



B&B
VISOKA ŠOLA ZA TRAJNOSTNI RAZVOJ

Diplomsko delo visokošolskega strokovnega študija
Program: Varstvo okolja

DRUŽBENA SPREJEMLJIVOST VODIKOVIH TEHNOLOGIJ

Mentor: mag. Muharem Husić, univ. dipl. inž. kem. teh. Kandidat: Drago Žalac

Somentor: prof. dr. Miran Gaberšček

Lektorica: Ana Peklenik, prof. slov.

Ljubljana, februar 2018

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju, mag. Muharemu Husiću, univ. dipl. inž. kem. teh., ki me je s svojo vnemo in znanjem usmerjal in spodbujal pri izdelavi diplomske naloge.

Hvala tudi somentorju, prof. dr. Miranu Gaberščku, ki mi je omogočil vpogled v raziskave na Kemijskem inštitutu in s tem sodelovanje z njihovimi vrhunskimi strokovnjaki. Tu se moram še posebej zahvaliti dr. Nejcju Hodniku za vso njegovo razumevanje, potrpežljivost in posredovanje znanja.

Zahvaljujem se tudi lektorici, Ani Peklenik, prof. slov., ki je mojo diplomsko nalogo jezikovno in slovnično pregledala.

Posebej se želim zahvaliti hčeri Moniki, ki je bila več kot potrpežljiva in razumevajoča v teh letih študija. Zahvaliti se želim Petru Horvatu, direktorju LPP, ki mi je zaupal in verjel vame, ter Francu Zrimu, ki edini niti enkrat ni podvomil v moje sposobnosti.

IZJAVA

»Študent Drago Žalac izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal/a pod mentorstvom mag. Muharema Husića, univ. dipl. inž. kem. teh.«

»Skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorski in sorodnih pravicah dovoljujem objavo tega diplomskega dela na spletni strani šole.«

Dne _____

Podpis: _____

POVZETEK

Dnevno smo deležni številnih informacij o vedno večji potrebi po obnovljivih virih energije. Geografski položaj Slovenije je takšen, da ji glede obnovljivih virov na izbiro ostaneta le vodna in jedrska, delno pa jima lahko prištejemo še sončno energijo.

Kaj je z vodikovo energijo? Ves čas se v povezavi s tem virom porajajo vprašanja: ali imamo tehnologijo, ali imamo znanje, kako je z varnostjo, kako je z uporabnostjo in učinkovitostjo. In ne nazadnje, kako družba sprejema tovrstno tehnologijo.

V Sloveniji je področje vodikovih tehnologij, kar se družbene sprejemljivosti tiče, še v povojih. Drugače je med strokovno javnostjo, kjer z znanjem in učinkovitim razvojem prednjačijo nekateri inštituti (npr.: Kemijski inštitut) in tudi nekatera gospodarska podjetja (npr.: Mebius), ki so prepoznala uporabnost vodikovih tehnologij. Za njihovo večjo učinkovitost in uporabnost v širšem družbenem smislu se pogreša sodelovanje gospodarstva. K temu naj dodamo še nezainteresiranost politike, ki v energetske koncept Slovenije, v nobeno točko, ni vključila vodikovih tehnologij. Tako je vse prepuščeno omenjenim inštitutom in gospodarstvenikom, ki v uporabnosti vodika vidijo učinkovito alternativo ostalim obnovljivim virom energije.

KLJUČNE BESEDE

- Okoljske tehnologije,
- energetske koncept Slovenije,
- vodikova energija,
- gorivne celice,
- družbena sprejemljivost.

ABSTRACT

We are exposed on a daily basis to the information concerning the need for application of renewable sources of energy. The geographical position of Slovenia doesn't allow for varied use of renewable sources of energy, except for hydropower energy, nuclear energy, and in some cases solar energy.

Where does the hydrogen power stand in the use of renewable sources of energy? Many questions arise concerning the use of hydrogen energy: do we possess the suitable technology for generating hydrogen energy, is our knowledge regarding the hydrogen energy sufficient, what are the security threats, and what about hydrogen energy efficiency and practicality. Last but not least, we have to ask ourselves about the general public or social acceptance of hydrogen energy.

While the Slovenian public is still quite unknowledgeable about hydrogen energy, the scientific circles, on the other hand, are very much in favor of it. The National Institute of Chemistry along with some companies such as Mebius have recognized the advantages of hydrogen technologies and are currently leading the way in the field of hydrogen energy in Slovenia. The disinterest of Slovenian government, who failed to incorporate the use of hydrogen technologies in the Slovenia's energy concept, and lack of support from the Slovenian economy have immensely contributed to the current position of hydrogen technologies in the eyes of the public. Due to their restraint regarding the hydrogen technologies, the promotion of hydrogen technologies lies solely in the hands of before mentioned institutes and various companies, who have recognized the use of hydrogen and who see it as an efficient alternative to the other renewable sources of energy.

