

EIT OPEN DAY SLOVENIJA 2022



**SUROVINSKE POTREBE ZA  
ZAGOTAVLJANJE PREHODA  
NA TRAJNOSTNO IN  
PAMETNO MOBILNOST**

24. 10. 2022  
Spletna konferenca

**Zbornik povzetkov konferenčnih  
prispevkov**

Ljubljana, 2022

## EIT OPEN DAY SLOVENIJA 2022

### Surovinske potrebe za zagotavljanje prehoda na trajnostno in pametno mobilnost

**Uredniki:** Anja Ilenič, dr. Mateja Košir, Urša Šolc, dr. Dragica Marinič

**Spremna beseda:** Anja Ilenič

**Lektoriranje:** Simona Vidic, Talpo d.o.o.

**Oblikovanje:** Terminal studio, d.o.o.

**Organizacijski odbor:** Anja Ilenič, dr. Mateja Košir, Urša Šolc, dr. Dragica Marinič, Mito Žnidarko, mag. Sabina Žakelj Pediček

**Izdal in založil:** Zavod za gradbeništvo Slovenije, Geološki zavod Slovenije, Javna agencija SPIRIT Slovenija

Ljubljana, december 2022

1. elektronska izdaja

Način dostopa (URL): <https://www.zag.si/dl/eit-open-day-slovenija-2022.pdf>

Publikacija ni namenjena prodaji.

Za objavo gradiva, ki ni last Zavoda za gradbeništvo Slovenije, je bilo pridobljeno dovoljenje lastnika.

©2022 Zavod za gradbeništvo Slovenije

Vse pravice so pridržane.

ISBN 978-961-7125-04-7

Zbornik je nastal v okviru konference EIT OPEN DAY SLOVENIJA 2022 – Surovinske potrebe za zagotavljanje prehoda na trajnostno in pametno mobilnost, ki jo sofinancira Evropska unija: EIT Urbana mobilnost s pogodbo SGA22 22368, Regionalni center Adria EIT Surovine RIS Hub in Javna agencija SPIRIT Slovenija s sredstvi iz Načrta za okrevanje in odpornost.

Kataložni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani

COBISS.SI-ID 137798147

ISBN 978-961-7125-04-7 (Zavod za gradbeništvo Slovenije, PDF)

# Kazalo

## **Spremna beseda** ..... 04

## **Povzetki panelnih razprav** ..... 05

### **Naslavljanje finančnih spodbud prehoda na nove oblike trajnostne in pametne mobilnosti** ..... 06

Miha Štruc, dr. Mateja Košir, Anja Ilenič, Urša Šolc in dr. Alenka Mauko Pranjič |  
Zavod za gradbeništvo Slovenije, Geološki zavod Slovenije

### **Prihodnost lahkih in inovativnih zlitin v transportni industriji** ..... 09

dr. Mateja Košir | Zavod za gradbeništvo Slovenije

### **Je vodik dolgoročna in trajnostna tehnološka rešitev za čisto mobilnost?** ..... 13

Anja Ilenič in dr. Dragica Marinič | Zavod za gradbeništvo Slovenije

### **Ali lahko zagotovimo zadostno preskrbo s surovinami za prehod na e–mobilnost?** ..... 17

Urša Šolc | Geološki zavod Slovenije

## **Avtorski prispevki** ..... 20

### **Trajnostna in krožna transformacija v podjetjih** ..... 22

Alenka Hren | Javna agencija SPIRIT Slovenija

### **Visokotrdozna kvazikristalna aluminijeva zlitina za proces visokotlačnega litja aluminija** ..... 24

mag. Luka Bertoncelj | Iskra ISD

### **Prihodnost lahkih zlitin v transportni industriji** ..... 27

prof. dr. Bojan Podgornik | Inštitut za kovinske materiale in tehnologije

### **Izzivi kritičnih surovin v baterijah ali membranskih gorivnih/elektroliznih celicah z recikliranjem ali racionalno zasnovano materialov** ..... 29

prof. dr. Blaž Likožar, Alen Rupnik, Janvit Teržan, Dimitrij Ješič, Matej Huš | Kemijski inštitut

### **Osnovni pojmi glede vodikovih tehnologij** ..... 32

doc. dr. Gregor Dolanc | Institut Jožef Stefan

### **Vloga vodika v trajnostni mobilnosti** ..... 34

Matej Urh in dr. Franc Cimerman | Plinovodi d.o.o.

### **Slovenija in kritične surovine** ..... 36

dr. Duška Rokavec, dr. Meta Dobnikar in dr. Klemen Teran | Geološki zavod Slovenije

# Spremna beseda

**Anja Ilenič**

Zavod za gradbeništvo Slovenije  
[anja.ilenic@zag.si](mailto:anja.ilenic@zag.si)

*Evropski zeleni dogovor poziva k 90-odstotnemu zmanjšanju emisij toplogrednih plinov iz prometa do leta 2050, zato so ukrepi posameznih članic Evropske unije, ki spodbujajo in omogočajo trajnostne, alternativne in multimodalne transportne načine, vse bolj strateškega pomena za nadaljnji razvoj transportnega sektorja. Vključevanje brezemisijevih vozil, uporaba obnovljivih in nizkoogljčnih goriv ter izgradnja s tem povezane infrastrukture je le nekaj korakov, potrebnih za izpolnitev cilja. Preobrazba avtomobilske industrije z integracijo novih tehnologij, ki so osnovane na uporabi vodika in elektrike kot goriva ter lahkih zlitin, omogočajo bolj trajnostno in krožno gospodarstvo. Vključevanje vseh deležnikov v oblikovanje nacionalnega ekosistema inovacij pa omogoča oblikovanje novih in bolj trajnostnih poslovnih modelov.*

Izboljševanje življenjskih razmer v mestih, spodbujanje inovacij na področju zelenih in varnih rešitev za mobilnost ljudi, blaga in odpadkov, pospeševanje tržnih priložnosti v avtomobilski industriji ter oblikovanje zakonodajnega okvira za spremembe so le nekateri strateški cilji skupnosti znanja in inovacij EIT Urbana mobilnost. Skupnost je ena izmed devetih skupnosti znanja in inovacij ([EIT Podnebne spremembe](#), [EIT Informacijske in komunikacijske tehnologije](#), [EIT Hrana](#), [EIT Zdravje](#), [EIT Trajnostna energija](#), [EIT Proizvodne tehnologije](#), [EIT Surovine](#), [EIT Urbana mobilnost](#) ter [EIT Kultura in kreativnost](#)), ki se spopadajo z najbolj perečimi izzivi današnjega časa in delujejo pod okriljem [Evropskega inštituta za inovacije in tehnologijo](#) (EIT), ki je sestavni del programa Obzorje Evropa.

Z namenom spodbujanja povezovanja, združevanja in povečevanja partnerstva medsu-

rovinskim in mobilnostnim sektorjem, ki sta neposredno vpletena v prehod na bolj trajnostne oblike mobilnosti, smo 24. oktobra 2022 organizirali spletno konferenco EIT OPEN DAY SLOVENIJA 2022 – Surovinske potrebe za zagotavljanje prehoda na trajnostno in pametno mobilnost. Konferenco je priredil [EIT Urbana mobilnost RIS Hub Slovenija](#), ki ga koordinira [Zavod za gradbeništvo Slovenije](#), v sodelovanju z [Regionalnim centrom Adria EIT Surovine RIS Hub](#) in [Javno agencijo SPIRIT Slovenija](#). Dogodek smo razdelili v štiri segmente, v okviru katerih smo obravnavali finančne spodbude in mehanizme za zagotavljanje trajnostnega prehoda, tudi z uporabo inovativnih lahkih zlitin ter vodikovih in baterijsko električnih tehnologij. V nadaljevanju so zbrani povzetki strokovnih razprav na obravnavane tematike in posamezni avtorski prispevki.

# Povzetki panelnih razprav



# Naslavljanje finančnih spodbud prehoda na nove oblike trajnostne in pametne mobilnosti

**Miha Štruc, dr. Mateja Košir, Anja Ilenič, Urša Šolc in dr. Alenka Mauko Pranjič**

Zavod za gradbeništvo Slovenije, Geološki zavod Slovenije  
[miha.struc@zag.si](mailto:miha.struc@zag.si), [mateja.kosir@zag.si](mailto:mateja.kosir@zag.si), [anja.ilenic@zag.si](mailto:anja.ilenic@zag.si),  
[urska.solc@geo-zs.si](mailto:urska.solc@geo-zs.si), [alenka.mauko@zag.si](mailto:alenka.mauko@zag.si)

*Za razvoj novih tehnologij trajnostne mobilnosti je ključno povezovanje različnih sektorjev, kar je bil tudi glavni namen dogodka EIT OPEN DAY SLOVENIJA 2022. V okviru konference so sodelovali nekateri ključni deležniki na tem področju v Sloveniji: Ministrstvo za infrastrukturo Republike Slovenije, Strateško razvojno inovacijska partnerstva Pametna mesta in skupnosti, Mobilnost ter Krožno gospodarstvo, Institut Jožef Stefan, Inštitut za kovinske materiale in tehnologije, Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani, Kemijski inštitut, Geološki zavod Slovenije, Zavod za gradbeništvo Slovenije, ISKRA ISD, SIJ Acroni, TECOS, Plinovodi, Porsche Slovenija, Magneti Ljubljana, ISKRA ter Javna agencija SPIRIT Slovenija.*

V uvodnem nagovoru je **dr. Romana Jordan** z Instituta Jožef Stefan izpostavila, da sta zeleni prehod Evropske unije in prehod na večjo neodvisnost od uvoza surovin močno povezana s poudarkom na tehnoloških inovacijah za izpolnjevanje zastavljenih ciljev. Pomembno je, da je v celoten proces razvoja inovacij, ki so rezultat temeljnih in aplikativnih raziskav, vključena tudi industrija. Nacionalne finančne spodbude, zagotovljene iz različnih raziskovalnih, infrastrukturnih in razvojnih programov, kot so razpisi Javne agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS) in posameznih resornih ministrstev ter tudi razpisi v okviru programa Obzorje Evropa, v okviru katerega se vključuje tudi EIT z devetimi skupnostmi znanja in inovacij, so ključni za zagotavljanje stalnega financiranja tovrstnih tehnologij.

Skupnost EIT Urbana mobilnost je predstavila **dr. Alenka Mauko Pranjič** z Zavoda za grad-

beništvo Slovenije. Poudarila je ključne cilje programa EIT, ki so osredotočeni na povečanje konkurenčnosti evropskih podjetij in tudi na pospešen prehod inovacij iz laboratorijev na trg. V programu EIT Urbana mobilnost sodelujejo industrija, mesta in univerze ter raziskovalni inštituti. Glavni cilji so spodbuditi pozitivne spremembe na področju urbane mobilnosti, ustvariti boljše življenjske pogoje v mestih in postati največja evropska pobuda za preoblikovanje urbane mobilnosti.

Skupnost s svojimi aktivnostmi obravnava izzive, kot so trajnostna rast mest, razbremenitev transportnih mrež, podpiranje interdisciplinarnosti, okoljsko učinkovit in varen transport ljudi in blaga, novi načini uporabe podatkov, pospeševanje konkurenčnosti mobilnostne industrije, oblikovanje okvira za regulatorne spremembe in transportne navade prebivalcev mest. Aktivnosti potekajo v petih glavnih

programih, ki podpirajo podjetništvo, zmanjšujejo vrzel v znanju ter spodbujajo razvoj novih in aplikativnih inovacij in povezovanje mest. V Sloveniji deluje tudi nacionalna kontaktna točka – EIT Urbana mobilnost RIS Hub Slovenija, ki jo koordinira Zavod za gradbeništvo Slovenije. Glavna cilja sta povečevati prepoznavnost skupnosti EIT Urbana mobilnost na nacionalni ravni in zagotavljati učinkovito podporo podjetjem z informiranjem o različnih razpisih, izvajanjem izobraževanj za pisanje projektnih prijav ter spodbujanje aktivnosti trajnostne mobilnosti (npr. kolesarjenja v mestih) na nacionalni, regionalni in lokalni ravni.

V trenutni geostrateški situaciji je treba zavarovati strateške verige za pridobivanje surovin na ravni Evropske unije za konkurenčnost evropskega gospodarstva. Aktivnost EIT Surovine in Regionalnega centra Adria, v vlogi RIS Hub, je predstavila **dr. Mateja Košir** z Zavoda za gradbeništvo Slovenije. Gre za skupnost, ki spodbuja in želi vzpostaviti surovinski sektor kot enega izmed strateških prednosti Evrope.

