

Bruxelles, 27. veljače 2025.
(OR. en)

6600/25

ENER 39
COMPET 95

POP RATNA BILJEŠKA

Od:	Glavna tajnica Europske komisije, potpisala direktorica Martine DEPREZ
Datum primitka:	26. veljače 2025.
Za:	Thérèse BLANCHET, glavna tajnica Vijeća Europske unije
Br. dok. Kom.:	COM(2025) 74 final
Predmet:	IZVJEŠĆE KOMISIJE EUROPSKOM PARLAMENTU I VIJEĆU Napredak u pogledu konkurentnosti tehnologija čiste energije

Za delegacije se u prilogu nalazi dokument COM(2025) 74 final.

Priloženo: COM(2025) 74 final



Bruxelles, 26.2.2025.
COM(2025) 74 final

IZVJEŠĆE KOMISIJE EUROPSKOM PARLAMENTU I VIJEĆU

Napredak u pogledu konkurentnosti tehnologija čiste energije

IZVJEŠĆE O NAPRETKU U POGLEDU KONKURENTNOSTI TEHNOLOGIJA ČISTE ENERGIJE ZA 2025.

Sadržaj

Sažetak	2
1. Uvod.....	6
2. Ocjena konkurentnosti sektora čiste energije u EU-u	7
2.1. Globalni gospodarski kontekst i konkurentnost sektora tehnologija s nultom neto stopom emisija u EU-u	7
2.1.1. Kretanja cijena i troškova energije.....	7
2.1.2. Potpora tehnologijama s nultom neto stopom emisija na globalnim tržištima.....	10
2.2. Vrijednosni lanci tehnologija s nultom neto stopom emisija u EU-u: prilike i izazovi u području čiste industrije.....	12
2.2.1. Proizvodni lanci opskrbe	12
2.2.2. Dekarbonizacija energetske intenzivnih industrija	15
2.2.3. Ljudski kapital i vještine.....	16
2.3. Inovacijsko okruženje u sektoru čiste energije	17
2.3.1. Kretanja u području istraživanja i inovacija.....	17
2.3.2. Kretanja ulaganja rizičnog kapitala.....	21
3. Ocjena konkurentnosti EU-a u području tehnologija s nultom neto stopom emisija	23
3.1. Solarni fotonaponski sustavi.....	23
3.2. Solarna toplinska energija.....	25
3.3. Energija vjetra na kopnu i moru	26
3.4. Energija oceana.....	27
3.5. Skladištenje baterija i energije.....	28
3.6. Tehnologije dizalica topline.....	29
3.7. Geotermalna energija.....	31
3.8. Tehnologije vodika: elektrolizatori i gorivne ćelije	32
3.9. Tehnologije održivog bioplina i biometana	34
3.10. Tehnologije hvatanja i skladištenja ugljika (CCS tehnologije).....	35
3.11. Tehnologije elektroenergetske mreže: električni vodovi i transformatori.....	36
3.12. Tehnologije za energiju nuklearne fisije.....	38
3.13. Hidroenergija.....	39
3.14. Održiva alternativna goriva	40
3.15. Tehnologije uporabe viška topline u industriji.....	41
4. Zaključci.....	43

SAŽETAK

Izvešće o napretku u pogledu konkurentnosti tehnologija čiste energije za 2025. daje pregled kretanja i izazova u području tehnologija s nultom neto stopom emisija i njihovoj proizvodnji u EU-u. U prvom se dijelu bavi **horizontalnom komponentom konkurentnosti sektora čiste energije u EU-u**, nakon čega slijedi **analiza po sektorima za 15 tehnologija**. Izvešće se nadovezuje na Draghijevo izvješće i Kompas konkurentnosti te se njime podupire provedba Akta o industriji s nultom neto stopom emisija jer obuhvaća praćenje tog akta. Doneseno je zajedno s planom za čistu industriju i akcijskim planom za priuštivu energiju te podupire obje te inicijative pružanjem uvida u tehnologije koje su potrebne za dekarbonizaciju industrije EU-a, uz istodobno jačanje njezine konkurentnosti i smanjenje troškova energije.

Konkurentnost sektora čiste energije u EU-u

Zahvaljujući niskim operativnim troškovima **tehnologije čiste energije i dalje su vrlo troškovno konkurentne u EU-u**. U usporedbi s povećanjem od 45 % 2023. i 41 % 2022., udio električne energije u EU-u proizvedene iz obnovljivih izvora 2024. dosegao je rekordnu razinu od 48 %.

Iako se stopa uvođenja tehnologija čiste energije dinamično povećava, industrija EU-a s nultom neto stopom emisija suočava se sa zahtjevnim poslovnim okruženjem i jakom konkurencijom. Kako je naglašeno u Draghijevu izvješću, EU kao predvodnik u inovacijama u području čistih tehnologijamora iskoristiti gospodarske mogućnosti koje donosi uvođenje tih tehnologija na globalnoj razini. Istodobno, industrijske politike i nova ograničenja uvoza, primjerice u SAD-u i Kini, sve više utječu na poslovno okruženje, trgovinske odnose i odluke o ulaganjima.

EU ima diversificiranu industriju proizvodnje tehnologija s nultom neto stopom emisija, ali teško održava udio na globalnom tržištu jer Kina dominira u proizvodnji u najvažnijim sektorima. U području tehnologija s nultom neto stopom emisija EU i dalje ovisi o određenim tehnološkim komponentama ili ključnim sirovinama u lancu opskrbe, što otežava njegovu opću gospodarsku otpornost i stratešku autonomiju. To je povezano s problemima s kojima se EU suočava u energetske intenzivnim industrijama, koje opskrbljuju proizvođače tehnologija s nultom neto stopom emisija metalima i kemijskim proizvodima.

Tehnologije čiste energije omogućuju otvaranje visokokvalitetnih radnih mjesta, ali i dalje postoje izazovi kao što su dostupnost kvalificiranih radnika i starenje radne snage. Zaposlenost je 2023. nastavila rasti i u EU-u je u području energije iz obnovljivih izvora bilo 1,8 milijuna radnih mjesta. Otprilike trećina radnih mjesta u širem sektoru čiste energije odnosi se na proizvodnju tehnologija s nultom neto stopom emisija, što potvrđuje društvenu i gospodarsku važnost tih lanaca vrijednosti.

EU je i dalje u dobrom položaju u području istraživanja tehnologija čiste energije, ali se posljednjih godina suočava s jakom globalnom konkurencijom, zbog koje gubi konkurentsku prednost u području inovacija. Najnoviji podaci pokazuju da je polovina država članica izvjestiteljica 2023. povećala potrošnju za istraživanje i inovacije u području tehnologija energije. Ako se utvrdi da je to djelomično izvješće reprezentativno, to bi značilo da se potpora za prioritete u području istraživanja i inovacija u području energetske unije povećala za 9 %. Općenito, EU je globalni predvodnik u javnoj potrošnji za istraživanje i inovacije u području tehnologija čiste energije. Međutim, privatna ulaganja u istraživanje i inovacije, kojima se i dalje osigurava više od tri četvrtine financijskih sredstava za istraživanje i inovacije za tehnologije čiste energije u velikim gospodarstvima, i dalje su znatno veća u velikim azijskim gospodarstvima. Kako je istaknuto u Draghijevu izvješću i prepoznato u

Kompasu konkurentnosti, potrebni su dodatni naponi kako bi EU ostao jedan od predvodnika u istraživanju i inovacijama u području čistih tehnologija i poboljšao svoje slabije rezultate u uvođenju inovacija na tržište.

Pristup rizičnom kapitalu i dalje je glavni problem pri pokretanju i širenju poduzeća iz EU-a u sektoru tehnologija čiste energije. Početni podaci za 2024. upućuju na to da je zahtjevno makroekonomsko okruženje pridonijelo znatnom smanjenju ulaganja rizičnog kapitala u tehnologije čiste energije u EU-u, za 34 % u odnosu na 2023. Taj je pad povezan sa smanjenjem aktivnosti koje uključuju rizični kapital te s manjim brojem velikih ulaganja u usporedbi s 2023., kad su sklopljeni veliki ugovori za postrojenja za proizvodnju baterija i čelika proizvedenog uporabom vodika. Ti su ugovori imali važnu ulogu u povećanju ulaganja rizičnog kapitala u taj sektor u EU-u na 9,2 milijarde EUR 2023. (+ 20 % u odnosu na 2022.). S druge strane, privremeni podaci pokazuju da je 2024. udio EU-a u globalnim ulaganjima rizičnog kapitala u tehnologije čiste energije ostao relativno stabilan. EU je 2023., s udjelom od 28 %, bio na drugom mjestu u svijetu, iza SAD-a (30 %) i ispred Kine (24 %).

Konkurentnost EU-a u području tehnologija s nultom neto stopom emisija

EU je 2024. bio na drugom mjestu, iza Kine, po novougrađenom kapacitetu solarnih fotonaponskih sustava. Proizvođači iz EU-a posluju u vrlo zahtjevnom okruženju i teško se natječu na globalnoj razini. EU uvelike ovisi o uvozu fotonaponskih sustava iz Kine, u kojoj se nalazi više od 90 % svjetskih proizvodnih postrojenja. S druge strane, EU i dalje ima važnu ulogu u istraživanju i inovacijama u području posebnih primjena fotonaponskih sustava.

EU i dalje ima znatan proizvodni kapacitet za solarne toplinske tehnologije. Solarna toplinska tehnologija razvijena je tehnologija, ali ni 2023. i 2024. nije uspjela držati korak s drugim rješenjima koja se temelje na energiji iz obnovljivih izvora. Iako se tržište solarne toplinske energije smanjilo 2023., u segmentu topline iz industrijskih procesa zabilježen je obećavajući, utrostručeni rast na globalnoj razini u odnosu na prethodnu godinu.

EU je i dalje vrlo konkurentan u području tehnologije energije vjetra. Međutim, akteri iz EU-a pod sve su većim pritiskom, osobito zbog toga što kineska poduzeća nude sve konkurentnije proizvode po nižim cijenama. Približno 13 % globalnih proizvodnih kapaciteta za sastavljanje lopatica i kućišta te otprilike 22 % za proizvodnju stupova 2024. bilo je u EU-u. Poduzeća iz EU-a imala su 2023. tržišni udio od približno 90 % na europskom i 23 % na svjetskom tržištu, što je smanjenje za otprilike 7 % u odnosu na 2022.

Interes za tehnologije energije oceana i njihovo financiranje dosegli su 2024. dosad nezabilježenu razinu. U Europi je 2024. ugrađeno otprilike 1230 kW novih kapaciteta za energiju oceana. Međutim, Kina prednjači u pogledu broja izuma visoke vrijednosti u tom sektoru i ispred je EU-a. Potrebne su daljnje mjere za povećanje gospodarske održivosti energije oceana i uvođenje inovativne tehnologije energije oceana na tržište.

Proizvođači baterija iz EU-a suočavaju se s velikim preprekama u nastojanju da povećaju proizvodne kapacitete i tržišni udio. Kina je predvodnik u tehnologiji baterija te je 2024. pustila u rad više od 85 % globalnih proizvodnih kapaciteta, a slijede EU s otprilike 7 % i SAD s otprilike 5 %. Proizvođači iz EU-a uvelike ovise o kineskim katodama i anodama. Ako se ostvare najavljeni projekti, EU će biti na dobrom putu da postigne proizvodne ciljeve za 2030., uz udio od 10 % (1510 GWh) u predviđenim globalnim operativnim kapacitetima za proizvodnju baterija za 2030. Promatrači predviđaju da će ponuda baterijskih ćelija biti prekomjerna u nadolazećim godinama, što će vjerojatno dovesti do snažne globalne konkurencije.

Proizvođači dizalica topline iz EU-a globalni su predvodnici u području visokokvalitetnih inovativnih rješenja za uporabu u kućanstvu i industrijskih dizalica topline. Razvoj kapaciteta za završno sastavljanje u EU-u napreduje u toj mjeri da će potrebe EU-a za uvođenjem takvih rješenja do 2030. biti zadovoljene. Međutim, industrija EU-a i dalje uvelike ovisi o uvozu određenih komponenata, kao što su kompresori. Iako se deficit trgovinske bilance EU-a u lancu opskrbe smanjio za trećinu 2023., prodaja dizalica topline u EU-u smanjila se 2023. za 7,2 % nakon desetljetnog rasta. Takvo se kretanje dodatno pogoršalo 2024., kad se prodaja u Europi smanjila za 31 %. Zbog toga je potrebno uložiti napore kako bi u tom sektoru ponovno došlo do zamaha.

Poduzeća iz EU-a imaju važnu ulogu u ugradnji i završnom sastavljanju tehnologija geotermalne energije koje se primjenjuju u EU-u. Međutim, na globalnom tržištu ključnih komponenata prevladavaju poduzeća izvan EU-a. Otklanjanje poteškoća u tom sektoru, kao što je dostupnost podataka o podzemlju, može pomoći industriji EU-a.

Europska poduzeća i dalje imaju važnu ulogu u proizvodnji elektrolizatora te se procjenjuje da je 2024. njihov udio u globalnim proizvodnim kapacitetima iznosio otprilike trećinu do četvrtinu. Iako u EU-u dinamično rastu kapaciteti za elektrolizu vodika, i dalje postoje izazovi u razvoju sektora vodika velikih razmjera, čime bi se osigurala dostupnost velikih količina troškovno konkurentnog vodika. Nadalje, EU zaostaje u proizvodnji gorivnih ćelija.

U EU-u se nalaze vodeća svjetska poduzeća za proizvodnju bioplina i biometana te za proizvodnju komponenata. Europa ima razvijenu industriju bioplina i biometana, uglavnom za proizvodnju električne energije, s rastućim tržištima toplinske energije i prijevoza. Gotovo 50 % proizvodnje nalazi se u Europi, a samo Njemačka zadovoljava 20 % globalne potražnje.

EU je u dobrom položaju kad je riječ o sektoru tehnologija hvatanja CO₂, ali zaostaje za SAD-om i Kanadom u prijevozu i skladištenju CO₂. Broj projekata hvatanja i skladištenja ugljika brzo raste i na globalnoj razini i u Europi. Mjere EU-a za osiguravanje predvidljivosti za ulagače i povećanje vidljivosti potražnje za skladišnim prostorima i njihove ponude imaju ključnu ulogu u tom pogledu.

Više poduzeća u EU-u dugogodišnji su tržišni i tehnološki predvodnici u području električnih vodova i u području transformatora. Očekuje se da će se europska poduzeća kratkoročno do srednjoročno suočavati sa sve većim pritiskom međunarodnih konkurenata. Proizvodnja mrežne opreme uvelike ovisi o pristupu sirovinama kao što su bakar, aluminij i elektročelik s orijentiranim kristalima te su proizvođači iz EU-a ovisni o uvozu.

Kad je riječ o nuklearnoj energiji, u EU-u i dalje aktivno djeluje jedan dobavljač reaktora, koji je na početku 2024. imao udio od 5,3 % na globalnom tržištu reaktora u izgradnji. Budući da nuklearne elektrane u EU-u i njihova radna snaga stare, potrebno je uložiti napore u prilagodbu. Europski industrijski savez za male modularne reaktore osnovan je 2024. radi lakšeg uvođenja malih modularnih reaktora i potpore konkurentnosti ekosustava EU-a u području te nove tehnologije.

Iako je industrija hidroenergije u EU-u i dalje predvodnik na globalnoj razini, posljednjih je godina izgubila tržišni udio u proizvedenim turbinama i drugim dijelovima. Trgovinski suficit EU-a znatno se smanjio, s 466 milijuna EUR 2015., kad je bio najviši, na 213 milijuna EUR 2023. Održavanje snažne proizvodne industrije komponenata u EU-u zahtijeva nova ulaganja na domaćem tržištu. Postoji i neiskorišteni potencijal za širenje reverzibilnih hidroelektrana, čime bi se pridonijelo fleksibilnosti mreže.

EU je jedan od predvodnika u području inovacija na novom tržištu održivih alternativnih goriva za zračni i pomorski prijevoz. Proizvodni kapacitet i dalje je ograničen i potrebno ga je povećati uz istodobno smanjenje cijena takvih goriva.

Višak energije iz industrijskih procesa u EU-u mogao bi se pretvoriti u 150 TWh električne energije na godišnjoj razini primjenom organskog Rankineova ciklusa u elektranama. Proizvođači iz EU-a jedni su od predvodnika na globalnom tržištu, ali postoje prepreke za povećanu primjenu u EU-u, kao što su duga razdoblja otplate ulaganja.

1. UVOD

Tehnologije čiste energije najvažniji su čimbenici za postizanje klimatske neutralnosti EU-a do 2050. te za jačanje sigurnosti opskrbe energijom u EU-u i povećanje njegove konkurentnosti. **Posljednjih desetljeća EU je imao središnju ulogu u uvođenju čistih tehnologija**, kao što su solarna energija i energija vjetra. Udio obnovljivih izvora energije u kombinaciji izvora električne energije u EU-u iznosio je 2024. 48 %. To ukazuje na sve veću konkurentnost i gospodarsku važnost tehnologija čiste energije u usporedbi s fosilnim izvorima energije. Kako bi ostvarila ciljeve smanjenja emisija stakleničkih plinova do i nakon 2030., Europa će morati nastaviti s takvim djelovanjem i pojačati napore.

Industrija EU-a ima i sve veću konkurenciju u području tehnologija s nultom neto stopom emisija. Druga velika gospodarstva, kao što su kinesko i američko, povećavaju svoje proizvodne kapacitete i sve više preuzimaju vodeći položaj i proizvodnju tehnologija koje su razvijene u EU-u.

Konkurentnost je postala glavna tema politike EU-a, među ostalim i u pogledu tehnologija s nultom stopom emisija. Europsko vijeće u svojim je zaključcima iz travnja 2024. pozvalo EU da postane konkurentniji¹. Novi Kompas konkurentnosti donosi niz mjera za jačanje konkurentnosti EU-a u nadolazećim godinama na temelju nalaza godišnjeg izvješća o jedinstvenom tržištu i konkurentnosti i dubinske analize iz Draghijeva izvješća². U Draghijevu izvješću naglašavaju se gospodarske mogućnosti čistih tehnologija za EU kao predvodnika u inovacijama u području tih tehnologija³. U njemu se navode glavne prepreke konkurentnosti EU-a i poziva na usklađenu i ciljanu strategiju, uzimajući u obzir razlike među industrijama. I u Draghijevu i u Lettinu izvješću ističe se važnost istodobnog jačanja jedinstvenog tržišta za energiju i povezanih infrastruktura radi ostvarivanja potencijala EU-a u području energije iz obnovljivih izvora i omogućivanja sigurne i priuštive energije za njegove industrije⁴.

Proizvodnja današnjih i budućih tehnologija s nultom neto stopom emisija u Europi od ključne je važnosti za podupiranje strateške autonomije EU-a, osiguravanje njegovih industrijskih temelja i održavanje njegova inovacijskog potencijala. **Plan za čistu industriju novi je plan za blagostanje i konkurentnost EU-a**⁵. Komisija će planom za čistu industriju poboljšati pristup industrije EU-a financiranju, tokovima materijala i kvalificiranoj radnoj snazi te istodobno uspostaviti nova vodeća tržišta i povećati otpornost lanaca vrijednosti. Pritom će poduzeti i nove mjere za pojednostavnjenje i time rasteretiti poduzeća. Time će se utrti put stvaranju konkurentnijih industrija i otvaranju kvalitetnih radnih mjesta, s posebnim naglaskom na čistim i strateškim tehnologijama.

Pristup priuštivoj energiji ključan je čimbenik konkurentnosti EU-a i glavni cilj novog akcijskog plana za priuštivu energiju⁶. Taj akcijski plan dopunjuje plan za čistu industriju predlaganjem mjera za smanjenje troškova energije za industriju, poduzeća i kućanstva i ubrzavanje potrebnih strukturnih reformi. Njegov je glavni cilj ubrzati prelazak na priuštivu i čistu energiju iz domaćih izvora na temelju tehnologija obuhvaćenih ovim izvješćem. Njime

¹ Europsko vijeće (2024.), Zaključci izvanrednog sastanka Europskog vijeća (17. i 18. travnja 2024.) Europsko vijeće (2024.), Izjava iz Budimpešte o novom dogovoru o europskoj konkurentnosti (7. i 8. studenog 2024.)

² COM(2025) 30 final i COM(2025) 26 final

³ Mario Draghi, [Budućnost europske konkurentnosti](#), 2024.

⁴ Enrico Letta, [Više od tržišta](#), 2024.

⁵ [MJESTO ZA UPUĆIVANJE NA PLAN ZA ČISTU INDUSTRIJU].

⁶ [MJESTOZA UPUĆIVANJE NA AKCIJSKI PLAN ZA PRIUŠTIVU ENERGIJU].

se nastoji dovršiti energetska uniju i omogućiti potpuno integrirano unutarnje energetske tržište s potrebnim fizičkim međupovezivanjem.

Ovo izvješće sadržava opažanja na temelju praćenja i mišljenja u pogledu konkurentnosti tehnologija čiste energije i proizvođača takvih tehnologija u Europi koji su utemeljeni na dokazima. Stupanjem na snagu Akta o industriji s nultom neto stopom emisija 2024. dodatno je ojačana uloga ovog izvješća jer je utvrđeno kao glavni alat za praćenje napretka EU-a u ostvarivanju ciljeva proizvodnje iz tog akta. Tim aktom EU nastoji ojačati domaće proizvodne kapacitete za ključne čiste tehnologije te povećati konkurentnost i otpornost industrije. Cilj je smanjiti ovisnost o vanjskim akterima stvaranjem proizvodnog kapaciteta za najmanje 40 % godišnjih potreba EU-a za uvođenjem tehnologija koje su nužne za postizanje klimatskih i energetskih ciljeva za 2030. te za postizanje udjela od 15 % svjetske proizvodnje do 2040.⁷

Dio I. izvješća daje opći uvid u ključna pitanja u pogledu konkurentnosti čitavog sektora tehnologija s nultom neto stopom emisija u EU-u te obuhvaća aspekte kao što su troškovi energije, proizvodnja, dekarbonizacija industrije, vještine, kretanja ulaganja, istraživanje i inovacije te globalni kontekst. U dijelu II. izvješća opisuje se trenutno stanje konkurentnosti industrije EU-a u području 15 tehnologija s nultom neto stopom emisija te se ističu prednosti i nedostaci u povezanim lancima vrijednosti.

Ovo je peto izdanje izvješća o napretku u pogledu konkurentnosti, koje se objavljuje od 2020. u skladu s člankom 35. stavkom 1. točkom (m) Uredbe o upravljanju energetskom unijom i djelovanjem u području klime. Temelji se na podacima Opservatorija za tehnologiju čiste energije (CETO)⁸.

2. OCJENA KONKURENTNOSTI SEKTORA ČISTE ENERGIJE U EU-U

2.1. Globalni gospodarski kontekst i konkurentnost sektora tehnologija s nultom neto stopom emisija u EU-u

2.1.1. Kretanja cijena i troškova energije

Stanje na energetskom tržištu u EU-u poboljšalo se 2023. i 2024. Cijene energije bile su znatno niže nego 2022., ali su ostale iznad razina prije krize te su bile znatno više nego u konkurentskim regijama. U kombinaciji s manjom potrošnjom, veća diversifikacija uvoza plina i veći kapaciteti za proizvodnju energije iz obnovljivih izvora pridonijeli su smanjenju veleprodajnih cijena plina i električne energije.

Veleprodajne cijene plina 2024. bile su niže nego 2023. i znatno niže od cijena u prvim mjesecima nakon invazije Rusije na Ukrajinu 2022. Međutim, i dalje su bile više nego prije krize. Prosječna cijena veleprodajnog plina 2024. stabilizirala se na 34 EUR/MWh. Iako su se cijene u prvoj polovini godine smanjile na razine od približno 30 EUR/MWh, do kraja 2024. stalno su rasle i kretale se u rasponu od 35 do 45 EUR/MWh, da bi se početkom 2025. ponovno povećale.

Kad je riječ o električnoj energiji, 2024. su se održali pozitivni tržišni temelji, što je dovelo do nižih veleprodajnih cijena električne energije. Niže cijene plina, smanjena potražnja i veća proizvodnja energije iz obnovljivih izvora i nuklearne energije pridonijeli su snižavanju veleprodajnih cijena električne energije na svim tržištima EU-a. Europska referentna vrijednost

⁷ SL L, 2024/1157, 30.4.2024.

