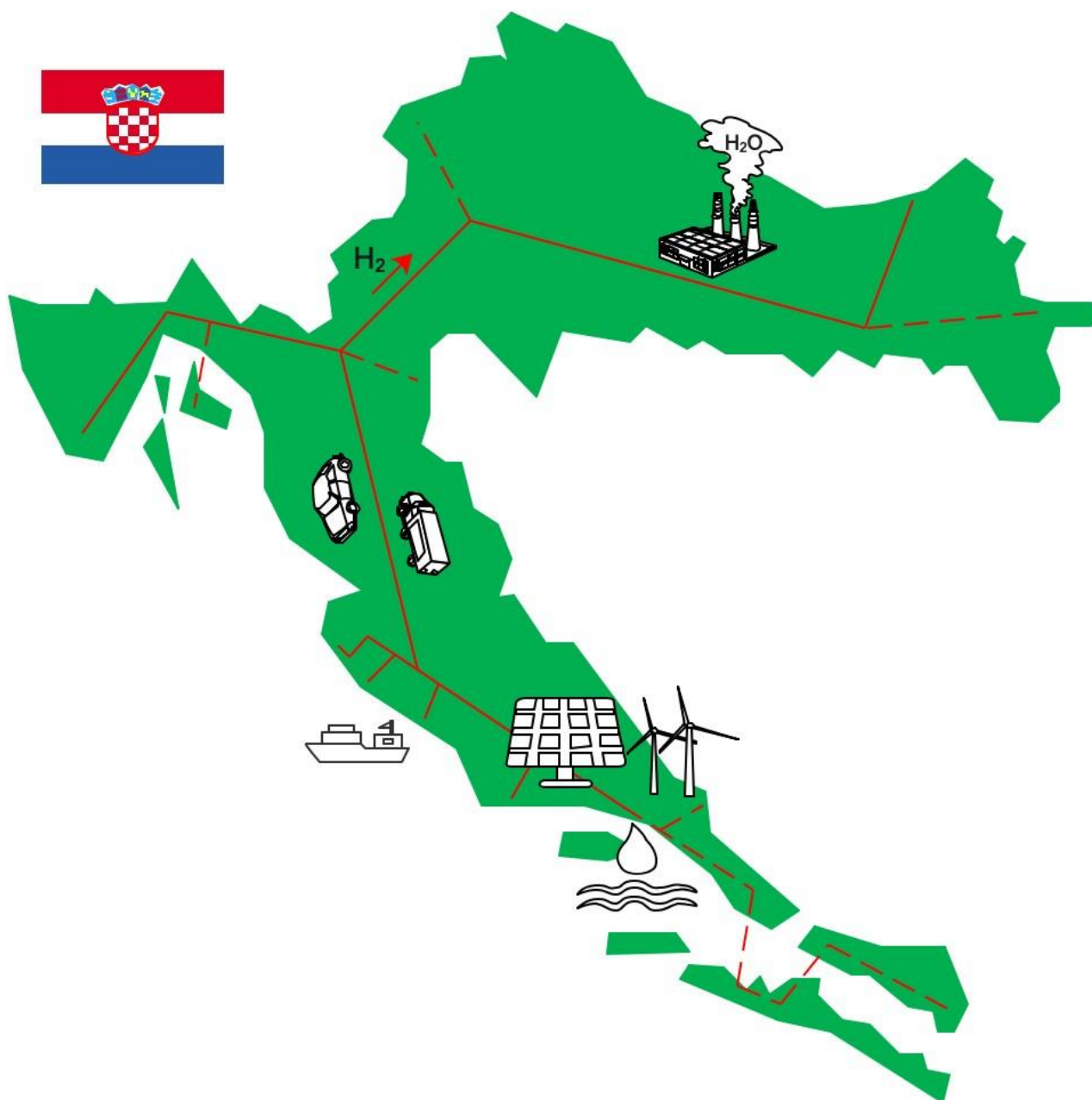


HRVATSKA STRATEGIJA ZA VODIK DO 2050. GODINE



Zagreb, ožujak 2022. godine

1. Sadržaj

1. VIZIJA RAZVOJA GOSPODARSTVA ZASNOVANOG NA VODIKU	2
1.1 Uvod	2
1.2 Strateški i zakonodavni okvir	3
1.3 Vizija	5
2. RAZVOJNI POTENCIJAL I MOGUĆNOSTI PRIMJENE VODIKA	6
2.1 Potencijal vodika u Republici Hrvatskoj	6
2.2 Strateške smjernice	8
I. PROIZVODNJA VODIKA	9
II. POHRANA (SKLADIŠTENJE) I TRANSPORT VODIKA	11
III. KORIŠTENJE VODIKA.....	14
IV. OBRAZOVANJE, ISTRAŽIVANJE I RAZVOJ	19
3. STRATEŠKI CILJEVI RAZVOJA PRIMJENE VODIKA U GOSPODARSTVU	23
4. PROVEDBA.....	26
4.1 Međuresorna suradnja i suradnja s regionalnom i lokalnom zajednicom	29
4.2 Međunarodna suradnja	29
4.3 Instrument za povezivanje Europe	30
4.4 Doline vodika	31
4.5 Projekti od zajedničkog europskog interesa	31
5. PRAĆENJE PROVEDBE, IZVJEŠĆIVANJE I VREDNOVANJE	32
6. FINANCIRANJE.....	32
7. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA	38
8. POJMOVNIK	38

1. VIZIJA RAZVOJA GOSPODARSTVA ZASNOVANOG NA VODIKU

1.1 Uvod

Sukladno članku 18. stavku 5. Zakona o sustavu strateškog planiranja i upravljanja razvojem Republike Hrvatske („Narodne novine“, broj 123/17.), Vlada Republike Hrvatske je na 45. sjednici održanoj 25. veljače 2021. donijela Odluku o pokretanju postupka izrade Hrvatske strategije za vodik od 2021. do 2050. godine (u daljnjem tekstu: Strategija), koju donosi Hrvatski sabor na prijedlog Vlade Republike Hrvatske.

Temeljem navedene Odluke, za izradu Strategije zaduženo je Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja te je ministar, 18. ožujka 2021., donio Odluku o osnivanju stručne radne skupine za izradu prijedloga Hrvatske strategije za vodik od 2021. do 2050. godine (KLASA: 310-02/21-01/94, URBROJ: 517-07-1-2-21-10). Predsjednik Stručne radne skupine je ministar gospodarstva i održivog razvoja, a zadatak skupine je bio pripremiti sve analitičke podloge, temeljene na Nacionalnoj razvojnoj strategiji Republike Hrvatske do 2030. godine te Strategiji energetskega razvoja Republike Hrvatske do 2030. godine s pogledom na 2050. godinu, kao i nacrt dokumenta koji će, nakon javne rasprave i uključivanja svih relevantnih dionika, omogućiti razvoj strateških ciljeva vezanih uz gospodarstvo zasnovano na vodik. Na osnovi brojnih aktivnosti vezanih uz dijalog sa svim zainteresiranim dionicima i aktivnosti Stručne radne skupine, Vlada Republike Hrvatske je pripremila Prijedlog hrvatske strategije za vodik do 2050. godine.

Vodik je, kao nosilac energije, već dulje vrijeme predmet rasprava i sastavni dio planova zemalja Europske unije (u daljnjem tekstu: EU), ali i šire. S ciljem prilagodbe klimatskim promjenama donesen je europski zeleni plan (engl. *European Green Deal*) kojim je postavljen cilj da Europa postane prvi klimatski neutralni kontinent do 2050. godine. Donošenjem europskog zelenog plana, EU je povećao svoje ambicije za smanjenje emisija ugljikovog dioksida (CO₂) te je prvotni cilj za 2030. godinu podigao na minus 55 % u odnosu na 1990. godinu. Smanjenjem emisija CO₂ nastoji se održati temperatura ispod 2 °C (a ciljano i na 1,5 °C) u odnosu na prosječnu temperaturu predindustrijske razine.

Nastavno na navedeno, a s ciljem doprinosa ostvarenju ciljeva postavljenih europskim zelenim planom, 8. srpnja 2020., Europska komisija (EK) je predstavila dva strateška dokumenta: Strategiju za vodik za klimatski neutralnu Europu (u daljnjem tekstu: EU strategija za vodik), u kojoj je vodik istaknut kao jedna od ključnih poluga za uspješnu energetskega tranziciju i Europsku strategiju za integraciju energetskega sustava.

U EU strategiji za vodik navedene su jasne smjernice za suradnju s predstavnicima izvršne i zakonodavne vlasti, industrijom, znanstvenim institucijama i civilnim društvom kroz Europski savez za čisti vodik (engl. *Clean Hydrogen Alliance*) koji je zadužen za razvoj programa ulaganja i niz konkretnih projekata s ciljem primjene vodikove tehnologije. Strategija za integraciju energetskega sustava opisuje kako će trenutni okviri EU politika pridonijeti ostvarenju klimatski neutralnog integriranog energetskega sustava s visokim udjelom obnovljivih izvora energije (OIE).

Obje gore spomenute EU strategije pridonose postizanju ciljeva UN-ovog Programa održivoga razvoja do 2030. i ciljeva Pariškog sporazuma o klimatskim promjenama. Prema EU strategiji za vodik, u prvom razdoblju od 2020. do 2024. godine, strateški cilj je omogućiti instaliranje od najmanje 6 GW elektrolizatora s proizvodnjom do milijun tona obnovljivog vodika (današnji kapacitet instaliranih elektrolizatora u EU-u je oko 1 GW). Kako bi se ostvarili navedeni ciljevi na razini EU, Europski savez za čisti vodik izradit će jasne smjernice za potrebna ulaganja osiguravanjem financijskih sredstava iz Europskog plana oporavka. U drugoj fazi, u razdoblju od 2025. do 2030. godine, vodik bi trebao postati sastavni dio integriranog energetskeg sustava uz strateški cilj instalacije elektrolizatora kapaciteta najmanje 40 GW za proizvodnju do 10 milijuna tona obnovljivog vodika. U ovoj fazi očekuje se postupna regulacija cijene obnovljivog vodika do mjere da postane cjenovno konkurentan drugim oblicima proizvodnje vodika. Obnovljivi vodik igrat će značajnu ulogu u uravnoteženju elektroenergetskog sustava temeljenog na OIE pružajući potrebnu fleksibilnost. Također, vodik će se koristiti u prometu, kao i za svakodnevnu ili sezonsku pohranu povećavajući na taj način sigurnost opskrbe u srednjoročnom razdoblju. U trećoj fazi, u razdoblju od 2031. do 2050. godine, planiran je širi razmjor primjene tehnologije obnovljivog vodika u različitim sektorima.

Republika Hrvatska (RH) posljednjih godina ulaže značajne napore u dekarbonizaciju energetskeg sektora i gospodarstva. U skladu s tim, potiče se razvoj proizvodnje energije iz OIE, kao i povećanje energetske učinkovitosti u industriji i kućanstvu. Cilj RH je da do 2030. godine 36,6 % električne energije u bruto neposrednoj potrošnji bude iz OIE. U taj postotak ulazi i povećanje OIE u sektorima prometa te grijanja i hlađenja.

Sa svrhom postizanja zadanih ciljeva iz Integriranog nacionalnog energetskeg i klimatskeg plana za Republiku Hrvatsku za razdoblje od 2021. do 2030. godine, vezanih uz smanjenje emisija CO₂, povećanje udjela OIE u ukupnoj potrošnji energije te povećanje energetske učinkovitosti, potrebna je uspostava jače i učinkovitije elektroenergetske infrastrukture (na prijenosnoj i distribucijskoj razini) koja će omogućiti prihvat nove količine energije iz OIE i omogućiti stabilnost sustava. Također, neophodno je, uz dovoljne količine biogoriva na tržištu, potaknuti i elektrifikaciju prometa (korištenjem električne energije i obnovljivog vodika). Strategija stoga određuje okvirne mogućnosti razvoja proizvodnje, pohrane (skladištenja), transporta i općenito uporabe vodika s ciljem smanjenja CO₂ emisija, kao i mogućnosti uključivanja gospodarstva u sektor proizvodnje opreme (poput elektrolizatorskih svežnjeva i svežnjeva gorivnih članaka, mjerne i upravljačke opreme, osjetnika, i dr.), čime bi se osigurala tehnološka prilagodba i sudjelovanje na europskom i svjetskom tržištu vodikovih tehnologija.

1.2 Strateški i zakonodavni okvir

Hrvatska strategija za vodik do 2050. godine u potpunosti je usklađena s Nacionalnom razvojnom strategijom Republike Hrvatske do 2030. godine („Narodne novine“, broj 13/21.), Razvojnim smjerom 3. „Zelena i digitalna tranzicija“, točnije strateškim ciljem broj 8. „Ekološka i energetska tranzicija za klimatsku neutralnost“, Prioritetno područje javnih politika broj 2. „Energetska samodostatnost i tranzicija na čistu energiju“ te strateškim ciljem broj 10. „Održiva mobilnost“.

U veljači 2020. donesena je Strategija energetskeg razvoja Republike Hrvatske do 2030. s pogledom na 2050. godinu („Narodne novine“, broj 25/20.) (u daljnjem tekstu: Energetska strategija RH) koja potiče snažnu dekarbonizaciju energetskeg sektora i rast udjela električne energije iz OIE. Također, Energetskom strategijom RH potiče se povećanje proizvodnje i samodostatnost u proizvodnji električne energije što povećava sigurnost opskrbe energijom i otvara potencijal snažnoj elektrifikaciji svih onih grana koje koriste fosilna goriva.

Sukladno vodećim svjetskim trendovima povećanja udjela OIE uz mogućnost primjene inovativnih tehnologija te posljedično smanjenju CO₂ emisija do 2050. godine, EU je postavio jasne ciljeve za dekarbonizaciju gospodarstva. Ti ciljevi su vezani uz smanjenje CO₂ emisija, povećanje udjela električne energije iz OIE u bruto neposrednoj potrošnji, te povećanje energetske učinkovitosti. Ciljevi su definirani na EU razini, a svaka država članica pridonosi tim ciljevima kroz vlastite nacionalne ciljeve sukladno Integriranom energetskeg i klimatskeg planu.

Osim navedenoga, a sukladno Zakonu o klimatskeg promjenama i zaštiti ozonskeg sloja („Narodne novine“, broj 127/19.) donesena je Strategija niskougljičnog razvoja Republike Hrvatske do 2030. s pogledom na 2050. godinu („Narodne novine“, broj 63/21.) (u daljnjem tekstu: Niskougljična strategija RH). U navedenim aktima detaljno su obuhvaćene mogućnosti prijelaza u društvo s niskim emisijama stakleničkeg plinova kroz moguća ulaganja u zeleno poslovanje i tehnologije te inovacije i razvoj s ciljem doprinosa jačanju konkurentnosti na zajedničkome europskome tržištu koje sve više traži zelene proizvode i usluge.

Energetska strategija RH, kao i Niskougljična strategija RH, predviđa smanjenje emisija stakleničkeg plinova u iznosu od oko 74 % u 2050. godini u odnosu na emisije iz 1990. godine.

Osim navedenoga, Energetska strategija RH prepoznaje vodik kao alternativno gorivo te predviđa njegovu uporabu u prometu s ciljem ostvarenja gore navedenih ciljeva. Vodik kao alternativno gorivo te mogućnosti njegove uporabe u prometu s ciljem smanjenja CO₂ emisija predviđen je također Strategijom prometnog razvoja Republike Hrvatske za razdoblje od 2017. do 2030. godine („Narodne novine“, broj 84/17.) i Nacionalnim okvirom politike za uspostavu infrastrukture i razvoj tržišta alternativnih goriva u prometu („Narodne novine“, broj 34/17.), (u daljnjem tekstu: NOP).

Zakonodavni okvir podrazumijeva osiguravanje prenošenja EU zakonodavstva u nacionalno zakonodavstvo u skladu s ciljevima postavljenima na EU razini vezanih uz dekarbonizaciju gospodarstva i smanjenje emisija CO₂.

U skladu s navedenim, sljedeći zakoni RH reguliraju mogućnosti korištenja vodika:

Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o biogorivima za prijevoz („Narodne novine“, broj 52/21.) – predviđeno je uvođenje vodika na tržište RH. U skladu s tim Zakonom obveznik stavljanja na tržište biogoriva, odnosno OIE u prijevozu obvezan je izvještavati o uporabi vodika kao alternativnog goriva na tržištu.

Zakon o uspostavi infrastrukture za alternativna goriva („Narodne novine“, broj 120/16.) – definirane su tehničke specifikacije za mjesta za opskrbu vozila vodikom.

