

# Brošura o RE4Industry



## RE4INDUSTRY

Renewable energies for industries

Prema potpunoj  
dekarbonizaciji  
industrija s visokom  
potrošnjom energije  
s integracijom  
energije iz  
obnovljivih izvora



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement N.952936.



RE4INDUSTRY  
Renewable energies for industries



- Autori:** Olgu Birgi, Rainer Janssen
- Urednic:** Alessandro Carmona, Patrick Reumerman, Manolis Karampinis, Andreas Ziogos
- Suradnici:** Asier Rueda, Aimilia Lympeti, Manolis Karampinis, Alessandro Carmona, Alejandro Fresneda, Irene Bolea, Clara Jarauta Córdoba, Georgios Zisopoulos, Myrto Zeneli, Panagiotis Grammelis, Olgu Birgi, Rainer Janssen, Asier Zubero, Martijn Vis, Bas Davidis, Patrick Reumerman, Maria Proenca, Suzanne Verhoef, Katia Paglé, Ioannis Karnachoritis, Marina Papageorgiou, Cosette Khawaja, Martijn Vis, Emmanouil Karampinis, Ana Sofia Praxedes
- ISBN:** 3-936338-87-6
- Izdavač:** © 2023 by WIP Renewable Energies, Munich, Njemačka
- Kontakt:** WIP Renewable Energies  
Sylvensteinstr. 2, 81369 Munich, Njemačka  
[olgu.birgi@wip-munich.de](mailto:olgu.birgi@wip-munich.de), Tel: +49 89 72012765  
[www.wip-munich.de](http://www.wip-munich.de)
- Web-stranica:** <https://re4industry.eu>
- Autorsko pravo:** Sva prava su pridržana. Nijedan dio ove brošure ne smije se reproducirati ni u kojem obliku i ni na koji način radi korištenja u komercijalne svrhe, bez pisanog dopuštenja izdavača. Autori ne jamče za točnost i/ili potpunost informacija i podataka koji se nalaze ili su opisani u ovoj brošuri.
- Ograda:** Ovaj projekt primio je sredstva iz programa Europske unije za istraživanje i inovacije Horizont 2020 u okviru sporazuma o bespovratnim sredstvima br. 952936. Informacije i stavovi izneseni u ovom dokumentu pripadaju autorima i ne odražavaju nužno službene stavove Europske unije. Institucije i tijela Europske unije ni bilo koja osoba koja djeluje u njihovo ime ne mogu se smatrati odgovornima za korištenje sljedećih informacija.



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement N.952936.



# Više o RE4Industry

EU je započela s progresivnom dekarbonizacijom s ambicioznim ciljem postati ugljično neutralna do 2050. godine. Pored toga, invazija Rusije na Ukrajinu i kriza s COVID-19 još su više naglasili neposrednu potrebu za neovisnošću o fosilnim gorivima i važnost energetske sigurnosti. Sustavi za energiju iz obnovljivih izvora igrat će značajnu ulogu u smanjenju emisija stakleničkih plinova i osiguravanju energetske sigurnosti lokalnom proizvodnjom čiste i neiscrpne energije.

Očekuje se da će industrije s visokom potrošnjom energije (EII) igrati važnu ulogu u ovoj tranziciji budući da predstavljaju 24 % ukupne potrošnje energije, ali potrebna je jasna dugoročna vizija i strategija kako bi ostali konkurentni dok doprinose ciljevima dekarbonizaciji u EU.

U skladu s tom svrhom, cilj projekta je olakšati što mirniju i sigurniju tranziciju sektoru industrija s visokom potrošnjom energije (EII) na usvajanje obnovljive energije (OE) u njihovim proizvodnim procesima i pogonima. Projekt će voditi industrije s visokom potrošnjom energije EII i njihove organizacije na njihovom putu za potpunu dekarbonizaciju prema 2050. pružajući im viziju i smjernice za uspostavu njihove dugoročne strategije za dosljedno i sigurnije naknadno opremanje i integraciju trenutnih i budućih rješenja OE u njihovim pogonima i procesima.

## Cilj brošure

Cilj ove brošure je sintetiziranje radova obavljenih u okviru radnog projekta RE4Industry i vođenje industrijskih subjekata u uspješnoj dekarbonizaciji njihovih sektora.

Brošura počinje s pregledom industrija s visokom potrošnjom energije (EII) i statusom njihovog sektora u okviru EU. U drugom poglavlju prikazani su slučajevi vodećih organizacija koje uspješno usvajaju sustave za obnovljivu energiju. Naučene lekcije iz tri industrijska ogledna primjera Corbiona, Sidenora i Mytilineosa predstavljene su u trećem poglavlju. Na kraju, u četvrtom poglavlju se ističu različite tehnologije energije iz obnovljivih izvora koje se mogu koristiti za proizvodnju topline i električne energije za EII.

Konačno, na kraju priručnika ukratko su predstavljeni partneri RE4Industry na projektu

# Sadržaj

Više o RE4Industry .....	3
Cilj brošure .....	3
1- Status sektora industrija s visokom potrošnjom energije u EU .....	6
Obojeni metali .....	8
Cement .....	10
Vapno .....	12
Kemijske tvari .....	14
Čelik .....	16
Staklo .....	18
2- Sustavi za energiju iz obnovljivih izvora .....	20
Obnovljiva električna energija .....	21
Obnovljiva toplina .....	22
Solarno grijanje .....	23
Dizalica topline .....	24
Geotermalna energija .....	25
Biomasa .....	26
Biogoriva .....	27
Zeleni vodik .....	28
3- Uspješni primjeri obnovljive integracije u EII-e .....	30
Čeličana ArcelorMittal Ghent .....	31
Generiranje električne energije na mjestu upotrebe putem fotonaponskih ploča u industriji čelika - Ebroacero .....	32
Koprocesiranje biomase u industriji cementa / Cementara Milaki za HERACLES-Holcim .....	33
Implementacija suizgaranja biogoriva u pećima industrije stakla Verallia Spain S.A (Zaragoza) .....	34
Upotreba solarnih fotonaponskih ploča (PPA) u solarnoj elektrani Witnica .....	35
4- Ogledni primjeri sustav energije iz obnovljivih izvora u EII .....	36
Mytilineos .....	37
Corbion .....	38
Sidenor .....	39
Upoznajte partnerе .....	40
Tehnološki i društveni stručnjaci .....	40
Udruženja orijentirana na obnovljivu energiju .....	41
Industrije s visokom potrošnjom energije .....	41

# Slike

Slika 1:	Emisije CO <sub>2</sub> u EU ETS iz industrija s visokom potrošnjom energije, EU27, 2008.-2018.....	6
Slika 2:	CEMBUREAU Plan smanjenja CO <sub>2</sub> duž cementnog lanca vrijednosti (5 C: klinker, cement, beton, građevinarstvo, rekarbonizacija).....	11
Slika 3:	Emisije stakleničkih plinova u kemijskom sektoru EU, milijuni tona (CO <sub>2</sub> ekvivalent) ....	15
Slika 4:	Globalni ponderirani prosječni niveli rani trošak energije (zeleno) i aukcijske cijene sporazuma o kupnji električne energije (crveno) za solarnu fotonaponsku energiju, vjetroelektranu na kopnu/na moru i koncentriranu solarnu energiju između 2010.-2023. Izvor: IRENA .....	21
Slika 5:	Ciklus kompresije pare koji istodobno osigurava grijanje i hlađenje.....	24
Slika 6:	Dugoročni potencijali raznih geotermalnih primjena u Europi na tri različita raspona .....	25
Slika 7:	Osnovne tehnologije za termokemijsku pretvorbu biomase. Vlastiti projekt, na temelju informacija.....	26
Slika 8:	Odabrane nijanse izvora vodika .....	28
Slika 9:	Obnovljivi načini proizvodnje vodika i trenutačne razine zrelosti .....	29
Slika 10:	Vjetroturbine i solarni paneli u elektrani ArcelorMittal's Ghent .....	31
Slika 11:	Fotonaponske primjene na terenu, izvor: Ebroacero.....	32
Slika 12:	Gomila biomase (lijevo) i prikaz izbliza čestica biomase (desno) .....	33
Slika 13:	Kamion koji vozi na biogorivo od uljane repice u regiji Champagne region, izvor: Verallia	34
Slika 14:	Slika iz zraka solarne elektrane Witnica, izvor: ceenergynews .....	35
Slika 15:	Glavni blokovi AoG postrojenja i plinske toplane-elektrane .....	37
Slika 16:	Lokacija sjedišta tvrtke Corbinion, proizvodne lokacije, prodajni uredi, i inovacijski centri .....	38
Slika 17:	Proizvodni centri tvrtke SIDENOR .....	39

# Tablice

Tablica 1:	Pregled primjera dostupnih tehnologija za energetski zahtjevne industrije .....	7
Tablica 2:	Potrošnja energije za obojene metale, emisije stakleničkih plinova i inovacije u smanjenju emisija ugljika.....	9
Tablica 3:	Prosječne emisije CO <sub>2</sub> za proizvode s vapnom (EuLA, 2012) .....	13
Tablica 4:	Konačna potrošnja energije u proizvodnji željeza i čelika u 2015 .....	16
Tablica 5:	Osnovni proizvodi iz sektora stakla.....	18
Tablica 6:	Inovativne tehnologije za smanjenje emisija ugljika u industriji stakla.....	19
Tablica 7:	Sustavi za električnu energiju i toplinu iz obnovljivih izvora.....	20
Tablica 8:	Najčešći tipovi kolektora i rasponi temperature koje oni mogu dati.....	22
Tablica 9:	Usporedba prirodnog plina, bioplina i biometana .....	27
Tablica 10:	Ključni podaci uspješnih primjera.....	30
Tablica 11:	Usporedba sustava za energiju iz obnovljivih izvora radi detaljnog odabira kao oglednih primjera za SIDENOR .....	39

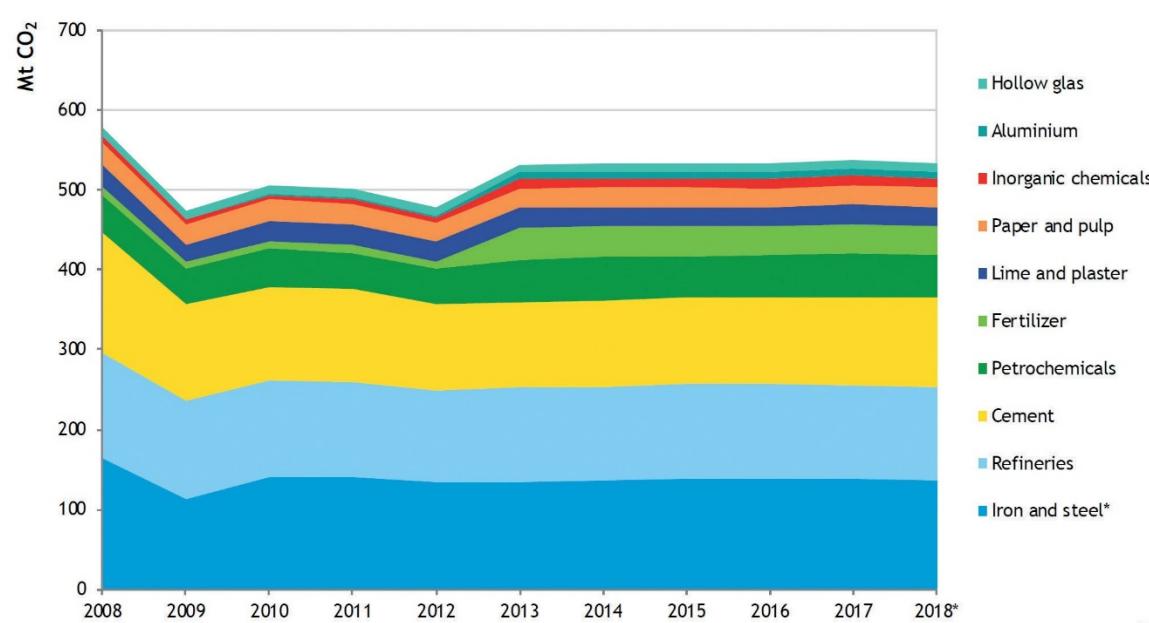
Cilj ovog poglavlja je prikazati pregled trenutnog stanja sektora industrije s visokom potrošnjom energije u Europi, kao što su:

- Obojeni metali
- Cement
- Vapno
- Kemijske tvari
- Čelik
- Staklo

U poglavlju se mogu pronaći opći podaci o europskom djelokrugu energetskog profila EII i emisijama stakleničkih plinova (GHG) koji se odnose na odabrane sektore EII. Nadalje, prikazani su putovi dekarbonizacije i različite alternative za dekarbonizaciju sektora.

Industrije s visokom potrošnjom energije značajni su ekonomski sektori u Europi. Procjenjuje se da je u novih EU27 zaposleno oko 3,2 milijuna ljudi u industriji željeza, čelika, minerala, rafinerijama i kemijskim postrojenjima. To čini oko 11 % ukupno zaposlenih osoba u industriji. U EU27, ove četiri industrijske grane čine oko 15 % ukupne vrijednosti u proizvodnji.<sup>1</sup>

Industrije s visokom potrošnjom energije posluju u dinamičkom političkom okruženju jer se politike za zaštitu od klimatskih promjena brzo razvijaju. U svjetlu Pariškog sporazuma, Europska komisija, Europski parlament i države članice implementirale su ambiciozne politike kao bi prilagodile emisije stakleničkih plinova (GHG) s ciljevima politike. Trenutačno su emisije stakleničkih plinova tih industrijskih grana pretežno regulirane Europskom shemom trgovanja emisijama stakleničkih plinova (EU ETS), instrumentom paneuropske politike za nadzor emisija iz preko 12.000 postrojenja. Sudionici EU ETS dužni su nadzirati emisije i izvješćivati o emisijama ugljičnog dioksida (CO<sub>2</sub>) i ostalih stakleničkih plinova te pribaviti dozvole za te emisije. U skladu s ciljevima smanjenja emisija u EU, slika 1 pokazuje da su se emisije iz industrijskih grana s visokom potrošnjom energije koje sudjeluju u EU ETS-u smanjile od 2008. do 2012., ali su ostale iste do 2013. godine.



Slika 1: Emisije CO<sub>2</sub> u EU ETS iz industrijskih grana s visokom potrošnjom energije, EU27, 2008-2018  
Izvor: EUTL podaci, CE Delft proračuni. \* Preliminarni podaci BTA

U izvješću EU Parlamenta o industrijskim granama s visokom potrošnjom energije navedeni su primjeri za svaku tehnološku rutu u EII. Važno je priznati da se nekoliko tehnologija, osobito u području elektrifikacije, CCU (Carbon Capture and Utilization - hvatanje ugljika i njegovo iskorištavanje) i vodika, oslanja na dostupnost obilnih obnovljivih izvora električne energije. Te tehnologije su stoga usko vezane s napretkom elektroenergetskog sektora. S druge strane, mjere vezane uz energetsku učinkovitost, kružnu ekonomiju, inovacije procesa i CCS (Carbon Capture and Storage - hvatanje i skladištenje ugljika) mogu izravno smanjiti emisije CO<sub>2</sub>. Međutim, sve dok sektor električne energije ne postigne ugljičnu neutralnost, povećanje potražnje za električnom energijom može odgoditi zatvaranje pogona za proizvodnju električne energije iz fosilnih goriva i onemogućiti ukupni napredak prema klimatskoj neutralnosti u ekonomiji.