KEYWORDS

- Environmental Technologies,
- Energy Concept of Slovenia,
- Hydrogen Energy,
- Fuel Cells,
- Social Acceptability.

KAZALO

1	UVOD	1
1.1	Predstavitev problema	1
1.2	Cilji naloge	1
1.3	Predstavitev okolja.....	1
1.4	Predpostavke in omejitve	4
1.5	Metode dela	4
2	OKOLJSKE TEHNOLOGIJE.....	5
2.1	Kaj so okoljske tehnologije?.....	5
2.2	Okoljske tehnologije na globalnem nivoju	7
3	ENERGIJA, ENERGETSKA POLITIKA, ENERGENTI	8
3.1	Vodikova energija in Evropa	8
3.2	Energetski koncept Slovenije	9
4	VODIKOVE TEHNOLOGIJE	10
4.1	Shranjevanje vodika	10
4.2	Tehnologija gorivnih celic.....	11
4.3	Zgodovina gorivnih celic	12
4.4	Elektroliza	13
4.5	Delovanje gorivnih celic	14
4.6	Tipi gorivnih celic	15
4.7	Polimerne gorivne celice (PEMFC)	16
4.8	Prednost gorivnih celic.....	18
4.9	Slabosti gorivnih celic	19
4.10	Uporaba polimernih gorivnih celic	21
5	RAZISKAVA RAZVOJA VODIKOVIH TEHNOLOGIJ	22
5.1	Razvojni center za vodikove tehnologije	23
5.2	Merjenje učinkovitosti katalizatorja – raziskava.....	26
6	DRUŽBENA SPREJEMLJIVOST VODIKOVIH TEHNOLOGIJ.....	34
6.1	Projekt Hyacinth.....	34
6.1.1	Tehnologija vodika in gorivnih celic.....	35
6.1.2	Stanovanjske gorivno-celične enote.....	36
6.1.3	Električna vozila na vodikove gorivne celice (HFCEV)	36
6.1.4	Podporniki in nasprotniki.....	37
6.1.5	Socialno-demografski odnos družbe do HFC-aplikacij	37
6.1.6	Učinek informacij in predhodne naravnosti.....	38
6.1.7	Model družbene sprejemljivosti HFC-opcij	38
6.2	raziskava javnega mnenja	39
6.2.1	Časovni potek izpolnjevanja ankete	39
6.2.2	Demografska vprašanja	39
6.2.3	Analiza rezultatov	41
7	ZAKLJUČKI	48
7.1	Ocena učinkov	49

7.2	Pogoji za uvedbo.....	50
7.3	Možnosti nadaljnjega razvoja	50
8	LITERATURA IN VIRI	52
9	PRILOGI	56

KAZALO SLIK

Slika 1:	Kemijski inštitut.....	3
Slika 2:	Organigram Kemijskega inštituta	3
Slika 3:	Vodikov cikel.....	11
Slika 4:	Poraba energentov v svetovnem merilu	12
Slika 5:	Shematski prikaz elektrolize vode	13
Slika 6:	Primerjava pretvorbe energije	14
Slika 7:	Zgradba gorivne celice	15
Slika 8:	Značilnosti gorivnih celic	16
Slika 9:	Shema delovanja polimerne gorivne celice	18
Slika 10:	Primerjava izkoristkov	19
Slika 11:	Primer uporabe gorivnih celic_1	21
Slika 12:	Primer uporabe gorivnih celic_2.....	21
Slika 13:	Enota za soproizvodnjo električne energije in toplote.....	22
Slika 14:	Logotipi ustanoviteljev RCVT	23
Slika 15:	Logotipi partnerjev RCTV.....	26
Slika 16:	Primeri zapisa sinteze vzorca	28
Slika 17:	Hranjenje vzorcev sinteze.....	28
Slika 18:	Vodna suspenzija	29
Slika 19:	Avtomatska pipeta oz. siringa	29
Slika 20:	Elektroda s filmom suspenzije.....	30
Slika 21:	Elektrokemična celica	31
Slika 22:	Polarizacijska krivulja.....	33
Slika 23:	Sodelujoče države, poleg Slovenije, v evropski raziskavi o poznavanju in družbeni sprejemljivosti vodikovih tehnologij	35
Slika 24:	Prednosti vodika	49

KAZALO TABEL

Tabela 1: Osebna izkaznica Kemijskega inštituta	2
Tabela 2: Časovni potek izpolnjevanja ankete	39
Tabela 3: Spol anketirancev.....	40
Tabela 4: Starost anketirancev	40
Tabela 5: Dosežena izobrazba	40
Tabela 6: Tip naselja.....	41
Tabela 7: Delež poznavanja OVE	41
Tabela 8: Delež poznavanja uporabnosti vodikovih tehnologij	43
Tabela 9: Delež vodikovih polnilnic	48