Nastavno na navedeno, uvođenje vodika kao novog nosioca energije u prometni sektor RH bit će popraćeno zakonskom i podzakonskom regulativom, koja će obuhvatiti nove standarde koji se odnose na vodik kao alternativno gorivo uključujući i nove tehnologije koje se pojavljuju u procesu od proizvodnje do potrošnje vodika kao spremnika energije i alternativnog goriva. Također, potrebno je izgraditi odgovarajuću infrastrukturu za proizvodnju, distribuciju i opskrbu vodikom te istovremeno poticati nabavu vozila, brodova i vlakova koji koriste vodik kao pogonsko gorivo s ciljem kreiranja potrošnje.

1.3 Vizija

Strategija osigurava okvir za proizvodnju i uporabu vodika s naglaskom na obnovljivi vodik kao zamjenu za fosilna goriva i povećanje stabilnosti elektroenergetskog sustava zasnovanog na OIE, a u svrhu energetske samodostatnosti i tranzicije na čistu energiju te održive mobilnosti.

Vodik i gospodarstvo temeljeno na vodiku važni su elementi zelene energetske tranzicije za ispunjavanje EU ciljeva vezanih uz čistu energiju i smanjenje emisije stakleničkih plinova. Niskougljični vodik se smatra čistim energentom te će kao takav imati važnu ulogu u više sektora (energetika, promet, industrija, poljoprivreda i dr.) s ciljem smanjenja emisija stakleničkih plinova. Očekuje se da će ulaganja u čiste tehnologije povezane s vodikom pridonijeti transformaciji energetskog sektora u sektor niskih, a u budućnosti i nultih emisija stakleničkih plinova, razvoju kružnog gospodarstva, kao i stvaranju novih radnih mjesta povezanih s energetsom održivošću.

U slučaju električne energije, vodik će igrati važnu ulogu kao rješenje za pohranu (skladištenje) što će rezultirati većom proizvodnjom električne energije iz OIE. No, obnovljivi vodik će se moći koristiti i za proizvodnju električne energije u postrojenjima na osnovi visoko temperaturnih keramičkih gorivnih članaka (SOFC – *Solid Oxide Fuel Cells*) i plinskih turbina zbog daleko veće učinkovitosti takvih sustava.

Također, u podsektoru grijanja i hlađenja vodik će biti održiva alternativa za zamjenu fosilnih goriva, čemu će uvelike pridonijeti regulacija obnovljivih plinova i njihovo umješavanje u transportni i distribucijski sustav prirodnog plina.

U sektoru prometa, vodik je jedno od alternativnih i komplementarnih rješenja za električnu mobilnost, posebno za cestovni teretni promet, uključujući gradsku logistiku, cestovni i željeznički prijevoz putnika i robe te pomorski, riječni i zračni promet.

Vodik će također uz sektore električne energije, grijanja, hlađenja i prometa, potaknuti razvoj i primjenu tehnologija u drugim sektorima, posebice energetske intenzivnim, kao i onima koje nije jednostavno dekarbonizirati. Svi oni će pridonijeti dekarbonizaciji društva i zaštiti okoliša kroz inovativne procese proizvodnje i/ili upotrebe vodika.

U tom kontekstu, vodik će imati važnu ulogu u dekarbonizaciji nacionalnog gospodarstva, osobito u sektorima koji trenutno imaju malo alternativnih tehnoloških mogućnosti i gdje bi elektrifikacija mogla dovesti do značajnih troškova, pridonoseći ostvarenju klimatskih ciljeva.

Vodik je kompatibilan s trenutnim obrascima potrošnje i omogućava povezivanje električnih i toplinskih sustava na fleksibilan način, ističući komplementarnost i sinergiju između električnih mreža i plinskih sustava. Tehnologije povezane s vodikom razvile su se diljem svijeta nevjerojatnom brzinom u posljednjem desetljeću. Sada postoje dokazi da je u određenim kontekstima proizvodnje i uporabe vodik već održivo i isplativo rješenje za dekarbonizaciju nekih od najtežih sektora u gospodarstvu, poput prometa ili toplinske energije u nizu gospodarskih grana.

Strategija daje nacionalnu viziju razvoja, istraživanja, proizvodnje, infrastrukture i primjene vodikove tehnologije, s ciljem postizanja klimatske neutralnosti do 2050. godine, kao i viziju nacionalnih ciljeva vezanih za razvoj infrastrukture za alternativna goriva. Uz navedeno, ona je potpuno usklađena s Nacionalnom razvojnom strategijom Republike Hrvatske do 2030. godine, što je vidljivo u sklopu Razvojnog smjera 3. „Zelena i digitalna tranzicija“, gdje su u strateškom cilju 8. „Ekološka i energetska tranzicija za klimatsku neutralnost“ u Prioritetnom području javnih politika „Energetska samodostatnost i tranzicija na čistu energiju“ navedena dva prioriteta provedbe na području energetske politike koja se poklapaju sa Strategijom. To su „Promicanje naprednih biogoriva i električne energije i vodika iz obnovljivih izvora energije“ i „Ulaganja u čiste tehnologije povezane s vodikom“. Strategija predstavlja prvi korak u razvoju primjene vodika u gospodarstvu RH te obuhvaća mogućnosti proizvodnje vodika, pohrane (skladištenja) i transporta vodika, uporabu, kao i potencijale u istraživanju, razvoju i inovacijama na području svih dijelova gospodarstva zasnovanog na vodik. Strategija će pridonijeti ostvarenju ciljeva smanjenja CO₂ emisija te omogućiti aktivnije uključivanje RH u procese i projekte vezane za vodik na EU razini.

2. RAZVOJNI POTENCIJAL I MOGUĆNOSTI PRIMJENE VODIKA

2.1 Potencijal vodika u Republici Hrvatskoj

Sukladno provedbi pravne stečevine EU i postavljanju nacionalnih energetske i klimatskih ciljeva, vodik je prepoznat kao jedan od značajnih energenata čija će uporaba u gospodarstvu, posebice u energetici, prometu i u drugim sektorima industrije, u dugoročnom razdoblju pridonijeti dekarbonizaciji društva i smanjenju CO₂ emisija.

Godišnja potrošnja ukupne energije u RH iznosi oko 100 TWh, od čega približno 50 % otpada na uvoz energije. Dio uvezene energije otpada na električnu energiju. RH sukladno Nacionalnom planu oporavka i otpornosti 2021. – 2026. (u daljnjem tekstu: NPOO) planira priključiti 1500 MW novih izvora električne energije iz OIE u energetske sustav do kraja 2024.. Također, sukladno Energetskoj strategiji RH, planira se oko 2500 MW instalirane snage izgraditi do 2030. godine, a sve s ciljem osiguravanja proizvodnje čiste energije koja bi trebala zadovoljiti vlastite potrebe.

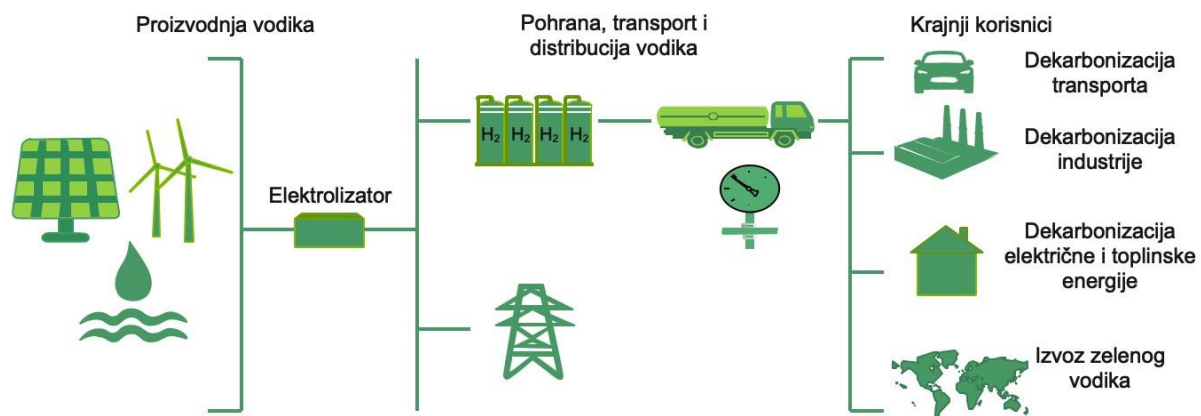
Očekuje se da će proizvodnja vodika u RH biti bazirana na istraživanju, razvoju i primjeni svih mogućnosti proizvodnje niskougljičnog vodika u postojećim industrijskim središtima koji predstavljaju buduće centre potražnje za istim.

Trenutno najzastupljeniji proces proizvodnje vodika u svijetu i RH je proces parnog reformiranja metana (engl. *Steam Methane Reforming* – SMR). Navedeni komercijalni proces proizvodnje vodika iz fosilnih goriva i s njim povezane tehnologije hvatanja, korištenja i pohrane CO₂ (engl. *Carbon Capture and Storage* – CCS) prepoznati su kao značajan potencijal koji ima veliki utjecaj na smanjenje emisija u zrak i dekarbonizaciju postojeće proizvodnje vodika.

CCS tehnologije i infrastrukture povezivat će se s postojećim industrijskim središtima kao što su rafinerije i petrokemijska postrojenja koristeći potencijal naftnih i plinskih polja za pohranu CO₂.

Potencijal vodika u RH prvenstveno proizlazi iz potencijala proizvodnje električne energije iz OIE koja može osigurati odgovarajuću i dugoročnu proizvodnju obnovljivog vodika. No, za uspostavu gospodarstva zasnovanog na vodiku i poticanja same proizvodnje, potrebno je osigurati potražnju za vodikom te sustav distribucije koji će osigurati da se proizvedeni vodik isporuči krajnjim korisnicima.

S ciljem uspostavljanja gospodarstva zasnovanog na vodiku u RH, potrebno je osigurati usklađeni rast tri ključna elementa proizvodnje, distribucije i potrošnje, sa svrhom omogućavanja sustavnog i stabilnog korištenja vodika. Na slici 1. prikazana je opća shema vodikovog lanca vrijednosti (koja ne isključuje ostale načine proizvodnje vodika).



Slika 1. Opća shema vodikovog lanca vrijednosti, od proizvodnje do krajnjeg korištenja

Priprema vodika također je važan dio lanca dobave vodika i gospodarstva zasnovanog na vodiku. Vodik nakon proizvodnje u elektrolizatoru prolazi obradu/pripremu s ciljem njegove prilagodbe za siguran transport i/ili krajnju upotrebu. U pripremu vodika ulaze tehnologije odvlaživanja i ovlaživanja, odvajanja/separacije, ukapljivanja, kompresije, uplinjavanja i termalne obrade vodika (grijanje/hlađenje) itd. Među navedenim tehnologijama postoji još prostora za razvoj i otkrivanje novih tehnologija što otvara mogućnost hrvatskim tvrtkama za stvaranje novih proizvoda i otvaranju novih tržišta.

Sukladno procjenama iz Energetske strategije RH, dekarbonizacija energetskeg sektora ide u smjeru instaliranja novih kapaciteta OIE koji se, ovisno o potražnji, mogu koristiti i za proizvodnju vodika. Dio tih kapaciteta ići će prema krajnjim korisnicima u obliku električne energije kroz elektroenergetski sustav RH, dok se dio može koristiti za proizvodnju obnovljivog vodika neposredno na mjestu proizvodnje električne energije. Dodatno, dio tako proizvedene električne energije može se putem elektroenergetskog sustava za prijenos i distribuciju električne energije dovoziti do mjesta proizvodnje obnovljivog vodika uz uvjet da nije skuplja od električne energije koja će se proizvoditi na mjestu proizvodnje obnovljivog vodika.

Pohrana (skladištenje) i transport vodika temelji su za pokretanje veće proizvodnje vodika koja će biti usmjerena na potrebe u prometu, industriji, zgradarstvu i ostalim sektorima. Uzimajući u obzir razvijenu plinsku mrežu kao i postojeće cjevovode izvan funkcije u dugoročnom razdoblju, a ovisno o kretanjima potrošnje, moguće je njihovo korištenje za transport vodika. Vodik može imati važnu ulogu u dekarbonizaciji integracijom različitih sektora, odnosno povezivanjem krajnjih korisnika energije s OIE osobito u područjima gdje se električna energija iz OIE ne može koristiti direktno ili nije ekonomski isplativa. Također, geopolitički položaj RH je vrlo pogodan imajući u vidu povezanost s južnim državama EU-a kao i afričkim državama koje se okreću značajnijoj proizvodnji obnovljivog vodika te se u dugoročnom razdoblju očekuje pozicioniranje RH kao točke ulaza za pretovar i dovod vodika prema ostalim državama EU.

Vodik je primjenjiv u različitim sektorima od uporabe u prometu, kao gorivo ili sirovina za proizvodnju goriva, preko industrije do sektora grijanja i hlađenja. U ovom trenutku su projekti iz prometnog sektora (nabava čistih vozila) u visokom stupnju pripremljenosti uzimajući u obzir mogućnosti sufinanciranja istih iz EU sredstava, što zahtijeva osiguravanje odgovarajuće infrastrukture za nesmetano prometovanje tih vozila na cijelom prostoru RH.

Kao sljedeći korak očekuje se primjena vodika u industriji što, uz veće promjene, zahtijeva i logistiku koja uz mjesto proizvodnje i korištenja vodika podrazumijeva dogradnju i modernizaciju elektroenergetske mreže i plinskog transportnog sustava. Dekarbonizacija rafinerija korištenjem obnovljivog vodika umjesto vodika iz fosilnog izvora, kao jedan od primjera industrijske primjene vodika, zahtijevat će modernizaciju plinskog transportnog sustava i elektroenergetske mreže. S druge strane, sinteza tzv. zelenog amonijaka iz obnovljivog vodika omogućila bi njegovu širu primjenu i dodatne alate za dekarbonizaciju industrije.

2.2 Strateške smjernice

Strategija se temelji na četiri stupa koja određuju glavne smjernice razvoja gospodarstva zasnovanog na vodik u kako slijedi:

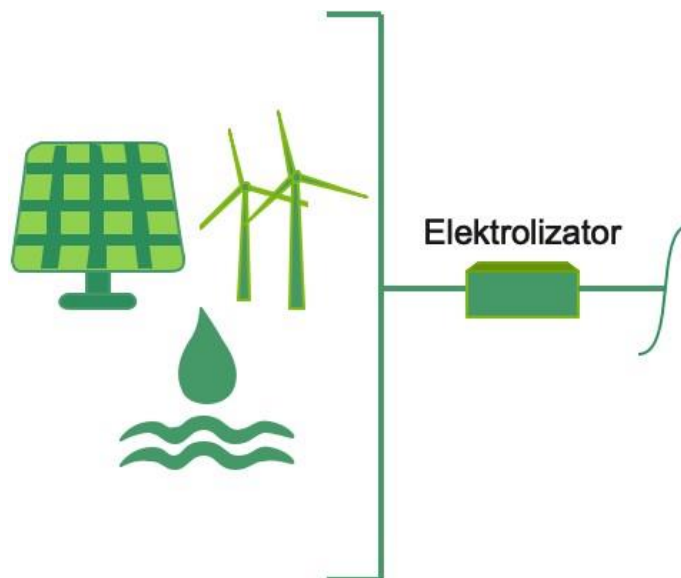
1. Proizvodnja vodika – omogućiti proizvodnju niskougljičnog vodika koja će se prvenstveno orijentirati na obnovljivi vodik s ciljem proizvodnje proizvoda s niskim udjelom ili bez CO₂ emisija.
2. Pohrana (skladištenje) i transport vodika – prenamjena postojeće infrastrukture za transport vodika od mjesta proizvodnje do mjesta potrošnje u dugoročnom razdoblju. U

kratkoročnom razdoblju očekuje se da će mjesta proizvodnje biti na mjestima potrošnje za potrebe industrijskih procesa.

3. Korištenje vodika – omogućavanje korištenja vodika u industrijskim procesima, poljoprivredi i sl., kao i razvoj uporabe vodika u prometu osiguravanjem poticaja za kupnju vozila i plovila na vodik.
4. Obrazovanje, istraživanje i inovacije – osiguravanje razvoja i komercijalizacije novih tehnologija u proizvodnji obnovljivog vodika te njegovog sigurnog korištenja i transporta.