Tablica 1: Pregled primjera dostupnih tehnologija za industrijske grane s visokom potrošnjom energije

Sektor	Željezo i čelik	Cement i vapno	Kemijske tvari, polimeri i gnojiva	Rafinerije
<b>Kružna ekonomija</b>	Više recikliranja otpada, zamjena drvetom u građevinarstvu	Recikliranje betona	Veće recikliranje kvalitetne plastike, nafta iz otpadne plastike, smanjenje upotrebe gnojiva	Recikliranje ugljičnih goriva, smanjenje potražnje uvođenjem električnih vozila
<b>Elektrifikacija</b>	Elektrolučne peći, elektroliza željezne rudače		Kreker budućnosti, električni kotao za vodu	Dizalice topline, električna grijalica za vodu
<b>Hvatanje ugljika, iskorištenje i skladištenje (CCUS)</b>	Priprema za hvatanje: ULCOS, Hlsarna, Steel2chemicals, Steelanol.	CCUS na pećnicama za klinker, LEILAC, mineralizacija	CCUS na SMR, Oxy-gorivo + CCUS	Sintetička goriva, hvatanje/CCUS na SMR
<b>Vodik (H<sub>2</sub>)</b>	H <sub>2</sub> - spužvasto željezo: HYBRIT, SALCOS, H <sub>2</sub> budućnosti itd.	HT toplina	H <sub>2</sub> iz elektrolizatora, HT toplina	HT toplina
<b>Biomasa</b>	Visoka peć na biokoks	Biopunila, industrijske peći na biopljin	Hrana na biološkoj osnovi: MeOH, EtOH, bioBTX, H <sub>2</sub> iz bioplina	Biogoriva, biorudača kao ulaz
<b>Inovacija ostalih procesa</b>	Hlsarna	Cement s niskim sadržajem ugljika, stvrđnjivanje CO <sub>2</sub>	Katalitički etilenski kreker, nove tehnologije razdvajanja	Nove tehnologije razdvajanja

# Obojeni metali

Obojeni metali su metali - uključujući i legure - koje ne sadrže željezo (ferit) u velikim količinama. Obojeni metali u pravilu sadrže manje željeza od 1 % težinskog udjela.

Obojeni metali u pravilu se kategoriziraju u četiri osnovne skupine, uključujući **osnovne metale, dragocjene metale, posebne metale i rijetke metale**.<sup>2</sup>

## Pregled europskog sektora obojenih metala

- Vrijednost **120 milijardi €**
- Broj neposredno zaposlenih **500.000 ljudi**
- Zapošjava više od **2 milijuna ljudi** posredno<sup>3</sup>

U Europi je manjak zaliha; pa se stoga uvelike oslanja na uvoz metalnih ruda i koncentrata s drugih kontinenata.

## Potrošnja energije i emisije stakleničkih plinova

Industrija obojenih metala najviše se koristi električnom energijom od svih industrijskih grana s visokom potrošnjom energije, s **58% udjela potrošnje električne energije** u ukupnoj potrošnji energije. Posljedica toga je da je industrija obojenih metala **jako osjetljiva na povećanje cijena električne energije**, više od ostalih proizvodnih industrijskih grana.<sup>4</sup>

S druge strane, EU industrija obojenih metala već je uspjela smanjiti svoje absolutne vrijednosti emisija (izravno i neizravno) za **61% od 1990.**, to je najveće smanjenje koje ostvareno u svijetu i zadržavanje potencijala smanjenja emisije stakleničkih plinova **više od 90 % do 2050.**, a to je datum koji označava cilj klimatske neutralnosti EU.<sup>5</sup>

## Inovacije u energetskoj učinkovitosti i dekarbonizaciji

U Tablici 2 prikazuju se najčešće korišteni obojeni metali, potrošnja energije i emisije stakleničkih plinova koje proizlaze iz proizvodnje tih metala, kao i inovacije energetske učinkovitosti i dekarbonizacije koje bi pomogle u dekarbonizaciji ovih sektora.

Učinkovitost (osobito u procesu elektrolize), upotreba alternativnih goriva, elektrifikacija, povrat topline i CCUS glavni su putovi za dekarbonizaciju sektora obojenih metala.

<sup>2</sup> RE4Industry Project Deliverable (2022): D3.1: Non-ferrous metals sector status in Europe

<sup>3</sup> T. Wyns and G. Khandekar, "Metals for a Climate Neutral Europe - A 2050 Blueprint," 2020. [Online]. Available: <https://www.eurometaux.eu/metals-blue-print-2050/>

<sup>4</sup> Energy balance sheets 2016 DATA 2018 edition. 2018.

<sup>5</sup> T. Wyns and G. Khandekar, "Metals for a Climate Neutral Europe - A 2050 Blueprint," 2020. [Online]. Available: <https://www.eurometaux.eu/metals-blue-print-2050/>

Tablica 2: Inovacije u potrošnji energije za proizvodnju obojenih metala, emisijama stakleničkih plinova i dekarbonizaciji<sup>5</sup>

	<b>Potrošnja energije</b>	<b>Staklenički plinovi</b>	<b>Inovacije u energetskoj učinkovitosti i dekarbonizaciji</b>
Al	14-16 MWh električne energije za tonu aluminija (primarna proizvodnja)	Ukupno 17,4 Mt CO <sub>2</sub> ekv. (u 2015.)	Učinkovitost u procesu elektrolize, CCS
Cu	Približno 1,5 MWh električne energije, ukupna energija 3,3 MWh za jednu tonu bakra	Ukupno 4,439 Mt CO <sub>2</sub> ekv (u 2015.)	Učinkovitost u procesu elektrolize, alternativna goriva (vodik, sintetička goriva), povrat otpadne topline
Ni	Rafiniranje: 5-5,5 MWh/t, plamena peć: 2,6-2,8 MWh po toni nikla	348,46 kt CO <sub>2</sub> ekv (u 2015.)	Elektrifikacija raznih procesa, npr. električno grijanje i proizvodnja plina Učinkovitost u povratu topline, CCS
Zn	Potrošnja električne energije za jednu tonu cinka ekv 3,8 MWh/t	3,394 Mt CO <sub>2</sub> (u 2015.)	CCU primjerice, projekt alge (Finnfjord AS, the Arctic University of Norway), CCS
Legure silicija i željeza	Potrošnja električne energije: silicij 12,4, ferosilicij 8,9, feromangan 3 MWh po toni	Silicij 8,4, Ferosilicij 6,3, Feromangan 1,5 Mt CO <sub>2</sub> ekv	CCU primjerice, projekt alge (Finnfjord AS, the Arctic University of Norway), CCS

Eurometaux ([www.eurometaux.eu](http://www.eurometaux.eu)) je udruženje koje predstavlja interes industrija obojenih metala u Europi. Njegovi članovi su proizvođači, pretvarači i reciklatori obojenih metala, kao i europska i nacionalna udruženja industrije metala. U listopadu 2019. Eurometaux je objavio izvješće pod naslovom „Metali za klimatski neutralnu Europu: Plan do 2050.“, u kojemu se ispituje potencijal i izazovi s kojima se suočava europska industrija obojenih metala u postizanju cilja klimatske neutralnosti do 2050. Kako bi se postigli ti ciljevi, plan udruženja Eurometaux predlaže nekoliko mera, uključujući povećanje energetske učinkovitosti u proizvodnim procesima, korištenje obnovljivih izvora energije, promicanje kružnog gospodarstva recikliranjem i ponovnim korištenjem materijala te razvoj novih proizvodnih tehnologija s niskim sadržajem ugljika.

# Cement

Cement je glavni sastojak betona, a beton je najčešće korišten proizvodni materijal kada je riječ o volumenu. Beton je jeftin, robustan i otporan na vatu, poplave i štetnike. Dovoljno je fleksibilan za proizvodnju složenih i masivnih građevina. Očekuje se da će potražnja betona, a time i cementa rasti za 12-23 % do 2050. uz rast populacije i gospodarstva.<sup>6</sup>

## Pregleda sektora cementa u Evropi

U skladu s podacima Eurostata, industrija proizvodnje cementa u EU ima promet od

- **15,2 milijardi € i 4,8 milijardi € dodane vrijednosti.**
- Zapošljava oko **47.000 osoba** u Evropi u 2019.<sup>7</sup>
- Distribuira se u oko **350 poduzeća**

## Potrošnja energije i emisije stakleničkih plinova

Proizvodnja cementa čini **8% ukupne svjetske emisije CO<sub>2</sub>**. Proizvodnja cementa troši puno energije, 50-60 % troškova proizvodnje vezano je uz troškove za energiju. Tipična potrošnje električne energije moderne cementare je oko **110–120 kWh per po toni cementa i potrebno je 60 do 130 kg naftnog goriva ili njegovog ekvivalenta**, ovisno o vrsti cementa.<sup>8</sup>

Proizvodnja cementa jedan je od najvećih izvora emisija ugljičnog dioksida u svijetu. Te emisije dolaze iz dva glavna izvora: emisije vezana uz energiju i emisije vezane uz proces.

Emisije vezane uz energiju u proizvodnji cementa nastaju zbog izgaranja fosilnih goriva koje trebaju osigurati visoku temperaturu koja je potrebna za proizvodnju klinkera, koji je glavna komponenta cementa. Za tu se svrhu najčešće koriste fosilna goriva kao što je ugljen, nafta i prirodni plin. Emisije koje nastaju izgaranjem tih goriva sadrže ugljični dioksid (CO<sub>2</sub>), također i stakleničke plinove kao što je metan (CH<sub>4</sub>) i dušični oksid (N<sub>2</sub>O).

Uz emisije koje su vezane uz potrošnju energije, poznato je da industrija cementa emitira velike količine stakleničkih plinova, prije svega ugljičnog dioksida (CO<sub>2</sub>), za vrijeme procesa proizvodnje. Te emisije poznate su kao "procesne emisije" koje se oslobađaju za vrijeme kemijske reakcije do koje dolazi kada se zagrijava vapnenac radi proizvodnje klinkera, ključnog sastojka cementa. Ova vrsta emisija predstavlja veliki dio emisija iz industrije i teško se može izbjegći jer se javlja u procesu proizvodnje.

<sup>6</sup> RE4Industry Project Deliverable (2022): D3.1 Cement & Lime sector status in Europe

<sup>7</sup> Cembureau, "Activity report 2020." [Online]. Available: [www.cembureau.eu](http://www.cembureau.eu)

<sup>8</sup> N. A. Madlool, R. Saidur, M. S. Hossain, and N. A. Rahim, "A critical review on energy use and savings in the cement industries," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 15, no. 4. pp. 2042–2060, May 2011. doi: 10.1016/j.rser.2011.01.005.

## Inovacije u vezi energetske učinkovitosti i dekarbonizacije

Dok su naporci za smanjenje emisija CO<sub>2</sub> prvenstveno usmjereni na proizvodnju cementa, dodatna smanjenja mogu se postići razmatranjem cijelog lanca vrijednosti od proizvodnje cementa do njegove upotrebe u građevinskim materijalima poput žbuke i betona. CEMBUREAU, European Cement Association (europsko udruženje za cement), organizacija je koja zastupa interes proizvođača cementa i promiče održivu i kompetitivnu industriju cementa u Europi. Razvili su plan za dekarbonizaciju koji zacrtava strategiju industrije za smanjenje emisija ugljika i za postizanje klimatske neutralnosti. Plan daje prednost inovacijama, ulaganjima i suradnjom te nudi viziju prijelaza cementne industrije prema budućnosti s niskom razinom ugljika. Plan dekarbonizacije CEMBUREAU-a uključuje "pristup 5 elemenata" koji promiče suradnički pristup duž lanca vrijednosti **klinkera, cementa, betona, građevinarstva, karbonizacije** koji uključuje sve aktere kako bi se vizija niske razine ugljika pretvorila u stvarnost. Grafikon u nastavku (slika 2) CEMBUREAU-a sažima tehničke smjernice za postizanje neto nulte emisije CO<sub>2</sub> u sektoru u usporedbi s emisijama iz 1990. godine. Dok se poboljšanja i dekarbonizacija u lancu vrijednosti cementa (5 elemenata) i dalje čine ključnim za put dekarbonizacije, treba ukloniti ukupno 783 kg CO<sub>2</sub> po toni cementa kako bi se postigla neto emisija nulta u sektoru.

Slika 2:  
CEMBUREAU  
Plan smanjenja  
CO<sub>2</sub> duž lanca  
vrijednosti cementa  
(5 elemenata:  
klinker, cement,  
beton, građevina,  
rekarbonizacija)



Iako se cijeli lanac vrijednosti mora poboljšati kako bi se postigao neto nulti cilj, neki su koraci intenzivniji za ugljik od drugih. Energetski najintenzivnija faza lanca vrijednosti je u tvornici cementa, gdje se proizvode dva kritična materijala: **klinker i cement**.

Neke moguće mjere za smanjenje emisija povezanih s **proizvodnjom klinkera** su korištenje **alternativnih dekarboniziranih sirovinskih materijala** (otpadi i nusproizvodi iz drugih industrija) za cementa, zamjena određene količine vapnenca, **zamjena goriva**

(alternativno gorivo, biomasa, vodik), povećana **toplinska učinkovitost** (u pećima), upotreba **novih vrsta klinkera za cement** koji su kemijski drukčiji i emitiraju manje CO<sub>2</sub> i **CCUS**.

Kako bi se smanjile emisije povezane s proizvodnjom cementa, električna energija koja se koristi za miješanje, mljevenje i transport treba se dobijati iz obnovljivih izvora. **Korištenje klinkera za cement s niskim udjelom ili alternativa klinkeru** još je jedan način smanjenja emisije vezane uz proizvodnju

# Vapno

Vapno, također poznato kao živo vapno ili gašeno vapno, bijeli je ili sivobijeli alkalni kemijski spoj. Vapno se upotrebljava u raznim primjenama u različitim sektorima kao što su ekološki, metalurški, građevinski, kemijski/industrijski itd. Pored toga, vapno je vrlo reaktivno i može biti opasno ako se njime ne rukuje na propisani način.<sup>6</sup>

## Pregled sektora za vapno u Europi

Proizvodi s vapnom upotrebljavaju se u raznim primjenama u Europi i širom svijeta te su nezamjenjivi za mnoge industrijske sektore, od proizvodnje čelika do građevinskih materijala, kemijske industrije i papirne kaše.

- Promet od **4,2 milijarde €** i **1.4 milijarde €** dodane vrijednosti
- Neposredno je zaposleno **15.000** ljudi
- i posredno još radi **30.000** ljudi

Izvor: [sublime-etn.eu](http://sublime-etn.eu)

Svoju veliku važnost i raznovrsnost tvari ima zbog svoje lužnatosti, sposobnosti pročišćavanja i neutraliziranja. Prosječni građanin EU posredno koristi oko 150 g dnevno proizvoda s vapnom.

## Potrošnja energije i emisije stakleničkih plinova

Vapno se stvara u postupku kalcinacije. Dolazi do procesa toplinske razgradnje gdje vapnenac ( $\text{CaCo}_3$ ) ili dolomit  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  oslobađa  $\text{CO}_2$  i pod utjecajem visokih temperatura prelazi u vapno ( $\text{CaO}$ ) i dolomitno vapno ( $\text{CaMgO}_2$ ). Proizvodnja vapna dovodi do emisije stakleničkih plinova zbog samog procesa poput cementa (procesne emisije) ali i zbog utrošene energije.

Proces kalcinacije odgovoran je za većinu utrošene energije i emisije  $\text{CO}_2$  budući da su za proizvodnju vapna potrebne temperature oko 1200 oC i za održavanje tih temperatura potrebna je znatna količina topline. Istodobno, **68% ukupnih emisija neizbjegan su nusproizvod procesa kalcinacije.**

Tablica 3 otkriva da glavnina emisija proizlazi iz samog procesa, sa značajnim povećanjem emisija  $\text{CO}_2$  do kojih dolazi zbog korištenja dolomitnog vapnenca kao sirovine.

