö, joka herätti valtavaa kiinnostusta, osoittavat, että innovatiivisten ja kilpailukykyisten eurooppalaisten hankkeiden jatkumo on vahva.

Akkujen arvoketjussa ilmoitettujen litiumioniakkuja valmistavien gigatehtaiden määrä kasvoi 26:sta 30:een vuonna 2022. **Aurinkosähkön** arvoketjussa useat olemassa olevat tuotantolaitokset harkitsevat valmistusalan suurista haasteista huolimatta laajentumista gigatehtaiksi ja ovat saaneet viimeisimmässä ehdotuspyynnössä innovaatorahaston rahoitusta. Lisäksi on ilmoitettu joistakin uusista gigan luokan valmistushankkeista. **Tuulivoimateollisuudessa** harkitaan useita hankkeita, joihin sisältyy uusia laitoksia, olemassa

⁵⁴ EUVL L 167, 30.6.2023, s. 1.

⁵⁵ Lisätietoja: [Technical Support Project](https://europea.eu) (europa.eu), 2023.

⁵⁶ Lisätietoja: [Euroopan strategisten teknologioiden kehysväline](https://europea.eu) (europa.eu), 2023.

⁵⁷ Lisätietoja: [Kolmas suuria hankkeita koskeva ehdotuspyyntö](https://europea.eu) (europa.eu), 2023.

⁵⁸ Tieto perustuu teollisten allianssien ja asianomaisten sidosryhmäorganisaatioiden palautteeseen.

olevien laitosten laajennuksia ja uuden satamainfrastruktuurin rakentamista. On huomattava, että kaikki ilmoitetut investoinnit eivät lopulta toteudu.

Pelkästään vuonna 2022 EU:ssa tehtiin raskaan teollisuuden kanssa sähkönhankintasopimuksia lähes 800 megawatin sähkömäärästä (määrä on 4,5 gigawattia, kun kaikki alat otetaan huomioon) ilman julkista tukea. **Lämpöpumppujen** osalta viiden viime kuukauden aikana on ilmoitettu yhteensä lähes 5 miljardia euroa uuden tuotantokapasiteetin rakentamiseen tehtäviä investointeja, jotka on tarkoitus toteuttaa seuraavien kolmen vuoden aikana.

Mikään yritys EU:ssa ei vielä valmista **elektrolyysilaitteita** gigawattimittakaavassa, ja teknologiaa kehitetään edelleen. Euroopassa on syntynyt useita tuotantolaitoksia muun muassa Euroopan yhteistä etua koskeville tärkeille hankkeille myönnetyn valtiontuen ansiosta, ja useat yritykset ovat ilmoittaneet suunnitelmistaan laajentaa merkittävästi tuotantokapasiteettiaan Euroopassa.

Puhtaan energian teknologioiden kysynnän kasvu sekä geopoliittisen tilanteen nopea kehitys ovat korostaneet puhtaan energian teknologian arvoketjujen strategista ulottuvuutta. **Koska EU on riippuvainen kolmansista maista, on ratkaisevan tärkeää vahvistaa puhtaan energian alan kilpailukykyä lisäämällä EU:n omaa tuotantokapasiteettia, monipuolistamalla toimitusketjuja ja vahvistamalla kiertotaloustoimenpiteitä.** EU on jo käynnissä olevien hankkeiden pohjalta ehdottanut kattavaa aloitteiden ja välineiden valikoimaa EU:n puhtaan energian teknologioiden arvoketjujen kehittämiseksi ja vahvistamiseksi. Tämän saavuttaminen on ratkaisevan tärkeää, jotta voidaan vahvistaa EU:n strategista riippumattomuutta ja tukea Euroopan siirtymistä hiilineutraaliuteen. Se edellyttää eri näkökulmista toteutettavia koordinoituja toimia. On esimerkiksi erittäin tärkeää varmistaa, että alalla on riittävästi ammattitaitoisia työntekijöitä.

2.3 Inhimillinen pääoma ja osaaminen: osaamisvajeiden ja työvoimapulan korjaaminen pullonkaulojen välttämiseksi

Viimeisimmät maailmanlaajuiset tiedot työllisyydestä ja osaamisesta osoittavat, että työllisyysasteen myönteisestä kehityksestä huolimatta **vuodesta 2021 lähtien havaitut osaamisvajeet ja työvoimapula saattavat hillitä puhtaan energian alan kasvua.**

Uusiutuvan energian ala työllisti vuonna 2021 EU:ssa 1,5 miljoonaa työntekijää, mikä oli 12 prosenttia enemmän kuin vuonna 2020.⁵⁹ Työllisyyden kasvu oli tällä alalla huomattavasti nopeampaa kuin koko taloudessa (0,6 %), ja työllisyys kasvoi huomattavasti pysyttyään paikoillaan vuosina 2015–2020.

Työllisyyden kasvu EU:n uusiutuvan energian alalla vuonna 2021 johtui pääasiassa lämpöpumpuista ja kiinteistä biopolttoaineista. Vuodesta 2020 lähtien lämpöpumpputoimiala on ollut suurin työllistäjä (26 % uusiutuvan energian alan työpaikoista vuonna 2021), ja kiinteiden biopolttoaineiden toimiala on seuraavalla sijalla.⁶⁰ Vuonna 2021 aurinkosähköalan työllisyys kasvoi 35 prosenttia vuoteen 2020 verrattuna, ja se nousi kolmanneksi suurimmaksi alaksi tuulivoima-alan edelle.

Tämän myönteisen kehityksen odotetaan jatkuvan, ja sitä tuetaan asettamalla puhtaan energian käyttöönotto ja siihen liittyvän teknologian valmistus EU:n toimintapolitiikan painopisteiksi. Vuodeksi 2030 asetettujen REPowerEU-tavoitteiden saavuttaminen ja **puhtaan energian**

⁵⁹ EurObserv'ER, *The state of the renewable energies in Europe – Edition 2022 21st annual overview barometer EurObserv'ER Report*, 2023.

⁶⁰ COM(2022) 643 final.

teknologioiden käyttöönotto edellyttää, että alalle saadaan lisää työntekijöitä. Pelkästään tuuli- ja aurinkovoima-aloilla voidaan mahdollisesti luoda 100 000 uutta työpaikkaa EU:ssa.⁶¹ Kun otetaan huomioon kaikki uusiutuvan energian alat, REPowerEU-tavoitteiden saavuttaminen edellyttää yli 3,5 miljoonan työpaikan luomista vuoteen 2030 mennessä.⁶² Valmistuksen osalta nettonollateollisuutta koskevan säädöksen skenaarioissa uusien työpaikkojen määräksi arvioidaan 198 000 – 468 000 ja uudelleen- ja täydennyskoulutukseen tarvittavien investointien määräksi 1,7–4,1 miljardia euroa.⁶³ Lisäksi arvioidaan, että EU:n rakennusallalla 3–4 miljoonan rakennustyöntekijän olisi kehitettävä energiatehokkuuteen liittyvää osaamistaan.⁶⁴

EU:n koko teollisuuden, erityisesti puhtaan energian alan valmistusteollisuuden, **työvoimapula** on kuitenkin kasvanut vuodesta 2021 lähtien. Tämä johtuu pääasiassa siitä, että kysyntä lisääntyy nopeammin kuin ammattitaitoisten työntekijöiden tarjonta, mitä osoittaa se, että avointen työpaikkojen määrä kaksinkertaistui vuosina 2019–2023.

Vuoden 2023 kolmannella neljänneksellä työvoimapula uusiutuvan energian alan valmistussegmenteillä oli edelleen suuri, kuten vuoden 2022 kertomuksessa kilpailukyyn edistymisestä todettiin, ja 25 prosenttia sähkölaitevalmistukseen osallistuvista EU:n yrityksistä⁶⁵ kärsi työvoimapulasta. Energia-ala on yksi niistä aloista, jotka ovat kärsineet kymmenen vuoden ajan jatkuvasti tiettyjen ammattien, kuten sähkölaitteiden asentajien ja korjaajien, työvoimapulasta. Se on myös yksi niistä aloista, joihin työvoiman ikääntyminen vaikuttaa eniten⁶⁶, mikä pahentaa rakenteellista työvoimapulaa.

Sekä osaamis- että työvoimatarpeet voivat muodostaa kasvun pullonkaulan erityisesti pitkälle erikoistuneilla aloilla.⁶⁷ Energia ja valmistus ovat aloja, joilla on eniten teknisiin ja työtehtäväkohtaisiin taitoihin liittyviä uudelleen- ja täydennyskoulutustarpeita, ja yli puolet näiden alojen työvoimasta tarvitsee täydennyskoulutusta.⁶⁸ Kolmella neljäsosalla EU:n teollisuuden yrityksistä oli jo vuonna 2019 vaikeuksia löytää työntekijöitä, joilla oli tarvittavat taidot.⁶⁹ Lähes neljä viidestä pienestä ja keskisuuresta yrityksestä ilmoitti vuonna 2023, että niiden on yleensä vaikea löytää työntekijöitä, joilla on oikeanlaiset taidot.⁷⁰

Avainasemassa näiden ongelmien ratkaisemisessa ovat osaamiseen kehittämiseen tähtäävät politiikkatoimet, työehdot ja -olot, liikkuvuus- ja muuttoliikepolitiikka sekä toimet, joilla

⁶¹ Lisätietoja: [Employment and Social Developments in Europe \(ESDE\) Report 2023](#) (europa.eu). Arvio toimintapoliittisten tavoitteiden saavuttamisesta (Euroopan vihreän kehityksen ohjelmaan liittyvä 55-valmiuspaketti, REPowerEU).

⁶² Lisätietoja: [Pact for Skills: Launch of large-scale renewable energy skills partnership](#) (europa.eu).

⁶³ Nettonollateollisuutta koskevaan säädökseen perustuvan NZIA+-skenaarion mukaan (EU:ssa tapahtuva valmistus kattaa kysynnän täysin) (SWD(2023) 68 final).

⁶⁴ EU:n rakennusalan seurantakeskus (European Construction Sector Observatory), *Improving the human capital basis*, maaliskuu 2020.

⁶⁵ NACE-koodia ”27 – Sähkölaitteiden valmistus” käytetään ilmaisemaan uusiutuvan energian valmistusteollisuutta, koska monet uusiutuvan energian teknologiat kuuluvat tähän luokkaan. EU:n teollisuusstrategiassa (COM(2020) 108 final ja sen äskettäinen päivitys COM(2021) 350 final) sitä käytetään myös ilmaisemaan uusiutuvien energialähteiden teollista ekosysteemiä.

⁶⁶ Lisätietoja: [Employment and Social Developments in Europe 2023](#) (europa.eu).

⁶⁷ SWD(2023) 68 final.

⁶⁸ Georgakaki, A., Kuokkanen, A., Letout, S., Koolen, D., Koukoufikis, G., Murauskaite-Bull, I., Mountraki, A., Kuzov, T., Dlugosz, M., Ince, E., Shtjefni, D., Taylor, N., Christou, M. ja Pennington, D., puhtaan energiateknologian seurantakeskus: *Overall Strategic Analysis of Clean Energy Technology in the European Union: 2023 Status Report*, Euroopan komissio, 2023, JRC135404.

⁶⁹ Eurofond, *European Company Survey 2019* (europa.eu), 2019.

⁷⁰ Lisätietoja: [Vuoden 2023 Flash-eurobarometri osaamisvajesta](#) ja pienten ja keskisuurten yritysten rekrytointi- ja säilyttämisstrategioista.

autetaan ihmisiä pääsemään työmarkkinoille⁷¹. Vuosi 2023 on Euroopan osaamisen teemavuosi. EU:n talousarviollla⁷² on keskeinen rooli osaamisen edistämässä, täydennys- ja uudelleen koulutus mukaan luettuina. Monialaisten politiikka-aloitteiden⁷³ lisäksi EU on ehdottanut useita yksittäisiä toimenpiteitä, joilla nopeutetaan osaamisen kehittämistä vihreässä siirtymässä, erityisesti puhtaan energian alalla. Aloitteisiin lukeutuvat muun muassa maaliskuussa 2023 käynnistetyn uusiutuvan energian teollista ekosysteemiä koskevan *laajamittaisen osaamiskumppanuuden*⁷⁴ tukeminen sekä nettonollateollisuutta koskeva säädös. Viimeksi mainitussa ehdotetaan nettonollateknologioita koskevan osaamisen lisäämistä perustamalla erityisiä (esimerkiksi raaka-aineita, vetyä, lämpöpumppuja ja aurinkoteknologiaa koskevia) koulutusohjelmia vihreää siirtymää varten. Komissio tarkastelee taitojen kehittämistä myös tulevassa lämpöpumppuja koskevassa toimintasuunnitelmassa.

Kuten edellä mainittiin, **aktiivointia koskevat toimintapolitiikat voivat myös auttaa torjumaan alan osaamisvajetta ja työvoimapulaa sekä naisten aliedustusta. Sukupuolten epätasapaino** EU:n energia-alan työvoimassa on huomattava. Vuonna 2022 vain 26,6 prosenttia sähkö-, kaasu-, höyry- ja ilmastointialojen työntekijöistä oli naisia, joskin osuus vaihtelee eri jäsenvaltioissa (34 % Portugalissa ja 14,5 % Kroatiassa). Uusiutuvan energian alalla naisten osuus on suurin aurinkosähkölaitteiden valmistuksessa (47 %), kun taas tuulivoimateollisuuden työntekijöistä koko maailmassa vain 21 prosenttia on naisia. Toimintapolitiikat, mukaan lukien osaamispolitiikka, joilla pyritään kannustamaan naisia näihin ammatteihin, voivat auttaa kasvattamaan alan tulevan kasvun ja kilpailukyvyn kannalta olennaista osaajajoukkoa.

2.4 Tutkimuksesta ja innovoinnista markkinoille saattamiseen: tuloksellisen tutkimus- ja innovointipolun määrittäminen EU:lle

Tutkimus ja innovointi (T&I) ovat avainasemassa kehitettäessä entistä paremmin toimivia ja halvempia puhtaan energian ratkaisuja.

Vuonna 2021 julkisen sektorin **tutkimus- ja innovointimenot** energiaunionin painopisteiksi määritellyille osa-alueille⁷⁵ olivat käyvinä hintoina suuremmat kuin kymmenen vuotta sitten. Ilmaistuna osuutena BKT:stä julkisen sektorin tutkimus- ja innovointimenot energiaunionin painopisteisiin jäivät kuitenkin sekä kansallisella että EU:n tasolla vuotta 2016 edeltäneen tason alapuolelle. Kehitys oli samansuuntaista myös muissa suurissa talouksissa (kaavio 2).

⁷¹ Aktiivinen tuki laadukkaiden työpaikkojen luomiseksi myös aliedustetuille ryhmille, kuten naisille, on yksi oikeudenmukaisesta siirtymisestä ilmastoneutraaliuteen annetun neuvoston suosituksen mukaisista kattavista toimenpidekokonaisuuksista.

⁷² Koheesio- ja kasvutalouden politiikka on Euroopan sosiaalirahasto plussan (ESR+) kautta EU:n tärkein osaamiseen tehtävien investointien rahoitusväline, ja siitä tarjotaan 5,8 miljardia euroa vihreään osaamiseen ja vihreisiin työpaikkoihin. Euroopan aluekehitysrahasto (EAKR) täydentää Euroopan sosiaalirahasto plussaa investoimalla osaamiseen ja koulutukseen sekä tarvittavaan infrastruktuuriin. Oikeudenmukaisen siirtymän mekanismista myönnetään 3 miljardia euroa työntekijöiden koulutukseen ja taitojen kehittämiseen vihreään siirtymään sopeutumiseksi. Muita toimenpiteitä on esitetty vuoden 2022 kertomuksessa kilpailukyvyn edistymisestä.

⁷³ Esimerkiksi neuvoston suositukset yksilöllisistä oppimistileistä, mikrotutkinnoista ja ammatillisesta koulutuksesta.

⁷⁴ Lisätietoja: [Pact for Skills: Launch of large-scale renewable energy skills partnership](https://european-council.europa.eu/media/en/press-summaries/Pages/2023/03/13.aspx) (europa.eu).

⁷⁵ COM(2015) 80 final.

Yli puolet tietoja toimittaneista EU:n jäsenvaltioista⁷⁶ lisäsi vuonna 2021 julkisia tutkimus- ja innovointi-investointejaan energiaunionin painopisteisiin vuoteen 2020 verrattuna, ja tähän mennessä investointeja on ilmoitettu 5,4 miljardin euron arvosta.⁷⁷

Horisontti 2020 -puiteohjelmasta ja sitä seuranneesta Horisontti Eurooppa -ohjelmasta on vuodesta 2020 alkaen myönnetty vuosittain yli 2 miljardia euroa jäsenvaltioiden kansallisista ohjelmista saatavilla olevan rahoituksen lisäksi, ja tämä on ollut elintärkeää lisä T&I-investointeihin. Vaikka kansallisen rahoituksen määrä on suuriin talouksiin verrattuna vähäinen, kun otetaan huomioon EU:n varat, EU oli vuonna 2021 suurten talouksien kärjessä energiaunionin ensisijaisiin tavoitteisiin tehtyjen julkisen sektorin T&I-investointien osalta absoluuttisina menoina mitattuna (8,2 miljardia euroa⁷⁸, kun Yhdysvaltojen vastaavat menot olivat 7,7 miljardia euroa). Tämä merkitsi parannusta vuoteen 2020 verrattuna.⁷⁹ Lisäksi osuutena BKT:stä mitattuna EU oli toisella sijalla (0,056 %, kun johtoasemassa olevan Japanin osuus oli 0,057 %⁸⁰).

Yksityisen sektorin T&I-investointien osalta on arvioitu, että myös energiaunionin T&I-painopisteisiin liittyviin teknologioihin käytetyt menot kasvoivat vuonna 2020 kaikissa suurissa talouksissa. Vuoden 2022 kertomuksessa kilpailukyvyen edistymisestä esitettyjen havaintojen mukaisesti⁸¹ EU:n yksityisen sektorin investoinnit olivat vuonna 2020 edelleen määrällisesti (absoluuttisesti mitattuina) verrattavissa Yhdysvaltojen ja Japanin investointeihin, ja niiden osuus kaikesta T&I-rahoituksesta oli noin 80 prosenttia. BKT:hen suhteutettujen yksityisten T&I-investointien osalta EU on näin ollen yhä edellä Yhdysvaltoja mutta jäljessä Aasian tärkeimmistä talouksista (kaavio 2).

⁷⁶ IEA:n jäsenet: AT, BE, CZ, DE, DK, EL, ES, FI, FR, HU, IE, IT, LT, LU, NL, PL, PT, SE ja SK (EL ja LU eivät toimita tietoja). Edellä mainituista jäsenvaltioista seuraavat 11 ilmoittivat IEA:lle investointien lisääntyneen: AT, CZ, DE, DK, ES, FR, HU, IE, NL, PT ja SE.

⁷⁷ Huomattava osa tästä lisäyksestä johtui Espanjan raportointiin tekemästä muutoksesta ja investointien merkittävästä lisääntymisestä useissa jäsenvaltioissa. Espanjassa kattavuutta on laajennettu siten, että huomioon otetaan sekä valtionhallinnon että aluehallitusten tiedot, mikä kasvattaa EU:n jäsenvaltioiden yhteenlaskettua investointien määrää yli 0,5 miljoonalla eurolla. Muutoksia ei ole sovellettu aiempiin vuosiin, joten aikasarjassa on katko vuosien 2020 ja 2021 välillä. IEA:n vuotta 2023 koskevat energiateknologian tutkimuksen, kehittämisen ja demonstroinnin määrärahatiedot, toukokuu 2023. Seuraavat 11 jäsenvaltiota 17:stä ilmoittivat IEA:lle lisäyksestä: AT, CZ, DE, DK, ES, FR, HU, IE, NL, PT ja SE. Kansainvälinen energijärjestö (IEA), *Energy Technology RD&D Budgets – Database documentation*, 2023.

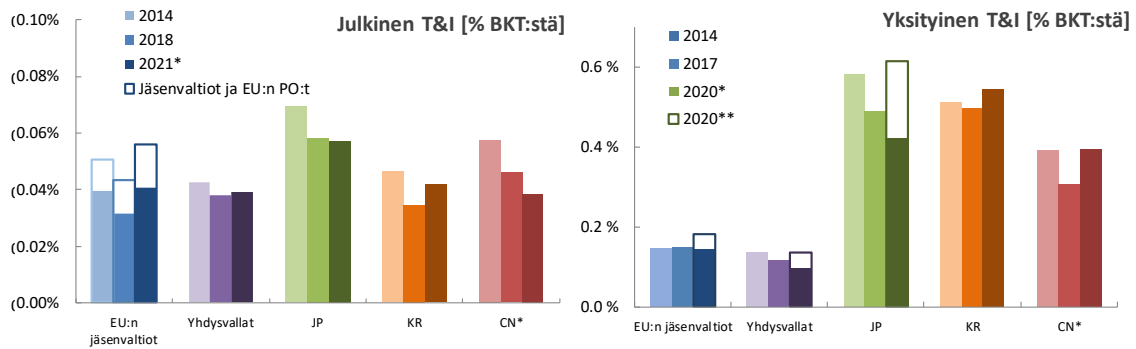
⁷⁸ Italian osuus tästä luvusta on arvio, koska Italia ei ole vielä ilmoittanut tietojaan vuosilta 2020–2021.