I. PROIZVODNJA VODIKA

Vodik ne možemo naći u prirodi u njegovom elementarnom obliku već vezanog u različite kemijske spojeve. Stoga ga je potrebno izolirati iz spoja u kojem se nalazi, a što se postiže primjenom različitih tehnologija poput reformacije (prerade) prirodnog plina (tzv. sivi vodik) ili proizvodnje vodika elektrolizom vode koristeći OIE (tzv. zeleni, odnosno obnovljivi vodik). Posljednjih nekoliko godina dolazi do značajnijeg razvoja novih tehnologija u području proizvodnje električne energije iz OIE, koja je potrebna za proizvodnju vodika elektrolizom vode, ali i u proizvodnji vodika drugim tehnologijama (npr. pirolizom ili uplinjavanjem otpada) kojima se znatno smanjuje emisija CO₂ ili čak u potpunosti izostaje.



Slika 2. Lanac proizvodnje vodika

Imajući u vidu da RH ima za cilj povećanje udjela proizvodnje električne energije iz OIE, razumljivo je poticanje proizvodnje obnovljivog vodika, a koji bi se većinskim dijelom dobivao elektrolizom vode uz korištenje električne energije iz OIE. Proizvodnja vodika odvijala bi se na mjestu proizvodnje električne energije, koje ujedno može biti i mjesto potrošnje vodika, s ciljem rasterećenja elektroenergetskog sustava.

Nadalje, cilj je omogućiti proizvodnju obnovljivog vodika ne samo na mjestu proizvodnje električne energije iz OIE, nego i putem drugih OIE koristeći elektroenergetsku mrežu. Na početku je potrebno provoditi oba modela proizvodnje vodika, a postupan razvoj proizvodnje odvijat će se u skladu s razvojem novih tehnologija za proizvodnju vodika, mogućnostima elektroenergetske mreže za prijenos električne energije do mjesta proizvodnje vodika te mogućnostima transporta vodika kroz postojeći plinski transportni sustav. Sukladno procjenama iz Energetske strategije RH, dekarbonizacija energetskeg sektora ide u smjeru instaliranja novih kapaciteta OIE koji će se usmjeriti prema krajnjim korisnicima u obliku električne energije kroz elektroenergetski sustav RH, dok se dio tih kapaciteta može koristiti za proizvodnju obnovljivog vodika neposredno na mjestu proizvodnje električne energije. Dodatno, dio tako proizvedene električne energije može se, putem elektroenergetskog sustava za prijenos i distribuciju električne energije (distribuirana proizvodnja vodika), usmjeriti do mjesta proizvodnje obnovljivog vodika. Takva distribuirana proizvodnja vodika omogućuje bolju iskorištenost izgrađenih prijenosnih i distribucijskih kapaciteta elektroenergetske mreže, ali i korištenje elektrolizatora za pružanje pomoćnih usluga operatorima prijenosnog i distribucijskog sustava, uz uvjet da se uvedu poticajne tarife za korištenje prijenosne i distribucijske mreže za prijenos zelene električne energije do mjesta distribuirane proizvodnje obnovljivog vodika.

Uz proizvodnju obnovljivog vodika potrebno je osigurati i sustav certifikata u svrhu pouzdanog dokazivanja podrijetla obnovljivog vodika. Također, nužno je osigurati da taj sustav za certificiranje obnovljivog vodika bude na razini sadašnjeg sustava jamstva podrijetla zelene električne energije u RH, a čime bi se omogućilo fleksibilno korištenje zelene električne energije za proizvodnju obnovljivog vodika korištenjem elektrolizatora. U EU-u postoji projekt koji je posvećen certificiranju obnovljivog vodika (*CertifHy*), pa se sličan model može uvesti i u RH.

Cijena vodika ovisit će o načinu njegove proizvodnje. Sukladno EU strategiji za vodik, cijena vodika koji je proizveden iz fosilnih goriva je trenutno oko 1,5 EUR po kilogramu ne uzimajući u obzir cijenu otpuštenog CO₂ u atmosferu (ova cijena ovisi o cijeni prirodnog plina te je podložna promjenama). Ako uz proizvodnju vodika omogućimo i hvatanje otpuštenog CO₂, onda je ta cijena oko 2 EUR po kilogramu. Cijena proizvodnje obnovljivog vodika, odnosno proizvodnje vodika elektrolizom vode korištenjem električne energije iz OIE trenutno je oko 2,5 – 5,5 EUR po kilogramu. Ako se ostvare predviđanja na tržištu i cijene električne energije proizvedene iz OIE padnu u idućem periodu zajedno s cijenama elektrolizatora, omogućavajući profitabilnost proizvodnje obnovljivog vodika, procjenjuje se da će do 2030. godine obnovljivi vodik cjenovno biti konkurentan vodiku proizvedenom iz fosilnih goriva (iako se na razini EU-a najavljuje konsenzus postizanja cijene obnovljivog vodika od 1,5 do 3 EUR po kilogramu).

Također, iako će se prvi projekti proizvodnje vodika vezati uz elektrolizatore i električnu energiju iz OIE, potrebno je poticati razvoj projekata koji su vezani uz nove tehnologije proizvodnje obnovljivog vodika (uz male ili nikakve emisije CO₂) poput onih u sektoru otpada ili razvoj drugih tehnologija proizvodnje električne energije iz OIE (npr. snaga valova, odobalne vjetroelektrane i sl.). U dugoročnom razdoblju, a ovisno o prestanku rada plinskih

platformi na sjevernom Jadranu, moguće je razviti projekte odobalnih vjetroelektrana za proizvodnju električne energije iz OIE i obnovljivog vodika koji bi se putem postojećeg plinovoda mogao transportirati za potrebe RH i Italije.

Proizvodnja vodika će se, u razdoblju do 2026. godine, prvotno vezati uz promet i industrijski sektor. U prometu već postoje projekti u visokoj fazi pripremljenosti dok je industrijski sektor najspremniji za početak primjene obnovljivog vodika, kao što je to slučaj kod rafinerijskih i petrokemijskih postrojenja. Stoga je potrebno, uz proizvodnju obnovljivog vodika na mjestu proizvodnje električne energije iz OIE, omogućiti i razvoj proizvodnje obnovljivog vodika korištenjem elektrolizatora priključenih na elektroenergetsku mrežu.

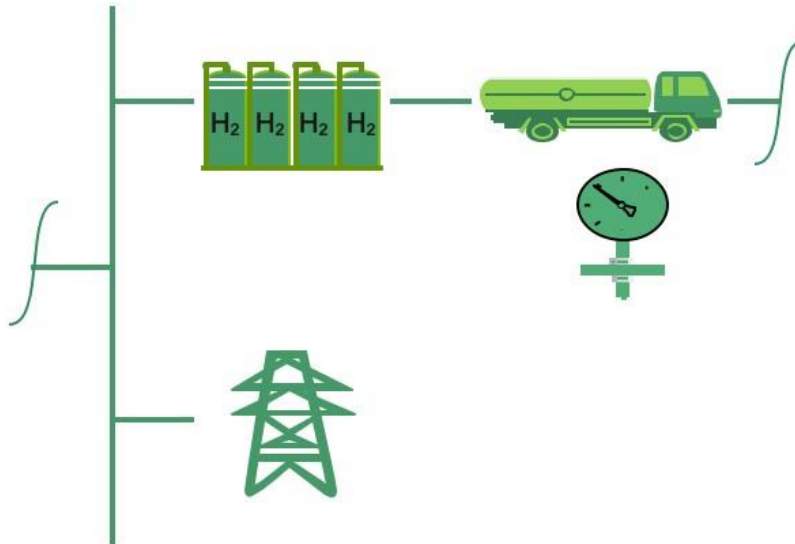
U razdoblju do 2030. godine ključno je osigurati proizvodnju dovoljne količine obnovljivog vodika koji bi poslužio kao sirovina u industrijskim procesima. U skladu s tim, omogućavanje neprekidne proizvodnje obnovljivog vodika osigurat će njegovu primjenu u industrijskim procesima prvenstveno kod petrokemijske industrije, a kasnije i kod industrije koja koristi velike količine prirodnog plina ili težih oblika fosilnih goriva (cementna industrija, industrija stakla, metala i sl.). U tom smislu, potrebna je uspostava dovoljnog kapaciteta elektrolizatora, ali i ubrzana komercijalizacija drugih proizvodnih tehnologija za obnovljivi vodik.

Za uspostavu značajnije proizvodnje obnovljivog vodika, u početnom razdoblju, mogu poslužiti već postojeća industrijska postrojenja (tzv. „*brownfield*“ investicije) koja su pred gašenjem ili koja imaju potencijal prenamjene i uspostave novih, dekarboniziranih tehnologija u svojim proizvodnim procesima. Samo postavljanje elektrolizatora veće snage bit će lakše u onim postrojenjima koja već imaju za to odgovarajuću infrastrukturu.

Nakon 2030. godine, a posebice nakon 2040. godine, pretpostavka je da će potražnja rasti te će u skladu s time biti neophodno osigurati proizvodnju obnovljivog vodika dovoljnog za sve potrebe RH, a pritom vodeći računa i o potencijalnom izvozu obnovljivog vodika u zemlje u širem okruženju. Za postizanje toga, važno je osigurati razvoj i promicanje dodatnih kapaciteta električne energije iz OIE, novih tehnologija u proizvodnji obnovljivog vodika te uspostaviti kvalitetnu međusektorsku suradnju (poljoprivreda, gospodarenje otpadom, energetika, promet itd.) koja će omogućiti konkurentne ulazne troškove u proizvodnji obnovljivog vodika.

II. POHRANA (SKLADIŠTENJE) I TRANSPORT VODIKA

Pohrana (skladištenje) vodika na samom početku razvoja gospodarstva zasnovanog na vodikom može biti u plinovitom obliku. U dugoročnom razvoju, kada poraste potražnja za vodikom, moguća je njegova pohrana i u tekućem obliku koji ima smisla samo u nekim specijalnim primjenama gdje komprimirani vodik ne može zadovoljiti zahtjeve za volumenom. Također, imajući u vidu potencijal vodika za šire održivo gospodarstvo i ciljeve EU-a do 2050. godine, očekuje se usmjeravanje znanstvenoistraživačkih kapaciteta na osiguravanje novih tehnologija pohrane (skladištenja) vodika.



Slika 3. Lanac pohrane (skladištenja) i transporta vodika

Transport vodika može se obavljati u prikolicama sa spremnicima za vodik u plinovitom ili tekućem stanju koristeći cestovni, željeznički, pomorski i riječni promet. U slučajevima gdje je potrebno osigurati veće količine vodika i neprekidnu dobavu kao što je to slučaj kod industrijskih procesa, važno je osigurati odgovarajuću infrastrukturu cjevovodima (odnosno vodikovodima) od mjesta proizvodnje do mjesta potrošnje vodika. Izgradnja izravnog vodikovoda je tehnički izvediva, a do 2025. godine očekuje se i donošenje zakonodavnog okvira za transport i pohranu (skladištenja) vodika. Transport vodika je također moguć plinskim transportnim sustavom na način da se vodik, u određenom postotku, miješa s prirodnim plinom u transportnom sustavu uz naknadnu separaciju vodika iz mješavine, ako je negdje potreban čisti vodik. Ako je potrebna samo energija, onda ga nije potrebno odvajati.

RH ima razvijen plinski transportni i distributivni sustav. Ukupna duljina plinskog transportnog sustava iznosi preko 2.500 km, a distributivnog sustava preko 18.000 km preko kojeg se plinom izravno opskrbljuje preko 680.000 krajnjih kupaca u 19 od ukupno 20 županija i Gradu Zagrebu (neposredno preko sustava centraliziranog toplinskog grijanja broj krajnjih korisnika prirodnog plina je znatno veći). Plinski transportni sustav je preko interkonekcija s Mađarskom i Slovenijom povezan s regionalnim i europskim plinskim sustavom, a terminalom za ukapljeni prirodni plin (u daljnjem tekstu: UPP) i evakuacijskim plinovodima sa svjetskim tržištem UPP-a, što omogućava transport plina prema regionalnom i europskom tržištu.

U prvoj fazi će infrastrukturne potrebe za transportom vodika ostati ograničene jer će se potražnja podmirivati proizvodnjom u blizini ili na licu mjesta potrošnje. U određenim područjima očekuje se miješanje s prirodnim plinom. Odmah će započeti planiranje transportne infrastrukture za transport čistog vodika i infrastrukture za hvatanje i korištenje CO₂ s ciljem olakšavanja primjene određenih oblika vodika s niskim udjelom emisija CO₂. Planiranje razvoja mreže za transport vodika i CO₂ temeljit će se na principu najmanjeg troška, odnosno na optimiziranom korištenju i prenamjeni postojeće plinske infrastrukture u plinovode za transport vodika i CO₂.

U drugoj fazi će vodikova infrastruktura (novoizgrađena ili infrastruktura od prenamijenjenih plinovoda za prirodni plin) transportirat vodik ne samo za industrijske i prometne primjene već i za uravnoteženje električne energije i opskrbu toplinom za stambene i poslovne zgrade. U ovoj će se fazi pojaviti potreba za transportnom infrastrukturom na razini cijele RH i EU-a. Poduzet će se svi potrebni koraci s ciljem omogućavanja transporta vodika iz područja s velikim potencijalom OIE do centara potražnje smještenih na područjima s manjim potencijalima OIE, a i prema drugim državama članicama EU-a ili Energetske zajednice. RH će se aktivno uključiti u razvoj okosnice buduće paneuropske mreže za transport vodika (engl. *Backbone Transmission Infrastructure*). Gdje god je to tehnički i ekonomski opravdano, postojeći plinski transportni sustav će se prenamijeniti za transport obnovljivog vodika na veće udaljenosti, a razvit će se i veći spremnici vodika za koje se procjenjuje da će u ovoj fazi postati nužni. EU očekuje razvoj međunarodne trgovine vodikom pa će shodno tome RH iskoristiti svoj povoljan geografski položaj i potencijal postojećeg plinskog transportnog sustava te će, prema potrebi, izgraditi nove plinovode za transport vodika s ciljem preuzimanja uloge neizostavne karike u transportu vodika iz istočne Europe, Balkana i zemalja južnog i istočnog Mediterana krajnjim korisnicima vodika u RH i prema rastućem regionalnom i europskom vodikovom tržištu. U konačnici, postojeća lokacija za UPP terminal će se, ovisno o razvoju tržišta i realiziranim nacionalnim potencijalima za proizvodnju vodika, prenamijeniti u lokaciju za dobavu obnovljivog vodika.

Konačno, najveća prepreka bržem i širem usvajanju OIE, odnosno zelenoj energetske tranziciji je prvenstveno njihova promjenljivost na dnevnoj i godišnjoj razini. Za tu je svrhu potrebno kombinirati varijabilne izvore energije i neku vrstu pohrane (skladištenja) energije ako bi se ona mogla koristiti u vrijeme kada je potrebna, a ne kada je proizvedena.

Kada bi se uz sustave koji koriste OIE gradili i vodikovi sustavi, viškovi električne energije, koji se povremeno javljaju, mogli bi se pohranjivati (skladištiti) za kasniju uporabu. Time bi se preskočila najveća prepreka snažnijem razvoju novih elektrana. Pohrana (skladištenje) električne energije danas se odvija putem reverzibilnih hidroelektrana, baterijskih sustava i vodika.

Spremnici vodika mogu biti strateški geografski raspoređeni i međusobno povezani. Oni su centralni dio mikromreže. Umrežavanjem zelenih mikromreža može se prekriti čitav geografski prostor regije ili države jednom izuzetno fleksibilnom i robusnom zelenom električnom mrežom. Moguće je i direktno povezivanje spremnika i mrežom cjevovoda za vodik.

RH trenutno ima operativno jedno podzemno skladište plina „PSP Okoli“. U tijeku je izgradnja novog, manjeg podzemnog skladišta plina na lokaciji eksploatacijskog polja „Grubišno Polje“. Dodatno se, tijekom redovnih aktivnosti operatora sustava skladišta plina u RH, radi na daljnjem razvoju sustava kontinuiranim vrednovanjem novih potencijalnih lokacija podzemnih geoloških struktura pogodnih za pohranu (skladištenje) plina kao i njihovom potencijalu za skladištenje vodika u budućnosti. S obzirom na to da vodik, kao jedan od energenata budućnosti, privlači sve veći interes u EU-u i u svijetu zbog moguće svestrane primjene i doprinosa dekarbonizaciji, provest će se znanstveno utemeljena procjena mogućnosti prenamjene postojećih podzemnih skladišta plina za pohranu vodika. Pri tome će se uzeti u

obzir različiti čimbenici, kao što su analiza troškova i koristi i iz tehničko-gospodarske i iz regulatorne perspektive, opća integracija sustava i dugoročna troškovna učinkovitost. Utvrdit će se mogućnost pohrane (skladištenja) vodika u velikim količinama u postojeće podzemno skladište plina „PSP Okoli“, kao i u podzemno skladište plina „PSP Grubišno Polje“ koje je u izgradnji. Također, tijekom procesa vrednovanja novih lokacija za podzemno skladištenje (pohranu) plina utvrdit će se pogodnost geoloških formacija za pohranu vodika.