Tablica 3: Prosječne emisije CO<sub>2</sub> za proizvode s vapnom

Emisije	Proces (tCO <sub>2</sub> po toni proizvedenog vapna)	Izgaranje (tCO <sub>2</sub> po toni proizvedeno g vapna)	Električna energija (tCO <sub>2</sub> po toni proizveden og vapna)	Ukupno (tCO <sub>2</sub> po toni proizvedenog vapna) vapna)
Vapno	0,751	0,322	0,475	1,092
Dolomit	0,807	0,475		1,301

## Mjere za smanjivanje emisija CO<sub>2</sub>

EuLA neprofitna organizacija koja se nalazi u Brusselu, Belgija koja zagovara interes industrije vapna u Europi. Njezine članice dolaze iz raznih zemalja u Europskoj uniji. U 2020. godini, EuLA je objavila plan dekarbonizacije za industriju vapna. Plan predstavlja plan industrije za smanjivanje emisija stakleničkih plinova koji je usklađen s Pariškom sporazumom i klimatskim promjenama.

Potencijalne mjere za smanjivanje emisija CO<sub>2</sub> spomenute u EuLA-inom planu za dekarbonizaciju idu u četiri smjera:

- **Energetska učinkovitost preko ušteda u gorivu:** povećanje energetske učinkovitosti pretežno za vrijeme kalcinacije važna je opcija za smanjenje emisija koje su vezane uz energiju.
- **Izvori s malim sadržajem ugljika preko zamjene goriva:** goriva koja se koriste za proizvodnju potrebne topline obično su prirodni plin ili naftno gorivo. Prijelaz na izvore s niskim sadržajem ugljika ključ je za smanjivanje emisija CO<sub>2</sub>.
- **CCUS:** Gotovo 70 % ukupnih emisija CO<sub>2</sub> u industriji vapna procesne su emisije, stoga je jedino rješenje za dostizanje ugljične neutralnosti CCS i CCU koji se smatraju rješenjem na kraju cijevi.
- **Karbonacija:** karbonacija je prirodni učinak povezan s upotrebotom vapna i može se opisati kao obrnuta rekacija proizvodnje vapna. Za vrijeme životnog vijeka proizvoda koji sadrže vapno, CO<sub>2</sub> iz atmosfere se hvata i stvara vapnenac te se na taj način ciklus vapna zatvara.

# Kemijske tvari

Kemijski sektor je raznolika industrija koja proizvodi širok raspon kemijskih proizvoda, uključujući plastiku, lijekove, gnojiva i druge kemijske tvari koje se koriste u raznim industrijama. Proizvodi kemijskog sektora EU mogu se podijeliti na tri glavne kategorije<sup>9</sup>:

- **Osnovna kemijska sredstva** poznata su i kao robna kemijska sredstva, predstavljale su 60,4 % ukupne prodaje kemijskih sredstava u EU 2018. te obuhvaćaju petrokemiju i njihove derivate (polimere) zajedno s osnovnim anorganskim spojevima.
- **Specijalna kemijska sredstva** predstavljala su 27,2% ukupne prodaje kemijskih sredstava u EU-u u 2018., obuhvaćaju područja kao što su boje i tinte, zaštita usjeva, boje i pigmenti te pomoćna sredstva za industriju (ostala kemijska sredstva poput ljepila, eteričnih ulja i želatine).
- **Potrošačka kemijska sredstva** prodaju se krajnjim potrošačima kao što su sapun i deterdženti te parfemi i kozmetika. Ona su predstavljala 12,4% ukupne prodaje kemijskih sredstava u EU-u u 2018.<sup>10</sup>

## Pregled kemijskog sektora Europe

Kemijski sektor EU ima značajnu ulogu u europskom gospodarstvu i on je jedna od najvećih kemijskih industrija na svijetu. On obuhvaća različite industrije, kao što su petrokemija, plastika, farmaceutski proizvodi, agrokemijska sredstva i posebna kemijska sredstva. U 2018., EU je stvorila prihod od 565 milijardi € u kemijskom sektoru, gdje su Njemačka i Francuska dva najveća proizvođača kemijskih sredstava u Europi, nakon njih dolaze Italija i Nizozemska.

<sup>9</sup> RE4Industry Project Deliverable (2022):

D3.1 – Chemical & Fertilizers Sector

<sup>10</sup> Cefic, "2020 FACTS & FIGURES of the European chemical industry".

- Kemijska proizvodnja je četvrta najveća industrija u EU.
- Sektor čini 7,6 % proizvodnog prometa u EU
- Sastoji se od **30.000 tvrtki**
- Neposredno zapošljava približno **1,2 milijuna**, a posredno **3,6 milijuna ljudi**<sup>10</sup>

## Potrošnja energije i emisije stakleničkih plinova

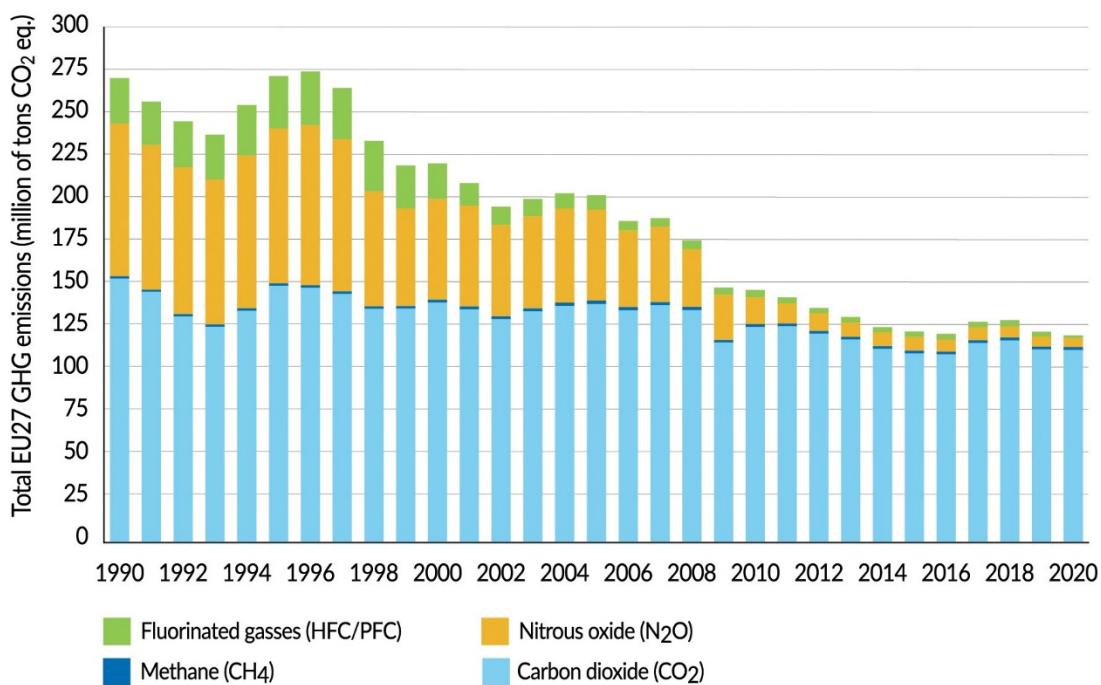
Sektor kemijskih sredstava obuhvaća širok raspon različitih procesa, u rasponu od složenih kontinuiranih procesa do procesa s manjim šaržama.

Izgaranje fosilnih goriva, neizravne emisije uslijed potrošnje električne energije i procesne emisije (koje su rezultat procesa koji stvaraju CO<sub>2</sub> kao nusproizvod kemijskih reakcija) čine ugljični otisak kemijskog sektora.

U 2017. potrošnja goriva i energije u kemijskoj industriji EU, uključujući farmaceutsku, iznosila je 52,7 milijuna tona ekvivalenta nafte i plina, pri čemu je električna energija činila gotovo dvije trećine ukupne potrošnje energije.<sup>10</sup>

U skladu s Europskom agencijom za okoliš (EEA), kemijska industrija EU, uključujući farmaceutsku, emitirala je 135,2 milijuna tona ekvivalenta CO<sub>2</sub> u 2017. godini.

Najvažniji zagađivač, CO<sub>2</sub>, bio je djelomično ograničen; međutim, veliki dio smanjenja povezan je sa smanjenjem dušikovog oksida (N<sub>2</sub>O), koji je drugi najvažniji zagađivač. Stalni pad klorofluorougljika može se vidjeti na slici 3.



Source: European Environment Agency (EEA)  
 \*Germany and Malta did not separately report GHG emissions  
 from combustion of fuels in the chemical sector.

Slika 3: Emisije stakleničkih plinova u kemijskom sektoru EU, milijuni tona ekvivalenta (CO<sub>2</sub>)

Metanol, etilen, klor i amonijak najvažnije su kemikalije na temelju njihovih velikih količina proizvodnje, ali i njihove energetske i ugljične intenzivnosti. Te su kemikalije odgovorne za većinu emisija CO<sub>2</sub> u sektoru.

## Inovacije u vezi energetske učinkovitosti i dekarbonizacije

CEFIC predstavlja skraćenicu za Europsko vijeće kemijske industrije, to je trgovačko udruženje sa sjedištem u Bruxellesu koje zagovara interes kemijske industrije u Europi. Njegovo članstvo čini više od 29.000 tvrtki, od velikih multinacionalnih korporacija pa sve do malih i srednjih poduzeća. CEFIC se posvetio smanjenju emisija stakleničkih plinova u industriji i postizanju neto nultih emisija do 2050. godine.

Niz trenutnih i budućih tehnologija može zadovoljiti europske energetske potrebe i poboljšati energetsku učinkovitost. Neke su spomenute u nastavku:

- **Konačna potražnja za energijom** može se održavati **na konstantnoj razini**,
- Emisije bi se moglo gotovo eliminirati **energetskom učinkovitošću** (33% ukupnog smanjenja emisija),
- **hvatanjem, korištenjem i skladištenjem CO<sub>2</sub>** (CCUS) (25%),
- **Obnovljiva električna energija** (20 %)
- **Zamjena goriva i mjere za smanjenje emisija dušikovog oksida** (22 %)<sup>11</sup>

Pored spomenutih tehnologija, **poboljšanja u sirovinama**, koje se obično temelje na fosilnim gorivima, još jedan su način smanjenja emisija stakleničkih plinova. To se može ostvariti učinkovitim iskorištenjem postojećih sirovina, povećanjem količine obnovljivih sirovina poput biomase, alternativnim sirovinama i recikliranjem.

<sup>11</sup> M. ; de B. J. ; L. N. ; den O. B. Stork, "Roadmap for the Dutch Chemical Industry towards 2050," 2018

# Čelik

Sektor konvencionalne proizvodnje čelika u Europi jedan je od najznačajnijih izvora emisija CO<sub>2</sub>. Sektor doprinosi s **približno 4 % ukupnih europskih emisija CO<sub>2</sub>**. Što se tiče industrijskog sektora, proces proizvodnje čelika u Europi doprinosi s 22 % emisija CO<sub>2</sub>.<sup>12, 13</sup>

Uz prôizvodnju od oko 1,9 milijardi tona godišnje diljem svijeta i **139 milijuna tona u EU**, čelik je nakon cementa i drveta treći najzastupljeniji rasuti materijal koji je proizveo čovjek.<sup>14</sup>

## Pregled europskog sektora za čelik

- Industrija EU stvara približno **€132 milijarde** bruto dodane vrijednosti.
- U 2020. godini, europski sektor čelika izvjestio je industrija podržava preko **2,6 milijuna** ukupno s punim radnim vremenom ekvivalentnih poslova<sup>14</sup>

<sup>12</sup> R. Berger, "The future of steelmaking—How the European steel industry can achieve carbon neutrality," Rol. Berger GMBH, 2020.

<sup>13</sup> RE4Industry Project Deliverable (2022): D3.1 Steel sector status in Europe

<sup>14</sup> EUROFER, "European Steel in Figures," 2021.

<sup>15</sup> J. Kim et al., "Decarbonizing the iron and steel industry: A systematic review of sociotechnical systems, technological innovations, and policy options," Energy Res. Soc. Sci., vol. 89, p. 102565, 2022. [Online] <https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102565>.

## Potrošnja energije i emisije stakleničkih plinova

U Tablici 4 prikazana je konačna potrošnja energije u proizvodnji željeza i čelika. Negativna potrošnja energije predstavlja povrat energije u procesima proizvodnje željeza i čelika.

Primarni izvori emisija CO<sub>2</sub> u proizvodnji željeza i čelika su **sirovine i izgaranje goriva**.

U procesima od sinterizacije do proizvodnje završnog proizvoda od čelika, CO<sub>2</sub> se emitira kroz pećnice, kotlove, štednjake, peći i drugu raznu opremu.

Od 1,8 t emisija CO<sub>2</sub> po toni valjanog namotaja u tipičnoj integriranoj čeličani, 1,7 t CO<sub>2</sub> je povezano s korištenjem ugljena, a preostalih 0,1 t CO<sub>2</sub> je otpada na korištenje vapna.

Većina ugljičnog otiska u industriji željeza i čelika emisije su vezane uz energiju.

Tablica 4: Konačna potrošnja energije u proizvodnji željeza i čelika u 2015.<sup>15</sup>

Proces	Potrošnja energije (EJ godišnje)	Udio (%)
Koksni ugljen i koks	24,1	70,0
Drugi ugljen	6,1	17,6
Plin iz visokih peći i koksni plin	-3,3	-9,6
Prirodni plin	2,3	6,7
Nafta	0,4	1,2
Biomasa	0,1	0,4
Električna energija	4,0	11,8
Dizalice	0,6	1,9
Ukupno	34,4	100,0

## Inovacije u vezi energetske učinkovitosti i dekarbonizacije

EUROFER, predstavlja Europsko udruženje za čelik i trgovačko je udruženje sa sjedištem u Bruxellesu koje se zalaže za interese europske industrije čelika. U njegovom članstvu nalazi se preko 500 tvrtki, uključujući velike multinacionalne korporacije te mala i srednja poduzeća. Europa je u svijetu poznata po visokorazvijenoj industriji čelika koja je trenutno vodeća u svijetu u pogledu ekoloških i klimatskih učinaka. Kako bi usmjerio industriju prema budućnosti s niskim emisijama ugljika, EUROFER je 2019. objavio plan za dekarbonizaciju pod nazivom „Plan s niskim ugljikom – putovi do postizanja ugljično neutralne europske industrije čelika“. Za ovaj pomak prema ugljično neutralnoj budućnosti potrebna su značajna ulaganja u novi tehnološki napredak, energetsku infrastrukturu i promjene u potrošnji te izvorima energije, pri čemu je pristup visokokvalitetnim materijalima kao što su željezna rudača i otpad klučni čimbenik.

Kako bi osigurao da će Europa ispunjavati svoje obveze prema Pariškom klimatskom sporazumu i učinio europski čelik kompatibilnim s čistom budućnošću s niskim udjelom ugljika, EUROFER je postavio jasan skup scenarija puta koji će potaknuti ovu potrebnu transformaciju u sektoru.

Kao dodatak mjerama EUROFER-a, kružno gospodarstvo koristi industriji čelika na razne načine kao što su očuvanje sirovina, inovacije, izdržljivi proizvodi, poslovi, učinkovitost i emisije CO<sub>2</sub>. Omjer recikliranja čelika vrlo je visok u industriji, približio se vrijednosti od 95 %, što čini čelik materijalom koji se najviše reciklira. Dok je omjer recikliranja visok uglavnom zbog ekonomskih razloga, on pruža druge ekološke prednosti uključujući manju potrošnju energije i niže emisije ugljika.

Osim spomenutih opcija, u nastavku su navedeni drugi načini za smanjenje emisija u sektoru:

- **Upotreba biomase u proizvodni čelika** (toreficirano otpadno drvo, drveni ugljen, biougljen itd)
- **Upotreba ugljika kao reduktanta (CCUS)** može se primijeniti na većinu točkastih izvora u sektoru čelika)
- **Upotreba električne energije kroz proces na temelju elektrolize**
- **Izravna proizvodnja čelika plazmom**
- **Proizvodnja željeza za ovjese**
- **Zamjena H<sub>2</sub> umjesto ugljika kao reduktanta** (vodik se također može izravno koristiti kao reduktant u procesu proizvodnje čelika i zato ima izvrstan potencijal za smanjenje emisija CO<sub>2</sub>.)