Cilj je trajnostna oskrba s surovinami, kovinami in preostalimi ključnimi materiali za evropsko industrijo. Program skozi celotno inovacijsko verigo spodbuja inovacije, podjetništvo in izobraževanja v surovinskem sektorju ter izvaja več mehanizmov za podjetja, pri tem pa v projekte vključuje celoten trikotnik znanja z univerzami in raziskovalnimi ustanovami. V skupnost se vključuje prek 300 partnerjev, večinoma iz Evrope in tudi širše, in s tem predstavlja največjo svetovno skupnost na področju surovin. Glavne tematike, na katere se skupnost osredotoča pri inovacijah, so rudarstvo, iskanje surovinskih nahajališč, zamenjava kritičnih mineralnih surovin ter recikliranje in implementa-

cija krožnega gospodarstva. Aktivnosti se izvajajo v treh stebrih: prvi je mreženje deležnikov prek različnih dogodkov, drugi je pospeševalnik za podporo inovacijam in prehod na višje ravni TRL, tretji pa je akademija, ki zajema magistrske in doktorske programe ter vseživljenjsko učenje za izboljšanje kompetenc v surovinskem sektorju. Na nacionalni in regionalni ravni EIT Surovine predstavlja Regionalni center Adria, ki so ga leta 2018 ustanovili Geološki zavod Slovenija, Zavod za gradbeništvo Slovenije ter Fakulteta za rudarstvo, geologijo in naftni inženiring Univerze v Zagrebu. Regionalni center Adria je aktiven pri promociji programov EIT Surovine ter ima pomembno vlogo pri mreženju in integraciji novih deležnikov v regiji, saj pokriva tudi območje držav Zahodnega Balkana.

Podporne aktivnosti za podjetja v Sloveniji je predstavila **Alenka Hren** iz Javne agencije SPIRIT Slovenija, ki se med drugim ukvarja z izvajanjem mehanizmov za strateško in trajnostno transformacijo slovenskih podjetij. Do zdaj so pomagali 60 podjetjem, njihova vizija pa je, da bodo v naslednjih štirih letih pomagali še nadaljnjim 200. Podjetjem pomagajo pri identifikaciji skritih tveganj, zunanjih in tudi notranjih. Podjetje mora k procesu transformacije pristopiti celovito in vključiti vse segmente procesov, od dobaviteljev do končnega izdelka. Transformacija v povprečju traja štiri mesece in v njenem okviru skupaj s strokovnjaki pripravijo nove trajnostne poslovne/korporacijske strategije, trajnostne poslovne modele in izvedbene projekte.

Izvršni direktor Strateško razvojno inovacijskega partnerstva Pametna mesta in skupnosti (SRIP PMiS) **Matjaž Logar** je kot glavne cilje skupnosti SRIP PMiS izpostavil ustvarjanje sinergije med podjetji in raziskovalnimi organi-

zacijami, povezovanje med državo in podjetji, promocijo članov in njihovih izdelkov, informiranje članov SRIP PMiS ter z novimi rešitvami in izdelki izboljševanje kakovosti življenja. Aktivno so povezani s podnebno nevtralnimi mesti in dolinami vodika ter trajnostno mobilnostjo v mestih. Težave pri izvajanju in iskanju rešitev po njihovem mnenju predstavljajo pre-nizki nacionalni proračuni za to področje.

Fokusna področja Strateško razvojno inovacijskega partnerstva na področju krožnega gospodarstva (SRIP CE) je predstavila **Nina Kovačič**. Ta obsegajo področja trajnostne energije, biomase in alternativnih surovin, sekundarnih surovin, funkcionalnih materialov, procesov in inovativnih tehnologij ter novih krožnih poslovnih modelov. Skupnost SRIP CE članom ponuja

pomoč pri sodelovanju na mednarodnih dogodkih in projektih ter pri izobraževanjih in iskanju rešitev pri krožnih zankah.

Delovanje Strateško razvojno inovacijskega partnerstva na področju mobilnosti (SRIP Mobilnost) je predstavil **Rok Ban**. SRIP Mobilnost sestavlja več kot 60 podjetij, ki predstavljajo kar 10 % slovenskega bruto domačega proizvoda oziroma skoraj 25 % izvoza Slovenije. Ukvarjajo se s transformacijo avtomobilske industrije, prednostno z elektrifikacijo, novimi baterijami, lažjimi inovativnimi zlitinami in pospeševanjem uporabe novih tehnologij. Prav tako naslavljajo tudi vidike izgradnje nove infrastrukture, kot je mreža polnilne infrastrukture za zelena in električna vozila ter vodikove tehnologije.



# Prihodnost lahkih in inovativnih zlitin v transportni industriji

**dr. Mateja Košir**

Zavod za gradbeništvo Slovenije  
[mateja.kosir@zag.si](mailto:mateja.kosir@zag.si)

*Sektor transporta prispeva kar 25 % vseh emisij toplogrednih plinov v Evropski uniji, zato cilji in strategije prehoda na brezogljčno družbo temeljijo na uporabi novih materialov in tehnologij. Ključno orodje za doseg teh ciljev so inovacije v sektorju kovinske in jeklarske industrije, specifično pri lahkih zlitinah in jeklih, ki se uporabljajo v avtomobilski industriji z namenom zmanjševanja njihove mase, izboljšanja varnosti vozil in optimizacije porabe energetskih virov.*

Slovenija je pomemben dobavitelj evropski avtomobilski in elektronski industriji, proizvaja širok spekter zlitin in jekel ter je tehnološko zelo visoko razvita. Ključni strateški prednosti kovinske in jeklarske industrije sta prilagodljivost in hiter prehod na nove tehnologije. Ključne ovire so v razvoju tehničnih kadrov zaradi negativne konotacije poklicev v metalurgiji in strojništvu ter izobraževanju malih in srednjih podjetij o novih materialih na trgu za pospešitev implementacije inovacij v širši spekter kovinske industrije.

Kovinska in jeklarska industrija v Sloveniji predstavljata pomembnega izvoznika specializiranih jekel in zlitin. V sklopu Prihodnost lahkih in inovativnih zlitin v transportni industriji so štiri avtorji s svojimi prispevki predstavili različne poglede industrije in raziskovalnega sektorja. Vsak je sodeloval s kratko predstavitevjo, ki ji je sledila panelna diskusija o smereh razvoja inovacij in ovir pri prehodu na brezogljčno družbo za doseg ciljev zelenega dogovora v sektorju kovinske in jeklarske industrije na prehodu v e-mobilnost.

Osnovne poudarke o sektorju je predstavil **prof. dr. Bojan Podgornik**, vodja Odseka za kovinske materiale Inštituta za kovinske materiale in tehnologije (IMT). Poudaril je ključne izzive na prehodu v t. i. zeleno družbo in zeleno industrijo, ki terja manjšo porabo materialov in energije, višje stopnje recikliranja, manjšo uporabo strupenih snovi, uporabo več obnovljivih virov in podaljšanje dobe trajanja komponent. Vsi izzivi so povezani z zahtevami za zmanjšanje mase, povečanje trdnosti in zmogljivosti materialov, zmanjšanje energijskih izgub in trenja, povečanje odpornosti v agresivnih okoljih, zmanjšanje ogljičnega odtisa v celotni verigi, 100-odstotno reciklabilnost in biokompatibilnost. Vse zahteve so vezane na materiale in s tega vidika so kovine in lahke zlitine med najboljšimi možnostmi, ker so popolnoma reciklabilne, ohranjajo lastnosti in v bistvu samo spreminjajo lokacijo in obliko (rudarjenje in recikliranje končnih izdelkov na različnih lokacijah) ter imajo zaprto verigo od »zibelke do zibelke«.

Za zeleni prehod in e-mobilnost so najpomembnejši litij in kobalt (baterije), nikelj, železo, aluminij, titan, magnezij (konstrukcijski elementi) in baker (povezovalni električni vodniki). Potencial lahkih zlitin je na več področjih: visokotrdnostna jekla za nova nosilna ogrodja, visokotrdnostne aluminijeve zlitine, magnezijeve zlitine za izdelavo ohišij, titanove zlitine za konstrukcijske in gibajoče se elemente. Potencial še ni popolnoma raziskan, zato je na tem področju treba opraviti še veliko raziskovalnega dela.

**Dr. Aleš Hančič**, direktor TECOS Razvojnega centra orodjarstva Slovenije, je predstavil vidik strokovnega združenja in njihove vloge v ekosistemu. TECOS je bil ustanovljen pred 30 leti kot vezni člen med akademsko sfero in industrijo ter za podporo industriji pri razvoju novih izdelkov in optimizaciji njihove proizvodnje. Usmerjenost v pomoč industriji in delovanje sta osredotočena na štiri ključne stebre.

Prvi med njimi predstavlja inženirske storitve, ki obsegajo optimizacijo izdelkov in uvajanje najnovejših tehnologij, ki ustrezajo okoljskim in krožnim standardom. Drugi steber pokriva raziskave in razvoj, v katerih se skupaj s podjetji razvijajo novi materiali in procesi s ključnim poudarkom na industriji 4.0, avtomatizaciji in robotizaciji ter kompozitni izdelki iz lahkih materialov/ zlitin, ki so narejeni iz recikliranih ali biorazgradljivih materialov. Tretji steber obsega izobraževanje, v katerem se izvajajo strokovne delavnice in delavnice vseživljenjskega učenja.

TECOS deluje kot največje industrijsko združenje za posredovanje znanja, poslovnih priložnosti in zastopanja interesov ter potreb do države in širše EU. Na področju lahkih zlitin se trenutno ukvarjajo z razvojem lahkih inovativnih kompozitov in biorazgradljivih materialov z uporabo recikliranih materialov. Uspešen primer dobre prakse je kompozit reciklirane plastike in recikliranega papirja, ki ima boljše končne

lastnosti kot sama plastika. Drugi primer razvoja je optimizacija spojev med različnimi materiali na obremenjenih delih. Nadomeščanje kovine s plastiko prinaša zmanjšanje mase za 39 %.

Pogled industrijskega sektorja je predstavil **mag. Luka Bertoncelj**, vodja raziskav in razvoja v Iskri ISD. Predstavil je projekt visokotrdnostne aluminijeve zlitine s kvazikristali ter njene prednosti in izzive pri prehodu na serijsko proizvodnjo. Splošne težnje iz transportne industrije se osredotočajo na »manj je več« s povečanjem uporabnosti že obstoječih materialov. V ta namen so se razvili različni razvojni pristopi s topološko optimizacijo in generativnim razvojem pri oblikovanju izdelkov z namenom manjše porabe surovin (odzeti material in ga dodati samo tam, kjer je to nujno potrebno) in njihovega maksimalnega izkoristka. Pomemben trend je tudi zmanjševanje sestavnih delov vozil, kar pomeni, da bodo ti večji. Dober primer te prakse je model Tesla Y, kjer so 70 varjenih delov nadomestili z enim ulitkom. To zmanjša težo in kompleksnost, proizvod pa ima tudi manjši CAPEX zaradi zmanjšanja števila manipulacij v tovarni.

Splošno zmanjševanje velikosti pogonskih sklopov se kaže v vedno večjih izkoristkih, posledično pa se pojavljajo novi izzivi. Povečuje se zahteva po aluminijevih zlitinah s povišano toplotno prevodnostjo za boljše odvajanje toplote in z boljšimi mehanskimi lastnostmi. Nov projekt CastQC se ukvarja s to problematiko, pri čemer zlitina temelji na kvazikristalih in ima dva do trikrat višje mehanske lastnosti v primerjavi z zlitino 226 (ki je najpogosteje uporabljena v avtomobilski industriji), posledično se porabi manj materiala, komponente so lažje in imajo nižjo procesno energijo, kar zmanjšuje ogljični odtis. Pri prehodu inovacije CastQC iz laboratorijske ravni v serijsko industrijsko proizvodnjo se pojavljajo številni izzivi, pri katerih je treba optimizirati proces litja in kemijsko sestavo za agre-

siven proces visokotlačnega litja. Nova zlitina CastQC je po lastnostih primerna za zamenjavo obstoječih aluminijevih zlitin in za nadomeščanje jekla ter ima tako zelo širok komercialni potencial.

**Stanislav Jakelj**, vodja raziskav in razvoja v SIJ Acroni. Predstavil je njihove aktivnosti pri razvoju jekel za e-mobilnost in razvoj »zelenih jekel« za sledenje direktivi za zmanjšanje emisij toplogrednih plinov iz prometa. Razvili so novo jeklo EV22Al1, ki ima nizke magnetne izgube, kar se odraža v daljšem dosegu vozila in racionalni rabi energije ter manjšem obremenjevanju okolja. Razvito jeklo se uporablja kot platforma za neo-orientirane elektropločevine za električne motorje v e-mobilnosti. Za razvoj jekla so prejeli nagrado Regionalne zbornice za Gorenjsko.