U prvoj fazi se u RH ne očekuje značajnija potreba za velikim spremnicima za vodik (engl. *Large Scale H₂ Storage*). No, u ovoj fazi je potrebno krenuti s planiranjem, zakonskom i tehničkom regulacijom i razvojem infrastrukture za pohranu vodika u velikim količinama, bilo vodika pomiješanog s prirodnim plinom ili samo čistog vodika. Dakle, alate za učinkovito otklanjanje potencijalnih prepreka potrebno je uključiti u sadržaj regulative od značaja za investicije i održivost projekata izgradnje skladišne infrastrukture za vodik.

Vodik će se koristiti za dnevnu i sezonsku pohranu energije te pružanje pričuve i privremene rezerve, čime će se srednjoročno povećati sigurnost opskrbe. U toj fazi pojavit će se potreba za logističkom infrastrukturom na razini cijele EU te će se vodik transportirati iz područja s velikom količinom energije iz OIE do centara potrošnje, koji se mogu nalaziti i u drugim državama članicama. Isplanirat će se okosnica paneuropske mreže i uspostaviti mreža punionica vodika. Postojeća plinska mreža može se prenamijeniti za transport vodika iz OIE na veće udaljenosti, za čiju pohranu će biti potrebni veliki podzemni spremnici za vodik.

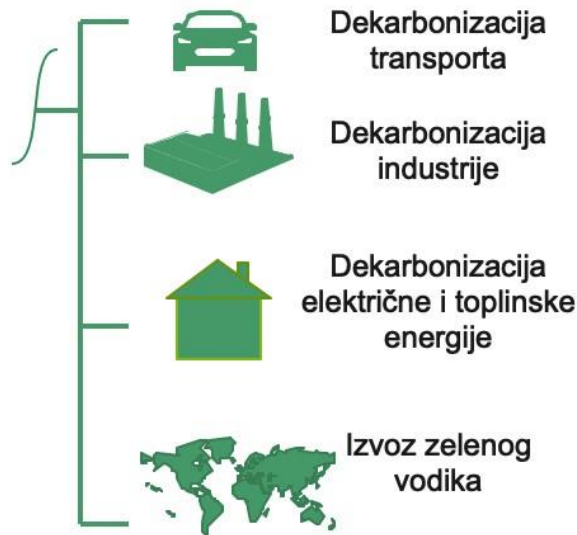
Nakon druge faze, tehnologije proizvodnje vodika, transporta, pohrane i korištenja vodika potrebno je usavršiti i široko primjenjivati u svim sektorima i djelatnostima. Stoga će biti potrebno izgraditi odgovarajuće podzemne kapacitete spremnika za vodik sukladno prognoziranim budućim energetske potrebama za ovim energentom u RH, a prema potrebi i zemljama regije.

III. KORIŠTENJE VODIKA

Vodik je jedan od elemenata važnih za provedbu dekarbonizacije energetike i gospodarstva. Posebice jer postoji niz sektora u kojima se vodik može primjenjivati: kao sirovina (u petrokemijskoj industriji, rafinerijama i sl.), u prometu (cestovni, željeznički, brodski i zračni prijevoz), energetika (pohrana energije, usluge sustava nužne za rad prijenosnog i distribucijskog sustava). Također, ne smije se zanemariti njegov potencijal kao moguće direktne zamjene za prirodni plin, ali i biti komplementaran ili zamjenski energent za održiva tekuća goriva.

Razvoj tržišta vodika i jačanje njegove potražnje treba se odvijati paralelno s razvojem kapaciteta za njegovo korištenje. Primjerice, osim razvijanja tehnologije proizvodnje obnovljivog vodika, važan preduvjet za njegovu primjenu u prometu je, uz nabavu vozila na vodik, i istovremeni razvoj potrebne infrastrukture za punjenje i transport vodika. Puno je veći izazov transformacija industrije koja će vodik početi koristiti za dekarbonizaciju stvarajući tako potrebu za velikim količinama obnovljivog vodika.

RH ima značajan potencijal unutar industrijskog sektora, posebice u rafinerijskoj proizvodnji i petrokemijskoj industriji, koje i danas koriste vodik proizveden iz prirodnog plina u sklopu svojih proizvodnih procesa. Vodik se može koristiti u ostalim energetski intenzivnim industrijama kojima je plin nužan u procesima kao sirovina, ali i kao energent. No, kako bi se to omogućilo, proces prelaska s fosilnih goriva na korištenje vodika kao energenta mora biti konkurentan i koordiniran sa stvaranjem i povećanjem kapaciteta za proizvodnju obnovljivog vodika.



Slika 4. Lanac korištenja vodika

Korištenje vodika u prometu

Imajući u vidu emisije CO₂ po sektorima, vodeći je sektor prometa koji ima najviše emisija CO₂ pa je sukladno tome istraživanje, razvoj i primjenu vodika potrebno usmjeriti u sve njegove grane. Posebice ako se u obzir uzme i potencijalno nametanje sustava trgovanja emisijama stakleničkih plinova (ETS sustav) sektoru prometa.

Uvođenje prometa u ETS sustav dodatno će ubrzati proces prelaska na promet s manjim CO₂ emisijama gdje vodik, uz električnu energiju i ostala alternativna goriva, može biti važan pokretač promjena. Vodik se kao pogonsko gorivo može uvesti u sve dijelove prometa, od cestovnog preko željezničkog do pomorskog, a tehnologija vodika otišla je toliko daleko da danas postoje i ultralaki gorivni članci i spremnici vodika koji se koriste u zrakoplovima i dronovima.

Za snažniju primjenu vodika u prometnom sektoru važno je istovremeno osigurati sve dijelove vrijednosnog lanca vodika od proizvodnje, preko transporta sve do korištenja vodika (odnosno osiguravanja dovoljnog broja vozila koja će vodik koristiti). Usklađivanje završetka izgradnje infrastrukture sa završetkom postupka nabave i isporuke vozila na vodik važno je za učinkovito korištenje te infrastrukture, što ima značajan utjecaj na brzinu razvoja novog tržišta i povjerenje u rezultate takvih investicija.

Danas već postoje vozila na vodik u serijskoj proizvodnji (automobili, autobusi, kamioni i sl.) što olakšava primjenu vodika u ovom dijelu prometa. Pritom se prvenstveno misli na javni gradski prijevoz čijim će se smanjenjem emisija CO₂ poboljšati kvaliteta zraka u urbanim

sredinama. U skladu s tim, sektor prometa je ujedno i najzreliji za primjenu vodika u RH. Iako je na svjetskoj razini udio teških vozila još uvijek zanemarljiv, imajući u vidu obećavajuću tehnologiju primjene gorivnih članaka za pogon teških vozila i značajne napore koji se ulažu u razvoj tehnologija u ovoj grani prometa, to se može vrlo brzo promijeniti.

Uspostava infrastrukture (punionica za vodik) predviđena je NOP-om, u kojemu vodik predstavlja jedno od rješenja za zamjenu ugljikovodika u gorivima srednjih i većih vozila. Strategijom prometnog razvoja Republike Hrvatske za razdoblje od 2017. do 2030. godine predviđeno je da će smanjenje negativnih ekoloških utjecaja na promet biti definirano mjerama koje su potrebne za ostvarivanje nacionalnih ciljeva i te mjere će se revidirati u okviru izrade novog NOP-a za uspostavu infrastrukture za alternativna goriva.

Uspostavu tržišta vodika u cestovnom prometu potrebno je započeti s velikim krajnjim korisnicima poput obveznika javne nabave u prijevozu putnika i roba sukladno usvojenim EU direktivama. Istodobno, potrebno je osigurati uspostavu mreže punionica za vodik u cestovnom prometu koja će, u prvim koracima, biti vezana uz veća gradska središta. U ovom koraku važno je osigurati uvjete (primjerice bespovratna sredstva) kojima će se izgraditi prva mreža punionica koje u prvih nekoliko godina, sasvim sigurno neće biti ekonomski isplative. Uspostavom mreže od deset punionica osigurat će se daljnje širenje mreže punionica na tržišnoj osnovi.

Posebno je važno osigurati brzi prelazak javnog gradskog prijevoza s fosilnih goriva na električnu energiju, odnosno baterije i vodik. Pri tome treba voditi računa kako su obje tehnologije jednako važne i nužne, ali vodik posebno treba potencirati u sredinama koje su na brdovitom terenu, imaju duge linije ili velike temperaturne oscilacije tijekom godina koje mogu utjecati na kapacitet baterija. Osim njih, veliki potencijal prelaska na vodik imaju i vozila u sektoru otpada kojima će se osim smanjenja emisija CO₂ osigurati i smanjenje buke što je nužno s obzirom na vrijeme provođenja operacija sakupljanja otpada.

U željezničkom prometu nema konkretnih ciljeva za razvoj i korištenje vodika stoga je isto neophodno razmotriti u odnosu na druga alternativna goriva. S obzirom na to da niz važnih željezničkih pravaca još uvijek nije elektrificiran, potrebno je razmotriti isplativost ulaganja u vodik u odnosu na ulaganja u elektrifikaciju navedenih pravaca. Studija „*Study on the use of fuel cells and hydrogen in the railway environment*“ koju je 2019. objavio *Fuel Cell Hydrogen Joint Undertaking* (FCH JU) je pokazala da su vlakovi na vodik konkurentni za duge neelektrificirane linije dulje od 100 km s niskom iskorištenošću – manje od 10 vlakova dnevno. Za putnički željeznički promet postoje gotova rješenja s obzirom na to da unutar Europe postoji već nekoliko proizvođača koji nude vlakove na vodik što dodatno pojačava konkurentnost korištenja vodika u željezničkom prometu. Zbog toga je nužno razmotriti prednosti korištenja vodika u željezničkom prometu s ciljem brze i učinkovite transformacije željezničkog prometa s fosilnih goriva na čistu energiju.

Pomorski promet također ima veliki potencijal za korištenje vodika. Posebice kada se radi o prometu vezanom uz povezivanje kopna i otoka. Iako su otoci u RH povezani s kopnom podmorskim kabelima, prilikom osiguravanja energetske neovisnosti pojedinih otoka, vodik se može koristiti kao potencijalni spremnik energije i ujedno kao gorivo za javni otočni prijevoz

kao i za trajekte, posebice kada su trajekti u stanju mirovanja i kada im za potrebe korištenja električne energije radi motor. Time bi se pohrana proizvedene električne energije iz viškova mogla kvalitetnije koristiti, posebice u periodu kada se smanjuje nastanjenost otoka (izvan turističke sezone) pa kapaciteti za proizvodnju postanu predimenzionirani.

Drugi segment brodskog prometa vezan je uz rijeke, a posebice Dunav koji je zadnjih godina postao atraktivan za riječne kruzere. Doda li se tome europska inicijativa kojom se namjerava uspostaviti transport vodika s jugoistoka Europe do zapadnog dijela EU, uporaba vodika može imati prednost nad drugim alternativnim gorivima.

Poseban segment koji se veže uz brodski promet vezan je uz opskrbu električnom energijom brodova na vezu (engl. *Cold Ironing*). Ovo je važan element posebice u lukama koje primaju veći broj kruzera (Dubrovnik, Split, Zadar). Većina luka danas koristi agregate na fosilna goriva koji emitiraju veliku količinu stakleničkih plinova te pri tome proizvode i buku. Zbog toga je nužno ovaj segment poslovanja luka što prije dekarbonizirati te osigurati ili direktnu opskrbu s OIE ili korištenje vodika preko gorivnih članaka za osiguravanje dovoljne količine električne energije za brodove u lukama.

Prometni sektor ima veliki potencijal za korištenje vodika kako u cestovnom, tako i u željezničkom, brodskom i zračnom prometu. Posebice je važno osigurati prelazak na vodik u sektoru željeznica kojima je uspostava infrastrukture za opskrbu vodikom daleko jednostavnija od ostalih prometnih sektora, a učinak na smanjenje emisija CO₂ velik.

U području zračnog i brodskog prometa moguće je koristiti sintetska goriva (e-goriva) koja imaju potencijalno manje troškove logistike i veću gustoću energije u odnosu na komprimirani ili ukapljeni vodik te istovremeno koriste poznate tehnologije motora s unutrašnjim izgaranjem. Također, potrebno je razviti cjelovito planiranje korištenja vodika u zračnim lukama.

Zaključno, za bržu implementaciju i sigurno korištenje vodika, uz sve navedeno, potreban je regulatorni i normativni okvir.

Korištenje vodika u industriji

Industrijska proizvodnja u RH ima veliki potencijal za korištenje vodika, posebice u procesu dekarbonizacije kao zamjena za fosilna goriva. Ovo se prvenstveno odnosi na industriju koja već koristi vodik u svojim procesima (petrokemijska industrija, rafinerije), ali se korištenje vodika treba usmjeriti i na sve druge energetske intenzivne industrije koje koriste fosilna goriva (posebice prirodni plin) kao energent za svoje proizvodne procese.

U RH danas se vodik uglavnom proizvodi u sklopu industrijskih postrojenja za potrebe vlastitih proizvodnih procesa, a proizvodi se iz prirodnog plina (tzv. *sivi vodik*). Ovo su ujedno i prva industrijska postrojenja u kojima se može razmišljati o dekarbonizaciji s ciljem zamjene vodika koji se proizvodi iz fosilnih izvora s obnovljivim vodikom.

Ujedno su to i lokacije koje trebaju značajne količine vodika te se na taj način može osigurati ujednačeno podizanje proizvodnje i korištenja vodika čime će se osigurati ekonomska

isplativost obaju procesa neophodnih za potpunu uspostavu gospodarstva zasnovanog na vodik.

Također, u sklopu tih procesa može se osigurati proizvodnja vodika na mjestu (ili blizu mjesta) korištenja čime će se smanjiti početne cijene proizvodnje zbog izbjegavanja transporta vodika na druge lokacije.

Slično kao i kod OIE, proizvodnja obnovljivog vodika može se decentralizirati s ciljem smanjenja cijena proizvodnje i jačanja konkurentnosti u industrijskim granama kojima se nameće pritisak dekarbonizacije.

Osim petrokemijske industrije i rafinerija (koje već koriste vodik), potreban je početak njegove primjene i u industrijama koje u tehnološkom procesu trebaju velike količine visoko temperaturne toplinske energije (npr. cementna industrija). Također, potrebno je istražiti i potencijal prelaska na vodik kod proizvodnje električne energije i potencijala vezanog za upravljanje električnom mrežom.

Povećanje potražnje za vodikom mora ojačati i industriju vezanu uz proizvodnju vodika i stvaranje novih poslova koji su vezani za dekarbonizaciju. Dekarbonizacija industrije, temeljena na korištenju vodika, mora obuhvatiti sve elemente gospodarstva zasnovanog na vodik od proizvodnje, preko pohrane (skladištenja) i transporta, do korištenja vodika u industrijskim procesima te kao energenta.

Kućanstvo

Vodik se može koristiti i kao nosilac energije za grijanje/hlađenje domova, bilo da se radi o većim ili manjim zatvorenim sustavima. Osim toga, kao prijelazna faza u dekarbonizaciji EU-a, potiče se umješavanje vodika u prirodni plin. Iako je za takve aktivnosti nužna prenamjena postojećih plinskih sustava, RH je, kao potpisnica deklaracije „*Održiva i pametna plinska infrastruktura za Europu*“, kojom se potiče jača primjena postojeće plinske infrastrukture u infrastrukturu za dekarbonizirane plinove, pokazala kako postojeća infrastruktura ima veliki potencijal za razvijanje distribucije vodika velikom broju krajnjih kupaca koji danas koriste prirodni plin uglavnom za grijanje i pripremu tople vode.

Potencijal korištenja vodika u grijanju i hlađenju još se uvijek razvija, ali već postoje razvijeni sustavi grijanja na vodik. Dodatni potencijal ima i korištenje vodika preko gorivnih članaka za dobivanje električne energije jer je u ovom procesu uz vodu, jedan od nusproizvoda i određena količina toplinske energije.