Dekarbonizacija industrije željeza i čelika uz pomoć vodika mora se podržavati vodikom koji se proizvodi u niskougljičnom postupku.

# Staklo

Staklo još uvijek predstavlja materijal koji se najčešće koristi u procesima proizvodnje gradnje i potrošnje, značajno omogućavajući proizvode s malom težinom i vrlo kvalitetnim ostakljenjem.<sup>16</sup>

Osnovni proizvodi sektora stakla su **staklo za ambalažu, ravno staklo, staklena vlakna, proizvodi za kućanstvo i posebni proizvodi od stakla** (pogledajte tablicu 5).

Tablica 5: Glavni proizvodi u sektoru stakla

Glavni proizvodi	Udio u industriji stakla u	Korištenje
Staklo za ambalažu	Najveći sektor stakla u EU s udjelom od 62% proizvodnje u EU.	Proizvoda ambalaže kao što su boce i staklenke
Ravno staklo	Drugi najveći sektor stakla i čini približno 29 % ukupne proizvodnje u EU.	Stambena primjena, proizvodnja automobila i komercijalna gradnja te inovativne primjene.
Staklena vlakna	Proizvodnja kontinuiranih staklenih vlakana za filament (CFCG) doprinosi s najmanjim udjelom od 2 % težinskog udjela u sektoru.	Uglavnom se koristi kao kompozit u raznim sektorima.
Kućanstvo	Sektor čini oko 4 % ukupne proizvodnje u Europi.	Proizvodnja staklenog posuđa, posuđa za kuhanje i ukrasnog materijala itd.
Posebni proizvodi od stakla	Oni predstavljaju mali udio u ukupnoj svjetskoj proizvodnji stakla za proizvode s visokom dodanom vrijednosti	Staklo za rasvjetu, za laboratorije, optičko ili iznimno tanko staklo za električku industriju itd.

## Pregleda sektora stakla u Europi

Sukladno podacima Glass Alliance Europe,

Iako je normalno poslovanje većine sektora stakla bilo poremećeno od 2020. zbog krize COVID-19, 2021. je pokazala polagani oporavak.

- U 2021., proizvedeno je **39,1 milijuna tona** stakla u EU.
- EU je uz Kinu i sjevernu Ameriku jedan od najvećih svjetskih proizvođača stakla.
- U 2021., EU-27 industrija stakla zapošljavala je oko **181.000 ljudi**.

<sup>16</sup> RE4Industry Project Deliverable (2022): D3.1 Glass sector status in Europe

## Potrošnja energije i emisije stakleničkih plinova

Staklo je sektor s viskom potrošnjom energije i za izradu stakla potrebne su iznimno visoke temperature; stoga energija predstavlja jedan od najvećih radnih troškova u proizvodnji stakla. Izgaranje prirodnog plina sa zrakom tradicionalni je način proizvodnje stakla, što je proces koji troši puno energije i onečišćenja. Rezultat je taj da se u proizvodnji stakla stvorju 22 milijuna tona CO<sub>2</sub> svake godine u Evropi.<sup>17</sup>

## Inovacije u vezi energetske učinkovitosti i dekarbonizacije

Danas, većina emisija u sektoru stakla dolazi od upotrebe fosilnih goriva za taljenje sirovine. Prijelaz na ugljično neutralan izvor energije važan je potencijal za smanjenje emisija.

Glass Alliance Europe (GAE) Europsko je udruženje koje zagovara interes industrije za proizvodnju stakla. Njegov cilj je promicanje politika i propisa koji potiču rast i konkurentnost industrije na razini Europe. Glass Alliance Europe prepoznaje značaj Europskog zelenog dogovora, čiji cilj je postizanje klimatske neutralnosti za europsko gospodarstvo i društvo do 2050. U tom kontekstu, postojanje konkurentnog industrijske fondacije unutar EU-a koja prednjači u rješenjima s niskim udjelom ugljika postaje ključno za tranziciju svih gospodarskih sektora diljem Europe.

Staklo igra glavnu ulogu kao ključni materijal za omogućavanje u sektorima sa značajnim potencijalom za smanjenje emisija, osobito u energiji, građevinarstvu i transportu. Kao takvo, postaje bitan proizvod za ugljično neutralnu Europu. K tome, staklo znatno doprinosi uspostavi istinskog kružnog gospodarstva jer se može beskonačno reciklirati i ponovno koristiti za spremnike. Ta karakteristika pomaže u očuvanju i smanjenju emisija ugljika.

Pored toga, preporuke unutar sektora stakla čiji cilj je smanjenje emisija i rješavanje tehnologija dekarbonizacije, uobičajene su u dostupnoj literaturi (Tablica 6). Međutim, njihovu finansijsku održivost i tehničku izvedivost potrebno je dodatno istražiti.

Tablica 6: Inovativne tehnologije za smanjenje emisija ugljika u industriji stakla

Nove tehnologije
Povećanje energetske učinkovitosti s obzirom na potrošnju goriva u peći
Povrat otpadne topline za predzagrijavanje zraka za izgaranje i sirovine ili električne energije
Inovacije izgaranja
Izgaranje oksidnih goriva
Uvođenje tekućih biogoriva (biodizel ili vodom tretirano biljno ulje)
Inovacije za smanjenje izgaranja
Elektrolučne peći (EAF) umjesto peći na plinski pogon
Hibridne peći s pogonom na više vrsta goriva i na električnu energiju
Studija izvedivosti vodika za pogon peći za proizvodnju stakla
Cirkularnost
Povećana upotreba otpadnog stakla za proizvodnju novog stakla (otpad u materijal)
Kalcinirane sirovine kao CaO za zamjenu karbonata radi smanjenja emisija CO <sub>2</sub>
CCUS se prepoznaje kao kratkoročna ugljično neutralna tehnologija s najvećim potencijalom

<sup>17</sup> How LIFE is reducing emissions from glass production (europa.eu)

## 2- Sustavi za energiju iz obnovljivih izvora

U ovom poglavlju prikazan je pregled relevantnih tehnologija obnovljivih izvora energije (OE) koje su trenutno dostupne (u vezi s opsegom 2030.) i koje će biti dostupne na prijelazu prema 2050. za dekarbonizaciju industrija s visokom potrošnjom energije (EII).

Sustavi OIE razvrstani su u tehnologije koje se temelje na korištenju obnovljive električne energije i one koje se koriste za proizvodnju topline za više industrijskih procesa. Elektrifikacija će biti ključ zahvaljujući postupnom smanjenju cijena obnovljivih izvora energije i pretvorbe procesa koji ovise o prirodnom plinu. Industrijski procesi koji nisu još pogodni za elektrifikaciju i dalje će trebati neki oblik obnovljive topline.

Tehnologije energije iz obnovljivih izvora do 2030. prikazane su u donjoj tablici.<sup>18</sup>

Tablica 7: Sustavi za električnu energiju i toplinu iz obnovljivih izvora

Obnovljivi izvori električne energije					
Fotanaponski elementi	Vjetar	Hidraulika	Obnovljivi PPA Ugovori o kupnji električne energije		
					
Obnovljivi izvori topline					
Solarni Toplinski	Dizalice Topline	Geotermalna energija	Biomasa	Biogoriva	Zeleni Vodik
					

<sup>18</sup> Carmona-Martínez AA, Fresneda-Cruz A, Rueda A, Birgi O, Khawaja C, Janssen R, Davidis B, Reumerman P, Vis M, Karampinis E, Grammelis P, Jarauta-Córdoba C. Renewable Power and Heat for the Decarbonisation of Energy-Intensive Industries. Processes. 2023; 11(1):18.

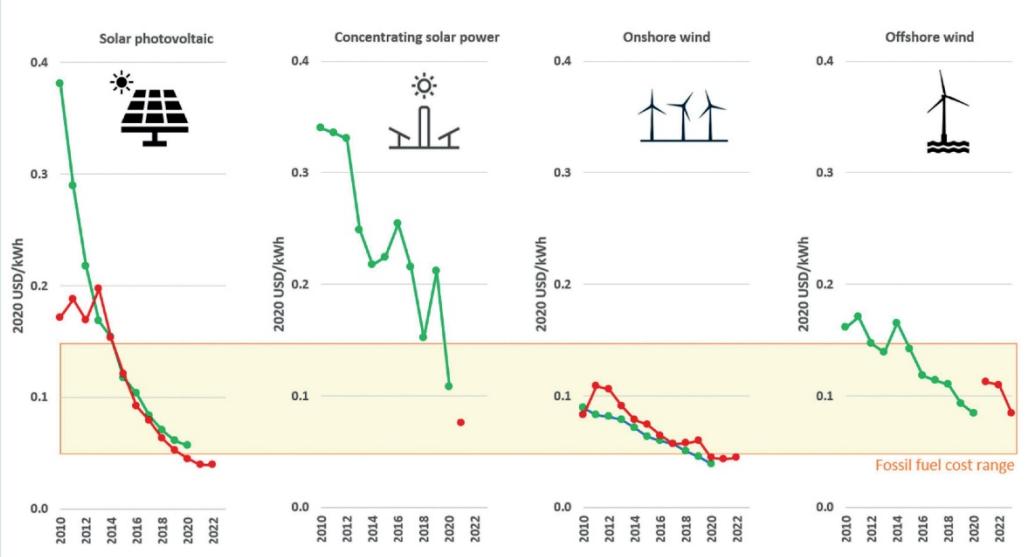
<https://doi.org/10.3390/pr11010018>

# Obnovljiva električna energija

Obnovljiva električna energija može se dobiti iz raznih izvora: **solarni fotonaponski, koncentriran solarna energija i vjetroelektrane na kopnu/moru.** Ove tehnologije doživjele su napredak u proizvodnji električne energije u zadnjem desetljeću. Za usporedbu, radni troškovi izvora električne energije s fosilnim gorivima kao što su elektrane na ugljen, veći su od radnih troškova obnovljivih izvora energije.

Slika 4 prikazuje da prikazane cijene energije iz obnovljivih izvora značajno padaju od 2010. To pokazuje da bi konkurentnost proizvodnje energije iz obnovljivih izvora i slične tehnologije koje se temelje na obnovljivim izvorima i koje su potrebne za dekarbonizaciju industrija s visokom potrošnjom energije, moglo imati sličan trend pada troškova.

*Slika 4: Globalni ponderirani prosječni nivellirani trošak za energiju (zelenu) i aukcijske cijene ugovora o kupnji električne energije (crvene) za solarnu fotonaponsku energiju, vjetroelektrane na kopnu/na moru i koncentriranu solarnu energiju između 2010.-2023.  
Izvor: IRENA*



Nadalje, očekuje se da će trenutačni svjetski kapacitet fotonaponske energije porasti s instaliranih 200 GW (EU udio od 25 %) na 3000 GW (EU udio od 5 %) do 2050. godine, u skladu s planom IEA.

Osnovna prednost obnovljive energije je njezina fleksibilnost s obzirom na primjenu. Postrojenja spojena na mrežu prikupljaju električnu energiju za vlastitu potrošnju, a višak se može predati u mrežu. S druge strane, pogoni koji nisu spojeni na mrežu rade, u izolaciji. Oni se nalaze na udaljenim lokacijama kako bi zadovoljila potražnju za električnom energijom. Za postrojenja izvan mreže potrebna je ugradnja baterija za čuvanje viška energije.

Dva su glavna načina za implementaciju obnovljive energije koja se proizvodi iz solarnih fotnaponskih sustava, koncentriranu solarnu energiju i energiju vjetra na obali/na moru. Najjednostavniji put je **izravna zamjena električne energije koja se dobija iz fosilnih goriva u trenutnim industrijskim procesima**. Drugi put uključuje **elektrifikaciju trenutnih procesa koji se temelje na opskrbi toplinom dobivenom korištenjem neobnovljivih goriva kao što su između ostalog prirodni plin, ugljen.**<sup>19</sup> Osim toga, tehnologije na električni pogon obuhvaćaju široki spektar temperatura koji zahtijeva industrija<sup>20</sup> i primjene koji zahtijevaju nisku i srednju temperaturu, kao što su električni kotlovi i dizalice topline za opskrbu grijanjem i hlađenjem, nisu karakteristični za sektor i stoga se mogu implementirati transverzalno.<sup>18</sup>

<sup>19</sup> Lechtenböhmer S, Nilsson LJ, Åhman M, Schneider C. Decarbonising the energy intensive basic materials industry through electrification – Implications for future EU electricity demand. Energy. 2016;115:1623-1631. doi:<https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.07.110>

<sup>20</sup> Madeddu S, Ueckerdt F, Pehl M, et al. The CO<sub>2</sub> reduction potential for the European industry via direct electrification of heat supply (power-to-heat). Environ Res Lett. 2020;15(12):124004. doi:[10.1088/1748-9326/abbd02](https://doi.org/10.1088/1748-9326/abbd02)

# Toplina iz obnovljivih izvora

Toplina iz obnovljivih izvora može se proizvoditi iz raznih obnovljivih izvora energije kao što su solarno grijanje, geotermalna energija, biomasa, biogoriva i zeleni vodik.

## Solarno grijanje

Solarni kolektori za grijanje su uređaji koji se koriste za proizvodnju energije iskorištavanjem sunčeve energije za iskoristivu toplinu. Oni upijaju dolaznu solarnu energiju, pretvaraju je u toplinu i prenose tu toplinu na medij (obično zrak, voda ili ulje) koji struji kroz kolektor. Tako prikupljena solarna energija prenosi se iz tekućine koja struji kako bi se izravno koristila ili pohranila u spremnik toplinske energije.<sup>21</sup>

Tablica 8 Najčešće vrste kolektora i raspon temperature koju mogu dostaviti

Kretanje	Vrsta kolektora	Vrsta apsorbera	Temperatura °C
Nekoncentrirana	Ravni pločasti kolektor (FPC)	Ravni	30-80 <sup>22</sup>
	Evakuirani cijevni kolektor (ETC)	Ravni	50-200 <sup>22</sup>
Koncentrirani (jednosovinsko praćenje)	Parabolični koritasti kolektor (PTC)	Cijevni	60-375 <sup>23</sup>
	Linearni fresnelov kolektor (LFC)	Cijevni	60-400 <sup>24</sup>
Koncentrirani (praćenje u dvije osi)	Parabolični tanjurasti kolektor (PDC)	Točkasti	750-1000 <sup>25</sup>
	Prijemnik energetskog tornja	Točkasti	500-1500 <sup>26</sup>

<sup>21</sup> Anastasovski A, Raskovic P, Guzović Z, Sedić A. A Systematisation of Methods for Heat Integration of Solar Thermal Energy in Production Processes: A Review. 2020;8:410-437. doi:10.13044/j.sdwes.d7.0310

<sup>22</sup> Wang R, Ge T. Advances in Solar Heating and Cooling. Woodhead Publishing; 2016.

<sup>23</sup> Belessiotis V, Kalogirou S, Delyannis E. Thermal Solar Desalination: Methods and Systems. Elsevier; 2016.

<sup>24</sup> GmbH IS. Fresnel Collector LF-11 Datasheet.; 2021.

<sup>25</sup> Berrada A, El Mrabet R. Hybrid Energy System Models. Academic Press; 2020.

<sup>26</sup> Qazi S. Standalone Photovoltaic (PV) Systems for Disaster Relief and Remote Areas. Elsevier; 2016.

<sup>27</sup> Sornek K, Filipowicz M, Jasek J. The Use of Fresnel Lenses to Improve the Efficiency of Photovoltaic Modules for Building-integrated Concentrating Photovoltaic Systems. J Sustain Dev Energy, Water Environ Syst. 2018;6:415-426. doi:10.13044/j.sdwes.d6.0204

Dvije su vrste solarnih kolektora: nekoncentrirani/stacionarni i koncentrirani kolektori. Koncentrirani kolektori postižu više temperature u usporedbi s nekoncentriranim kolektorima. Nekoncentrirani kolektori prikladni su za primjene u kojima su potrebne niske ( $<150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) do srednje ( $150\text{ }^{\circ}\text{C} - 400\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) temperature. Nekoncentrirani kolektori prikladni su za primjene u kojima su potrebne niske ( $<150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) do srednje ( $150\text{ }^{\circ}\text{C} - 400\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) temperature. U tablici 8 prikazane su vrste kolektora i njihovi rasponi temperature.