⁷⁹ COM(2022) 643 final.

⁸⁰ Näihin lukuihin sisältyvät jäsenvaltioiden ja EU:n puiteohjelman varat. Pelkästään kansalliset varat jäävät muiden suurten talouksien tason alapuolelle mitattuna osuutena BKT:stä.

⁸¹ Ks. asiakirja COM(2022) 643 final, 2.2 jakso, s. 12.

Kaavio 2: Julkisen ja yksityisen sektorin T&I-investoinnit suurissa talouksissa osuutena BKT:stä⁸²



*Kiinan ja Italian julkisia T&I-menoja koskevat tiedot (Italian osalta EU:n kokonaismenoja koskevista tiedoista) ovat vuodelta 2019, vuoden 2020 yksityisiä T&I-menoja koskevat tiedot ovat puutteellisia; **arvio kolmen vuoden kehityksestä

Lähde 1: Yhteinen tutkimuskeskus IEA:n⁸³, MI:n⁸⁴ ja oman työnsä⁸⁵ perusteella.

Energiaunionin T&I-painopisteisiin liittyvät EU:ssa tehdyt **patenttihakemukset** ovat vuodesta 2014 lähtien lisääntyneet keskimäärin 5 prosenttia vuodessa.⁸⁶ Vaikka patentoinnin kehityksessä on huomattavia eroja sekä jäsenvaltioiden että yksittäisten teknologioiden välillä, EU:lla on edelleen vahva asema kansainvälisesti suojattujen patenttien alalla. Kaiken kaikkiaan EU oli vuosina 2014–2020 toisella sijalla (heti Japanin jälkeen) kansainvälisten patenttihakemusten osalta. EU:lla oli johtoasema uusiutuvia energialähteitä (29 %) ja energiatehokkuutta (24 %) koskevista patenteista, mutta se menetti jonkin verran asemiaan älykkäitä järjestelmiä koskevista patenteista (17 %, neljäs sija suurten talouksien joukossa).

Kuten vuoden 2022 kertomuksessa kilpailukyvyn edistymisestä ja komission tiedonannossa *Ohjeet jäsenvaltioille vuosien 2021–2030 kansallisten energia- ja ilmastosuunnitelmien päivittämisestä*⁸⁷ korostetaan, tuloksellisen tutkimus- ja innovointipolun määrittäminen edellyttää, että toiminnassa on mukana riittävästi asiantuntijoita ja yrittäjiä ja että sitä tuetaan EU:n, jäsenvaltioiden ja alueiden ohjelmien koordinoitulla hyödyntämisellä. Se edellyttää myös selkeitä kansallisia tutkimus- ja innovointitavoitteita ja -päämääriä, jotka ulottuvat vuosiin 2030 ja 2050, jäsenvaltioiden välisen yhteistyön lisäämistä sekä kansallisten tutkimus- ja innovointitoimien jatkuvaa seuranta. Jäsenvaltioiden yhteiset, koordinoitut toimet, erityisesti tarkistetun strategisen energiateknologiasuunnitelman (SET-suunnitelman) avulla, sekä kansalliset energia- ja ilmastosuunnitelmat⁸⁸ tarjoavat ainutlaatuisen mahdollisuuden syventää puhtaan energian alan tutkimusta ja innovointia sekä alan kilpailukykyä koskevaa vuoropuhelua EU:n ja sen jäsenvaltioiden välillä.

On myös **ratkaisevan tärkeää nopeuttaa EU:n puhtaan energian innovaatioiden siirtämistä markkinoille**. Tämä tavoite esitetään uudessa eurooppalaisessa innovaatio-ohjelmassa, ja sitä tuetaan EU:n rahoituslähteistä, kuten InvestEU-ohjelmasta, Euroopan innovaationeuvoston varoista, Life-ohjelmasta ja innovaatorahastosta. Jäsenvaltioita

⁸² ”EU:n PO:t” tarkoittaa EU:n puiteohjelmia (Horisontti 2020 ja Horisontti Eurooppa).

⁸³ Muokattu Kansainvälisen energiajärjestön (IEA) kevättä 2023 koskevien energiateknologian tutkimuksen ja kehittämisen määrärahatietojen pohjalta.

⁸⁴ Mission Innovation, raportti: [Country Highlights, 6th MI Ministerial](#), kesäkuu 2021.

⁸⁵ Lisätietoja: [JRC SETIS](#) (europa.eu).

⁸⁶ Lisätietoja: [JRC SETIS](#) (europa.eu).

⁸⁷ EUVL C 495, 29.12.2022.

⁸⁸ Lisätietoja: [Kansalliset energia- ja ilmastosuunnitelmat](#) (europa.eu), 2023.

kehotetaan myös edistämään kokeiluja äskettäin annettujen sääntelyn testiympäristöjä, testialustoja ja eläviä laboratorioita koskevien ohjeiden⁸⁹ mukaisesti. Myös yksityisen pääoman houkuttelemiseksi tarvitaan lisätoimia.

2.5 Riskipääomatilanne: pääoman houkuttelemisen EU:hun⁹⁰

Vuosien mittaan **EU:n innovaatiopolitiikka on laajentunut ja institutionaalinen toimintaympäristö on kehittynyt sen rinnalla**. Tavoitteena on kaventaa EU:n pääomakuilua ja vähentää riskipääomamarkkinoiden ja innovaatioekosysteemien hajanaisuutta. Tähän sisältyy täydentäviä aloitteita, joilla edistetään pääomainvestointeja ja lisätään innovatiivisten startup-yritysten ja scale-up-yritysten rahoitusta. Tällaisia aloitteita ovat muun muassa Euroopan innovaationeuvoston (EIC) rahasto, joka on EU:n oma riskipääomaväline ja jonka tavoitteena on rahoittaa läpimurtoinnovaatioita Horisontti Eurooppa -puiteohjelman pilarissa III ”Innovatiivinen Eurooppa”, uusi eurooppalainen innovaatio-ohjelma⁹¹, joka sisältää lisäaloitteita syväteknologiaan keskittyvien startup-yritysten kasvun vauhdittamiseksi EU:ssa, sekä InvestEU-rahasto, jolla saadaan EU:n talousarviotakausten avulla liikkeelle julkisen ja yksityisen sektorin investointeja, mukaan lukien oman pääoman ehtoista rahoitusta tarjoavat rahastot.

Koska **riskipääomainvestoinnit** ovat innovoinnin eturintamassa, ne ovat keskeisen tärkeitä EU:n kilpailukyvyn parantamiseksi ja EU:n avoimen strategisen riippumattomuuden vahvistamiseksi puhtaan energian alalla. Makrotaloudelliset tekijät, kuten inflaation nousu ja korot, johtivat vuonna 2022 maailmanlaajuisen riskipääomarahoituksen vähenemiseen. Yhteenlasketut riskipääomainvestoinnit⁹² EU:n yrityksiin vähenivät 18 prosenttia vuonna 2022 vuoteen 2021 verrattuna. Kehitys oli vastaavaa Yhdysvalloissa (–20 %), Kiinassa (–36 %) ja koko maailmassa vuoden 2023 alkupuoliskolla.

Maailmanlaajuisesti **puhtaan energian teknologioihin** tehtiin enemmän riskipääomainvestointeja kuin muihin segmentteihin⁹³, kuten bioteknologiaan tai digitaalialaan. Vuonna 2022 maailmanlaajuisen puhtaan energian alan osuus riskipääomainvestoinneista⁹⁴ kasvoi vuoteen 2021 verrattuna 4,4 prosenttia ja investointien määrä oli 39,5 miljardia euroa. Alan osuus kaikista riskipääomainvestoinneista oli 6,2 prosenttia. Vaikka kehitys on ollut myönteistä vuodesta 2015 lähtien, kasvu on hidastunut vuosina 2019 ja 2020 kirjatusta kasvusta (+37 %) ja ennätysvuodesta 2021 (+109 %).

Puhtaan energian alan riskipääomainvestoinnit nousivat EU:ssa 7,4 miljardiin euroon vuonna 2022, mikä oli 42 prosenttia enemmän kuin vuonna 2021. EU:n osuus maailmanlaajuisista riskipääomainvestoinneista puhtaan energian teknologiayrityksiin kasvoi 19 prosenttiin, ja EU

⁸⁹ SWD(2023) 277/2 final.

⁹⁰ Tässä jaksossa esitetty analyysi keskittyy puhtaan energian teknologioihin. Se eroaa vuoden 2022 kertomuksen kilpailukyvyn edistymistä koskevasta jaksosta 2.4 siten, että siinä ei tarkastella PitchBookin ilmastoteknologian vertikaalissa aiemmin yksilöityjä toimintoja, jotka liittyvät elintarvikkejärjestelmiin, maankäyttöön, mikroliikkumiseen, jaettuun liikkumiseen ja autonomisiin ajoneuvoihin.

⁹¹ COM(2022) 332 final.

⁹² [PitchBookin](#) tietojen perusteella 1. kesäkuuta 2023.

⁹³ Kansainvälinen energiajärjestö (IEA), [World Energy Investment 2023](#), 2023.

⁹⁴ Georgakaki, A., Kuokkanen, A., Letout, S., Koolen, D., Koukoufikis, G., Murauskaite-Bull, I., Mountraki, A., Kuzov, T., Dlugosz, M., Ince, E., Shtjefni, D., Taylor, N., Christou, M. ja Pennington, D., puhtaan energiateknologian seurantakeskus: *Overall Strategic Analysis of Clean Energy Technology in the European Union: 2023 Status Report*, Euroopan komissio, 2023, JRC135404.

oli kolmannella sijalla, heti Yhdysvaltojen (38 %) ja Kiinan (28 %) jälkeen.⁹⁵ Puhtaan energian alan riskipääomainvestoinnit osoittautuivat myös häiriönsietokykyisemmiksi EU:ssa – jossa sekä varhais- että myöhemmän vaiheen investoinnit kasvoivat vuonna 2022 – kuin muualla maailmassa. Ne keskittyvät kuitenkin edelleen pitkälti vain muutamiin teknologioihin (pääasiassa akkujen valmistukseen, kierrätykseen ja sähköajoneuvoihin).

Maailmanlaajuiset riskipääomainvestoinnit nettonollateknologioita koskevan asetusehdotuksen mukaisesti **strategisiin nettonollateknologioihin** olivat 20,8 miljardia euroa vuonna 2022 (19,5 miljardia euroa vuonna 2021). Riskipääomainvestoinnit strategisiin nettonollateknologioihin kasvoivat EU:ssa vuonna 2022 kuitenkin hitaammin (+2,3 % vuodesta 2021) verrattuna puhtaan energian alan kokonaiskasvuun. Yhdysvalloissa kasvu oli EU:ta voimakkaampaa, 41 prosenttia vuoteen 2021 verrattuna, koska riskipääomainvestoinnit uusiutuvaan vetyyn ja polttokennoihin, kestävään biokaasuun/biometaaniiin, lämpöpumppuihin ja geotermiseen energiaan kasvoivat jyrkästi. Ulkomaiset myöhemmän vaiheen investoinnit kyseisiin teknologia-aloihin kasvoivat EU:ssa vuonna 2022 huomattavasti nopeammin kuin EU:n sisäiset investoinnit, ja niiden osuus EU:n yritysten kaikesta rahoituksesta oli vuonna 2022 yli puolet (kun se vuonna 2021 oli yhteensä 15 %). Yleisesti ottaen EU ei ole strategisten nettonollateknologioiden osalta – akkuteknologioita lukuun ottamatta – vielä täysin hyödyntänyt mahdollisuuksiaan houkutella nopeampaan kasvuun tähtääviä rahoitussopimuksia, toisin kuin Yhdysvallat ja Kiina.

EU:n kilpailukyvyyn, häiriönsietokyvyyn ja johtoaseman vahvistamiseksi **on ratkaisevan tärkeää varmistaa, että EU:n yrityksille virtaa edelleen riittävästi pääomaa** strategisten nettonollateknologioiden käyttöönoton nopeuttamiseksi. Syvät, yhdentyneet pääomamarkkinat ja tehokas kestävä rahoituksen kehys ovat välttämättömiä edellytyksiä, jotta puhtaan energian teknologioita varten saadaan liikkeelle laajamittaisia yksityisiä investointeja. Komissio on esittänyt kaikki vuonna 2020 laaditun pääomamarkkinaunionia koskevan toimintasuunnitelman edellyttämät lainsäädäntöehdotukset. Jos lainsäätäjät hyväksyvät nopeasti vireillä olevat ehdotukset, se auttaisi parantamaan rahoituksen saatavuutta, monipuolistamaan yritysten rahoituslähteitä ja poistamaan rajat ylittävien rahoituspalvelujen rakenteellisia esteitä. Komissio on kestävä rahoituksen kehystä laatiessaan vastannut käyttäjien tarpeisiin ja hyväksynyt useita toimenpiteitä ja aloitteita, joilla vähennetään sääntöjen monimutkaisuutta, parannetaan niiden käytettävyyttä ja tuetaan sidosryhmiä niiden täytäntöönpanossa. Se on myös toteuttanut toimia, joilla voidaan virtaviivaistaa raportointivelvoitteita yritysten hallinnollisen taakan keventämiseksi.

Komissio ehdotti kesäkuussa 2023 Euroopan strategisten teknologioiden kehysvälineen (STEP-väline) perustamista EU:n nykyisten välineiden (erityisesti Euroopan innovaationeuvoston rahaston, InvestEU-rahaston ja innovaatorahaston) vahvistamiseksi ja hyödyntämiseksi, jotta rahoitustukea voidaan kohdentaa (esimerkiksi julkisen rahoituksen korvamerkitsemisen avulla) ja maksaa puhtaan teknologian investointeihin. Tämä voi auttaa **vähentämään innovointi-investointien riskejä**, kuroma umpeen hankkeiden kehittäjien ja yritys- ja yhteisösijoittajien välistä kuilua sekä viime kädessä kanavoimaan lisää yksityisen sektorin investointeja.

⁹⁵ Ks. edellinen alaviite.

3. STRATEGISTEN NETTONOLLATEKNOLOGIOIDEN KILPAILUKYVYN ARVIOINTI

Tässä jaksossa arvioidaan nollanettoteollisuutta koskevassa säädöksessä määriteltyjen **strategisten nettonollateknologioiden kilpailukykyä**. Lisäksi annetaan tietoja siitä, miten teknologia ja markkinat kehittyvät Euroopan vihreän kehityksen ohjelman ja REPowerEU-suunnitelman tavoitteiden saavuttamiseksi. Ehdotetussa nettonollateollisuutta koskevassa säädöksessä määritellään kahdeksan strategista nettonollateknoologiaa, joilla saavutetaan 55-valmiuspaketin vuodeksi 2030 asetettu tavoite kasvihuonekaasujen nettopäästöjä vähentämisestä vähintään 55 prosenttia vuoden 1990 tasosta. Kyseisiä teknologioita ovat aurinkoenergia (aurinkosähkö- ja aurinkolämpöteknologiat), maatuuliteknologiat ja merellä tuotettavan uusiutuvan energian teknologiat, elektrolyytilaitteet ja polttokennot, akku- tai varastointiteknologiat, kestävät biokaasu- ja biometaaniteknologiat, hiilidioksidin talteenotto- ja varastointiteknologiat, lämpöpumput ja geotermisen energian teknologiat sekä sähköverkkoteknologiat. Ehdotetussa nettonollateollisuutta koskevassa säädöksessä EU asettaa kullekin näistä strategisista nettonollateknologioista yleiset vertailuarvot sen varmistamiseksi, että EU:n strategisten nettonollateknologioiden valmistuskapasiteetti täyttää vuoteen 2030 mennessä vähintään 40 prosenttia unionin vuotuisista käyttöönottotarpeista tai on lähellä tätä prosenttilukua.

Tämän jakson perustana oleva näyttöön perustuva analyysi tehtiin komission sisäisessä puhtaan energian teknologian seurantakeskuksessa (CETO).⁹⁶

3.1 Aurinkosähkö

Aurinkosähkö on nopeimmin kasvava sähköntuotantoteknologia. Se tuottaa useimmissa maissa edullisempaa sähköä kuin fossiilisia polttoaineita käyttävät voimalaitokset. **Aurinkosähköllä on keskeinen rooli kaikissa ilmastoneutraaliin energiajärjestelmään siirtymistä koskevissa skenaarioissa.**⁹⁷ EU:ssa aurinkosähkön osuus sähköntuotannosta oli vuonna 2022 jo 7 prosenttia, ja sen kumulatiivinen asennettu kapasiteetti oli 212 gigawattipiikkiä (GWp).⁹⁸ EU:n aurinkoenergiastrategian⁹⁹ tavoitteena on saavuttaa 600 gigawattia asennettua vaihtovirtakapasiteettia (720 gigawattipiikkiä) vuoteen 2030 mennessä, mikä on nelinkertainen lisäys vuoden 2021 tasoon verrattuna. Aurinkosähkön arvoketjua hallitsevat Aasian maat, erityisesti Kiina. Eurooppalainen aurinkovoimateollisuuden allianssi, joka perustettiin 9. joulukuuta 2022, pyrkii kuitenkin lisäämään EU:n tuotantokapasiteettia siten, että koko toimitusketjun kapasiteetti on vuoteen 2025 mennessä vähintään 30 gigawattipiikkiä. Valmistukseen kohdistuvien investointien houkuttelemisessa vallitsee kuitenkin kova kansainvälinen kilpailu.

⁹⁶ Chatzipanagi, A., Jaeger-Waldau, A., Cleret De Langavant, C., Gea Bermudez, J., Letout, S., Mountraki, A., Schmitz, A., Georgakaki, A., Ince, E., Kuokkanen, A. ja Shtjefni, D., puhtaan energiateknologian seurantakeskus: *Photovoltaics in the European Union – 2023 Status Report on Technology Development Trends, Value Chains and Markets*, Euroopan unionin julkaisutoimisto, Luxemburg, 2023, JRC135034.

⁹⁷ Erityisesti sellaisissa skenaarioissa, joita ovat laatineet valtioista riippumattomat järjestöt, kuten Greenpeace, Energy Watch Group, Bloomberg New Energy Finance, Kansainvälinen energiajärjestö, Kansainvälinen uusiutuvan energian virasto sekä aurinkosähköalan järjestöt.

⁹⁸ Chatzipanagi, A., Jaeger-Waldau, A., Cleret De Langavant, C., Gea Bermudez, J., Letout, S., Mountraki, A., Schmitz, A., Georgakaki, A., Ince, E., Kuokkanen, A. ja Shtjefni, D., puhtaan energiateknologian seurantakeskus: *Photovoltaics in the European Union – 2023 Status Report on Technology Development Trends, Value Chains and Markets*, Euroopan unionin julkaisutoimisto, Luxemburg, 2023, JRC135034.

⁹⁹ EU:n aurinkoenergiastrategia (COM(2022) 221 final).

Aurinkosähkölaitokset perustuvat hyvin pitkälti kiteisestä piistä valmistettujen kiekkojen teknologiaan, joka parantaa edelleen energian muunnon hyötysuhdetta ja vähentää materiaalien käyttöä. Vuonna 2022 kaupallisten moduulien tehokkuus oli keskimäärin 21,1 prosenttia ja enimmillään 24,7 prosenttia.¹⁰⁰ Innovatiivisten materiaalien, kuten perovskiittien, avulla energian muunnon hyötysuhdetta on mahdollista parantaa entisestään: perovskiitti- ja piikerroksista rakennetulla tandem-kennolla saavutettiin toukokuussa 2023 uusi tehokkuusennätys, 33,7 prosenttia.¹⁰¹ Pilottituotantolinjoja tällaisia tandem-kennoja varten on kehitteillä myös EU:ssa, mutta kaupallisia tuotteita ei ole vielä saatavilla.

