



Kako se v Sloveniji nabira znanje o vodikovih tehnologijah

Predstavljamo nagrajene evropske vodikove projekte, pri katerih so sodelovali tudi slovenski raziskovalci

BORUT HOČVAR
borut.hocvar@finance.si

Na evropskem vodikovem tednu so najboljšim raziskovalnim projektom na področju vodikovih tehnologij podelili nagrado Best Success Story Award 2021. Pri treh nagrajenih projektih je sodelovala Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani, ki pridobljeno znanje že prenaša tudi v slovensko gospodarstvo.

Konec novembra in v začetku decembra je evropska komisija organizirala drugi vodikov teden. Konferenco so pripravili v Bruslju, prijavljenih je bilo prek dva tisoč udeležencev, glavni cilj pa je bil pospeševanje uporabe vodika, proizvedenega z nizkoogljicnimi viri. Na konferenci so bili opazni tudi projekti, pri katerih sodelujejo Slovenci.

Nagrada za najbolj uspešne vodikove zgodbe

Oblikovanje severnojadranske vodikove regije, pri kateri sodelujejo partnerji iz Italije, Hrvaške in Slovenije, je v uvodnem nagovoru omenila predsednica evropske komisije Ursula von der Leyen. A to še ni vse. **Fakulteta za strojništvo** Univerze v Ljubljani je sodelovala pri treh projektih, ki so dobili nagrado javno-zasebnega partnerstva Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCH JU).

FCH JU podpira raziskave, tehnološki razvoj in demonstracijske projekte pri gorivnih celicah in vodikovih tehnologijah, na konferenci pa so podelili nagrade za odličnost v inovacijah oziroma Best Success Story Award 2021. V kategoriji »k trajnostnemu in krožnemu vodikovemu gospodarstvu« je bilo nominiranih 12 prijavljenih zgodb, glavno nagrado pa je prejela zgodba šestih projektov FCH JU, od tega trije, pri katerih je sodelovala eki-

pa raziskovalcev ljubljanske **fakultete za strojništvo**: eGHOST, BEST4HY in HyTechCycling.

»**Fakulteta za strojništvo** je pri nagrajenih projektih pomembna partnerica pri ugotavljanju okoljskih vplivov inovativnih tehnologij in pri določanju novih inventarjev za študije življenjskih ciklov v takšnih procesih,« je povedal vodja ekipe docent Mitja Mori, ki nam je projekte opisal.

Analiza konca življenjskega cikla

Prvi projekt, HyTechCycling, se je začel leta 2015, končal pa 2018. S projektom so naslovili konec življenjskega cikla štirih vodikovih tehnologij:

- alkalnega elektrolizerja (AWE),
- elektrolizerja s protonsko izmenjalno membrano (PEM WE),
- visokotemperaturne keramične gorivne celice (SOFC) in
- nizkotemperaturne gorivne celice s protonsko izmenjalno membrano (PEMFC), ki jo uporabljajo tudi v avtomobilski industriji.

Morijeva ekipa je opravila študije okoljskih vplivov v fazi proizvodnje in uporabe naštetih tehnologij, prvič pa so se lotili tudi študije vplivov ob koncu njihovega življenjskega cikla. »Ta faza je zelo zahtevna,« je zatrdil Mori. Ciljno so se ukvarjali s kritičnimi materiali in redkimi zemljami, kot so rutenij, iridij, platina, kobalt in drugi. Na seznam kritičnih materialov so uvrščeni dragi, redki in strateško pomembni materiali oziroma materiali, ki lahko med pridobivanjem pomembno škodijo okolju in človekovemu zdravju. Evropska komisija posodobi seznam kritičnih materialov vsako leto.

Reciklaža kritičnih materialov

Druga dva nagrajena projekta,

eGHOST in BEST4HY, so pridobili letos januarja, končana pa bosta decembra 2023. Best4Hy je tesno povezan z industrijo, medtem ko eGhost postavlja smernice ekosnovanja na področju vodikovih tehnologij. Sodelujejo člani konzorcija, ki je izvedel projekt HyTechCycling, pridružili pa so se nekateri novi deležniki, predvsem iz industrije.

Projekt BEST4HY pomeni neposredno nadaljevanje projekta HyTechCycling. Sodeluje tudi nemško podjetje Hensel Recycling, ki se ukvarja z reciklažnimi postopki kritičnih materialov in plemenitih kovin. Med drugimi sodeluje tudi raziskovalni inštitut Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) iz Pariza, pomemben partner je tudi nemški proizvajalec gorivnih celic EKPO. »Sodeluje celotna veriga od proizvajalcev do izvajalcev opravil ob koncu življenjskega cikla tehnologij. Pristop je zelo interdisciplinaren, za postavitev inovativnih inventarjev za LCA študije uporabljamo detaljne eksperimentalne podatke iz kemijskih in tehnoloških procesov, v ekipi zato pospešeno pridobivamo znanje kemije,« je pojasnil Mori.