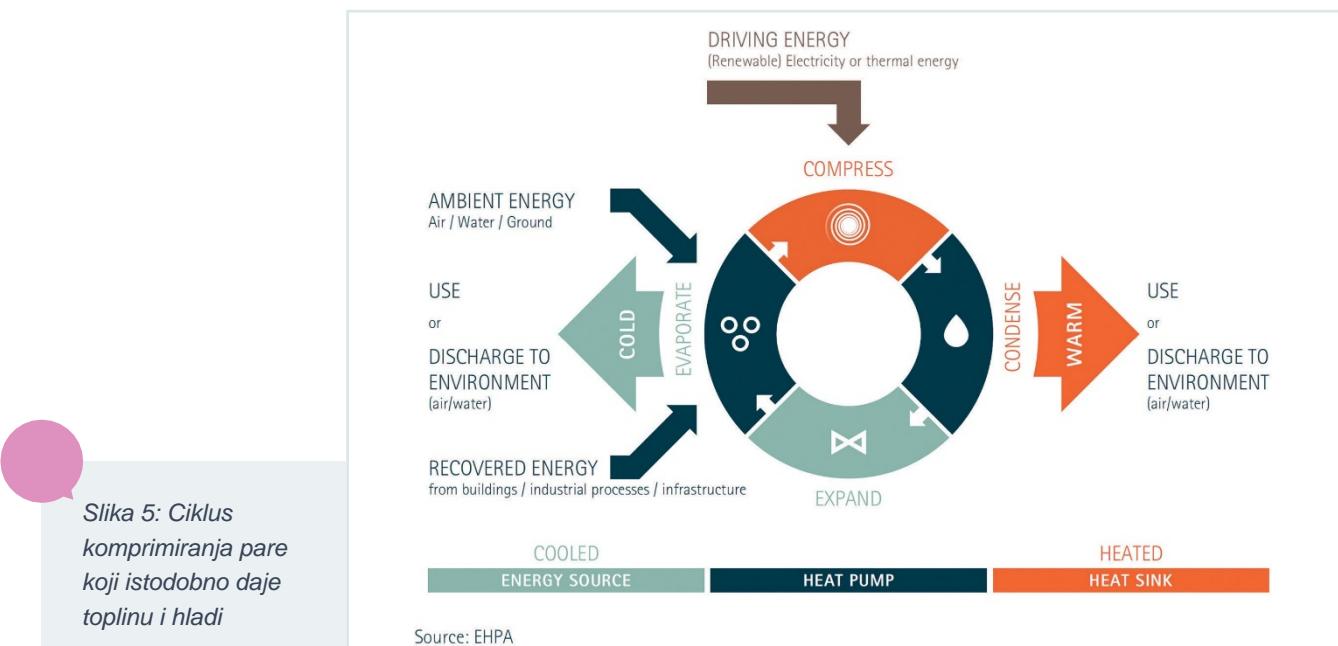
U gotovo svim industrijskim procesima koji zahtijevaju toplinu potrebne su temperature koje može osigurati solarni toplinski sustav. Među industrijama s visokom potrošnjom energije, kemijski sektor ima visok udio potražnje za toplinom na niskim i srednjim temperaturama u svojim proizvodnim procesima ( $>50\%$ ) i to je najprikladniji industrijski sektor (među industrijama s visokom potrošnjom energije) u kojem se solarna toplinska energija može plodonosno iskoristiti.

Odabir odgovarajućeg solarnog kolektora ovisi o brojnim čimbenicima: radne temperature, toplinska iskoristivost, prinos topline, troškovi, potreban prostor i drugi.

## Dizalica topline

Dizalica topline je uređaj koji pretvara toplinu iz zraka, zemlje i vode u korisnu toplinu. Ona ima široku primjenu i može se koristiti u stambenim, poslovnim i industrijskim područjima. Dizalica topline može osigurati grijanje, hlađenje i toplu potrošnu vodu. Ova pretvorba se odvija u krugu rashladnog sredstva.

Rashladno sredstvo posebna je tekućina koja kruži u zatvorenom krugu u četiri osnovne uređaja dizalice topline: isparivač, kompresor, ukapljivač i ekspanzijski ventil. Dizalice topline su uređaji koji uz pomoć mehaničkog rada pretvaraju energiju u toplinu. Temeljno termodinamičko načelo rada dizalice topline temelji se na činjenici da komprimiranje medija u manji volumen dovodi do povećanja njihove temperature. Pogledajte sliku 5.



Dostupne su različite vrste dizalica topline za različite potrebe i uvjete u okolini. **Podvodne dizalice topline** koriste vodu kao medij za izmjenu topline i smatraju se vrlo učinkovitim zbog izvrsnih toplinskih karakteristika vode kao nositelja energije. Ova značajka čini ovu vrstu dizalice topline posebno zanimljivom za lokacije s ekstremnim vremenskim prilikama. Naprotiv, **dizalice topline za zrak** ugrađuju se iznad zemlje i koriste toplinu iz okolnog zraka kao svoj primarni izvor energije. **Dizalica topline za izlaz** još je jedna vrsta dizalice topline za zrak koja koristi toplinu na izlazu iz proizvodnih procesa. Budući da je zrak na izlazu iz procesa topliji od okolnog zraka, proces isparavanja do ukapljivanja učinkovitiji je s ovom vrstom dizalice topline. Stoga su ove vrste dizalica topline mogu beskrajno koristiti u industrijskom sektoru.

Implementacija dizalica topline u industrijama s visokom potrošnjom energije ograničena je iz više razloga. Nema dovoljno proizvođača opreme koja se temelji na konceptu dizalica topline. Dostupna oprema nije u mogućnosti osigurati širok raspon procesnih temperatura koje su obično potrebne u industriji. Iako industrije s visokom potrošnjom energije imaju veliku potrebu za toplinom do 200 °C stupnjeva, većina komercijalnih proizvođača nudi opremu koja može davati toplinu do 90 °C. Samo nekoliko dobavljača nudi opremu koja može dati toplinu u rasponu od 120-165 °C. Štoviše, niz projekata koji su u tijeku pokazali su da mogu osigurati toplinu u rasponu od 160-200 °C<sup>28</sup>.

<sup>28</sup> Zühlsdorf B, Bühler F, Bantle M, Elmegård B. Analysis of technologies and potentials for heat pump-based process heat supply above 150 °C. Energy Convers Manag X. 2019;2:100011.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2019.100011>

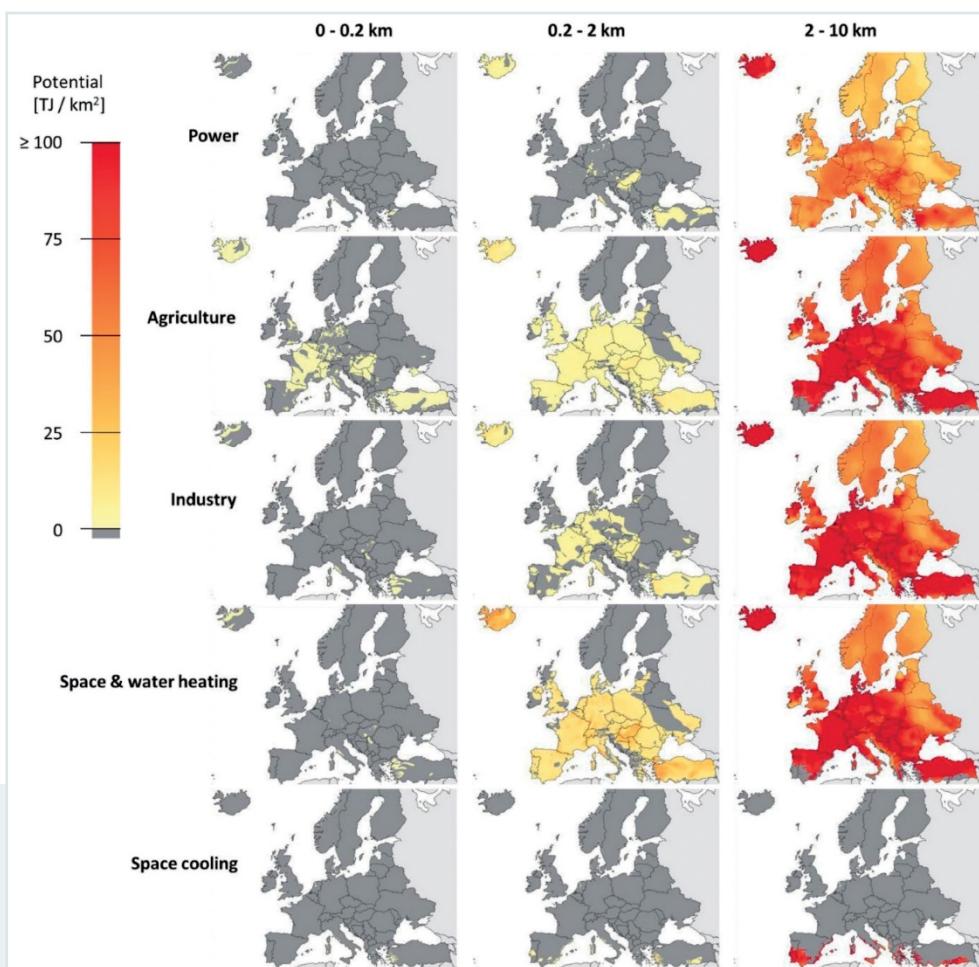


## Geotermalna energija

Geotermalna energija vidi se kao izvor energije koji će doprinijeti dekarbonizaciji industrije. Projekcije pokazuju da će oko 100 do 210 TWh godišnje biti dostupno iz izvora geotermalne energije do 2050.<sup>32</sup> Iako je glavna primjena geotermalne energije u stambenom i komercijalnom sektoru u obliku daljinskog grijanja, predviđe se i primjena u poljoprivrednom i industrijskom sektoru.<sup>29, 30, 31</sup>

Sve regije u Europi pokazuju ekonomski potencijal za korištenje geotermalne energije ovisno o dubini osim Islanda i nekoliko drugih europskih regija s jasnom vulkanskom aktivnošću. U tim je regijama potencijal za proizvodnju električne energije iz geotermalnih izvora energije ograničen na spremnike na dubinama većima 2 km (pogledajte sliku 6). Ipak, neposredne geotermalne primjene u poljoprivrednim staklenicima ili industriji još uvijek se mogu razviti s takvim dubinama.<sup>30</sup>

Financiranje i razvoj nove infrastrukture toplinske mreže smatra se velikim izazovom geotermalne energije. Stoga bi naknadna oprema mogla biti alternativa za primjenu geotermalne energije u sektoru gradskog centralnog grijanja, a također i kao izvor energije za industrije s visokom



*Slika 6: Dugoročni potencijali raznih geotermalnih primjena u Europi u tri različita raspona<sup>32</sup>*

<sup>29</sup> Urbanci D, Trop P, Goričanec D. Geothermal heat potential-the source for heating greenhouses in Southeastern Europe. Therm Sci. 2016;20(4):1061-1071.

<sup>30</sup> Østergaard PA, Lund H. A renewable energy system in Frederikshavn using low-temperature geothermal energy for district heating. Appl Energy. 2011;88(2):479-487. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.03.018>

<sup>31</sup> Barkaoui A-E, Boldryev S, Duic N, Krajacic G, Guzović Z. Appropriate integration of geothermal energy sources by Pinch approach: Case study of Croatia. Appl Energy. 2016;184:1343-1349. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.04.112>

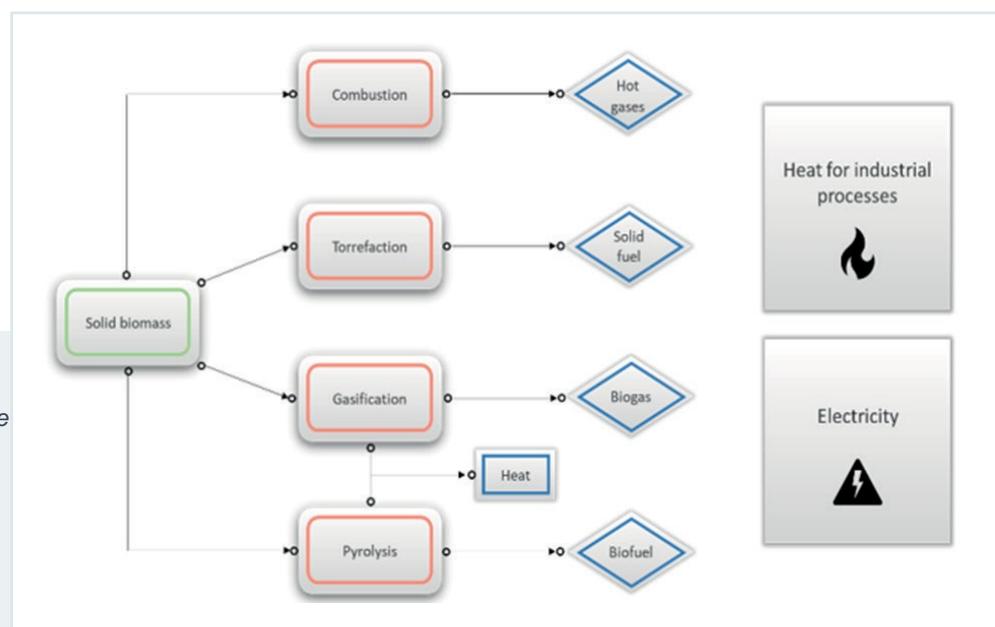
## Biomasa

Kruta biomasa, koja je daleko glavna zaliha (91 %) za proizvodnju biotopline, prepoznata je kao ključno gorivo za prijelaz na obnovljivu energiju. Pretvorba biomase u korisne oblike energije može se postići na tri glavna načina pretvorbe, a to su **termokemijski**, **fizikalno-kemijski** i **biokemijski** procesi pretvorbe.

Obnovljiva toplina može se proizvesti u procesima termo-kemijske pretvorbe. Na slici 7 prikazan su glavne tehnologije termo-kemijske pretvorbe koje mogu proizvesti obnovljivu toplinu i energiju iz krute biomase. Sve tehnologije termokemijske pretvorbe dostupne su u komercijalnom opsegu, ovisno o sirovini koja se koristi, iako treba napomenuti da se izgaranje više koristi od svih drugih tehnologija. Upotreba neselektivne biomase jedna je od glavnih prednosti ovih tehnologija. Još jedna je prednost to što se energija iz biomase može generirati bez prekida, što omogućuje generiranje potrebnih količina energije kada je to potrebno.

U 2018., sektor celuloze i papira, zajedno s drvnom industrijom i industrijom proizvoda od drveta, činio je zajedno 81 % biomase korištene u potrošnji energije u industrijama EU-a. Odmah iza njih su industrije nemetalnih minerala, kao što su staklo, keramika i cement, koje su treći najveći korisnici biomase po volumenu. S druge strane, kemijski i petrokemijski sektor, sektor željeza i čelika te sektor obojenih metala iskoristili su samo 0,64 %, 0,04 %, odnosno 0,03 % biomase za svoje potrebe potrošnje energije.<sup>33</sup>

Slika 7:  
Osnovne tehnologije  
za termokemijsku  
pretvorbu biomase.  
Vlastiti dizajn,  
temeljen na  
podacima<sup>34, 35, 36</sup>



<sup>33</sup> Calderón C, Avagianos I, Jossart J-M. Bioheat Statistical Report.; 2020.