Njihova jeklarska industrija temelji na recikliranju jeklenega odpadka (ni porabe primarnih surovin) in s tem se emisije CO<sub>2</sub> zmanjšujejo za 87 % v primerjavi z jeklarnami, ki uporabljajo železovo rudo. V primerjavi s sorodnimi proizvodnjami pa imajo 52 % nižje emisije in se tako v evropskem prostoru kot jeklarska industrija uvrščajo zelo visoko z nizkimi emisijami, ki so 0,3 t CO<sub>2</sub> na tono proizvedene taline.

Vsi predavatelji so sodelovali v **panelni razpravi**, kjer so se dotaknili perečega vprašanja **smeri razvoja novih materialov in tehnologij ter ovir**, ki jih vidijo na tej poti.

Izpostavili so pomembnost ovrednotenja ogljičnega odtisa pri razvoju novih kompleksnih materialov, da se že v fazi razvoja kvantificirajo vplivi in s tem optimizira material v smeri najnižjega odtisa za najboljše lastnosti. Pri razvoju zelenih zlitin in jekel gre usmeritev v razvoj jekel za vodikove gorivne celice, elektropločevine, visokotrdo jekla. Poudarek je na izboljšanju lastnosti ter zmanjšanju mase in porabe jekla, da tako celotna veriga manj vpliva na okolje in sledi

smernicam zelenega prehoda. Ključno je, da se inovacije primerno predstavijo vsem kupcem, saj imajo mala in srednje velika podjetja do novih materialov večinoma odpor in dajejo prednost tradicionalnim materialom. Razlog je predvsem pomanjkanje znanja o prednostih in uporabi, zato je to pomembno področje, na katerem je treba vzpostaviti aktivnosti za celosten zeleni prehod v vsej verigi deležnikov.

Razvojna prednost jekel je 100-odstotna reciklabilnost in možnost neskončnega recikliranja, kar se bo v prihodnosti pokazalo z večjo uporabo in nadomeščanjem drugih materialov z večjim ogljičnim odtisom. Zaradi povečevanja proizvodnje ne bo dovolj virov surovin samo iz odpadnega jekla (recikliranje) in bodo še vedno potrebne primarne surovine, kjer pa so ovire za nadaljnji razvoj njihova dostopnost in cenovna fluktuacija ter geopolitična situacija, zato je ključna vzpostavitev kratkih dobavnih verig.

Udeleženci razprave so evidentirali nekaj ključnih ovir in predlagali načine za njihovo razrešitev. Prva ovira je osredotočena na splošno situacijo v slovenski industriji, ki je v osnovi storitvena in v kateri je večina kazalnikov vezana na produktivnost. Ta način vrednotenja uspešnosti ni motivacijski za razvoj novih materialov, podjetja pa pogosto niso pripravljena tvegati. V jeklarski industriji inovacija postane inovacija šele, ko je prodana na trgu. Poleg tega inovativni izdelki zahtevajo veliko sredstev, v nestabilnem okolju pa ni sredstev za nove tehnologije, zato so inovacije težje izvedljive. Vseeno pa je Slovenija v primerjavi z drugimi državami nad povprečjem pri uvajanju novih tehnologij v proizvodnji aluminija in jekla.

Drug in precej pereč problem je razvoj tehničnih kadrov, ki zahteva konkretne korake najprej na ravni Slovenije in pripravo spodbud mladim za študij tehnike, metalurgije in strojništva. Med ključnimi problemi so tudi negativna konotacija poklica in predsodki o »umazani industriji«, kar

odvrača mlade pri odločanju o smeri poklica ter zaposlitvi v kovinski in jeklarski industriji.

Razpravljavci so za konec izpostavili glavne konkurenčne prednosti Slovenije: majhnost in prilagodljivost trga, ki omogoča fleksibilnost, visoko tehnološko razvitost in širok spekter različnih inovativnih vrst zlitin in jekel ter kratke dobavne roke za kupce, kar so konkurenčne prednosti na globalnem trgu. Podjetja so zanesljiv in ugleden partner na področju avtomobilizma in elektronike. Splošno pa je problematika v spektru izvoza, kjer se samo manjši del izvozi kot končni izdelki. Slovenska politika bi morala narediti več ter

spodbujati k izvozu končnih produktov z višjo dodano vrednostjo in tako prispevati k večji neodvisnosti podjetij ter povečati možnosti večjega vlaganja v razvoj. Izpostavili so tudi potrebe po povečanju povezovanja industrije z institucijami znanja v Sloveniji, kjer je vrhunsko raziskovalno okolje, prehod razvitih inovacij v industrijo pa počasen in nezadosten. Ena izmed ovir za prehod je omejujoča zakonodaja, ki v preteklosti ni spodbujala ustanovitve odcepljenih podjetij, se pa to področje izboljšuje in v naslednjih letih se pričakuje pomemben premik s sodelovanjem vseh akterjev v ekosistemu.

### Zaključki

Slovenija je pomemben akter v vrednostni verigi za e-mobilnost in dobavitelj evropske avtomobilske in elektronske industrije, proizvaja širok spekter zlitin, jekel in je tehnološko zelo visoko razvita. Ključni izzivi na prehodu v t. i. zeleno družbo in zeleno industrijo zahtevajo manjšo porabo materialov in energije, višje stopnje recikliranosti in podaljšanje življenjske dobe trajanja komponent. Razvojna prednost jekel je 100-odstotna reciklabilnost in možnost neskončnega recikliranja, kar se bo v prihodnosti odražalo z večjo uporabo in nadomeščanjem drugih materialov z večjim ogljičnim odtisom. Zaradi povečevanja proizvodnje ne bo dovolj virov surovin samo iz odpadnega jekla (recikliranje) in bodo še vedno potrebne primarne surovine, to pa je pomembna ovira za nadaljnji razvoj. Ključni strateški prednosti slovenske industrije sta prilagodljivost in hiter prehod na nove tehnologije in materiale. Ključne ovire so v razvoju tehničnih kadrov zaradi negativne konotacije poklicev v metalurgiji in strojništvu ter izobraževanju malih in srednjih podjetij o novih materialih na trgu za pospešitev inovacij. Dodatna ovira je nezadosten in prepočasen prehod inovacij, razvitih na institucijah znanja, v industrijo. Na tem področju bi lahko še izboljšali konkurenčne prednosti slovenske industrije in povišali dodano vrednost produktov.

# Je vodik dolgoročna in trajnostna tehnološka rešitev za čisto mobilnost?

**Anja Ilenič in dr. Dragica Marinič**

Zavod za gradbeništvo Slovenije

[anja.ilenic@zag.si](mailto:anja.ilenic@zag.si),

[dragica.marinic@zag.si](mailto:dragica.marinic@zag.si)

*Ogljična nevtralnost za doseganje ciljev, definiranih v okviru evropskega zelenega dogovora in Nacionalnega energetskega podnebne načrta (NEPN), je eno izmed strateško najpomembnejših področij in tudi izzivov, s katerimi se sooča evropsko gospodarstvo. Vsesplošno izboljšanje blaginje in zdravja evropskih prebivalcev je večinoma močno odvisno od razvoja trajnostnih proizvodov, uporabe čistejših energij ter učinkovitejšega, varnejšega in okolju prijaznejšega prometa. Slednji je pomemben dejavnik pri uresničevanju podnebnih, energetskih, prometnih, davčnih in družbenih politik EU pri zmanjšanju neto emisij toplogrednih plinov za vsaj 55 % do leta 2030, v primerjavi z ravnmi iz leta 1990. Prometni ekosistem je bistvenega pomena za EU, saj prispeva k okoli 5 % bruto družbenega proizvoda in zaposluje več kot 10 milijonov ljudi. Cilj Evrope je, da postane do leta 2050 prva podnebno nevtralna celina, pri čemer bo morala za 90 % zmanjšati emisije toplogrednih plinov v prometu ter upoštevati razvoj trajnostne, pametne in odporne mobilnosti.*

Emisije iz prometa predstavljajo kar 25 % vseh emisij toplogrednih plinov v EU. Za doseg razogljičenja prometnega sektorja je treba sinergijsko dopolnjevati že obstoječe tehnologije in tudi nove tehnologije, ki prihajajo na trg (baterijsko električna vozila, vozila na vodik, vozila z uporabo sintetičnih e-goriv itd.). Osrednja tematika enega od panelov v okviru konference so bile vodikove tehnologije – surovinske potrebe za zagotavljanje prehoda na trajnostno in pametno mobilnost. Sodelovali so prof. dr. Tomaž Katrašnik (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo), prof. dr. Blaž Likozar (Kemijski inštitut), doc. dr. Gregor Dolanc (Institut Jožef Ste-

fan), dr. Janez Blaž (Ministrstvo za infrastrukturo Republike Slovenije) in Matej Urh (Plinovodi d.o.o.). Predavatelji so predstavili stališča do umeščanja zelenega vodika, energenta prihodnosti, v obstoječ prometni ekosistem ter tudi potencialne izzive, s katerimi se lahko srečujemo pri njegovi uporabi, na primer shranjevanje in transport vodika.

**Prof. dr. Tomaž Katrašnik** je izpostavil in pojasnil, da bo za doseganje podnebne nevtralnosti, povezane z vidiki krožnega gospodarstva in trajnostne mobilnosti, poleg načel evropskega zelenega dogovora (trajnost, krožnost in varovanje okolja) treba upoštevati tudi

različne direktive o čistem zraku in obnovljivih virih energije, ki pomenijo razmeroma kompleksen pristop za doseganje cilja. Nujna je optimizacija prometa v kontekstu celotnega sektorja, ki je ključna za doseganje lokalnih, regionalnih in tudi nacionalnih ciljev, skladnih z zakonodajo in drugimi tako evropskimi kot tudi slovenskimi zahtevami. Pomemben prispevek bosta imeli elektrifikacija celotnega prometnega sektorja in tudi uporaba vodikovih tehnologij, zlasti za težka vozila in vozila za dolge razdalje. Poleg tega je pomembna prednost vodika pred baterijsko električnimi vozili tudi pri sami infrastrukturi, saj je ta cenejša, hkrati pa je čas polnjenja takega vozila v primerjavi z električnimi precej krajši.

**Prof. dr. Blaž Likozar** je poudaril, da je pri uresničevanju čim bolj popolne trajnostnosti/krožnosti pomembno zagotavljanje stalnosti potrebnih materialov. Pri električnih baterijah so izjemnega pomena litij in kobalt ter tudi magnezij, pri vodikovih tehnologijah pa platina, rutenij in iridij. Zaloge potrebnih kritičnih elementov so v EU močno omejene (IEA, 2022), zato so proces recikliranja izjemno pomembni tudi za pridobivanje in ohranjanje tovrstnih zalog. Pomemben dejavnik je ekonomska vrednost prej omenjenih redkih kovin. Kot primer navajamo ceno iridija, redke kovine, ki se je v zadnjih desetih letih dvignila z okoli 30.000 EUR/kg na 145.000 EUR/kg, kar nakazuje porast zanimanja oziroma porabe (Iridium, 2022).

Pri vpeljevanju vodikovih tehnologij moramo biti pozorni na omejitve, ki jih imamo na nacionalnih in tudi regionalnih ravneh (omejene zaloge, cena), ter na pomembnost identifikacije pomembnih nosilcev tehnologij že pred samim procesom implementacije, komercializacije in prenosljivosti omenjenih tehnologij.

**Doc. dr. Gregor Dolanc** je v uvodu predstavil načine pridobivanja (reforming ogljikovodikov, elektroliza vode, t. i. zeleni vodik) in uporabe vo-

dikovih tehnologij. Te se lahko uporabljajo kot sredstva za pretvorbo, prenos in shranjevanje električne energije, proizvodnjo amonijaka in umetnih gnojil, proizvodnjo vodikovega peroksida, v železarski industriji in drugih sektorjih. V prihodnosti se bodo lahko vodikove tehnologije uporabljale tudi v energetiki (pogon težkih vozil, gretje stanovanjskih objektov, pretvorba v električno prek gorivnih celic/turbinskih generatorjev). Poudaril je težavnost shranjevanja, predvsem z vidika visoke voluminoznosti, nizkega izkoristka shranjevanja in (trenutne) neprimerne shranjevanja večjih količin energije.