EU:n yritykset valmistivat vuonna 2022 piitä, harkkoja, kennoja, moduuleja ja inverttereitä ja tarjosivat niitä kaupallisina tuotteina. Invertterien tuotanto on edelleen selvästi suurin EU:n aurinkosähkön valmistussegmentti, jonka tuotantokapasiteetti on lähes 70 gigawattia eli noin 5 gigawattia enemmän kuin vuonna 2021. EU:ssa toimii myös merkittävä monikiteisen piin tuottaja, joka vie tuotteitaan pääasiassa Kiinaan. Vuoden 2023 alussa moduulien nimellinen tuotantokapasiteetti oli EU:ssa 8,28 gigawattipiikkiä vuodessa, kennojen nimellinen tuotantokapasiteetti 0,86 gigawattipiikkiä vuodessa ja harkkojen ja kiekkojen nimellinen tuotantokapasiteetti 1,4 gigawattipiikkiä vuodessa.¹⁰² EU:n valmistajien arvioidaan koonneen vuonna 2022 noin 4 gigawattia moduuleja pääasiassa tuoduista kennoista. Tämä on 10 prosenttia EU:n markkinoista.¹⁰³

Vuonna 2022 kiinalaiset yritykset toimittivat vähintään kolme neljäsosaa maailmanlaajuisesta kapasiteetista kaikissa aurinkosähkön toimitusketjun vaiheissa¹⁰⁴, ja ne olivat kiekkojen, kennojen ja moduulien suurimpia viejiä¹⁰⁵. Lisäksi kiinalaiset yritykset tuottavat yli 80 prosenttia koko maailmassa valmistettavasta monikiteisestä piistä, jota käytetään kiekkojen valmistuksessa. Pelkästään Kiinan uiguurialue toimittaa noin 35 prosenttia maailman monikiteisestä piistä (joskin osuus on laskenut 45 %:sta vuonna 2020), mutta se on herättänyt suurta huolta pakkotyövoiman käytöstä.¹⁰⁶

Vuonna 2022 aurinkosähkön hinnat pysyivät suurimmaksi osaksi vakaina ja tavanomaisilla moduuleilla tuotetun sähkön hinta oli 0,35 euroa wattia kohti, mutta ne laskivat jälleen vuoden 2023 alkupuoliskolla kiihtyvän kilpailun ja koko arvoketjussa esiintyneen komponenttien ylitarjonnan vuoksi. Hinta laski syyskuussa 2023 ennätyksellisen alas, lähes 0,22 euroon wattipiikkiä kohti¹⁰⁷, minkä vuoksi EU:n valmistajien oli vaikeaa harjoittaa kannattavaa tuotantoa.

¹⁰⁰ Chatzipanagi, A., Jaeger-Waldau, A., Cleret De Langavant, C., Gea Bermudez, J., Letout, S., Mountraki, A., Schmitz, A., Georgakaki, A., Ince, E., Kuokkanen, A. ja Shtjefni, D., puhtaan energiateknologian seurantakeskus: *Photovoltaics in the European Union – 2023 Status Report on Technology Development Trends, Value Chains and Markets*, Euroopan unionin julkaisutoimisto, Luxemburg, 2023, JRC135034.

¹⁰¹ Green ym., *Solar cell efficiency tables (62)*, Progress in Photovoltaics, 31, 7 (2023), <https://doi.org/10.1002/pip.3726>

¹⁰² Chatzipanagi, A., Jaeger-Waldau, A., Cleret De Langavant, C., Gea Bermudez, J., Letout, S., Mountraki, A., Schmitz, A., Georgakaki, A., Ince, E., Kuokkanen, A. ja Shtjefni, D., puhtaan energiateknologian seurantakeskus: *Photovoltaics in the European Union – 2023 Status Report on Technology Development Trends, Value Chains and Markets*, Euroopan unionin julkaisutoimisto, Luxemburg, 2023, JRC135034.

¹⁰³ JRC:n oma laskelma, joka perustuu saatavilla oleviin tietoihin.

¹⁰⁴ IEA, *Special Report on Solar PV Global Supply Chains*, 2022.

¹⁰⁵ Wood Mackenzie, lehdistötiedote: [China's solar export booming](#), 23. toukokuuta 2023. Moduulit muodostivat leijonanosan tästä viennistä, ja seuraavaksi eniten vietiin kiekkoja ja kennoja. Vuonna 2022 Kiina vei 86 gigawattipiikkiä moduuleja Eurooppaan (jonka osuus Kiinan moduulien viennistä oli 56 %).

¹⁰⁶ Sheffield forced labour report, Crawford, A. ja Murphy, L.T., *Over-Exposed: Uyghur Region Exposure Assessment for Solar Industry Sourcing*, Sheffield, Yhdistynyt kuningaskunta: Sheffield Hallam University, Helena Kennedy Centre for International Justice (2023).

¹⁰⁷ PVXchange, [PV Price Index](#), sivustolla käyty 7. lokakuuta 2023.

Aurinkosähkömarkkinat kasvoivat vuonna 2022 edelleen huomattavasti, ja maailmanlaajuinen asennettu kapasiteetti oli 1 185 gigawattipiikkiä (230 gigawattipiikin lisäys edellisestä vuodesta). Kiina oli suurin yksittäinen markkina-alue, jolla kapasiteettia asennettiin noin 90 gigawattipiikkiä. Vuosi 2022 oli ennätysvuosi EU:ssa, jossa kapasiteettia asennettiin 41 gigawattipiikkiä (osuus 18 %). Eniten tätä kasvua edistivät Espanja (8,1 gigawattipiikkiä), Saksa (7,5 gigawattipiikkiä), Puola (4,9 gigawattipiikkiä) ja Alankomaat (3,9 gigawattipiikkiä).¹⁰⁸ Asuinrakennusten segmentin osuus oli erityisen suuri, yli 50 prosenttia. Korkeat sähkön hinnat ovat parantaneet aurinkosähkön kilpailukykyä (jonka tasoitettut kustannukset ovat voimalaitosmittakaavassa kaikista teknologioista alhaisimmat lähes kaikilla markkinoilla¹⁰⁹).

Koska aurinkosähköalan odotetaan kasvavan nopeasti koko maailmassa, 12:n viime kuukauden aikana eri maantieteellisillä alueilla (esimerkiksi Yhdysvalloissa, Intiassa ja EU:ssa) on tehty poliittisia aloitteita aurinkosähköjärjestelmien ja niiden komponenttien paikallisemman valmistuksen kehittämiseksi. Tässä suhteessa **EU:n olisi hyödynnettävä asemaansa yhtenä aurinkosähköjärjestelmien suurimmista markkinoista, maailman kärkitason tutkimus- ja kehittämistoimintaansa sekä yhteiskuntaansa, jossa ympäristövaikutusten minimointia, luonnon monimuotoisuuden suojelua ja eettisiä toimitusketjuja pidetään suuressa arvossa.**

Tästä huolimatta **EU:n tuottajien kustannukset ovat edelleen korkeammat kuin niiden kilpailijoiden.**¹¹⁰ Tätä voidaan lieventää esimerkiksi nettonollateollisuutta koskevassa säädöksessä, REPowerEU-suunnitelmassa ja sähkömarkkinoiden rakenneuudistuksessa ehdotetuilla toimenpiteillä, joilla on tarkoitus vähentää energia- ja rahoituskustannuksia ja nopeuttaa tuotantolaitosten lupamenettelyjä. Se edellyttää myös tuotantolaitosten mittakaavan kasvattamista ja keskittymistä innovatiivisiin, tehokkaisiin ja vähähiilisiin tuotteisiin sekä kehittyneisiin, kestävämpiin valmistusprosesseihin. Aurinkosähköpaneelille ja invertterille ehdotettu ekologista suunnittelua ja energiamerkintöjä koskeva lainsäädäntö saattaa olla tärkeä edistävä tekijä alan ympäristövaikutusten minimoimiseksi. Yksi välitön ongelma on nykyinen maailmanlaajuinen tuotannon ylikapasiteetti.¹¹¹ Vaikka se pitää hinnat alhaisina paikallisilla markkinoilla (ainakin EU:ssa), se ei kannusta hyödyntämään nykyistä kapasiteettia täysin.

EU:n markkinoiden kehittämisen kannalta on tärkeää jatkaa toimia, joilla parannetaan lupamenettelyjä ja lisätään kansalaisten hyväksyntää. Kotitalouksien aurinkosähkömarkkinoilla on huomattavasti kasvun varaa, mutta tämä edellyttää, että akkujärjestelmien hintojen lasku jatkuu. Myös erityissovelluksien, kuten erilaisten integroitujen aurinkosähköjärjestelmien ja muiden innovatiivisten käyttövaihtoehtojen, markkinoilla on huomattavia kasvumahdollisuuksia, erityisesti EU:n valmistajien osalta.

¹⁰⁸ IEA, [2023 Snapshot of Global PV Markets](#), 2023.

¹⁰⁹ IEA, WEO 2022 -energiakatsaus.

¹¹⁰ Todelliset kustannuserot riippuvat hyvin paljon kustakin hankkeesta; McKinseyn vuonna 2022 julkaisemassa raportissa *Building a competitive solar-PV supply chain in Europe* kustannuseron arvioidaan olevan 20–25 prosenttia sellaisiin kilpailijoihin nähden, joiden kustannukset ovat alhaiset.

¹¹¹ IEA:n vuonna 2022 julkaiseman aurinkosähkön maailmanlaajuisia toimitusketjuja koskevan erityisraportin (*Special Report on Solar PV Global Supply Chains*) mukaan vuoden 2021 lopussa kiekkojen ja kennojen valmistuksen sekä moduulien kokoonpanon maailmanlaajuinen kapasiteetti ylitti kysynnän vähintään 100 prosentilla.

3.2 Aurinkolämpö

Terminen aurinkoenergia¹¹² voi edistää merkittävästi energiajärjestelmän irrottamista hiilestä, kuten EU:n aurinkoenergiastrategiassa todetaan. Aurinkolämpöteknologiat hyödyntävät vain vähän tai eivät lainkaan kriittisiä raaka-aineita, ja niiden kierrätysaste voi olla korkea.¹¹³

Käytössä olevat uuden sukupolven auringonsäteilyä voimakkaasti keskittävät aurinkosähkövoimalat, joissa tavallisesti käytetään sulaa suolaa lämmönsiirtoon ja jotka pystyvät varastoimaan lämpöä yli kahdeksaksi tunniksi, lisäävät luottamusta tämällyypisiin järjestelmiin, jotka osaltaan parantavat sähköverkon luotettavuutta kustannuksiltaan kilpailukykyisellä sähköllä. EU:lla on perinteisesti ollut johtava asema tässä teknologiassa, mutta siihen kohdistuu kovaa kilpailua Kiinan taholta. Kiina oli esimerkiksi vuonna 2020 kärjessä arvokkaiden patenttien suhteen. EU:n yrityksiä on edelleen mukana kansainvälisissä hankkeissa Arabiemiirikunnissa ja Etelä-Afrikassa, ja niitä osallistuu useisiin käynnissä oleviin tarjouskilpailuihin. Myös tässä suhteessa kiinalaiset yritykset ovat ottamassa johtoaseman sen asiantuntemuksen ansiosta, jonka ne ovat hankkineet rakentaessaan yli 1 gigawatin verran aurinkovoimajärjestelmiä kotimarkkinoillaan. Maailmanlaajuisesti käytössä on 6,4 gigawattia keskittävää aurinkoenergiaa hyödyntäviä laitoksia. EU:n 2,4 gigawatin kapasiteetti sijaitsee lähes kokonaisuudessaan Espanjassa. Arabiemiirikunnissa, Kiinassa ja Etelä-Afrikassa on rakenteilla uusia laitoksia, joilla voidaan lisätä kapasiteettia 1,8 gigawattia vuoteen 2025 mennessä. EU:ssa ei ole otettu käyttöön uusia laitoksia vuoden 2014 jälkeen, mutta Espanja on suunnitellut rakentavansa vähintään 2 gigawattia uutta kapasiteettia vuoteen 2030 mennessä.¹¹⁴

Aurinkolämmitys- ja jäähdytysteknologia tarjoaa useita erilaisia vaihtoehtoja rakennuksia, kaukolämpöverkkoja ja teollisia prosesseja varten. Lämmityksen/jäähdytyksen nykyiset tasoitettut kustannukset (20–110 euroa megawattituntia kohti Euroopassa¹¹⁵) voivat olla kilpailukykyisiä kaasulämmityksen kanssa erityisesti alueilla, joilla on hyvät aurinkoenergiaresurssit. EU:n osuus koko markkinoista on edelleen pieni (0,1 % eli 0,678 terawattituntia) verrattuna johdetun lämmön 651 terawattitunnin kokonaiskysyntään vuonna 2021.¹¹⁶ EU:n lasitettujen aurinkokeräimien sektorin raportoidaan kasvaneen 10 prosenttia vuonna 2022, mikä on rohkaiseva kasvuvauhti. Se ei kuitenkaan riitä kapasiteetin kolminkertaistamiseen vuosina 2021–2030, kuten aurinkoenergiastrategiassa ehdotetaan. Aurinkolämpöjärjestelmät toimittavat lämpöä 264 kaupungin kaukolämpöjärjestelmiin Euroopassa (niiden osuus on alle 5 % käytössä olevista 6 000 kaukolämpöjärjestelmästä¹¹⁷). Myös EU:n suuri 150–400 °C:n teollisen prosessilämmön kysyntä tarjoaa hyvän mahdollisuuden hyödyntää aurinkolämpöä. Esimerkiksi Kroatian Decarbomalt-hankkeessa (jota tuetaan EU:n innovaatorahastosta) käytetään aurinkolämpöä mallastukseen. EU:n yritykset täyttävät suuren osan EU:n aurinkokäyttöisten vedenlämmittimien markkinoiden

¹¹² Tässä jaksossa esitetyt tiedot ovat peräisin seuraavasta julkaisusta: Taylor, N., Georgakaki, A., Mountraki, A., Letout, S., Ince, E., Shtjefni, D., Kuokkanen, A., Tattini, J. ja Diaz Rincon, A., puhtaan energiateknologian seurantakeskus: *Concentrated Solar Power and Solar Heating and Cooling in the European Union – 2023 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets*, Euroopan unionin julkaisutoimisto, Luxemburg, 2023, JRC135004.

¹¹³ Energy Transition Expertise Centren (EnTEC) raportti: *Supply chain risks in the EU's clean energy technologies*, 2023, doi:10.2833/413910.

¹¹⁴ Espanjan vuoden 2019 kansallisen energia- ja ilmastosuunnitelman mukaan päästäisiin 7,4 gigawattiin vuoteen 2030 mennessä. Suunnitelman ensimmäisen päivityksen luonnoksessa tätä arviota on kuitenkin tarkistettu 4,8 gigawattiin. Lisätietoja: https://commission.europa.eu/publications/spain-draft-updated-necp-2021-2030_en

¹¹⁵ Solar Heat Europe, *Solar Heat Markets in Europe, Trends and Market Statistics 2021, Summary*, joulukuu 2022.

¹¹⁶ Solar Heat Europe, *Preliminary Report 2022, Solar Heat Markets in EU27, Switzerland and UK*, 7. heinäkuuta 2023.

¹¹⁷ Mainittu IEA SHC -tutkimusverkoston tehtävän 68 esittelyssä verkkoseminaarissa *The Rise of Solar District Heating*, 28. maaliskuuta 2023, Euroheat and Power ja Solar Heat Europe.

kysynnästä ja myös vievät tuotteitaan. Ne kärsivät vuonna 2022 merkittävistä toimitusketjun häiriöistä.¹¹⁸

EU:n (sekä keskittävää että muuta aurinkoenergiaa hyödyntävän) aurinkolämpöalan kilpailukyvyyn parantamiseksi tarvitaan jatkuvia toimia sekä komponenttitasolla standardoinnin ja laajentamisen avulla että järjestelmätasolla **erityisesti teollisuuden tarpeisiin** kehitettävien kustannustehokkaiden integroitujen ratkaisujen avulla. Huutokauppojen oikeanlaisella suunnittelulla ja oikeanlaisilla markkinoille pääsyn ehdoilla voidaan parantaa keskittävää aurinkoenergiaa hyödyntävän sähköntuotantoteknologian kykyä vastata kysyntähuippuihin muulloin kuin valoisana aikana.

3.3 Maa- ja merituulivoima

Tuulienergialla on merkittävä rooli EU:n siirtymisessä hiilineutraaliuteen. REPowerEU-suunnitelmassa kehoitetaan vauhdittamaan tuulivoimakapasiteetin asentamista, jotta saavutettaisiin 510 gigawatin tuulivoimakapasiteetti vuoteen 2030 mennessä.¹¹⁹ Tuulienergian osuuden ennustetaan olevan 31 prosenttia EU:n asennetusta sähköntuotantokapasiteetista vuonna 2030. EU:n tuulivoima-alalla on kuitenkin useita haasteita. Niiden ratkaisemiseksi ja parantaakseen EU:n kilpailukykyä tuulivoima-alalla komissio on hyväksynyt tuulivoimaa koskevan toimintasuunnitelman.

Vuonna 2022 EU:n kumulatiivinen asennettu kokonaiskapasiteetti oli 204 gigawattia (189 gigawattia maatuulivoimaa ja 16 gigawattia merituulivoimaa). Vuonna 2022 asennettiin 16,2 gigawattia kapasiteettia (15 gigawattia maatuulivoimaa ja 1,2 gigawattia merituulivoimaa¹²⁰), mikä on lähes 50 prosenttia enemmän kuin vuonna 2021. Vuonna 2022 uutta maatuulivoimakapasiteettia asennettiin pääasiassa Saksassa, Ruotsissa ja Suomessa ja uutta merituulivoimakapasiteettia pääasiassa Ranskassa ja Alankomaissa. Tuulivoima-alalla¹²¹ odotetaan, että tuulivoimakapasiteettia asennetaan EU:ssa 20 gigawattia vuodessa seuraavien viiden vuoden aikana. Tämä on vähemmän kuin 30 gigawattia vuodessa, mitä vuoden 2030 tavoitteiden saavuttaminen edellyttäisi.¹²² Kokonaisuutena tarkasteltuna Kiina on tuulivoiman suhteen edelleen johtoasemassa, sillä sen kumulatiivinen kapasiteetti on 334 gigawattia (31 gigawattia merituulivoimaa). Kapasiteetti lisääntyi 37,6 gigawatilla vuonna 2022. Tähän lisäykseen sisältyy 5 gigawattia merituulivoimakapasiteettia. EU on toisella sijalla ja Yhdysvallat, jonka kokonaiskapasiteetti on 144 gigawattia, kolmantena. Vuonna 2022 asennetun uuden tuulivoimakapasiteetin kokonaismäärä oli 68 gigawattia maatuulivoimaa ja 9 gigawattia merituulivoimaa.¹²³ EU:n jäsenvaltiot tekivät tammikuussa 2023 ei-sitovia sopimuksia merialuekohtaisista merellä tuotettavaa uusiutuvaa energiaa koskevista tavoitteista,

¹¹⁸ Energy Transition Expertise Centren (EnTEC) raportti: *Supply chain risks in the EU's clean energy technologies*, 2023, doi:10.2833/413910.

¹¹⁹ SWD(2022) 230 final.

¹²⁰ Tapoglou, E., Tattini, J., Schmitz, A., Georgakaki, A., Długosz, M., Letout, S., Kuokkanen, A., Mountraki, A., Ince, E., Shtjefni, D., Joanny Ordonez, G., Eulaerts, O.D. ja Grabowska, M., puhtaan energiateknologian seurantakeskus: *Wind energy in the European Union – 2023 Status Report on Technology Development Trends, Value Chains and Markets*, Euroopan unionin julkaisutoimisto, Luxemburg, 2023, doi:10.2760/618644 (sähköinen versio), JRC135020.

¹²¹ WindEurope, raportti *Wind energy in Europe: 2022 Statistics and the outlook for 2023–2027*, 28. helmikuuta 2023.

¹²² Wind European ilmoittama luku, 30 gigawattia vuodessa, on pienempi kuin REPowerEU-suunnitelman mukainen luku, joka on 38,25 gigawattia vuodessa. Ero johtuu siitä, että laskelmissa on käytetty erilaisia käyttökertoimia.