<sup>34</sup> McKendry P. Energy production from biomass (part 2): conversion technologies. Bioresour Technol. 2002;83(1):47-54. doi:[https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00119-5](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00119-5)

<sup>35</sup> Islas J, Manzini F, Masera O, Vargas V. Chapter Four - Solid Biomass to Heat and Power. In: Lago C, Caldés N, Lechón YBT-TR of B in the B, eds. Academic Press; 2019:145-177.  
doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813056-8.00004-2>

<sup>36</sup> Malico I, Nepomuceno Pereira R, Gonçalves AC, Sousa AMO. Current status and future perspectives for energy production from solid biomass in the European industry. Renew Sustain Energy Rev. 2019;112:960-977. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.06.022>

## Biogoriva

Biogoriva su goriva dobivena pretvorbom biomase bilo u tekući (najčešći), kruti ili plinoviti oblik goriva.<sup>37</sup> Sirovina koja se koristi za proizvodnju biogoriva igra važnu ulogu u njihovoj klasifikaciji kao konvencionalna (biogoriva 1. generacije) i napredna biogoriva (biogoriva 2. generacije).<sup>38</sup> Dok je poznato da se konvencionalna biogoriva proizvode od jestivih sirovina i sirovina s korištenjem tla, napredna biogoriva koriste organske sirovine koje nisu za hranu i stočnu hranu.<sup>39</sup>

Iako se većina komercijaliziranih biogoriva poput biodizela i bioetanola koristi u transportnom sektoru<sup>40</sup>, njihova uporaba u industrijskim sastavima s visokom potrošnjom energije unutar sektora cementa, željeza, keramike i kemije, da spomenemo samo neke, nije velika. Ti se sektori još uvek oslanjaju na korištenje konvencionalnih fosilnih goriva, koja bi se mogla zamjeniti obnovljivom električnom energijom i biometanom, za svoje procese poput električne energije iz izgaranja na bazi ugljika i prirodnog plina za proizvodnju topline. Sličnosti između sastava prirodnog plina i biometana vrlo su velike; stoga bi se izgaranje prirodnog plina idealno moglo zamjeniti ovim obnovljivim plinom.<sup>41</sup> Biometan ne dobiva se samo anaerobnom digestijom višestrukih obnovljivih organskih sirovina, već za njegovu uporabu u industriji nisu potrebne nikakve preinake na trenutnim industrijskim procesima. Pogledajte tablicu 9.

Tablica 9: Usporedba prirodnog plina, bioplina i biometana

Smjesa	Prirodni plin (%) <sup>42</sup>	Bioplín (%) <sup>43</sup>	Biometan (%) <sup>44</sup>
Metan	87,0-98,0	50-75	>90
Etan	1,5-9,0	NP	NP
Butan	0,1-1,5	NP	NP
Pantan	<0,4	NP	NP
N2	5,5	0-10	NP
CO	0,05-1,0	25-50	NP
O2	<0,1	0-2	NP
H2	NP	0-1	<5

<sup>37</sup> Suurs RAA, Hekkert MP. Competition between first and second generation technologies: Lessons from the formation of a biofuels innovation system in the Netherlands. Energy. 2009;34(5):669-679.

doi:<https://doi.org/10.1016/j.energy.2008.09.002>

<sup>38</sup> Heyne S, Harvey S. Assessment of the energy and economic performance of second generation biofuel production processes using energy market scenarios. Appl Energy. 2013;101:203-212.

doi:<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.03.034>

<sup>39</sup> IRENA. Advanced Biofuels, What Holds Them Back?; 2019. <https://www.irena.org/publications/2019/Nov/Advanced-biofuels-What-holds-them-back>

<sup>40</sup> Ajanovic A, Haas R. On the future prospects and limits of biofuels in Brazil, the US and EU. Appl Energy. 2014;135:730-737. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.07.001>

Unatoč tehničkoj isplatiovstvi biometana, jedan od izazova njegove implementacije duboko je povezan s njegovom dostupnošću.<sup>45</sup> Očekuje se da će biometan zamijeniti samo oko 8 % ukupne potrošnje prirodnog plina u EU do 2030.<sup>46</sup>

## Zeleni vodik

Vodik je nositelj energije i može se proizvesti iz fosilnih goriva i biomase, iz vode ili iz njihove mješavine. Njegovo tržište je dobro ustrojeno, većina se troši u kemijskom sektoru. Trenutačno oko 95 % svjetske proizvodnje vodika dolazi iz fosilnih goriva.

Vodik se može proizvesti različitim procesima, a obično se radi olakšanja rasprave koristi nomenklatura kodova boja. Pogledajte sliku 8 Vodik se smatra obnovljivim ili zelenim kada su emisije stakleničkih plinova u punom životnom ciklusu proizvodnog procesa blizu nule. Najčešći način proizvodnje zelenog vodika je elektroliza vode (u elektrolizeru s električnim pogonom), te električnom energijom iz obnovljivih izvora, ali može se proizvoditi i na druge načine. Slika 9 prikazuje ove različite putove na temelju tri sirovine koje se mogu koristiti za proizvodnju vodika: **obnovljiva električna energija, biomasa i biopljin te sunčeve zračenje.**

Color	GREY HYDROGEN	BLUE HYDROGEN	TURQUOISE HYDROGEN*	GREEN HYDROGEN
Process	SMR or gasification	SMR or gasification with carbon capture (85-95%)	Pyrolysis	Electrolysis
Source	Methane or coal 	Methane or coal 	Methane 	Renewable electricity 

Slika 8: Odabране nijanse izvora vodika<sup>47</sup>

<sup>41</sup> Corbellini V, Kougias PG, Treu L, Bassani I, Malpei F, Angelidaki I. Hybrid biogas upgrading in a two-stage thermophilic reactor. Energy Convers Manag. 2018;168:1-10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.04.074>

<sup>42</sup> Arinelli L de O, Teixeira AM, de Medeiros JL, Araújo O de QF. Supersonic separator for cleaner offshore processing of natural gas with high carbon dioxide content: Environmental and economic assessments. J Clean Prod. 2019;233:510-521. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.115>

<sup>43</sup> Matuszewska A, Owczuk M, Zamojska-Jaroszewicz A, Jakubiak-Lasocka J, Lasocki J, Orliński P. Evaluation of the biological methane potential of various feedstock for the production of biogas to supply agricultural tractors. Energy Convers Manag. 2016;125:309-319. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.02.072>

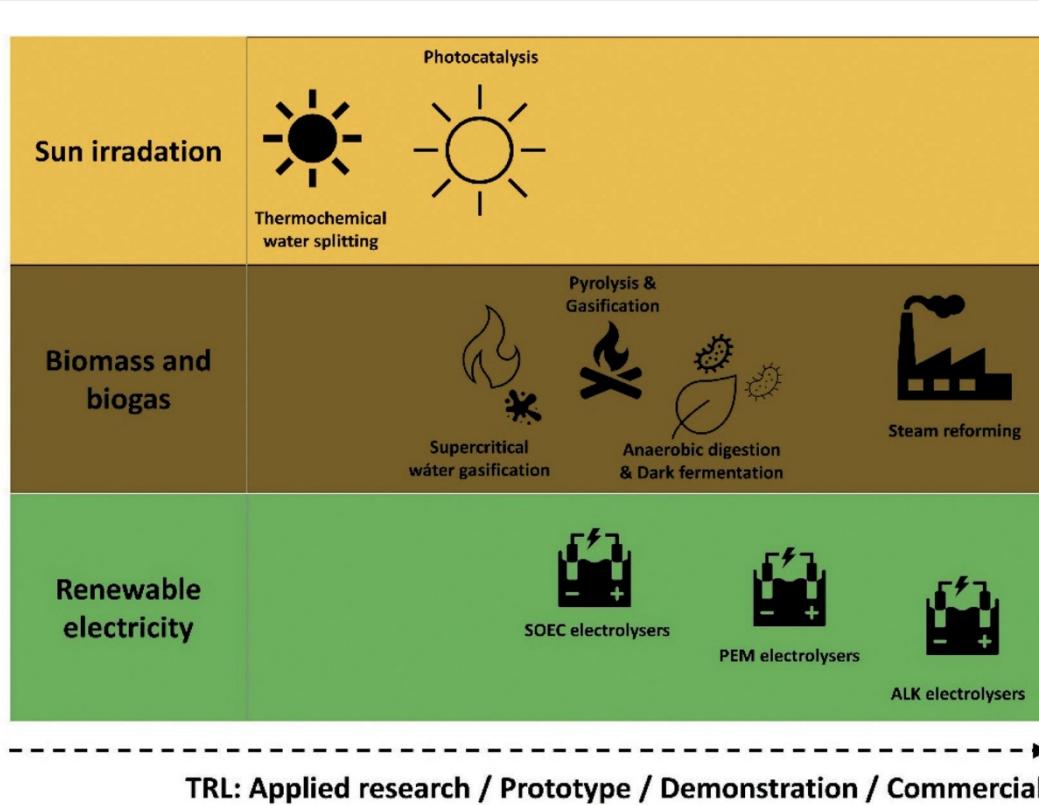
<sup>44</sup> Cavaignac RS, Ferreira NL, Guardani R. Techno-economic and environmental process evaluation of biogas upgrading via amine scrubbing. Renew Energy. 2021;171:868-880. doi:<https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.02.097>

<sup>45</sup> Association EB. EBA Statistical Report 2020.; 2020.

<sup>46</sup> Eurogas. The Sustainable Credentials of Gas.; 2019.

<sup>47</sup> E. Bianco and H. Blanco, "Green hydrogen: a guide to policy making," 2020.

Preoblikovanje parom biometana/bioplina sa ili bez hvatanja i iskoriščavanja/skladištenja ugljika zrela je i dobro ustrojena tehnologija pored elektrolize s ALK elektrolizatorima. Manje zreli načini su uplinjavanje i piroliza biomase, termokemijsko razdvajanje vode, fotokataliza, superkritično uplinjavanje biomase vodom, kombinirana tamna fermentacija i anaerobna digestija.



Slika 9: Obnovljivi načini proizvodnje vodika i trenutačne razine zrelosti<sup>48</sup>

Trenutačno nema značajnije proizvodnje vodika iz obnovljivih izvora, zeleni vodik je ograničen na demonstracijske projekte<sup>49</sup>, ali se očekuje da će se razviti u godinama koje dolaze.

U industrijskim segmentima s niskim i srednjim potrebama za toplinom, korištenje obnovljive električne energije primarni je način dekarbonizacije industrijskih procesa prema FCH JU.<sup>50</sup> Za industrijske procese u segmentu s visokim potrebama za toplinom, vodik može ponuditi prednosti u pogledu svoje sposobnosti postizanja visokih temperature koristeći procesne postavke slične današnjima. Pored njegove upotrebe za visokokvalitetne toplinske procese, industrije s visokom potrošnjom energije mogu koristiti zeleni vodik za proizvodnju kemikalija i sintetičkih goriva te kao reduksijsko sredstvo (industrija čelika).<sup>18</sup>

<sup>48</sup>IRENA. Hydrogen from Renewable Power, Technology Outlook for the Energy Transition.; 2018.

[https://www.irena.org/-/media/files/irena/agency/publication/2018/sep/irena\\_hydrogen\\_from\\_renewable\\_power\\_2018.pdf](https://www.irena.org/-/media/files/irena/agency/publication/2018/sep/irena_hydrogen_from_renewable_power_2018.pdf)

<sup>49</sup>IRENA. Hydrogen: A Renewable Energy Perspective.; 2019.

[https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Sep/IRENA\\_Hydrogen\\_2019.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Sep/IRENA_Hydrogen_2019.pdf)

<sup>50</sup>FCHJU FC and HJU. Hydrogen Roadmap Europe – A Sustainable Pathway for the European Energy Transition.; 2019.

[https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/Hydrogen\\_Roadmap\\_Europe\\_Report.pdf](https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/Hydrogen_Roadmap_Europe_Report.pdf)

### 3-

# Uspješni primjeri integracije obnovljive energije u industrijama s visokom potrošnjom energije

Postoje uspješni primjeri integracije obnovljive energije u raznim industrijama s visokom potrošnjom energije. Ovo poglavlje prikazuje pet uspješnih slučajeva industrije s visokom potrošnjom energije koji su usvojili različite mjere dekarbonizacije iz Španjolske, Grčke, Belgije i Njemačke. Primjeri uspješnih industrija djeluju u sektoru čelika (ArcelorMittal, Ebroacero), cementa (Heracles, Heidelberg Materials) i stakla (Verallia) te su dobar primjer drugim subjektima u industriji.

Tablica 10: Ključni podaci uspješnih primjera

Uspješan primjer	Ključni podaci uspješnog primjera	Napori u dekarbonizaciji
ArcelorMittal	<p><b>Cilj:</b> Smanjenje emisija CO<sub>2</sub> za 3,9 Mt/y do 2030.</p>	<p><b>Energija vjetra:</b> 12 vjetroturbina, promjera 162 m, visina 230 m i kapacitet 6 MW/turbini. Proizvodnja energije: 45 GWh/godišnje Izbjegavanje emisija CO<sub>2</sub>: 11,225 tona / godina.</p>
Ebroacero	<p><b>Cilj:</b> Smanjenje emisija CO<sub>2</sub> za 46,81 tona/godišnje</p> <p><b>Trenutačne emisije na Ebroacero:</b> 936,18 tCO<sub>2</sub>ekvivaletno</p>	<p><b>Solarna energija:</b> više od 27.000 solarnih ploča, od 2019. To je treća po veličini solarna elektrana u Belgiji s površinom od 100.000 četvornih metara. Proizvodnja energije: 10 GWh/godina</p> <p><b>Glavne radnje u 2021.:</b> sporazum s solarnom elektranom za ugradnju fotonaponskih solarnih krovova. <b>Prvi cilj projekta:</b> ustrojiti 186,84 Wp za vlastitu potrošnju solarnog kapaciteta.</p> <p><b>Proizvodnja električne energije:</b> ~207.254 kWh/godina, 4-5 % ukupne potrošnje energije</p> <p><b>Izbjegavanje emisija CO<sub>2</sub> :</b> 46,81 tCO<sub>2</sub>ekv</p>
HERACLES	<p>Strategijski ciljevi poduzeća: smanjenje ukupnih bruto emisija CO<sub>2</sub> na 1.522 kt CO<sub>2</sub> (2030) s 2.103 kt CO<sub>2</sub> (2019.)</p> <p>Povećanje zamjene fosilnih goriva <b>alternativnim gorivima</b> na <b>50 %</b> do 2023.</p>	RE tehnologija na pogonu Milaki Cement Plant ( <b>MCP</b> ) temelji se konceptu zajedničkog procesa istodobnog recikliranja mineralnih materijala i povrata energije u proizvodnji cementa; MCP je koprocesiranje biomase, krutog recikliranog goriva i osušenog kanalizacijskog mulja;

Verallia

**Cilj:** Smanjenje emisija CO<sub>2</sub> za 46 % u 2030. godini (rasponi 1 i 2)

Verallia ulaze u preoblikovanje tehnologija, resursa i industrijske opreme koja se koristi na njezinim lokacijama, s ciljem smanjenja emisija CO<sub>2</sub> za 46 % u 2030. (Opsezi 1 i 2). U 2021. Verallia se također odlučila posvetiti cilju smanjenja emisija CO<sub>2</sub> opsega 3, koje treba postići u suradnji sa svojim dobavljačima.

Witnica

Solar Parkt

**Emisije CO<sub>2</sub> u pogonu Górazdze:**  
2,73 Mtona (2018).

**Goradze Cement SA, cilj:** Ugljično neutralan beton do 2050. i ostvarenje smanjenja do emisija CO<sub>2</sub> ispod 525 kg po toni materijala na bazi cenenta.

Ugradnja 159.856 fotonaponskih ploča dovodi do smanjenja emisije CO<sub>2</sub> od 63.000 t i proizvodnje 68 GWh električne energije iz OIE godišnje, što znači da bi se oko 2.500 domova moglo napajati zelenom električnom energijom iz solarne elektrane.