⁸ Više informacija i izvješća CETO-a dostupni su na: [Opservatorij za tehnologiju čiste energije](#).

za električnu energiju iznosila je 2023. 95 EUR/MWh, 57 % manje nego 2022. U prva tri tromjesečja 2024. prosječna cijena je pala na 70 EUR/MWh, ali je u posljednjem tromjesečju došlo do rasta cijena. Prosječna cijena 2024. iznosila je 76 EUR/MWh. Potrošnja električne energije u EU-u blago je porasla 2024.(+ 2 %), uz neznatan oporavak industrijske potražnje.

Zbog energetske krize znatna povećanja veleprodajnih cijena električne energije prenesena su na krajnje potrošače, u nekim slučajevima s vremenskim odmakom. Zbog toga je 2022. i djelomično 2023. došlo do rasta maloprodajne cijene električne energije za kućanstva⁹. U skladu s mjerama EU-a države članice uspostavile su privremene mjere za ublažavanje učinka visokih cijena na potrošače. Međutim, visoke cijene ostale su problem, osobito za ranjive potrošače. Kretanja maloprodajnih cijena za kućanstva 2024. pokazuju da su se cijene u cijelom EU-u blago smanjile ili da su i dalje bile na razini cijena iz 2023.

U usporedbi s istim razdobljem 2023., cijene električne energije za industrijske korisnike znatno su se smanjile u prvoj polovini 2024. Smanjenje se kretalo u rasponu od 13 % do 27 % (bez poreza) i u rasponu od 6 % do 27 % (uključujući poreze za koje se ne može ostvariti povrat)¹⁰ u različitim skupinama potrošnje, što je dodatno potaknulo silazni trend koji je započeo 2023. Međutim, industrija EU-a trenutačno se suočava s cijenama električne energije koje su otprilike dvaput više nego u SAD-u ili Kini, a koje su 2024. u prosjeku iznosile 0,16 EUR po kWh.¹¹

Udio obnovljivih izvora energije u kombinaciji izvora električne energije u EU-u povećao se 2024. na novu rekordnu razinu od 48 % (u usporedbi s 45 % 2023. i 41 % 2022.¹²), dok se udio fosilnih goriva znatno smanjio, s 28 % 2023. na 24 %. Solarne elektrane i odobalne vjetroelektrane proizvodele su znatno više energije 2024.: proizvodnja energije vjetra na moru povećala se za 17 % (+ 9 TWh), a solarne energije za 19 % (+ 37 TWh). Proizvodnja hidroenergije povećala se za 7 % (+ 22 TWh), proizvodnja energije vjetra na kopnu ostala je na približno istoj razini (– 1 TWh), dok se proizvodnja nuklearne energije tijekom istog razdoblja povećala za 5 % (+ 29 TWh)¹³. S druge strane, elektrifikacija se nije ubrzala te je udio električne energije u kombinaciji izvora energije ostao stabilan, na otprilike 20 % od 2000.¹⁴

Na slici 1. prikazan je pregled **ukupnih srednjih troškova proizvodnje energije u EU-u**¹⁵, procijenjenih za 2023. na temelju posebnih obilježja elektroenergetskih sustava u svakoj državi članici. Troškovi ulaganja, operativni troškovi i troškovi održavanja povećali su se 2023. zbog inflacije, većih troškova materijala i povećanih troškova rada. Visoka inflacija i visoke kamatne stope snažno su 2023. utjecale na odluke nositelja projekata i proizvođača o ulaganjima ili na odgađanje takvih odluka.

⁹ Eurostat ([nrg_pc_204](#)), pristupljeno 12. veljače 2025.

¹⁰ Eurostat ([nrg_pc_205](#)), pristupljeno 12. veljače 2025.

¹¹ Eurostat, [Statistički podaci o cijenama električne energije](#). Napomena: cijene se odnose na identifikacijsku skupinu potrošnje, pri čemu su odbijeni porezi za koje se može ostvariti povrat.

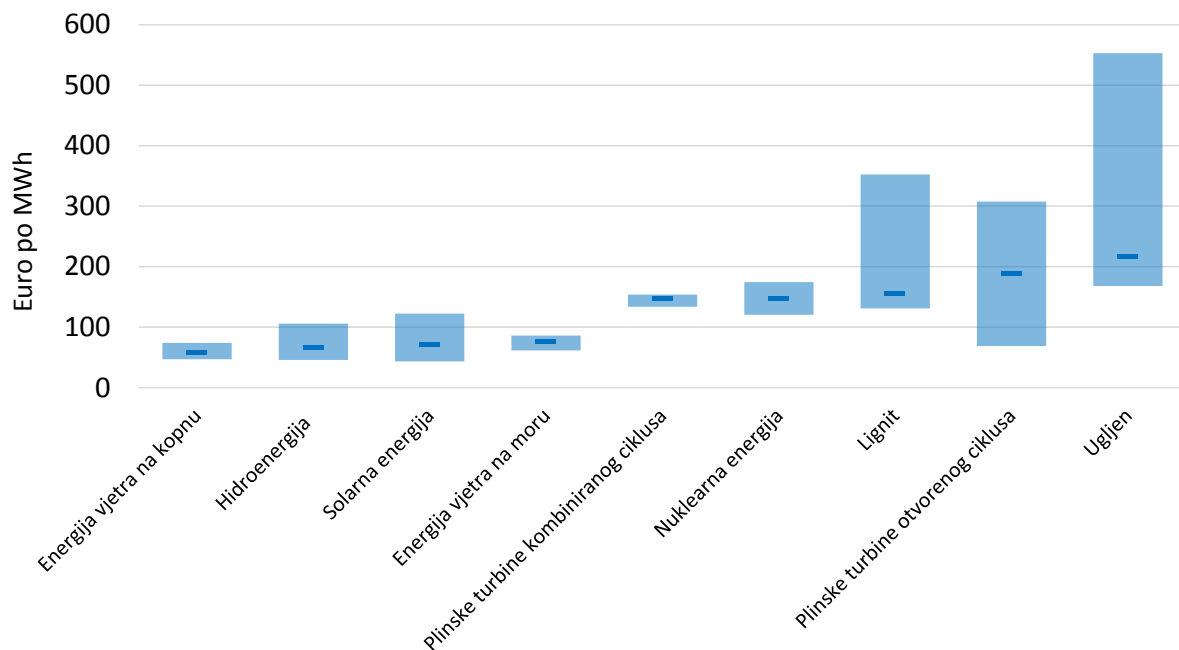
¹² Podaci za 2022. na temelju [Eurostata](#).

¹³ Podaci za 2023. i 2024. u ovom odlomku temelje se na podacima platforme [ENTSO-E Transparency Platform](#).

¹⁴ COM(2025) 26 final

¹⁵ Utvrđivanje ukupnih srednjih troškova električne energije metoda je koja se primjenjuje za usporedbu prosječnog troška proizvodnje jedne jedinice električne energije (koja se obično mjeri u megavatsatima, MWh) tijekom cijelog životnog vijeka projekta ili postrojenja za proizvodnju električne energije, uzimajući u obzir sve troškove izgradnje i rada elektrane (kapitalni izdaci, operativni troškovi i troškovi održavanja, troškovi goriva (ako je primjenjivo), troškovi financiranja i troškovi stavljanja izvan rada (ako je primjenjivo)).

Slika 1: Pregled ukupnih srednjih troškova proizvodnje energije za pojedina tehnološka postrojenja za 2023. Debele plave linije označavaju medijan, a svjetloplave trake prikazuju raspon od $\pm 25\%$ u cijelom EU-u, ističući razlike među državama članicama.



Izvor: simulacija modela METIS Zajedničkog istraživačkog centra¹⁶

Unatoč tim rastućim troškovima, proizvodne tehnologije s niskim varijabilnim troškovima (uključujući operativne troškove, npr. troškove održavanja i goriva), kao što su obnovljivi izvori energije, primjerice energija vjetra na kopnu i solarna energija, i dalje su troškovno konkurentnije od proizvodnih tehnologija s visokim varijabilnim troškovima, kao što su fosilni izvori energije, primjerice plin i ugljen, na koje utječu troškovi goriva. Općenito, obnovljivi izvori energije i dalje su vrlo troškovno konkurentni u EU-u.

Omjer između godišnjeg obujma proizvodnje tehnologije i njezina instaliranog kapaciteta jedan je od čimbenika koji utječe na ukupne srednje troškove proizvodnje određene energije. Što se tehnologija rjeđe primjenjuje, to su veći njezini ukupni srednji troškovi proizvodnje energije. Zbog toga konvencionalne tehnologije kao što su lignit, plinske turbine otvorenog ciklusa i ugljen, čija se proizvodnja u nekim državama članicama smanjila, imaju veći raspon vrijednosti ukupnih srednjih troškova proizvodnje energije. Za razliku od toga, raspon vrijednosti ukupnih srednjih troškova proizvodnje energije za tehnologiju kao što je kombinirani ciklus za prirodni plin i dalje je vrlo ograničen zbog visoke stope uporabe elektrana s kombiniranim ciklusom za prirodni plin u većini država članica.

Obnovljivi izvori energije i dalje su troškovno najkonkurentnije tehnologije, dok je kombinirani ciklus za prirodni plin, s obzirom na troškove, postao najkonkurentnija toplinska tehnologija. Takvo se kretanje djelomično može objasniti velikim padom cijena prirodnog plina u usporedbi s prethodnom godinom. Osim toga, iako se 2022. u znatnoj mjeri prelazilo na drugo

¹⁶ Prema: Gasparella, A., Koolen, D. i Zucker, A., Redosljed zasluga i dinamika određivanja cijena na europskim tržištima električne energije, Ured za publikacije Europske unije, 2023., Izračun na temelju godišnjih troškova za 2023. Kapitalni i operativni troškovi na temelju referentnog scenarija PRIMES za klimatske ciljeve za 2040., na godišnjoj razini prema tehničkom vijeku trajanja, i ponderiranom prosječnom trošku kapitala. Godišnji troškovi ujednačuju se s pomoću faktora kapaciteta izvedenih iz modela METIS. Varijabilni troškovi temelje se na cijenama robe 2023., varijabilnim operativnim troškovima i otpremi u simulaciji METIS.

gorivo, s plina na ugljen i obratno, zbog fluktuacije cijena, 2023. veći je naglasak bio na učincima viših fiksnih troškova u svim tehnologijama.

Ukupni srednji troškovi proizvodnje energije za razne proizvodne tehnologije u Europi znatno su se promijenili tijekom proteklog desetljeća zbog nekoliko ključnih čimbenika. Tehnološki napredak doveo je do povećanja učinkovitosti i kapaciteta, osobito u području solarnih fotonaponskih sustava i energije vjetra, te posljedično do znatnog smanjenja troškova. Ekonomije razmjera, posebno one s većim projektima i masovnom proizvodnjom, dodatno su smanjile troškove za obnovljive izvore energije. Potpora u okviru politika, uključujući subvencije, porezne poticaje i određivanje cijena ugljika, potaknula je uvođenje čišćih izvora energije uz istodobno povećanje troškova povezanih s fosilnim gorivima kao što su ugljen i prirodni plin. Poboljšanjem lanaca opskrbe i proizvodnih procesa povećala su ukupna konkurentnost tehnologija za proizvodnju energije iz obnovljivih izvora. Ti su kombinirani utjecaji promijenili energetska okruženje, zbog čega su obnovljivi izvori energije postali troškovno učinkovitiji te se smanjila ovisnost o tradicionalnim izvorima energije.

U Draghijevu izvješću istaknuto je da je energija glavni pokretač konkurentnosti EU-a te je predložena kombinacija mjera za otklanjanje uzroka visokih cijena energije u EU-u kako bi krajnji korisnici imali koristi od dekarbonizacije¹⁷. Energija ima glavnu ulogu u novom planu za čistu industriju, a u akcijskom planu za priuštivu energiju Komisija predlaže konkretne mjere za smanjenje troškova energije za kućanstva i industriju.

2.1.2. Potpora tehnologijama s nultom neto stopom emisija na globalnim tržištima

Nova geopolitička dinamika i razdoblje obilježeno i visokim kamatnim stopama i inflacijom promijenili su poslovno okruženje za tehnologije s nultom neto stopom emisija tijekom posljednjih godina. Očekuje se da će se svjetsko tržište glavnih tehnologija s nultom neto stopom emisija pogodnih za masovnu proizvodnju utrostručiti do 2035. te godišnje vrijediti otprilike 1,9 bilijuna EUR¹⁸. U utrci za razvojem proizvodnje koja će zadovoljiti očekivanu potražnju i dalje je najvažnije da industrija EU-a bude konkurentna i sposobna za opskrbu tehnologijama za energetska tranziciju u Europi i svijetu. S druge strane, nesigurnost predstavlja izazov za dugoročna ulaganja, uključujući ulaganja u proizvodna postrojenja. Odluke koje se donose i provode u ovom trenutku bit će presudne za mogućnost natjecanja EU-a i njegovih industrija za tržišne udjele do i nakon 2030. Kašnjenja u izgradnji proizvodnih kapaciteta s nultom neto stopom emisija mogla bi utjecati na konkurentnost EU-a u sljedećim desetljećima. Iako će se ubrzanom elektrifikacijom smanjiti ovisnost o uvozu fosilnih goriva, morat će se uspostaviti otporni lanci vrijednosti za tehnologije s nultom neto stopom emisija, kao što su energija vjetra ili baterije, kako ne bi došlo do novih ovisnosti¹⁹.

Industrijske politike za povećanje proizvodnje tehnologija čiste energije uvedene su u cijelom svijetu kao odgovor na nedavne krize i kao strategije za potporu poduzećima u energetska tranziciji, među ostalim u zemljama kao što su Kanada, Kina, Indija, Japan, Južna Koreja i

¹⁷ Mario Draghi, [Budućnost europske konkurentnosti](#), 2024.

¹⁸ Međunarodna agencija za energiju (IEA), *Energy Technology Perspectives*, 2024. Procjene globalnog tržišta za solarne fotonaponske sustave, energiju vjetra, električna vozila, baterije, elektrolizatore i dizalice topline. U izvješću se navodi iznos od 2 bilijuna USD, koji je konvertiran u EUR krajem 2024..

¹⁹ Europska komisija, [Godišnje izvješće o jedinstvenom tržištu i konkurentnosti za 2025.](#); vidjeti KPI br. 18 o elektrifikaciji.

SAD. Donošenjem Zakona o smanjenju inflacije SAD je ponudio bespovratna sredstva za potporu ugradnji naprednih tehnologija i porezne olakšice za ulaganja u postrojenja za proizvodnju opreme za čistu energiju (s procijenjenim ukupnim iznosom od 461 milijardu EUR²⁰, od čega je 60 % namijenjeno za energetski sektor). Istodobno je Kina zadobila prevlast u proizvodnji mnogih tehnologija s nultom neto stopom emisija te je predvodnik u podupiranju čistih tehnologija zahvaljujući gospodarstvu usmjerenom na ulaganja²¹. Kad je riječ o sektoru solarne energije, više od 90 % proizvodnih postrojenja nalazi se u Kini²².

Osim toga, ograničenja uvoza u SAD-u i drugim zemljama povećavaju pritisak na proizvođače iz EU-a na njihovim domaćim tržištima. Usto, povećanje proizvodnih kapaciteta na globalnoj razini, za koje se trenutačno očekuje da će za određene tehnologije premašiti kapacitete za uvođenje, može dovesti do prekomjernog kapaciteta. Takav bi razvoj mogao ozbiljno naštetiti segmentima proizvodnje u EU-u, uključujući tehnologije s nultom neto stopom emisija. Prognoze za 2025. upućuju na to da će i dalje biti prekomjernih kapaciteta u glavnim tehnologijama čiste energije na globalnoj razini, posebno za cijeli lanac vrijednosti baterija i solarne energije, te za kućišta za vjetroturbine²³.

Procjene pokazuju da su ukupne kineske subvencije od tri do devet puta veće od onih u drugim zemljama OECD-a, kao što su SAD ili Njemačka²⁴. EU je zaključio antisubvencijski ispitni postupak o uvozu električnih vozila na baterije iz Kine te je uveo kompenzacijske pristojbe na takav uvoz²⁵. Kako bi se procijenili opseg i područje primjene subvencija te usklađenost s međunarodnim trgovinskim pravilima, potrebno je razmotriti daljnje kanale državne potpore. EU će surađivati i s međunarodnim trgovinskim partnerima te tražiti pomoć međunarodnih institucija kao što su Organizacija za gospodarsku suradnju i razvoj (OECD) i Međunarodna agencija za energiju (IEA) u praćenju situacije.

Uspjeh globalne energetske tranzicije ovisit će i o dijeljenju gospodarskih prilika i dobitaka u lancu vrijednosti. Globalna partnerstva i jednaki uvjeti bit će ključni za postizanje otpornosti i strateške autonomije EU-a u tom pogledu. Inicijativom Global Gateway koju EU trenutačno provodi promiču se ulaganja u treće zemlje u područjima koja su od najveće važnosti za EU te za njegovu zelenu i digitalnu tranziciju. Inicijativom Global Gateway nastoje se mobilizirati ulaganja u iznosu do 300 milijardi EUR²⁶. Pregovori te sklapanje i provedba ambicioznih trgovinskih sporazuma pridonijet će širenju pristupa tržištu i poticanju gospodarske otpornosti²⁷. Osim toga, partnerstva za čistu trgovinu i ulaganja mogu dopuniti trgovinske sporazume i poduprijeti mjere za dekarbonizaciju u EU-u i inozemstvu, u skladu s poslovnim interesima EU-a i njegovih trgovinskih partnera u sektoru čiste energije.

Ubrzavanje dekarbonizacije i prelaska na čistu energiju u EU-u okosnica je europskog zelenog plana i naknadnih mjera politike, uključujući paket „Spremni za 55 %” i industrijski plan u okviru zelenog plana. EU ima pouzdan okvir za poticanje tehnologija s nultom neto stopom emisija zahvaljujući kombiniranju potpore za istraživanje i inovacije, gospodarskih poticaja kao što je određivanje cijena ugljika u EU sustavu trgovanja emisijama (ETS EU-a) i regulatornih instrumenata kao što su Direktiva o obnovljivoj energiji i Akt o industriji s nultom

²⁰ Prema prosječnom deviznom tečaju od 0,9239 EUR za 1 USD za 2024. na temelju podataka [ESB-a](#).

²¹ Strategic perspectives, [Competing in the new zero-carbon industrial era](#), 2023.

²² Za dodatne informacije vidjeti sljedeći odjeljak o solarnim fotonaponskim sustavima.

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

²⁴ Institut za svjetsku ekonomiju u Kielu, *Foul Play? On the Scale and Scope of Industrial Subsidies in China*, 2024.

²⁵ SL L, 2024/2754, 29.10.2024.

²⁶ Više informacija dostupno je na: https://international-partnerships.ec.europa.eu/policies/global-gateway_hr.

²⁷ COM (2025) 30 final.

neto stopom emisija. U okviru Mehanizma za oporavak i otpornost osigurana su proračunska sredstva u iznosu od 650 milijardi EUR za potporu reformama i ulaganjima koje provode države članice, od čega je najmanje 37 % namijenjeno za zelene mjere u nacionalnim planovima za oporavak i otpornost. Osim toga, u okviru fondova kohezijske politike EU-a, odnosno Europskog fonda za regionalni razvoj, Kohezijskog fonda, Fonda za pravednu tranziciju i programa Interreg, osigurana su ulaganja u zelene mjere u iznosu od gotovo 120 milijardi EUR (pri čemu ukupni trošak ulaganja iznosi više od 166 milijardi EUR). To znači da je prosječni doprinos tih fondova mjerama u području klime 40 %, što znatno premašuje minimalne regulatorne obveze²⁸. Nadalje, plan REPowerEU imao je važnu ulogu u brzom smanjenju ovisnosti o ruskim fosilnim gorivima i ubrzavanju zelene tranzicije.

EU je uspostavio Platformu za strateške tehnologije za Europu (STEP) radi potpore europskoj industriji i poticanja ulaganja u ključne tehnologije u Europi, uključujući tehnologije čiste energije. STEP kroz kombinaciju financijskih poticaja i mjera za olakšavanje financiranja projekata potiče financiranje ključnih tehnologija u okviru postojećih programa i fondova EU-a, uključujući fondove kohezijske politike, program InvestEU, program Obzor Europa, Europski fond za obranu, Inovacijski fond za sustav EU-a za trgovanje emisijama i Mehanizam za oporavak i otpornost. Nadalje, do 2024. u okviru klastera 5 programa Obzor Europa „Klima, energija i mobilnost” osigurano je više od 3 milijarde EUR za potporu istraživanju i inovacijama u području tehnologija čiste energije.

2.2. Vrijednosni lanci tehnologija s nultom neto stopom emisija u EU-u: prilike i izazovi u području čiste industrije

2.2.1. Proizvodni lanci opskrbe

EU posljednjih godina radi na povećanju proizvodnih kapaciteta za tehnologije s nultom neto stopom emisija kako bi smanjio strateške ovisnosti i povećao otpornost te istodobno pridonio svojim klimatskim i energetske ciljevima.

Iako ulaže veće napore, suočava se s poteškoćama zbog globalnih konkurenata. Unatoč prednostima EU-a u aspektima kao što su istraživanje i inovacije, kvalificirana radna snaga i regulatorni standardi, posljednjih se godina pogoršava njegov položaj u proizvodnji tehnologija s nultom neto stopom emisija. EU održava snažnu proizvodnu osnovu u području određenih tehnologija s nultom neto stopom emisija kao što su energija vjetra i elektrolizatori, dok drugi dijelovi svijeta zadobivaju sve veću prevlast u vrijednosnim lancima kao što su solarni fotonaponski sustavi i baterije. Problem nije samo u ovisnosti o pojedinim tehnologijama s nultom neto stopom emisija, nego i u posebnim tehnološkim komponentama u lancu opskrbe. Na primjer, EU ima dobar položaj u proizvodnji te je i dalje glavni proizvođač hidroničkih dizalica topline, ali Kina isporučuje većinu četverosmjernih ventila i kompresora²⁹. Nadalje, EU i dalje uvelike ovisi o nizu kritičnih sirovina koje su ključne za proizvodnju niza tehnologija s nultom neto stopom emisija.

²⁸ Za više informacija vidjeti: [Istraživanje ulaganja za razdoblje od 2021. do 2027. – Potpora kohezijske politike djelovanju u području klime](#).

²⁹ Vidjeti odjeljak o tehnologijama dizalica topline u poglavlju 3. ovog izvješća.

Globalna ulaganja u proizvodnju čistih tehnologija brzo su rasla do 2023. Ulaganja su 2024. iznosila 129 milijardi EUR, slično razini iz 2023. (133 milijarde EUR)³⁰. Prema podacima Međunarodne agencije za energiju kombinirani udio EU-a i SAD-a u globalnim ulaganjima u proizvodnju čistih tehnologija 2023. povećao se na 16 % (s 11 % 2022.)³¹. Međutim, Kina i dalje uvelike predvodi u ulaganjima u proizvodnju. Procjenjuje se da je 2024. udio Kine u globalnim ulaganjima u lanac opskrbe čistim tehnologijama bio 81 %³².

Na strukturnoj razini, troškovi proizvodnje u EU-u i SAD-u i dalje su viši nego u Kini. Troškovi proizvodnje solarnih fotonaponskih modula u Kini niži su za od 35 % do 65 % u usporedbi s EU-om i SAD-om³³. Troškovi komponenata vjetroturbina na kopnu u Kini iznose otprilike 355 EUR/kW, a u EU-u i SAD-u od 448 EUR/kW do 485 EUR/kW³⁴. Troškovi završnog sastavljanja dizalica topline u EU-u i SAD-u otprilike su dvostruko viši nego u Kini³⁵.

Tim razlikama u troškovima pridonosi više čimbenika, kao što su visoka cijena energije, poremećaji u lancu opskrbe, inflacija valute, povećane kamatne stope, intenzivno tržišno natjecanje, razni programi subvencija i neizvjesna buduća potražnja. Nedavna analiza Međunarodne agencije za energiju pokazuje da je Kina i dalje najisplativija lokacija za kapitalna ulaganja u proizvodna postrojenja, pri čemu su troškovi u EU-u i SAD-u po jedinici proizvodnog kapaciteta viši za od 70 % do 195 %³⁶. Iako se suočava sa znatnim poteškoćama u jačanju proizvodnje, EU je jedno od ključnih tržišta za razvoj i uvođenje tehnologija s nultom neto stopom emisija pa i dalje ima velik potencijal za iskorištavanje gospodarskih mogućnosti koje pruža globalna energetska tranzicija.