¹²³ Tapoglou, E., Tattini, J., Schmitz, A., Georgakaki, A., Długosz, M., Letout, S., Kuokkanen, A., Mountraki, A., Ince, E., Shtjefni, D., Joanny Ordonez, G., Eulaerts, O.D. ja Grabowska, M., puhtaan energiateknologian seurantakeskus: *Wind energy in the European Union – 2023 Status Report on Technology Development Trends, Value Chains and Markets*, Euroopan unionin julkaisutoimisto, Luxemburg, 2023, doi:10.2760/618644 (sähköinen versio), JRC135020.

joiden perusteella EU:n kumulatiivinen tulos olisi 109–112 gigawattia vuoteen 2030 mennessä, 215–248 gigawattia vuoteen 2040 mennessä ja 281–354 gigawattia vuoteen 2050 mennessä.¹²⁴

EU:n tuulivoima-ala on edelleen yksi vahvimmista toimijoista maailmanmarkkinoilla. Vuonna 2022 EU:n valmistajien osuus EU:n tuulivoimamarkkinoista oli 85 prosenttia. Niiden osuus maailmanmarkkinoista oli 30 prosenttia, kun se vuonna 2019 oli 42 prosenttia.¹²⁵ Erityisesti merituulivoimasektorilla EU:n yritysten markkinaosuus EU:ssa vuonna 2022 tehdyistä tuulivoimaloiden asennuksista oli 94 prosenttia. REPowerEU-tavoitteiden saavuttamiseksi on ratkaisevan tärkeää, että tuulienergian käyttöönottoa nopeutetaan huomattavasti. **Kustannusten nousu koko arvoketjussa heikentää kuitenkin useiden hankkeiden taloudellista kannattavuutta. EU:n tuulivoimaloiden valmistajilla on myös muita haasteita,** jotka johtuvat vähäisistä asennusmääristä, korkeasta inflaatiosta ja korkeista hyödykkeiden hinnoista, korkeista koroista, pääoman niukasta saatavuudesta sekä hitaista ja monimutkaisista lupamenettelyistä, joissa ei oteta huomioon kulloinkin vallitsevia markkinaolosuhteita. **Nämä kaikki tekijät ovat vaikuttaneet kielteisesti tuulivoima-alaan.**

Tuulivoima-alan mukaan raaka-aineiden hintojen ja muiden tuotantopanoskustannusten nousu on nostanut tuuliturbiinien hintaa 40 prosenttia kahden viime vuoden aikana.¹²⁶ Vielä merkittävämpää on se, että lupamenettelyissä on sitkeitä pullonkauloja – joihin on jo puututtu EU:n tasolla, mutta esimerkiksi henkilöstömäärä verrattuna julkishallinnolle tehtyjen lupahakemusten suureen määrään on edelleen riittämätön – ja että tulevan hankejatkomon ennakoitavuus on heikko. Näiden tekijöiden vuoksi EU:n tuuliturbiiniteollisuus on raportoinut tappioista ja antanut toistuvasti tulosvaroituksia.

Kun otetaan huomioon tuulivoiman strateginen merkitys EU:lle, on toteutettava toimia tuulivoimateollisuuden kilpailukyvyyn parantamiseksi. Tuulivoiman toimitusketjun kasvun vauhdittamiseksi EU:ssa on monipuolistettava raaka-aineiden tuontia, otettava edelleen käyttöön kiertotalouteen perustuvia lähestymistapoja ja lisättävä valmistuskapasiteettia. Ehdotetuilla nettonollateollisuutta koskevalla säädöksellä ja kriittisiä raaka-aineita koskevalla säädöksellä pyrittiin varmistamaan EU:n toimitusketjun häiriönsietokyky kaikissa segmenteissä. Tukea tarvitaan myös verkkoihin, satamiin sekä asennus- ja huoltoaluksiin tehtäviin huomattaviin investointeihin. Asennusmääriä on lisättävä, jotta saadaan aikaan mittakaavaetuja, vakautta ja ennustettavuutta, jotka ovat tarpeen investointien tukemiseksi ja kannattavan tuulivoimaloiden valmistuksen liiketoimintaedellytysten luomiseksi. Nopeampia ja yksinkertaisempia lupa- ja muita menettelyjä olisi kehitettävä edelleen, ja jäsenvaltioiden olisi lisättävä tulevien huutokauppojen ja hankejatkomoiden avoimuutta ja niiden suunnittelun näkyvyyttä. **Hallitusten jatkuva tuki, erityisesti varmistamalla riittävä ja ammattitaitoinen henkilöstö lupa-asioiden käsittelyyn, ja suotuisa liiketoimintaympäristö ovat ratkaisevan tärkeitä seikkoja EU:n kilpailuaseman säilyttämiseksi tuulivoima-alalla.** Innovaatioiden laajamittaista käyttöönottoa olisi edistettävä EU:n ja jäsenvaltioiden rahoituksella EU:n valtioneuvoston mukaisesti. **Näiden haasteiden ratkaisemiseksi komissio on hyväksynyt tuulivoimaa koskevan toimintasuunnitelman,** joka auttaa entisestään nopeuttamaan lupien myöntämistä, parantamaan huutokauppajärjestelmiä kaikkialla EU:ssa, helpottamaan rahoituksen saantia ja vahvistamaan toimitusketjuja.

¹²⁴ Lisätietoja: https://energy.ec.europa.eu/news/member-states-agree-new-ambition-expanding-offshore-renewable-energy-2023-01-19_en

¹²⁵ Yhteisen tutkimuskeskuksen analyysi, joka perustuu Orbisin ja PitchBookin tietoihin, 2023.

¹²⁶ Wind Europe, lehdistötiedote: [Investments in wind energy are down – Europe must get market design and green industrial policy right](#), 2023.

3.4 Valtamerienergia

Vuonna 2020 julkaistussa merellä tuotettavaa uusiutuvaa energiaa koskevassa EU:n strategiassa¹²⁷ kehoitetaan toteuttamaan toimia, joilla valtamerienergian kaupallista kapasiteettia otetaan käyttöön 1 gigawatti vuoteen 2030 mennessä ja 40 gigawattia vuoteen 2050 mennessä.

Valtamerienergiaan sisältyy viisi erillistä teknologiaa: vuorovesivirtausenergia, nousu- ja laskuveden korkeuseroa hyödyntävä energia, aaltoenergia, meren lämpöenergian muuntaminen sekä veden suolaisuuseroihin perustuva sähköntuotanto. Kehittyneimpiä niistä ovat vuorovesivirtausenergia- ja aaltoenergiateknologiat. Maailmanlaajuisesti yli 98 prosenttia¹²⁸ kaikesta nykyisin käytössä olevasta yhteenlasketusta kapasiteetista on vuorovesiteknologiaa (521,5 megawattia), mukaan lukien Ranskassa vuonna 1963 rakennettu La Rancen 240 megawatin vuorovesivoimala¹²⁹. Vuonna 2022 uusia valtamerivoimaloita asennettiin vain vähän sekä maailmanlaajuisesti että EU:ssa.¹³⁰ Tällä hetkellä vain muutama voimala on saavuttanut kaupallisen vaiheen, mutta useat voimalat ovat teknisiltä valmiuksiltaan korkeammalla tasolla ja vuorovesiteknologiaa on yhdistetty niissä tiettyntyyppisiin muihin laitteisiin. **Tämän sektorin kehittämisen esteet johtuvat pääasiassa sektorin alhaisesta kypsyyssasteesta.** Laitteita ja menettelyjä ei ole vielä optimoitu, ja tästä syystä kustannukset ovat korkeita (keskimääräiset energian tasoitettut kokonaistuotantokustannukset ovat aaltoenergialaitteiden osalta 0,27 euroa kilowattituntia kohti ja vuorovesienergialaitteiden osalta 0,2 euroa kilowattituntia kohti). Lisäksi lupamenettelyt pitkiä, rahoitusta on saatavilla niukasti ja toimintakonseptien toimivuus on osoittamatta. Sektorille ei myöskään ole syntynyt hallitsevia voimalaratkaisuja. On kuitenkin odotettavissa, että useat pilottihankkeet aloittavat toimintansa vuoteen 2025 mennessä.¹³¹

Alan teollisuuden mukaan¹³² EU on kymmenen viime vuoden aikana investoinut yli 375 miljoonaa euroa valtamerienergian tutkimukseen, kehittämiseen ja innovointiin useiden rahoitusohjelmien kautta. Horisontti Eurooppa -puiteohjelman työohjelmassa 2023–2024 valtamerienergialle osoitetaan alustavasti 94 miljoonaa euroa lisätukea. Euroopan innovaationeuvosto on rahoittanut vuodesta 2018 alkaen kymmenen valtamerienergiaan liittyvää hanketta, joiden kokonaismäärärahat (valtamerienergian osalta) ovat noin 25 miljoonaa euroa. Valtamerienergiaa käsittelevän eurooppalaisen teknologia- ja innovointifoorumin (ETIP) mukaan EU:n johtoasema aalto- ja vuorovesienergian alalla voisi tuottaa taloudellista toimintaa 140 miljardin euron arvosta, 500 000 työpaikkaa ja 293 gigawatin maailmanlaajuiset markkinat vuoteen 2050 mennessä.¹³³

Erikoistuotteet, kuten vaihteistot, generaattorit, ohjausjärjestelmät ja voimansiirtojärjestelmät, hankitaan todennäköisimmin Euroopasta. Erityisesti harvinaiset maametallit, joita käytetään turbiinigeneraattorien kestopagneeteissa, on yksilöity kriittisiksi raaka-aineiksi

¹²⁷ COM(2020) 741 final.

¹²⁸ Tapoglou, E., Tattini, J., Schmitz, A., Georgakaki, A., Długosz, M., Letout, S., Kuokkanen, A., Mountraki, A., Ince, E., Shtjefni, D., Joanny Ordonez, G., Eulaerts, O.D. ja Grabowska, M., puhtaan energiateknologian seurantakeskus: *Ocean Energy in the European Union – 2023 Status Report on Technology Development Trends, Value Chains and Markets*, Euroopan unionin julkaisutoimisto, Luxemburg, 2023, doi:10.2760/82978 (sähköinen versio), JRC135021.

¹²⁹ Tällä laitoksella, joka oli valmistuessaan hyvin innovatiivinen, oli huomattavia ympäristövaikutuksia, joita nykyään tuskin voitaisiin hyväksyä. Sonnic Ewan, *La Rance, 50 ans de turbinage. Et après? Le statu quo est-il la seule option pertinente?*, L'Information géographique, 2017/4 (Vol. 81), s. 103–128, doi: 10.3917/lig.814.0103.

¹³⁰ Vuonna 2022 EU:n vesille asennettiin 62 kilowattia uutta vuorovesienergiakapasiteettia ja 33,5 kilowattia aaltoenergiakapasiteettia.

¹³¹ Kansainvälinen uusiutuvan energian virasto (IRENA), *World Energy Transitions Outlook 2023: 1.5 °C Pathway, Volume I*, Abu Dhabi, 2023.

¹³² Ocean Energy Europe (OEE), *Policy Topics: Research and Innovation*.

¹³³ ETIP Ocean, *Industrial Roadmap for Ocean Energy*, 1. heinäkuuta 2022.

valtamerienergian alalla. Dysprosiumin, neodyymin, praseodyymin, terbiumin ja boraatin toimitusriskit ovat suuret.

EU:n teollisuudella on johtoasema valtamerienergia-alan kehittämisessä, sillä 41 prosentilla EU:n vuorovesienergian kehittäjistä teknologisen valmiuden taso on yli 5.¹³⁴ Kärkimaita tässä suhteessa ovat Alankomaat, Ranska ja Irlanti. EU:n ulkopuolisten toimijoiden kotipaikat ovat pääasiassa Yhdistyneessä kuningaskunnassa, Kanadassa, Yhdysvalloissa ja Kiinassa. Vastaavasti 52 prosenttia aaltoenergiavoimaloita kehittävästä yrityksistä on sijoittautunut EU:hun.¹³⁵ Kehittäjiä on eniten Tanskassa ja seuraavaksi eniten Italiassa ja Ruotsissa. EU:n ulkopuolisista maista Yhdistyneessä kuningaskunnassa, Yhdysvalloissa, Australiassa ja Norjassa on useita aaltoenergian kehittäjiä.

Kiina ohitti vuonna 2022 EU:n tieteellisten julkaisujen määrässä, ja sillä on nyt johtoasema sekä aalto- että vuorovesienergian alalla. EU on toisella sijalla molemmissa valtamerienergian tyypeissä.¹³⁶ **On saatava aikaan teknologisten innovaatioiden, liitännäispolitiikkojen, alhaisempien kustannusten sekä pidemmällä aikavälillä luotettavien teknologioiden, prosessien ja laitteiden järjestelmällisen integroinnin yhdistelmä, jotta voidaan antaa sijoittajille tarvittava varmuus ja luottamus ja parantaa siten EU:n kilpailukykyä valtamerienergian alalla.** Toteuttamalla yksittäisiin teknologioihin keskittyviä huutokauppoja voidaan mahdollistaa kaupallisten laitteiden käyttöönotto. Tämä puolestaan auttaa alentamaan energian tasoitettuja kokonaistuotantokustannuksia ja korostamaan valtamerienergian etuja järjestelmän kannalta. Myös infrastruktuurin jakaminen muiden uusiutuvan energian tuotantolaitosten (esimerkiksi merituulivoimaloiden) kanssa ja useita toimintoja (esimerkiksi vesiviljelyä) palvelevien yhteisten alustojen kehittäminen voivat auttaa vauhdittamaan valtamerienergian kehittämistä.

3.5 Akut

Akuilla on ratkaiseva merkitys puhtaaseen energiaan siirtymisessä sekä liikenteen että kiinteiden sovellusten osalta. Siirtyessään yksinomaan päästöttömiin, uusiin, kevyisiin hyötyajoneuvoihin vuoteen 2035 mennessä¹³⁷ EU lisää merkittävästi omaa akkutuotantoaan ollakseen maailmanlaajuisesti kilpailukykyinen, saavuttaakseen poliittiset tavoitteensa ja estääkseen uudet riippuvuudet fossiilisista polttoaineista.

EU:ssa olevan akkujen tuotantokapasiteetin arvioidaan nousevan 458 gigawattituntiin vuoteen 2025 mennessä ja 1 083 gigawattituntiin vuoteen 2030 mennessä¹³⁸, eli **se kasvaa suunnitellusti voidakseen kattaa EU:n ennustetun kysynnän**^{139, 140}. EU:n akkualan yhteenliittymä on tässä yhteydessä avainasemassa, ja vuonna 2022 yhteenliittymän alainen Euroopan akkualan teollisuusverkosto kasvoi 750 jäsenestä 800 jäseneksi, jotka edustavat koko

¹³⁴ Tapoglou, E., Tattini, J., Schmitz, A., Georgakaki, A., Długosz, M., Letout, S., Kuokkanen, A., Mountraki, A., Ince, E., Shtjefni, D., Joanny Ordonez, G., Eulaerts, O.D. ja Grabowska, M., puhtaan energiateknologian seurantakeskus: *Ocean Energy in the European Union – 2023 Status Report on Technology Development Trends, Value Chains and Markets*, Euroopan unionin julkaisutoimisto, Luxemburg, 2023, doi:10.2760/82978 (sähköinen versio), JRC135021.

¹³⁵ Ks. edellinen alaviite.

¹³⁶ Ks. edellinen alaviite.

¹³⁷ Jäsenvaltiot hyväksyivät 28. maaliskuuta 2023 lopullisesti sääntelyn, jolla kielletään hiilipäästöjä aiheuttavien henkilö- ja pakettiautojen myynti vuoden 2035 jälkeen.

¹³⁸ EU:n akkualan yhteenliittymä (kesäkuu 2023); esimerkiksi Fraunhofer-instituutin tietojen mukaan EU:ssa vuonna 2030 olevan akkujen tuotantokapasiteetin vaihteluväli on kuitenkin laaja: se on vähintään 677 gigawattituntia, keskimäärin 1 770 gigawattituntia ja enintään 2 050 gigawattituntia.

¹³⁹ Euroopan tilintarkastustuomioistuimen erityiskertomus: [Akkuja koskeva EU:n teollisuuspolitiikka](#), 2023. Vaihteluväli: 700 – 1 200 GWh/vuosi.

¹⁴⁰ Lisätietoja: [Transport & Environment](#), 6. maaliskuuta 2023. Vaihteluväli: jopa 50 gigatehdasta, joiden tuotantokapasiteetti on 1 800 GWh.

arvoketjua. Euroopan akkuekosysteemi on tähän mennessä saanut 180 miljardin euron arvosta suurimmaksi osaksi yksityisiä investointisitoumuksia.¹⁴¹

Vaikka EU:n automarkkinat taantuivat yleisesti vuonna 2022, EU:n täysin akkukäyttöisten sähköajoneuvojen myynti kasvoi 28 prosenttia vuoteen 2021 verrattuna ja niiden osuus EU:n markkinoilla myydyistä 9,1 miljoonasta ajoneuvosta oli 12,1 prosenttia¹⁴² (1,12 miljoonaa ajoneuvoa). Akkusähköajoneuvojen, pistokesähköajoneuvojen ja hybridisähköajoneuvojen osuus EU:ssa myydyistä autoista oli vuonna 2022 yhteensä 44,1 prosenttia.¹⁴³ Nouseva suuntaus jatkuu, ja lokakuussa 2023 pelkästään akkusähköajoneuvoja myytiin EU27:ssä 819 000 kappaletta, pistokesähköajoneuvoja taas 1,288 miljoonaa kappaletta.¹⁴⁴ Tämän kehityssuuntauksen mukaan vuoden 2023 loppuun mennessä koko maailmassa myydään 14 miljoonaa sähköajoneuvoa (35 % enemmän kuin vuonna 2022), mikä on 18 prosenttia autojen kokonaismyynnistä vuonna 2023.¹⁴⁵

Vaikka suurin osa akuista käytetään autoteollisuudessa, myös kiinteä varastointi kasvaa eksponentiaalisesti. Koko maailmassa ennustetaan asennettavan 154 gigawattituntia akkupohjaisia energiavarastojärjestelmiä vuoden 2023 loppuun mennessä, mikä on 102 prosenttia enemmän kuin vuonna 2022¹⁴⁶. Noin 10 prosenttia tästä kapasiteetista on määrä asentaa EU:ssa¹⁴⁷.

Vaikka litiumin maailmanlaajuinen tuotanto kasvoi 180 prosenttia vuoteen 2017 verrattuna, sen maailmanlaajuinen kysyntä vuonna 2022 ylitti jälleen tarjonnan. Vuonna 2022 noin 60 prosenttia litiumin, 30 prosenttia koboltin ja 10 prosenttia nikkelin kysynnästä käytettiin sähköautojen akkuihin (vastaavat osuudet vuonna 2017 olivat 15 %, 10 % ja 2 %).¹⁴⁸ Vaikka hinnat olivat pääasiassa laskeneet kymmenen vuoden ajan ja edullisempien kemiallisten ratkaisujen, kuten litiumrautafosfaatin (LFP)^{149, 150}, osuudet akuissa kasvoivat, litiumioniakkukyksikköjen keskihinnat nousivat 136 euroon kilowattituntia kohti¹⁵¹ vuonna 2022, mikä on 7 prosenttia enemmän kuin vuonna 2021. Euroopassa keskihinnat olivat vuonna 2022 korkeampien tuotantokustannusten vuoksi 152 euroa kilowattituntia kohti eli 24 prosenttia korkeammat kuin Yhdysvalloissa ja 33 prosenttia korkeammat kuin Kiinassa.¹⁵² Yhdysvaltojen inflaationhillintälaissa (Inflation Reduction Act, IRA) luvataan maan akkuteollisuudelle tukea 134 miljardia dollaria¹⁵³ (113 miljardia euroa¹⁵⁴). BloombergNEF-

¹⁴¹ Lisätietoja: [EU:n akkualan yhteenliittymä](https://europa.eu/europa/en/energy-storage) (europa.eu).

¹⁴² Vuonna 2021 vastaava osuus oli 9,1 prosenttia, kun se niinkin äskettäin kuin vuonna 2019 oli vain 1,9 prosenttia.

¹⁴³ Euroopan autonvalmistajien yhdistys (ACEA), lehdistötiedote: [Fuel types of new cars: battery electric 12.1 %, hybrid 22.6 % and petrol 36.4 % market share full-year 2022](https://www.acea.eu/press-releases/2023/02/01/fuel-types-of-new-cars-battery-electric-12.1-hybrid-22.6-and-petrol-36.4-market-share-full-year-2022), 1. helmikuuta 2023.

¹⁴⁴ Ks. [Euroopan vaihtoehtoisten polttoaineiden seurantakeskus](https://europa.eu/europa/en/energy-storage) (europa.eu).

¹⁴⁵ Kansainvälinen energiajärjestö (IEA), [Global EV Outlook 2023 Executive Summary](https://www.iea.org/publications-new/publications/0/1/Global-EV-Outlook-2023-Executive-Summary), 2023.

¹⁴⁶ Lisätietoja: [EU:n akkualan yhteenliittymä – EBA250](https://europa.eu/europa/en/energy-storage).

¹⁴⁷ EMMES 7.0, LCP-Delta, tilanne vuoden 2023 ensimmäisellä neljänneksellä: 11 GW / 14,7 GWh, Fraunhofer-instituutin ekstrapoloinnin mukaan jopa 20 GWh.

Toimialan tiedot. EMMES 7.0 – maaliskuu 2023 | EASE: Why Energy Storage? | EASE (ease-storage.eu), tilanne vuoden 2023 ensimmäisellä neljänneksellä: 11 GW / 14,7 GWh, Fraunhofer-instituutin ekstrapoloitujen arvioiden mukaan jopa 20 GWh.

¹⁴⁸ Kansainvälinen energiajärjestö (IEA), [Global EV Outlook 2023](https://www.iea.org/publications-new/publications/0/1/Global-EV-Outlook-2023), 2023.

¹⁴⁹ BloombergNEF, lehdistötiedote: [Lithium-ion Battery Pack Prices Rise for First Time to an Average of \\$151/kWh](https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-12-06-lithium-ion-battery-pack-prices-rise-for-first-time-to-an-average-of-151-kwh), 6. joulukuuta 2022.