# ArcelorMittal Ghent postrojenje za čelik

ArcelorMittal Belgija odabran je kao jedan od uspješnih primjera u projektu RE4Industry, zahvaljujući goleim naporima industrije da smanji emisije povezane s CO<sub>2</sub> korištenjem obnovljivih izvora energije (OIE) u njihovoj osnovnoj proizvodnoj liniji i tehnologijama za hvatanje i iskorištavanje ugljika (CCU).



Slika 10: Vjetroturbine i solarni paneli u elektrani ArcelorMittal's Ghent

Kako bi postiglo ciljeve za 2030., postrojenje za izravno reducirano željezo (DRI) od 2,5 milijuna tona i postrojenje za elektrolučne peći (EAF) na lokaciji u Gentu radit će s najsuvremenijom visokom peći na otpadno drvo i plastiku (Horizon2020 Torero) u Gentu. projekt).<sup>51</sup>

Štoviše, projekt Carbalyst<sup>52</sup>/Steelanol<sup>53</sup> promiče CCU pretvaranjem biološki otpadnih plinova iz visokih peći u bioetanol, koji se može ponovno upotrijebiti kao kemijska sirovina ili pomiješati za upotrebu kao tekuće gorivo. Dva navedena projekta će prema očekivanjima biti puštena u rad 2022. godine.

Tri vjetroturbine bit će postavljene do kraja 2022. promičući iskorištenje energije vjetra. Pored toga, dovršena je ugradnja više od 27.000 solarnih ploča na krov ArcelorMittala u Ghentu, što je najveći solarni krov u Belgiji. ArcelorMittal trenutno posjeduje četvrtu najveću solarnu elektranu i najveći solarni krov u Belgiji.

Na kraju, ArcelorMittal Belgija i Dow Benelux proveli su ispitivanja s novim pilot postrojenjem u ArcelorMittalovim prostorijama u Gentu koje izdvaja (CO<sub>2</sub>) i ugljični monoksid (CO) iz vrućih dimnih plinova nastalih tijekom proizvodnje čelika. Sveukupno, to će dovesti do smanjenja emisija CO<sub>2</sub> od 3 milijuna tona godišnje, u usporedbi s 2018. i omogućiti stvaranje sinergije u planu puta ArcelorMittala Belgije za postizanje nulte neto emisije ugljika do 2050. Predviđena smanjenja emisija također će dati veliki doprinos ambicioznom cilju tvrtke za smanjivanje emisije ugljika za 3,9 milijuna tona godišnje do 2030.<sup>54</sup>

<sup>51</sup> Torero - fueling a sustainable future

<sup>52</sup> Carbalyst®: Capturing and re-using our carbon-rich waste gases to make valuable chemical products | ArcelorMittal

# Proizvodnja električne energije na licu mesta s pomoću fotonaponskih ploča u industriji čelika – Ebroacero (Zaragoza, Španjolska)



ebroacero

Europski sektor čelika je pod pritiskom zbog svojih emisija CO<sub>2</sub> koje proizvode njegovi procesi i za koje su potrebni procesi koji troše puno energije i resursa. Europska komisija je 2018. objavila svoju dugoročnu strategiju o zaštiti klime kako bi do 2050. postala regija bez emisija stakleničkih plinova. Sektor konvencionalne proizvodnje čelika u Europi jedan je od najvećih izvora emisije CO<sub>2</sub>.

U tom smislu, Ebroacero je 2021. godine potpisao ugovor sa Solarfarmom za ugradnju tehnologije fotonaponskih solarnih ćelija u svojoj tvornici u Zaragozi.

Ova akcija zajamčila je Ebroaceru ukupnu proizvodnju električne energije na licu mesta od oko 4 do 5 %. Planirano je da se ta količina u potpunosti potroši u vlastitim pogonima, a višak se neće prodavati u mrežu.



Slika 11: Primjena fotonaponske tehnologije na mjestu izvor: Ebroacero

Ukupno ulaganje iznosi oko 150.000 € i ima za cilj nadomjestiti kupnju električne energije proizvedene izvana.

Osim toga, rezultati su pokazali ukupnu uštedu od 29,4 tona prirodnog plina, što se prevodi u 86,33 tona izbjegnutih emisija ekvivalenta CO<sub>2</sub>.

Postrojenje fotonaponskih sustava pomoći će u smanjenju emisija Scope II. Trenutačne emisije u Ebroacero iznose oko 936,18 tona ekvivalenta CO<sub>2</sub>. Kao što je prije spomenuto, novo fotonaponsko postrojenje može jamčiti oko 207.254 kWh godišnje proizvedenih iz obnovljivih izvora, što predstavlja 4-5 % ukupne potrošnje energije. Ta količina će pomoći u izbjegavanju u gruboj procjeni 46,81 tona emisija ekvivalenta CO<sub>2</sub>.<sup>55</sup>

<sup>55</sup> RE4Industry Project: D3.3 Success cases of RE integration Case study: Electrical generation in-situ by means of photovoltaics in the steel industry – Ebroacero (Zaragoza, Spain)\*

# Zajednička prerada biomase u industriji cementa / Tvornica cementa Milaki tvrtke HERACLES-Holcim



Proizvodnja cementa je energetski zahtjevan proces zbog potrebe za zagrijavanjem sirovina na visoku temperaturu (oko 1450 oC). U Europi je cementna industrija modernizirana i već primjenjuje najsuvremeniju tehnologiju pa je za proizvodnju jedne tone klinkera [h] potrebno oko 3300 MJ toplinske energije. Stoga je trošak goriva za proizvodnju ove toplinske energije značajan čimbenik troškova u proizvodnji cementa.

Godine 2020. HERACLES – član Holcim Grupe i jedan od glavnih proizvođača cementa u Grčkoj – osmislio je i proveo inovativni projekt zajedničke prerade biomase za proizvodnju cementa u svojim pogonima u tvornici cementa Milaki, na otoku Evia.

Glavna komponenta HERACLES-ove strategije za klimatske promjene je zamjena fosilnih goriva alternativnim gorivima koja smanjuju ekološki otisak tvrtke, dok povećavaju zajedničku preradu biomase u industriji cementa Tvornica cementa Milaki HERACLES-Holcim i konkurentnost svojih proizvoda. Konkretno, strateški ciljevi tvrtke u kada je riječ o energiji i klimi obuhvaćaju:

- Smanjenje ukupne bruto emisije CO<sub>2</sub> (opseg 1) na 1.522 kt CO<sub>2</sub> do 2030. godine. Radi usporedbe, 2019. godine emitirano je 2.103 kt CO<sub>2</sub>.
- Povećanje zamjene fosilnih goriva alternativnim gorivima na 50 % do 2023. Uvođenje alternativnih goriva u tvornice cementa HERACLES bio je postupan proces. Postupci izdavanja dozvola za korištenje alternativnih goriva započeli su 2009. godine, dok je njihovo postupno uvođenje u proizvodni proces započelo 2013. godine. U 2020. HERACLES je upotrijebio 130.000 tona alternativnih goriva za proizvodnju toplinske energije, što odgovara 27,7% ukupnog unosa energije goriva, čime je uštedio oko 85.000 tona emisija CO<sub>2</sub> i smanjio ukupnu emisiju CO<sub>2</sub> tvrtke za 7%.

Za postizanje navedenih ciljeva tvrtka je uložila ukupno 2 milijuna eura s ciljem zamjene čvrstih fosilnih goriva (npr. naftnog koksa) koja se koriste u proizvodnji cementa alternativnim gorivima iz biomase. Očekuje se da će ova zamjena uzrokovati smanjenje emisije CO<sub>2</sub> za 70.000 tona godišnje.

**Oko 75.000 tona godišnje biomase** – uglavnom rezidbe i drugih poljoprivrednih ostataka – može se valorizirati ovom investicijom, pridonoseći promicanju načela kružnog gospodarstva i smanjenju količine otpada koji se zbrinjava.



Slika 12: Gomila biomase (lijevo) i prikaz izbliza čestica biomase (desno)

<sup>56</sup> RE4Industry Project: D3.3 Success cases of RE integration Case study: Biomass co-processing in the cement industry The Milaki Cement Plant of HERACLES-Holcim\*

# Implementacija suizgaranja biogoriva u pećima industrije stakla Verallia Spain S.A. (Zaragoza)



Industrija proizvodnje stakla energetski je intenzivna zbog potrebe za zagrijavanjem sirovina na visoke temperature kako bi se talile, oblikovale, oblagale i žarile staklene posude, vlastna ili ravna stakla (oko 1600 oC).

Godine 2020. Verallia Spain S.A., španjolska podružnica vodeće tvrtke za proizvodnju stakla, odlučila je provesti inovacije u svojim procesima kako bi poboljšala korporativne strategije dekarbonizacije u svojim objektima koji se nalaze u Zaragozi.

Verallia je prepoznala upotrebu biogoriva kao goriva za suizgaranje u svojim pećima kao ključnu za zamjenu neobnovljivih tekućih goriva koja se koriste u njihovim pećima. U tom kontekstu, tvornica koja se nalazi

u Zaragozi (Španjolska) već pokreće jednu od svojih peći koja miješa biogorivo s prirodnim plinom (10 % težinski biogoriva). Zamjena prirodnog plina biogorivima kao što je biometan vjerojatno bi ovo izgaranje učinilo CO<sub>2</sub> neutralnim.

Grupa namjerava provesti politiku koja prednost daje rješenjima za obnovljive izvore energije (osobito biogoriva) kao i provedbu alternativnih rješenja za cestovni promet, kao što je željezница.

U skladu s njihovim namjerama, Verallia radi na biogorivu od uljane repice u regiji Champagne, smanjujući emisije CO<sub>2</sub> iz svog transporta u regiji Champagne za 60 %, čime se smanjuju sitne čestice za 80 % u usporedbi s upotrebom dizela.



Slika 13: Kamion na biogorivo od uljane repice u regiji Champagne, izvor: Verallia



Uzimajući u obzir prosječnu potrošnju od 2000 t/mjesečno i postotak zamjene biogorivom od oko 10 %, to bi dovelo do uštede emisije CO<sub>2</sub> od 395,6 t CO<sub>2</sub>/mjesečno.<sup>57</sup>

<sup>57</sup> RE4Industry Project: D3.3 Success cases of RE integration Case study: Biofuel co-firing implementation in furnaces of glass industry Verallia Spain S.A (Zaragoza)\*

# Korištenje solarne fotonaponske energije (PPA) u solarnoj elektrani Witnica (Poljska)



BayWa r.e.



Heidelberg  
Materials

BayWa r.e. - vodeća globalna tvrtka za razvoj obnovljivih izvora energije, pružatelj usluga, distributer i pružatelj energetskih rješenja - i poljska podružnica Góraždze Cement tvrtke Heidelberg Materials potpisali su 10-godišnji korporativni ugovor o kupnji virtualne energije (VPPA) za solarnu elektranu Witnica u Poljskoj, koji je dovršen u 2021. Potpisivanje ugovora o projektu u Witnici značajan je korak za Góraždže prema ugljičnoj neutralnosti u emisijama iz opsega 2. Ugovoren kapacitet opsluživat će oko 10 % godišnje potrošnje Heidelberg Materialsa.

Slika 14: Slika iz zraka solarne elektrane Witnica, izvor: ceenergynews



Solarna elektrana povezana je s poljskom električnom mrežom i opskrbljivat će tvrtku zelenom strujom do 2031. godine.

Witnica je trenutno najveća solarna elektrana u Poljskoj s kapacitetom od 64,6 MWp. Ujedno, to je prva solarna elektrana bez subvencija čija se električna energija prodaje kroz dugoročni VPPA. BayWa r.e. se stoga nuda da će ova suradnja utri put dalnjim VPPA-ima u regiji i naglašava da će ovaj projekt osigurati najisplativiju zelenu energiju u cijeloj zemlji. Pritom je koncesionar Heidelberg Materials ostvario

smanjenje emisije za više od 63.000 t CO<sub>2</sub>, a godišnje se iz obnovljivih izvora energije proizvede 68 GWh električne energije.

Štoviše, solarna elektrana koja će proizvoditi dovoljno zelene električne energije za napajanje ekvivalentno oko 22.500 domova, daleko je najveći solarni projekt u Poljskoj.

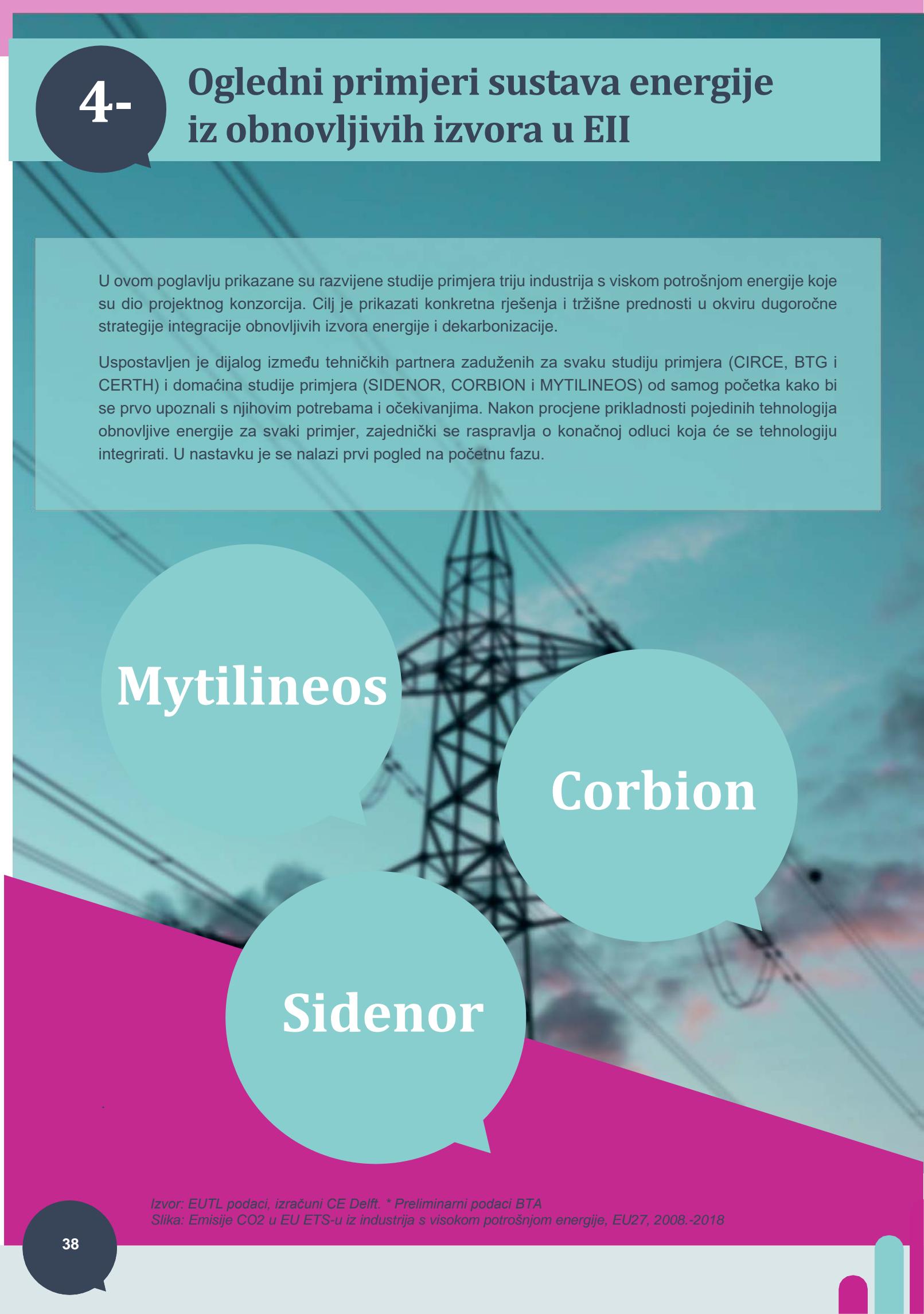
U kolovozu 2021. solarna elektrana je prodana Alternus Energy Group, kao pan-europskom neovisnom proizvođaču električne energije, BayWa r.e. će nastaviti pružati usluge rada i održavanja na lokaciji Witnica za Alternus Energy.<sup>58</sup>

<sup>58</sup> RE4Industry Project: D3.3 Success cases of RE integration Case study: Solar PV Usage (PPA) in the Witnica Solar Park/ Poland\*

## Ogledni primjeri sustava energije iz obnovljivih izvora u EII

U ovom poglavlju prikazane su razvijene studije primjera triju industrija s visokom potrošnjom energije koje su dio projektnog konzorcija. Cilj je prikazati konkretna rješenja i tržišne prednosti u okviru dugoročne strategije integracije obnovljivih izvora energije i dekarbonizacije.