Proizvodnja s nultom neto stopom emisija raširena je u mnogim regijama EU-a, pri čemu se svaka od njih specijalizirala za različitu vrstu proizvodnje. Iako se udio EU-a u globalnoj proizvodnji solarnih fotonaponskih sustava posljednjih godina smanjuje, Njemačka, Italija, Španjolska, Francuska i Austrija i dalje imaju proizvodne pogone. Kad je riječ o energiji vjetra, iako je proizvodnja komponenata raširena u cijelom EU-u, glavni proizvođači turbina koncentrirani su u Danskoj i Njemačkoj, uz važne proizvodne kapacitete za stupove u Španjolskoj. U EU- se razvija proizvodnja baterija, i to u Poljskoj, Njemačkoj, Mađarskoj, Francuskoj, Švedskoj i drugim državama članicama. Kad je riječ o vodik, više od polovine proizvodnje elektrolizatora u EU-u koncentrirano je u Njemačkoj, a dodatni kapaciteti nalaze se u Danskoj, Španjolskoj, Portugalu, Italiji i Francuskoj. Kad je riječ o dizalicama topline, Njemačka, Švedska, Finska i Danska među zemljama su s važnom proizvodnjom. Kad je riječ o geotermalnoj energiji, Italija je predvodnik u proizvodnji, a važna proizvodnja postoji i u Njemačkoj i Francuskoj. Italija je predvodnik i u proizvodnji kabela u EU-u, a slijede je Švedska, Njemačka, Francuska, Poljska i Danska. EU je i vodeći proizvođač bioplina i biometana, s važnom proizvodnjom prvenstveno u Njemačkoj i Italiji te u Češkoj, Španjolskoj i Poljskoj za relevantne komponente³⁷.

³⁰ BloombergNEF, *Energy Transition Investment Trends 2025*, 2025. Podaci obuhvaćaju proizvodnju za ključne dijelove baterija (uključujući rudnike i rafinerije), solarne fotonaponske sustave, energiju vjetra i lanac opskrbe vodikom. Konverzija primjenom prosječnog deviznog tečaja od 0,9239 EUR za 1 USD 2024. na temelju podataka [ESB-a](#).

³¹ Međunarodna agencija za energiju (IEA), *Advancing Clean Technology Manufacturing*, 2024.

³² BloombergNEF, *Energy Transition Investment Trends 2025*, 2025. Podaci obuhvaćaju proizvodnju za ključne dijelove baterija (uključujući rudnike i rafinerije), solarne fotonaponske sustave, energiju vjetra i lanac opskrbe vodikom.

³³ Međunarodna agencija za energiju (IEA), *Advancing Clean Technology Manufacturing*, 2024.

³⁴ Prema prosječnom deviznom tečaju od 0,9239 EUR za 1 USD za 2024. na temelju podataka [ESB-a](#).

³⁵ Međunarodna agencija za energiju (IEA), *Advancing Clean Technology Manufacturing*, 2024.

³⁶ Međunarodna agencija za energiju (IEA), *Advancing Clean Technology Manufacturing*, 2024.

³⁷ Ecorys, *The Net-Zero manufacturing industry landscape across Member States – Final Report*, 2025. Nepotpun popis primjera.

EU je donio Akt o industriji s nultom neto stopom emisija kako bi smanjio ovisnost o uvezenim tehnologijama s nultom neto stopom emisija, ojačao otpornost lanca vrijednosti i izgradio snažnu domaću proizvodnu bazu. Njime se nastoji uspostaviti regulatorni okvir za osiguravanje pristupa EU-a sigurnoj i održivoj opskrbi tehnologijama s nultom neto stopom emisija, među ostalim povećanjem proizvodnih kapaciteta za tehnologije s nultom neto stopom emisija i njihovih lanaca opskrbe.

Osim toga, države članice u sve većoj mjeri donose posebne politike za promicanje proizvodnje tehnologija s nultom neto stopom emisija. Ti nacionalni okviri politika i pravni okviri za tehnologije s nultom neto stopom emisija obuhvaćaju kombinaciju programa poticaja, oporezivanja, fiskalnih politika te politika u području vještina i obrazovanja. Mnoge od tih nacionalnih strategija usmjerene su na posebne tehnologije, a ne na tehnologije s nultom neto stopom emisija općenito. U nedavno provedenoj studiji zaključeno je da je većina utvrđenih politika u državama članicama usmjerena na elektrolizatore i gorivne ćelije, a slijede baterije i tehnologije skladištenja, energija vjetra i solarni fotonaponski sustavi. Na primjer, Njemačka i Španjolska uspostavile su posebne strategije za tehnologije vodika, dok Irska i Poljska imaju sektorske strategije za tehnologiju energije vjetra³⁸.

Jedan je od izazova u postizanju široke proizvodnje tehnologija s nultom neto stopom emisija izdavanje dozvola za proizvodne pogone, što je opsežno razmotreno u Aktu o industriji s nultom neto stopom emisija. Pravila se razlikuju među zemljama, što bi moglo utjecati na vremenski okvir za provedbu tih tehnologija. Međutim, države članice napreduju u provedbi rješenja kao što je digitalizacija, uspostavljaju sustave „sve na jednom mjestu” i daju prednost zelenim projektima. Među primjerima su razvoj sustava „sve na jednom mjestu” za poslovne aktivnosti u Italiji, privremeno davanje prioriteta projektima zelene tranzicije u Finskoj i davanje prednosti određenim projektima pri ulaganju u Mađarskoj. Francuskim zakonom o zelenoj industriji nastoji se i skratiti vrijeme izdavanja dozvola usporednom obradom i ubrzanim postupcima za strateške projekte³⁹.

U Draghijevu izvješću naglašava se potreba za održavanjem i jačanjem proizvodnje čistih tehnologija u EU-u kako bi se mogle ostvariti mogućnosti rasta koje pruža rastuće tržište u EU-u i izvan njega na osnovi snažnih temelja EU-a u području inovacija i proizvodnje. Nadalje, u izvješću je utvrđeno više izazova s kojima se suočavaju proizvođači iz EU-a u području tih tehnologija u pogledu rasta i tržišnog natjecanja te se predlaže više mjera za potporu konkurentnosti EU-a u tom području. U izvješću se, u okviru prijedloga, naglašava ključna uloga potpune i brze provedbe Akta o industriji s nultom neto stopom emisija u podupiranju proizvodnje.⁴⁰

U planu za čistu industriju utvrđuje se pristup dekarbonizaciji usmjeren na konkurentnost kako bi se osiguralo da EU bude privlačna lokacija za proizvodnju, među ostalim za energetske intenzivne industrije i čiste tehnologije. Nadalje, budući Europski fond za konkurentnost pridonijet će i razvoju i proizvodnji strateških tehnologija, uključujući čiste tehnologije⁴¹.

³⁸ Ibid.

³⁹ Ibid.

⁴⁰ Mario Draghi, [Budućnost europske konkurentnosti](#), 2024.

⁴¹ [Političke smjernice za sljedeću Europsku komisiju 2024. 2029.](#)

2.2.2. Dekarbonizacija energetske intenzivne industrije

Od metala kao što su čelik i aluminij do kemijskih proizvoda, materijali koje proizvode energetske intenzivne industrije strateški su važni za gospodarstvo EU-a, među ostalim kao osnova za dizajniranje i proizvodnju tehnologija s nultom neto emisijom. Za izgradnju stupova vjetroturbina potreban je čelik za stup i njegovu osnovu, aluminij za kućišta i lopatice te specijalizirani kemijski premazi za njih. S druge strane, tehnologije s nultom neto emisijom, od obnovljivih izvora energije do proizvodnje vodika, energetske učinkovitosti i tehnologija hvatanja i skladištenja ugljika, omogućuju dekarbonizaciju energetske intenzivne industrije. To pokazuje koliko su energetske intenzivne industrijske proizvodi ključni za lance vrijednosti s nultom neto emisijom i obratno.

Stoga je za povećanje strateške autonomije potreban pristup koji se temelji na lancu vrijednosti, uzimajući u obzir sve ključne komponente i materijale tehnologija s nultom neto emisijom. U Aktu o industriji s nultom neto emisijom prepoznaje se važnost transformativnih industrijskih tehnologija za dekarbonizaciju proizvodnje osnovnih materijala kao što su čelik, aluminij, obojeni metali, kemikalije i cement. To uključuje potporu energetske intenzivnim projektima dekarbonizacije industrije, koji su dio lanca opskrbe tehnologijom s nultom neto emisijom.⁴² Ubrzano izdavanje dozvola osobito je korisno za takve projekte. Osim toga, EU podupire prelazak s fosilnih goriva na obnovljive i niskougljične izvore energije, posebno energetske učinkovitom elektrifikacijom, primjerice uporabom dizalica topline za uporabu topline iz ispušnih plinova i njezinu ponovnu uporabu.

Energetske intenzivne industrije odgovorne su za više od polovine potrošnje energije industrije EU-a⁴³ i njih najviše pogađaju strukturno više cijene energije u EU-u nego u drugim velikim gospodarstvima. Unatoč mjerama u okviru plana REPowerEU, proizvodnja energetske intenzivne industrije EU-a smanjila se od 2021. za od 10 % do 15 %⁴⁴. S druge strane, znatan udio emisija stakleničkih plinova u EU-u potječe iz energetske intenzivne industrije. Njihova dekarbonizacija ključna je za postizanje klimatske neutralnosti, ali iziskuje velika ulaganja, što stvara dodatni pritisak na poduzeća iz EU-a. To općenito stvara velik pritisak na konkurentnost energetske intenzivne industrije u EU-u u usporedbi sa zemljama koje imaju niže cijene energije i manje ambiciozan plan dekarbonizacije. Gubitak proizvodnje ključnih industrijskih proizvoda zbog tog pritiska oslabio bi lance opskrbe tehnologijama s nultom neto emisijom u EU-u, povećao ovisnost o uvozu i štetio prosperitetu EU-a.

U Draghijevu izvješću naglašava se važnost energetske intenzivne industrije za gospodarstvo EU-a i ističe golem izazov s kojim se te industrije suočavaju zbog potrebe za ulaganjem u dekarbonizaciju, rastućih cijena emisija ugljika i natjecanja na globalnim tržištima. U tom se pogledu u izvješću ističe nedostatak jednakih uvjeta, posebno u pogledu poduzeća koja primaju visoke subvencije u zemljama kao što je Kina, koja brzo širi svoju proizvodnju. Na temelju te analize u Draghijevu izvješću predlaže se pružanje koordinirane potpore energetske intenzivnim industrijama EU-a u njihovoj tranziciji, od izdavanja dozvola do financijske potpore, među ostalim stvaranjem potražnje za zelenim proizvodima kako bi se osigurao jasan poslovni model za ulaganja u čistu proizvodnju. S druge strane, u izvješću se savjetuje da se uvjeti izjednače s međunarodnim tržišnim natjecanjem, na temelju, primjerice, mehanizma EU-a za ugljičnu prilagodbu na granicama (CBAM)⁴⁵.

⁴² SL L, 2024/1735, 28.6.2024., članak 2. stavak 3.

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

⁴⁴ Mario Draghi, [Budućnost europske konkurentnosti](#), 2024.

⁴⁵ Ibid.

U planu za čistu industriju snažan naglasak stavlja se na podupiranje industrije EU-a i njezine konkurentnosti na putu prema dekarbonizaciji. Konkretno, Komisija će predložiti akt o ubrzavanju industrijske dekarbonizacije kako bi se pružila potpora industrijama u tranziciji stvaranjem vodećih tržišta za čiste proizvode i ubrzavanjem postupaka planiranja, nadmetanja i izdavanja dozvola za izgradnju ili transformiranje proizvodnih postrojenja, s posebnim naglaskom na energetske intenzivne industrijama. U novom Kompasu konkurentnosti planiraju se prilagođeni akcijski planovi za energetske intenzivne sektore, kao što su sektori čelika, metala i kemikalija, koji su okosnica europskog proizvodnog sustava. Osim toga, u Kompasu konkurentnosti predlažu se mjere za horizontalne pospješitelje konkurentnosti, među ostalim za pojednostavnjenje regulatornog okruženja i smanjenje regulatornog opterećenja industrije EU-a.

2.2.3. Ljudski kapital i vještine

Kvalificirana radna snaga temelj je kapaciteta EU-a za projektiranje, proizvodnju, izgradnju, povezivanje i održavanje tehnologija i infrastrukture čiste energije. Prema najnovijem izvješću IRENA-e, u sektoru energije iz obnovljivih izvora u EU-u 2023. bilo je zaposleno otprilike 1,8 milijuna osoba⁴⁶. Podaci industrijskih udruženja pokazuju da je krajem 2023. u sektoru solarne energije u EU-u bilo zaposleno otprilike 826 000 osoba (s 362 000 izravnih radnih mjesta), što je porast od 27 % u broju radnih mjesta u tom sektoru od 2022., pri čemu ih je 5 % bilo u proizvodnji⁴⁷. U sektoru dizalica topline u istoj je godini bilo gotovo 170 000 izravnih radnih mjesta, od čega 39 % u proizvodnji⁴⁸. Međutim, negativna kretanja 2024. i kasnije mogla bi utjecati na tržište rada u tom sektoru. U tom pogledu valja istaknuti ulogu koju tehnologije čiste energije imaju u proizvodnom segmentu, koji čini otprilike trećinu radnih mjesta u širem sektoru čiste energije. To ukazuje i na važnu ulogu tehnologija s nultom neto stopom emisija i njihove proizvodnje u zapošljavanju.

Iako se stanje 2024. donekle popravilo, nedostatak radne snage i dalje je razlog za zabrinutost. U trećem tromjesečju 2024. stopa slobodnih radnih mjesta u sektoru opskrbe energijom iznosila je 1,6 %, dok je ukupna stopa u gospodarstvu EU-a iznosila 2,3 %⁴⁹. Stopa poduzeća koja prijavljuju manjak radne snage u sektoru proizvodnje električne opreme smanjila se s 20 % u posljednjem tromjesečju 2023. na 15 % u posljednjem tromjesečju 2024.⁵⁰ U tom je pogledu starenje radne snage u mnogim državama članicama ključan čimbenik koji može pogoršati strukturni manjak radne snage u nadolazećim godinama⁵¹.

Provedbom više politika i inicijativa na različitim razinama već se doprinosi rješavanju problema nedostatka radne snage i vještina, ali potrebno je još više raditi na tome. Države članice pridaju veliku važnost prekvalifikaciji i preraspodjeli radnika po zanimanjima, sektorima i regijama. U mjeri u kojoj je to moguće, ciljevi i mjere u području vještina dio su politike istraživanja, inovacija i konkurentnosti u nacionalnim energetskim i klimatskim

⁴⁶ IRENA i ILO, *Renewable energy and jobs: Annual review 2024*, 2024.

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

⁴⁸ Europsko udruženje za dizalice topline, *European Heat Pump Market and Statistics Report 2024*, 2024.

⁴⁹ Eurostat ([jvs_q_nace2](#)), pristupljeno 13. veljače 2025.

⁵⁰ Europska komisija, GU ECFIN, [Baza podataka o istraživanjima o poslovanju i potrošačima, podaci o podsektorima](#). „Oznaka NACE 27: Proizvodnja električne opreme” korištena je kao zamjenska oznaka za industrijsku proizvodnju obnovljive energije jer su tom kategorijom obuhvaćene mnoge tehnologije čiste energije.

⁵¹ IEA, *World Energy Employment*, 2024.; Cedefop, *Electroengineering workers: Skills opportunities and challenges* (Radnici u području elektrotehnike: prilike i izazovi u pogledu vještina), 2023.

planovima⁵². Nakon Europske godine vještina 2023. program vještina i dalje je prioritet na razini EU-a. U akcijskom planu o manjku radne snage i vještina u EU-u iz 2024. utvrđene su nove mjere za EU, države članice i socijalne partnere za potporu usavršavanju i prekvalifikaciji, posebno u sektorima na koje utječu zelena i digitalna tranzicija⁵³. Uspostavljeni su tri velika partnerstva u okviru Pakta za vještine (o obnovljivim izvorima energije na moru, obnovljivim izvorima energije na kopnu i digitalizaciji energije) i tri akademije za vještine u području tehnologija s nultom neto stopom emisija (Akademija za baterije 2022., Akademija za solarnu energiju u lipnju 2024. i Akademija za sirovine u prosincu 2024.) kako bi se riješio problem nedostatka posebnih vještina u ključnim sektorima tehnologija čiste energije. Osim toga, planiraju se i akademije za tehnologiju vjetra i vodika.

Stoga je za konkurentnu industriju čiste energije i energetske tranziciju potrebna znatna, pojačana i ciljana koordinacija javnog i privatnog sektora kako bi se privukli radnici i osigurala njihova prekvalifikacija i usavršavanje radi osiguravanja dostatne radne snage. Bit će potrebno kontinuirano raditi na povećanju udjela žena u razvoju, proizvodnji i uvođenju tehnologija čiste energije, poticanju interesa mladih za zanimanja u području energetike i razvoju baze talenata u području čiste energije. U Kompasu konkurentnosti Komisija ističe potrebu za daljnjim mjerama za rješavanje problema nedostatka vještina i radne snage te navodi daljnje mjere za potporu industrijama obuhvaćenima kompasom. To će uključivati uspostavu unije vještina i ponovno usmjeravanje na financiranje vještina iz proračuna EU-a, s naglaskom na sektorima uključenima u zelenu i digitalnu tranziciju. Te će mjere biti posebno važne za tehnologije čiste energije i uspjeh energetske tranzicije.

2.3. Inovacijsko okruženje u sektoru čiste energije

2.3.1. Kretanja u području istraživanja i inovacija

EU je težio znanstvenoj i tehničkoj izvrsnosti u području tehnologija čiste energije, što je i postigao, ostvarivši time i tržišni uspjeh zahvaljujući prednosti zbog statusa predvodnika na tržištu. Međutim, posljednjih se godina ta konkurentna prednost smanjuje. Unapređivanjem istraživanja i inovacija, korištenjem vlastitih tržišta za prijenos tehnologije ili učenjem kroz praksu, ostala gospodarstva sustižu ili prestižu EU u pogledu kapaciteta za inovacije, što istodobno utječe na konkurentnost. Zbog toga je premošćivanje inovacijskog jaza jedno od triju potprograma Kompassa konkurentnosti, u kojem se utvrđuju mjere za jačanje uspješnosti EU-a u području inovacija.

S druge strane, EU i dalje ima snažnu osnovu za tehnologije čiste energije te je u mnogim sektorima i dalje u dobrom položaju. Međutim, EU zaostaje za SAD-om i Kinom u digitalnim područjima, i općenito i kad je riječ o njihovoj povezanosti s čistim tehnologijama.⁵⁴ S obzirom na horizontalnu važnost digitalizacije u svim tehnologijama, to utječe i na konkurentnost EU-a.

Razmatrajući potrošnju za istraživanje i inovacije u području tehnologija čiste energije kao udio u BDP-u u velikim gospodarstvima, EU ima visoku razinu javne potrošnje za istraživanje i inovacije, ali i relativno niže razine privatne potrošnje za istraživanje i inovacije. Najnoviji dostupni podaci pokazuju da je polovina država članica koje su već izvijestile o podacima za

⁵² Izvješća o nacionalnim energetskim i klimatskim planovima država članica, u kojima su dostavljene informacije.

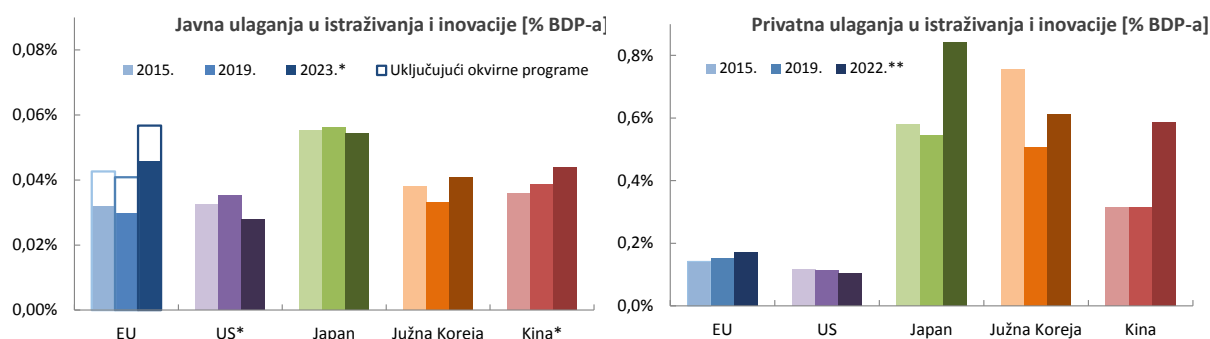
⁵³ COM(2024) 131 final.

⁵⁴ Europska komisija, Glavna uprava za istraživanje i inovacije, [Znanost, istraživanje i inovacije u EU-u 2024.](#), 2024.,

2023.⁵⁵ povećala javnu potrošnju za istraživanje i inovacije. Kad bi to djelomično izvješće bilo reprezentativno, a sve drugo ostalo jednako, dodatnih 0,7 milijardi EUR (povećanje od 9 %) bilo bi dodijeljeno za potporu prioritetima energetske unije u području istraživanja i inovacija⁵⁶.

Javna ulaganja u prioritete u području istraživanja i inovacija u području energetske unije stalno se povećavaju, a brojke koje su države članice prijavile 2022. bile su 23 % više nego 2021.⁵⁷ Otprilike polovina država članica koje su dostavile podatke⁵⁸ povećala je 2022. javna ulaganja u istraživanje i inovacije u okviru prioriteta energetske unije u odnosu na 2021. Uz sredstva EU-a, javna ulaganja prijavljena 2022. iznosila su više od 9 milijardi EUR. Prema tim podacima i procjenama za Kinu i SAD, EU je predvodnik među velikim gospodarstvima u javnoj potrošnji na istraživanje i inovacije u području tehnologija čiste energije, i u apsolutnom smislu i kad je riječ o udjelu u BDP-u (0,057 %, a slijedi Japan s 0,055 %).

Slika 2: Javna/privatna ulaganja u istraživanje i inovacije u okviru prioriteta istraživanja i inovacija u području energetske unije u velikim gospodarstvima kao udio u BDP-u



Izvor: JRC na temelju podataka IEA-e⁵⁹, Misija za inovacije⁶⁰, vlastita analiza⁶¹.

Najnovija povećanja znače da su ulaganja država članica od 2021. premašila najviše vrijednosti od prije deset godina, prije učinaka gospodarskog pada, i u nominalnom smislu i kad se uzme u obzir inflacija. U istom je razdoblju došlo do znatne promjene u udjelu javnih ulaganja u

⁵⁵ Pravodobne, pouzdane i usporedive informacije o kretanjima u području istraživanja i inovacija povezanim s tehnologijama čiste energije nisu lako dostupne. To je djelomično posljedica kasne dostupnosti određenih statističkih podataka, ali i toga što ne postoji uvijek jasna definicija predmetnih tehnoloških područja, koja su često obuhvaćena širim tematskim područjima, kao što su energetika, promet ili izgrađeni okoliš. Rasejkanost izvješćivanja otežava dosljedan uvid i jedno je od pitanja kojima je potrebno posvetiti pozornost radi poboljšanja praćenja i koordinacije u području istraživanja i inovacija. Vidjeti i SWD/2023/646 final.

⁵⁶ COM(2015) 80 final.

⁵⁷ Znatna udio povećanja 2021. i 2022. posljedica je promjene u izvješćivanju Španjolske i revizija koje je provela Francuska. Na te dvije države članice otpada dodatno ulaganje u istraživanje i razvoj od 1 milijarde EUR 2022. Francuska ima i velik udio u povećanju 2023. Izvor: Međunarodna agencija za energiju (IEA), [Energy Technology RD&D Budgets - Database documentation](#), 2024.

⁵⁸ Članice IEA-e su 22 države članice: AT, BE, CZ, DE, DK, EL, ES, FI, FR, HU, IE, IT, LT, LU, NL, PL, PT, SE, SK (države članice EL i LU ne izvješćuju, a za IT još uvijek nema podataka). Države članice BE, DE, EE, ES, FR, LT, IE, PL, PT i FI izvjestile su IEA-u o povećanju za 2022. Države članice AT, BE, FR, LT, IE i SK izvjestile su o povećanju za 2023.