U skladu s navedenim, može se očekivati da će se vodik početi koristiti i u zatvorenim sustavima grijanja, posebice kod pametnih domova gdje će se iz vodika preko gorivnih članaka proizvoditi električna energija i toplina.

Za ovaj tip korištenja vodika potrebno je osigurati distribucijsku mrežu, ali se dugoročno može očekivati da će sustavi temeljeni na vodik polako istiskivati sustave na fosilna goriva koji su danas široko rasprostranjeni.

Iako za šire korištenje vodika treba osigurati distribucijski sustav, potencijal kojega ovi sustavi mogu imati u modernim domovima (korišteni kao sustavi minikogeneracije), kao i razvijeni distribucijski sustav, mogu potaknuti masovnije korištenje vodika u grijanju i hlađenju u razdoblju nakon 2030. godine. Danas se u područje grijanja i hlađenja kućanstava sve više koriste klimatizacijski uređaji koji su zapravo dizalice topline. Potrebno je uložiti okvirno trećinu energije u proces dizanja temperaturne razine toplinske energije uzete iz okoliša i njezino prebacivanje u zatvoreni prostor koji se zagrijava. Ta količina energije je uobičajeno električna energija (jer se grijanje provodi zimi) te se uzima iz električne mreže. No ona se može proizvesti ljeti iz sunčeve energije, pohraniti u vodik i koristiti po zimi preko gorivnih članaka. Alternativno je moguća i pohrana električne energije u baterijama, ali s manjom pouzdanošću.

Sigurnost opskrbe / pričuveni sustavi

Vodik je kao energent potrebno sve više uključivati u sigurnosne sustave civilne, ali i vojne namjene. S obzirom na široki spektar opcija koje nudi (skladište/pohrana električne energije, pogonsko gorivo) svakako je zanimljiv kao dio pričuvenih sustava koji ovog trenutka rade na fosilna goriva (bolnice, veliki sustavi opremljeni agregatima u slučaju nestanka električne energije), ali i za ugradnju u stambene zgrade. Ti sustavi mogu se prebaciti na vodik čime će se osigurati smanjenje emisija stakleničkih plinova, ali i sigurnost korištenja takvih sustava u zatvorenim prostorima (primjerice brodovima ili prostorijama) koji potencijalno mogu biti mjesta razvijanja ugljikovog monoksida (CO) prilikom rada pričuvenih sustava, posebice u situacijama kada se takvi sustavi koriste minimalno.

Takvi pričuveni sustavi već postoje na tržištu, a imajući u vidu niz institucija koje moraju osigurati minimalnu količinu energije zbog osiguravanja svojih aktivnosti, ovo može otvoriti nove gospodarske aktivnosti vezane uz proizvodnju dijelova opreme i opskrbu vodikom.

Jedna niša ovakvih sustava su i minisustavi na udaljenim i teško pristupačnim mjestima do kojih nije moguće jednostavno i sigurno dovesti električnu energiju. U situaciji snažnog razvijanja digitalnih sustava, potencijal vodika kao nosioca energije za te mikrosustave je posebno zanimljiv.

Opskrba vojnih objekata također je niša koja ima veliki potencijal u daljnjem razvoju gospodarstva zasnovanog na vodikom, posebice jer vodik može biti gorivo za vozila, a u isto vrijeme može biti i spremnik za proizvodnju električne energije nužne za napajanje građevina i sustava u slučaju velikih kriza.

Dodatni poticaj korištenja vodika u pričuvenim sustavima i spremnicima energije može biti i mogućnost decentralizirane proizvodnje obnovljivog vodika koju se može vezati uz pojedine lokalitete i na taj način ih učiniti još manje ovisnima o uobičajenim logističkim sustavima opskrbe.

IV. OBRAZOVANJE, ISTRAŽIVANJE I RAZVOJ

Obrazovanje, istraživanje i razvoj proizvoda i usluga vezanih uz gospodarstvo zasnovano na vodikom može dodatno osigurati gospodarski rast i razvoj novih gospodarskih grana u RH,

posebice jer se može raditi o proizvodima s visokom dodanom vrijednošću (poput proizvodnje elektrolizatora, proizvodnje i strojne obrade vitalnih komponenti i sl.).

Iako je niz sustava koji koriste vodik u prometu i industriji već došao do komercijalne faze (primjerice u sektoru prometa već postoji niz vozila na vodik u serijskoj proizvodnji), za unaprjeđenje potencijalnog korištenja vodika u svim nabrojanim segmentima nužno je usavršavanje postojećih i razvoj novih tehnologija u proizvodnji, transportu i korištenju vodika.

Primjerice, robotizirani viličari i dostavna vozila s pogonom na vodik mogu biti značajni segment buduće industrijske proizvodnje prenosila i dizala. Proizvodnja modula za električne viličare na gorivne članke zasigurno je dugoročni strateški smjer industrijske tranzicije RH.

Također, nužno je i obrazovanje i osposobljavanje ljudi koji će nositi razvoj gospodarstva zasnovanog na vodiku, kako u segmentu istraživanja i komercijalizacije, tako i u segmentu korištenja vodikovih sustava kao dio već postojećih procesa (primjerice u građevinskoj industriji, prometu i slično). Ono je posebno važno kada govorimo o sigurnosti sustava i eventualnim negativnim posljedicama koje se mogu dogoditi u sustavima koji koriste vodik. Upravo negativna percepcija javnog mnijenja može uvelike usporiti proces tranzicije što u trenutku snažne, ambiciozne i ubrzane dekarbonizacije može biti glavni razlog nedovoljne primjene vodika u gospodarstvu i kašnjenja u procesima dekarbonizacije. Stoga treba razvijati i promovirati i druge, znatno sigurnije načine pohrane vodika od onog pod visokim tlakom (primjerice koristeći metalne hidride).

Vežano za proizvodnju obnovljivog vodika, potencijal koji se danas promovira vezan je prvenstveno za elektrolizu. No, sve je više i drugih tehnologija (primjerice piroliza, uplinjavanje i sl.) kojima se vodik proizvodi uz minimalne količine CO₂. Potrebno je naglasiti da se razvijaju i tehnologije kojima se CO₂ može hvatati i koristiti ili se pak može pohraniti u geološke strukture.

Uloga istraživanja i razvoja je unaprjeđenje već postojećih tehnologija s naglaskom na povećanje učinkovitosti u procesima pohrane električne energije u vodik, kao i proizvodnje električne energije iz vodika. Minimalno povećanje učinkovitosti u ovim pretvorbama otvorit će još veći potencijal korištenju vodikovih tehnologija koje su sada još uvijek skuplje u nekim granama od tehnologije baziranih na korištenju fosilnih goriva. Također, potreban je fokus i na istraživanje materijala koji trebaju osigurati bolje čuvanje i transport vodika uz uporabu što je moguće manje energije za ovakve aktivnosti.

U skladu s navedenim, posebnu pažnju potrebno je usmjeriti na obrazovanje (stručnjaka i šire javnosti), razvoj novih inovativnih rješenja i na njihovu komercijalizaciju.

Obrazovanje

Danas se na nekoliko visokih učilišta održava nastava koja uključuje predavanja vezana na vodikovu tehnologiju (Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb, Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje Split, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Zagreb i drugi). Posebno je važno u postojeće studijske programe na visokim učilištima jače integrirati nove

obrazovne module i početi stvarati nove obrazovne programe na visokim učilištima koji će usmjeriti obrazovanje i osposobljavanje na segmente gospodarstva zasnovanog na vodiku i koji će obrazovati nove generacije visokokvalificiranih stručnjaka specijaliziranih za vodikove tehnologije.

Također, potreban je razvoj koncepta cjeloživotnog obrazovanja koje bi osiguralo adekvatnu specijalizaciju postojećih stručnjaka i pratilo razvoj svih segmenata tehnologije proizvodnje, pohrane (skladištenja), transporta i korištenja vodika.

Cjeloživotno obrazovanje posebice je važno u industriji, odnosno gospodarskim granama koje svoju budućnost vide u potencijalu vodikovih tehnologija i koji već aktivno rade na razvijanju novih proizvoda i usluga vezanih uz vodik.

Osim toga, potrebno je i široj javnosti približiti teme vezane uz vodik, posebice u području sigurnosti i potencijala koji vodik nudi pojedincima (vozila, sustavi grijanja / hlađenja i slično). Ovdje se uz obrazovne institucije mogu aktivno uključiti i udruge koje će osmisliti kratke programe odgovarajuće za određene dobne skupine te na taj način osigurati bržu i jaču primjenu ovih ideja u formalno obrazovanje.

Istraživanje novih tehnologija

Razvoj gospodarstva zasnovanog na vodiku potrebno je povezati s inovativnim proizvodima i uslugama koje će osigurati komercijalizaciju i širu primjenu novih tehnologija vezanih uz vodik.

U proizvodnji je potrebno promovirati usavršavanje proizvodnje vodika elektrolizom vode, kao i niz novih tehnologija za proizvodnju obnovljivog vodika ili iz do sada nekorištenih OIE (primjerice valovi) ili potpuno novim tehnologijama (primjerice piroliza otpada, uplinjavanje, fotoelektrokemijsko rastavljanje vode na vodik i kisik i drugo).

U području pohrane (skladištenja) i transporta treba osigurati tehnološke procese za umješavanje vodika u prirodni plin, kao i opremu i procese za prihvatljivu prenamjenu postojećih sustava temeljenih na prirodnom plinu. Osim toga, naglasak treba staviti i na razvoj novih metoda pohrane (primjerice metalni hidridi, LOHC – *Liquid Organic Hydrogen Carrier* i sl.).

Kod korištenja vodika potrebno je dodatno jačati elektrolizu, ali i niz sustava koje koriste vodik bilo kao energent, bilo da se radi o prijevoznim sredstvima, bilo da se radi o različitim uređajima kojima se osigurava uspješan tehnološki proces. Tehnologija elektrolize već je provjerena i razvijena (elektrolizatori s protonski izmjenjivom membranom, alkalni elektrolizatori, elektrolizatori s krutim oksidom), a za razvoj i demonstracije posebno su aktualni alkalni elektrolizatori bez membrane koji omogućavaju proizvodnju vodika na većim tlakovima.

Znanstvene institucije trebaju potaknuti primijenjena istraživanja vezana uz usavršavanje tehnologije proizvodnje obnovljivog vodika, njegovo čuvanje i transport te načine korištenja s posebnim naglaskom na razvoj novih tehnoloških procesa za industrije koje sada koriste fosilna

goriva. Jedno od područja istraživanja, razvoja i inovacija u kojemu RH može napraviti značajan iskorak je u optimiranju upravljanja procesima, dakle u upravljanju elektrolizatorima i gorivnim člancima, a pogotovo u upravljanju cijelim sustavima. Osim navedenoga, iskorak se može napraviti i u prenamjeni vozila na fosilna goriva u vozila na vodik (posebice kada su u pitanju željeznice i brodovi kao dugoročna prijevozna sredstva na kojima ovakav tip zahvata može biti isplativ). Potrebno je dodatno usavršavanje tehnologije korištenja vodika u prometnom sektoru vezano za izgaranje (kemijsko i elektrokemijsko) vodika (što ima potencijala primjerice u zrakoplovnoj industriji). Ovi tipovi istraživanja imaju za cilj osigurati povezivanje akademske zajednice i industrije.

Nadalje, potrebno je potaknuti jačanje istraživanja i inovacija u privatnom sektoru kroz transfer znanja iz akademske zajednice u industriju, u kontekstu razvoja novih proizvoda i usluga koje se mogu primjenjivati na tržištu EU-a, ali i na svjetskoj razini. Ovo je važno u onim dijelovima industrije kojima je glavna djelatnost vezana uz fosilna goriva ili su im tehnološki procesi ovisni o korištenju fosilnih goriva.

Znanstvena zajednica treba osigurati adekvatan broj stručnjaka koji će se aktivno uključiti u rad s industrijom te osigurati razvoj novih ideja kojima će se ubrzati proces uspostave gospodarstva zasnovanog na vodiku. Također, potrebna je uska suradnja znanstvenog i gospodarskog sektora u tzv. inovativna partnerstva s ciljem postizanja najboljih mogućih rezultata u razvoju novih proizvoda i usluga kojima se pospješuje brža primjena tehnologija temeljenih na korištenju vodika kao nosioca energije.

RH ima potencijala da uz već uspostavljene sustave vezane za korištenje vodika, unutar znanstvene zajednice, u suradnji s industrijskim sektorom, osigura niz inovacija kojima će se ubrzati korištenje vodika i brža uspostava gospodarstva zasnovanog na vodiku.

S obzirom na to da se radi o energentu koji sve više ulazi u gospodarstvo EU-a, svako rješenje i svaka inovacija ima veliki potencijal ne samo unutar RH već i na svjetskoj razini.

Regionalni centar za vodik

U sklopu istraživačkih aktivnosti i jačanja primijenjenih istraživanja vezanih uz vodik, potrebno je u RH razmotriti osnivanje Regionalnog centra za vodik (u daljnjem tekstu: Centar) koji bi bio mjesto za širenje gospodarstva zasnovanog na vodiku unutar tzv. EU 13 zemalja (13 najmlađih država članica EU-a) u kojima je korištenje vodika tek na početku. Zadaća Centra bila bi povezivanje postojećih istraživačkih grupa koje se bave vodikovim tehnologijama na području RH i regije, ali i njegovo afirmiranje kvalitetom i međunarodnom kompetitivnošću unutar tzv. EU 13 zemalja.

Centar bi vodila znanstvena zajednica uz podršku industrije i politike iz zemalja u širem okruženju RH te bi kao takav predstavljao mjesto susreta industrije i istraživanja, s ciljem realizacije projekata vezanih uz vodik i gospodarstvo zasnovano na vodiku. Glavni cilj Centra bio bi postati generator ideja i inovativnih rješenja koja će osigurati jačanje razvoja gospodarstva zasnovanog na vodiku. Tehničke informacije vezane uz osnivanje i

funkcioniranje Regionalnog centra za vodik definirat će se zasebnim aktom Vlade Republike Hrvatske.

Centar će biti i okosnica konzorcija znanstvenih institucija za provedbu Važnih projekata od općeg europskog interesa (engl. *Important Projects of Common European Interest – IPCEI*) vezanih uz vodik te će ubrzati razvoj novih tehnologija i opreme vezane za vodik i korištenje vodika. U skladu s navedenim, Centar će nabavljati odgovarajuću opremu i koordinirati nabavu opreme za testiranje gorivnih članaka i elektrolizatora te razvoj tehnologija proizvodnje, transporta i korištenja vodika, kao i provoditi istraživanja s ciljem njihove daljnje komercijalizacije.

Zaposlenici i suradnici Centra (sa svih znanstvenih ustanova u RH i iz regije), stručnjaci u području vodikovih tehnologija, provodit će dodatno obrazovanje postojećih inženjera koji žele nadograditi znanje i uključiti se u razvijanje vodikovih tehnologija.

3. STRATEŠKI CILJEVI RAZVOJA PRIMJENE VODIKA U GOSPODARSTVU

Strategija, u skladu s EU strategijom za vodik, određuje ciljeve u kratkoročnom razdoblju do 2026. godine, srednjoročnom od 2027. do 2030. godine i dugoročnom razdoblju od 2031. do 2050. godine.

Strategijom su postavljeni strateški ciljevi, koji direktno pridonose dekarbonizaciji gospodarstva i pridonose dekarbonizaciji Europe sukladno europskom zelenom planu i nacionalni ciljevi koji pokazuju potencijal i smjer kojim će se razvijati uspostava i funkcioniranje gospodarstva zasnovanog na vodik u RH.

Strateški ciljevi vezani su uz zajedničku EU politiku kojoj direktno pridonosi i RH, a kojima će se osigurati postizanje glavnog cilja klimatske neutralnosti EU-a do 2050. godine.

Strategijom su identificirani sljedeći strateški ciljevi RH:

- 1. Povećanje proizvodnje obnovljivog vodika;**
- 2. Povećanje iskorištavanja potencijala OIE za proizvodnju obnovljivog vodika;**
- 3. Povećanje korištenja vodika;**
- 4. Poticanje razvoja znanosti, istraživanja i razvoja vodikovih tehnologija.**

Strateški ciljevi horizontalno pridonose smanjenju CO₂ što je posebno važno imajući u vidu međunarodne obveze koje je RH preuzela kao dio EU-a s ciljem smanjenja utjecaja na globalno zatopljenje i smanjenje emisije stakleničkih plinova.