**Dr. Janez Blaž** je predstavil projekt severno-jadranske čezmejne vodikove doline, ki so ga pripravili člani meddržavne institucionalne skupine Slovenije, Hrvaške in Italije (Furlanija - Julijska krajina), na podlagi predhodno podpisane pisma o nameri za sodelovanje z dne 14. marca 2022. Glavna zahteva razpisa Evropske Komisije je bila, da razvite tehnologije vodika dosežejo raven tehnološke razvitosti 6–8, s proizvodnjo 5.000 ton zelenega vodika letno, torej vodika z nižjimi emisijami, pridobljenega z obnovljivo energijo ali nizkoogljično energijo. Prav tako je namen projekta prispevati k uresničevanju cilja EU, da bo vodik do leta 2030 postal sestavni del integriranega evropskega energetskega sistema s postavitvijo elektrolizerjev za pridobivanje obnovljivega vodika nazivne moči najmanj 6 GW in proizvodnje najmanj 1 milijona ton obnovljivega vodika ter za doseganje moči elektrolizerjev 2 x 40 GW do leta 2030 (EK, 2020b). Celoten meddržavni projekt temelji na modelu četverne vijačnice, katerega osnova je interakcija med univerzami, industrijo, institucionalno ravno in civilno družbo. V nadaljnjem koraku projekta je Ministrstvo za infrastrukturo Republike Slovenije zavezano k pripravi političnih smernic treh držav na področju izgradnje severnojadranske vodikove doline. Poleg tega ministrstvo načrtuje tudi okrepitev povezovanja

med ministrstvi, podjetji in interesnimi skupinami ter razvoj nacionalnega načrta oziroma strategije za vodik, ki bo vključevala vzpostavitev celotnega ekosistema in zagotavljala nadaljnje usmeritve za razvoj vodikovih tehnologij.

**Matej Urh** je prav tako poudaril pomen sinergijskega dopolnjevanja vodika in tudi električne energije za razogljichenje prometnega sektorja.

V podjetju Plinovodi d.o.o. so prepoznali pomembnost vodika kot ključnega energenta ter izvajajo aktivnosti prilagoditve plinovodnega sistema za prenos in shranjevanje vodika. Dobava vodika prek plinovodnega sistema je zanesljiva in bo izjemno pomembna povsod tam kjer ne bo mogoč prevoz vodika v jeklenkah in cisternah.

## Zaključki

Trendi, ki usmerjajo razvoj in uvajanje vodikovih tehnologij, so močno soodvisni od evropske in nacionalne zakonodaje, vključno s strategijami in direktivami, ter tudi od politične in finančne podpore EU in regionalnih specifik posameznih držav članic. Ob tem je treba upoštevati nove energetske realnosti (visoke in nihajoče cene energije, nezanesljiva dobava, pomanjkanje surovin/materialov). Uvajanje vodikovih tehnologij v Sloveniji in tudi širše je močno soodvisno od strateških usmeritev EU in ciljev zagotavljanja večje konkurenčnosti evropskega gospodarstva, možnosti sofinanciranja investicij v razvoj vodikovih tehnologij in infrastrukturo ter širše uporabe vodika v gospodarstvu, cenovne politike ipd.

Sklenemo lahko, da sta stabilno politično okolje in predvidljivo poslovno okolje izrazito pomembna za implementacijo vodikovih tehnologij v realnem okolju. Treba je definirati dolgoročnejsše politične cilje in ekonomske kazalnike, da bi se lahko tudi podjetja odločala za večje investicije v vodikove tehnologije. Treba je vključevati ustrezna ministrstva in tudi modele financiranja za zagotavljanje takega trajnostnega in zelenega prehoda.

Čeprav v samem razvoju zaostajamo za Zahodno Evropo in Azijo, tako pri pridobivanju energije iz obnovljivih virov energije kot tudi pri vzpostavitvi demonstracijskih centrov, imamo v Sloveniji prednosti predvsem v majhnosti, prilagodljivosti in neizmerni inovativnosti, zaradi česar bi lahko razmeroma hitro implementirali vodikove tehnologije. Prav tako imamo zelo širok nabor komplementarnih znanj ter izjemne raziskovalce in podjetja, ki bi take tehnologije razvijala in tržila. Ob tem je potrebna odločnejša vloga s strani države in pristojnih ministrstev pri pripravi nacionalne strategije za vodik ter uspešnejšega črpanja evropskih sredstev za projekte, ki zagotavljajo tehnološko inovativen, zelen in krožni prehod na področju čiste in pametne mobilnosti. Pomembno je zavedanje, da je vodik le ena izmed rešitev, ki je komplementarna drugim že obstoječim zelenim tehnologijam, s katerimi bomo obravnavali prihodnje izzive moderne družbe.

## Literatura

1. **Evropska komisija (2020a).** The transport and Mobility Sector. [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs\\_20\\_2350](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs_20_2350)
2. **Evropska komisija (2020b).** Strategija za vodik za podnebno nevtralno Evropo. COM(2020) 301 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0301&from=SI>
3. **Evropska komisija (2022).** Promet in zeleni dogovor. [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/transport-and-green-deal\\_sl](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/transport-and-green-deal_sl)
4. **The European Green Deal.** COM(2019) 640 final.
5. **IEA (2022).** *Final List of Critical Minerals 2022.* <https://www.iea.org/policies/15271-final-list-of-critical-minerals-2022>
6. **Iridium (2022).** Iridium Prices for the last 10 Years. [https://www.dailymetalprice.com/metalpricecharts.php?c=ir&u=oz&d=120#google\\_vignette](https://www.dailymetalprice.com/metalpricecharts.php?c=ir&u=oz&d=120#google_vignette)
7. **NEPN (2020).** Celoviti energetske in podnebni načrt Republike Slovenije. <https://www.energetika-portal.si/dokumenti/strateski-razvojni-dokumenti/nacionalni-energetski-in-podnebni-nacrt-2024/>



# Ali lahko zagotovimo zadostno preskrbo s surovinami za prehod na e-mobilnost?

**Urša Šolc**

Geološki zavod Slovenije  
[urska.solc@geo-zs.si](mailto:urska.solc@geo-zs.si)

*Evropa danes pridobi le okoli 3 % vseh industrijsko pomembnih mineralnih surovin (tudi kritičnih) na svojem ozemlju in je torej v veliki meri odvisna od uvoza. Stopnja odvisnosti EU od uvoza pri večini kovin znaša med 75 in 100 %. V času omejitev, ki jih prinašata svetovna pandemija Covida-19 in vojna na pragu EU, je ta odvisnost še toliko bolj očitna. Zato se EU pospešeno usmerja v programe za maksimalno zagotavljanje virov surovin znotraj članic in sosednjih dežel. Gre za uporabo novih inovativnih metod odkrivanja in pridobivanja mineralnih surovin ter za usmerjanje v trajnostno in krožno gospodarstvo. Evropska komisija trenutno pripravlja nov seznam kritičnih mineralnih surovin, ki bo objavljen leta 2023. V pripravi je tudi evropski zakon o kritičnih surovinah (angl. Critical Raw Materials Act).*

Surovinske potrebe v e-mobilnosti so največje za proizvodnjo baterijskih sklopov in trajnih magnetov v motorjih vozil. Ključne surovine za proizvodnjo so v večinskem deležu podvržene uvozu v EU ter s tem tudi motnjam v dobavnih verigah in cenovnim pritiskom. Poleg tega tudi proizvodnja končnih izdelkov, baterij in magnetov poteka v večini izven EU. Redki proizvajalci v EU so cenovno nekonkurenčni zaradi uvoza dragih vhodnih surovin, visoke cene energentov in delovne sile. Po drugi strani je za e-mobilnost treba zagotavljati električno energijo prek ustrezno prilagojene infrastrukture, tj. elektro omrežja.

V zadnjem tematskem panelu v okviru konference so Sara Fink (Porsche Slovenija, d.o.o.), prof. dr. Robert Dominko (Kemijski inštitut), dr. Milana Karajić (Magneti Ljubljana, d.d.), dr. Duška Rokavec (Geološki zavod Slovenije) in Boris Šajnovič (Iskra, d.d.) razpravljali o preskrbi s

surovinami in električno energijo za prehod na e-mobilnost.

**Sara Fink** je ob začetku panela predstavila, kako podjetje Porsche Slovenija kupcem električnih vozil že ponuja celovito rešitev za zagotavljanje oskrbe z električno energijo, ki vključuje polnilno postajo za vozilo, sončno elektrarno, ustrezen baterijski hranilnik električne energije in enovit sistem energetskega upravljanja (za dom, podjetja). Na implementacijo teh rešitev vpliva situacija na trgu, predvsem (ne)dobavljivost posameznih komponent, kar se trenutno že kaže kot omejitev pri sončnih elektrarnah in tudi pri samih električnih vozilih. Izpostavila je zastavljeni cilj, da se prodaja električnih vozil dvigne za 70 % do leta 2030. V proizvodne kapacitete je vložena že ogromno denarja. Ob tem se je treba zavedati, da bo povečanje uporabe električnih vozil predstavljalo obremenitev tudi za elektro omrežje, ki ga bo treba ustrezno nadgraditi.

**Prof. dr. Robert Dominko**, vodja laboratorija za sodobne baterijske sisteme na Kemijskem inštitutu, je prikazal celotno surovinsko verigo proizvodnje Li-ionskih baterij, od rudarjenja oziroma pridobivanja surovin do končne uporabe v proizvodih, kot so električna vozila. S povečevanjem uporabe Li-ionskih baterij so se začele razprave o reciklabilnosti baterijskih sistemov – katere surovine lahko pridobimo nazaj in katere moramo nujno pridobiti nazaj. Razvija se več različnih postopkov za reciklažo baterij, ki so vse bolj energetsko in materialno učinkovite. Po drugi strani pa proizvajalci vse bolj podaljšujejo življenjsko dobo uporabe baterij, kar je dobro z vidika trajnosti produkta. Po drugi strani to dejansko vodi do tega, da se bodo ključne surovine – kobalt, nikelj, baker, grafit, litij – vračale v proizvodni cikel vedno kasneje. Na Kemijskem inštitutu potekajo številne raziskave o alternativnih možnostih uporabe magnezijevih, aluminijevih, kalcijevih organskih akumulatorjev ter tudi natrijevih akumulatorjev in cinkove tehnologije. Vse te nove rešitve bodo v prihodnjih letih dopolnjevale Li-ionsko tehnologijo.

Na področju razvoja baterij se dogajajo številne spremembe. Proizvodnja baterij v Evropi se že vzpostavlja, seveda bodo surovinske zahteve velike, vendar pa imamo v Evropi nekaj nahajališč tako kobalta kot tudi litija, kar bomo morali raziskati in ustrezno uporabiti. Po besedah prof. dr. Roberta Dominka je zahteve po recikliranju baterij za zdaj treba prepoznati kot ekonomsko neupravičene, saj obstoječe baterije še niso v reciklirnih postopkih, ker se še uporabljajo. Nujna je uveljavitev baterijskega potnega lista, da bodo v prihodnje reciklažne tovarne natančno vedele, katere komponente so v določeni bateriji in kaj lahko iz rabljene baterije izločijo. Reciklaža bo nujna tudi v primeru uveljavitve novih tehnologij, za katere

so surovine sicer na voljo, vendar je v vsakem primeru treba zagotoviti trajnostno ravnanje s surovinami.

**Dr. Milena Karajić**, vodja strateških projektov v podjetju Magneti Ljubljana, d.d., ki ostaja eden redkih evropskih proizvajalcev trajnih magnetov, je spregovorila o trajnih magnetih. Njihova uporaba se z razvojem e-mobilnosti in drugih zelenih tehnologij močno povečuje. Za klasičen bencinski ali dizelski motor je potrebnih le okoli 200 g magnetov, v elektromotor pa je vgrajenih kar 2,5 kg magnetov. Po ocenah bo leta 2030 potrebnih okoli 50 kt trajnih magnetov le za proizvodnjo e-vozil. V proizvodnji trajnih magnetov za uporabo v e-vozilih so ključne surovine poleg železa elementi redkih zemelj (REE), kot sta neodim in disprozij. Največji dobavitelji teh REE in posledično tudi najmočnejši proizvajalci trajnih magnetov so kitajska podjetja. V zadnjih 15 letih je propadla večina evropskih proizvajalcev trajnih magnetov, predvsem zaradi cenovne nekonkurenčnosti v primerjavi s kitajskimi proizvajalci, ki obvladujejo tudi trg s kritičnimi surovinami. Evropa mora biti bolj strateška pri dobavljanju teh materialov za evropsko industrijo, drugače bo načrtovani prehod na e-mobilnost neuresničljiv. Evropska komisija se tega zaveda in kot možno rešitev ponuja evropski zakon o kritičnih surovinah (angl. Critical Raw Materials Act), ki naj bi prispeval k izboljšanju konkurenčnosti nakupa kritičnih surovin in posledično proizvodnje trajnih magnetov. Proizvajalci se ukvarjajo z zagotavljanjem in zmanjševanjem porabe predvsem kritičnih mineralnih surovin v proizvodnem procesu, poleg tega pa tudi z uporabo odpadnih magnetov. Za zdaj v Evropi sistematično zbiranje odpadnih trajnih magnetov in recikliranje še ni zaživelo. Tehnološki postopki so že razviti, tako da je eden izmed ciljev evropskega zakona o kritičnih surovinah

opredelitev finančnih mehanizmov, ki bodo spodbudili dejansko uveljavitev reciklažnih postopkov. Magneti, d.d., razvijajo in posodablajo svoje proizvodnje procese s ciljem razogljičenja proizvodnje do leta 2050.