⁵⁹ Prilagođeno iz: [baze podataka proračuna za istraživanje, razvoj i demonstraciju u području energetske tehnologije](#) Međunarodne agencije za energiju (IEA), 2024. Podaci o procjenama javnih ulaganja u istraživanje i inovacije za SAD, na temelju podataka iz izvora: IEA i Myslikova, Z., Gallagher, K. S., Zhang, F., Narassimhan, E., Oh S. i Chi, K., [Baza podataka o globalnoj javnoj potrošnji za istraživanje, razvoj i demonstraciju u području energetike](#), 2024.

⁶⁰ Misija za inovacije, [Country Highlights](#), 2020. Javna ulaganja u istraživanje i inovacije procijenjena za Kinu na temelju podnesaka za prethodne godine i dodatnih izvora.

⁶¹ Europska komisija, Zajednički istraživački centar, [Podaci o istraživanju i inovacijama iz informacijskog sustava plana SET](#); podaci o privatnim ulaganjima u istraživanje i inovacije temelje se na procjeni petogodišnjih kretanja.

istraživanje i inovacije u okviru prioriteta istraživanja i inovacija u području energetske unije. Područje nuklearne sigurnosti bilo je najprivlačnije za ulaganja, čineći gotovo trećinu javnih ulaganja u istraživanje i inovacije; posljednjih je godina održivi promet imao sličan udio, s naglaskom na tehnologijama baterija i vodika.

Javna ulaganja država članica dopunjuju se sredstvima EU-a. Okvirnim programom EU-a za istraživanje i inovacije Obzor Europa i dalje se podupiru tehnologije čiste energije i njihova konkurentnost. Na primjer, u okviru klastera 5 programa Obzor Europa „Klima, energija i mobilnost” uloženo je otprilike 320 milijuna EUR za istraživanje i inovacije u području solarnih fotonaponskih sustava, 70 milijuna EUR u geotermalnu energiju i više od 230 milijuna EUR u daljnji razvoj naprednih tehnologija u području održivih alternativnih goriva za zračni i pomorski prijevoz od 2021. do 2024. Programom Obzor Europa potiču se i privatna ulaganja u okviru europskih partnerstava, kao što su Partnerstvo za čisti vodik, BATT4EU i Partnerstvo za solarnu fotonaponsku industriju.

Privatnim ulaganjima i dalje se osigurava većina (više od tri četvrtine) financijskih sredstava za istraživanje i inovacije u području tehnologija čiste energije u EU-u i svim velikim gospodarstvima, pri čemu je udio ulaganja u BDP-u i dalje znatno viši u velikim azijskim gospodarstvima nego u EU-u i SAD-u. Većina privatnih ulaganja u istraživanje i inovacije u području tehnologija čiste energije u EU-u usmjerena je na održive prometne tehnologije. Automobilski sektor ima najveći udio u ulaganjima u industrijsko istraživanje i razvoj u EU-u. Globalni je predvodnik u ulaganjima u industrijsko istraživanje i razvoj, s osam puta većim ulaganjima u odnosu na industriju energije (čiste i druge tehnologije)⁶². Gotovo četvrtina aktivnosti tog sektora u području inovacija usmjerena je na održivije tehnologije, od kojih se, na primjer, više od trećine odnosi na elektromobilnost (uključujući baterije)⁶³.

U Draghijevu izvješću istaknuta je ključna uloga inovacija u povećanju produktivnosti te potreba za zajedničkim naporima kako bi se uklonile prepreke inovacijama i premostio jaz u području ključnih tehnologija u odnosu na Kinu i SAD. U tom se pogledu u izvješću naglašava da je prednost EU-a u području zelenih tehnologija pod sve većim pritiskom⁶⁴. S druge strane, analiza glavnih ulagača u istraživanje i razvoj u EU-u pokazuje da se povrat ulaganja u istraživanje i razvoj smanjuje, što upućuje na to da nije dovoljno samo poticati na ulaganja, a da se ne uzmu u obzir drugi čimbenici kao što je zadržavanje talenata⁶⁵. Neovisna stručna skupina kojom predsjeda Manuel Heitor utvrdila je 2024. niz mjera koje EU može poduzeti kako bi osigurao vodstvo u području istraživanja i inovacija te potporu konkurentnosti u tehnološkom okruženju koje se brzo mijenja. Riječ je o mjerama od povećanja financiranja i redefiniranja suradnje do restrukturiranja politika i instrumenata u području istraživanja i inovacija⁶⁶. Stalno praćenje uspješnosti i konkurentnog položaja u području istraživanja i inovacija pridonijet će provedbi promjena u praksi i, prema potrebi, procjeni učinka.

⁶² Europska komisija, Zajednički istraživački centar, [Pregled stanja ulaganja u industrijsko istraživanje i razvoj u EU-u za 2024.](#), 2024.

⁶³ Europska komisija, Zajednički istraživački centar, [Pregled stanja ulaganja u industrijsko istraživanje i razvoj u EU-u za 2023.](#), 2023.

⁶⁴ Mario Draghi, [Budućnost europske konkurentnosti](#), 2024.

⁶⁵ Europska komisija, Zajednički istraživački centar, [Pregled stanja ulaganja u industrijsko istraživanje i razvoj u EU-u za 2024.](#), 2024.

⁶⁶ Europska komisija: Glavna uprava za istraživanje i inovacije, [Uskladjivanje, djelovanje i ubrzanje – Istraživanje, tehnologija i inovacije za poticanje europske konkurentnosti](#), 2024.

Iako EU i dalje ostvaruje dobre rezultate, Kina sve više prednjači kad je riječ o rezultatima istraživanja u području čistih tehnologija. Kad je riječ o znanstvenim publikacijama, EU je specijaliziraniji od SAD-a, ali zaostaje iza Kine u području pametnog, zelenog i integriranog prometa te sigurne, čiste i učinkovite energije. Međutim, i dalje predvodi u specijalizaciji kad su znanstveni rezultati grupirani u okviru glavnog cilja održivog razvoja za priuštivu i čistu energiju⁶⁷.

Udio prijava patenata za tehnologije za ublažavanje klimatskih promjena u svim izumima bio je najveći 2011. Otad se usporedno s usporavanjem patentiranja u području klimatskih aktivnosti povećao broj prijava povezanih žigova, što upućuje na preusmjeravanje s istraživanja i inovacija na provedbu i uvođenje⁶⁸. EU je i dalje globalni predvodnik u broju prijava patenata visoke vrijednosti⁶⁹ u okviru prioriteta istraživanja i inovacija u području energetske unije za energiju iz obnovljivih izvora (29 %) i energetske učinkovitost (23 %). Na drugom je mjestu u području održivog prometa iza Japana, te iza SAD-a u području hvatanja, upotrebe i skladištenja ugljika (CCUS) i nuklearne sigurnosti, ali još uvijek zaostaje kad je riječ o pametnim sustavima. Nakon nekoliko godina prilagodbe prijava patenata za domaće tržište, Kina je sve više usmjerena na međunarodnu zaštitu inovacija u području čiste energije. Već prednjači u podnošenju prijava patenata visoke vrijednosti za pametne sustave (33 %) i poboljšava se u svim drugim područjima. Međutim, EU dosljedno održava specijaliziranost iznad globalnog prosjeka u području energije iz obnovljivih izvora, održivog prometa te hvatanja, upotrebe i skladištenja ugljika. EU također i dalje ima prednost u specijalizaciji u nekoliko tehnologija kao što su energija vjetra, vodik za promet i bioenergija.

Strateškim planom za energetske tehnologije (plan SET), glavnim instrumentom za provedbu potprograma za istraživanje, inovacije i konkurentnost energetske unije, države članice i Komisija surađuju međusobno i u partnerstvu s industrijom i istraživačkim institucijama na uspostavi zajedničkih istraživačkih i inovacijskih programa u području tehnologija s nultom neto emisijom. Nakon revizije plana SET 2023.⁷⁰ Aktom o industriji s nultom neto emisijom dodatno je ojačana uloga plana SET i njegove upravljačke skupine u podupiranju razvoja čistih, učinkovitih i troškovno konkurentnih energetske tehnologije koordinacijom i suradnjom⁷¹.

U 2023. i 2024. rad u okviru plana SET stalno je napredovao. Zahvaljujući tematskoj povezanosti radnih skupina u okviru plana SET, pojačao se zajednički rad u okviru plana SET, pri čemu su 2024. radne skupine najviše surađivale od početka provedbe plana SET. Na primjer, uspostavljena je bliska suradnja između skupine za energetske sustave i skupine za održivu i učinkovitu upotrebu energije u industriji. Radne skupine u okviru plana SET nastavljaju ažurirati i revidirati svoje planove provedbe za određene tehnologije. Na primjer, u području tehnologija istosmjerne struje (DC) 2024. objavljen je novi plan provedbe sustava niskonaponske istosmjerne struje (LVDC) radi razvoja i demonstriranja mikromreža LVDC-a u zgradama i industrijskim postrojenjima. U Izvješću o napretku u provedbi plana SET za

⁶⁷ Ibid.

⁶⁸ Cervantes, M. i dr., *Driving low-carbon innovations for climate neutrality*, OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, br. 143, 2023.

⁶⁹ JRC na temelju svih prijava uključenih u proljetno izdanje EPO-a Patstat 2024. Nalazi za posljednje tri godine s potpunim statističkim podacima (2018. – 2020.) kako bi se izbjeglo pogrešno prikazivanje kretanja zbog kašnjenja u stavljanju podataka na raspolaganje. Za više informacija vidjeti: [Pokazatelji na temelju patenata: glavni koncepti i dostupnost podataka](#).

⁷⁰ COM(2023) 634 final.

⁷¹ SL L, 2024/1735, 28.6.2024.

2024.⁷² detaljnije se opisuje najnoviji razvoj, među ostalim i vizija za geotermalni sektor do 2050., osmišljena u okviru plana.

Komisija je u svojem novom Kompasu konkurentnosti naglasila da je potrebno da istraživanje i inovacije, kao ključni pokretači konkurentnosti, postanu okosnica gospodarstva EU-a. U okviru mjera za smanjenje inovacijskog jaza Komisija će predstaviti Akt o europskom istraživačkom prostoru kako bi se povećala ulaganja u istraživanje i razvoj i postigao cilj od 3 % udjela u BDP-u. Osim toga, proširit će se Europsko istraživačko vijeće i Europsko vijeće za inovacije⁷³.

2.3.2. Kretanja ulaganja rizičnog kapitala

Financiranje poduzeća koja se bave čistom energijom ključno je za poticanje energetske otpornosti i tehnološke suverenosti EU-a. Rizični kapital, koji je u središtu ekosustava u okviru kojeg se financiraju inovativna *start-up* i *scale-up* poduzeća, ima ključnu ulogu u osiguravanju da EU iskoristi industrijske mogućnosti koje nude nove tehnologije čiste energije.

Razvoj ulaganja rizičnog kapitala u sektor čiste energije EU-a pokazatelj je rada EU-a na razvoju njegove industrije rizičnog kapitala, mobiliziranju javnih ulagača kako bi se premostili veliki nedostaci u financiranju i privlačenju drugih financijera, kao što su korporativni i institucionalni ulagači. EU ima najveći relativni udio rizičnog kapitala koji osigurava vlada (u usporedbi s ukupnim rizičnim kapitalom)⁷⁴, što ukazuje na važnu ulogu javnih ulaganja u usporedbi s privatnima.

Neujednačena kretanja u 2023. i 2024. odražavaju i mogućnosti i izazove za EU. Usred globalnog smanjenja financiranja rizičnim kapitalom 2023. EU je dokazao da ima kapacitet za privlačenje ugovora koji omogućuju strateški rast za velika postrojenja za proizvodnju baterija i čelika proizvedenog uporabom vodika. Ti su iznimni ugovori potaknuli povećanje ulaganja rizičnog kapitala u tehnologije čiste energije u EU-u, koja su 2023. dosegnula 9,2 milijarde EUR (+ 20 % u odnosu na 2022.)⁷⁵.

Trajno nepovoljno makroekonomsko okruženje dovelo je 2024. do smanjenja sklapanja ugovora i znatnog pada ukupnih ulaganja rizičnog kapitala u EU-u. Taj nagli pad (-34 % u odnosu na 2023.) upućuje na znatno oslanjanje na vrlo mali broj velikih ugovora (financiranje rizičnim kapitalom u vrijednosti višoj od 1 milijarde EUR). Tri su poduzeća 2023. prikupila te iznose, koji su zajedno činili 43 % ukupnih ulaganja rizičnog kapitala u tehnologije čiste energije u EU-u. Među njima je švedski proizvođač baterija Northvolt koji je u studenom 2024. podnio zahtjev za zaštitu od stečaja, što ukazuje na izazove povezane s brzim povećanjem proizvodnje. Ovisnost o velikim ugovorima bila je još izraženija 2024., kad je sklopljen samo

⁷² Europska komisija, Zajednički istraživački centar, Kuzov, T., Letout, S., Georgakaki, A., Volt, S., Tumara, D., Martinez Castilla, G., Lauritzen, A., Sobczak, A., Paunescu, G., Fromentin, M., Degiorgis, E., Volkanovski, A., Tzimas, E., [Izvišće o napretku u provedbi plana SET](#), 2024.

⁷³ [Političke smjernice za sljedeću Europsku komisiju 2024. – 2029.](#); COM(2025) 30 final.

⁷⁴ Europska komisija, [Uspješnost EU-a u području znanosti, istraživanja i inovacija – konkurentna Europa za održivu budućnost](#), 2024.

⁷⁵ Odabir JRC-a na temelju vertikala i detaljnih analiza platforme PitchBook (provedeno za CETO) i pregled konkurentnosti europske klimatski neutralne industrije. Za više pojedinosti vidjeti Europska komisija: JRC, Georgakaki, A., Taylor, N., Ince, E., Koukoufikis, G., Kuokkanen, A., Kuzov, T., Letout, S., Mountraki, A., Murauskaite-Bull, I., Mancini, L., Miletic, M., Pennington, D., Ozdemir, E. i Terça, G., CETO, [Opća strateška analiza tehnologije čiste energije u Europskoj uniji](#), 2024.

jedan ugovor takve vrste, u vrijednosti od 2,4 milijarde EUR, koji je sam činio 39 % ulaganja rizičnog kapitala u tehnologije čiste energije u EU-u⁷⁶.

Zbog tih velikih ugovora 2023. zabilježen je najmanji investicijski jaz između EU-a, koji je povećao udio tehnologija čiste energije u ukupnim ulaganjima rizičnog kapitala, te SAD-a i Kine, u kojima su se ulaganja rizičnog kapitala smanjila. Kako je EU povećao udio, 2023. činio je 28 % globalnih ulaganja rizičnog kapitala u tehnologije čiste energije te se nalazio iza SAD-a (30 %) i ispred Kine (24 %). Taj je udio 2024. ostao relativno stabilan.

Općenito, pristup financiranju i dalje je ključna prepreka za većinu poduzeća iz EU-a koja razvijaju i proizvode tehnologije čiste energije. Bit će potrebno replicirati uspješne primjere, među ostalim i u drugim tehnologijama u kojima EU trenutačno još uvijek zaostaje.

Istodobno su se u EU-u povećala ulaganja rizičnog kapitala u solarne fotonaponske tehnologije, koja su činila 20 % ukupnih ulaganja na svjetskoj razini u razdoblju od 2021. do 2023. Međutim, tim su se ulaganjima uglavnom poduprli integratori solarnih rješenja te ona nisu pridonijela razvoju domaće proizvodnje solarnih modula. Kineska poduzeća prikupila su 2,7 puta više ulaganja rizičnog kapitala od poduzeća iz EU-a, koja su većinom bila usmjerena na *scale-up* poduzeća koja razvijaju i proizvode nove vrste solarnih ćelija i modula.

EU je od 2021. do 2023. činio i 15 % globalnih ulaganja rizičnog kapitala u tehnologije vodika. Međutim, njegov je položaj oslabljen smanjenjem ulaganja rizičnog kapitala 2023. i nizom većih ugovora s kineskim proizvođačima gorivnih ćelija 2021. i 2022. te proizvođačima elektrolizatora iz SAD-a 2023. *Start-up* poduzeća iz SAD-a koja razvijaju tehnologije elektrolizatora napredovala su 2023. te su prikupila osam puta više rizičnog kapitala od konkurenata iz EU-a za povećanje svojih proizvodnih kapaciteta, smanjenje troškova proizvodnje i potrebe prekomorskih tržišta.

Sjevernoamerička *start-up* poduzeća tradicionalno prevladavaju u svim drugim tehnologijama s nultom neto emisijom i privukla su većinu povezanih ulaganja rizičnog kapitala. To se odnosi na hvatanje, upotrebu i skladištenje ugljika, koncentriranu solarnu energiju, geotermalnu energiju, hidroenergiju, nuklearnu energiju, obnovljiva goriva nebiološkog podrijetla i tehnologije održivih alternativnih goriva, pri čemu EU dosljedno ima male udjele u ukupnim ulaganjima rizičnog kapitala ostvarenima u tim područjima na globalnoj razini.

Međutim, EU je razvio važnu bazu pothvata u području bioenergije, punjenja električnih vozila, dizalica topline, skladištenja nove energije te tehnologija za korištenje energije oceana, solarne toplinske energije i energije vjetra. Oni zajedno čine 18,5 % ulaganja rizičnog kapitala (pri čemu se pola odnosi na punjenje električnih vozila) u tehnologije s nultom neto emisijom u EU-u od 2021. do 2023. EU je 2023. imao najveći udio u ukupnim svjetskim ulaganjima u svaku od tih tehnologija i bio na istoj razini kao SAD. Unatoč povećanim razinama ulaganja od 2021., poduzećima iz EU-a koja razvijaju takve tehnologije i komponente i dalje nedostaju veći ugovori koji bi im omogućili stjecanje konkurentne prednosti i osigurali potporu za uvođenje tih tehnologija u širim razmjerima.

Postoji nekoliko instrumenata financiranja sredstvima EU-a kojima se potiču ulaganja u inovativnu čistu tehnologiju, kao što su Inovacijski fond, InvestEU, program Europskog vijeća za inovacije (EIC) za ulaganje rizičnog kapitala, Fond EIC-a. Nakon što je 2024. stupila na

⁷⁶ Na temelju podataka platforme PitchBook, djelomičnih podataka za 2024. preuzetih u siječnju 2025. te na temelju odabira JRC-a za CETO.

snagu, Platforma za stratešku tehnologiju za Europu (STEP) podupire ulaganja u *start-up* poduzeća, MSP-ove i mala poduzeća srednje tržišne kapitalizacije u EU-u koji razvijaju i proizvode ključne tehnologije čiste energije⁷⁷.

Za iskorištavanje punog potencijala poduzetničkog ekosustava EU-a za čistu energiju potrebno je ukloniti prepreke ulaganjima i ostvariti ciljne javne intervencije⁷⁸. U Draghijevu izvješću utvrđeno je da je nedovoljno razvijeno tržište poduzetničkog kapitala jedna od prepreka čistim tehnologijama u EU-u te se poziva na poticanje privatnih ulaganja⁷⁹. Kako se predlaže u izvješću, povećanje ulaganja u tehnologiju čiste energije podrazumijeva povećanje i racionalizaciju proračuna na razini EU-a te uspostavu programa financiranja za potporu privatnim i rizičnijim ulaganjima u inovativna poduzeća kako bi se mogao povećati broj strateških poduzeća ili dugoročnih tranzicijskih projekata EU-a.

U političkim smjernicama Komisije potvrđuje se potreba za daljnjim mjerama u pogledu javnih ulaganja i za smanjenjem rizika privatnog kapitala. Posebno je važno bankama i ulagačima olakšati financiranje brzorastućih poduzeća, kao i financiranje takvih poduzeća rizičnim kapitalom. Komisija će na temelju Lettina izvješća⁸⁰ predložiti europsku uniju za štednju i ulaganja, uključujući bankarstvo i tržišta kapitala⁸¹. Daljnji razvoj bankarskog tržišta i tržišta kapitala u EU-u bitan je preduvjet za omogućivanje dodatnih izvora financiranja, poticanje prekograničnih ulaganja i privlačenje ulaganja u rastuća poduzeća poboljšanjem izlaznih opcija ulagača.

Kako bi se osiguralo da financijski tokovi budu na razini potrebnoj za smanjenje investicijskog jaza u EU-u, tehnologije čiste energije morat će se smatrati strateškim prioritetom. U tom je pogledu Komisija u sklopu sljedećeg višegodišnjeg financijskog okvira najavila osnivanje Europskog fonda za konkurentnost kako bi se mobilizirala ulaganja u čiste i strateške tehnologije. Posebnom strategijom EU-a za *start-up* i *scale-up* poduzeća uklonit će se prepreke koje otežavaju osnivanje i rast novih poduzeća⁸².

3. OCJENA KONKURENTNOSTI EU-A U PODRUČJU TEHNOLOGIJA S NULTOM NETO STOPOM EMISIJA

3.1. Solarni fotonaponski sustavi

Solarni fotonaponski sustavi najbrže su rastuća tehnologija za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora. EU je 2024. postigao dobar napredak u ostvarivanju cilja strategije EU-a za solarnu energiju od 600 GWac (~ 720 GWp) instaliranog fotonaponskog kapaciteta do 2030.⁸³ Na temelju preliminarnih podataka za 2024. godišnji se rast usporio, no instalirani su se kapaciteti unatoč tome znatno povećali, s više od 56 GWp u 2023. na 63 GWp u 2024. U obje je godine EU bio na drugom mjestu iza Kine (374 GWp 2024.), a slijedio ga je SAD

⁷⁷ SL L, 2024/795, 29.2.2024. Za više informacija vidjeti: <https://strategic-technologies.europa.eu>.

⁷⁸ Europska investicijska banka, [Nedostatak financiranja za scale-up poduzeća](#), 2024.

⁷⁹ Mario Draghi, [Budućnost europske konkurentnosti](#), 2024.

⁸⁰ Enrico Letta, [Više od tržišta](#), 2024.

⁸¹ Za više informacija vidjeti: [Poziv na očitovanje o europskoj uniji za štednju i ulaganja](#).

⁸² COM(2025) 30 final.

⁸³ COM(2022) 221 final.

(45 GWp 2024.)⁸⁴. U većini zemalja troškovi proizvodnje električne energije iz fotonaponskih sustava sad su niži od onih za alternativna rješenja koja se temelje na fosilnim gorivima⁸⁵.

U Aktu o industriji s nultom neto stopom emisija upućuje se na cilj Europskog saveza za solarnu fotonaponsku industriju da se do 2025. dosegne godišnji kapacitet od 30 GWp za proizvodnju solarne fotonaponske energije u cijelom vrijednosnom lancu⁸⁶. Taj je cilj već premašen za invertere (82 GWp 2023.⁸⁷) i blizu je ostvarenja za polisilicij (29 GWp 2024.). Međutim, situacija je drukčija za druge dijelove lanca vrijednosti. Trenutačni kapacitet za fotonaponsku proizvodnju ingota i poluvodičkih pločica u EU-u manji je od 1 GWp, dok je za ćelije i module manji od 3 GWp⁸⁸, uz naznake da je stvarna proizvodnja ćelija i modula 2023. iznosila otprilike 2 GWp⁸⁹. EU općenito uvelike ovisi o uvozu fotonaponskih sustava iz Kine, u kojoj se nalazi 91 % proizvodnih postrojenja puštenih u rad. S druge strane, pojedinačni udio EU-a, SAD-a i Indije iznosi 1 %⁹⁰.

Procjenjuje se da je trošak proizvodnje fotonaponskog modula otprilike 60 % veći u EU-u nego u Kini⁹¹. Te razlike proizlaze iz većih ulaganja, troškova rada i energije te nižih razina proizvodnje i nedostatka vertikalne integracije. Dodatni izazovi za europske proizvođače su visoke razine zaliha i prekomjerna ponuda iz Kine, što je dovelo do naglog pada cijena modula na promptnom tržištu, koje su se u siječnju 2025. smanjile na 0,105 EUR/Wp, što je smanjenje od više od 25 % u odnosu na prethodnu godinu⁹². Iako se time potiče uvođenje, to stvara velik pritisak na proizvođače. Postrojenja u kojima se proizvode ćelije i moduli imaju niske prosječne stope iskorištenosti, od otprilike 50 % na globalnoj razini⁹³.