¹⁵⁰ Ne olivat 20 prosenttia halvempia kuin litium-nikkeli-mangaani-kobolttioksidikennot (NMC-kennot) vuonna 2022.

¹⁵¹ Vaihtokurssi on 0,9 euroa = 1 Yhdysvaltojen dollari, ja sitä käytetään koko asiakirjassa, kun lähteet ovat ilmoittaneet arvot dollareina.

¹⁵² InsideEVs, lehdistötiedote: [Europe: Plug-In Car Sales Accelerated In March 2023](https://www.insideevs.com/news/europe-plug-in-car-sales-accelerated-in-march-2023), 10. toukokuuta 2023.

¹⁵³ Valkoinen talo, [Investing in America](https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/02/02/2023-02-02-investing-in-america/), 2023.

¹⁵⁴ Vuoden 2021 keskimääräisen vaihtokurssin mukaan (0,8455 euroa = 1 Yhdysvaltojen dollari). Ks. <https://www.ecb.europa.eu/stats/policy-and-exchange-rates/euro-reference-exchange-rates/html/eurofxref-graph-usd.en.html>

tutkimuspalvelun¹⁵⁵ mukaan Euroopan osuus koko maailmassa ilmoitetuista investoinneista litiumioniakkujen tuotantokapasiteettiin laski 41 prosentista 2 prosenttiin vuosina 2021–2022. On muistettava, että tällaisia ilmoituksia suurista investoinneista tulee tyypillisesti kertaluonteisina ”purskeina” eikä tasaisesti. Vuoden 2023 puolivälin jälkeen tehtyjen ennusteiden mukaan Yhdysvallat ohittaa EU:n vuoteen 2031 ulottuvan akkukapasiteetin investointijatkumon. Yhdysvallat on lisännyt hankejatkumoonsa 436 gigawattituntia kapasiteettia (lisäys 57,9 %) inflaationhillintälain voimaantulon jälkeen, mutta EU:ssa lisäys on ollut vain 25 gigawattituntia (3 %).¹⁵⁶ Kun otetaan huomioon inflaationhillintälain nojalla annettava tuki ja Yhdysvaltojen matalammat energian hinnat, akkujen tosiasiallinen hinta olisi EU:ssa 40 prosenttia korkeampi kuin Yhdysvalloissa ja eurooppalaisen akkusähköajoneuvon akun kustannukset olisivat jopa 4 000 euroa korkeammat.¹⁵⁷ Tämä hintaero saattaa vaikuttaa kielteisesti tuotantokapasiteetin käyttöönottoon EU:ssa.¹⁵⁸

Myös EU:n kiinteiden akkujen markkinat kasvavat tasaisesti. Vuoden 2023 ensimmäisellä neljänneksellä EU:ssa oli noin 11 gigawattia / 14,7 gigawattituntia asennettua energiaverkon varastointikapasiteettia (pumppuvoimaan perustuvan vesivoiman varastointia lukuun ottamatta), josta noin 5,3 gigawattia / 5,6 gigawattituntia oli ennen mittaria asennettua kapasiteettia. Parhaillaan on kehitteillä vähintään noin 19 gigawattia / 42,3 gigawattituntia ennen mittaria asennettavaa varastointikapasiteettia.¹⁵⁹ Myös ”sähkömittarin takana” kotitalouksissa tapahtuva akkuvarastointi kasvaa nopeasti. Esimerkiksi Saksassa se kasvoi 2,0 gigawattista 4,1 gigawattiin (+105 %) vuoden 2022 puolivälin ja vuoden 2023 puolivälin välisenä aikana.¹⁶⁰ EU:n 55-valmiuspaketin ja REPowerEU-suunnitelman tavoitteiden saavuttamiseksi kiinteän energianvarastoinnin käyttöönottoa on kuitenkin nopeutettava voimakkaasti, jotta vuodeksi 2030 ennustettu 200 gigawatin kysyntä voidaan täyttää.¹⁶¹

EU:n litiumakkujen kysynnän arvioidaan tällä hetkellä olevan vuonna 2030 noin 1 terawattitunti.¹⁶² Vaikka Kiina kattaa edelleen suurimman osan EU:n ylikysynnästä, EU:ssa tehtävät yksityiset investoinnit paikalliseen akkutuotantoon saavat yritykset rakentamaan tuotantolaitoksia sähköajoneuvojen tuotantolinjojen läheisyyteen kuljetuskustannusten vähentämiseksi. Huolimatta Yhdysvaltojen inflaationhillintälain mahdollisista kielteisistä vaikutuksista EU:n akkujen arvoketjujen laajentamiseen **akkutehtaita rakennetaan yhä nopeammin kaikkialla Euroopassa ja niiden ennustetaan kattavan suurimman osan EU:n kysynnästä vuoteen 2030 mennessä**. Esimerkiksi Stellantis¹⁶³ eteni suunnitelmiansa mukaisesti ja avasi vuonna 2023 Ranskassa ensimmäisen (lopullinen kapasiteetti 40 gigawattituntia vuodessa) kolmesta suuresta ACC:n¹⁶⁴ EU:hun sijoittautuneesta akkuja valmistavasta gigatehtaasta. Näiden kolmen tehtaan odotetaan yhdessä kattavan 25 prosenttia

¹⁵⁵ BloombergNEF, 2023 Q1 – Energy Transition Investment Trends -raportti.

¹⁵⁶ BenchmarkSource, artikkeli: [IRA supercharges USA's gigafactory capacity pipeline as it overtakes Europe for first time](#), 2. kesäkuuta 2023.

¹⁵⁷ EU:n akkualan yhteenliittymä (EBA), [Discussion Paper for the 7th High-Level Meeting of the European Battery Alliance](#).

¹⁵⁸ Transport & Environment, raportti: [How not to lose it all](#), maaliskuu 2023.

¹⁵⁹ Toimialan tiedot. EMMES 7.0 – maaliskuu 2023 | EASE: Why Energy Storage? | EASE (ease-storage.eu), tilanne vuoden 2023 ensimmäisellä neljänneksellä: 11 GW / 14,7 GWh, Fraunhofer-instituutin ekstrapoloitujen arvioiden mukaan jopa 20 GWh.

¹⁶⁰ RWTH Aachen University, [Battery Charts](#), 2023.

¹⁶¹ Energy Storage Coalition, lehdistötiedote: [Energy Storage Coalition calls for more targeted support for energy storage in key EU legislation](#), maaliskuu 2023.

¹⁶² McKinsey & Company, artikkeli: [Battery 2030: Resilient, sustainable and circular](#), 16. tammikuuta 2023.

¹⁶³ Stellantis on 14 automerkin yhteenliittymä.

¹⁶⁴ Automotive Cells Company (ACC) akkuja valmistava gigatehdas Billy-Berclau Douvrinissa Ranskassa.

EU:n vuoden 2030 ennustetusta kapasiteetin kokonaiskysynnästä¹⁶⁵, joka on yhteensä 250 gigawattituntia.

Suurin vuoden 2030 tavoitteiden saavuttamiseksi tarvittava suhteellinen lisäys koskee kierrätystä.¹⁶⁶ Vuonna 2023 Euroopassa kierrätettiin vain noin 50 kilotonnia jätettä, kun kysynnän ennustetaan kasvavan 200–800 kilotonniin vuoteen 2030 mennessä.¹⁶⁷ **Kierrätyksen voimakas tehostaminen antaisi EU:lle mahdollisuuden lisätä osallistumistaan arvoketjun alkuvaiheisiin ja siten toimitusvarmuutta.** Horisontti Eurooppa -ohjelman akkuihin liittyvä kumppanuus, jonka budjetti on lähes miljardi euroa, tukee tämän alan tutkimusta ja innovointia. Tuet olisi kohdennettava viisaasti, jotta vältetään sisämarkkinoiden vääristyminen, mikä on elintärkeää sekä kilpailukyvyyn että innovoinnin kannalta.

3.6 Lämpöpumput

Tarkistettu uusiutuvan energian direktiivi¹⁶⁸ sisältää lämmityksessä ja jäähdytyksessä, teollisuudessa sekä rakennuksissa käytettävää uusiutuvaa energiaa koskevia uusia tavoitteita, ja siinä kehoitetaan integroimaan lämmitys paremmin sähköverkkoon. Lisätukea fossiilisen polttoaineen kattiloiden korvaamiseen annetaan ekologista suunnittelua¹⁶⁹ ja energiamerkintöjä¹⁷⁰ koskevassa lainsäädännössä. Komissio laatii myös EU:n toimintasuunnitelmaa lämpöpumppujen käyttöönoton nopeuttamiseksi.¹⁷¹

Euroopan lämpöpumppuyhdistyksen (EHPA) kattamissa 18:ssa EU:n jäsenvaltiossa oli vuoden 2022 lopussa käytössä 17,4 miljoonaa pääasiassa lämmitykseen tarkoitettua käyttäjäkohtaista lämpöpumppua. Lämpöpumppujen myynti kasvoi 41 prosenttia, 2,75 miljoonaan yksikköön, vuonna 2022.¹⁷² Vuoden 2023 alkupuoliskolla lämpöpumppujen myynti EU:ssa kasvoi edelleen. Joissakin maissa, kuten Italiassa, myynti kuitenkin laski vuoden 2022 alkupuoliskoon verrattuna. Tämä johtui kansallisten tukijärjestelmien muuttumisesta ja sähkön ja kaasun hintojen epäsuotuisista suhteista.¹⁷³ **Mallipohjaisissa hiilestä irtautumista koskevissa skenaarioissa on havaittu suuria kasvumahdollisuuksia.** Esimerkiksi JRC:n Potencia-mallin mukaan pääasiassa lämmitykseen käytettävien käyttäjäkohtaisten lämpöpumppujen määrän (13 miljoonaa vuonna 2020) ennustetaan kasvavan EU:ssa 2,5-kertaiseksi vuoteen 2030 mennessä ja lähes 10-kertaiseksi vuoteen 2050 mennessä. Yksikkötehon odotetaan puolittuvan vuoteen 2050 mennessä rakennusten paremman eristyksen ansiosta. Tämä on sopusoinnussa REPowerEU-suunnitelman kanssa, jossa asetetaan tavoitteeksi asentaa vähintään 30 miljoonaa lämpöpumppua vuoteen 2030 mennessä.

Kaukolämpö voi olla paras lämmitysvaihtoehto tiheään asutuilla kaupunkialueilla, joilla suuret lämpöpumput voivat kerätä energiaa aurinkoenergiasta, geotermisestä energiasta tai teollisuus-

¹⁶⁵ Green Car Congress, lehdistötiedote: [First ACC gigafactory inaugurated in France; initial 13 GWh capacity](#), 31. toukokuuta 2023.

¹⁶⁶ Lisätietoja: EU:n akkualan yhteenliittymän muistio Euroopan akkutuotannosta, kesäkuu 2023.

¹⁶⁷ Perustuu Fraunhofer ISI -instituutin [laskelmiin](#).

¹⁶⁸ EUVL L 328, 21.12.2018.

¹⁶⁹ EUVL L 239, 6.9.2013.

¹⁷⁰ EUVL L 198, 28.7.2017.

¹⁷¹ Lisätietoja: [Lämpöpumput – toimintasuunnitelma käyttöönoton nopeuttamiseksi kaikkialla EU:ssa](#) (europa.eu).

¹⁷² Euroopan lämpöpumppuyhdistys (EHPA), *Market Report 2023*, joka kattaa valtiot AT, BE, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, HU, IE, IT, LT, NL, PL, PT, SE ja SK, 29. kesäkuuta 2023. Raportti koskee pääasiassa sisätilojen lämmitykseen ja lämpimän talousveden tuottamiseen käytettäviä lämpöpumppuja.

¹⁷³ Lyons, L., puhtaan energiateknologian seurantakeskus: *Heat pumps in the European Union – 2023 Status Report on Technology Development Trends, Value Chains and Markets*, Euroopan unionin julkaisutoimisto, Luxemburg, 2023, JRC134991.

tai kaupunkikehitysprosessien hukkalämmöstä. Heat Roadmap Europe -hankkeessa¹⁷⁴ arvioidaan, että kaukolämmön markkinaosuus Euroopassa on vuoteen 2050 mennessä 50 prosenttia ja että noin 25–30 prosenttia kapasiteetista perustuu suuriin sähkölämpöpumppuihin. Tämä voisi kattaa jopa 38 prosenttia kaikesta kaukolämmön tuotannosta.¹⁷⁵

Teollisuuden lämpöpumppujen¹⁷⁶ tekninen potentiaali vaihtelee toimialoittain. Paperiteollisuudessa se on noin 65 prosenttia, elintarviketeollisuudessa 40 prosenttia ja kemianteollisuudessa 25 prosenttia prosessilämmöstä. Pelkästään Euroopassa lämpöpumppuja, joiden yhteenlaskettu kapasiteetti olisi 15 gigawattia, voitaisiin ottaa käyttöön lähes 3 000 laitoksessa.¹⁷⁷

EU:n tuotantokapasiteetin arvioitiin kattaneen 75 prosenttia EU:n yksittäisten vesilämpöpumppujen kysynnästä vuonna 2021.¹⁷⁸ **EU:n valmistajat ovat kuitenkin riippuvaisia komponenttien** (kuten lähinnä Kiinasta tuotavien paisuntaventtiilien ja nelitieventtiilien) sekä pääasiassa Kiinasta ja Kaakkois-Aasian maista¹⁷⁹ ja Yhdysvalloista tulevasta **kompressorien, invertterien ja synteettisten kylmäaineiden tuonnista**. Niiden tuotanto ei edellytä kriittisiä raaka-aineita, mutta sitä haittaavat sirujen, lämmönvaihtimien, pumppujen, johtojen ja säiliöiden nykyiset pitkät toimitusajat.¹⁸⁰

Käyttäjakohtaisiin lämpöpumppuihin painottunut EU:n markkinoiden kasvu on osittain katettu tuonnilla. Vuonna 2022 kauppavaje nousi 856 miljoonaan euroon eli kaksinkertaistui vuoteen 2021 verrattuna, kun vielä viisi vuotta aikaisemmin kauppavaje oli 186 miljoonaa euroa ylijäämäinen. Tuonti Kiinasta kaksinkertaistui 533 miljoonaan euroon vuonna 2021, ja vuonna 2022 se jälleen lähes kaksinkertaistui 898 miljoonaan euroon.¹⁸¹

Euroopan tuotantopohja on suhteellisen hajanainen. Se muodostuu 175 tuotantolaitoksesta, joihin kuuluu monikansallisia yrityksiä ja pk-yrityksiä.¹⁸² Suuret aasialaiset ja yhdysvaltalaiset yritykset voivat sitä vastoin hyötyä mittakaavaeduista. Vesilämpöpumppujen valmistajat investoivat ennennäkemättömän paljon ja ennennäkemättömällä vauhdilla eurooppalaiseen tuotantokapasiteettiin. Investoinnit vuosina 2023–2026 ovat lähes 5 miljardia euroa¹⁸³, ja käyttöönoton nopeuttamiseksi on perustettu uusi lämpöpumppujen kiihdytysfoorumi. Kaupallisiin ja verkkosovelluksiin tarkoitettujen suurten lämpöpumppujen osalta Euroopan teollisuudella on määräävä markkina-asema. Teollisuuden lämpöpumppujen valmistajia on EU:ssa 17 ja Norjassa kahdeksan. Euroopan ulkopuolella valmistajia on vain kolme (kaikki Japanissa). Teollisuuden lämpöpumppujen tärkeimmät komponentit (esimerkiksi kompressorit) valmistetaan paikallisesti.¹⁸⁴

Käyttäjakohtaisia lämpöpumppuja koskeva tutkimus- ja innovointitoiminta lisäisi entisestään EU:n kilpailukykyä, koska sen avulla voidaan suunnitella tehokkaampia, vähemmän tilaa

¹⁷⁴ Lisätietoja: Heat Roadmap Europe, <https://heatroadmap.eu/>

¹⁷⁵ Euroheat & Power, *Large heat pumps in district heating & cooling systems*, 2022.

¹⁷⁶ Teollisuuden lämpöpumppuja käytetään yleisesti prosesseissa, joiden lämpötila on alle 100 °C. Kaupallisia tuotteita on jopa 160 °C:n prosesseihin, mutta niitä on vielä demonstroitava useammilla teollisuudenaloilla. Kehitteillä on lämpöpumppuja jopa 280 °C:n lämpötiloja varten.

¹⁷⁷ Kansainvälinen energiajärjestö (IEA), *Future of heat pumps*, 2023.

¹⁷⁸ Eunomia, *EU Hydronic Heat Pump Manufacturing Market Assessment*, 2023.

¹⁷⁹ Japani ja Thaimaa.

¹⁸⁰ Eunomia, 2023, ks. edellinen alaviite.

¹⁸¹ COMEXT, Goods Trade EU, 841861.

¹⁸² Eunomia, *EU Hydronic Heat Pump Manufacturing Market Assessment*, 2023.

¹⁸³ Euroopan lämpöpumppuyhdistys (EHPA), lehdistötiedote: [Manufacturer investments](#), kesäkuu 2023.

¹⁸⁴ Kansainvälisen energiajärjestön (IEA) teknologisen yhteistyön ohjelma, *Heat Pumping Technologies, Annex 58 Final report*, elokuu 2023.

vieviä, hiljaisempia ja esteettisempiä EU:ssa valmistettavia tuotteita, jotka ovat myös digitaalisempia ja joustavampia, mikä vähentää tarvetta vahvistaa sähköverkkoja. Luonnollisia kylmäaineita käyttävien lämpöpumppujen kilpailukyky kohenee, kun asiaa koskevat kansainväliset standardit¹⁸⁵ sisällytetään asentajien sertifiointijärjestelmiin, jotta voidaan varmistaa syttyvien kylmäaineiden turvallinen käyttö rakennuksissa. Sen arvioimiseksi, voidaanko yhden tai monen perheen rakennuksiin asentaa lämpöpumppuja, sekä ratkaisujen ehdottamiseksi tarvitaan kuitenkin työkaluja. **Tutkimus ja innovointi automatisoinnin lisäämiseksi lämpöpumppujen valmistuksessa ja niiden asennuksen modularisoimiseksi ja järjeistämiseksi sekä EU:n tuotantopohjan vahvistaminen auttaisivat yhdessä alentamaan lämpöpumppujen alkukustannuksia ja vahvistamaan EU:n maailmanlaajuista kilpailukykyä.**¹⁸⁶

Teollisuuden lämpöpumppujen kohdalla **loppukäyttäjäsektorin ja lämpöpumppusektorin välinen yhteistyö tuotteiden optimoimiseksi ja standardoimiseksi alentaisi myös niiden käyttöönottoon liittyviä kustannuksia ja riskejä.** Energiapalveluyritykset voivat pienentää loppukäyttäjien riskiä ehdottamalla leasingmallia.

3.7 Geoterminen energia

Tarkistetussa uusiutuvan energian direktiivissä asetetaan uusiutuvaan energiaan perustuvaa lämmitystä ja jäädytystä koskevia sitovia tavoitteita, ja sillä edistetään maalämmön suoraa käyttöä. Kriittisiä raaka-aineita koskevan säädöksen odotetaan lisäävän mahdollisuuksia hyödyntää kriittisten raaka-aineiden, erityisesti litiumin, yhteistuotantoon tarvittavia geotermisiä resursseja.

Syvällä geotermisellä energialla on kaikista uusiutuvista energialähteistä suurin käyttökerroin (se voi olla yli 80 %¹⁸⁷), **alhaiset käyttökustannukset ja laaja tuotantopohja.** Vuonna 2022 syvän geotermisen energian maailmanlaajuinen kapasiteetti oli 16,1 gigawattia sähkötehoa (GWe)¹⁸⁸, josta 877 megawattia sähkötehoa (MWe) sijaitsi EU:ssa¹⁸⁹. Euroopassa ei vuonna 2022 otettu käyttöön uusia laitoksia, ja maailmanlaajuinen 286,4 MWe:n kasvu, joka tapahtui lähinnä Keniassa, Indonesiassa ja Yhdysvalloissa, jäi alle ennen pandemiaa vallinneen 3 prosentin vuotuisen kasvun.¹⁹⁰ Lupaavampaa on se, että maalämmön suora käyttö on kasvanut EU:ssa tasaisesti 9 prosenttia vuodesta 2010¹⁹¹ erityisesti kaukolämmityksessä ja -jäädytyksessä. Suoraa maalämpöä käyttäviä järjestelmiä on nyt 261, ja vuonna 2022 rakennettiin 12 uutta järjestelmää (joista viisi pelkästään Ranskassa).

EU:n asema tutkimus- ja innovointi-investointien, patenttien ja tieteellisten julkaisujen suhteen on vahva. Euroopan komission ja jäsenvaltioiden myöntämän tutkimus- ja innovointirahoituksen ansiosta EU myönsi tällä alalla eniten julkista tukea maailmassa vuosina

¹⁸⁵ Lisätietoja: IEC 60335-2-40:2022: [Kotitalouksiin ja vastaaviin käyttöihin tarkoitettut sähkölaitteet – Turvallisuus – Osa 2-40: Erityisvaatimukset lämpöpumpuille, ilmastointilaitteille ja ilmankosteuden poistolaitteille](#), 2022.