**Dr. Duška Rokavec**, raziskovalka z Geološkega zavoda Slovenije, je v predstavitvi spregovorila o evropskem naboru kritičnih surovin, ki se posodablja vsaka tri leta glede na aktualno stanje preskrbe in potreb. Poudarila je, da bodo raziskovanje in pridobivanje oz. rudarjenje primarnih mineralnih surovin še naprej ključni deli modernega gospodarstva kljub prizadevanjem za vse večje recikliranje in ponovno uporabo že rabljenih materialov, kar je seveda nujno. Evropa v zelo omejenem obsegu nastopa na trgu proizvajalcev kritičnih mineralnih surovin: določenih surovin na svojem ozemlju celo nima, njihov uvoz je zelo kritičen in njihova cena nestabilna, poleg tega pa so v obstoječih tehnologijah nezamenljive. Slovenija nahajališč kritičnih mineralnih suro-

vin nima oziroma ta v večjih globinah niso raziskana. Poleg tega nimamo sprejetega načrta za oskrbo naše industrije s kritičnimi surovinami. Poudarila je, da bi morala vsaka država zaščititi mineralne surovine na lastnem ozemlju in zavarovati dostop do njih, saj je samooskrba tudi na tem področju ključna za varnost in stabilnost vsake družbe.

**Boris Šajnović** iz podjetja Iskra, d.o.o., pa je zaključil panel s predstavitvijo podjetja kot proizvajalca nekaterih komponent za uporabo v e-mobilnosti in zeleni energetiki, pri čemer se v podjetju prav tako srečujejo s pomanjkanjem surovin. Tako so se usmerili v oblikovanje digitalnih rešitev za optimizacijo porabe surovin in energije oziroma goriv v prometu, ki koristijo tako upravljavcem prometnega sistema kot tudi uporabnikom oziroma prebivalcem in obiskovalcem. Na energetskem področju razvijajo rešitve za centre vodenja, ki povečujejo fleksibilnost omrežja in dolgoročno ustvarjajo pametne energetske skupnosti.

## Zaključki

Razpravljavci so se ob koncu strinjali, da je glavna konkurenčna prednost Slovenije v majhnosti in prilagodljivosti trga, ki omogoča fleksibilnost in hitro implementacijo inovativnih pilotnih projektov. Slovenska podjetja so že razvila nove produkte, storitve, poslovne modele, ki jih kot dobre prakse lahko takoj uporabimo na slovenskem trgu ter nam ni treba uvažati znanja in rešitev iz tujine. Zagotovo je močna konkurenčna prednost tudi ta, da imamo enega redkih evropskih proizvajalcev trajnih magnetov v Sloveniji, ki že uporablja najsodobnejše tehnologije za proizvodnjo trajnih magnetov in si pri tem prizadeva za sistemsko ureditev zbiranja ter posledično reciklaže in uporabe odpadnih magnetov pri proizvodnji novih produktov. Številne spremembe so tudi na področju razvoja baterij; razvijajo se nove rešitve, ki bodo v prihodnjih letih dopolnjevale Li-ionsko tehnologijo. Slovenija je z raziskavami na tem področju v svetovnem vrhu, z razvojem slovenskega centra za brezogljicne tehnologije pa se bo napredek pri njihovem uveljavljanju na trgu še pospešil.

# Avtorski prispevki





# Trajnostna in krožna transformacija v podjetjih

**Alenka Hren,**

vodja nacionalnega programa trajnostne strateške transformacije podjetij

**SPIRIT Slovenija, javna agencija**

[alenka.hren@spiritslovenia.si](mailto:alenka.hren@spiritslovenia.si)

*Gre pri trajnostnem poslovanju zgolj za kratkoročen interes ali dolgoročno iskreno zavezo? Zakaj bi podjetja sploh vstopila v proces trajnostnega in krožnega poslovanja? Zakaj je pomembno, da podjetje najprej začne s procesom celovite strateške transformacije na vseh področjih poslovanja? Kako razumeti in udeležati makro- in mikrosliko trajnostnega razvoja in poslovanja? Kako pomembna je zdrava kmečka pamet pri njenem razumevanju in implementaciji v praksi?*



## TRAJNOSTNA IN KROŽNA TRANSFORMACIJA

Za pravo vrednost človeka,  
narave in skupnosti.

Danes je beseda trajnost že tako splošno uporabljena, da je velikokrat zlorabljena. S površinskim razumevanjem in prakso se njen pomen oddaljuje od pravega pomena, pozitivnih nujnih sprememb in uvajanja novih boljših vzorcev delovanja. Dogaja se, da v praksi drvi v pomen zunanje podobe in površinskega filozofiranja. Dejansko je stvar zelo preprosta in hkrati kompleksna. Ključno načelo ali zapoved, ki bi morala postati naše vodilo v vsak-

danjem življenju, je: »Sprejemajmo zgolj take odločitve, osebne ali poslovne, ki ne bodo škodovale okolju, naravi, ljudem in širši skupnosti. Še več, sprejemajmo le take odločitve, ki bodo imele tudi regenerativno vrednost in bodo ustvarjale dodano vrednost v okolju, za ljudi in skupnost kot celoto.«

SPIRIT Slovenija ima že več kot sedem let poglobljenih izkušenj dela z več kot 70 podjetji

na temo trajnostne strateške transformacije poslovanja. Vsa ta podjetja so se odpravila na to pot ter izkusila nujno in poglobljeno trajnostno transformacijo poslovanja. Skozi proces so pripravila trajnostne korporativne poslovne strategije, transformacijo poslovnih modelov in procesov kreiranja vrednosti produktov in storitev, vključno z lastnimi dobavnimi in vrednostnimi verigami.

Ključna spoznanja iz prakse, ki so se pokazala kot temelj za učinkovito trajnostno transformacijo posameznega podjetja, pa vsebujejo odgovori na spodnja vprašanja:

### ▪ Zakaj vstopiti v proces trajnostne transformacije?

Pri tem so pomembni razlog, motivacija, iskren namen. Samo iskreni nameni in vrednote, ki temeljijo na želji delati v dobro vseh in ne samo za finančno uspešnost, bodo dolgoročno dali prave učinke, tako trajnostne kot poslovno finančne.

### ▪ Kdaj začeti?

Kdaj je podjetje pripravljeno, da se loti poglobljene transformacije? Pomembno je izbrati pravi čas. Optimalno je to takrat, ko je podjetje v dobri formi. V takem stanju lahko sprejema dobre in

odgovorne odločitve. Ko je podjetje v slabši formi, odločitve pogosto temeljijo na preživetvenem nagonu in negativnih čustvih.

### ▪ Kako to narediti?

Pot transformacije je poglobljen in intenziven proces ter posega v vse pore delovanja in poslovanja podjetja. Posega v samo jedro podjetja in s tem ruši oziroma mora najprej porušiti vse slabe temelje in zgraditi nove, boljše. Tak poseg je lahko boleč za vodstvo in tudi za zaposlene, saj iz omare padajo tudi okostnjaki, s katerimi se je treba soočiti. Ključno vlogo ima zrelo in kompetentno vodstvo podjetja.

Ključnega pomena pri tem je proces. Korak za korakom po svojih zmožnostih podjetje samo določa časovno in vsebinsko dinamiko sprememb. Proces se izvaja vključujoče, s tem pa se gradi dolgoročno zavezništvo vseh zaposlenih za uresničevanje strateških, trajnostnih in poslovnih ciljev podjetja.

### ▪ Prava, boljša vrednost podjetja, produktov in storitev

se začne v jedru podjetja. Z zgraditvijo močnega jedra in temeljev je podjetje pripravljeno na vsa notranja in zunanja trenutna in bodoča tveganja ter negotovost.

## Več informacij o programu in podpori za podjetja:

### ▪ Za obdobje 2022–2026

<https://www.podjetniski-portal.si/programi/enotna-tocka-za-krozno-gospodarstvo>

### ▪ Izkušnje v praksi 2015–2022

<https://www.podjetniski-portal.si/programi/trajnostna-poslovna-strateska-transformacija>

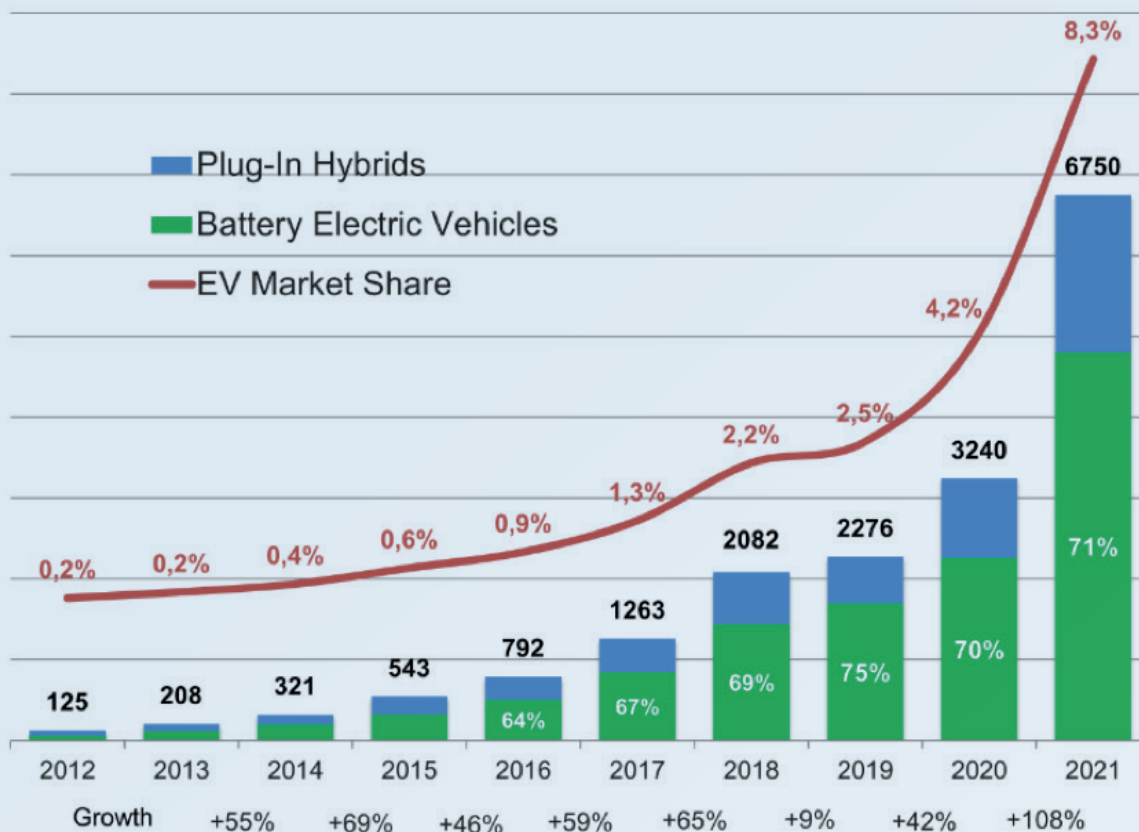
# Visokotrdnostna kvazikristalna aluminijeva zlitina za proces visokotlačnega litja aluminija

mag. Luka Bertoncelj,  
vodja raziskav in razvoja  
Iskra ISD  
[luka.bertoncelj@iskra-isd.si](mailto:luka.bertoncelj@iskra-isd.si)

V promocijskih vsebinah za trženje novih vozil in drugih prevoznih sredstev ter novih izdelkov na sploh se čedalje pogosteje srečujemo z marketinškimi izrazi, kot so »sustainability«, »green«, »CO<sub>2</sub> reduction« itd. Vprašanje pa je, kako to doseči v praksi. Ena izmed možnosti je z uporabo visokotrdnostnih aluminijevih zlitin.

## GLOBAL BEV & PHEV SALES ('000s)

## EV VOLUMES



Slika 1: Povečevanje tržnega deleža električnih vozil v obdobju 2012–2021.



Avtomobilska industrija si v vsaki novi generaciji vozil prizadeva zmanjšati stroške, med drugim na račun zmanjševanja števila sestavnih delov ter uporabe naprednejših materialov in novih tehnologij spajanja.