Jedna od zadaća ove Strategije je promicanje proizvodnje i potrošnje obnovljivog vodika u različitim sektorima gospodarstva, stvarajući potrebne uvjete za gospodarstvo zasnovano na vodik. Kako bi se osigurala potražnja, važno je postaviti ambiciozne, ali realne ciljeve za uključivanje vodika u različite sektore gospodarstva, koji su kompatibilni s ambicijama različitih sektora u energetskej tranziciji, s trenutnim i budućim investicijskim kapacitetima te s dostupnošću tehnoloških rješenja sposobnih osigurati željenu razinu inkorporacije. Navedeno

proizlazi iz dosadašnjeg znanja, temeljenog na studijama i izvješćima te zahtijeva dublju i tehničku raspravu s glavnim dionicima u različitim sektorima.

Za potrebe uspješnosti provedbe strateških ciljeva odabrani su pokazatelji učinka prikazani u tablici 1.

Tablica 1. Pokazatelji učinka strateških ciljeva

STRATEŠKI CILJ	POKAZATELJ UČINKA	POČETNA VRIJEDNOST	CILJNA VRIJEDNOST	
		2021/2022	2030	2050
Povećanje proizvodnje obnovljivog vodika	Kapacitet elektrolizatora Jedinica mjere: MW Kod: II.02.6.48	0	70	2750
Povećanje iskorištavanja potencijala OIE za proizvodnju obnovljivog vodika	Udio vodika u ukupnoj potrošnji energije, Jedinica mjere: % Kod: II.02.6.49	0	0,2	11
Povećanje korištenja vodika	Broj punionica vodika Jedinica mjere: broj Kod: II.02.6.50	0	15	100
Poticanje razvoja znanosti, istraživanja i razvoja vodikovih tehnologija	Broj patenata vezanih za gospodarstvo temeljeno na vodiku Jedinica mjere: broj Kod: II.02.6.51	0	5	50

Strateški ciljevi i pokazatelji učinka usklađeni su sa scenarijem klimatske neutralnosti, a ostvarenje postavljenih ciljnih vrijednosti u promatranom razdoblju uvelike će ovisiti o nizu vanjskih faktora. Scenarij klimatske neutralnosti napravljen je nastavno na scenarije iz Energetske strategije RH, a kako bi se isti uskladili s europskim zelenim planom koji je donesen na razini EU-a nakon donošenja Energetske strategije RH te isti ima veće ciljeve smanjenja CO₂ emisija. Navedeno je komplementarno s Energetskom strategijom RH s obzirom na to da se nadograđuje na već postavljene ciljeve i projekte koji su predviđeni Energetskom strategijom RH te ostavlja značajan prostor za razvoj vodika sa svrhom ostvarenja ciljeva sukladno scenariju klimatske neutralnosti.

Ostvarenje ciljeva moguće je aktiviranjem bliske suradnje znanstvene zajednice i gospodarskih subjekata u području razvoja tehnologija vodika i gospodarstva zasnovanog na vodiku. Također, za razvoj gospodarstva zasnovanog na vodiku neizostavna je nacionalna, regionalna i međunarodna suradnja u području vodikovih tehnologija s naglaskom na proizvodnju obnovljivog vodika.

Također, potrebno je istaknuti očekivanja tehnološkog skoka u području proizvodnje, pohrane (skladištenja) i korištenja obnovljivog vodika iza 2030. godine, a što može pozitivno utjecati na povećanje kapaciteta obnovljivog vodika.

Tablica 2a. Kretanja potrošnje i proizvodnje vodika sukladno scenariju klimatske neutralnosti

<i>Godina</i>	<i>Ukupna potrošnja energije* GWh/god</i>	<i>Udio vodika u ukupnoj potrošnji energije, %</i>	<i>Količina potrebnog vodika, kt/god</i>	<i>Kapacitet elektrolizatora, MW</i>
2020.	99.101	0,0	0	0
2025.	101.786	0,1	2,6	35
2030.	104.470	0,2	5,3	70
2035.	97.358	1,5	37	480
2040.	90.245	3,0	69	900
2045.	83.359	6,5	138	1800
2050.	76.473	11,0	214	2750

**RH, Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, Izrada scenarija za postizanje većih smanjenja emisija do 2030. godine i klimatske neutralnosti u Republici Hrvatskoj do 2050. godine za energetske sektor, Zagreb, 28. rujna 2020.*

U tablici 2a. prikazani su potrebni kapaciteti elektrolizatora koji električnu energiju potrebnu za proizvodnju vodika dobivaju iz mreže. Pretpostavkom korištenja električne energije iz mreže, iskorištenje kapaciteta elektrolizatora postavljeno je na 50 %, dakle, faktor kapaciteta od 0,50.

Ciljevi iskazani u tablici 2a. odraz su trenutnog stanja i dostupnih sredstava i usklađeni su s Energetskom strategijom RH.

No, s obzirom na potencijal koji gospodarstvo zasnovano na vodiku sve više dobiva u sklopu EU-a, kao i potencijal koji je RH iskazala u pogledu OIE, navedeni ciljevi mogu se dodatno povisiti kako je prikazano u tablici 2b. koja predstavlja scenarij ubrzanog razvoja gospodarstva zasnovanog na vodiku.

U tablici 2b. prikazani su potrebni kapaciteti elektrolizatora koji električnu energiju potrebnu za proizvodnju vodika dobivaju isključivo iz OIE čime se osigurava obnovljivi vodik. S obzirom na varijabilnost OIE, određen je faktor kapaciteta OIE 0,242 u cijelom promatranom periodu od 30 godina.

Tablica 2b. Kretanja potrošnje i proizvodnje obnovljivog vodika sukladno scenariju klimatske neutralnosti (*potencijalni scenarij ubrzanog razvoja gospodarstva zasnovanog na vodiku*)

<i>Godine</i>	<i>Ukupna potrošnja energije GWh/god</i>	<i>Udio vodika u ukupnoj potrošnji energije %</i>	<i>Količina potrebnog obnovljivog vodika kt/god</i>	<i>Kapacitet elektrolizatora MW (uz foIE = 0,242)</i>
<i>2020.</i>	99436,50	0	0	0
<i>2025.</i>	101762,50	1,25	13,94	384,02
<i>2030.</i>	104468,80	3,75	46,20	1272,73
<i>2035.</i>	97357,06	8,125	106,14	2923,97
<i>2040.</i>	90245,30	12,50	172,60	4754,82
<i>2045.</i>	83358,03	13,75	216,86	5974,10
<i>2050.</i>	76470,74	15,00	266,03	7328,65

Imajući u vidu navedene tablice, kao i jasnije definiranje početnih projekata vezanih uz gospodarstvo zasnovano na vodiku u RH, a za koji je dio sredstava osiguran iz EU fondova, prvi rezultati prioriteta provedbe očekuju se tijekom 2026. godine kada će završiti provedba projekata vezanih uz NPOO.

S obzirom na to da će se u prvoj etapi provedbe Strategije obnovljivi vodik proizvoditi pretežno iz elektrolizatora korištenjem električne energije iz OIE, u tablici 2b. prikazani su planirani kapaciteti elektrolizatora potrebnih za proizvodnju potrebne količine obnovljivog vodika sukladno scenariju klimatske neutralnosti.

U svrhu ostvarenja navedenih ciljeva, potrebno je osigurati kapacitete za proizvodnju vodika kroz više projekata na nacionalnoj razini i s promjenjivim razmjerima, zajedno s infrastrukturom koja će biti sposobna odgovoriti na očekivani razvoj tržišta, posebice u sektoru prometa. Važno je osigurati da se ulaganja u vodik ostvaruju bez značajnijeg pogoršanja energetske troškova krajnjih kupaca, a što je u ovom trenutku moguće kroz financiranje sredstvima iz EU fondova.

4. PROVEDBA

Dekarbonizacija energetskega sektora, sukladno EU strategijama, a posebno sukladno europskom zelenom planu, potencira jačanje proizvodnje električne energije iz OIE i razvoj niza tehnologija kojima će se osigurati smanjenje emisija CO₂. No, bez obzira na tranziciju, potrebno je da energetske sustavi i dalje ispunjavaju svoju osnovnu namjenu, a to je sigurna opskrba energijom svih krajnjih kupaca, po prihvatljivim cijenama, uz minimalan utjecaj na okoliš. U skladu s navedenim, potrebno je ubrzati razvoj gospodarstva zasnovanog na vodiku i

ojačati dekarbonizaciju čitave industrije uz otvaranje niza novih prilika koje vodik može otvoriti u lancu provedbe.

Kako bi se osigurala brza uspostava gospodarstva zasnovanog na vodiku potrebno je zainteresirati znanstveni i gospodarski sektor za snažniji upliv u gospodarske aktivnosti vezane uz vodik te na taj način potaknuti razvoj velikog broja projekata vezanih uz sve dijelove lanca vrijednosti gospodarstva vezanog za vodik.

Navedeno će se osigurati uspostavom strateškog i zakonodavnog okvira, podizanjem svijesti o značaju vodika u sklopu dekarbonizacije, jasnim definiranjem granica i komplementarnosti vodika s drugim čistim tehnologijama, osiguravanjem razmjene ideja i tehnologija, fokusiranjem na razvoj gospodarstva zasnovanog na vodiku kao multinacionalnog prioriteta te osiguravanjem izvora financiranja. Uspostava zakonodavnog i strateškog okvira osigurat će adekvatnu primjenu vodika i standardizaciju proizvodnje i korištenja vodika u svim sektorima.

Uredbom (EU) 2018/1999 Europskog parlamenta i vijeća od 11. prosinca 2018. o upravljanju energetsom unijom i djelovanjem u području klime, izmjeni uredaba (EZ) br. 663/2009 i (EZ) br. 715/2009 Europskog parlamenta i Vijeća, direktiva 94/22/EZ, 98/70/EZ, 2009/31/EZ, 2009/73/EZ, 2010/31/EU, 2012/27/EU i 2013/30/EU Europskog parlamenta i Vijeća, direktiva Vijeća 2009/119/EZ i (EU) 2015/652 te stavljanju izvan snage Uredbe (EU) br. 525/2013 Europskog parlamenta i Vijeća (Tekst značajan za EGP) (SL L 328, 21.12.2018.), propisana je obveza za izradom integriranog energetskeg i klimatskog plana kojim se propisuju ciljevi vezani uz dekarbonizaciju do 2030. godine zajedno s provedbenim mjerama, a koji je usvojen od strane Vlade Republike Hrvatske. Uredbom je predviđena izrada planova i za period nakon 2030. godine (2031. – 2040. i 2041. – 2050.)

Revizija spomenutog plana predviđena je za 2023. godinu te će njome biti obuhvaćeni i odgovarajući ciljevi iz Strategije u okviru postojećih i novih mjera. U definiranje mjera bit će uključena sva tijela državne uprave u čiju nadležnost će ulaziti predložene mjere i s njima u koordinaciji će se dogovarati i planirati potrebna financijska sredstva, a koja će na odgovarajući način biti prikazana i planirana u državnom proračunu.

Prioriteti provedbe koji će pridonijeti ostvarenju ciljeva iz Strategije, te koje je potrebno obuhvatiti zakonodavnim i strateškim okvirom su sljedeći:

1. Obnovljivi vodik koji se koristi u rafineriji za preradu konvencionalnih goriva potrebno je uračunati u doprinos smanjenja emisije stakleničkih plinova u prijevozu što će se ugraditi u regulatorni okvir RH. Ovo je u skladu s Direktivom (EU) 2018/2001 Europskog parlamenta i Vijeća od 11. prosinca 2018. o promicanju uporabe energije iz obnovljivih izvora (Tekst značajan za EGP) (SL L 328, 21.12.2018.), (u daljnjem tekstu: RED II) te se na ovaj način zamjenjuje doprinos OIE u prijevozu pomoću multiplikatora sa smanjenjem emisije stakleničkih plinova
2. Poticanje izgradnje cijelog lanca dobave (infrastrukture)
3. Poticanje korištenja vodika kao goriva:

- a. transponiranjem Direktive 2009/33/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 23. travnja 2009. o promicanju čistih i energetski učinkovitih vozila u cestovnom prijevozu (Tekst značajan za EGP) (SL L 120, 15.5.2009.) u regulatorni okvir RH Zakonom o promicanju čistih vozila u cestovnom prijevozu („Narodne novine“, broj 52/21.)
 - b. subvencioniranjem cijene goriva krajnjim korisnicima na paritetu prema konvencionalnim gorivima u početnoj fazi razvoja tržišta sa svrhom stvaranja potražnje
4. U cilju bržeg razvoja prioriteta provedbe pod točkama 2. i 3., nužno je poticati stvaranje vodikovih klastera (engl. *Hydrogen Hubs*), odnosno klastera koji će osigurati potražnju u velikom mjerilu (npr. luke, gradovi ili vodikove doline)
 5. Poticanje i sufinanciranje pilot/demo projekata proizvodnje e-goriva vezana uz obnovljivi vodik
 6. Harmonizacija i uvođenje međunarodnih standarda za primjenu vodika u prijevozu, npr. standardi za punionice vodika, kvalitetu vodika, standardi za kalibracije, odobrenja za vozila (npr. cestovni prijevoz), a za brodove uključiti Hrvatski registar brodova
 7. Bolji okvir za učinkovito korištenje električne energije iz OIE te formiranje prihvatljive cijene vodika, npr. dopuna postojeće Metodologije za određivanje iznosa tarifnih stavki za distribuciju električne energije („Narodne novine“, broj 104/15.), s ciljem izrade novih (poticajnih) tarifnih stavki za korištenje prijenosne mreže za prijenos električne energije iz OIE do mjesta proizvodnje obnovljivog vodika korištenjem elektrolizatora te za mogućnost korištenja elektrolizatora i gorivnih članaka za pružanje usluga operatorima sustava električne energije
 8. Poticanje razvoja inovacija u vrijednosnom lancu vodika stvaranjem pozitivnog regulatornog i strateškog okvira.

Uz navedene prioritete provedbe, potrebno je uložiti napore u podizanje svijesti šire javnosti o ulozi koju vodik može imati u dekarbonizaciji gospodarstva te pokazati da se radi o tehnologiji koja je sigurna i adekvatna za široku primjenu. Također, nužno je primjenu vodika provoditi paralelno s nizom drugih čistih tehnologija koje nisu konkurencija vodiku već se nadopunjavaju. Najbolji primjer je javni gradski prijevoz gdje je, u promicanju čistih vozila, neizostavno potrebno kombinirati vozila na vodik i električna vozila na baterije te koristiti pojedine tehnologije na linijama koje se za tu tehnologiju pokažu najprimjerenijima. Time će se izbjeći negativni učinci pojedinih tehnologija i osigurati ubrzana dekarbonizacija javnog gradskog prijevoza.

S ciljem provedbe i praćenja realizacije ove Strategije ministarstvo nadležno za energetiku će u suradnji s Centrom osigurati donošenje potrebnog zakonodavnog okvira u svrhu provedbe gore navedenih prioriteta i pratiti ispunjavanje postavljenih ciljeva.

Osim navedenoga, a s ciljem ispunjenja svih planiranih prioriteta provedbe potrebno je ojačati suradnju s drugim državama članicama, posebno u sklopu EU-a te iskoristiti potencijal koji se nudi putem uspostave projekata od velikog europskog značaja vezanih za vodik.

4.1 Međuresorna suradnja i suradnja s regionalnom i lokalnom zajednicom

S obzirom na potrebu razvijanja gospodarstva zasnovanog na vodik u više sektora nužna je kvalitetna međusektorska suradnja koja će oplemeniti paralelan razvoj proizvodnje i korištenja vodika. Primjerice, u prometnom sektoru potrebna je uska suradnja dvaju tijela državne uprave s ciljem paralelnog razvoja sustava za korištenje vodika u svim segmentima prometa i osiguravanja dovoljne količina obnovljivog vodika, u energetsom smislu, za navedene sustave.

Nadalje, potrebna je i kvalitetna suradnja s regionalnom i lokalnom samoupravom sa svrhom osiguravanja kvalitetne i učinkovite provedbe projekata u skladu sa svim potrebama lokalne zajednice. To je posebice važno kada govorimo o razvoju mreže punionica vodika za promet, ali i kasnije kada će se vodik proizvoditi i koristiti u većim količinama (primjerice u industriji). Uz to, potrebno je voditi računa o interesu regionalne i lokalne zajednice te o potencijalu koji pojedina regionalna i lokalna zajednica posjeduje kada je u pitanju razvoj gospodarstva zasnovanog na vodik u. Taj potencijal i iskaz potreba potrebno je jasnije povezati na nacionalnoj razini s ciljem stvaranja mreže potencijalnih projekata, a u svrhu osiguravanja ubrzane provedbe i otvaranja dodatnog pristupa potencijalnim sredstvima za realizaciju navedenih projekata.