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Delež poznavanja OVE	42
Graf 2: Delež pomembnosti OVE	42
Graf 3: Dostopnost informacij o vodikovih tehnologijah	43
Graf 4: Uporabnost vodikovih tehnologij.....	44
Graf 5: Prednosti uporabe vodikovih tehnologij.....	44
Graf 6: Interesne skupine na področju vodikovih tehnologij.....	45
Graf 7: Posledica uporabe vodikovih tehnologij.....	46
Graf 8: Pomembnost dejavnikov	46
Graf 9: Delež sledenja novim okoljskim tehnologijam.....	47
Graf 10: Gorivo "prihodnosti"	47

KRATICE IN AKRONIMI

2H	devterij (vodikov izotop)
3H	tritij (vodikov izotop)
AgAgCl	srebrov/srebrov klorid
CO ₂	ogljikov dioksid
CO	ogljikov monoksid
EKS	Energetski koncept Slovenije
EU	Evropska unija
EZ-1	Energetski zakon
HYER	Evropsko združenje za vodik in gorivne celice ter elektro mobilnost
I _{fa}	Faradayev tok
I _{ka}	kapacitivni tok
kW	kilovat
LTBS	Laboratorij za toplotne batne stroje
LTE	Laboratorij za termoenergetiko
LVTS	Laboratorij za vodne in turbinske stroje
μl	mikroliter; 10 ⁻⁶ litra
NECAR	New Electric Car
NO _x	dušikovi oksidi
OVE	obnovljivi viri energije
pH	merilo za koncentracijo oksonijevih ionov v raztopini; določanje kislosti ali alkalnosti
Ppm	parts per million – število delcev na milijon
Pt	platina
RDE	rotirajoča disk elektroda
SIHFC	Slovenska tehnološka platforma za vodik in gorivne celice
SOFC	Solid Oxide Fuel Cell – keramične gorivne celice
V	volt
AFC	Alkaline Fuel Cell – alkalne gorivne celice
CNG	compressed natural gas – stisnjen naravni plin
CONOT	Center odličnosti nizko ogljičnih tehnologij
DMFC	Direct Methanol Fuel Cell – polimerne gorivne celice
EHEC	European Hydrogen Energy Conference
ETAP	Environment Technology Action Plan
HFC	Hydrogen fuel cell – vodikova gorivna celica
HFCEV	Hydrogen Fuel Cell Electric Vehicle – električno vozila na vodikovo gorivno celico
HYACINTH	HY drogen AC ceptance IN the T ransition pH ase – družbena sprejemljivost vodikovih tehnologij
LNG	Liquefied natural gas – utekočinjen zemeljski plin
LPG	Liquefied petroleum gas – utekočinjen naftni plin
MCFC	Molten Carbonate Fuel Cell – karbonatne gorivne celice

MEA	Membrane Electrode Assembly – membransko elektrodni sklop
PAFC	Phosphoric Acid Fuel Cell – fosforno kislinske gorivne celice
PEMFC	Proton Exchange Membrane Fuel Cell – polimerne gorivne celice
RCVT	Razvojni center za vodikove tehnologije

1 UVOD

1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA

Vodikove tehnologije so kot ena od uporabnih možnosti za zmanjšanje odvisnosti od fosilnih goriv brez dvoma naša prihodnost. Osnovne prednosti so širok spekter uporabnosti v vseh oblikah transporta, pri sproizvodnji toplote in električnega toka ter v brezprekinitvenih napajanjih.

Trenutno so medijsko najbolj izpostavljeni obnovljivi viri energije, ki imajo to slabost, da niso na voljo vedno, ko jih potrebujemo. Vodikove tehnologije omogočajo uporabo energije, pridobljene iz obnovljivih virov (OVE), v procesu elektrolize. Z elektrolizo, ki je elektrokemičen proces, pri katerem na katodi in anodi potekata oksidacija in redukcija kemijskih spojin ob prisotnosti enosmerne električne napetosti iz molekule vode tvorimo vodik in kisik.

Pregled obstoječih vodikovih tehnologij bo nadgrajen z analizo javnega mnenja o družbeni sprejemljivosti in uporabnosti omenjenih tehnologij.

1.2 CILJI NALOGE

Naloga bo odgovorila na več aktualnih vprašanj, in sicer o realnih možnostih uporabe vodikovih tehnologij, o vključevanju slovenskih podjetij v tovrstne raziskave in razvoj, predstavila bo konkretno raziskavo (v omejenem obsegu), približala osnovno poznavanje vodikovih tehnologij javnosti, pridobljeno bo mnenje javnosti o sprejemljivosti vodikovih tehnologij.