Zmanjševanje števila sestavnih delov vodi do nižjih stroškov montaže, povečevanja kakovosti, prihrankov pri logistiki itd., prispeva pa tudi k večjemu dosegu vozil, boljšemu izkoristku in manjšemu ogljičnemu odtisu. To se dosega predvsem z razvojem večjih multifunkcijskih in kompleksnejših sestavnih delov.

Zaradi kompleksnejših sestavnih delov se v različnih industrijskih panogah, kot so ladjedelništvo, letalska in avtomobilska industrija, pojavlja tudi povpraševanje po razvoju naprednejših materialov, ki omogočajo zmanjšanje porabe surovin (teže) in energetske prihranke.

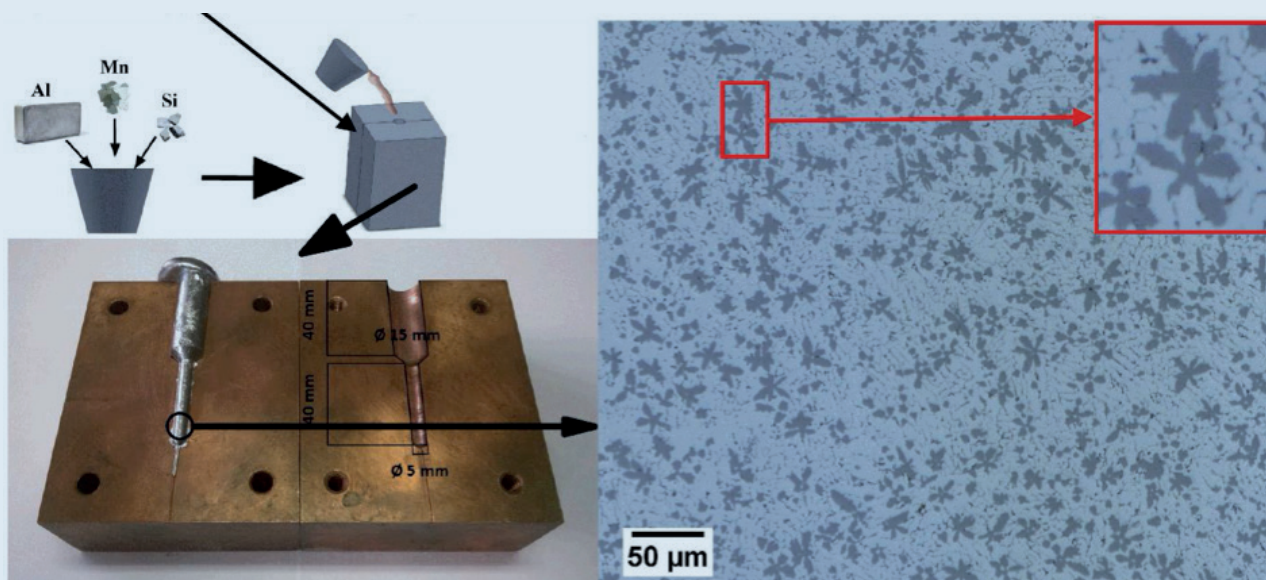
Aluminij je najpogostejša kovina v zemeljski skorji in druga najpogosteje uporabljena kovina za proizvodnjo izdelkov, s širjenjem e-mobilnosti pa se njegova vloga še povečuje. V zadnjih 15 letih se je povpraševanje po aluminiju povečalo za več kot 150 %, kar je predvsem posledica njegovih odličnih mehanskih in termičnih lastnosti, dobre korozijske odpornosti in odlične reciklabilnosti (> 90 %). Več kot 30 % svetovne porabe aluminija je v avtomobilski industriji. V letu 2021 je bilo tako prodanih skoraj 7 milijonov električnih vozil (*slika 1*), ki imajo v primerjavi s klasičnimi ICE vozili v povprečju 200 in več kilogramov aluminija oziroma 10 % več,

do leta 2030 pa je projiciran delež kar 250 kg na vozilo.

Aluminij je eden ključnih materialov za prehod na okolju prijaznejšo mobilnost, saj omogoča tako imenovano »lightweight«  
zasnovo izdelkov, kar je trenutno najaktualnejši razvojni trend v avtomobilski in tudi v drugih logistično relevantnih industrijah. Cilj je do leta 2025 zmanjšati težo električnih vozil za 15 %, oziroma do leta 2035 za 20 do 30 %, glede na trenutno stanje. To je mogoče doseči samo z ustreznimi materiali, kot so aluminijeve zlitine, ki imajo tudi odlično sposobnost preoblikovanja z uporabo visoko produktivnih in ponovljivih ter stroškovno učinkovitih proizvodnih metod (ekstruzija, različne oblike litja, kovanje, štancanje, itd.).

Predstavljeni projekt obsega razvoj visokotrdnostne aluminijeve zlitine za proces visokotlačnega litja aluminija, ki s pomočjo tvorbe tako imenovanih kvazikristalov omogoča dosego mehanskih lastnosti, s katerimi se nahajamo v področju jekel. Raziskovalci z Naravoslovnotehniške fakultete Univerze v Ljubljani so v laboratorijskem okolju naredili »proof-of-concept«  
(*slika 2*), ki se zdaj prenaša v industrijsko okolje.

Razlike med eksperimentalnim in industrijskim okoljem so precejšnje, zlasti v postopku priprave materiala in procesnih pogojih, s katerimi želimo doseči ciljno mikrostrukturo s primernimi mehanskimi lastnostmi.



Slika 2: »Proof of concept« z uporabo bakrene kokile in naknadne metalografske analize mikrostrukture.

V okviru projekta se srečujemo z razvojem procesa priprave in predelave materiala ter z optimizacijo kemijske sestave aluminijeve zlitine, ki bo omogočala želene rezultate v okviru dosegljivega tehnološkega okna. Prvi rezultati so spodbudni in nam dajejo upanje za naprej (slika 3).



Slika 3: Primer strela industrijskega sestavnega dela z uporabo nove zlitine s kvazikristali.

# Prihodnost lahkih zlitin v transportni industriji

prof. dr. Bojan Podgornik,

vodja odseka

Inštitut za kovinske materiale in tehnologije

[bojan.podgornik@imt.si](mailto:bojan.podgornik@imt.si)

*Transport je eden glavnih deležnikov na področju izpusta toplogrednih plinov. Izzivi na tem področju so v največji meri vezani na zmanjšanje porabe materialov in energije. Očitno je, da je v transportni industriji nujen razvoj novih naprednih materialov, ki morajo biti lahki, energetsko učinkoviti in okolju prijazni. Izjemen potencial v trajnostno naravnani transportni industriji imajo visokotrdnostna jekla ter aluminijeve, magnezijeve in titanove zlitine.*

Transport je ključnega pomena za družbo, gospodarstvo in globalne verige vrednosti, hkrati je eden glavnih deležnikov na področju izpusta toplogrednih plinov, odgovoren za kar 23 % globalnega izpusta. Izzivi na tem področju so na splošno vezani na zmanjšanje porabe materialov in energije, povečanje reciklabilnosti, zmanjšanje uporabe strupenih snovi, povečano trajnostno rabo obnovljivih virov in podaljšanje dobe trajanja komponent. Zahteve za doseganje teh izzivov so predvsem na strani uporabljenih materialov. V transportu in transportni industriji je nujen razvoj novih naprednih materialov, ki morajo biti lahki, energetsko učinkoviti in okolju prijazni.

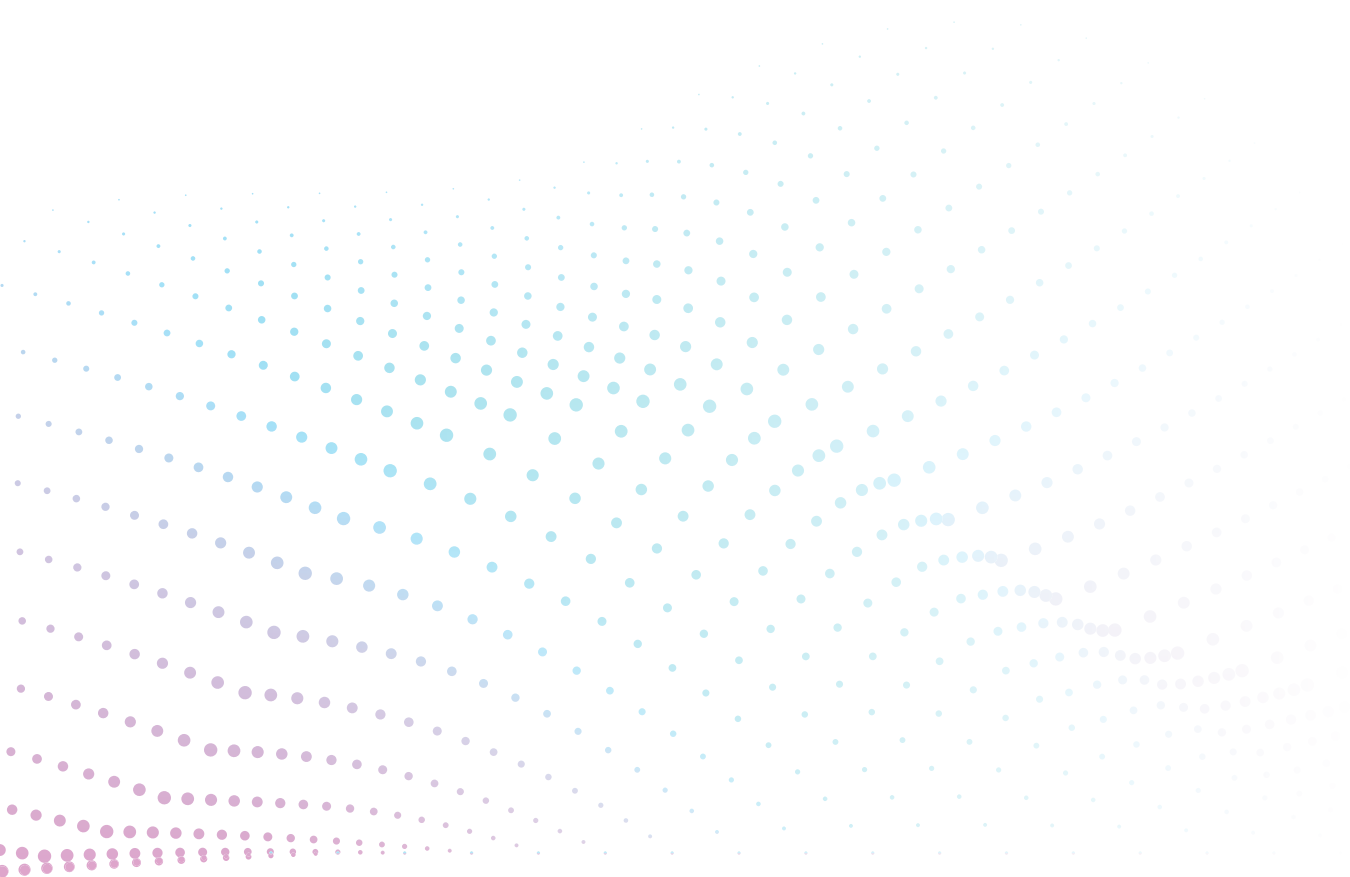
Do zdaj je bilo razvitih že veliko naprednih, predvsem kompozitnih materialov, ki izkazujejo zelo specifične lastnosti. Le-te jim dajejo tudi precej prednosti pred tradicionalnimi kovinskimi materiali. Po drugi strani pa imajo kompozitni materiali kar nekaj omejitev, ki so povezane z razpoložljivostjo virov, energijsko in ogljično intenzivno proizvodnjo, razgradljivostjo in možnostjo recikliranja, biokompa-

tibilnostjo, proizvodnimi zmogljivostmi itd. Kovine in lahke zlitine imajo po drugi strani odličen trajnostni značaj. Kovine, kot so železo (Fe), aluminij (Al), magnezij (Mg) in titan (Ti), so osnovni elementi in jih zato ni mogoče uničiti ali osiromašiti. Viri kovinskih elementov se z uporabo ne zmanjšajo, spreminjata se le njihova lokacija in oblika. Ko izdelki iz lahkih zlitin dosežejo svojo dobo trajanja, je mogoče material preprosto reciklirati in ponovno uporabiti pri izdelavi drugega izdelka. Ta cikel omogoča, da lahke zlitine z recikliranjem ostanejo trajno dostopen material, obdržijo lastnosti in so tako imenovani materiali »od zibelke do zibelke« z zaprtimi materialnimi zankami. Lahke zlitine lahko ob pravilni proizvodnji in obdelavi dosežajo tudi izjemne lastnosti, pomembne za transportno industrijo. Kljub vsemu pa potencial kovin in lahkih zlitin še vedno ni v celoti uresničen in izkoriščen v praksi, zlasti v transportni industriji.