4.2 Međunarodna suradnja

Intenzivna i učinkovita međunarodna suradnja važna je za razvoj gospodarstva zasnovanog na vodik u, naročito u uspostavi masovne proizvodnje obnovljivog vodika kako bi on cjenovno bio prihvatljiv za šire korištenje uz istovremeno osiguravanje tehnološke proizvodnje i korištenja čiste energije.

Na početku uspostave gospodarstva zasnovanog na vodik u potrebno je osigurati harmonizirani rast ponude i potražnje s ciljem otvaranja mogućnosti razvoja tržišnih uvjeta i smanjenja potrebe za subvencioniranjem projekata.

Za istovremeno jačanje proizvodne i potrošačke moći u gospodarstvu zasnovanog na vodik u potrebno je osigurati dovoljno kapaciteta za proizvodnju obnovljivog vodika, ali i dovoljnu potražnju pa se zajedničkom suradnjom nekoliko država može ubrzati proces pokretanja tržišta. Ovakav vid suradnje potencira se i u strateškim dokumentima (primjerice u Integriranom energetsom i klimatskom planu) te predstavlja dobar instrument za ubrzanje razvoja gospodarstva zasnovanog na vodik u.

Međunarodna suradnja bitna je i zbog jačanja trgovine obnovljivim vodikom na svjetskoj razini, osobito kada je u pitanju standardizacija kvalitete te definiranje minimalnih uvjeta za proizvodnju obnovljivog vodika u svrhu osiguravanja njegove pristupačnosti na svjetskoj razini.

4.3 Instrument za povezivanje Europe

EU je uspostavila instrument za povezivanje Europe (engl. *Connecting Europe Facility*) (u daljnjem tekstu: CEF) kao instrument pomoći usmjeren na izgradnju digitalne, prometne i energetske infrastrukture na razini EU-a sukladno Uredbi (EU) 2021/1153 Europskog parlamenta i Vijeća od 7. srpnja 2021. o uspostavi Instrumenta za povezivanje Europe i stavljanju izvan snage uredaba (EU) br. 1316/2013 i (EU) br. 283/2014 (Tekst značajan za EGP) (SL L 249, 14.7.2021.). Instrument za povezivanje Europe nadopunjuje Uredbu (EU) br. 347/2013 Europskog parlamenta i Vijeća od 17. travnja 2013. o smjernicama za transeuropsku energetska infrastrukturu te stavljanju izvan snage Odluke br. 1364/2006/EZ i izmjeni uredaba (EZ) br. 713/2009, (EZ) br. 714/2009 i (EZ) br. 715/2009 (Tekst značajan za EGP) (SL L 115, 25.4.2013.), (u daljnjem tekstu: Uredba TEN-E) na način da služi rješavanju problema manjka sredstava namijenjenih projektima koji imaju veliku socioekonomsku i društvenu vrijednost. EK je predstavila prijedlog za reviziju Uredbe TEN-E 15. prosinca 2020. u kojoj je utvrđeno 11 prioriteta koridora i 3 prioriteta tematska područja koja treba razviti i međusobno povezati. Njome se ažuriraju kategorije infrastrukture prihvatljive za potporu s naglaskom na dekarbonizaciji i daje novo usmjerenje na odobalne elektroenergetske mreže, infrastrukturu za vodik i pametne mreže. To će se uglavnom postići putem projekata od zajedničkog interesa koji su prihvatljivi za financiranje iz Instrumenta za povezivanje Europe za razdoblje 2021. – 2027. EK donosi popis projekata od zajedničkog interesa u obliku delegirane uredbe koja se temelji na procjeni takozvanih regionalnih skupina. Vijeće je 11. lipnja 2021. postiglo opći pristup o Uredbi o TEN-E, a 15. prosinca 2021. privremeni politički dogovor o prijedlogu s Europskim parlamentom.

Nadalje, ostvarivanje statusa projekta u skladu s Uredbom TEN-E preduvjet je za financiranje prekograničnih infrastrukturnih projekata iz CEF-a. Ovim instrumentom planirano je sufinanciranje projekata vezanih uz uspostavu infrastrukture za transport i proizvodnju vodika. Financirat će se uspostava mreže cjevovoda za transport vodika diljem EU-a sa svrhom stvaranja uvjeta za otvaranje tržišta na EU razini i osiguravanja dovoljne količine vodika za sve procese nužne za dekarbonizaciju. S druge strane, financirat će se velika postrojenja elektrolizatora s ciljem poticanja masovne proizvodnje obnovljivog vodika, a koja je potrebna za osiguravanje dekarbonizacije niza industrijskih procesa kojima je, za napuštanje fosilnih goriva, bitno osigurati velike količine vodika. Prilika koju CEF nudi naročito je značajna za manje države članice koje se mogu ujediniti i osigurati proizvodnju koja će zadovoljiti tržišta svih uključenih zemalja.

Također, instrument CEF osigurava bespovratna sredstva za financiranje pripreme i provedbe projekata te je važan element za smanjenje rizika i osiguravanje adekvatne potpore bez koje se niz projekata ne bi nikada realizirao.

Također, potrebno je istaknuti da je ovim instrumentom omogućeno povezivanje pojedinih zemalja u više različitih područja poput potencijalnog transporta vodika, adekvatne razmjene vodika i uspostave sinergije između mjesta koje imaju optimalne uvjete za proizvodnju vodika i industrije kojoj je vodik potreban za uspostavu čistih procesa proizvodnje.

Ovaj instrument, kada je riječ o energetici, osigurava financiranje tzv. Projekata od zajedničkog interesa (engl. *Project of Common Interest – PCI*) koji se odnose na suradnju dviju država članica EU-a i Projekata od uzajamnog interesa (engl. *Project of Mutual Interest – PMI*), koji se odnose na suradnju države članice i treće zemlje, a sukladno Uredbi TEN-E. Ovaj tip projekata, prije usvajanja, prolazi rigoroznu analizu unutar EK te je nužno da svaki projekt na PCI listi ima direktni ili indirektni utjecaj na najmanje dvije države članice. Imajući u vidu da proces uspostave liste traje gotovo dvije godine, potrebno je što prije pripremiti potencijalne projekte vezane uz transport i proizvodnju vodika s ciljem osiguravanja pristupa potencijalnom financiranju pripreme projekata i njihovoj realizaciji.

4.4 Doline vodika

Poseban oblik međunarodne suradnje vezan je uz potencijalnu uspostavu dolina vodika (engl. *Hydrogen Valleys*). Radi se o svjetskoj inicijativi te je trenutno na pet kontinenta uspostavljeno 36 dolina vodika. To su regionalni sustavi smješteni unutar više država, koji povezuju proizvodnju vodika, transport i različite krajnje uporabe (poput mobilnosti ili industrijske sirovine) te su važni za uspostavu i jačanje gospodarstva zasnovanog na vodik. Postoje i unutar članica EU-a poput Nizozemske, Španjolske, Njemačke i sl.

Doline vodika imaju za cilj promovirati mogućnosti i potencijal vodikovih tehnologija u svrhu privlačenja dodatnih ulaganja u regije i države koje su uspostavile dolinu vodika te osigurati lanac vrijednosti od proizvodnje do korištenja vodika. Privlačenje investicija na svjetskoj razini osigurava vidljivost i prepoznatljivost pojedinih regija po pitanju vodikovih tehnologija.

RH je uključena u projekt „Dolina vodika Sjeverni Jadran“ zajedno s Republikom Slovenijom i *Autonomnom regijom Friuli, Venezia Giulia* iz sjeverne Italije. Predmetna dolina je u procesu uspostave i za cilj ima povezivanje projekata, koji su sastavni dio doline, s potencijalnim partnerima u državama članicama doline. Uz to, dolina ima važnu ulogu i u osiguravanju vidljivosti RH, SI i IT unutar EU-a, kao i njihove vodeće pozicije ispred 13 najmlađih država članica EU-a (EU 13 država), koje još uvijek nemaju dovoljno razvijen potencijal za proizvodnju i korištenje obnovljivog vodika.

4.5 Projekti od zajedničkog europskog interesa

Zbog jačanja gospodarstva zasnovanog na vodik na EU razini javlja se sve veća potreba za uspostavom projekata od zajedničkog europskog interesa za vodik (engl. *Important Project of Common European Interest*) (u daljnjem tekstu: IPCEI). Projekti od zajedničkog europskog interesa (IPCEI) jedan su od mjerodavnih alata za podupiranje strateških lanaca vrijednosti na europskoj razini.

Instrument važnih projekata od zajedničkog europskog interesa (IPCEI) iznimno je važan za mobiliziranje privatnih ulaganja i javnih sredstava u područjima u kojima postoje tržišni nedostaci, posebno kada je riječ o opsežnom uvođenju inovativnih tehnologija. IPCEI je zamišljen kao ključni strateški instrument u okviru provedbe Industrijske strategije Europske unije. IPCEI koja okuplja znanje, stručnost, financijska sredstva i gospodarske aktere diljem EU-a u cilju prevladavanja važnih tržišnih ili sustavnih propusta i društvenih izazova na koje se, bez aktivacije znanja i resursa nekoliko zemalja unutar EU-a, ne bi moglo odgovoriti. IPCEI

projekti zamišljeni su kao veliki konzorciji unutar EU-a koji u sebi objedinjuju ključne strateške lance vrijednosti s usko povezanim projektima pojedinih tvrtki. Poseban je naglasak na istraživanju i razvoju, kao i na prvoj industrijskoj primjeni. Osmišljeni su s ciljem udruživanja javnog i privatnog sektora u provedbi velikih projekata koji EU-u i njezinim građanima donose znatne koristi.

IPCEI zahtijeva odobrenje EK prema Zakonu o državnim potporama („Narodne novine“, br. 47/14. i 69/17.). Tvrtke i države članice u namjenskom postupku prijavljivanja moraju dokazati da IPCEI slijedi najvažniji europski interes i da se projekti ne bi mogli realizirati samo pod tržišnim uvjetima. Uz njihovo odobrenje, EK osigurava da sve države članice EU-a mogu imati koristi, da nema velikog narušavanja tržišnog natjecanja i da se tvrtke u svojim projektima pridržavaju osnovnih općih i posebnih kriterija utvrđenih za ovu vrstu projekata.

Proces uspostave IPCEI za vodik je u tijeku, a njegovom uspostavom otvara se mogućnost aktivnog uključivanja RH u konzorcij sa svrhom ostvarivanja potencijala koji vodik nudi hrvatskom gospodarstvu.

5. PRAĆENJE PROVEDBE, IZVJEŠĆIVANJE I VREDNOVANJE

Strategija je okvir za razvoj gospodarstva zasnovanog na vodiku i implementacije novih tehnologija vezanih uz vodik u gospodarstvo RH.

Praćenje, vrednovanje i izvješćivanje o provedbi Strategije neizostavan je dio procesa strateškog planiranja. Praćenje provedbe Strategije obuhvaćat će proces prikupljanja, analize i usporedbe pokazatelja kojim će se sustavno pratiti uspješnost provedbe ciljeva iz Strategije. Tijekom provedbe Strategije pratit će se napredak i ostalih dostupnih podataka koji će pomoći pružiti sveobuhvatne informacije o učincima provedbe Strategije i utjecaju na društvo u cjelini.

Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja će izvješće o provedbi Strategije podnositi u skladu s propisanim načinom i rokovima, a ključne nositelje strateškog planiranja na svim razinama će, u svrhu pružanja pravovremenih i relevantnih podataka, trajno obavještavati o provedbi Strategije.

Za potrebe poboljšanja uspješnosti provedbe Strategije, nakon 2030. godine će se provesti postupak srednjoročnog vrednovanja kojim će se vrednovati svi ciljevi strategije, odabrani pokazatelji uspješnosti provedbe i njihova usklađenost s povezanim aktima strateškog planiranja.

6. FINANCIRANJE

EU strategija za vodik procjenjuje iznos ukupnih ulaganja u proizvodne kapacitete do 2050. godine, na području EU-a, u rasponu od 180 do 470 milijardi EUR. U razdoblju do 2030. godine ulaganja u elektrolizatore kretat će se između 24 i 42 milijarde EUR. Istovremeno, bit će potrebno 220 – 340 milijardi EUR za povećanje i izravno spajanje 80 – 120 GW kapaciteta sunčanih elektrana i vjetroelektrana na elektrolizatore s ciljem osiguravanja potrebne električne energije. Ulaganja u opremu postojećih postrojenja s hvatanjem i pohranom CO₂ procjenjuju se na 11 milijardi EUR, a dodatnih 65 milijardi EUR bit će potrebno za transport, pohranu

(skladištenje) i punionice vodika. Prilagodba gospodarstva na korištenje vodika također će zahtijevati značajna ulaganja, npr. 160 – 200 milijuna EUR potrebno je uložiti u prenamjenu postrojenja za čelik u EU, koja su pri kraju životnog vijeka, u postrojenja na vodik. U sektoru cestovnog prijevoza procjenjuje se da bi uvođenje dodatnih 400 punionica vodika na maloj skali moglo zahtijevati ulaganja od 850 – 1000 milijuna EUR.

Za uspostavu gospodarstva zasnovanog na vodiku u RH također su potrebna značajna ulaganja u svim sektorima, od proizvodnje, promicanja i poticanja novih tehnologija, istraživanja, pohrane (skladištenja) i transporta vodika do korištenja vodika u prometu (punionice i vozila) i industriji (tehnološki procesi).

Procjena makroekonomskih učinaka provedena je za dva razvojna scenarija definirana Strategijom. Prvi scenarij, sukladan scenariju klimatske neutralnosti, podrazumijeva instalirani kapacitet elektrolizatora u razdoblju do 2050. godine u iznosu od 2750 MW. Drugi scenarij, zasnovan na pretpostavkama ubranog razvoja gospodarstva zasnovanog na vodiku u istom vremenskom razdoblju podrazumijeva instalirani kapacitet elektrolizatora u iznosu od 7328,7 MW.

Za svaki od predmetnih scenarija procijenjene su potrebne kapitalne investicije kako bi se realizirali potrebni kapaciteti za proizvodnju vodika. Investicije uključuju troškove elektrolizatora, kompresora i spremnika za vodik. Shodno tome, prvi scenarij zahtijeva kapitalnu investiciju u iznosu od 23,8 milijardi HRK u razdoblju do 2050. godine, dok drugi scenarij u istom razdoblju zahtijeva investiciju u iznosu od gotovo 70,2 milijardi HRK.

Makroekonomski učinci ulaganja za svaki pojedini scenarij grupirani su po petogodišnjim razdobljima, a isti su prikazani tablicama u nastavku.

Tablica 3. Makroekonomski učinci kapitalnih ulaganja u infrastrukturu za proizvodnju vodika sukladno scenariju klimatske neutralnosti

<i>Razdoblje</i>	<i>Potrebna kapitalna investicija</i>	<i>Prosječna godišnja investicija</i>	<i>Prosječna godišnja dodana vrijednost</i>	<i>Prosječni godišnji BDP</i>	<i>Prosječna godišnja zaposlenost</i>
<i>Godina</i>	<i>milijuna HRK</i>	<i>milijuna HRK/god</i>	<i>milijuna HRK/god</i>	<i>milijuna HRK/god</i>	<i>Broj zaposlenih/god</i>
2020 - 2025	438	88	52	61	296
2025 - 2030	403	81	47	56	272
2030 - 2035	4.305	861	526	631	3.062
2035 - 2040	3.985	797	487	584	2.834
2040 - 2045	7.628	1.526	921	1.108	5.389
2045 - 2050	7.089	1.418	856	1.030	5.009
	23.848 (ukupno)	795 (prosječno)	479 (prosječno)	574 (prosječno)	2.784 (prosječno)

U cjelokupnom analiziranom razdoblju, u prvom bi scenariju prosječna godišnja investicija iznosila 795 milijuna HRK. Za očekivati je da će predmetne investicije dovesti do rasta broja novozaposlenih (u godišnjem prosjeku za 2784 osobe u odnosu na početnu godinu analize). BDP bi u prosjeku godišnje porastao za 574 milijuna HRK, dok bi dodana vrijednost iznosila 479 milijuna HRK u prosjeku godišnje.