¹⁸⁶ Eunomia, *EU Hydronic Heat Pump Manufacturing Market Assessment*, 2023.

¹⁸⁷ Kansainvälinen uusiutuvan energian virasto (IRENA) ja International Geothermal Association (IGA), *Global geothermal market and technology assessment*, 2023.

¹⁸⁸ European Geothermal Energy Council (EGEC), raportti: [Geothermal Market Report 2022 – Key Findings](#), heinäkuu 2023.

¹⁸⁹ Taylor, N., Ince, E., Mountraki, A., Georgakaki, A., Shtjefni, D., Tattini, J. ja Diaz Rincon, A., puhtaan energiateknologian seurantakeskus: *Deep Geothermal Energy in the European Union – 2023 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets*, Euroopan unionin julkaisutoimisto, Luxemburg, 2023, JRC135206.

¹⁹⁰ European Geothermal Energy Council (EGEC), raportti: [Geothermal Market Report 2022 – Key Findings](#), heinäkuu 2023.

¹⁹¹ Taylor, N., Ince, E., Mountraki, A., Georgakaki, A., Shtjefni, D., Tattini, J. ja Diaz Rincon, A., puhtaan energiateknologian seurantakeskus: *Deep Geothermal Energy in the European Union – 2023 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets*, Euroopan unionin julkaisutoimisto, Luxemburg, 2023, JRC135206.

2010–2020. Seuraavalla sijalla oli Yhdysvallat. Samana ajanjaksona EU:lla oli johtoasema myös uusien arvokkaiden patenttien määrässä, kunnes Kiina ohitti EU:n vuonna 2019.¹⁹²

Vaikka tehostettujen geotermisten järjestelmien (EGS) teknologia ei ole vielä täysin kehittynyt, tutkimus ja innovointi on saanut aikaan uutta kehitystä maanalaisessa lämmön ja kylmän varastoinnissa, resurssien arvioinnissa ja hyödyntämisessä, suljetun kierron geotermisissä järjestelmissä ja varastoidun hiilidioksidin käytössä sähköntuotantoon.

Geotermiseen energiaan perustuvassa sähköntuotannossa käytettäviä turbiineja valmistavat pääasiassa muutamat suuret teollisuusyritykset, kuten Toshiba (Japani), Fuji Electric (Japani), Mitsubishi Heavy Industries (Japani), Ormat Technologies (Yhdysvallat/Israel) ja Ansaldo Energia (Italia). Ne ovat enimmäkseen Euroopan ulkopuolisia yrityksiä lukuun ottamatta eräitä merkittäviä poikkeuksia Italiassa. Geotermisten laitosten rakentamisen markkinat ovat jakautuneet useiden julkisten ja yksityisten yritysten kesken.¹⁹³ Kaukolämmössä maalämpölaitteistojen maanalaisten osien toimittajat ovat pääosin öljy- ja kaasualan yrityksiä. Pumput, venttiilit ja ohjausjärjestelmät tuodaan yleensä Yhdysvalloista ja Kanadasta. Etsintä- ja poraustoimintoja, jotka aiheuttavat syvän geotermisen energian hankkeissa suurimmat kustannukset, hallitsevat muutamat erikoistuneet Euroopan ulkopuoliset yritykset.¹⁹⁴

Vuonna 2022 **alalla oli pulaa työvoimasta, laitteista ja materiaaleista**, kuten porauslautoista ja vuorausputkien teräksestä. Geotermisen energian tuotannossa käytetään hyvin vähän kriittisiä raaka-aineita, mutta litiumin uuttaminen geotermisistä suolaliuoksista, kuten Etelä-Saksassa toteutettavassa kaupallisessa hankkeessa¹⁹⁵, voi auttaa lieventämään EU:n riippuvuutta tuonnista.

Ala tarvitsee enemmän saatavilla olevaa tietoa maanalaisista olosuhteista luonnonvarojen jalostamiseen liittyvien riskien vähentämiseksi sekä edullisempia ja luotettavampia etsintäteknikoita ja innovatiivisia tuotantoprosesseja, kuten tehostettuja geotermisiä järjestelmiä tai suljetun kierron geotermisiä järjestelmiä, jotta geotermistä energiaa voidaan hyödyntää nykyistä useammissa geologisissa ympäristöissä. **Alan kannalta olisi myös hyödyllistä yksinkertaistaa lupamenettelyjä, vähentää riskejä, lisätä yleistä tietoisuutta alasta ja kehittää työvoiman taitoja.**

3.8 Veden elektrolyysi uusiutuvan vedyn tuottamiseksi

Veden elektrolyysi on tällä hetkellä ainoa keskeinen teknologia, jolla pystytään tuottamaan uusiutuvaa vetyä laajamittaisesti. Sillä voidaan edistää hiilestä irtautumista sellaisilla teollisuudenaloilla, joilla päästöjen vähentäminen on vaikeaa, raskaassa sekä meri- ja lentoliikenteessä tai muiden käyttötarkoitusten, kuten (erityisesti kausiluonteisen) energian varastoinnin, yhteydessä.

EU asettaa tarkistetussa uusiutuvan energian direktiivissä erityisiä uusiutuvaa vetyä koskevia alatavoitteita muuta kuin biologista alkuperää olevien uusiutuvien polttoaineiden käytölle teollisuudessa (42 %) ja liikenteessä (1 % muuta kuin biologista alkuperää olevia uusiutuvia polttoaineita ja 5,5 % yhdistettynä kehittyneisiin biopolttoaineisiin). Nämä tavoitteet on määrää

¹⁹² Taylor, N., Ince, E., Mountraki, A., Georgakaki, A., Shtjefni, D., Tattini, J. ja Diaz Rincon, A., puhtaan energiateknologian seurantakeskus: *Deep Geothermal Energy in the European Union – 2023 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets*, Euroopan unionin julkaisu- ja tiedustelu, Luxemburg, 2023, JRC135206.

¹⁹³ Ks. edellinen alaviite.

¹⁹⁴ Ks. edellinen alaviite.

¹⁹⁵ Ks. edellinen alaviite.

saavuttaa vuoteen 2030 mennessä. Muuta kuin biologista alkuperää olevien uusiutuvien polttoaineiden määrittelyä koskevassa uudessa delegoidussa asetuksessa¹⁹⁶ määritellään vaatimukset, jotka koskevat muuta kuin biologista alkuperää olevien uusiutuvien polttoaineiden, myös uusiutuvan vedyn, tuottamista, kuten ajallinen ja maantieteellinen korrelaatio ja täydentävyys. Euroopan vetypankin¹⁹⁷ odotetaan käynnistävän pilottihuutokauppansa marraskuussa 2023. Huutokaupan tavoitteena on varmistaa tuottajien ja ostajien väliset pitkäaikaiset ostosopimukset, ja hankintaviranomainen tekee sopimuksia enintään 800 miljoonan euron arvosta.

Koko maailmassa käyttöön otetun elektrolyysikapasiteetin odotetaan saavuttavan noin 2 gigawattia vuoden 2023 loppuun mennessä¹⁹⁸, kun se vuoden 2022 lopussa oli noin 600–700 megawattia¹⁹⁹ ja vuoden 2021 lopussa noin 500 megawattia²⁰⁰. Suurin osa tästä kapasiteetista, arviolta 50–75 prosenttia, on alkalelektrolyysilaitteita²⁰¹, ja loppuosa muodostuu lähes kokonaan polymeerielektrolyysilaitteista (PEM)²⁰². Asennetun kapasiteetin osalta Kiinalla on johtoasema. Maassa odotetaan asennettavan noin 1 gigawatin verran kapasiteettia vuoden 2023 loppuun mennessä, ja maailman suurin 260 megawatin hanke otettiin käyttöön vuonna 2023. Vuonna 2022 Kiinassa oli 204 megawattia asennettua kapasiteettia. Kiinan jälkeen seuraavalla sijalla on Eurooppa (EU27, EFTA, Yhdistynyt kuningaskunta), jossa odotetaan olevan vuoden 2023 loppuun mennessä 500 megawattia kapasiteettia (neljännes maailmanlaajuisesta kapasiteetista). Elokuussa 2022 Euroopassa oli toiminnassa 162 megawattia kapasiteettia.²⁰³ Yhdysvalloista ei ole riittävän tarkkoja tietoja, mutta vuonna 2022 siellä arvioitiin olevan 19 megawattia asennettua kapasiteettia. Tämä kasvu perustuu pitkälti tukijärjestelmiin. Markkinatutkimuksissa kuitenkin korostetaan, että Yhdysvaltojen tukijärjestelmien vuoksi teknologia otetaan todennäköisesti nopeasti käyttöön markkinoilla. Käyttöönotto lisääntyy maailmanlaajuisesti, ja sen odotetaan saavuttavan gigawattitason vuoden 2023 loppuun mennessä osittain tällaisten tukijärjestelmien ansiosta.

Elektrolyysilaitteiden valmistuskapasiteetin arvioitiin vuoden 2022 lopussa olevan maailmanlaajuisesti noin 13–14 gigawattia vuodessa ja Euroopassa noin 3,3 gigawattia vuodessa.²⁰⁴

Teollisuusvetoisilla aloitteilla, kuten Euroopan puhtaan vedyn allianssilla²⁰⁵, joka toimii Euroopan komission politiikan puitteissa ja jolla edistetään teollisuuden johtoasemaa uusiutuvan ja vähähiilisen vedyn alalla, sekä elektrolyysikumppanuudella²⁰⁶, pyritään saavuttamaan 25 gigawatin vuotuinen elektrolyysilaitteiden valmistuskapasiteetti vuoteen 2025 mennessä. Kiinassa on suurin valmistuskapasiteetti, jonka osuus maailmanlaajuisista tuotantomääristä on vähintään puolet ja joka perustuu lähes yksinomaan alkalelektrolyysiin. Pohjois-Amerikan tuotantokapasiteetti on samaa tasoa kuin Euroopan tuotantokapasiteetti, ja se painottuu nykyisin enemmän PEM-elektrolyysiin. Kustannuskilpailukyvyn kannalta sähkön hinta on yksi tärkeimmistä tekijöistä, joka vaikuttaa veden elektrolyysillä tuotetun vedyn

¹⁹⁶ EUVL L 157, 20.6.2023.

¹⁹⁷ COM(2023) 156 final.

¹⁹⁸ IEA, *Global Hydrogen Review*, 2023. Tietokanta on tarkoitettu päivittämään lokakuussa 2023.

¹⁹⁹ Kansainvälinen energiajärjestö (IEA), *Global Hydrogen Review*, 2022.

²⁰⁰ Kansainvälinen energiajärjestö, 2022, ks. edellinen alaviite.

²⁰¹ Kansainvälinen energiajärjestö (IEA), *Global Hydrogen Review*, 2023. Vaihteluväli johtuu paljolti IEA:n ilmoittamista laitteista, joiden tyyppi ”ei ole tiedossa”.

²⁰² BloombergNEF, *1H 2023 Hydrogen Market Outlook*, maaliskuu 2022.

²⁰³ Hydrogen Europe, *Clean Hydrogen Monitor*, 2022.

²⁰⁴ Kansainvälinen energiajärjestö (IEA), *The State of Clean Technologies*, toukokuu 2023, ja *Clean Hydrogen Monitor*, 2022.

²⁰⁵ Lisätietoja: [Euroopan puhtaan vedyn allianssi](https://www.eurohydrogen.eu/) (europa.eu).

²⁰⁶ Hydrogen Europe, lehdistötiedote: [New Electrolyser Partnership](https://www.eurohydrogen.eu/press-releases/new-electrolyser-partnership/), 16. kesäkuuta 2022.

lopullisiin kustannuksiin, ja sen painoarvo kasvaa elektrolyysilaitteiden täyden kuorman käyttötuntimäärän kasvaessa. Yhdysvaltalaiset lähteet arvioivat, että jos sähkön hinta on noin 30 Yhdysvaltain dollaria megawattitunnilta (28,4 euroa megawattitunnilta), vedyn hinta olisi 2 Yhdysvaltain dollaria/kgH₂ eli noin 1,9 euroa/kgH₂.²⁰⁷

Euroopassa puhtaan vedyn yhteisyritys investoi 2,4 miljardia euroa koko vedyn arvoketjuun.²⁰⁸ Vetyalan Euroopan yhteistä etua koskevien tärkeiden hankkeiden (IPCEI) vauhdittamat investoinnit ovat antaneet useille valmistajille mahdollisuuden rakentaa uusia elektrolyysilaitetehtaita Eurooppaan, mikä lisää EU:n teknologista riippumattomuutta ja teollista osaamista sekä luo työpaikkoja.²⁰⁹ Esimerkkejä tästä ovat Accelera-Cummins (Belgia, Espanja), Topsoen (Tanska), John Cockerill (Belgia, Ranska) ja Hydrogen Pron (Saksa) tehtaot sekä ilmoitetut Siemensin, AirLiquidin ja Enapterin (Italia) väliset hankkeet, joilla on tarkoitus tuottaa ensimmäistä kertaa megawattiluokan anioninvaihtomembraanielektrolyysilaitteita.

Uusiutuvan vedyn tuotannossa on tiettyjä haasteita. Yksi ongelmista on energiatehokkuuden häviö, jonka vuoksi tuotanto on kytkettävä merkittävään uusiutuvan sähkön tuottamiseen. Lisäksi olisi otettava huomioon makean veden varojen saatavuus – joka saattaa pahentaa paikallista vesistressiä EU:ssa ja kolmansissa maissa – käynnistettäessä uusia veden elektrolyysihankkeita, jotta tästä toisesta ihmisille elintärkeästä resurssista ei synny pulaa.

Uusiutuvalla vedyllä ja sen johdannaisilla ei vielä käydä kauppaa maailmanlaajuisesti siitä huolimatta, että hankkeet, joilla tähdätään vedyn kuljettamiseen koko maailmassa alueilta, joilla on runsaasti uusiutuvia energialähteitä mutta joilla kysyntä on suhteellisen vähäistä, Euroopan ja Japanin kaltaisille alueille, joilla kysyntä on suurta, ovat lisääntyneet. Uusiutuvalla vedylle ei ole vielä olemassa omaa kaupassa käytettävää koodia. Komissiolle on ilmoitettu joistakin vapaaehtoisista sertifiointijärjestelmistä.

Myös turvallisuusvaatimusten laatiminen muun muassa myrkyllisten vedyn johdannaisten käsittelyä varten on tärkeä seikka. Täysimittaisen elektrolyysijärjestelmien valmistus tapahtuu mahdollisesti niiden käyttöönottopaikan läheisyydessä, koska niin suuria järjestelmiä on vaikea kuljettaa. Raaka-aineilla, jalostetuilla materiaaleilla ja komponenteilla voidaan kuitenkin käydä kauppaa maailmanlaajuisesti.²¹⁰

Käyttöönottohankkeet kärsivät viivästyksistä, jotka johtuvat markkinoiden kehittyvästä luonteesta, elektrolyysilaitteiden ennennäkemättömistä määristä, hankkeiden taloudellisesta ja teknisestä monimutkaisuudesta sekä siitä, että keskeiset teolliset toimijat lykkäävät investointeja nykyisen taloudellisen tilanteen vuoksi. **Hankkeita toteuttavien osapuolten olisi seurattava tiiviisti sellaisten laajamittaisen hankkeiden käyttöönottoa, joille myönnetään suurten riskien vuoksi EU:n tukea tai valtiontukea, jotta voidaan tunnistaa pullonkaulat ja poistaa ne oikeasuhteisilla politiikkatoimilla.** Tällaisten hankkeiden tuloksia olisi levitettävä tehokkaammin, jotta taataan myös arvokkaan tietämyksen ja parhaiden

²⁰⁷ Yhdysvaltojen energiaministeriö, [the U.S. National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap](#), kesäkuu 2023. Arviot perustuvat saatavilla oleviin tietoihin.

²⁰⁸ Vuosina 2021–27 tähän myönnetään 1,2 miljardia euroa rahoitusta (mukaan lukien REPowerEU-suunnitelman perusteella myönnettävät 200 miljoonan euron lisämäärärahat) EU:n talousarviosta ja vastaava määrä yksityisiltä sidosryhmiltä.

²⁰⁹ Euroopan puhtaan vedyn allianssi, [2nd European Electrolyser Summit State of play on the Joint Declaration](#), 22. kesäkuuta 2023.

²¹⁰ Carrara, S. ym., *Supply chain analysis and material demand forecast in strategic technologies and sectors in the EU – A foresight study*, Euroopan unionin julkaisutoimisto, Luxemburg, 2023, doi:10.2760/386650, JRC132889, Yhteisen tutkimuskeskuksen asiakirja, 132889.

teollisten käytäntöjen tehokas jakaminen, mikä nopeuttaa oppimista tällä edelleen kehittyvällä alalla. Tätä koskeva IPCEI-foorumi on tarkoitus käynnistää pian.

Samalla kun kehitetään Euroopan valmistuskapasiteettia, on luotava asianmukainen kierrätysinfrastruktuuri. Muun muassa elektrolyysilaitteiden valmistuksessa tarvittavien kriittisten raaka-aineiden kierrätystä on tutkittava, ja siihen on investoitava nykyistä enemmän. **Uutena haasteena on kehittää kalvoja korvaavia materiaaleja,** jotka ovat kestävyydeltään ja suorituskyvyltään nykytasoa vastaavia ja perustuvat yleensä per- ja polyfluorattuihin alkyyliaineisiin. Tyydyttävien korvaavien ratkaisujen löytämiseksi tarvitaankin tutkimusta.

3.9 Kestävät biokaasu- ja biometaaniteknologiat

Kestävä biokaasu ja biometaani ovat tärkeitä edistäviä tekijöitä EU:n energiaomavaraisuuden ja ilmastonutraaliuden saavuttamiseksi nopeasti ja kustannustehokkaasti. Komissio ehdotti REPowerEU-suunnitelman puitteissa biometaanin koskevaa toimintasuunnitelmaa²¹¹, jota tuetaan biometaanialan teollisuuskumppanuudella ja jonka tavoitteena on korvata noin 10 prosenttia maakaasusta biometaanin kestävällä tuotannolla vuoteen 2030 mennessä. Uusiutuvien kaasujen, maakaasun ja vedyn sisämarkkinoita koskevalla asetuksella²¹² helpotetaan toimia biometaanin integroimiseksi EU:n kaasuverkkoon.

Biokaasua tai biometaanin tuottava kaupallinen teknologia on anaerobinen mädätys, mutta sen hyötysuhde biometaanin tuottamiseksi on alhainen. Innovatiiviset teknologiat biometaanin tuottamiseksi, kuten jäännös- ja jätebiomassan kaasuttaminen sekä biokaasun biologinen metanaatio, lähestyvät markkinavalmiutta. Myös termokemiallisiin ja biologisiin prosesseihin perustuvia uusia etenemisreittejä kehitetään parhaillaan. Nykyinen suuntaus biometaanin tuotannon lisäämiseksi on rakentaa uusia laitoksia ja muuntaa olemassa olevat lämpöä ja sähköä tuottavat biokaasulaitokset biometaanin tuotantolaitoksiksi.

EU:n julkinen tutkimus- ja innovointirahoitus biometaanin tuotantoteknologioille vuosina 2014–2021 oli yhteensä 77 miljoonaa euroa²¹³, ja sen ansiosta **EU:lla on maailmanlaajuinen johtoasema arvokkaiden keksintöjen osalta.** EU:ssa julkaistiin vuosina 2010–2022 selvästi eniten tieteellisiä julkaisuja, ja Kiina oli tässä suhteessa kolmannella sijalla vuonna 2022.

EU oli vuonna 2022 suurin biokaasun tuottaja²¹⁴, ja sen osuus maailmanlaajuisesta biokaasun tuotannosta oli yli 67 prosenttia. Koko maailman biokaasutuotannosta 53 prosenttia tuotettiin Saksassa, ja seuraavalla sijalla oli Pohjois-Amerikka, jonka osuus oli noin 15 prosenttia. Kiina taas tarjoaa biokaasun tuotannolle kannustimia lisätäkseen sitä.²¹⁵ Monet eurooppalaiset yritykset ovat merkittäviä markkinatoimijoita biokaasulaitosten laitteistojen valmistuksessa sekä laitosten kokonaissuunnittelussa ja rakentamisessa. EU:n biokaasualan

²¹¹ SWD(2022) 230 final.

²¹² COM(2021) 804 final.