Općenito, proizvođači fotonaponskih sustava iz EU-a teško se natječu na globalnoj razini, posebno u pogledu cijena. Koncentracija kapaciteta za proizvodnju fotonaponskih sustava u jednoj zemlji, Kini, stvara rizike za otpornost lanca vrijednosti i stabilnost cijena⁹⁴. EU i dalje ima važnu ulogu u istraživanju i inovacijama u području solarnih fotonaponskih sustava, posebno u području posebnih primjena kao što su fotonaponske tehnologije integrirane u zgrade, poljoprivredne objekte, infrastrukturu ili vozila⁹⁵.

Kako bi EU postao konkurentan u proizvodnji fotonaponskih sustava, trebao bi proširiti inovativne tehnologije u velikim tvornicama s kapacitetom proizvodnje u gigavatima, integriranim u cijelom vrijednosnom lancu. Europskom poveljom o solarnoj energiji⁹⁶, potpisanom u travnju 2024., Komisija, 23 države članice i predstavnici industrije obvezali su se na niz dobrovoljnih mjera za potporu sektoru proizvodnje fotonaponskih sustava u EU-u.

⁸⁴ Jaeger-Waldau, A., *Snapshot of Photovoltaics*, 2025. (u pripremi).

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

⁸⁶ SL L, 2024/1735, 28.6.2024., uvodna izjava 16.

⁸⁷ Solar Power Europe, [Inverter Explained 2.0](#), lipanj 2024.

⁸⁸ Europska komisija, JRC, Chatzipanagi, A., Jaeger-Waldau, A., Letout, S., Mountraki, A., Gea Bermudez, J., Georgakaki, A., Ince, E. i Schmitz, A., CETO, [Fotonaponska tehnologija u Europskoj uniji](#), 2024.

⁸⁹ ESMC, [Dopis Europskoj komisiji](#), siječanj 2024.

⁹⁰ CETO, [Fotonaponska tehnologija u Europskoj uniji](#), 2024.

⁹¹ IEA, *Renewables 2023 - Analysis and forecast to 2028*, 2024.

⁹² PV Exchange, [Solar Market Analysis January 2025 - PV module prices at crossroads](#), 2025.

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

⁹⁴ [Europska povelja o solarnoj energiji](#), 2024.

⁹⁵ CETO, [Fotonaponska tehnologija u Europskoj uniji](#), 2024.

⁹⁶ [Europska povelja o solarnoj energiji](#), 2024.

3.2. Solarna toplinska energija

Strategijom EU-a za solarnu energiju⁹⁷ utvrđen je cilj da se potražnja za solarnom toplinskom energijom utrostruči od 2022. do 2030. Međutim, taj je sektor dosad ograničeno napredovao te se 2023. i 2024. suočavao s više izazova. Ulaganja su se usporila zbog konkurencije fotonaponskih sustava i dizalica topline kao alternativnog rješenja za obnovljive izvore energije te utjecaja jeftinijeg plina i promjena u poticajima za uvođenje⁹⁸. EU je 2023. dodao 1,3 GWth kapaciteta solarne toplinske energije, što je 24 % manje u odnosu na 2022. Posljedično neto povećanje kapaciteta od 1,3 % (uključujući stavljanje starijih sustava izvan rada) znatno je ispod stope potrebne za utrostručenje kapaciteta do 2030.⁹⁹

Na globalnom tržištu također je zabilježen pad jer je 2023. instalirano 21 GWth novih kapaciteta u usporedbi s 23 GW 2022¹⁰⁰. Ohrabrujuće je to da je segment toplinske energije iz industrijskih procesa ostvario trostruki rast na globalnoj razini u odnosu na prethodnu godinu te je 2023. dosegno ukupni kapacitet od 0,95 GWth. To je uključivalo novu najveću solarnu toplinsku elektranu u EU-u (kapaciteta 30 MWth i s kapacitetom skladištenja od 68 MWh) u Španjolskoj. Kad je riječ o koncentriranoj solarnoj energiji, nije došlo do povećanja proizvodnog kapaciteta u EU-u, koji je gotovo nepromijenjen od 2013. (taj kapacitet iznosi 2,30 GW i gotovo se sav nalazi u Španjolskoj)¹⁰¹. U međuvremenu je Kina postala vodeći svjetski proizvođač koncentrirane solarne energije, s operativnim kapacitetom od 1 GW i dodatnim kapacitetom u razvoju od 2 GW¹⁰².

EU ima snažan proizvodni sektor za solarne toplinske grijače vode i procijenjeno je da pokriva do 90 % domaće potražnje, što je znatno iznad referentne vrijednosti za proizvodnju iz Akta o industriji s nultom neto stopom emisija. Unatoč konsolidaciji tijekom posljednjeg desetljeća, posebno u Njemačkoj i Španjolskoj, taj sektor i dalje uključuje niz raznih sudionika koji nude različite proizvode. Grčki proizvođači termosifonskih sustava uspjeli su iskoristiti snažan rast tržišta, među ostalim uz znatan izvoz¹⁰³. Nekoliko poduzeća iz EU-a ulazi na tržište velikih postrojenja za centralizirano grijanje i industrijsku solarnu toplinsku energiju, za koje se očekuje da će u sljedećem desetljeću znatno rasti. Podaci o trgovini solarnim i neelektričnim grijačima vode upućuju na znatan rast uvoza, iako je EU 2023. zadržao ukupnu pozitivnu trgovinsku bilancu od 27 milijuna EUR¹⁰⁴.

Solarna toplinska tehnologija dokazala se kao dobra opcija za dekarbonizaciju, ali tek treba vidjeti može li ostvariti znatan tržišni udio. Solarna toplinska energija trenutačno pokriva samo 0,9 % globalne potražnje za toplinskom energijom¹⁰⁵. Ujednačeni trošak solarne toplinske energije može biti konkurentan konvencionalnim izvorima, posebno u područjima s dobrim solarnim resursima. Međutim, solarna toplinska tehnologija često se ugrađuje u sustav s drugim izvorom topline, dok dizalice topline mogu biti samostalna rješenja za mnoge primjene.

⁹⁷ COM(2022) 221.

⁹⁸ EurObserv'ER, Barometar solarne toplinske energije i koncentrirane solarne energije, 2024.

⁹⁹ Ibid.

¹⁰⁰ Weiss, W., Spörk-Dür, M., *Solar Heat Worldwide*, 2024.

¹⁰¹ Eurostat ([nrg_inf_epcrw](#)), pristupljeno 12. veljače 2025., i Europska komisija, JRC, Carlsson, J., Taylor, N., Georgakaki, A., Letout, S., Mountraki, A., Ince, E., Schmitz, A. i Gea Bermudez, J., CETO, [Solarna toplinska energija u Europskoj uniji](#), 2024.

¹⁰² REN21, Skup izvješća o energiji iz obnovljivih izvora na globalnoj razini za 2024.: opskrba energijom, 2024.

¹⁰³ EurObserv'ER, barometar solarne toplinske energije i koncentrirane solarne energije, 2023.

¹⁰⁴ CETO, [Solarna toplinska energija u Europskoj uniji](#), 2024.

¹⁰⁵ IEA, *Renewables 2023*, 2024.

Koordinirana djelovanja i jasni planovi za usmjeravanje rasta prema ostvarenju cilja za 2030. donijeli bi koristi za sektor solarne toplinske energije.

Poduzeća iz EU-a u dobrom su položaju kao dobavljači tehnologije, ali potrebno je kontinuirano raditi na normizaciji i razvoju mreže instalatera sa stručnim znanjem o isplativim rješenjima, uključujući hibridizaciju s drugim tehnologijama za proizvodnju energije iz obnovljivih izvora. Kad je riječ o koncentriranoj solarnoj energiji, procvat tržišta EU-a uvelike će ovisiti o prijedlogu Španjolske da se do 2030. doda 2,5 GW¹⁰⁶. Normizacija projektiranja i proizvodnje također bi bila ključna za postizanje konkurentnih razina troškova.

3.3. Energija vjetra na kopnu i moru

EU je predvodnik u globalnoj industriji energije vjetra i dosad je imao snažan položaj. Međutim, njegova je konkurentnost sve više pod pritiskom Kine. Energija vjetra ima ključnu ulogu u energetskej tranziciji EU-a jer je do 2023. instalirano 219 GW kapaciteta energije vjetra, od toga 91 % na kopnu i 9 % na moru¹⁰⁷. U 2023. instalirano je 16,8 GW novih kapaciteta, od čega 83 % u vjetroelektranama na kopnu i 17 % na moru¹⁰⁸. Ta kretanja upućuju na brži tempo instaliranja (2022. ukupno je instalirano 15,5 GW kapaciteta), a 2023. bila je rekordna godinu u smislu broja instalacija na godišnjoj osnovi. Preliminarni podaci za 2024. pokazuju da je u EU-u instalirano dodatnih 13,6 GW kapaciteta energije vjetra, od čega 10,7 GW na kopnu i 2,9 GW na moru¹⁰⁹.

Aktom o industriji s nultom neto stopom emisija EU je utvrdio cilj da se do 2030. postigne proizvodni kapacitet za energiju vjetra od najmanje 36 GW.¹¹⁰ EU je 2024. činio 12,6 % globalne proizvodnje lopatica (~ 25 GW), 12,5 % globalnih kapaciteta za sastavljanje lopatica (~ 35 GW) i 21,8 % proizvodnje stupova (~ 38 GW)¹¹¹. Poduzeća iz EU-a na globalnoj su razini 2023. isporučila vjetroturbine kapaciteta većeg od 27 GW¹¹². Međutim, udio proizvođača iz EU-a na globalnom tržištu smanjio se s 30 % 2022. na 23 % 2023., dok se udio kineskih proizvođača povećao s 46 % na 55 %. Na europskom tržištu i dalje prevladavaju poduzeća iz EU-a te je njihov tržišni udio 2023. bio 89 %. Da bi se zadovoljila buduća potražnja, proizvodni kapacitet EU-a morat će se povećati na temelju očekivane povećane stope instalacije. To je ključno kako bi se smanjili kapitalni izdaci za nova postrojenja, osiguralo da ponuda zadovoljava potražnju po konkurentnim cijenama i izbjegla uska grla u opskrbi ili povećanja troškova.

Glavni izazovi za poduzeća iz EU-a naročito su povezani s velikom konkurencijom iz Kine. Kineski proizvođači mogu ponuditi mnogo niže cijene od europskih konkurenata, pri čemu su turbine izvezeno iz Kine otprilike 32 % jeftinije od turbina njihovih konkurenata¹¹³ unatoč globalnom povećanju cijena vjetroturbina i njihovih komponeneta za otprilike 26 % u odnosu

¹⁰⁶ Španjolska vlada, Integrirani nacionalni energetski i klimatski plan, ažuriran za razdoblje 2023. – 2030., 2024.

¹⁰⁷ Eurostat ([nrg_inf_epcrw](#)), pristupljeno 12. veljače 2025.

¹⁰⁸ Eurostat ([nrg_inf_epc](#)), pristupljeno 12. veljače 2025.

¹⁰⁹ JRC na temelju podataka GWEC-a i društva Rystad, 2025.

¹¹⁰ SL L, 2024/1735, 28.6.2024., uvodna izjava 16.

¹¹¹ JRC na temelju podataka društava BloombergNEF i Rystad.

¹¹² Europska komisija, JRC, Mc Govern, L., Tapoglou, E., Georgakaki, A., Mountraki, A., Letout, S., Ince, E., Gea Bermudez, J., Schmitz, A. i Grabowska, M., CETO, [Energija vjetra u Europskoj uniji](#), 2024.

¹¹³ BloombergNEF, *Wind Turbine Price Index 2H 2024*, 27. prosinca 2024.

na razine prije pandemije¹¹⁴. To bi moglo stvoriti nejednake uvjete za poduzeća iz EU-a i ugroziti njihovu buduću konkurentnost na globalnom tržištu.

Budući da se makroekonomsko okruženje poboljšalo, ponovno se počelo ulagati u energiju vjetra¹¹⁵, uz rekordna ulaganja u EU-u u iznosu od 48 milijardi EUR 2023. (u usporedbi s ulaganjem manjim od 20 milijardi EUR 2022.). Ulaganja u energiju vjetra na kopnu 2023. iznosila su otprilike 18 milijardi EUR i ostala su na razini usporedivoj s onom iz 2022., dok su se ulaganja u energiju vjetra na moru povećala s 0,4 milijarde EUR uloženi 2022. na 30 milijardi EUR 2023.

Globalna industrija energije vjetra u velikoj se mjeri oslanja na složene lance opskrbe, koji mogu biti osjetljivi na poremećaje, trgovinske napetosti i nestašice kritičnih sirovina. Postoji velika potreba za materijalima kao što su bakar i čelik jer se upotrebljavaju u raznim dijelovima turbina, kao što su generatori, tornjevi, lopatice i mjenjači. Posebno zabrinjava snažna ovisnost o rijetkim zemnim metalima iz Kine¹¹⁶, koji su ključni za proizvodnju trajnih magneta za vjetroturbine. Slabosti postoje i kad je riječ o sastavnim dijelovima i podkomponentama, kao što su generatori, što povećava rizik od poremećaja u lancu opskrbe. Nabava materijala i sastavnih dijelova može se koncentrirati u nekoliko zemalja, što može stvoriti rizike u lancu opskrbe zbog geopolitičkih ovisnosti, naglašavajući potrebu za diversificiranim i otpornim lancima opskrbe kako bi se podržao rast vjetroenergetske industrije.

Europskim akcijskim planom za energiju vjetra Komisija je predložila mjere za potporu konkurentnosti industrije proizvodnje energije vjetra u EU-u¹¹⁷. Jedna od povezanih inicijativa, Europska povelja o energiji vjetra¹¹⁸, potpisana je u prosincu 2023. Povelja okuplja 26 država članica koje su se obvezale poduprijeti sektor energije vjetra u EU-u, među ostalim povećanjem proizvodnih kapaciteta u EU-u te poboljšanjem i pojednostavnjenjem postupka dražbe i izdavanja dozvola. Bit će potrebna kontinuirana potpora uvođenju energije vjetra, uključujući brže izdavanje dozvola, vidljivost portfelja projekata i ulaganja u mrežu, kako bi se privukla daljnja ulaganja u vjetroelektrane i osiguralo da industrija energije vjetra u EU-u može iskoristiti mogućnosti koje nudi globalno širenje energije vjetra.

3.4. Energija oceana

Energija oceana uključuje više tehnologija, a najnaprednije su energija plime i oseke i energija valova. Iako su neke od tih tehnologija dosegnule visoke razine tehnološke spremnosti, tehnologije energije oceana još se ne primjenjuju na industrijskoj razini.

EU je predvodnik u razvoju tehnologija energije oceana, posebno u području energije plime i oseke te energije valova. Međutim, suočava se sa sve većom konkurencijom drugih velikih gospodarstava, kao što su SAD i Kina. SAD je u posljednjih pet godina uložio 546 milijuna EUR¹¹⁹ u energiju oceana. Na tom je tržištu 2023. i 2024. postignuta rekordna razina financiranja i interesa. Privremeni podaci za 2024. pokazuju da je u Europi 2024.

¹¹⁴ BloombergNEF, *Rising costs dampen the outlook for offshore wind*, 3. srpnja 2024.

¹¹⁵ Rystad i WindEurope, izvješće: [Rebound in wind energy financing in 2023 shows that the right policies attract investors](#), 21. ožujka 2024.

¹¹⁶ Europska komisija, Glavna uprava za unutarnje tržište, industriju, poduzetništvo te male i srednje poduzetnike, [Studija o kritičnim sirovinama za EU, 2023.: završno izvješće](#), 2023.

¹¹⁷ COM(2023) 669 final.

¹¹⁸ [Europska povelja o energiji vjetra](#), 2023.

¹¹⁹ Prema prosječnom deviznom tečaju od 0,9239 EUR za 1 USD za 2024. na temelju podataka [ESB-a](#).

instalirano najmanje 1 230 kW novih kapaciteta za energiju oceana¹²⁰. U EU-u je 2022. instalirano 878 kW, a 2023. 250 kW¹²¹. Nacionalna potpora prihodima (npr. ugovori za razlike ili zajamčene cijene) te financiranje sredstvima EU-a i nacionalnim sredstvima bili su glavni pokretači u razdoblju 2023./2024. za privlačenje privatnih ulaganja i poticanje razvoja tih projekata u Europi. Predstavnici industrije očekuju portfelj projekata u okviru kojeg će se instalirati kapacitet od 165 MW u 15 pilot-elektrana i pretkomercijalnih elektrana¹²². Među državama članicama, Francuska, Danska i Nizozemska imaju većinu kumulativnog instaliranog kapaciteta za energiju plime i oseke, dok Portugal i Španjolska predvode u uvođenju uređaja za energiju valova.

Industrija EU-a ima vodeću ulogu u razvoju tog sektora jer 41 % poduzeća koja razvijaju uređaje za energiju plime i oseke i 52 % poduzeća koja razvijaju uređaje za energiju valova imaju sjedište u EU-u¹²³. Mjenjači, generatori i kontrolni sustavi proizvode se uglavnom u Europi, a procjenjuje se da će projekti osigurati najmanje 415 radnih mjesta u ekvivalentu punog radnog vremena u EU-u. Na globalnoj razini EU je s udjelom od 20 % izuma visoke vrijednosti na drugom mjestu, iza Kine (32 %) ¹²⁴.

Glavni izazov i dalje je visok trošak kapitala koji usporava ulaganja i uvođenje kapaciteta za energiju oceana, s popratnim učinkom na industrijalizaciju. U Strateškom planu za energetske tehnologije (plan SET) previđeni su ciljevi u tom pogledu, koji uključuju smanjenje troškova proizvodnje na 0,10 EUR/kWh za energiju plime i oseke te na 0,15 EUR/kWh za energiju valova do 2030¹²⁵. To bi se posebno trebalo postići dražbama za pojedine tehnologije za pilot-elektrane i pretkomercijalne elektrane, kojih u nekim državama članicama još uvijek nedostaje. Za provedbu portfelja projekata i postizanje tog cilja potrebni su instrumenti za smanjenje rizika od ulaganja. Takvi bi instrumenti mogli uključivati kreditna jamstva za prve pretkomercijalne elektrane kako bi se smanjio trošak kapitala, privukli ulagači i ubrzalo uvođenje. Time će se potaknuti ekonomija razmjera i dodatno smanjiti troškovi, kao što je to već bio slučaj s postojećim obnovljivim izvorima energije.

3.5. Skladištenje baterija i energije

Cilj Europe da bude predvodnik u globalnom prelasku na čistu energiju ovisi o njezinoj sposobnosti da brzo i u velikim razmjerima razvije, proizvede i integrira napredne baterijske tehnologije. Aktom o industriji s nultom neto stopom emisija utvrđen je cilj postizanja kapaciteta EU-a za proizvodnju baterija od najmanje 550 GWh do 2030.¹²⁶

Na početku 2024. činilo se da je EU na dobrom putu da ostvari ciljeve za 2030. Međutim, švedsko poduzeće Northvolt podnijelo je u studenom 2024. zahtjev za zaštitu od stečaja. Procjene pokazuju da je otprilike 616 GWh planiranoga proizvodnog kapaciteta u Europi otkazano, odgođeno ili smanjeno, što bi moglo ugroziti ostvarivanje ciljeva za 2030.¹²⁷ Zbog toga je udio EU-a u globalnoj operativnoj proizvodnji baterija od 7 % u 2024. niži od

¹²⁰ Preliminarni podaci organizacije Ocean Energy Europe.

¹²¹ Eurostat ([nrg_inf_epc](#)), pristupljeno 12. veljače 2025.

¹²² ETIP Ocean, *Strategic Research and Innovation Agenda for Ocean Energy*, 2024.

¹²³ Europska komisija, JRC, Tapoglou, E., Mc Govern, L., Georgakaki, A., Mountraki, A., Letout, S., Ince, E., Gea Bermudez, J., Schmitz, A. i Grabowska, M., CETO, [Energija oceana u Europskoj uniji](#), 2024.

¹²⁴ CETO, [Energija oceana u Europskoj uniji](#), 2024.

¹²⁵ Plan SET, [Plan provedbe za energiju oceana](#), 2021.; CETO, [Energija oceana u Europskoj uniji](#), 2024.

¹²⁶ SL L, 2024/1735, 28.6.2024, uvodna izjava 16.

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

prethodnih procjena. S druge strane, očekuje se da će se ukupna globalna proizvodnja u sljedećih pet godina povećati gotovo pet puta, a predviđeni udio od 10 % globalne proizvodnje u EU-u u potpunosti bi pokrio predviđene potrebe EU-a za 2030. ako se ostvari¹²⁸.

Na proizvodnju ćelija u EU-u utječu kritični rizici u lancu opskrbe, posebno zbog velike ovisnosti o katodama i anodama iz Kine te viših troškova proizvodnje, koji su obično od 70 % do 130 % viši po jedinici proizvodnog kapaciteta nego u Kini¹²⁹. Prekomjerna proizvodnja ćelija i pad potražnje za električnim vozilima na globalnoj razini doveli su do smanjenja radnog kapaciteta europskih proizvodnih postrojenja ili do prekida/odgoda u proizvodnji, kao što je to slučaj s tvornicom Volkswagen Salzgitter (samo 20 GWh umjesto 40 GWh)¹³⁰. Prema prognozama za 2030. predviđa se da će ponuda baterijskih ćelija biti prekomjerna na globalnoj razini. Osim toga, sve se više uvode zaštitne trgovinske mjere, primjerice carine SAD-a na električna vozila iz Kine. Daljnja eskalacija trgovinskih napetosti mogla bi potencijalno dovesti do povećanja troškova i utjecati na odluke o nabavi u lancu opskrbe baterijama¹³¹. Komisija je 2024. zaključila antisubvencijski ispitni postupak o uvozu električnih vozila na baterije iz Kine te je u EU-u uvela kompenzacijske pristojbe na uvezena vozila¹³².

Globalni mrežni kapacitet baterijskog sustava za pohranu energije (BESS) iznosio je 168 GWh 2024., što je znatno povećanje u odnosu na 96,1 GWh 2023.¹³³ Udio Kine u uvođenju sustava BESS na globalnoj razini iznosio je 67 %, a slijede SAD i Kanada, dok Europa trenutačno zaostaje u uvođenju tog sustava. Kapacitet pohrane energije „iza brojila” iznosio je 2024. dosegao 40 GWh na globalnoj razini. Očekuje se da će do 2035. udio baterija u stacionarnoj upotrebi na globalnoj razini iznositi 16 %, što je povećanje u odnosu na 6 % u 2020.¹³⁴ Većina vodećih dobavljača baterija za sustav BESS ima sjedište u Aziji.

Kako bi išao ukorak s konkurentima, EU mora brže uvesti proizvodne kapacitete i uspostaviti pouzdane lance vrijednosti, više ulagati u istraživanje i razvoj novih tehnologija baterija te alternativnim rješenjima ukloniti kritične nedostatke u svojem lancu vrijednosti.

3.6. Tehnologije dizalica topline

Proizvođači završnih sklopova dizalica topline koji se nalaze u EU-u među svjetskim su predvodnicima u visokokvalitetnim hidroničkim rješenjima za stambenu upotrebu, dok kineska poduzeća prevladavaju na tržištu reverzibilnih klima-uređaja zrak-zrak¹³⁵. Proizvođači iz EU-a najavili su povećanje kapaciteta za završne sklopove za više od 30 GWth u tijekom ovog desetljeća, u odnosu na kapacitet od otprilike 24 GWth 2023. Zahvaljujući tim planiranim povećanjima kapaciteta industrija EU-a blizu je zadovoljavanju potreba EU-a za uvođenjem

¹²⁸ 237 GWh proizvodnog kapaciteta u EU-u u usporedbi s globalnim proizvodnim kapacitetom od 3 347 GWh 2024. i procijenjenih 1 510 GWh proizvodnog kapaciteta u EU-u u usporedbi s globalnim proizvodnim kapacitetom od 14 903 GWh 2030., na temelju baze podataka društva BloombergNEF; pristupljeno 20. veljače 2025.

¹²⁹ IEA, *Advancing Clean Technology Manufacturing Report*, 2024.

¹³⁰ Reuters, *Volkswagen's German battery plant to stay at half capacity amid cost pressures*, 2024.

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

¹³² SL L, 2024/2754, 29.10.2024.

¹³³ Energy Storage News, [Global BESS deployments soared 53% in 2024](#), 2025.