Največji potencial in prihodnost v trajnostno in okolju prijazno naravnani transportni industriji imajo visokotrdnostna jekla (nosilna

trdnostna ogrodja), visokotrnostne aluminijeve zlitine (povezovalni in varnostni elementi), magnezijeve (ohišja) in titanove zlitine (konstrukcijski gibajoči elementi). V sklopu baterij pa prevladujejo zlitine litija, kobalta in

niklja. Kljub vsemu naštetemu, izjemen potencial lahkih zlitin še zdaleč ni v celoti raziskan in izkoriščen, večinoma zaradi dokaj negativnega splošnega prepričanja, da je metalurgija in proizvodnja zlitin umazana industrija.



# Izzivi kritičnih surovin v baterijah ali membranskih gorivnih/elektroliznih celicah z recikliranjem ali racionalno zasnovo materialov

prof. dr. Blaž Likozar,  
Alen Rupnik, Janvit Teržan,  
Dimitrij Ješič in Matej Huš  
Kemijski inštitut, Odsek za  
katalizo in reakcijsko inženirstvo  
[blaz.likozar@ki.si](mailto:blaz.likozar@ki.si)

*Tako v gorivnih celicah kot baterijah se uporabljajo kritične surovine, zaradi česar ima tudi njihova proizvodnja okoljski odtis. Pri razvoju je zato ključno, da dobro razumemo delovanje in vpliv posameznih komponent, saj jih lahko tako optimiziramo za daljšo življenjsko dobo, boljše delovanje in manjšo porabo surovin. V našem laboratoriju se ukvarjamo z modeliranjem materialov za razumevanje in sintezo izboljšanih formulacij.*

Prehod v ogljično nevtrarno družbo povečuje odvisnost od elektrokatalitičnih in elektroliznih tehnologij. Ta prehod je trenutno močno odvisen od dveh plemenitih kovin, to je platine (Pt) in iridija (Ir), kar lahko povzroči povečanje povpraševanja in pomanjkanje surovin, s tem pa tudi izdelkov (Minke idr., 2021).

Na našem inštitutu se teh vprašanj lotevamo na več načinov, bodisi z izboljšanjem postopkov sinteze bodisi s povečanjem katalitične aktivnosti ali z racionalno zasnovo itd. Ugotovili smo, da lahko legiranje Pt z drugimi prehodnimi kovinami vodi do znatnega raztapljanja kovin, s čimer se skrajša življenjska doba takih elektrod. To je močno odvisno od potenciala in temperature delovanja, kar bi morali upoštevati proizvajalci na sistemski ravni (Đukič idr., 2022).

Razširjena uporaba vodikovih tehnologij, kot so gorivne celice z membrano za izmenjavo

protonov, bo zahtevala proizvodnjo velikih količin elektrokatalizatorjev. Tehnologija pulznega izgorevanja omogoča možnost za proizvodnjo večjih količin materiala z izjemno zmogljivostjo pri industrijsko pomembnih visokih gostotah toka (Pavko idr., 2021). Problem predstavlja tudi količina Pt in Ir, potrebna za proizvodnjo aktivnih in stabilnih materialov. Delo, ki ga je opravila skupina za elektrokatalizo na Kemijskem inštitutu, je pokazalo, da je mogoče s spreminjanjem morfologije nosilca aktivnost Ir izboljšati kar do petkrat v primerjavi s komercialno dostopnim IrO<sub>2</sub>. Skupaj z izboljšano aktivnostjo so pripravljene materiali izkazali tudi povečano stabilnost (Moriau idr., 2021a). Z racionalno zasnovo, združevanjem materialov z različno kemijsko naravo znotraj istega hibridnega nanokompozitnega materiala je mogoče aktivnost in stabilnost močno izboljšati (Moriau, 2021b).

## Proizvodnja magnezija iz ostankov predelave kromove rude

Magnezij (Mg) je kritična kovina za EU, ZDA, Združeno kraljestvo in Avstralijo, ključna pa je predvsem v avtomobilski in vesoljski industriji. EU trenutno nima domače proizvodnje magnezija in je v celoti odvisna od kitajskega uvoza. Kitajska ima z 90-odstotnim deležem monopol nad Mg na svetovnem trgu. Lani je na Kitajskem zaradi pomanjkanja električne energije prišlo do zaustavitve proizvodnje Mg, kar je povzročilo pomanjkanje njegove dobave in rekordne cene. Cene Mg so septembra 2021 dosegle vrednosti 10.240 dolarjev na megatono.

Pred kratkim financiran projekt EIT Raw Materials EU Magnesium bo prva domača proizvodnja magnezija v Evropi. V sklopu tega projekta bo v Romuniji pod okriljem Mures Magnesium Srl postavljen primarni proizvodni obrat za pridelavo magnezija, v katerem se bo pridobival Mg iz ostankov, nastalih pri predelavi kromove rude (angl. COPR – Chromic Ore Processing Residue).

Z uporabo inovativne metode ponovne obdelave COPR, ta kot vhodna surovina zagotavlja inovativno večtokovno proizvodnjo magnezija,

kromovega oksida ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), kalcijevega klorida ( $\text{CaCl}_2$ ) in natrijevega hidroksida ( $\text{NaOH}$ ). Magnezij se bo najprej izločil v obliki magnezijeve soli  $\text{MgCl}_2$ , to pa se bo s pomočjo elektrolize taline soli pretvarjalo v čisti magnezij.

## Modeliranje površine baterij s kinetičnim modelom Monte Carlo

Avtomobilska industrija se v zadnjem času vedno hitreje transformira v elektrifikacijo vozil, kar vodi do številnih ugodnosti, pa tudi do številnih vprašanj in polemik. Nedvomno je že nekaj časa ključno vprašanje življenjske dobe baterij in dosega električnih vozil. Zato sta optimizacija materialov in razumevanje procesov delovanja baterij ključnega pomena. Z uporabo različnih simulacij in teoretičnih predpostavk lahko izračunamo obnašanje materialov in delovanje baterijskih sistemov.

Opisovanje baterijskih sistemov s pomočjo teorije gostotnega funkcionala in kinetičnega modela Monte Carlo se razvija razumevanje delovanja baterij na osnovi magnezija. Študije so pokazale, da se magnezijeve baterije sčasoma deformirajo in tvorijo na površini dendrite, podobno kot pri nam bolj znanih litijevih baterijah, kar pomeni nevarnost za uporabnika (Lautar idr., 2019; Hagopian idr., 2020).

## Literatura

1. *Minke, C, Suermann, M, Bensmann, B, Hanke-Rauschenbach, R. (2021).* Is iridium demand a potential bottleneck in the realization of large-scale PEM water electrolysis? *International Journal of Hydrogen Energy*, 46, 23581–23590.
2. *Đukič, T, Moriau, L J, Pavko, L, Kostelec, M, Prokop, M, Ruiz-Zepeda, F, Šala, M, Dražič, G, Gatalo, M, Hodnik, N. (2022).* Understanding the Crucial Significance of the Temperature and Potential Window on the Stability of Carbon Supported Pt-Alloy Nanoparticles as Oxygen Reduction Reaction Electrocatalysts. *ACS Catalysis*, 12, 101–115.
3. *Pavko, L idr. (2021).* Toward the Continuous Production of Multigram Quantities of Highly Uniform Supported Metallic Nanoparticles and Their Application for Synthesis of Superior Intermetallic Pt-Alloy ORR Electrocatalysts. *ACS Applied Energy Materials*, 4, 13819–13829.
4. *Moriau, L idr. (2021a).* Effect of the Morphology of the High-Surface-Area Support on the Performance of the Oxygen-Evolution Reaction for Iridium Nanoparticles. *ACS Catalysis*, 11, 670–681.
5. *Moriau, L idr. (2021b).* Enhancing Iridium Nanoparticles' Oxygen Evolution Reaction Activity and Stability by Adjusting the Coverage of Titanium Oxynitride Flakes on Reduced Graphene Oxide Nanoribbons' Support. *Advanced Materials Interfaces*, 8(17), 2100900.
6. *Lautar, A. K, Kopač, D, Rejec, T, Bančič, T. in Dominko, R. (2019).* Morphology evolution of magnesium facets: DFT and KMC simulations. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 21(5), 2434–2442.
7. *Hagopian, A, Kopač, D, Filho, J. S. in Lautar, A. K. (2020).* Morphology evolution and dendrite growth in Li- and Mg-metal batteries: A potential dependent thermodynamic and kinetic multiscale ab initio study. *Electrochimica Acta*, 353, 136493.

# Osnovni pojmi glede vodikovih tehnologij

**doc. dr. Gregor Dolanc,**  
vodja Odseka za sisteme in vodenje  
**Institut Jožef Stefan**  
[gregor.dolanc@ijs.si](mailto:gregor.dolanc@ijs.si)

*Po pričakovanjih bo imel vodik pomembno vlogo pri prehodu v zeleno, obnovljivo in brezogljичno energetiko. Vodik ni energent, saj ga v naravi ni v prosti obliki in ga je treba pridobiti. Vodikove tehnologije so asistenca pri uporabi obnovljivih virov električne energije, kot so vodni, vetrni in sončni viri, ki omogoča, da se električna energija pretvori v vodik, se shrani za določeno časovno obdobje in se v času potreb uporabi kot surovina ali energent za transport in mobilnost ali za proizvodnjo toplote in elektrike.*

Vodikove tehnologije so sredstvo za pretvorbo, transport in shranjevanje energije. Prostega elementarnega vodika ( $H_2$ ), iz katerega lahko pridobimo električno, toplotno in ostale vrste energije, v naravi ni. V naravi se vodik vedno pojavlja vezan v kemijskih spojinah, kot so voda ( $H_2O$ ), ogljikovodiki ( $C_xH_y$ ) in druge spojine, iz katerih lahko pridobimo vodik. Trenutno se večina vodika pridobi iz ogljikovodikovih goriv, največ iz zemeljskega plina oziroma metana ( $CH_4$ ), proces pridobivanja se imenuje reforming. Pri tem načinu se zemeljski plin uporablja kot vstopna surovina za proizvodnjo vodika in tudi kot energent, saj je za potek kemijske reakcije reforminga treba dovajati toplotno energijo. Uporaba zemeljskega plina vodi v emisije  $CO_2$ , zato tako pridobljeni vodik ne nosi oznake zelen in ni obnovljiv. Druga možnost pridobivanja vodika je elektroliza vode. Tako pridobljen vodik ima oznako zelen in je obnovljiv, a le v primeru, če se za pogon elektrolize uporablja zelena in obnovljiva elektrika iz vodnih, vetrnih in sončnih virov. V vsakem primeru je vodik treba pridobiti iz kemijskih snovi, zato ni energent v pravem

pomenu besede, kot so to na primer fosilna goriva in obnovljivi viri energije, je pa sredstvo za shranjevanje in prenos energije.

Glavni elementi vodikovih tehnologij so elektrolizerji, gorivne celice, hranilniki vodika in naprave za komprimiranje. Elektrolizerji se uporabljajo za proizvodnjo vodika s pomočjo elektrolize vode, gre torej za pretvorbo električne energije v vodik. Gorivne celice izvajajo nasprotno pretvorbo, torej pretvarjajo vodik v električno energijo. Hranilniki vodika so namenjeni shranjevanju vodika in s tem energije ter so lahko izvedeni v obliki tlačnih rezervoarjev oziroma kemijskih sistemov, ki vodik vežejo v obliki različnih kemijskih substanc. Naprave za komprimiranje (mehanski ali elektrokemijski kompresorji) se uporabljajo v povezavi s tlačnimi rezervoarji. Če želimo doseči zadostno gostoto shranjevanja energije ( $kWh/l$ ), je treba vodik komprimirati na visoke tlake, ki na primer v avtomobilskih aplikacijah dosegajo tudi 700 barov.

Vodik se lahko uporablja v različne namene. Prva in že obstoječa možnost je uporaba vodika



kot vhodne surovine za proizvodnjo različnih kemijskih snovi, na primer vodikovega peroksida ( $H_2O_2$ ), amonijaka ( $NH_3$ ) in različnih drugih spojin. Druga možnost, katere pomen se bo povečeval v prihodnosti, je uporaba vodika kot energenta, in sicer za potrebe mobilnosti oziroma transporta ter za proizvodnjo toplote in elektrike. V mobilnosti in transportu so se začela pojavljati vozila s pogonskim sklopom na osnovi gorivnih celic. Gre za električna vozila, pri katerih se elektrika proizvaja v vozilu samem s pomočjo gorivnih celic iz vodika, shranjenega v rezervoarju vozila. Prednost pred električnimi vozili z baterijami je v večji količini shranjene energije in posledično večjem dosegu ter v možnosti hitrega polnjenja, saj polnjenje rezervoarja vodika poteka podobno hitro kot polnjenje rezervoarja pri vozilih na bencinski oziroma dizelski pogon, kar pa je

nepriumno hitreje kot polnjenje baterij. Slaba stran je večja tehnična kompleksnost pogona in nižji energetske izkoristek. Nadalje bo vodik mogoče uporabljati za proizvodnjo toplotne energije za ogrevanje stavb, pri čemer gorivne celice omogočajo soproizvodnjo električne in toplotne energije, kar omogoča velik izkoristek izrabe energije vodika. Vodik je primeren tudi za proizvodnjo toplote v različnih industrijskih procesih oziroma pečeh za predelavo materialov v železarski, steklarski, kemijski, cementni in podobnih vejah industrije.