²¹³ Horisontti 2020 -puiteohjelman rahoitus energia-alan yhteiskunnallisiin haasteisiin ja Horisontti Eurooppa -puiteohjelman klusteri 5 ”Energia”. [https://cordis.europa.eu/projects/en_\(europa.eu\)](https://cordis.europa.eu/projects/en_(europa.eu)). Perustuu Horisontti 2020 -puiteohjelman rahoitusta energia-alan yhteiskunnallisiin haasteisiin ja Horisontti Eurooppa -puiteohjelman klusteria 5 ”Energia” koskeviin Cordis-palvelun tietoihin. [Projects & results | CORDIS | Euroopan komissio \(europa.eu\)](https://cordis.europa.eu/projects/en_(europa.eu)).

²¹⁴ European Biogas Association, *Statistical Report*, 2022.

²¹⁵ Motola, V., Scarlat, N., Hurtig, O., Buffi, M., Georgakaki, A., Letout, S., Mountraki, A., Salvucci, R. ja Schmitz, A., puhtaan energiateknologian seurantakeskus: *Bioenergy in the European Union – 2023 Status Report on Technology Development Trends, Value Chains and Markets*, Euroopan unionin julkaisutoimisto, Luxemburg, 2023, JRC135079.

liikevaihto vuonna 2021 oli 5 530 miljoonaa euroa, josta 60 prosenttia tuotettiin Saksassa ja 12 prosenttia Italiassa, ja alalla oli 47 100 suoraa ja välillistä työpaikkaa.²¹⁶

Biokaasun raaka-aineet vaihtelevat ja ne hankitaan paikallisesti Euroopasta, joten tuontiriippuvuuden riskiä ei ole.²¹⁷ Viimeaikaisilla politiikkatoimilla raaka-aineiden hankinnassa on siirrytty kestävämmistä yhden viljelykasvin järjestelmistä (esimerkiksi maissista) biojätteisiin ja kestäviin biomassan lähteisiin. Esimerkiksi orgaaninen kiinteä yhdyskuntajäte on vuoteen 2024 mennessä kerättävä erikseen²¹⁸, mikä vapauttaa valtavan raaka-ainepotentiaalin. **EU:lla on johtoasema alan teknologisessa kehityksessä, mutta sillä on tämän teknologian käytön laajentamiseen liittyviä haasteita, jotka johtuvat korkeista pääoma- ja toimintakustannuksista, biokaasun kustannuskilpailukyvästä maakaasuun nähden sekä kaasuverkkoon pääsystä.** Biometaanin tuotantokustannukset²¹⁹ ovat nykyisin 40–120 euroa megawattituntia kohti. Teknologiset innovaatiot, laatuun ensimmäisten innovatiivisten biometaaniteknologioiden monistaminen ja vakaan sääntely- ja investointikehyksen avulla annettavalla EU:n tuella luotavat markkinakannustimet voisivat kuitenkin auttaa alentamaan tuotantokustannuksia 25–50 prosenttia. Tämä voisi parantaa EU:n kilpailukykyä tällä alalla. Siirtyminen jäämä- ja jäteraaka-aineisiin rajoittaa raaka-aineen saatavuutta mutta pienentää tuotantokustannuksia. Nykyiset laitokset ovat raaka-aineiden saatavuuden, logistiikan ja kustannusten vuoksi pieniä tai keskisuuria. Biometaanin jalostaminen nykyisissä biokaasulaitoksissa edellyttää pieniltä toimijoilta (viljelijöiltä tai pk-yrityksiltä) suuria, 1–2 miljoonan euron investointikustannuksia²²⁰, ja sen vuoksi tarvitaan liiketoiminnan kannustimia. Biometaanin syöttäminen kaasuverkkoon ei ole aina mahdollista, koska laitoksia rakennetaan sinne, missä raaka-aineita on saatavilla, eikä kaasuverkko ole kaikilla EU:n alueilla kehittynyt, minkä vuoksi kaasuverkkoon pääsyä on tuettava. Tällä hetkellä noin puolet kaikista biometaanin tuotantolaitoksista on liitetty maakaasuverkkoon.²²¹

Anaerobisesta mädätyksestä saatavan biokaasun ja biometaanin tuotannon määrä EU:ssa oli vuonna 2021 yhteensä 18,4 miljardia kuutiometriä eli 4,4 prosenttia kulutetusta maakaasusta.²²² Tästä määrästä 3,5 miljardia kuutiometriä biometaanina tuotettiin jalostetusta biokaasusta 1 067 teollisuuslaitoksessa ja 14,9 miljardia kuutiometriä biokaasua tuotettiin 18 843 teollisessa anaerobisessa mädätyslaitoksessa.²²³ EU on maailman suurin biometaanin tuottaja. Vuoden 2020 lopussa maailmassa toimi 1 161 biokaasun jalostuslaitosta, joiden tuotantokapasiteetti on 6,7 miljardia kuutiometriä vuodessa.²²⁴ REPowerEU-suunnitelmassa esitetyn 35 miljardin kuutiometrin saavuttaminen vuonna 2030 edellyttäisi sekä uusien laitosten rakentamista että sähköä tuottavien biokaasulaitosten muuntamista tuottamaan

²¹⁶ Perustuu EurObserv'ER-tietokantaan, [Employment & Turnover](#), huhtikuu 2023.

²¹⁷ Eurostatin tietojen perusteella. Bioenergy Europe, *Statistical report 2022, Bioenergy Landscape*. Vain 4 prosenttia bioenergian tuotantoa varten tarvittavasta kiinteästä biomassasta tuodaan EU:hun.

²¹⁸ EUVL L 150, 14.6.2018.

²¹⁹ Euroopan komissio, liikenteen ja liikkumisen pääosasto, Maniatis, K., Landälv, I., Heuvel, E. ym., *Building up the future, cost of biofuel*, 2018, <https://data.europa.eu/doi/10.2832/163774>

²²⁰ Perustuu Kansainvälisen energiajärjestön (IEA) tietoihin. European Energy Innovation, [A new policy context for assessing biogas and biomethane \(europeanenergyinnovation.eu\)](#), syyskuu 2022.

²²¹ European Biogas Association, [Biomethane Map](#), 2021.

²²² Motola, V., Scarlat, N., Hurtig, O., Buffi, M., Georgakaki, A., Letout, S., Mountraki, A., Salvucci, R. ja Schmitz, A., puhtaan energiateknologian seurantakeskus: *Bioenergy in the European Union – 2023 Status Report on Technology Development Trends, Value Chains and Markets*, Euroopan unionin julkaisutoimisto, Luxemburg, 2023, JRC135079.

²²³ European Biogas Association, *Statistical Report*, 2022.

²²⁴ Motola, V., Scarlat, N., Hurtig, O., Buffi, M., Georgakaki, A., Letout, S., Mountraki, A., Salvucci, R. ja Schmitz, A., puhtaan energiateknologian seurantakeskus: *Bioenergy in the European Union – 2023 Status Report on Technology Development Trends, Value Chains and Markets*, Euroopan unionin julkaisutoimisto, Luxemburg, 2023, JRC135079.

biometaania tai noin 5 000 uuden pienemmän biometaanilaitoksen rakentamista.²²⁵ Tuotanto voisi vuoteen 2050 mennessä nousta 165 miljardiin kuutiometriin.²²⁶ Nesteytetyn biometaanin tuotanto liikenteen tarpeisiin kasvaa nopeasti EU:ssa. Vuonna 2021 rakennettiin 15 uutta laitosta ja vuosittainen kapasiteetti lisääntyi 1,24 terawattituntia (0,12 miljardia kuutiometriä vuodessa). Vuoteen 2025 mennessä kapasiteetti voisi mahdollisesti nousta 12,4 terawattituntiin vuodessa ja se tuotettaisiin 104 laitoksessa.²²⁷

Kestävän biometaanin tuotannon ja biokaasun jalostuksen teknologioiden ja komponenttien innovointi voi lisätä tuotantokapasiteettia, kustannuskilpailukykyä ja kaasuverkkoon pääsyä. Häiriönsietokykyisten biometaanin arvoketjujen aikaansaaminen edellyttää hajautetun ja keskitetyn tuotannon käyttöönottoa koskevan EU:n strategian mukauttamista paikallisiin olosuhteisiin, jotka liittyvät raaka-aineiden saatavuuteen, resursseihin, teknologiaan, kustannuksiin ja sosiaaliseen hyväksyntään. **Strateginen suunnittelu, EU:n toimintapolitiikoissa esitettyjen toimenpiteiden** (kuten erilliskeräyksen ja orgaanisen jätteen käsittelyn infrastruktuurien) **käyttöönotto ja mahdollisista sitovista biometaanin tuotantotavoitteista johtuvat hintasignaalit voivat helpottaa käyttöönottoa.** Jatkuva tuki tutkimukselle ja innovoinnille on tärkeää myös EU:n oman tarjonnan turvaamiseksi ja oman tuotannon lisäämiseksi pidemmällä aikavälillä.

3.10 Hiilidioksidin talteenotto ja varastointi (CCS)

Ilmastoneutraaliuden saavuttamista vuoteen 2050 mennessä koskevat komission skenaariot osoittavat, että EU:ssa on otettava talteen jopa 477 miljoonaa tonnia hiilidioksidia.²²⁸ Sementintuotanto, kiinteä biomassa ja jätteenpolttolaitokset tarjoavat suurimmat kapasiteetit hiilidioksidin talteen ottamiseksi.

Komissio tukee jo nykyisin hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin käyttöönottoa ja sääntelee sitä mahdollistavalla lainsäädäntökehyksellä, muun muassa CCS-direktiivillä²²⁹ ja päästökauppadirektiivillä²³⁰. Komissio tarjoaa myös suoraa rahoitusta hankkeille pääasiassa innovaatorahastosta ja Verkkojen Eurooppa -välineestä. Komission ehdotuksessa nettonollateollisuutta koskevaksi säädökseksi määritellään EU:n tavoite, jonka mukaan hiilidioksidin injektointikapasiteetin olisi oltava vähintään 50 miljoonaa tonnia vuodessa vuoteen 2030 mennessä. Ehdotuksen mukaan EU:n öljyn- ja kaasuntuottajat veloitettaisiin edistämään tämän tavoitteen saavuttamista. Tukeakseen kehittyvää hiilidioksidin arvoketjua kattavalla pitkän aikavälin poliittisella kehyksellä komissio julkaisi vuonna 2021 tiedonannon kestävästä hiilen kierrosta²³¹ ja vuonna 2022 ehdotuksen asetukseksi hiilenpoistoja koskevan unionin sertifiointikehyksen perustamisesta²³². Komissio julkaisee lisäksi vuoden 2024 ensimmäisellä neljänneksellä tiedonannon käynnistettävästä teollista hiilen hallintaa

²²⁵ European Biogas Association, *Breaking Free of the Energy Dependency Trap – Delivering 35 bcm of biomethane by 2030*, 2022.

²²⁶ European Biogas Association, *Statistical Report*, 2022.

²²⁷ European Biogas Association, *Statistical Report*, 2022.

²²⁸ Itul, A., Diaz Rincon, A., Eulaerts, O.D., Georgakaki, A., Grabowska, M., Kapetaki, Z., Ince, E., Letout, S., Kuokkanen, A., Mountraki, A., Shtjefni, D. ja Jaxa-Rozen, M., puhtaan energiateknologian seurantakeskus: *Carbon capture storage and utilisation in the European Union – 2023 Status Report on Technology Development Trends, Value Chains and Markets*, Euroopan unionin julkaisutoimisto, Luxemburg, 2023, JRC134999.

²²⁹ EUVL L 140, 5.6.2009.

²³⁰ EUVL L 275, 25.10.2003.

²³¹ COM(2021) 800 final.

²³² COM(2022) 672 final.

koskevasta strategiasta, joka kattaa hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin, hiilidioksidin talteenoton ja hyötykäytön (CCU) sekä teolliset hiilenpoistoratkaisut.

Vuonna 2023 toimitetut CCS-direktiivin täytäntöönpanokertomukset²³³ osoittavat, että markkinatoimijat kaikkialla EU:ssa ovat yhä kiinnostuneempia hiilidioksidin talteenotosta ja varastoinnista. Tällä hetkellä direktiiviä ei kuitenkaan sovelleta yhdenmukaisesti kaikissa EU:n jäsenvaltioissa eikä hiilidioksidin siirto- ja varastointi-infrastruktuuria koskevia yhdenmukaistettuja säännöksiä ole olemassa. Yksi teollista hiilen hallintaa koskevan strategian tavoitteista on korjata tämä puute. EU:n asema hiilidioksidin talteenottoteknologioissa on suhteellisen hyvä, ja monet yritykset toimittavat kaupallisesti erilaisia talteenottoteknologioita (esi- ja jälkipoltto sekä happipoltto). Niitä ei kuitenkaan ole toistaiseksi otettu käyttöön laajamittaisesti. Hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin kustannukset vaihtelevat huomattavasti toimipaikkakohtaisten tekijöiden, teknologian kehityksen, rahoituksen saatavuuden ja yhteisen infrastruktuurin avulla saavutettavien mittakaavaetujen sekä myös toimialan ja teknologian mukaan. Kaiken kaikkiaan **teknologian kustannukset ovat edelleen huomattavat**. Ohjeelliset yksikkökustannukset hiilidioksidionnia kohti ovat talteenoton osalta 28–55 euroa, kuljetuksen osalta 4–11 euroa ja varastoinnin osalta 8–30 euroa.²³⁴

Tutkimuksen näkökulmasta EU:n asema maailmanmarkkinoilla on hyvä. Julkiset tutkimus- ja innovointi-investoinnit hiilidioksidin talteenottoa ja varastointia sekä hiilidioksidin talteenottoa ja hyötykäyttöä koskeviin hankkeisiin olivat vuonna 2021 noin 170 miljoonaa euroa, ja niiden määrä kasvoi jälleen kerran edelliseen vuoteen verrattuna.

Täysimittaisten teollisen hiilen hallinnan arvoketjujen kehittämisessä EU on jäljessä muista talouksista, kuten Yhdysvalloista ja Kanadasta.²³⁵ Global CCS Institutin mukaan syyskuussa 2022 koko maailmassa oli 196 hiilidioksidin talteenotto- ja varastointilaitosta, joista 73 sijaitsi Euroopassa.²³⁶ Heinäkuun 2023 lopussa EU:ssa ei vielä ollut käynnissä olevia hiilidioksidin varastointihankkeita, ja liiketoimintamallit ovat edelleen lapsenkengissään. Useissa hankkeissa hiilidioksidia otetaan talteen ja käytetään teollisuudessa ja maataloudessa, mutta hiilidioksidin määrä on vähäinen.

Hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin sekä hiilidioksidin talteenoton ja hyötykäytön arvoketjuissa tarvittavien materiaalien kysyntä ja toimitukset ovat aihe, jota on tutkittava tarkemmin. Kaiken kaikkiaan hiilidioksidin talteenotto ja varastointi on kuitenkin muita teknologioita vähemmän altis kriittisiin raaka-aineisiin liittyville riskeille. Vuonna 2022 maailmanlaajuisen hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin markkinoiden arvo oli 6,4 miljardia Yhdysvaltain dollaria (6 miljardia euroa).²³⁷ Tässä arvoketjussa Yhdysvaltojen

²³³ Jäsenvaltiot raportoivat komissiolle neljän vuoden välein CCS-direktiivin 2009/31/EY täytäntöönpanosta. Komissio on tähän mennessä julkaissut kolme tällaista kertomusta, ja neljäs täytäntöönpanokertomus on tarkoitus julkaista vuoden 2023 lopussa.

²³⁴ EnTEC (Trinomics, TNO ja Fraunhofer-instituutti ISI), Bolscher, H. ym., *EU regulation for the development of the market for CO2 transport and storage*, Euroopan unioni, 2023. https://energy.ec.europa.eu/publications/eu-regulation-development-market-co2-transport-and-storage_en

²³⁵ Itul, A., Diaz Rincon, A., Eulaerts, O.D., Georgakaki, A., Grabowska, M., Kapetaki, Z., Ince, E., Letout, S., Kuokkanen, A., Mountraki, A., Shtjefni, D. ja Jaxa-Rozen, M., puhtaan energiateknologian seurantakeskus: *Carbon capture storage and utilisation in the European Union – 2023 Status Report on Technology Development Trends, Value Chains and Markets*, Euroopan unionin julkaisu- ja tiedustelu, Luxemburg, 2023, JRC134999.

²³⁶ Global CCS Institute, *Global Status of Carbon Capture and Storage, 2022*, 2022.

²³⁷ Vuoden 2022 keskimääräisen vaihtokurssin mukaan (0,9497 euroa = 1 Yhdysvaltojen dollari). Ks. https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/eurofxref-graph-usd.en.html

tulot olivat suurimmat, 1 945 miljardia euroa vuonna 2021, mikä johtui suurelta osin hiilidioksidin injektoinnista maan alla hiilivetyjen talteenoton tehostamiseksi. Vertailun vuoksi voidaan todeta, että Euroopan yhteenlasketut tulot olivat 92 miljoonaa euroa.²³⁸

Markkinatutkimuksessa todettiin koko maailmassa olevan 186 keskeistä yritystä, jotka harjoittavat hiilidioksidin talteenottoa ja varastointia.²³⁹ Näistä tärkeimmistä toimijoista 24 prosenttia on eurooppalaisia tai toimii tällä alalla eurooppalaisten tytäryhtiöiden kautta. **EU:ssa on useita öljy- ja kaasualan toimijoita, joilla on pitkät perinteet putkistojen rakentamisessa ja kaivojen poraamisessa sekä huomattavaa geologista osaamista, mistä on hyötyä toteutettaessa hiilidioksidin talteenottoa ja varastointia palvelevia infrastruktuurihankkeita.** CCS-direktiivin täytäntöönpanokertomuksista kerätyt tiedot osoittavat, että mahdolliset infrastruktuurin tarjoajat osoittavat yhä suurempaa kiinnostusta erityisesti varastointia kohtaan: yhteensä on myönnetty seitsemän etsintälupaa ja kaksi varastointilupaa, ja vuoteen 2028 mennessä on ilmoitettu jätettävän yli kymmenen varastointia koskevaa lupahakemusta. Öljy- ja kaasuyhtiöiden rinnalle on nousemassa uusia toimijoita, jotka ovat erikoistuneet hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin arvoketjun eri osiin. Esimerkiksi varustamot laajentavat toimintaansa hiilidioksidin kuljetuksiin, ja tekniikan alalla toimivat toimittajat kehittävät talteenottoratkaisuja kolmansille päästöjen aiheuttajille.

Hiilidioksidin talteenotto ja varastointi koostuu useista kehittyneistä, toimiviksi osoitetuista ja helposti saatavilla olevista teknologioista. Se on kuitenkin edelleen hyvin kallista, ja siihen liittyy yhä monia epävarmuustekijöitä. Ilmastoneutraaliuden saavuttaminen vuoteen 2050 mennessä edellyttää laajamittaista hiilidioksidin talteenottoa ja varastointia. Käytettävissä olevien teknologioiden parantamiseksi tai uusien innovatiivisten ratkaisujen kehittämiseksi tarvitaan edelleen jatkuvaa tutkimusta ja innovointia. **Merkittävimpiä hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin käyttöönottoa haitanneita esteitä ovat korkeat alkuinvestointi- ja toimintakustannukset, hajanainen sääntelykehys, koko ketjun kattavien infrastruktuurihankkeiden monimutkaisuus sekä tätä teknologiaa koskevan yleisen tietoisuuden puute.** Komissio tukee vuodesta 2026 lähtien innovaatorahaston avulla yli 10 miljoonan hiilidioksiditonin talteenottoa vuosittain, ja valituille hankkeille myönnetty rahoitustuki on yhteensä yli 2,5 miljardia euroa. Tämä osoittaa, että **yksityisen pääoman houkuttelemiseksi tarvitaan julkista rahoitusta sekä EU:n että kansallisella tasolla. Lisäksi on olennaisen tärkeää ehdottaa liiketoimintamalleja näille kehittyville markkinoille.**

²³⁸ Itul, A., Diaz Rincon, A., Eulaerts, O.D., Georgakaki, A., Grabowska, M., Kapetaki, Z., Ince, E., Letout, S., Kuokkanen, A., Mountraki, A., Shtjefni, D. ja Jaxa-Rozen, M., puhtaan energiateknologian seurantakeskus: *Carbon capture storage and utilisation in the European Union – 2023 Status Report on Technology Development Trends, Value Chains and Markets*, Euroopan unionin julkaisutoimisto, Luxemburg, 2023, JRC134999.

²³⁹ Hiilidioksidin talteenoton, hyödyntämisen ja varastoinnin toimitusketjuun osallistuvien yritysten määrästä Euroopassa on saatavilla vain vähän tietoja. Suurin osa yrityksistä ei myöskään ole ilmoittanut niiden hankkeiden arvoa, joihin ne osallistuvat. Lisäksi yritykset osallistuvat useisiin arvoketjun vaiheisiin, joten markkinaosuuden määrittäminen on tässä tapauksessa haastavaa. Sen mukaan, millaiset rajat arvoketjulle on asetettu, muiden tutkimusten mukaan on olemassa noin 17 000 yritystä, jotka osallistuvat hiilidioksidin talteenoton, hyödyntämisen ja varastoinnin toimitusketjun kaikkiin osaluksiin, kuten teknologian tarjoamiseen, palveluihin ja oikeudellisiin näkökohtiin. Euroopan komissio, Kapetaki, Z. ym., *Carbon Capture Utilisation and Storage in the European Union. 2022 Status Report on Technology Development Trends, Value Chains and Markets*, 2022.