¹³⁴ Na temelju podataka društva BloombergNEF, siječanj 2025.

¹³⁵ Podaci iz baza podataka COMEXT/COMTRADE za oznaku HS 841861 – dizalice topline; osim uređaja za klimatizaciju: izvoza EU-a u svijet: 3 837 milijuna EUR, od čega se 603 milijuna EUR odnosi na zemlje izvan EU-a; izvoza Kine u svijet: 971 milijun EUR. Podaci iz baza podataka COMEXT/COMTRADE za oznaku HS 841581 – uređaji za klimatizaciju: izvoza EU-a u svijet: 782 milijuna EUR, od čega se 177 milijuna EUR odnosi na zemlje izvan EU-a; izvoz Kine u svijet: 549 milijuna EUR.

otprilike 60 GWth do 2030. kako je utvrdila Međunarodna agencija za energiju¹³⁶. Iako je EU na dobrom putu da ostvari cilj od najmanje 31 GWth proizvodnog kapaciteta za završno sastavljanje dizalica topline, kako je utvrđeno Aktom o industriji s nultom neto stopom emisija, poduzeća iz EU-a trenutano nemaju jednako dobar položaj na tržištu kad je riječ o proizvodnji određenih komponenata.

Deficit trgovinske bilance EU-a za hidroničke dizalice topline smanjio se 2023. za trećinu zbog smanjenja uvoza od 13 % i povećanja izvoza od 14 %¹³⁷. Istodobno se prodaja dizalica topline u EU-u 2023. smanjila za 7,2 % u odnosu na 2022. nakon desetljetnog stabilnog rasta¹³⁸. Takvo se kretanje nastavilo 2024. jer je prodaja u Europi pala za 31 % u odnosu na 2023.¹³⁹ To je dovelo do uvođenja skraćenog radnog vremena i zatvaranja radnih mjesta u sektoru te nesigurnosti u donošenju odluka o ulaganjima u proizvodnju. Rast proizvodnih kapaciteta EU-a također je usporio 2023.¹⁴⁰ Kako bi se taj trend promijenio, industrija se zalaže za utvrđivanje ambicioznih ciljeva EU-a za dekarbonizaciju grijanja, stabilne i dugoročne nacionalne okvire politike i povoljan omjer cijena električne energije i plina¹⁴¹.

Procjenjuje se da trošak završnog sastavljanja dizalica topline u Europi i SAD-u trenutano iznosi otprilike 184 – 230 EUR/kW¹⁴², što je otprilike dvostruko više od procijenjenog troška za Kinu. Budući da komponente čine 75 % konačnog troška, konkurentniji su vertikalno integrirani proizvođači¹⁴³. Industrija EU-a i dalje uvelike ovisi o uvozu komponenata kao što su kompresori, izmjenjivači topline, ventili i rashladna sredstva. Kako bi se povećali konkurentnost i otpornost u proizvodnji dizalica topline za stambene prostore te smanjila navedena ovisnost, bit će potrebna veća diversifikacija opskrbe i snažniji vrijednosni lanci EU-a.

Kad je riječ o **industrijskim dizalicama topline**, proizvođači iz EU-a preuzeli su vodeću ulogu na globalnoj razini i pokrivaju cijeli lanac opskrbe¹⁴⁴. Prema Međunarodnoj agenciji za energiju industrijskim dizalicama topline trebalo bi se do 2050. pokriti otprilike 30 % industrijske potražnje za toplinom do 400 °C, a do 2030. već polovina te potražnje¹⁴⁵. Industrijske dizalice topline imaju potencijal i za pokrivanje potreba za toplinom ispod 200 °C, koje čine 37 % industrijskih potreba za toplinom¹⁴⁶, a već se primjenjuju u sektorima hrane i pića te celuloze i papira.

¹³⁶ IEA, *Advancing Clean Technology Manufacturing*, 2024. Scenarij s nultom neto stopom emisija do 2050., koji obuhvaća: dizalice topline za grijanje prostora i vode u stambenim i poslovnim zgradama, uključujući reverzibilne klima-uređaje ako se upotrebljavaju kao primarni sustav grijanja.

¹³⁷ HS 841861– dizalice topline (osim klimatizacijskih uređaja). Za više pojedinosti vidjeti: Europska komisija, JRC, Toleikyte, A., Lecomte, E., Volt, J., Lyons, L., Roca Reina, J.C., Georgakaki, A., Letout, S., Mountraki, A., Wegener, M., Schmitz, A., CETO, [Dizalice topline u Europskoj uniji](#), 2024.

¹³⁸ Europsko udruženje za dizalice topline (EHPA), *Izveštje o tržištu*, 2024., ograničeno na AT, BE, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, HU, IE, IT, LT, NL, PL, PT, SE i SK. Prvenstveno se odnosi na dizalice topline za grijanje prostora i grijanje vode u sanitarnim čvorovima.

¹³⁹ BloombergNEF, *Europe's Heat Pump Market Collapse Triggers Spending Dip*, 2025.

¹⁴⁰ IEA, *Advancing Clean Technology Manufacturing*, 2024.

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

¹⁴² Prema prosječnom deviznom tečaju od 0,9239 EUR za 1 USD za 2024., na temelju podataka [ESB-a](#).

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

¹⁴⁴ IEA HPT TCP, [Annex 58 High-Temperature Heat Pumps](#), 2023. 20 u EU-u i 7 u Norveškoj; 24 u Japanu, od čega 9 uključuju tehnologiju za mehaničku rekompresiju pare (MVR); te postrojenja za MVR u Kini.

¹⁴⁵ IEA, *Net Zero by 2050*, 2021.

¹⁴⁶ TNO, [Strengthening Industrial Heat Pump Innovation](#), 2020.

Za daljnji razvoj industrijskih dizalica topline potrebni su projekti istraživanja i razvoja kako bi se proširio raspon primjena i kako bi se tehnologije što brže uvele u primjenu i normizirale¹⁴⁷. Osim toga, potrebna su ulaganja u lanac opskrbe EU-a kako bi se povećali proizvodni kapaciteti i smanjili troškovi proizvoda. Industrija prepoznaje potencijal industrijskih dizalica topline za postizanje uspješnih rezultata u Europi.

3.7. Geotermalna energija

Geotermalna energija privukla je 2024. pozornost javnosti i dobila politički zamah. Taj je zamah uključivao donošenje Rezolucije Europskog parlamenta o geotermalnoj energiji¹⁴⁸ i Zaključaka Vijeća o geotermalnoj energiji¹⁴⁹. Instalirani neto geotermalni kapacitet u EU-u 2023. je iznosio otprilike 0,9 GWe¹⁵⁰ (14,8 GWe na globalnoj razini¹⁵¹). Izravna upotreba geotermalne toplinske energije stalno se povećavala te je 2023. uspostavljeno 298 sustava centraliziranoga grijanja i hlađenja¹⁵².

Poduzeća iz EU-a imaju važnu ulogu na jedinstvenom tržištu, od istraživanja lokacija do stavljanja izvan rada, jer su lanci vrijednosti za uvođenje geotermalne energije obično u potpunosti domaći¹⁵³. Kad je riječ o proizvodnji konačnih proizvoda, procjenjuje se da će taj sektor ispuniti cilj iz Akta o industriji s nultom neto stopom emisija da se 40 % energetske potreba pokrije domaćom proizvodnjom¹⁵⁴. S druge strane, na globalnom tržištu komponenta kao što su turbine, turboekspanderi, pumpe, ventili i kontrolni sustavi prevladavaju poduzeća izvan EU-a. Japan proizvodi 82 % parnih turbina s ciklusom separiranja pare, a Izrael 74 % ekspandera s binarnim ciklusom. Europski proizvođači tih tehnologija uglavnom imaju sjedište u Italiji, a u manjoj mjeri u Njemačkoj i Francuskoj¹⁵⁵. Kad je riječ o istraživanju i inovacijama, EU je bio globalni predvodnik u izumima visoke vrijednosti sve dok Kina nije preuzela vodstvo 2019¹⁵⁶.

Zajedničkom proizvodnjom litija i drugih sirovina može se povećati gospodarska održivost geotermalnih postrojenja. Kad je riječ o ovisnosti o sirovinama, sama tehnologija u velikoj se mjeri oslanja na čelik, koji se većim dijelom uvozi iz Azije. Geotermalnom sektoru u manjoj su mjeri potrebne i kritične sirovine kao što su aluminij¹⁵⁷, bakar i titanij¹⁵⁸. U nedavnom izvješću na vlastitu inicijativu Europskog parlamenta¹⁵⁹ i Vijeća¹⁶⁰, među ostalim, preporučuje se sljedeće: i. povećanje političke vidljivosti i opće informiranosti o potencijalu i izazovima

¹⁴⁷ Program za tehnološku suradnju u području tehnologija dizalica topline IEA-e (HPT TCP), [Annex 58 High-Temperature Heat Pumps](#), 2023.

¹⁴⁸ Europski parlament, Rezolucija od 18. siječnja 2024. o geotermalnoj energiji (2023/2111(INI)).

¹⁴⁹ Vijeće Europske unije, Zaključci o promicanju geotermalne energije, 16. prosinca 2024.

¹⁵⁰ Eurostat ([nrg_inf_eprcw](#)), pristupljeno 12. veljače 2025.

¹⁵¹ Mreža za politike o energiji iz obnovljivih izvora za 21. stoljeće (REN21), *Renewables Global Status Report*, 2024.

¹⁵² Europsko vijeće za geotermalnu energiju (EGEC), *Geothermal Market Report 2023*, 2024.

¹⁵³ EGEC, *Geothermal Market Report 2023*, 2024.

¹⁵⁴ Europska komisija, JRC, Taylor, N., Georgakaki, A., Ince, E., Letout, S., Mountraki, Gea Bermudez, J. i Schmitz, A., CETO, [Geotermalna energija u Europskoj uniji](#), 2024.

¹⁵⁵ EGEC, *Geothermal Market Report 2023*, 2024.

¹⁵⁶ CETO, [Geotermalna energija u Europskoj uniji](#), 2024.

¹⁵⁷ EGEC, *Geothermal Market Report 2023*, 2024.

¹⁵⁸ Europska komisija, Glavna uprava za istraživanje i inovacije, Schleker, T., Hicks, M., Cressida Howard, I., Ohrvik-Stott, J. i dr., [Studija o mogućnostima istraživanja i inovacija u području čiste energije za osiguravanje europske energetske sigurnosti utvrđivanjem izazova u različitim energetske vrijednosnim lancima za i nakon 2030.](#), 2024.

¹⁵⁹ Europski parlament, Rezolucija od 18. siječnja 2024. o geotermalnoj energiji (2023/2111(INI)).

¹⁶⁰ Vijeće Europske unije, Zaključci o promicanju geotermalne energije, 16. prosinca 2024.

geotermalne energije, ii. olakšavanje dostupnosti podataka, iii. smanjenje rizika ulaganja provedbom programa jamstava, iv. pojednostavnjenje i ubrzavanje postupaka izdavanja dozvola, v. promicanje dobrih praksi, vi. rješavanje problema nedostatka kvalificirane radne snage i vi. poticanje prihvaćanja u javnosti.

3.8. Tehnologije vodika: elektrolizatori i gorivne ćelije

Elektroliza vode postupak je u kojem se vodik proizvodi iz vode s pomoću električne energije. Ako električna energija dolazi iz obnovljivih i niskougljičnih izvora, ta tehnologija može imati ključnu ulogu u dekarbonizaciji industrijskih sektora u kojima je teško smanjiti emisije, posebno u proizvodnji energetske intenzivnih materijala (npr. čelik, cement) i gnojiva te u pomorskom i zrakoplovnom sektoru. Proizvodni kapaciteti elektrolizatora u Europi su u porastu zahvaljujući regulatornim okvirima i okvirima za financiranje¹⁶¹. Na prvoj dražbi Europske banke za vodik 2024. osigurano je 720 milijuna EUR za sedam projekata. Iako se time omogućuje donošenje konačnih odluka o ulaganju za veći broj projekata, europska poduzeća i dalje se suočavaju s financijskim i operativnim preprekama.

Instalirani kapacitet elektrolizatora u Europi povećao se s 228 MWe 2023. na 663 MWe 2024. (projekti koji su u tijeku ili za koje je donesena odluka o ulaganju), a u državama članicama EU-a na 517 MWe¹⁶². Instalirani kapacitet na svjetskoj razini povećao se s 1,4 – 1,7 GWe 2023. na 5 GWe 2024.¹⁶³ Od toga se 2,7 GWe nalazi u Kini, a otprilike 300 MWe u SAD-u.

Prema procjenama godišnji europski kapacitet proizvodnje elektrolizatora iznosio je 2024. 10 – 15,7 GWe¹⁶⁴, a globalni 40 – 54 GWe¹⁶⁵. Kina ima najveći proizvodni kapacitet, koji je, prema procjenama, iznosio otprilike 20 GWe 2024¹⁶⁶.

Unatoč proširenom proizvodnom kapacitetu i povećanju sustava, očekivana smanjenja troškova još nisu postignuta. Razlog tomu su inflacija i drugi troškovi, kao što su troškovi pomoćnih komponenata i priključaka za napajanje te neizravni troškovi. Najnovije studije pokazuju da troškovi povezani s kapitalnim izdacima za alkalne sustave od 100 MW iznose 3 050 EUR po kW i 2 630 EUR po kW za sustave od 200 MW¹⁶⁷, što je najmanje četiri puta više nego u Aziji. Neki europski proizvođači navode da nemaju dovoljno kupaca, što utječe na njihovu sposobnost smanjenja kapitalnih troškova po kW i održivost mnogih poslovnih modela za vodik iz obnovljivih izvora i niskougljični vodik.

¹⁶¹ Uključujući ciljeve potrošnje iz Direktive (EU) 2023/2413 o obnovljivoj energiji, cilj Partnerstva za elektrolizatore da se do 2025. postigne godišnji kapacitet od 25 GWe te četiri važna projekta od zajedničkog europskog interesa u području vodika i gorivnih ćelija; vidjeti: https://competition-policy.ec.europa.eu/state-aid/ipcei/approved-ipceis_hr.

¹⁶² Na temelju skupa podataka IEA-e o projektima u području vodika; pristupljeno u siječnju 2025. za EU, Norvešku, Ujedinjenu Kraljevinu i Švicarsku.

¹⁶³ Europska komisija, JRC, Bolard, J., Dolci, F., Gryc, K., Eynard, U., Georgakaki, A., Letout, S., Mountraki, A., Ince, E., Shtjefni, D., Rózsai, M. i Wegener, M., CETO, [Elektroliza vode i vodik u Europskoj uniji](#), 2024.; IEA, *Global Hydrogen Review*, 2024. Prema izvješćima IEA-e za 2024. instalirani kapacitet SAD-a bio je znatno niži u odnosu na brojke iz baze podataka o projektima za 2023., odnosno iznosio je 717 MWe.

¹⁶⁴ IEA, *Global Hydrogen Review*, 2024.; CETO, [Elektroliza vode i vodik u Europskoj uniji](#), 2024. Gornji raspon temelji se na podacima društva Rystadt Energy i uključuje proizvodni kapacitet u izgradnji (listopad 2024.).

¹⁶⁵ IEA, *Global Hydrogen Review*, 2024. BloombergNEF iznio je podatke u širem rasponu, *Electrolysers, too many fish in the Pond*, 2024.

¹⁶⁶ IEA, *Global Hydrogen Review*, 2024. Gornji raspon odnosi se na sjedišta proizvođača originalne opreme u Kini.

¹⁶⁷ Na temelju podataka društva BloombergNEF, *Electrolyser Price Survey*, 2024.; TNO, *Evaluation of the levelised cost of hydrogen based on proposed electrolysers projects in the Netherlands*, 2024.

Rast ponude u Europi usporava. To je posljedica nedostataka u lancu opskrbe na početku lanca vrijednosti, nedostatka odgovarajuće potražnje te ovisnosti o kritičnim sirovinama (npr. platinski metali)¹⁶⁸ i komponentama¹⁶⁹. Ti čimbenici pridonose i višim troškovima proizvodnje. Stoga su europska poduzeća za proizvodnju elektrolizatora umjereno konkurentna. S jedne strane, postoje komercijalno dostupni proizvodi za glavne skupine elektrolizatora¹⁷⁰, a poduzeća iz EU-a u dobrom su položaju kad je riječ o patentima visoke vrijednosti¹⁷¹. S druge strane, dugi su rokovi za sklapanje elektrolizatorskih svežnjeva, postoje nedostaci na početku lanca vrijednosti i sustavi su skuplji, što utječe na konkurentnost europskih proizvođača. Na poslovni model mogu utjecati i drugi aspekti, kao što su jamstva nakon proizvodnje i visoki operativni troškovi za proizvodnju vodika iz obnovljivih izvora.

Troškovi električne energije imaju važnu ulogu u ujednačenom trošku vodika. To je zato što električna energija čini znatan udio ukupnih troškova, a njezin relativni udio varira ovisno o lokacijama i specifikacijama elektrolizatora¹⁷². Na primjer, u nedavnim projektima u Nizozemskoj ujednačeni trošak vodika¹⁷³ iznosio je 12 – 14 EUR/kg vodika za električnu energiju na moru za sustave elektrolizatora snage 100 – 200 MWe. Ujednačeni trošak vodika znatno će ovisiti o osmišljavanju, funkcioniranju i lokalizaciji projekata.

Ostali izazovi u području istraživanja i inovacija su zamjena „vječnih kemikalija” koje se upotrebljavaju u membranama, smanjenje troškova sustava, poboljšanje njihove učinkovitosti i vijeka trajanja, smanjenje potrošnje slatke vode i uvođenje istraživanja i inovacija u sektore krajnje upotrebe po konkurentnim cijenama.

Gorivne ćelije sustavi su za učinkovitu proizvodnju električne energije iz čistog vodika. Njihova je dodana vrijednost u pružanju dekarboniziranih rješenja za promet, grijanje ili energiju izvan mreže. Prvenstveno se upotrebljavaju u električnim vozilima, autobusima i regionalnim vlakovima s gorivnim ćelijama te u manjoj mjeri u sustavima grijanja, strojevima i izvanmrežnim stacionarnim sustavima električne energije. Emisijske norme i cijene ugljika u EU-u dodatno potiču ulaganja. Procijenjeni instalirani kapacitet na globalnoj razini 2023. iznosio je 7,8 GW, a predvodnici su bili Azija (72 %), SAD i Kanada (18 %) te Europa s 0,6 GW (8 %)¹⁷⁴, pri čemu se najveći udio odnosi na tržište mobilnosti¹⁷⁵.

Europski proizvođači nude autobuse s gorivnim ćelijama, ali se gorivne ćelije u većini slučajeva kupuju od drugih dobavljača, posebno iz Kanade i Japana. U EU-u se razvijaju prototipovi gorivnih ćelija za teška teretna vozila jer raste interes za čisti prijevoz, a ukupni troškovi vlasništva mogli bi se izjednačiti s troškovima dizelskih kamiona nakon 2035. Procjenjuje se da će teška teretna vozila s gorivnim ćelijama i dalje biti skuplja od električnih vozila na baterije. Gorivne ćelije za sustave grijanja vjerojatno će imati samo nišnu ulogu u EU-u.

¹⁶⁸ Na temelju podataka JRC-a, [Analiza lanca opskrbe i prognoza potražnje za sirovinama u strateškim tehnologijama i sektorima u EU-u](#), 2023. U Europi se nabavlja od 1 % do 5 % kritičnih sirovina za elektrolizatore.

¹⁶⁹ Na temelju podataka društva BloombergNEF, *Electrolyser Overcapacity*, 2024.

¹⁷⁰ Četiri su glavne komercijalizirane tehnologije: alkalna tehnologija, tehnologija membrane za protonsku razmjenu, tehnologija krutog oksida i tehnologija membrane za anionsku razmjenu. Tu je još i tehnologija elektrolizatora temeljenih na keramičkim elektrolitima koji omogućuju vodljivost protona, koja je u razvoju.

¹⁷¹ Pregled konkurentnosti europske klimatski neutralne industrije.(CIndECS). 31 % izuma visoke vrijednosti u EU-u.

¹⁷² CETO, [Elektroliza vode i vodik u Europskoj uniji](#), 2024.

¹⁷³ TNO, [Evaluacija ujednačenih troškova vodika na temelju predloženih projekata elektrolizatora u Nizozemskoj](#), 2024.

¹⁷⁴ Na temelju skupa podataka društva Rystad Energy o instaliranom kapacitetu gorivnih ćelija, 2024.

¹⁷⁵ Europski opservatorij za vodik, [Skup podataka o tržištu gorivnih ćelija](#), 2021.

Potrebno je poboljšati otpornost lanaca vrijednosti za elektrolizatore i gorivne ćelije, od nabave sirovina do proizvodnje i opskrbe komponenata kako bi se skratilo vrijeme isporuke punih sustava u Europi uz konkurentne troškove. Dostupnost velikih količina troškovno konkurentnog vodika iz obnovljivih izvora i niskougljičnog vodika i dalje je prioritet politike.

3.9. Tehnologije održivog bioplina i biometana

Europa ima razvijenu industriju uglavnom za proizvodnju električne energije iz bioplina, s rastućim tržištima toplinske energije i prometa koja se temelje na utiskivanju biometana u distribucijsku mrežu. Gotovo 50 % proizvodnje nalazi se u Europi, pri čemu Njemačka sama zadovoljava 20 % globalne potražnje¹⁷⁶. Anaerobna razgradnja i dalje je glavna komercijalna tehnologija koja se upotrebljava za proizvodnju bioplina, koji se zatim pretvara u biometan. EU je vodeći proizvođač bioplina i biometana te je 2023.¹⁷⁷ imao kombiniranu proizvodnju od otprilike 22,1 milijardu kubičnih metara. Predvodnik je i u proizvodnji opreme. Kapacitet EU-a za proizvodnju biometana iz anaerobne razgradnje iznosio je 2023. 3,8 milijardi m³, dok je stvarna godišnja proizvodnja procijenjena na 3,5 milijardi m³; međutim, predviđa se da će se do 2030. rast proizvodnog kapaciteta povećati pet puta¹⁷⁸. Trenutačna stopa rasta biometana u EU-u blizu je ciljeva za 2030. iz nacionalnih energetske i klimatskih planova, što je u skladu s ciljem plana REPowerEU.

U EU-u se nalaze vodeća svjetska poduzeća za proizvodnju bioplina i biometana i komponenata (npr. razgrađivači, oprema za pročišćavanje bioplina, uređaji za uplinjavanje).¹⁷⁹ Razvijaju se novi smjerovi, pri čemu je EU predvodnik¹⁸⁰. U okviru programa Obzor EU-a uloženo je više od 120 milijuna EUR u 20 inovativnih projekata, čime se unapređuje tehnologija u tom području. Inovativne tehnologije za izravnu proizvodnju biometana, kao što je uplinjavanje ostataka biomase i otpada, još nisu u velikoj mjeri dokazane u EU-u (2 000 t/god. instaliranog i operativnog proizvodnog kapaciteta 2023., iako se očekuje da će proizvodnja biometana 2030. porasti na 0,7 milijardi m³¹⁸¹). Postrojenja za proizvodnju biološkog ukapljenog prirodnog plina vrijedna su opcija u EU-u, s kapacitetom od otprilike 7,3 TWh 2023. za koji se očekuje da će do 2025. porasti na 15,4 TWh¹⁸².

EU ima znatan udio u ulaganjima u bioplin i predvodnik je u području patenata visoke vrijednosti¹⁸³. Kad je riječ o tehnologijama bioplina (anaerobna razgradnja i pretvorba plina), ne postoji kritična ovisnost o sirovinama, komponentama ili dobavljačima te se EU ne oslanja na dostupnost opreme, sirovina ili dobavljača posebnih tehnologija za uplinjavanje¹⁸⁴. Osim toga, EU ne ovisi o uvozu bioloških sirovina¹⁸⁵. Međutim, kad je riječ o plinskim motorima i

¹⁷⁶ IEA, *Renewables 2023*, [Special section: Biogas and biomethane](#), 2024.

¹⁷⁷ Na temelju podataka Europskog udruženja za plin (EBA), [Statističko izvješće](#), 2024.

¹⁷⁸ Europska komisija, Glavna uprava za istraživanje i inovacije, [Predviđanja potrebnih sredstava za izgradnju industrijskog kapaciteta za napredna „drop in“ biogoriva](#), (Prilog 3.), 2024.