Vodikove tehnologije imajo potencial za nadomeščanje fosilnih goriv in razogljčenje, pogoj pa je, da je na voljo dovolj virov zelene obnovljive električne energije, iz katerih lahko pridobimo vodik na obnovljiv, zelen in brezogljčen način.

## Literatura

1. **Roland Berger (2018).**  
Fuel Cells and Hydrogen for Green Energy in European Cities and Regions.
2. **Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (2019).**  
Hydrogen Roadmap Europe. <https://data.europa.eu/doi/10.2843/341510>
3. **IRENA (2018).** Hydrogen from renewable power: Technology outlook for the energy transition. Abu Dhabi, International Renewable Energy Agency.  
<https://www.irena.org/publications/2018/sep/hydrogen-from-renewable-power>
4. **A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe**, COM(2020) 301 final.

# Vloga vodika v trajnostni mobilnosti

**Matej Urh,**  
procesni inženir  
**dr. Franc Cimerman,**  
pomočnik glavnega direktorja za tehnično področje  
**Plinovodi d.o.o.**  
[matej.urh@plinovodi.si](mailto:matej.urh@plinovodi.si),  
[franc.cimerman@plinovodi.si](mailto:franc.cimerman@plinovodi.si)

*Evropska unija je prepoznala vlogo vodika pri razogljičenju rabe energije in zmanjševanju odvisnosti od uvoza fosilnih goriv. Vodik iz nefosilnih virov ima velik potencial tudi v prometnem sektorju, zlasti v tovornem prometu, kjer ima številne prednosti pred konkurenčnimi tehnologijami trajnostne mobilnosti, predvsem v smislu daljšega dosega ob manjši masi vozila.*

Vodik je bil prepoznan kot ključni energent za razogljičenje oskrbe z energijo, pomembno vlogo ima tudi pri razogljičenju prometnega sektorja. Vodik je vključen v različne podnebne pakete Evropske unije (EK, 2020, 2021, 2022). V Sloveniji se vodik upošteva tudi v nacionalnih okoljskih in energetskih ciljih, in sicer v Celovitem nacionalnem energetskem in podnebnem načrtu (NEPN) (Vlada Republike Slovenije, 2020). V NEPN je za prometni sektor v letu 2030 predvidenih 111 GWh vodika. Vodik bo imel pomembno vlogo pri razogljičenju oskrbe z energijo in pri zmanjševanju odvisnosti od uvoza fosilnih goriv iz Rusije (EK, 2022), s čimer se bodo cilji glede uvajanja vodika in vodikovih tehnologij močno povišali. Povišanje se bo odražalo tudi v posodobljenem celovitem energetskem in podnebnem načrtu, ki je trenutno v pripravi.

V prometnem sektorju ima vodik največji potencial v tovornem in potniškem prometu na daljših razdaljah, kjer pride do izraza največja prednost vodika pred konkurenčnimi tehnologijami trajnostne mobilnosti – baterijskimi

vozili. Glavna prednost vodika je njegova visoka energijska gostota na enoto mase, ki znaša 39,4 kWh/kg (Fuels - Higher and Lower Calorific Values, 2022), kar je do 150-krat več kot energijska gostota trenutno razpoložljivih baterijskih hranilnikov, ki znaša 0,26 kWh/kg (Tsakiris, 2019). Visoka energijska gostota pomeni večji doseg vozila pri isti masi v primerjavi z baterijskimi vozili. Prednost vodikovih vozil je tudi hitrost polnjenja, ki je primerljiva s hitrostjo polnjenja klasičnih vozil z motorjem z notranjim izgorevanjem.

Uporaba vodika ne obremenjuje okolja. Vodik sprosti energijo ob spajanju s kisikom, pri čemer nastane voda oziroma vodna para kot stranski produkt. Pri uporabi vodika ne nastane emisije ogljikovega dioksida tako kot pri uporabi fosilnih goriv.

Vodik je proizveden iz električne energije z elektrolizo vode in predstavlja hranilnik energije za viške obnovljive električne energije, ki v danem trenutku ne more biti porabljena, obseg viškov pa presega kapacitete drugih hranilnikov, kot so na primer baterije. Največja

pomanjkljivost obnovljivih virov energije (OVE) je njihova nestanovitnost – proizvodnje električne energije iz OVE ni mogoče regulirati in jo prilagajati odjemu električne energije. V primeru večje proizvodnje od trenutne porabe je treba viške energije shraniti ali pa proizvodnjo zaustaviti, kar pomeni izgubo tehnično razpoložljivega OVE potenciala in s tem manjši delež OVE energije v bilanci porabe.

Prednost vodika je v možnosti sezonskega shranjevanja v plinskih skladiščih oziroma kratkoročnega shranjevanja v plinovodnem sistemu. Vodik se prek plinovodnega sistema tudi transportira do končnih porabnikov, kot so polnilnice za vodikova vozila. Ker se vodik lahko transportira prek plinovodnega sistema, ki je zelo razvejan, dostava vodika do polnilnih mest

s tovornjaki in večji hranilniki za vodik na polnilnicah niso potrebni, s tem pa je tudi dobava vodika bolj zanesljiva. V odročnejše kraje, kjer dostop do plinskega sistema ni mogoč, se vodik dostavlja s tovornjaki.

V Sloveniji bo vsa nova prenosna plinska infrastruktura praviloma grajena tako, da bo sistem postopno pripravljen na delovanje z vodikom in bo tako omogočal prenos različnih deležev vodika, ki bo primešan zemeljskemu plinu vse do 100-odstotnih koncentracij. S tem se bo omogočilo postopno nadomeščanje zemeljskega plina z zelenim vodikom. Operater prenosnega sistema izvaja več aktivnosti za premostitev infrastrukturnih omejitev obstoječega plinskega sistema pri postopnem uvajanju vodika.

## Literatura

- 1. Evropska komisija (2020). Strategija za vodik za podnebno nevtralno Evropo.**  
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0301&from=SI>
- 2. Evropska komisija (2021).** »Pripravljene na 55«: uresničevanje podnebne cilja EU za leto 2030 na poti do podnebne nevtralnosti.  
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0550&from=EN>
- 3. Evropska komisija (2022).** REPowerEU: skupni evropski ukrepi za cenovno dostopnejšo, zanesljivejšo in bolj trajnostno energijo. [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:71767319-9f0a-11ec-83e1-01aa75ed71a1.0004.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:71767319-9f0a-11ec-83e1-01aa75ed71a1.0004.02/DOC_1&format=PDF)
- 4. Vlada Republike Slovenije (2020). Celoviti nacionalni energetski in podnebni načrt Republike Slovenije.** [https://www.energetika-portal.si/fileadmin/dokumenti/publikacije/nepn/dokumenti/nepn\\_5.0\\_final\\_feb-2020.pdf](https://www.energetika-portal.si/fileadmin/dokumenti/publikacije/nepn/dokumenti/nepn_5.0_final_feb-2020.pdf)
- 5. Fuels - Higher and Lower Calorific Values (2022, 2. november):**  
[https://www.engineeringtoolbox.com/fuels-higher-calorific-values-d\\_169.html](https://www.engineeringtoolbox.com/fuels-higher-calorific-values-d_169.html)
- 6. Tsakiris, A. (2019). Analysis of hydrogen fuel cell and battery efficiency.**  
World Sustainable Energy Days 2019, Young Energy Researchers Conference.

*Odvisnost družbe od mineralnih surovin je realnost in stalnica, spreminja se le nabor najbolj iskanih surovin. Zato se v Evropi vodi nabor kritičnih surovin, ki se posodablja vsaka tri leta glede na aktualno stanje preskrbe in potreb. Področje raziskovanja in pridobivanja primarnih mineralnih surovin ostaja ključni del modernega gospodarstva kljub prizadevanjem za vse večje recikliranje in ponovno uporabo že rabljenih materialov.*

Z razvojem novih tehnologij, vezanih na digitalno in podnebno nevtrarno družbo ter krožno gospodarstvo (kot so e-mobilnost, izkoriščanje obnovljivih virov energije idr.), se spreminjajo tudi potrebe evropske industrije po mineralnih surovinah. To je razlog za oblikovanje seznama tako imenovanih kritičnih mineralnih surovin, ki ga že od leta 2011 pripravlja Evropska komisija. Gre za surovine, ki imajo velik ekonomski pomen in hkrati visoko tveganost dobave, zanje pa ne poznamo primernih zamenjav oziroma nadomestkov. Po napovedih Evropske komisije (Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU - A Foresight Study) se bo potreba po določenih mineralnih surovinah do leta 2050 močno povečala.

Evropa danes pridobi le okoli 3 % vseh industrijsko pomembnih mineralnih surovin (tudi kritičnih) in je torej v veliki meri odvisna od

uvoza. Stopnja odvisnosti EU od uvoza pri večini kovin znaša med 75 in 100 %. V času omejitev, ki jih prinašata svetovna pandemija Covid-19 in vojna na pragu EU, je ta odvisnost še bolj očitna. Zato se EU pospešeno usmerja v programe za maksimalno zagotavljanje virov surovin znotraj članic in sosednjih dežel. Gre za uporabo novih inovativnih metod odkrivanja in pridobivanja mineralnih surovin ter usmerjanje v trajnostno in krožno gospodarstvo. Evropska komisija trenutno pripravlja nov seznam CRM, ki bo objavljen leta 2023. V pripravi je tudi evropski zakon o kritičnih surovinah (Critical Raw Materials Act).

V Sloveniji smo s klasičnimi metodami rudarjenja izkoristili dobršen del znanih in dostopnih zalog kovinskih mineralnih surovin, med katerimi so tudi nekatere s seznama kritičnih. Izkoriščanje se je preusmerilo na nahajališča nekovinskih mineralnih surovin in geotermal-

ni energetski potencial. V Sloveniji tako že desetletja ni omembe vrednih raziskav v še neraziskano pod površje večjih globin, čeprav so z razvojem novih metod raziskovanja odprte številne možnosti.

Podatki o mineralnih surovinah in rudarski dejavnosti se v Sloveniji zbirajo v okviru Rudarske javne službe (RJS) na javni raziskovalni instituciji GeoZS. RJS vzdržuje in nadgrajuje Rudarsko knjigo, ki vsebuje zbirko rudarskih podatkov, evidenc in aplikacij, ki podpirajo vzdržno gospodarjenje z mineralnimi surovinami. Rudarska knjiga vsebuje številne upravne, rudarsko-geološke ter prostorske podat-

ke o mineralnih surovinah in nahajališčih. RJS izdeluje tudi strokovne podlage za prostorsko načrtovanje, sodeluje pri pripravi zakonskih in podzakonskih aktov s področja rudarstva, zagotavlja podporo v postopkih podeljevanja dovoljenj in koncesij idr.

Slovenija sprejema industrijsko strategijo 2021–2030, nima pa akcijskega načrta za zagotovitev oskrbe s kritičnimi surovinami. Morda se premalo zavedamo, da pomeni večja samooskrba na področju mineralnih surovin tudi večjo gospodarsko varnost in stabilnost vsake družbe.

## Literatura

1. *Pučko, E. Kritične surovine (CRM) v Sloveniji* – posodobitev stanja na leto 2020. Mineralne surovine v letu 2020, ISSN 1854-3995, 17(1), 136–142. [COBISS.SI-ID 92932611]
2. *Bobba, S., Carrara, S., Huisman, J., Mathieux, F., in Pavel, C. (2020). Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU - A Foresight Study.* [https://rmis.jrc.ec.europa.eu/uploads/CRMs\\_for\\_Strategic\\_Technologies\\_and\\_Sectors\\_in\\_the\\_EU\\_2020.pdf](https://rmis.jrc.ec.europa.eu/uploads/CRMs_for_Strategic_Technologies_and_Sectors_in_the_EU_2020.pdf)
3. *Zakon o rudarstvu* (Uradni list RS, št. 14/14 – uradno prečiščeno besedilo, 61/17 – GZ in 54/22).

# EIT OPEN DAY SLOVENIJA