<https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC13066>

3.11 Sähköverkkoteknologiat: suurjännitteisten tasasähköjärjestelmien esimerkki

Energiainfrastruktuurin kehittäminen on ratkaisevan tärkeää, jotta voidaan integroida uusiutuvan sähkön tuotanto sähköverkkoon, parantaa toimitusvarmuutta rajat ylittävillä yhdysjohtoilla, parantaa kohtuuhintaisen energian saatavuutta sekä sähköistää teollisuutta, erilaisia käyttötarkoituksia, kuten lämmitystä ja jäähdytystä, ja liikkumista. Avomerellä tuotettavaa uusiutuvaa energiaa koskevassa EU:n strategiassa ja TEN-E-asetuksessa²⁴⁰ kehoitetaan toteuttamaan toimia, joilla koordinoidaan merellä ja maalla sijaitsevien sähköverkkojen pitkän aikavälin suunnittelua ja kehittämistä, jotta voidaan vastata teknisen tehokkuuden, taloudellisen elinkelpoisuuden ja ympäristökestävyyden monitahoisiin vaatimuksiin.

Erityinen haaste siirtoverkon kehittämisessä on tarve siirtää sähköä pitkiä matkoja mahdollisimman vähäisin häviöin esimerkiksi kaukana sijaitsevien uusiutuvan energian tuotantokeskusten (kuten merituulipuistojen) yhdistämiseksi kuluttajiin (kuten kaupunkeihin ja teollisuuteen), naapurimaiden välisten yhdysjohtojen kehittämiseksi tai molempiin tarkoituksiin (esimerkiksi hybridiyhteenliitännöiden kautta). Suurjännitteistä tasasähköjärjestelmistä (HVDC-järjestelmistä) on tulossa tämän haasteen ratkaisemisen mahdollistava teknologia.²⁴¹

HVDC-järjestelmät (jotka koostuvat nykyisin pääasiassa suuntaaja-asemista ja pisteestä pisteeseen -kaapeleista) ovat osoittautuneet toimiviksi teollisessa mittakaavassa todellisissa käyttöympäristöissä. On kuitenkin yhä enemmän tarvetta siirtyä toimittajakohtaisesta teknologian suunnittelusta ja toimintaperiaatteesta moniterminaaliseen usean toimittajan teknologiaan, jolla on valmiudet verkon muodostukseen.²⁴² Tämän on tarkoitus antaa paremmat mahdollisuudet tarkkailla ja valvoa verkkoa sekä mahdollistaa datan saatavuus ja uudet energiapalvelut. Tällaisen siirtymän aikaansaaminen edellyttää useiden toimittajien yhteistyökehityksiä, kuten EU:n rahoittamaa InterOpera-hanketta, jossa pyritään kehittämään modulaarinen, yhteentoimiva HVDC-järjestelmien valvonta- ja suojausjärjestelmä.²⁴³ Myös HVDC-kaapeliteknologia kehittyi edelleen, sillä 525 kV:n jännitetasot ovat nyt saatavilla maajaerialuesovelluksiin ja tulevaisuudessa saataneen käyttöön korkeampia jännitetasoja.

Maailmanlaajuinen HVDC-järjestelmien asennettu kapasiteetti on kolminkertaistunut vuodesta 2010. Järjestelmien pituus vuoden 2021 lopussa oli 100 000 kilometriä ja kokonaiskapasiteetti 350 gigawattia.²⁴⁴ Vuonna 2022 HVDC-järjestelmien kapasiteetti oli Euroopassa noin 43 gigawattia, minkä lisäksi 51 uudella hankkeella (jotka ovat pääasiassa suunnittelu- ja lupavaiheessa) on tarkoitus rakentaa vielä 63 gigawattia kapasiteettia.²⁴⁵ Europacablen arvion mukaan kymmenen seuraavan vuoden aikana Euroopassa lasketaan noin

²⁴⁰ EUVL L 152, 3.6.2022.

²⁴¹ Vaihtovirtajärjestelmiin verrattuna suuremman kapasiteettinsa ja pitkällä siirtoetäisyyksillä tapahtuvien pienempien häviöiden ansiosta ne voivat vahvistaa energiajärjestelmän yhteenliitettävyyttä yhdistämällä kaukana toisistaan sijaitsevat ja eri taajuuksia käyttävät sähköverkot tai helpottamalla suurten merituulivoimaloiden yhteenliittämistä.

²⁴² WindEurope Intelligence Platform, Workstream for the development of multi-vendor HVDC systems (ENTSO-E, T&D Europe, WindEurope), 21. kesäkuuta 2021.

²⁴³ Usean toimittajan HVDC-verkkojen yhteentoimivuuden mahdollistamista koskevaan hankkeeseen (InterOpera) osallistuu eurooppalaisia siirtoverkonhaltijoita, valmistajia, toimialajärjestöjä ja yliopistoja. Sen tarkoituksena on määritellä HVDC-järjestelmien yhteensopivuutta ja yhteentoimivuutta koskevat standardit. Lisätietoja: <https://interopera.eu>

²⁴⁴ Kansainvälinen energiajärjestö (IEA), *Energy Technology Perspectives*, 2023.

²⁴⁵ Power Technology Research (maaliskuu 2023), *IoT innovation: Leading companies in HVDC transmission systems for the power industry*. Noudettu Power Technologyn sivustolta: <https://www.power-technology.com/data-insights/innovators-hvdc-transmission-systems-power/>

10 000 – 14 000 kilometriä uusia HVDC-maakaapeleita²⁴⁶, mikä on huomattavasti enemmän kuin uusia vaihtovirtakaapeleita. Uusien merenalaisten HVDC-kaapelien pituus saattaa olla vielä suurempi (39 000 – 58 000 km).

Energiasiirtymän odotetaan edistävän HVDC-järjestelmien käyttöönottoa ja markkinoita edelleen Euroopassa ja koko maailmassa. Maailmanlaajuisen HVDC-markkinoiden arvon arvioitiin vuonna 2021 olevan 9–17 miljardia Yhdysvaltain dollaria (7,6–14 miljardia euroa²⁴⁷) ja niiden kasvupotentiaalin 7,1–10,6 prosenttia vuodessa seuraavien kymmenen vuoden aikana.²⁴⁸

HVDC-suuntaaja-asemien maailmanlaajuisia markkinoita hallitsee kuusi suurta toimittajaa: sveitsiläis-ruotsalainen Hitachi Energy (aiemmin ABB), joka on markkinajohtaja, sekä Siemens (Saksa) ja General Electric (Yhdysvallat), Mitsubishi Electric (Japani), NR Electric & C-EPRI Electric Power Engineering (Kiina) ja Bharat Heavy Electricals Limited (Intia). Hitachi Energyä lukuun ottamatta useimmat suuntaaja-asemien valmistajat hankkivat suurtehopuolijohteita (suuntaajien venttiilien keskeinen osa) ulkoisilta toimittajilta. Tämä on tällä hetkellä merkittävä riskitekijä, koska suurtehopuolijohteiden tuotanto on keskittynyt Taiwan Semiconductor Manufacturing Company -yhtiöön (TSMC).²⁴⁹ HVDC-kaapeleiden osalta EU:ssa toimii maailman johtavia valmistajia, kuten NKT Tanskassa, Nexans Ranskassa, Südkabel Saksassa, Prysmian Group Italiassa, Hellenic Cables Kreikassa sekä Telefonika/JDR Puolassa ja Yhdistyneessä kuningaskunnassa. Tärkeimpiä kansainvälisiä kilpailijoita ovat japanilainen Sumitomo, kiinalaiset NBO ja ZTT sekä eteläkorealainen LS Cable.

IEA:n mukaan²⁵⁰ suuntaaja-asemien hankintojen toteutusajat ovat tyypillisesti noin 2–3 vuotta. HVDC-sähkönsiirtohankeiden täydellinen toteutus (mukaan lukien suunnittelu, lupamenettely, hankinnat ja kuljetukset, asennus, lopullinen käyttöönotto ja verkkoon kytkeminen) vaatii kuitenkin huomattavasti enemmän aikaa ja voi kestää jopa kymmenen vuotta.²⁵¹ Maailmanlaajuisen kysynnän voimakas kasvu voi pidentää näitä toteutusaikojakin entisestään, sillä kehittäjät kaikkialla maailmassa kilpailevat keskenään varmistukseen toimitukset rajoitetulta määrältä myyjiä. Hankkeen koko ja sujuvat lupamenettelyt ovat tärkeitä tekijöitä rahoitussopimusten tekemiseksi (ja niistä voi tulla vaikeasti ratkaistava haaste suhteellisen pienille eurooppalaisille siirtoverkonhaltijoille).

Sähköverkon parantaminen on puhtaaseen energiaan siirtymisen kannalta merkittävä mahdollistava tekijä. Eurooppa on ollut houkutteleva markkina-alue HVDC-hankkeiden kehittäjille ja teknologian tarjoajille pääasiassa siksi, että sillä on ensimmäisen toimijan asema merituulivoiman käyttöönotossa ja uusiutuvan energian tuotannon integroinnissa. HVDC-suuntaajien ja -kaapeleiden maailmanlaajuisen kysynnän kasvaessa **on kuitenkin olemassa**

²⁴⁶ Varovainen arvio, joka perustuu ENTSO-E:n vuonna 2022 julkaistussa verkkojen kehittämisen kymmenvuotissuunnitelmassa ja EU:n jäsenvaltioiden kansallisissa kehittämissuunnitelmissa esitettyyn analyysiin (mutta jossa ei oteta huomioon EU:n jäsenvaltioiden viimeisimpiä merituulivoiman tuotantoa koskevia sitoumuksia).

²⁴⁷ Vuoden 2021 keskimääräisen vaihtokurssin mukaan (0,8455 euroa = 1 Yhdysvaltojen dollari). Ks. https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/eurofxref-graph-usd.en.html

²⁴⁸ Power Technology Research.

²⁴⁹ Yhdysvaltojen energiaministeriö, *Semiconductors – Supply Chain Deep Dive Assessment*, 2022.

²⁵⁰ Kansainvälinen energiajärjestö (IEA), *Energy Technology Perspectives*, 2023.

²⁵¹ Europacable, *Electricity transmission of tomorrow*, 2021. Arvioiden mukaan keskimääräinen sähkönsiirtohanke kestää 15 vuotta suunnittelusta valmistumiseen.

yhä suurempi riski siitä, että Euroopan markkinoille ei toimiteta riittävästi näitä tuotteita, ja tämä saattaa aiheuttaa viime kädessä viivästyksiä hiilestä irtautumisen aikataulussa. **EU:n markkinoiden pirstoutuneisuus** (markkinoilla on erilaisia kansallisia standardeja ja monia alueellisia siirtoverkonhaltijoita) **saattaa aiheuttaa sen, että eurooppalainen kysyntä häviää kansainvälisessä kilpailussa sopimuksista**. Jotkin eurooppalaiset siirtoverkonhaltijat väittävät jo nyt, että niillä on vaikeuksia tehdä sopimuksia suotuisin ehdoin ja aikatauluin. Teknologian ja laitteiden valmistajat saattavat sitä vastoin epäröidä lisätä kapasiteettiaan tämän edellyttämien huomattavien investointien vuoksi, jos pitkän aikavälin (kokonais)kysynnästä ei anneta selkeitä signaaleja. **Päätöksentekijöiden, verkkojen suunnittelijoiden ja siirtoverkonhaltijoiden sekä alan teollisuuden on tehtävä tiiviimpää yhteistyötä kaikilla EU:n tasoilla, jotta voidaan rakentaa vankkoja toimitusketjuja, jotka pystyvät vastaamaan verkon kehitystarpeisiin**. Tätä varten on tärkeää tukea ja nopeuttaa HVDC-komponenttien yhdenmukaistamista ja standardointia ja kannustaa näin EU:n toimittajia investoimaan tuotantokapasiteettiin. Yksinkertaistettujen hankintamenettelyjen ja EU:n ostajille suunnatun vapaaehtoisen kysynnän yhdistämisen käyttöönotto voisi ratkaista toimitusketjun tärkeimmät ongelmat ja helpottaa tuotantoaikojen saamista valmistajilta. **EU:n teknisen johtoaseman säilyttämiseksi ja laajentamiseksi tällä alalla on myös tärkeää investoida innovointiin** (esimerkiksi HVDC-järjestelmien verkonmuodostusvalmiuksiin), **toteuttaa niin kutsuttuja sääntelyn testiympäristöjä ja helpottaa EU:n rahoituksen saantia demonstrointiin ja innovatiivisiin hankkeisiin**.

4. PÄÄTELMÄT

Vastauksena covid-19-pandemian aiheuttamaan maailman energiajärjestelmän häiriöön, jota Venäjän provosoimaton, perusteeton sotilaallinen hyökkäys Ukrainaa vastaan on pahentanut, **EU on nopeuttanut siirtymistään puhtaaseen energiaan** ja ehdottanut ripeästi toimenpidepakettia kansalaisten ja yritysten suojelemiseksi. Uusiutuvan energian käytön tehostaminen, energiankäytön vähentäminen ja energian toimitusketjujen monipuolistaminen ovat EU:n toimien keskiössä.

Energian ennätysellisen korkeiden hintojen vuoksi **nettonollateknologiat eivät ole koskaan olleet niin kilpailukykyisiä fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna kuin nyt, ja niiden markkinaosuus on kasvanut**. EU:ssa asennettiin uutta tuuli- ja aurinkoenergiakapasiteettia vuonna 2022 huomattavasti enemmän kuin vuonna 2021. Tämän suuntauksen odotetaan jatkuvan, koska jäsenvaltiot ovat tiukentaneet vuodeksi 2030 asetettuja uusiutuvaa energiaa ja energiatehokkuutta koskevia tavoitteitaan ja saaneet tukea 55-valmiuspaketista. Muut suuret taloudet seuraavat perässä. IEA arvioi, että keskeisten massatuotannossa olevien puhtaan energian teknologioiden globaalien markkinoiden vuotuinen arvo kolminkertaistuu vuoteen 2030 mennessä, ja niihin liittyvien työpaikkojen määrän odotetaan kaksinkertaistuvan samana aikana.

EU:n valmistajat ovat kuitenkin jäämässä jälkeen maailmanlaajuisessa kilpajuoksussa kohti nettonollaa, ja tämä saattaa heikentää unionin taloudellista turvallisuutta. Kaikkien aikojen korkeimmat energian hinnat, korkeat korot, osaamisvaje, toimitusketjun häiriöt ja muiden alueiden aiheuttama voimakas kilpailupaine ovat muodostaneet EU:n teollisuudelle ennenäkemättömiä haasteita myös aloilla, joilla EU:lla on aiemmin ollut vahva asema. EU:n **tuulivoima-alan** markkinaosuus laski 58 prosentista 30 prosenttiin vuosina 2017–2022, mikä johtui erityisesti tuulivoiman käyttöönoton nopeasta lisääntymisestä Kiinassa. EU:n käyttäjäkohtaisten **lämpöpumppujen** kauppataseen alijäämä yli kaksinkertaistui vuosina 2021–2022. Lisäksi **aurinkosähkön** hinnat olivat syyskuussa 2023 ennätysellisen alhaiset kiihtyvän kilpailun ja koko arvoketjussa ilmenneen komponenttien ylitarjonnan vuoksi, minkä vuoksi EU:n valmistajien oli vaikeaa harjoittaa kannattavaa tuotantoa. Vaikka Euroopan osuus **litiumakkujen tuotantokapasiteettiin** koko maailmassa tehdyistä investoinneista väheni 41 prosentista 2 prosenttiin vuosina 2021–2022, akkutehtaita rakennetaan yhä kiihtyvällä vauhdilla kaikkialla Euroopassa ja niiden ennustetaan kattavan suurimman osan EU:n kysynnästä vuoteen 2030 mennessä.

Tästä syystä **EU:n on edelleen pyrittävä alentamaan energian hintoja, mutta sen on myös yksinkertaistettava sääntelykehystä**, jotta voidaan helpottaa ja nopeuttaa nettonollateknologioiden tuotantopohjan laajentamista ja houkutella enemmän investointeja EU:hun.

Samalla **EU:n olisi jatkettava toimiaan, joilla vähennetään riippuvuutta tuonnista ja monipuolistetaan tehokkaasti komponenttien ja raaka-aineiden hankintaa**. Useimmissa nettonollateknologioissa EU on riippuvainen Kiinasta ainakin yhdessä arvoketjujen vaiheessa.

EU:n on myös parannettava työvoimansa osaamista. Vaikka EU:n puhtaan energian alan työllisyysaste on kehittynyt myönteisesti, vuoden 2021 jälkeen havaitut osaamisvajheet ja -puutteet hillitsevät puhtaan energian alan kasvua ja saattavat pitkittää väestörakenteen kehityksen vuoksi. EU:n talousarvio sekä monialaiset poliittiset aloitteet ja monet EU:n

esittämät erityistoimet ovat ratkaisevan tärkeitä, jotta voidaan kehittää nopeammin vihreässä siirtymässä ja erityisesti puhtaan energian alalla tarvittavaa osaamista.

T&I-investointien osalta Horisontti 2020 -puiteohjelma ja Horisontti Eurooppa -puiteohjelma ovat antaneet elintärkeän pirstysruiskeen kansallisille julkisen sektorin investoinneille vuodesta 2020 lähtien. Vaikka EU on säilyttänyt vahvan asemansa kansainvälisesti suojattujen patenttien alalla, EU:n ja jäsenvaltioiden ohjelmien koordinoitun käytön lisääminen ja kansallisten tutkimus- ja innovointitavoitteiden selkeä määrittely sekä vuodeksi 2023 että vuodeksi 2050 ovat ratkaisevan tärkeitä tuloksellisen tutkimus- ja innovointipolun kartoittamiseksi.

Rahoituksen saannin varmistaminen EU:n oman puhtaan energian teknologian tuotantokapasiteetin kehittämiseen on keskeisen tärkeää, jotta EU:ssa saadaan aikaan arvoketjuja. Tähän sisältyy rahoitus, jonka avulla innovaatiot muunnetaan teolliseksi tuotannoksi. EU:n on erityisesti varmistettava, että sen innovatiiviset startup-yritykset saavat edelleen pääomaa. Tämä edellyttää lisätoimia unionin pääomamarkkinoiden syventämiseksi.

EU:n on myös edistettävä puhtaan energian teknologiaa koskevaa yhteistyötä ulkomaisten kumppaniensa kanssa avoimesti mutta päättäväisesti. Kaupan avoimuus ja kansainväliset kumppanuudet auttavat vahvistamaan EU:n kilpailukykyä varmistamalla monipuolisemmat toimitusketjut vihreää siirtymää varten mutta myös avaamalla uusia markkinamahdollisuuksia ja auttamalla kaikkia talouksia saavuttamaan Pariisin sopimuksen tavoitteet.

Lisäksi **EU:n on edelleen luotava sekä kestävien että häiriönsietokykyisten nettonollateknologioiden kysyntää**, jotta se voi saavuttaa hiilestä irtautumista koskevan tavoitteensa ja samalla parantaa kilpailukykyä ja energian toimitusvarmuutta.

Myös **tiettyjen alojen**, kuten tuulivoimateollisuuden, **erityisongelmien ratkaisemiseksi tarvitaan toimenpiteitä.** Kun tarkastellaan laajempaa taloutta, **EU:n on jatkettava teollisuutensa tukemista koko puhtaaseen energiaan siirtymisen ajan.** Tämä edellyttää myös kohdennettua lähestymistapaa kunkin teollisen ekosysteemin osalta. Tätä silmällä pitäen Euroopan komission puheenjohtaja ilmoitti unionin tilaa koskevassa puheessaan 13. syyskuuta 2023 teollisuuden kanssa käytävistä puhdasta siirtymää koskevista vuoropuheluista. EU:n kilpailukyky on sen strategisen riippumattomuuden kannalta oleellinen seikka, ja on ratkaisevan tärkeää arvioida, miten unioni voi pysyä kilpailukykyisenä toteuttaessaan puhtaan siirtymän. Sen vuoksi Euroopan komission puheenjohtaja pyysi Mario Draghia laatimaan raportin Euroopan kilpailukyyn tulevaisuudesta.

EU:n puhtaan teknologian alojen tulevaisuus on tehtävä Euroopassa. Näin ollen komissio kehottaa neuvostoa ja Euroopan parlamenttia ottamaan huomioon tämän kilpailukyyn edistymistä koskevan kertomuksen ja nopeuttamaan nettonollateollisuutta tukevien säädösten, erityisesti nettonollateollisuutta koskevan säädöksen ja kriittisiä raaka-aineita koskevan säädöksen, hyväksymistä.