¹⁷⁹ Europska komisija, Glavna uprava za istraživanje i inovacije, [Studija o ovisnosti o energetske tehnologiji](#)

¹⁸⁰ Europska komisija, JRC, Motola, V., Scarlet, N., Buffi, M., Hurtig, O., Rejtharova, J., Georgakaki, A., Mountraki, A., Letout, S., Salvucci, R., Rózsai, M. i Schade, B., CETO, [Bioenergija u Europskoj uniji](#), 2024.

¹⁸¹ Europska komisija, Glavna uprava za istraživanje i inovacije, [Predviđanja potrebnih sredstava za izgradnju industrijskog kapaciteta za napredna „drop in“ biogoriva](#), (Prilog 3.), 2024.

¹⁸² CETO, [Bioenergija u Europskoj uniji](#), 2024.

¹⁸³ CETO, [Bioenergija u Europskoj uniji](#), 2024.

¹⁸⁴ Europska komisija, Glavna uprava za istraživanje i inovacije, [Studija o ovisnosti o energetske tehnologiji](#)

¹⁸⁵ CETO, [Bioenergija u Europskoj uniji](#), 2024.

turbinama za proizvodnju električne energije, kao i kod svih plinovitih goriva, postoji ovisnost o dobavljačima izvan EU-a.

Trenutačno visoki troškovi otežavaju daljnje uvođenje tehnologija biometana jer kapitalni trošak postrojenja za proizvodnju bioplina iz anaerobne razgradnje iznosi otprilike 1500 – 2 000 EUR/KW¹⁸⁶, a ukupni trošak proizvodnje i pretvorbe bioplina procjenjuje se na otprilike 100 EUR/MWh¹⁸⁷. Slično tome, kapitalni trošak postrojenja za uplinjavanje biometana iznosi 2 000 – 3 600 EUR/KW, a trošak proizvodnje iznosi otprilike 89 – 112 EUR/MWh¹⁸⁸.

Kako bi se održala konkurentnost EU-a u tom sektoru, potrebno je dodatno podupirati inovacije u tehnologijama za održivu proizvodnju biometana uplinjavanjem i iz poboljšanog bioplina nastalog anaerobnom razgradnjom radi povećanja proizvodnih kapaciteta i smanjenja troškova proizvodnje. Osim toga, trebalo bi olakšati pristup mreži za postrojenja za proizvodnju bioplina i biometana.

3.10. Tehnologije hvatanja i skladištenja ugljika (CCS tehnologije)

U Strategiji industrijskog upravljanja ugljikom¹⁸⁹ donesenoj u veljači 2024. EU je iznio viziju čvrstog regulatornog i investicijskog okvira za tehnologije hvatanja, prijevoza, upotrebe i skladištenja ugljika te za tehnologije kojima se uklanja atmosferski ugljik. Uz potporu Akta o industriji s nultom neto stopom emisija, kojim se utvrđuje godišnji cilj kapaciteta utiskivanja od najmanje 50 milijuna tona u skladišnim prostorima u EU-u do 2030.¹⁹⁰, u strategiji se utvrđuju konkretne mjere za potporu tehnologijama hvatanja i skladištenja ugljika.

EU je u dobrom položaju u području tehnologija hvatanja CO₂ jer su 5 od 16 glavnih pružatelja tehnologija hvatanja CO₂ poduzeća iz EU-a¹⁹¹. Međutim, kad je riječ o prijevozu, skladištenju i cijelom vrijednosnom lancu CO₂, Europa zaostaje za SAD-om i Kanadom jer vrlo mali broj europskih poduzeća pruža te tehnologije¹⁹². EU je posljednjih godina ostvario napredak kad je riječ o javnim ulaganjima u području istraživanja i razvoja. Udio EU-a u globalnoj potrošnji 2022. iznosio je 22 %, nešto više od Kanade i Japana¹⁹³, pri čemu se većina ulaganja odnosila na skladištenje CO₂.

Broj projekata hvatanja i skladištenja ugljika u različitim fazama razvoja 2023. udvostručio se u usporedbi s prethodnom godinom te je dosegnut broj od 392 postrojenja na globalnoj razini (pri čemu se 119 projekata nalazi u Europi), što je 361 Mtpa CO₂¹⁹⁴. U Europi se projektima hvatanja i skladištenja ugljika u različitim fazama razvoja podupiru industrije kao što su proizvodnja vodika, amonijaka i gnojiva (20 postrojenja), proizvodnja električne i toplinske

¹⁸⁶ Europska komisija, Glavna uprava za istraživanje i inovacije, [Predviđanja potrebnih sredstava za izgradnju industrijskog kapaciteta za napredna „drop in“ biogoriva](#), 2023.

¹⁸⁷ IEA, *Outlook for Biogas and Biomethane*, 2020.; Europska komisija, Glavna uprava za istraživanje i inovacije, [Predviđanja potrebnih sredstava za izgradnju industrijskog kapaciteta za napredna „drop in“ biogoriva](#), (Prilog 3.), 2024.

¹⁸⁸ Europska komisija, Glavna uprava za istraživanje i inovacije, [Predviđanja potrebnih sredstava za izgradnju industrijskog kapaciteta za napredna „drop in“ biogoriva](#), (Prilog 3.), 2024.

¹⁸⁹ COM/2024/62.

¹⁹⁰ SL L, 2024/1735, 28.6.2024, uvodna izjava 36.

¹⁹¹ Europska komisija, JRC, Martinez Castilla, G., Tumara, D., Mountraki, A., Letout, S., Jaxa-Rozen, M., Schmitz, A., Ince, E. i Georgakaki, A., CETO, [Hvatanje, upotreba i skladištenje ugljika u Europskoj uniji](#), 2024.

¹⁹² CETO, [Hvatanje, upotreba i skladištenje ugljika u Europskoj uniji](#), 2024.

¹⁹³ Ibid.

¹⁹⁴ Objekti u fazi uvođenja u rad, u izgradnji ili u radu; osim kapaciteta projekata koji se odnose na prijevoz i/ili skladištenje CO₂ (kako bi se izbjeglo dvostruko računanje) koji nisu postrojenja za prijevoz i/ili skladištenje CO₂ koji nemaju vlastiti izvor za hvatanje CO₂.

energije (19 postrojenja), proizvodnja cementa (17 postrojenja) i proizvodnja biomase za električnu/toplinsku energiju (15 postrojenja)¹⁹⁵.

U Europi je od 35 projekata u području prijevoza CO₂ i mreža u razvoju nekoliko ključnih projekata od zajedničkog interesa na kojima se temelji prekogranična mreža EU-a za ugljikov dioksid¹⁹⁶. Iako su utvrđeni skladišni kapaciteti i dalje koncentrirani u Sjevernom moru, u državama članicama kao što su Bugarska, Hrvatska, Grčka i Italija mapirane su nove lokacije za projekte hvatanja i skladištenja ugljika na kopnu i moru. U 2024. izdane su prve dozvole za istraživanje u svrhu skladištenja CO₂ na kopnu u Danskoj, čime je udvostručen ukupan broj dozvola za istraživanje u svrhu skladištenja CO₂¹⁹⁷. Komisija je u siječnju 2025., u okviru Instrumenta za povezivanje Europe u području energetike, dodijelila sredstva u vrijednosti od 250 milijuna EUR za potporu izgradnji triju projekata i financiranje devet pripremnih studija za projekte od zajedničkog interesa koji se odnose na infrastrukturu za CO₂¹⁹⁸.

EU je u dobrom položaju u sektorima proizvodnje ključnih komponenata CCS-a za tehnologije hvatanja ugljika, kao što su aminska otapala koja se upotrebljavaju za apsorpciju (najrazvijenija tehnologija). Međutim, ne djeluje u širim razmjerima niti još ima specijalizirane lance vrijednosti. Nakon razdoblja stagnacije u proteklom desetljeću proizvodnja aminskih otapala u EU-u 2023. je dosegla 260 milijuna EUR, što je povećanje od 8 % u odnosu na prethodnu godinu. EU je u dobrom položaju kad je riječ o razvoju inovativnih metoda, među ostalim za membrane (polimerne, keramičke) i adsorbente, dok je Kina globalni predvodnik u broju stručno recenziranih članaka. Očekuje se da će se projektima u okviru programa Obzor 2020. EU-a znatno poboljšati procesi i da će razvoj tih metoda dosegnuti komercijalnu razinu¹⁹⁹.

Unatoč sve većim nastojanjima u EU-u prošle godine da se uvedu kapaciteti za hvatanje i skladištenje ugljika, brzina uvođenja kapaciteta skladištenja CO₂ morat će eksponencijalno rasti kako bi se mogle hvatati znatne količine CO₂ potrebne za postizanje ciljeva za 2030., 2040. i 2050. EU uvodi mjere za povećanje vidljivosti potražnje i ponude skladišta te utvrđuje potreban okvir za nediskriminirajući, otvoren pristup i multimodalnu infrastrukturu za CO₂. Tim će se mjerama otkloniti glavni izazovi u primjeni rješenja za industrijsko upravljanje ugljikom, povećati predvidljivost za ulagače i smanjiti rizik ulaganja. Komisija će predložiti daljnje mjere za poticanje i povećanje primjene tehnologija hvatanja, upotrebe i skladištenja ugljika (CCUS)²⁰⁰.

3.11. Tehnologije elektroenergetske mreže: električni vodovi i transformatori

U Akcijskom planu EU-a za mreže²⁰¹ utvrđeni su globalni trendovi (npr. rastuća potrošnja električne energije, digitalizacija i integracija obnovljivih izvora energije), koji doprinose povećanju globalne potražnje za mrežnim komponentama, uključujući električne vodove i

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

¹⁹⁶ Kao što su projekti PORTHOS i ARAMIS u Nizozemskoj i projekt Antwerp@C u Belgiji. [Novi popis energetskih projekata EU-a od zajedničkog i uzajamnog interesa \(europa.eu\)](#) uključuje 14 projekata razvoja mreže CO₂.

¹⁹⁷ Dansko Ministarstvo klime, energetike i komunalnih usluga, [The first exploration licenses for land-based storage of CO2 in Denmark have been granted](#), 20. lipnja 2024.

¹⁹⁸ Vidjeti https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/hr/ip_25_377.

¹⁹⁹ CETO, [Hvatanje, upotreba i skladištenje ugljika u Europskoj uniji](#), 2024.

²⁰⁰ Mandatno pismo Danu Jørgensenu, povjereniku za energetiku i stanovanje, 17. rujna 2024.

²⁰¹ COM(2023) 757 final.

transformatore²⁰². Analiza desetogodišnjih planova razvoja mreže za 2024.²⁰³ koju je proveo Europacable upućuje na to da će se u Europi od 2024. do 2033. postaviti gotovo 100 000 km novih prijenosnih vodova i kabela (povećanje od 10 % u odnosu na brojku iz 2022.). Kad je riječ o distribucijskom sustavu, Eurelectric očekuje da će u razdoblju od 2025. do 2050. biti potrebno instalirati u prosjeku 262 000 km vodiča godišnje, uključujući nove i zamjenske vodove²⁰⁴. Osim toga, za razvoj distribucijske mreže samo u EU-u i Norveškoj moglo bi biti potrebno čak 172 000 jedinica transformatora, koje bi se dodavale na godišnjoj razini u razdoblju od 2025. do 2050., čime bi se njihov broj sredinom stoljeća udvostručio s 4,5 milijuna na 9 milijuna²⁰⁵. Općenito, za nadogradnju europske infrastrukture za prijenos i distribuciju električne energije do 2040. mogla bi biti potrebna ulaganja u iznosu od čak 730 milijardi EUR²⁰⁶.

EU ima dugogodišnje tržišne i tehnološke predvodnike u području električnih vodova i transformatora. Tržište žica i kabela u EU-u uglavnom opskrbljuju europska poduzeća, iako bi se pritisak međunarodne konkurencije mogao povećati u kratkoročnom i srednjoročnom razdoblju. Kad je riječ o europskom tržištu transformatora, situacija je nešto drukčija: iako nekoliko velikih multinacionalnih poduzeća dominira u segmentu velikih transformatora, među proizvođačima u segmentu transformatora srednje veličine i proizvođačima distribucijskih transformatora su dugogodišnji domaći proizvođači i obiteljska poduzeća iz Europe, uz međunarodne konkurente.

Lanci opskrbe bakrom i aluminijem ključni su za proizvodnju. Iako se očekuje da će moći zadovoljavati stalni rast potražnje u kratkoročnom razdoblju, velika potražnja i koncentracija proizvodnje rafiniranog bakra dugoročno predstavljaju rizik od poremećaja²⁰⁷. Glavna visokovrijedna komponenta transformatora, jezgra, proizvodi se od elektročelika s orijentiranim kristalima. Procjenjuje se da će se vrijednost globalnog tržišta elektročelika s orijentiranim kristalima do 2032. gotovo udvostručiti²⁰⁸ zbog potražnje za proizvodnjom transformatora. Iako je EU jedan od glavnih proizvođača, mnogi proizvođači transformatora iz EU-a oslanjaju se na uvoz čelične jezgre²⁰⁹.

Sve veća potražnja za mrežnim komponentama kao što su električni vodovi i transformatori dovela je do kašnjenja u isporuci, dugotrajnog uvođenja u rad i daljnjeg porasta cijena. Prema izvještajima, iz tog je razloga nekoliko vodećih europskih proizvođača kabela donijelo odluke o ulaganjima u vrijednosti od 4 milijarde EUR, čime se doprinosi udvostručenju kapaciteta za proizvodnju visokonaponskih kabela i kabela izrazito visokog napona u Europi²¹⁰. Anketa provedena među proizvođačima transformatora iz EU-a i izvan EU-a pokazuje da se u kratkoročnom razdoblju (do 2026.) može očekivati povećanje proizvodnog kapaciteta od 10 % (do 2026.) te do 30 % do 2030. ako se nastavi rast potražnje²¹¹. Međutim, očekuje se da će

²⁰² Iako je ovo izdanje usmjereno na električne vodove i transformatore, posljednje izdanje bilo je usmjereno na visokonaponske sustave istosmjerne struje i pretvaračke stanice; vidjeti COM(2023) 652 final.

²⁰³ Entso-g i Entso-e, *Ten-Year Network Development Plans (TYNDP)*, svibanj 2024.

²⁰⁴ Očekuje se da će to dovesti do neto proširenja mreže EU-a i Norveške s 10 na 16,8 milijuna km u razdoblju od 2025. do 2050.

²⁰⁵ Eurelectric, *Grids for speed*, 2024.

²⁰⁶ Europska komisija, Glavna uprava za energetiku, Finesso, A., Kralli, A., Bene, C., Goodall, F. i dr., [Potrebe za ulaganjima u europsku energetska infrastrukturu za postizanje dekarboniziranog gospodarstva](#), 2025.

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

²⁰⁸ Fortune Business Insights, [Grain Oriented Electrical Steel Market Size, Share & Industry Analysis](#), 2024..

²⁰⁹ T&D Europe, [indeksi cijena transformatora](#), travanj 2024.

²¹⁰ [Europacable. Dopis izvršnom potpredsjedniku Europske komisije Marošu Šefčoviću](#), 5. ožujka 2024.

²¹¹ Transformers Magazine's Industry Navigator, [Investments 2024 – Outlook to 2033](#), 2024.

potražnja u narednim godinama i tridesetim godinama ovog stoljeća i dalje rasti brže od ponude.

Nedostatak kvalificirane radne snage jedan je od najvećih izazova s kojima se industrija suočava. Gotovo polovina ispitanih proizvođača transformatora izvijestila je o nedovoljno iskorištenim kapacitetima zbog nedostatka kvalificiranih radnika²¹². Komisija je u Akcijskom planu za mreže utvrdila mjere za osiguravanje učinkovitijeg funkcioniranja elektroenergetskih mreža u EU-u i njihova bržeg uvođenja²¹³. Bolja suradnja javnih tijela, mrežnih operatera i pružatelja tehnologije bit će ključna za razvoj zajedničkih tehnoloških specifikacija, poboljšanje vidljivosti portfelja mrežnih projekata, olakšavanje ulaganja u proizvodne kapacitete i sigurne lance opskrbe. Komisija će u tekućem mandatu razmotriti uspostavu pravnog okvira za europske mreže kako bi poduprla elektrifikaciju i ubrzala izdavanje dozvola²¹⁴. Predstavit će Akcijski plan za elektrifikaciju kako bi poduprla elektrifikaciju u svim sektorima krajnje potrošnje i predložiti paket mjera za europske mreže radi modernizacije i proširenja svoje mreže infrastrukture za prijenos i distribuciju energije.

3.12. Tehnologije za energiju nuklearne fisije

Nuklearne elektrane jedna su od tehnologija za proizvodnju električne energije s niskim emisijama ugljika koja se može dispečirati²¹⁵. Jedinični trošak električne energije iz nuklearnih elektrana obično je između troška energije iz obnovljivih izvora i fosilnih tehnologija. Nuklearne elektrane proizvele su 2023. 22,8 % električne energije u EU-u, što je neznatno povećanje u odnosu na 21,9 % 2022.²¹⁶, zahvaljujući tri poluge: produljenje vijeka trajanja, izgradnja novih velikih nuklearnih elektrana i uvođenje malih modularnih reaktora.

Većina novih reaktora u izgradnji nalazi se u Aziji. Na početku 2024. kapacitet reaktora u izgradnji iznosio je otprilike 61 GW na globalnoj razini, a više od polovine tog kapaciteta nalazilo se u Kini i Indiji. U EU-u i dalje aktivno djeluje jedan dobavljač reaktora²¹⁷, koji je činio 5,3 % navedenog kapaciteta²¹⁸. To pokazuje da industrija EU-a treba poboljšati konkurentnost u skladu s ciljevima Akta o industriji s nultom neto stopom emisija.

Komisija je 2024. pokrenula Europski industrijski savez za male modularne reaktore kako bi se olakšalo njihovo uvođenje do ranih tridesetih godina ovog stoljeća i podupro konkurentan europski ekosustav²¹⁹. Mali modularni reaktori imaju inovativan dizajn i temelje se na

²¹² Ibid.

²¹³ COM(2023) 757 final.

²¹⁴ Mandatno pismo Danu Jørgensenu, povjereniku za energetiku i stanovanje, 17. rujna 2024.

²¹⁵ Države članice mogu slobodno birati kombinaciju izvora energije u skladu s Ugovorima.

²¹⁶ Analiza Komisije na temelju podataka Eurostata, Neto proizvodnja električne energije prema vrsti goriva – mjesečni podaci, mrežna oznaka podataka: [nrg_cb_pem](#); posljednji put ažurirano 28. siječnja 2025.; ENTSO-E, Statističke specifikacije 2023., 2024.; Služba Europskog parlamenta za istraživanja, Strateška autonomija i budućnost nuklearne energije u EU-u, 2024.; SWD(2024) 63 final, dio 1/5.

²¹⁷ Osamdesetih godina prošlog stoljeća Europa je imala četiri proizvođača reaktora: ABB (Švedska/Švicarska), Framatome (Francuska), Kraftwerk Union/Siemens (Njemačka) i National Nuclear Corp. (Ujedinjena Kraljevina). Danas aktivno djeluje samo poduzeće Framatome. Agencija za nuklearnu energiju, *Nuclear New build: Insights into Financing and Project Management*, 2015.

²¹⁸ Analiza Komisije na temelju podataka iz sustava PRIS IAEA-e (31. prosinca 2023.). Poduzeće Framatome dovršilo je izgradnju nuklearne elektrane Olkiluoto 3 (Finska), koja je započela s komercijalnim radom u svibnju 2023.

²¹⁹ [Europski industrijski savez za male modularne reaktore](#), 2024.

modularnim komponentama koje bi se mogle proizvoditi u serijama. Iako su prvi mali modularni reaktori već u uporabi u Kini i Rusiji²²⁰, još uvijek nisu uvedeni u EU-u.

Za ostvarenje predviđenog kapaciteta u EU-u potrebno je povećati proizvodne kapacitete²²¹. Nadalje, potrebno je riješiti problem starenja radne snage u tom sektoru uključivanjem osoba koje tek ulaze na tržište rada i prekvalifikacijom stručnjaka iz drugih industrija. Potrebno je poticati programe razvoja vještina u području nuklearne energije. Diversifikacijom lanca opskrbe nuklearnim gorivom, uslugama gorivnog ciklusa i rezervnim dijelovima potrebno je i dalje otklanjati ovisnost o pojedinačnim nepouzdanim partnerima, posebno o Rusiji²²². Treba se trajno usredotočiti na održavanje nuklearne sigurnosti, osiguravanje diversificirane opskrbe, sigurno gospodarenje otpadom i unapređenje novih tehnologija²²³. Svaka buduća upotreba nuklearne energije mora biti uvjetovana poštovanjem najstrožih standarda nuklearne sigurnosti, kao i sigurnim odlaganjem svih vrsta nuklearnog otpada i potrošenog goriva.

3.13. Hidroenergija

Globalni hidroenergetski kapacitet 2023. iznosio je 1 416 GW²²⁴, a očekuje se da će otprilike 2030. dodatni kapacitet iznositi otprilike 160 GW (od čega se 15 – 16 GW odnosi na Europu)²²⁵. Reverzibilna hidroenergija i dalje je najčešće korištena tehnologija za pohranu energije s više od 90 % udjela u ukupnoj globalnoj pohrani na razini mreže te s instaliranim reverzibilnim kapacitetom od 46 GW u EU-u²²⁶. Iako su poduzeća iz EU-a aktivna u području novih globalnih hidroenergetskih projekata, u EU-u je velik naglasak na modernizaciji i obnovi postojećih postrojenja, koja čine otprilike 153 GW instaliranog kapaciteta²²⁷.

Proizvodnja hidroenergetskih komponenata u EU-u i dalje je bila snažna 2024., što je pokazatelj pozitivnih izgleda u pogledu napretka prema ostvarenju referentnih vrijednosti iz Akta o industriji s nultom neto stopom emisija. Iako je lanac opskrbe u EU-u dobro razvijen, postoji rizik od buduće ovisnosti kad je riječ o trajnim magnetima kao komponenti²²⁸. Vrijednost dijelova i turbina proizvedenih u EU-u 2023. iznosila je 605 milijuna EUR, ali se trgovinski suficit u posljednjih nekoliko godina znatno smanjio, na 213 milijuna EUR 2023., u odnosu na najvišu vrijednost od 466 milijuna EUR 2015. To se odražava i u udjelu EU-a u globalnom izvozu, koji je u razdoblju od 2021. do 2023. unatoč tome bio na visokoj razini od

²²⁰ Podaci iz sustava PRIS IAEA-e (31. prosinca 2023).

²²¹ Osim toga, prema analizama Agencije za opskrbu Euratoma (ESA), na globalnom zapadu nedostaje kapacitet za obogaćivanje potreban do 2030. od do 2 500 tSWU, pri čemu zapadnim reaktorima u stabilnom scenariju potražnje nedostaje otprilike 6 000 tU kapaciteta konverzije godišnje. ESA, Godišnje izvješće Agencije za opskrbu Euratoma, 2022.

²²² Pet država članica upravlja reaktorima tipa VVER. U prošlosti je postojao samo jedan ruski pružatelj usluga opskrbe gorivom za te reaktore, što upućuje na ranjivost u pogledu sigurnosti opskrbe. Komisija je 2022. pokrenula savjetovanja s državama članicama koje upravljaju reaktorima tipa VVER kako bi se ubrzao proces diversifikacije opskrbe gorivom u skladu s ciljevima plana REPowerEU.

²²³ Mandatno pismo Danu Jørgensenu, povjereniku za energetiku i stanovanje, 17 rujna 2024.

²²⁴ Europska komisija, JRC, Quaranta, E., Georgakaki, A., Letout, S., Mountraki, A., Ince, E. i Gea Bermudez, J., CETO, [Hidroelektrane i reverzibilne hidroelektrane u Europskoj uniji](#), 2024.

²²⁵ IRENA, [The changing role of hydropower: Challenges and opportunities](#), 2023.; IEA, [Hydropower Special Market Report Analysis and forecast to 2030](#), 2021.

²²⁶ CETO, [Hidroelektrane i reverzibilne hidroelektrane u Europskoj uniji](#), 2024.

²²⁷ Eurostat ([nrg_inf_epc](#)), pristupljeno 12. veljače 2025.