Uspostavljen je dijalog između tehničkih partnera zaduženih za svaku studiju primjera (CIRCE, BTG i CERTH) i domaćina studije primjera (SIDENOR, CORBION i MYTILINEOS) od samog početka kako bi se prvo upoznali s njihovim potrebama i očekivanjima. Nakon procjene prikladnosti pojedinih tehnologija obnovljive energije za svaki primjer, zajednički se raspravlja o konačnoj odluci koja će se tehnologiju integrirati. U nastavku je se nalazi prvi pogled na početnu fazu.



Mytilineos

Corbion

Sidenor

Izvor: EUTL podaci, izračuni CE Delft. \* Preliminarni podaci BTA

Slika: Emisije CO<sub>2</sub> u EU ETS-u iz industrija s visokom potrošnjom energije, EU27, 2008.-2018

# Mytilineos

MYTILINEOS je grčka tvrtka koja posluje u industrijskom i energetskom sektoru u Grčkoj i na globalnoj razini. Izvorno osnovana još 1908. godine kao mala, obiteljska metalurška industrija u Pireju, 1990. godine osnovana je grupa MYTILINEOS, a 2017. tvrtka se konsolidirala kao nova, jedinstvena poslovna cjelina s prometom od 2,26 milijardi € i oko 3.850 zaposlenika (izravni i neizravni).



Ovaj ogledni primjer RE4Industry fokusira se na tvornicu aluminija u Grčkoj (AoG), koja je dio Metalurške poslovne jedinice tvrtke MYTILINEOS. AoG je najveći vertikalno integrirani proizvođač glinice i aluminija u Europskoj uniji s godišnjim proizvodnim kapacitetom od 900 kt glinice i 222 kt aluminijskih proizvoda (192 kt primarnog aluminija + 30 kt recikliranih frakcija).

**CERTH je prepoznao četiri potencijalna rješenja koja se smatraju dovoljno zrelima za implementaciju do 2030. i stoga se razmatraju za detaljnu analizu.**

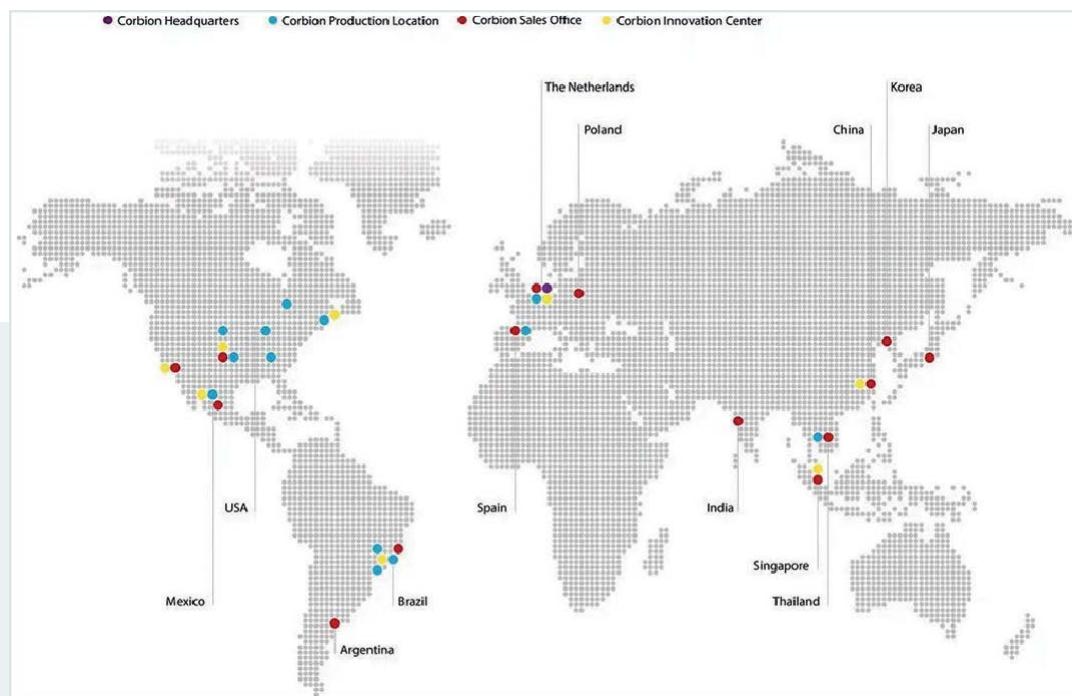
- Elektrifikacija peći za držanje aluminija ima potencijal za postizanje smanjenja emisije do 26.500 tCO<sub>2</sub>.
- Biometan iz anaerobne digestije može pružiti "virtualnu" zamjenu za trenutnu potrošnju prirodnog plina (NG).
- Sintetski plin iz rasplinjavanja biomase smatra se potencijalnom zamjenom za NG koji se koristi u kalcinaciji glinice.
  - Zeleni vodik nudi dugoročnu opciju koja najviše obećava, no još je dalek put do postizanja ekonomskog pariteta.<sup>59</sup>

<sup>59</sup> RE4Industry Project: D4.2 – Initial vision document of current and future energy needs and solutions\*

# Corbion

Corbion je svjetski lider na tržištu mlijecne kiseline i njezinih derivata te vodeći dobavljač emulgatora, funkcionalnih mješavina enzima, minerala, vitamina i sastojaka algi. Corbion plasira svoje proizvode putem svjetske mreže prodajnih ureda i distributera i ima globalni opskrbni lanac s proizvodnim pogonima u SAD-u, Tajlandu, Brazilu, Nizozemskoj i Španjolskoj. Unutar studije primjera RE4Industry istražuje se integracija obnovljive energije na mjestu Corbion u Gorinchemu, Nizozemska.

Slika 16:  
Lokacija  
sjedišta  
Corbiona,  
proizvodnih  
lokacija,  
prodajnih  
ureda i  
inovacijskih  
centara



S obzirom na dugoročnu viziju dekarbonizacije tvrtke i trenutne aktivnosti Corbiona na smanjenju ugljičnog otiska, te potrebu za poduzimanjem značajnih koraka za daljnje smanjenje emisija stakleničkih plinova opsega I, II i III za 33% u 2030., odlučeno je fokusirati studiju primjera na zamjenu središnjeg parnog kotla na prirodni plin od 15 MW.

Izvršena je početna procjena tehničkih mogućnosti i finansijske izvedivosti o kojoj su BTG i Corbion raspravljali. Predložene tri relevantne opcije uključivale su: **zamjenu prirodnog plina obnovljivom električnom energijom za proizvodnju pare** (energija za grijanje), **korištenje vodika iz obnovljive električne energije i biomase za proizvodnju pare**. Procjene su dovele do sljedećih opažanja:

- **Za detaljnu analizu odabran je električni kotao.** Nedostaci su njegova ovisnost o niskim cijenama električne energije te visoki troškovi priključka na mrežu i mrežne naknade.
- **Izgaranje vodika je jednostavan proces.** Stoga je on odabran za detaljnu analizu.
- Glavne slabe točke su trenutna niska/nikakva dostupnost pristupačnog obnovljivog vodika i nepostojanje infrastrukture za opskrbu vodikom.
- Iako su tehnički i finansijski izvedive, opcije bioenergije Corbion doživljava kao visokorizičnu tehnologiju u pogledu održivosti i društvene prihvaćenosti.
- Zbog svoje visoke volumetrijske gustoće energije, **ulje za pirolizu je logistički najprivlačnije bioenergetsko rješenje**, te će se razmotriti za detaljne analize.<sup>59</sup>

# Sidenor

SIDENOR je tvrtka za proizvodnju čelika, vodeća je u europskoj industriji čelika za proizvodnju dugih proizvoda od posebnog čelika. Također, važan je dobavljač hladno obrađenih proizvoda na europskom tržištu. Tvrta ima svoja proizvodna središta u Baskiji, Kantabriji i Kataloniji. Tvrta ima visoko specijalizirane objekte koji nude rješenja za sve industrijske sektore koji trebaju usluge visokokvalitetnog čelika.

Fokus studije bila je SIDENOR-ova tvornica smještena u Basauri, u baskijskoj regiji u sjevernoj Španjolskoj. Ovo postrojenje je odabранo jer je dobar predstavnik potrošnje energije SIDENOR-a ne samo u smislu količine, već i u smislu vrste potrošene energije. Predložena rješenja za obnovljive izvore energije obuhvaćaju **korištenje električne i toplinske energije**.



Slika 17: Proizvodni centri tvrtke SIDENOR

Tablica 11: Usporedba rješenja obnovljive energije za detaljni odabir kao studije primjera za SIDENOR

Opcija	Tehnička izvedivost	Financijska isplativost	Logistika koja se može provesti na lokaciji Basauri	Potpuna zamjena fosilnih opcija	Održivost	Društveno prihvaćanje	Odarbano kao ogledni primjer
PPAs *	+++	+++	---	+	+++	+++	Ne
Fotanaponski elementi	+++	+++	+++	+	+++	+++	Ne
Zeleni H <sub>2</sub>	++	+/-	---	++	+++	++	Da
Biometan	+	+++	---	++	+++	+	Da
Piroliza**	++	++	+/-	+/-	++	+/-	Da
Dizalice topline	++	+	+++	++	+++	++	Ne

\* Ugovori o kupnji električne energije / \*\* biomase za proizvodnju biougljena

- Prvo, raspravljalo se o ugovorima o kupnji električne energije i ugradnji fotonaponskih sustava u pogonima SIDENOR-a.
- Što se tiče obnovljivih rješenja za toplinu, analizirani su zeleni vodik, biometan, biougljen iz pirolizirane biomase i dizalice topline.
- Prema analizi koja obuhvaća nekoliko čimbenika kao što su tehnička i ekomska izvedivost rješenja, njihova logistička provedba, udio zamjene trenutnih energija iz fosilnih izvora, održivost i društvena prihvaćenost, **odlučeno je da će se odabrati zelene vodik, biometan i biougljen za daljnju analizu.**<sup>59</sup>

# Upoznajte partnere

## Tehnološki i društveni stručnjaci

### Fundación CIRCE - Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos (koordinator projekta)



Osim svoje uloge koordinatora, CIRCE je glavni odgovoran za procjenu postojećih i nadolazećih tehnologija u području industrijske dekarbonizacije, kao i za analizu potreba industrije na temelju svog velikog iskustva u projektima industrijske obnove i obnovljivih izvora energije promotivne aktivnosti.

### BTG - Biomass Technology Group



BTG je zadužen za razvoj RE4Industry osnovne metodologije za razvoj Akcijskih planova u industrijama s visokom potrošnjom energije. Njegov interdisciplinarni tim ima dugogodišnju stručnost u analizi industrijskih i uslužnih inovacija i već je radio na preuzimanju biotehnologija i nositelja od strane EU industrije u EU projektima kao što su BIOFIT ili MUSIC.

### CERTH HELLAS - Centre for Research and Technology



CERTH je jedan od vodećih istraživačkih centara u Grčkoj i ima dugogodišnje iskustvo u razvoju tehnologije i prijenosu znanja u vezi s energetskim sektorom. Unutar RE4Industry, CERTH je prvenstveno odgovoran za analizu trenutnog statusa sektora industrija s visoko potrošnjom energije i prepoznavanje uspješnih slučajeva integracije obnovljivih izvora energije.

### WIP Renewable Energies



Kao privatna tvrtka aktivna u području RE tehnologija, WIP vodi strategiju replikacije RE4Industry. Njihova se stručnost oslanja na organizaciju međunarodnih događanja OIE premošćujući jaz između istraživanja i provedbe sustava OIE. Štoviše, rade ruku pod ruku s industrijom za nadzor i realizaciju projekata, što je ključno za maksimiziranje učinka slučajeva upotrebe replikacije.

### White Research



Kao malo i srednje poduzeće koje se bavi društvenim istraživanjem, specijalizirano za analizu tržišta, poslovnu strategiju, upravljanje inovacijama i politiku te pitanja vezana uz korisnike, WR je zadužen za dizajniranje strategije angažmana RE4Industry i suradničke mreže u WP2 i osigurava primjerima upotrebe potrebnu podršku za prevladavanje pravnih, društvenih i finansijskih izazova koji bi mogli priječiti usvajanje obnovljivih izvora energije energije u ciljanim industrijama.

# Udruženja usmjereni na obnovljivu energiju

## Bioenergy Europe



Kao glas europske bioenergije za razvoj pravednog tržišta biogospodarstva, BIOEU je zadužen za organizaciju glavnih aktivnosti osnaživanja, lobiranja i zagovaranja projekta. Pridržava ih se više od 40 udruženja i 90 tvrtki i centara za istraživanje i razvoj, što RE4Industry-u daje kritičnu masu dionika u bioenergiji za postizanje i repliciranje njihovih ciljeva.

## EEIP - Energy Efficiency in Industrial Processes



Kao poslovna i politička platforma za energetsku tranziciju koja se bavi novim tehničkim rješenjima i zdravim poslovnim modelima koji ubrzavaju rast tržišta, EEIP je zadužen za vođenje diseminacijskih i komunikacijskih aktivnosti projekta, koristeći prednost korisnika mreže EEIP koja obuhvaća cijeli lanac vrijednosti (strana ponude i potražnje RE tehnologija istraženih unutar RE4Industry).

## ESEIA - European Sustainable Energy Innovation Alliance



ESEIA je europski savez za održivu energiju koji se oslanja na 27 vodećih istraživačkih i inovacijskih organizacija u području održivih energetskih sustava iz 13 različitih europskih zemalja. Oni su odgovorni za cijelu mrežu svjesnu rezultata RE4Industry kako bi postali sjeme projekta na tržištu.

# Industrije s visokom potrošnjom energije

## SIDENOR



SIDENOR je najveći proizvođač posebnog čelika, otkivaka i odljevaka u Španjolskoj i jedan od glavnih proizvođača hladno kovanih dijelova i glavni je primjer upotrebe za validaciju validacije RE4Industry metodologije u Španjolskoj. Štoviše, imaju nekoliko proizvodnih pogona u Njemačkoj, Francuskoj, Italiji i Ujedinjenom Kraljevstvu, što im omogućuje unutarnji prijenos rezultata diljem EU.

## MYTILINEOS



MYTILINEOS je najveći europski vertikalno integrirani proizvođač primarnog aluminija, koji posjeduje rudnike boksita, rafinerije glinice i talionice aluminija. Oni su glavni primjer korištenja za Grčku i nastavljaju svoje aktivnosti povezane s optimizacijom energetske učinkovitosti i smanjenjem emisija stakleničkih plinova. Njihovi proizvodni pogoni unutar i izvan Europe također omogućuju replikaciju rezultata u velikom broju zemalja.

## PURAC (CORBION)



CORBION je svjetski lider na tržištu mlječne kiseline i njezinih derivata te vodeći dobavljač emulgatora, funkcionalnih mješavina enzima, minerala, vitamina i sastojaka algi. Corbion je stoga snažna tvrtka za održiva rješenja sastojaka u biokemijskim sredstvima i hrani te je glavni primjer upotrebe u Nizozemskoj.





# RE4iNDUSTRY

Renewable energies for industries



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement N.952936.



RE4iNDUSTRY  
Renewable energies for industries