Vključen je tudi sociološki vidik

S projektom eGHOST postavljajo okoljske, ekonomske in sociološke smernice pri ekološkem snovanju celotne dobavne verige, povezane z vodikovi tehnologijami. Zakaj sociološke? Pridobivanje nekaterih kritičnih materialov je povezano z neprimernim izkoriščanjem delovne sile, v evropski komisiji pa so pri financiranju projekta zato naložili izvajalcem, da pregledajo tudi družbeni vidik projekta.

Zaokrožena vodikova zgodba

Vseh šest nagrajenih projektov zaokroža vodikovo zgodbo. Nekateri projekti so usmerjeni v razvoj materialov, drugi v inovativne reciklažne postopke z občutno manjšim okoljskim vplivom, nekateri pa v oblikovanje smernic razvoja vodikovih tehnologij v prihodnosti. Cilj raziskovalcev pa je tudi namestitev in integracija vodikovih tehnologij v energetske in infrastrukturno. Katedra za energetsko strojništvo ljubljanske **fakultete za strojništvo** je zelo dejavna tudi pri projektu, s katerim želi ministrstvo za obrambo v Sloveniji vzpostaviti mrežo energetske samozadostnih vozlišč, s projektom Defence RESilience Hub Network in Evrope pa je ministrstvo tudi pobudnik projekta vzpostavitve vozlišč v EU. Projekt vključuje proizvodnjo zelenega vodika iz obnovljivih virov energije in porabo vodika v okviru energetske oskrbe vojašnic in vojaškega transporta, pomemben delež pa pomeni tudi zamisel sektorskega sklapljanja in porabe vodika v javnem sektorju.

Pravilen dizajn proizvodnje, manj neželenih učinkov

Morijeva skupina je pri vseh treh projektih vodila delovni sklop, v okviru katerega so se ukvarjali s študijo življenjskih ciklov (LCA - life cycle assessment). Analizirali so postopke od ročnega razstavljanja jedrnih komponent in konvencionalnih procesov reciklaže materialov železo, plastika, baker, aluminij in drugih do najsodobnejših procesov reciklaže kritičnih materialov in redkih zemelj. Oblikovali so, kot pravijo, nove inovativne inventarje obravnavanih postopkov, na podlagi katerih so bili izvedeni preračuni okoljskih bilanc in analize. Inventar pomeni v tem primeru vse masne, energijske in

emisijske tokove v procesih ob koncu življenjskega cikla tehnologij. Raziskovalci so prikazali, kakšnim posledicam, ki bi lahko nastale ob koncu življenjskega cikla, se lahko v industriji izognemo, če primerno oblikujemo izdelke in s tem zagotovimo učinkovitost tudi ob koncu njihove življenjske dobe.

Šteje vsak gram platine

Mori je predstavil učinek projektov na primeru kontejnerske izvedbe PEM-elektrolizerja, v katerem je katalizator platina. Naprava z zabojnikom vred tehta skoraj deset ton, platine je v njej le med 30 in 80 gramov. A če bi jo zavrgli, okoljsko ne bi naredili veliko oziroma skoraj nič, čeprav bi reciklirali vse druge materiale, saj bi jedrna komponenta z vsebnostjo platine pomenila odpadke z visokim tveganjem. Z reciklažo platine in drugih kritičnih materialov ter redkih zemelj pa lahko pomembno zmanjšajo okoljske vplive proizvodnje.

Kaj prinašajo rezultati projektov

Izdelavi inventarja sledijo izdelava modela življenjskega cikla, izračun okoljske bilance in priprava scenarijskih analiz: »Naša naloga je, da pokažemo pozitivne okoljske bilance pri uporabi reciklažnih procesov. Pridobljene informacije so zelo pomembne za naročnika, evropsko komisijo in tudi za vključene industrijske partnerje, ki se odločajo o postavitvi večjih poslovnih modelov.«

Ko bodo okoljske bilance zmodelirane, bodo vključili tudi denarne tokove. Tako bodo dobili tudi stroškovno analizo življenjskega cikla, pri kateri bodo ovrednotili stroške postopka na celotni verigi. Analiza bo pomembna za primerjavo stroškov reciklažnega postopka s stroški pridobivanja deviškega kritičnega materiala.