Tablica 4. Makroekonomski učinci kapitalnih ulaganja u infrastrukturu za proizvodnju vodika sukladno scenariju ubrzanog razvoja gospodarstva zasnovanog na vodiku

<i>Razdoblje</i>	<i>Potrebna kapitalna investicija</i>	<i>Prosječna godišnja investicija</i>	<i>Prosječna godišnja dodana vrijednost</i>	<i>Prosječni godišnji BDP</i>	<i>Prosječna godišnja zaposlenost</i>
<i>Godina</i>	<i>milijuna HRK</i>	<i>milijuna HRK/god</i>	<i>milijuna HRK/god</i>	<i>milijuna HRK/god</i>	<i>Broj zaposlenih/god</i>
2020 - 2025	4.810	962	566	674	3.250
2025 - 2030	10.231	2.046	1.204	1.434	6.913
2030 - 2035	17.338	3.468	2.119	2.541	12.331
2035 - 2040	17.370	3.474	2.123	2.546	12.354
2040 - 2045	10.333	2.067	1.247	1.501	7.301
2045 - 2050	10.108	2.022	1.220	1.468	7.142
	70.191 (ukupno)	2.340 (prosječno)	1.409 (prosječno)	1.690 (prosječno)	8.193 (prosječno)

U scenariju ubrzanog razvoja gospodarstva zasnovanog na vodiku, prosječna godišnja investicija iznosila bi 2,34 milijardi HRK. Shodno tome, rast broja novozaposlenih osoba iznosio bi u godišnjem prosjeku 8.193 u odnosu na početnu godinu analize. BDP bi u prosjeku godišnje porastao za 1,7 milijardi HRK, dok bi dodana vrijednost iznosila 1,4 milijardi HRK u prosjeku godišnje.

Tablica 5. Makroekonomski učinci kapitalnih ulaganja za scenarij razvoja infrastrukture za punjenje vozila s pogonom na vodik

<i>Razdoblje</i>	<i>Potrebna kapitalna investicija</i>	<i>Prosječna godišnja investicija</i>	<i>Prosječna godišnja dodana vrijednost</i>	<i>Prosječni godišnji BDP</i>	<i>Prosječna godišnja zaposlenost</i>
<i>Godina</i>	<i>milijuna HRK</i>	<i>milijuna HRK/god</i>	<i>milijuna HRK/god</i>	<i>milijuna HRK/god</i>	<i>Broj zaposlenih/god</i>
2020 - 2025	36	7,2	4,2	5,0	24,3
2025 - 2030	234	46,8	27,5	32,8	158,1
2030 - 2035	306	61,2	37,4	44,9	217,6

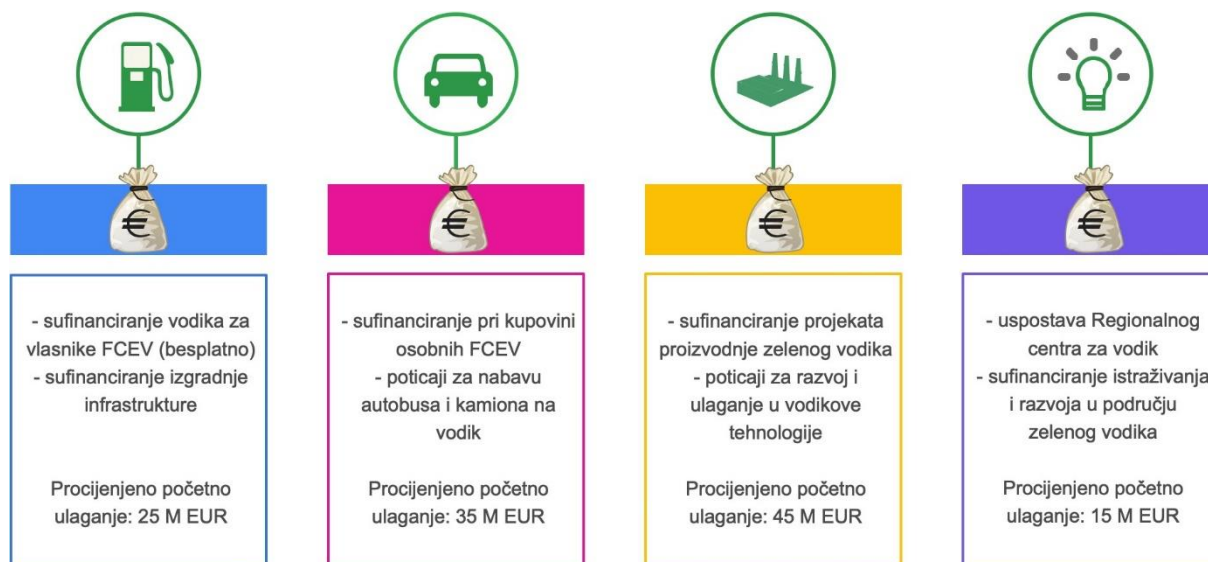
2035 - 2040	230	45,9	28,0	33,6	163,2
2040 - 2045	325	65,0	39,2	47,2	229,6
2045 - 2050	325	65,0	39,2	47,2	229,6
	1.456 (ukupno)	49 (prosječno)	29 (prosječno)	35 (prosječno)	170 (prosječno)

Strategija predviđa instalaciju 100 punionica za vozila s pogonom na vodik. Procijenjeno je da je za navedenu infrastrukturu u razdoblju do 2050. godine potrebna kapitalna investicija u iznosu od gotovo 1,5 milijardi HRK. Shodno tome, prosječna godišnja investicija iznosi oko 49 milijuna HRK. Realizacijom navedenoga, BDP bi u prosjeku porastao za 35 milijuna HRK godišnje, dodana vrijednost za 29 milijuna HRK godišnje, dok bi zaposlenost porasla u godišnjem prosjeku za 170 osoba u odnosu na početnu godinu analize.

Naročito je bitno osigurati bespovratna sredstva u prvim godinama provedbe projekata vezanih uz vodik, s obzirom na to da se radi o relativno novoj tehnologiji koja nije komercijalna te je direktno usmjerena na dekarbonizaciju. Za veći dio potrebnih sredstava potrebno je iskoristiti EU izvore financiranja bez obzira na to radi li se o investicijama u kapitalne troškove (uključujući i pripremu projekata) ili u operativne troškove vezane uz proizvodnu obnovljivog vodika, dok je dio sredstava potrebno osigurati iz nacionalnih sredstava.

Za kapitalne troškove (CAPEX) potrebna su EU sredstva za ulaganje u prve projekte elektrolizatora, s obzirom na to da je potreban dovoljan broj elektrolizatora u EU-u za isplativost projekta, a što se očekuje do 2030. godine. Postoje EU fondovi iz kojih je moguće povući sredstva za ovakve projekte i to je jedan od ciljeva realizacije europskog zelenog plana. Također, potrebno je razmotriti i poticanje na strani operativnih troškova poslovanja (OPEX), jer je cijena obnovljivog vodika danas od 2,5 do 5,5 puta skuplja od tzv. sivog vodika.

Dio navedenih sredstava odnosi se na uspostavu gospodarstva zasnovanog na vodiku i u RH. Na slici 5. prikazano je planirano financijsko ulaganje RH u vodikovu tehnologiju za instalaciju punionica vodika, uvođenje vozila i plovila na vodik, tranziciju industrije na vodik te za obrazovanje, istraživanje i razvoj.



Slika 5. Planirana ulaganja u vodikovu tehnologiju u RH

U sektoru transporta vodika potrebno je analizirati mogućnosti korištenja EU fondova, kreditnih linija i/ili nacionalnih programa s ciljem pružanja potpore gospodarstvenicima za lakši prijelaz na zeleno gospodarstvo. Kao primjer dobre prakse može poslužiti model subvencioniranja trošarine na plavo gorivo koje se koristi u javnom obalnom pomorskom prometu, a koji bi se mogao koristiti za subvenciju kWh električne energije proizvedene iz vodika preko gorivnih članaka koja bi se koristila za pogon brodova.

S obzirom na to da je potrebno utvrditi model kreiranja cijena obnovljivog vodika u početnoj etapi razvoja gospodarstva zasnovanog na vodik u RH, a s ciljem stimuliranja rasta potrošnje i uvođenja vodikovih tehnologija u promet, prijedlog je da trošarina, kao i kod čistih biogoriva, iznosi 0,00 HRK. Potencijalni oblici stimuliranja tržišta mogu biti i vaučeri za krajnje korisnike, pogodnosti u cestarinama, parkingu, i sl.

Za uvođenje novih tehnologija i izgradnju vodikove infrastrukture u prometnom sektoru RH, potrebno je osigurati financijska sredstva za sufinanciranje takvih projekata koji zbog svoje niske razine ekonomije volumena nisu isplativi na samom početku razvoja.

Sufinanciranje obiju etapa uvođenja vodika u prometni sektor RH potrebno je podržati u vremenskom periodu do deset godina jer se u tom periodu očekuje zrelost svih tehnologija i dovoljna razina ekonomije volumena tih tehnologija da one dalje mogu biti komercijalno isplative za sve subjekte u lancu opskrbe vodikom na tržištu. Razina sufinanciranja mora biti dovoljna da nove tehnologije, koje zamjenjuju postojeće, postanu komercijalno isplative za sve subjekte u lancu opskrbe vodikom.

Nužno je u idućem periodu osigurati dovoljno izvora financiranja kojima će se potaknuti rast i razvoj gospodarstva zasnovanog na vodik u. To mogu biti nacionalna sredstva, EU sredstva i privatne investicije te kombinacija svih ovih mogućnosti.

Uspostava gospodarstva zasnovanog na vodiku većim se dijelom treba financirati EU sredstvima i to ne samo onima koja se dodjeljuju na EU razini, već i EU sredstvima koja se dodjeljuju na osnovi nacionalnih programa.

Od programa koja nemaju nacionalne alokacije svakako su najznačajniji **Inovacijski fond** i **Obzor Europa**. Inovacijski fond nudi financiranje projekata u fazi izgradnje, ali i korištenja tehnologije. Inovacijski fond nudi financiranje velikim projektima koji su iznad 7,5 milijuna EUR te manjim projektima čija vrijednost ne prelazi 7,5 milijuna EUR, kojima se financiraju demonstracijske i inovativne niskouglične tehnologije, a time i vodik.

U sklopu programa **Obzor Europa** mogu se financirati istraživački projekti usmjereni na komercijalizaciju istraživanja i sinergijski projekti koji u sebi uključuju zajednički rad znanstvenih institucija, lokalne zajednice i gospodarskih subjekata.

Također, EU sredstva dostupna su i kao nacionalni programi financirani EU sredstvima u sklopu europskih strukturnih i investicijskih fondova (ESIF), NPOO-a, Modernizacijskog fonda i sl.

U sklopu **NPOO-a** financirat će se elektrolizatori, punionice vodika te nabava vozila na vodik. Također, slične su investicije planirane u novom **Operativnom programu Konkurentnost i kohezija** uz što se planira i financiranje razvoja novih tehnologija i komercijalizacija novih proizvoda, a **Modernizacijski fond** ima široki spektar mogućnosti, od kojih je jedna vezana uz prometni sektor.

Nacionalna sredstva, kojima se mogu financirati projekti koji uključuju vodik, vezana su uz **državni proračun i prihod ostvaren prodajom emisijskih jedinica**.

U planu prodaje emisijskih jedinica 2021. – 2025. godine alocirana su sredstva za niskougličnu energetska tranziciju u sklopu koje se dio sredstava usmjerava na energetiku, a dio na promet. Ova sredstva mogu poslužiti kao dobar generator projekata s vodikom posebice u kontekstu nabave vozila na vodik te uspostave sustava za proizvodnju obnovljivog vodika.

Vezano za privatne investicije, koje se sve više usmjeravaju prema zelenoj tranziciji, iste će uvelike ovisiti o mogućim modelima sufinanciranja i isplativosti takvih projekata.

Korištenje nacionalnih i EU sredstava treba potaknuti daleko veće investicije prvenstveno u prvih desetak godina u proizvodnju obnovljive energije, proizvodnju obnovljivog vodika, njegov transport i pohranu (skladištenje) te istraživanje i razvoj novih proizvoda, kao i pokrenuti novi segment gospodarstva koji će osigurati adekvatnu transformaciju industrije.

U skladu s navedenim, potrebno je razmotriti uvođenje dodatnih mehanizama poticaja kroz druge strateške dokumente i planove u idućem periodu prilikom njihovih donošenja, a sve s ciljem premošćivanja vremenskog perioda između izgradnje infrastrukture i razvoja tržišta do razine ekonomske isplativosti investicija.

7. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Za ostvarivanje i provedbu procesa dekarbonizacije u RH potrebna je uspostava gospodarstva zasnovanog na vodik. Istovremeno, mogućnosti koje proizlaze iz gospodarstva zasnovanog na vodik predstavljaju dodatni poticaj tranziciji sadašnjeg gospodarstva RH u zeleno i napredno gospodarstvo koje će temelj postaviti na razvoju čistih tehnologija te otvoriti nove prilike.

Slijedom navedenoga, neophodno je započeti proces uspostave gospodarstva zasnovanog na OIE i obnovljivom vodik u cijelosti, odnosno od proizvodnje do korištenja vodika, uz uvjet da se usporedno osigura i odgovarajući broj stručnjaka što će se, između ostalog, osigurati i kroz uspostavljeni Centar.

Također, potrebno je započeti organiziranu i informativnu kampanju s ciljem podizanja svijesti šire javnosti o svim prednostima razvoja zelenih tehnologija i gospodarstva zasnovanog na vodik u RH. Na cijenu cijelog sustava za proizvodnju vodika, s gledišta operativnog rada, najviše utjecaja ima cijena električne energije (>50 %). Slijedom toga, za rad elektrolizatora potrebno je osigurati konkurentnu cijenu električne energije.

Priključenje elektrolizatora na mrežu, u smjeru preuzimanja električne energije s mreže, potrebno je napraviti prema stvarnom, a ne administrativnom trošku. U operativnom radu takav elektrolizator, koji nudi i usluge sustavu, potrebno je povezati s veleprodajnim cijenama električne energije, odnosno ne smije imati status krajnjeg kupca. Nadalje, cijenu električne energije potrebno je direktno povezati s burzom električne energije po veleprodajnoj cijeni, odnosno takav sustav ne smije imati status krajnjeg kupca.

Strategijom su utvrđeni strateški ciljevi koji će pridonijeti smanjenju CO₂ emisija u skladu s obvezama koje je RH preuzela kao dio EU-a s ciljem smanjenja utjecaja na globalno zatopljenje. Ostvarenje ciljeva će rezultirati povećanim udjelom potrošnje vodika u ukupnoj potrošnji energije u razdoblju do 2050. godine, kao i proizvodnjom obnovljivog vodika koju je potrebno dostići nastavno na projicirani udio u potrošnji.

U idućem periodu osigurat će se kapaciteti za proizvodnju obnovljivog vodika kroz više projekata na nacionalnoj razini, zajedno s infrastrukturom koja će biti sposobna odgovoriti na očekivani razvoj tržišta, posebice u transportnom sektoru. Predloženi mehanizmi poticaja kroz razne mogućnosti EU financiranja omogućit će realizaciju projekata po komercijalnim osnovama u idućem periodu, a sve s ciljem premošćivanja vremenskog perioda između izgradnje infrastrukture i razvoja tržišta do razine komercijalne isplativosti investicija.

8. POJMOVNIK

Elektrolizator (engl. *Electrolyser*) – uređaj za obavljanje elektrolize

Elektrolizatorski svežanj (engl. *Electrolyser Stack*) – skup elektrolizatora

ETS – Sustav trgovine emisijama stakleničkih plinova

GHG – staklenički plin (engl. *Greenhouse gas*)

Gorivni članak (engl. *Fuel Cell*) – izvor električnoga napona u kojemu se hladnim izgaranjem vodika uz dovod kisika i djelovanje katalizatora kemijska energija izravno pretvara u električnu energiju

Gospodarstvo zasnovano na vodiku (engl. *Hydrogen Economy*) – održivi energetska sustav u kojemu čisti vodik zamjenjuje fosilna goriva na bazi ugljikovodika

Klimatska neutralnost – označava ljudsko djelovanje bez utjecaja na klimu

Niskougljični vodik – smjesa fosilnog vodika uz primjenu tehnologija hvatanja i skladištenja CO₂ i vodika dobivenog elektrolizom vode iz električne energije

Obnovljivi vodik – vodik tijekom čije proizvodnje nema ispuštanja stakleničkih plinova ili je razina ispuštanja niska

Svežanj gorivnih članaka (engl. *Fuel Cell Stack*) – skup gorivnih članaka

Vodik (engl. *Hydrogen*) – kemijski element atomskog (rednog) broja 1 i atomske mase 1,00794(7)