²²⁸ Europska komisija, Glavna uprava za istraživanje i inovacije, Schleker, T., Hicks, M., Cressida Howard, I., Ohrvik-Stott, J. i dr., [Studija o mogućnostima istraživanja i inovacija u području čiste energije za osiguravanje europske energetske sigurnosti utvrđivanjem izazova u različitim energetske vrijednosnim lancima za i nakon 2030.](#), 2024.

44 %²²⁹. Gubitak vrijednosti proizvodnje tijekom posljednjih nekoliko godina upućuje na to da se industrija EU-a, iako je i dalje konkurentna, suočava s rastućom globalnom konkurencijom, posebno zbog toga što Kina teži što boljem položaju na tržištu hidroenergetske tehnologije²³⁰.

Iako hidroenergetska industrija EU-a i dalje ima vodeću ulogu na globalnoj razini, to može doći u pitanje u srednjoročnom i dugoročnom razdoblju. U tom je pogledu poseban problem za industriju EU-a manji potencijal za nove hidroenergetske projekte u Europi, pri čemu je pronalaženje novih lokacija za održivu hidroenergiju i dalje velik izazov. Održavanje vještina u sektoru proizvodnje hidroenergije u EU-u dodatni je problem.

EU mora zadržati vodeći položaj u hidroenergiji na globalnoj razini tako da ulaže u istraživanje i inovacije više nego globalni konkurenti te održava domaće tržište novim ulaganjima. Konkretno, postoji neiskorišteni potencijal za širenje reverzibilne hidroenergije kako bi se povećala fleksibilnost mreže, među ostalim nadogradnjom postojećih hidroelektrana.

3.14. Održiva alternativna goriva

Održiva alternativna goriva, kako su definirana u Aktu o industriji s nultom neto stopom emisija, održiva su i niskougljična goriva namijenjena za smanjenje emisija stakleničkih plinova u zrakoplovnom i pomorskom sektoru²³¹. EU je u dobrom položaju u pogledu tih tehnologija, ali bit će potrebno uložiti još više truda kako bi se postigla konkurentna masovna proizvodnja u EU-u. Općenito, EU trenutačno ima tehnološku prednost u proizvodnji: ima većinu svjetskih komercijalnih postrojenja i važnu ulogu u razvoju novih i inovativnih tehnologija.

Gorivo od hidroobrađenih estera i masnih kiselina (HEFA) trenutačno je jedina potpuno komercijalna tehnologija za zrakoplovna goriva. Iako u EU-u trenutačno ne postoji važna proizvodnja održivih zrakoplovnih goriva, postojeća postrojenja za proizvodnju biljnog ulja obrađenog vodikom (HVO) mogla bi se modernizirati kako bi godišnje proizvodila otprilike 1,07 Mtoe naprednih goriva HEFA. To bi bilo više nego dvostruko više od ukupne proizvodnje održivih zrakoplovnih goriva u svijetu 2023.²³² i manje od polovine potražnje predviđene na temelju politika EU-a. Predviđa se da će se proizvodnja u EU-u iz prihvatljivih sirovina za biomasu do 2030. povećati na 1,5 Mtoe godišnje. Za potrebe pomorskog prometa EU trenutačno proizvodi 0,1 Mtoe godišnje iz sirovina iz otpada. Za 2030. predviđa se povećanje na 2,1 Mtoe godišnje²³³, što je otprilike polovina potražnje predviđene na temelju politika EU-a. U najavljenim industrijskim planovima procjenjuje se da će proizvodnja e-kerozina do 2023. dosegnuti 1 129 Mtoe godišnje, dok će proizvodnja e-metanola i e-amonijaka dosegnuti 1 464 Mtoe godišnje²³⁴. To je otprilike 3 %, odnosno 4 % predviđene potražnje u EU-u.

Od 28 komercijalnih postrojenja (TRL 9) u cijelom svijetu u kojima se proizvode održiva zrakoplovna goriva, 15 ih se nalazi u EU-u (od kojih su njih 14 postrojenja za HEFA-u), a šest

²²⁹ CETO, [Hidroelektrane i reverzibilne hidroelektrane u Europskoj uniji](#), 2024.

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

²³¹ SL L, 2024/1735, 28.6.2024., članak 3., u skladu s definicijama iz Uredbe „ReFuelEU Aviation” i Uredbe „FuelEU Maritime”. Ovaj odjeljak obuhvaća samo biogoriva i sintetička obnovljiva goriva nebiološkog podrijetla.

²³² IATA, [Annual Review](#), 2024.

²³³ Europska komisija, Glavna uprava za istraživanje i inovacije, [Predviđanja potrebnih sredstava za izgradnju industrijskog kapaciteta za napredna „drop in“ biogoriva](#), (Prilog 3.), 2024.

²³⁴ Europska komisija, Glavna uprava za istraživanje i inovacije, [Predviđanja potrebnih sredstava za izgradnju industrijskog kapaciteta za napredna „drop in“ biogoriva](#), (Prilog 4.), 2024.

u SAD-u. U EU-u se nalazi i šest pretkomercijalnih postrojenja (TRL 8) za HEFA-u i napredne tehnologije, u usporedbi s četiri u SAD-u. Za potrebe pomorskog prometa postoje samo tri operativna inovativna postrojenja za biometan (TRL 8) (jedno je u EU-u)²³⁵. To ukazuje na trenutačnu konkurentnost EU-a u tom sektoru u nastajanju i potrebu za ubrzanjem komercijalizacije naprednih tehnologija kako bi se ona održala.

Ne postoji kritična ovisnost o tim tehnologijama jer se mnogi akteri koji razvijaju tehnologije i proizvođači opreme nalaze u EU-u, a rizik od ovisnosti o kritičnim sirovinama je nizak²³⁶. Kad je riječ o tehnologijama naprednih biogoriva, ne postoji kritična ovisnost o uvozu sirovina. S druge strane, kad je riječ o obnovljivim gorivima nebiološkog podrijetla, postoji kritična ovisnost o zemljama izvan EU-a koje proizvode katalizatorske materijale (kobalt, krom, vanadij i volfram) i o dostupnosti električne energije iz obnovljivih izvora, vodika iz obnovljivih izvora (vidjeti odjeljak 3.8. o tehnologijama vodika) i sirovina za CO₂.

Troškovi proizvodnje razlikuju se ovisno o tehnologiji te su i dalje problem jer je te tehnologije potrebno proširiti kako bi bile na komercijalnim razinama. Troškovi za HEFA-u iz naprednih sirovina iznose od 15 do 32 EUR po MWh, a za biometanol dobiven uplinjavanjem između 89 EUR i 112 EUR po MWh²³⁷. Trošak obnovljivih goriva nebiološkog podrijetla uvelike ovisi o trošku vodika iz obnovljivih izvora, električne energije i CO₂ te iznosi od 90 do 180 EUR po MWh za upotrebu u pomorstvu, ali mnogo je veći za e-kerozin proizveden iz e-metanola²³⁸.

Cijene održivih zrakoplovnih goriva trenutačno su tri do deset puta veće od cijena tradicionalnog goriva, iako se očekuje da će se znatno smanjiti s povećanjem proizvodnih tehnologija. Daljnjim istraživanjima i inovacijama mogli bi se znatno smanjiti troškovi. U kombinaciji s uspostavom demonstracijskih i ranih komercijalnih postrojenja radi smanjenja kapitalnih i operativnih troškova, moglo bi se postići smanjenje ukupnih troškova proizvodnje za od 5 % do 27 %²³⁹. Osim toga, istodobno bi se mogla razvijati tržišta i proizvodna postrojenja za obnovljiva goriva u cestovnom, zračnom i pomorskom prometu kako bi se stvorila sinergija u svim prometnim sektorima. Na primjer, proizvodnjom zrakoplovnih goriva u nizu procesa dobivanja naprednog biogoriva stvara se tržište nusproizvoda zelenog dizela (za kamione) i benzina (za brodove). Iskorištavanje gospodarske vrijednosti nusproizvoda može dovesti do smanjenja troška primarnog goriva. Sinergija između naprednih biogoriva i obnovljivih goriva nebiološkog podrijetla također je ključna za primjenu tehnologija zelenog vodika, biogenog CO₂ i povezanih tehnologija.

3.15. Tehnologije uporabe viška topline u industriji

Tehnologije za uporabu viška topline iz industrijskih procesa ključne su za povećanje energetske učinkovitosti u industriji²⁴⁰. Postoji nekoliko tehnika. Općenito, toplina se prvo izdvaja (npr. iz ispušnih plinova) izmjenjivačima topline. Zatim se može prenijeti lokalno u drugi postupak (npr. predgrijavanje sirovina), izravno ili putem tekućine, ili se može isporučiti u mrežu centraliziranog grijanja. Pretvorba oporabljene topline (npr. dizalicama za toplinu;

²³⁵ Vidjeti bazu podataka u: [Task 39. Biofuels to decarbonize transport](#).

²³⁶ Europska komisija, Glavna uprava za istraživanje i inovacije, [Studija o ovisnosti o energetske tehnologiji](#), 2020.

²³⁷ Europska komisija, Glavna uprava za istraživanje i inovacije, [Predviđanja potrebnih sredstava za izgradnju industrijskog kapaciteta za napredna „drop in“ biogoriva](#), (Prilog 3.), 2024.

²³⁸ Europska komisija, Glavna uprava za istraživanje i inovacije, [Predviđanja potrebnih sredstava za izgradnju industrijskog kapaciteta za napredna „drop in“ biogoriva](#) (Prilog 4.), 2024.

²³⁹ Program Iza tehnološku suradnju u području bioenergije IEA-e, [Advanced Biofuels - Potential for Cost Reduction](#), 2020.

²⁴⁰ Iako se u literaturi obično govorilo o uporabi industrijske „otpadne topline“, sad se prednost daje pojmu „višak topline“ jer se toplina nakon uporabe više ne gubi.

vidjeti odjeljak 3.6.) omogućuje njezinu upotrebu na višoj temperaturi ili zamrzavanje. Druga je mogućnost pretvaranje topline u mehaničku ili električnu energiju.

U ovom se odjeljku opisuje uporaba topline i njezina pretvorba u električnu energiju s pomoću tehnologije Rankineovih ciklusa, kojom se toplina upotrebljava za širenje tekućine za pogon turbine i električnog generatora. Na tržištu su dostupni i organski (ORC) i parni (SRC) Rankineovi ciklusi, a zahvaljujući istraživanjima i inovacijama ORC se sve više poboljšava. Tehnologija ciklusa superkritičnog CO₂ (sCO₂) može biti učinkovitija i kompaktnija, ali još nije u potpunosti razvijena.

Teoretski industrijski višak topline u EU-u procjenjuje se na 920 TWh godišnje, što odgovara potencijalu Carnota od 279 TWh²⁴¹. Procjenjuje se da bi postrojenja za proizvodnju električne energije primjenom ORC-a mogla pretvarati višak energije iz industrijskih procesa u EU-u u 150 TWh električne energije godišnje²⁴².

Globalno tržište ORC-a procijenjeno je na 750 milijuna EUR 2023. i predviđa se da će rasti²⁴³. Tehnologija se uglavnom primjenjuje na geotermalnu energiju (77 %), višak topline u industriji (11 %) i biomasu (10 %)²⁴⁴. Glavne su komponente sustava ORC-a i SRC-a izmjenjivači topline, kondenzatori, pumpe za napajanje i turbine s generatorima. Materijali koji se koriste su čelične, aluminijske i (organske) tekućine, kao i bakar i magneti za generator te ostale komponente za kontrolnu elektroniku.

Na Europu otpada velik broj proizvođača sustava ORC i inovacija u tom području. Jedno poduzeće iz SAD-a i dva poduzeća iz EU-a predvode na globalnom tržištu ORC-a i imaju najveći udio u njemu (78 % u razdoblju 2016. – 2020.)²⁴⁵. Europa je predvodnica u aktivnostima istraživanja i razvoja u području ORC-a²⁴⁶, ali raste interes na globalnoj razini, a broj znanstvenih publikacija o temi ORC-a više se nego udvostručio u odnosu na razdoblje 2014. – 2018. te ih je u razdoblju 2019. – 2023. bilo 3 329. Od tih publikacija, 523 ih je objavljeno u EU-u, koji je po broju publikacija iza Kine (860), a ispred Irana (368), Ujedinjene Kraljevine (176) i SAD-a (165)²⁴⁷.

I dalje postoje određene prepreke uvođenju Rankineova ciklusa i drugih tehnologija za uporabu topline, što otežava daljnji razvoj industrije.. Početni troškovi i troškovi održavanja uporabe topline te cijena proizvedene električne energije mogu biti vrlo različiti, kao i razdoblja otplate ulaganja²⁴⁸, dok dostupnost opskrbe toplinskom energijom u budućnosti može biti neizvjesna zbog mogućih promjena u povezanom industrijskom procesu (npr. elektrifikacija).

Zbog uvjeta za pojedini proces i lokaciju potrebni su veći naponi u pogledu planiranja, projektiranja i instalacije sustava povrata topline. Za uporabu viška topline i lanac opskrbe tom tehnologijom korisne bi bile standardiziranije komponente koje bi bile dizajnirane tako da

²⁴¹ Bianchi, G., Panayiotou, G.P., Aresti, L. i dr., *Estimating the waste heat recovery in the European Union Industry*. Energy, Ecology and Environment, 2019.

²⁴² KCORC, *Thermal Energy Harvesting*, 2025 .

²⁴³ Grand View Research, *Organic Rankine Cycle Market Size & Trends*, 2024. Prema prosječnom deviznom tečaju od 0,9239 EUR za 1 USD za 2024. na temelju podataka [ESB-a](#).

²⁴⁴ Wieland, C., Schiffelechner, C., Dawo, F., Astolfi, M., *The organic Rankine cycle power systems market: Recent developments and future perspectives*, Applied Thermal Engineering, 2023.

²⁴⁵ Ibid.

²⁴⁶ KCORC, *Thermal Energy Harvesting*, 2025.

²⁴⁷ Elsevier, baza podataka Scopus, na temelju niza za pretraživanje „Organic AND Rankine AND Cycle AND Power”, 31. siječnja 2025.

²⁴⁸ CE-Delft, *ORC Plants for Thermal Energy Harvesting*, 2023.

zadovoljavaju potrebe većine postrojenja u određenom industrijskom podsektoru. Na razini EU-a, daljnje razmjene između pružatelja tehnologije i sektora krajnjih korisnika, potencijalno u okviru Strateškog plana za energetske tehnologije, mogle bi ubrzati uvođenje tih tehnologija i pridonijeti jačanju konkurentnosti EU-a.

4. ZAKLJUČCI

Sektor tehnologija s nultom neto stopom emisija pruža veliku gospodarsku mogućnost za EU i ključan je za energetske tranziciju. Globalno tržište ključnih tehnologija čiste energije moglo bi se gotovo utrostručiti i do 2035. dosegnuti vrijednost od otprilike 1,9 bilijuna EUR²⁴⁹. Industrija EU-a može imati ključnu ulogu u osiguravanju tih tehnologija na temelju još uvijek snažne industrijske osnove te rezultata istraživanja i inovacija. Vjerojatno nijedno drugo područje tehnologije u kojem EU ima dobar položaj ne raste tako brzo.

EU je i dalje jedno od najvećih globalnih tržišta tehnologija s nultom neto stopom emisija. Obnovljivi izvori energije vrlo su troškovno konkurentni u EU-u te je njihova primjena postigla rekordnu razinu, pri čemu je s pomoću njih 2024. osigurano 48 % električne energije u EU-u. S druge strane, cijene energije u EU-u i dalje su znatno više nego u mnogim drugim velikim gospodarstvima, posebno u SAD-u i Kini. To je strukturni nedostatak industrije EU-a, posebno njezinih energetski intenzivnih industrija, ali i prepreka konkurentnosti mnogih proizvođača u tehnološkom sektoru EU-a s nultom neto stopom emisija. Budući da EU nastavlja provoditi energetske tranzicije, povećava elektrifikaciju i nastoji riješiti problem ovisnosti o fosilnim gorivima, tehnologije s nultom neto stopom emisija postat će još važnije. Konkurentnost proizvođača iz EU-a imat će presudnu ulogu u tome hoće li se ključan dio te tranzicije provesti u EU-u ili će se pribjeći uvozu. To nije samo pitanje sigurnosti opskrbe, nego i blagostanja i zapošljavanja.

EU je i dalje u dobrom položaju u području istraživanja tehnologija čiste energije, ali još uvijek zaostaje u privatnim ulaganjima u istraživanje i inovacije. Programom Obzor Europa i dalje se podupiru istraživanja i inovacije u području tehnologija čiste energije i njihova konkurentnost te se potiču privatna ulaganja u okviru europskih partnerstava. S druge strane, dugo poznati izazovi povezani s privatnim ulaganjima u istraživanje i inovacije te rastom poduzeća i dalje koče napredak EU-a. EU je 2023. ostvario bolje rezultate u pogledu privlačenja rizičnog kapitala u sektor tehnologija čiste energije, ali je broj velikih ugovora bio ograničen. To je ključan čimbenik koji je utjecao na smanjenje rizičnog kapitala u tom sektoru, kako pokazuju preliminarni podaci za 2024. To ukazuje i na potrebu da EU još više poradi na privlačenju privatnih ulaganja za omogućavanje rasta poduzeća.

Zbog cjenovno sve konkurentnijeg tržišnog natjecanja EU se suočava s rizikom od gubitka konkurentnosti i proizvodnje. Kina već dominira globalnom proizvodnjom solarnih fotonaponskih sustava i baterija te se očekuje da će u narednim godinama znatno povećati proizvodne kapacitete za dodatne tehnologije čiste energije. Trenutačni ogromni izazovi s kojima se industrija baterija u EU-u suočava u pogledu povećanja proizvodnje odnose se na izgradnju velikih proizvodnih kapaciteta za tehnologije za koje Europa više nije glavno tržište i glavni izvor znanja u području proizvodnje, unatoč znatnim javnim i privatnim ulaganjima. Naredne godine bit će ključne za utvrđivanje može li postojeće stručno znanje EU-a u području

²⁴⁹ IEA, *Energy Technology Perspectives*, 2024. Procjene globalnog tržišta za solarne fotonaponske sustave, energiju vjetrova, električna vozila, baterije, elektrolizatore i dizalice topline. U izvješću se navodi iznos od 2 bilijuna USD, koji je konvertiran u EUR krajem 2024.

istraživanja i inovacija u sektorima solarne energije i baterija pomoći u oživljavanju tih sektora u EU-u, primjerice pronalaženjem rješenja za koja je potrebno manje kritičnih sirovina.

EU je i dalje vrlo konkurentan u proizvodnji nekoliko tehnologija s nultom neto stopom emisija, uključujući energiju vjetra i dizalice topline. Te će dvije tehnologije biti sve važnije na globalnoj razini, a procjene upućuju na potencijalni manjak proizvodnih kapaciteta u usporedbi s očekivanom globalnom potražnjom. Iako je industrija energije vjetra u EU-u još uvijek vrlo konkurentna, konkurenti iz Kine počeli su se širiti na globalna tržišta, na kojima su poduzeća iz EU-a u posljednjih nekoliko godina već izgubila tržišne udjele. Tehnološka rješenja za dizalice topline u budućnosti će imati ključnu ulogu u zadovoljavanju potreba za grijanjem u kućanstvima i industriji. U tom je sektoru EU i dalje vrlo konkurentan, ali je potreban novi zamah. Za jačanje lanaca vrijednosti EU-a bit će potrebna daljnja potpora tim strateškim industrijama.

Postoje i drugi sektori tehnologija koje se primjenjuju u kojima konkurentne industrije EU-a imaju potencijal za rast. U EU-u postoji razvijena industrija bioplina i biometana. Poduzeća sa sjedištem u EU-u imaju i dobar tržišni položaj u opskrbi komponentama elektroenergetske mreže, za kojima raste globalna potražnja usporedno s povećanjem elektrifikacije. Međutim, taj će sektor u budućnosti vjerojatno biti izložen dodatnom konkurentskom pritisku. Kao i mnoge druge tehnologije s nultom neto stopom emisija, proizvodnja mrežnih komponenata uvelike ovisi o sirovinama, kao što su bakar i posebne vrste čelika. Industrija EU-a ima dugu tradiciju proizvodnje hidroenergije, ali posljednjih nekoliko godina gubi udio na svjetskom tržištu. U EU-u postoji i neiskorišteni potencijal za hidroenergiju. Proširenje proizvodnje energije u reverzibilnim hidroelektranama, među ostalim nadogradnjom postojećih postrojenja, moglo bi doprinijeti povećanju fleksibilnosti mreže.

Osim toga, nekoliko je tehnologija tek u razvoju i potrebna je dodatna potpora kako bi se dokazao njihov komercijalni potencijal. To uključuje tehnologije energije oceana, male modularne reaktore, održiva alternativna goriva te tehnologije za hvatanje i skladištenje ugljika. Za te je tehnologije potrebna ciljana potpora kako bi se povećala njihova komercijalna održivost i proširila njihova primjena.

Inovacije imaju središnju ulogu u jačanju konkurentnosti EU-a, i u uvođenju novih tehnologija na tržište i u poboljšanju postojećih rješenja. Istraživanje i inovacije potrebni su za povećanje učinkovitosti te mogu biti potpora za ograničavanje ovisnosti o kritičnim sirovinama, kao što je litij u tehnologiji baterija. Dodatna djelovanja potrebna su i kako bi se povećali kružnost i održivost, primjerice rješavanjem problema upotrebe perfluoralkilnih i polifluoralkilnih tvari (kemikalije PFAS) u elektrolizatorima. Uslijed rasta globalnih ulaganja u tehnologije s nultom neto stopom emisija, EU će trebati poduzeti dodatne mjere kako bi išao ukorak s istraživanjem i inovacijama. To se odražava i u nedavno donesenom Kompassa konkurentnosti koji je usmjeren na premošćivanje inovacijskog jaza. Nedavno ojačani Strateški plan za energetska tehnologija ima ključnu ulogu u koordinaciji i usklađivanju prioriteta istraživanja, okupljanju javnih i privatnih dionika te povećanju učinkovitosti potrošnje u području istraživanja i inovacija među državama članicama, među ostalim u okviru partnerstva za prelazak na čistu energiju²⁵⁰.

Kako bi se u potpunosti iskoristile gospodarske koristi od globalne energetske tranzicije, ključno je da EU poveća svoje proizvodne kapacitete. Pristup lancu vrijednosti i dalje je ključan, uzimajući u obzir cijeli lanac, od sirovina i energetski intenzivnih industrija za opskrbu

²⁵⁰ Za više informacija vidjeti: [Partnerstvo za tehnologiju čiste energije](#).

materijalima do proizvodnje i konačne ugradnje. Nedostatak vještina i dalje će biti velik problem u nadolazećim godinama, koji se mora riješiti kako bi sektor mogao napredovati.

Provedba Akta o industriji s nultom neto stopom emisija može imati ključnu ulogu u pružanju koordinirane potpore proizvodnji tehnologija s nultom neto stopom emisija u EU-u. Za to će biti potrebno iskoristiti sve alate koji su njime predviđeni, od izdavanja dozvola do primjene necjenovnih kriterija u postupcima javne nabave i na dražbama. Platforma za Europu s nultom neto stopom emisija ima važnu ulogu u koordinaciji politika u EU-u i suradnji s industrijom. Stupanjem na snagu Akta o industriji s nultom neto stopom emisija ovo je izvješće o napretku u pogledu konkurentnosti postalo glavni alat za njegovo praćenje. U narednim godinama u izvješću će se nastaviti pomno pratiti kretanja povezana s konkurentnosti EU-a u području tehnologija s nultom neto stopom emisija i razmatrati pitanja povezana s provedbom Akta o industriji s nultom neto stopom emisija.

Kompasom konkurentnosti, planom za čistu industriju i akcijskim planom za priuštivu energiju Komisija je jačanje konkurentnosti EU-a stavila u središte svojih planova za sljedeće godine. U tim trima dokumentima navode se ključne mjere koje se temelje na sektoru tehnologija s nultom neto stopom emisija i kojima se on jača. To uključuje zajednički plan za dekarbonizaciju i konkurentnost industrije EU-a predviđen planom za čistu industriju i mjere za poboljšanje pristupa priuštivoj energiji utvrđene u akcijskom planu za priuštivu energiju.

U tom će kontekstu Komisija nastaviti podupirati tehnologije s nultom neto stopom emisija, i kao važan industrijski sektor i kao razvojne tehnologije za dekarbonizaciju šireg gospodarstva. Za to će biti potrebna kontinuirana djelovanja na razini EU-a i na nacionalnoj razini.