Manjša odvisnost od uvoza kritičnih materialov

Projekti bodo pripomogli, da se bo v evropski industriji vzpostavila ustrezna veriga ob koncu življenjskega cikla in postavile smernice ter zakonodaja na področju vodiko-

vih tehnologij. »Organizirala se bo industrija, prilagoditi pa bo treba tudi zakonodajni okvir,« ugotavlja Mori. Kaj to pomeni? Za proizvajalca je zdaj zgodba končana, ko tehnologijo preda uporabniku. V prihodnje pa bo dobil vzvode tudi v fazi uporabe svoje tehnologije in odgovornost, da bo izdelek ustrezno recikliran. »Govorimo tudi o ekodizajnu, v okviru katerega bodo izdelki zasnovani tako, da bodo lahko razstavljivi, da bo del izdelkov možno znova uporabiti, del pa enostavno reciklirati v procesih z najmanjšim okoljskim vplivom in z nižjimi stroški.« Z ustrezno reciklažo bo EU dodatno zmanjšala odvisnost od držav, v katerih pridobivajo kritične materiale.

Kako evropski projekti koristijo fakulteti

Ekipa fakultete za strojništvo je vključena v evropske projekte, pri katerih analizirajo življenjske cikle, od leta 2012. Kakšne koristi jim prinaša sodelovanje? »Z evropskimi projekti smo pridobili znanje in kompetence. V projekt, ki ga financira evropska komisija, lahko vključimo več študentov, raziskovalcev in drugih kadrov. Veliko znanja pa smo začeli pretakati tudi v slovensko industrijo, ki ji pomagamo pri vključevanju strategije trajnostnega razvoja v podjetje. Ker pa smo trenutno zelo močno vključeni v sektor vodikovih tehnologij, oblikujemo v laboratoriju tudi eksperimentalno okolje na področju testiranja in raziskav jedrnih tehnologij in preizkušanja posameznih jedrnih komponent gorivnih celic in elektrolizerjev,« je odgovoril Mori.

Metodologija, uporabna tudi za družboslovce

Ambicije pa se na tej točki ne končajo: »Osebnostno želim, da bi metodologijo študij življenjskih ciklov (LCA), ki jo uporabljamo pri evropskih projektih, čim prej zelo intenzivno vključili tudi v študijski proces na fakulteti za strojništvo. Rad pa bi videl, da bi metodologijo vključili v družbo širše, ker presega raven samo ene fakultete. Potrebujemo jo kemiki, elektrotehniki, praktično vse tehnične

smeri, a tudi družboslovne. Tako bi lahko zasnovali vsaj en predmet, ki bi bil naravnano zelo horizontalno in v okviru katerega bi to nakopičeno znanje začeli predajati študentom. Prihodnji inženirji bodo proizvođa in procese načrtovali tudi z uporabo kriterijev ekološkega snovanja in okoljskih vplivov in to znanje nujno potrebujejo zdaj.«

Slovenska industrija se vse bolj ukvarja s trajnostnim razvojem

Metodologijo vse bolj prepoznavajo tudi v slovenski industriji. »Krovno se ukvarjamo tudi z ogljičnim odtisom podjetja. Pri tem zelo intenzivno zbiramo podatke, s katerimi omogočimo naročniku, da prepozna kritične točke v svoji organizaciji in zmanjša emisije toplogrednih plinov.« V energetskem sektorju sodelujejo tako rekoč z vsemi deležniki od plinskega sektorja do obnovljivih virov energije (hidroelektrarne) in njihove povezave s proizvodnjo zelenega vodika. Sodelujejo tudi z industrijo plastike, prehransko industrijo in ministrstvom za obrambo: »Koncept trajnostne oskrbe z energijo in trajnostnega razvoja želimo približati slovenskim podjetjem in industriji. Interes je velik. V večjih sistemih namenja jo zanj finančna sredstva in že oblikujejo manjše ekipe, ki se bodo v prihodnje ukvarjale le s trajnostnim razvojem in njegovimi učinki v podjetju,« ugotavlja Mori.

Ekološka in sociološka merila pri izboru tehnologij

Sodelovanje v opisanih projektih je fakulteti za strojništvo odprlo vrata v druge projekte. »Zadeva se razvija, ekipa in slovensko znanje se krepi. Želimo, da se znanje širi horizontalno. Ukvarjamo se z metodologijo, ki jo bodo morali študentje razumeti, ko bodo končali študijski proces. Tudi če se ne bodo ukvarjali z metodologijo vrednotenja okoljskih vplivov, bodo morali to znati vključiti v svoje inženirske procese. Tehnologije ne bodo izbirali samo na podlagi tehnološkega in

ekonomskega merila, ampak tudi na podlagi ekološkega in sociološkega merila. To zavedanje želi naša ekipa razširiti po univerzi in hkrati pomagati industriji, da pri tem naredi korak naprej,« je še povedal Mitja Mori.

”

Tehnologije v prihodnje ne bodo izbirali samo na podlagi tehnološkega in ekonomskega merila, ampak tudi na podlagi ekološkega in sociološkega merila.

■ **Mitja Mori, Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani**