Cilji naloge so torej raziskati področje razvoja in uporabnosti vodikovih tehnologij, jih približati javnosti in pridobiti njihovo mnenje.

Naloga bo vsebovala splošno predstavitev področja uporabnosti vodikovih tehnologij, in sicer tako v Sloveniji kot svetu. V predstavljeni raziskavo, v kateri bomo sodelovali s strokovnjaki s Kemijskega inštituta v Ljubljani, bo prikazano slovensko znanje in doprinos k uveljavitvi uporabnosti vodikovih tehnologij. Osredotočili se bomo na slovensko znanje in povezovanje slovenskih podjetij, ko gre za razvoj in uporabnost vodikovih tehnologij.

1.3 PREDSTAVITEV OKOLJA

Kako se na področje vodikovih tehnologij vključuje Kemijski inštitut iz Ljubljane? Preden odgovorimo na to vprašanje, naj na kratko predstavimo dejavnosti inštituta.

Že na njihovi spletni strani so zapisali svoje poslanstvo, ki je ustvarjanje novih znanj s področja kemije in sorodnih ved, prenos pridobljenega znanja na mlajše generacije in prenos pridobljenega znanja v industrijo. Ravno ta zapis o prenosu pridobljenega znanja v industrijo že odgovori na zastavljeno vprašanje.

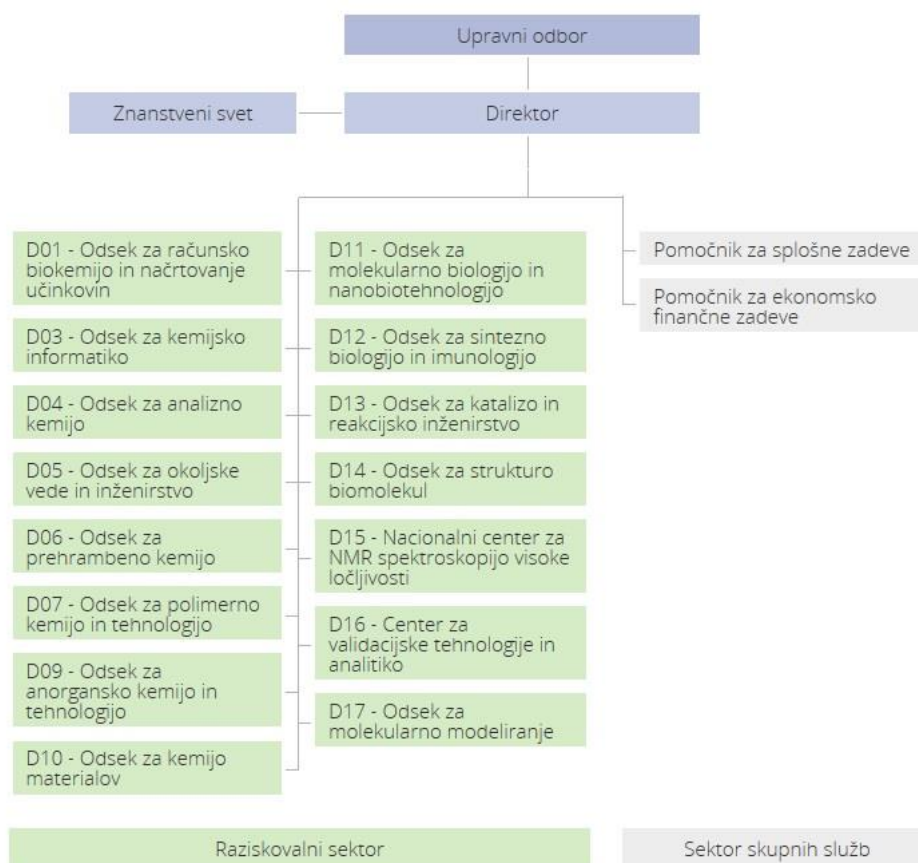
Vsebina diplomske naloge se tako delno nanaša na enega od odsekov Kemijskega inštituta (tabela 1), na odsek za katalizo in reakcijsko inženirstvo (sliki 1 in 2). Kot so zapisali na njihovi spletni strani, je *"Odsek za katalizo in reakcijsko inženirstvo prvenstveno posvečen kemijskemu (procesnemu) inženirstvu, načrtovanju in izgradnji reaktorjev ter obratovalnih enot, pa tudi večnivojskemu procesnemu modeliranju. Tematika odseka se nanaša predvsem na pretvorbo ogljikovega dioksida in zemeljskega plina, tehnologije vodika ter gorivne celice, vrednotenje biomase za pripravo bio osnovanih snovi in procese v (bio)farmaceutiki"* (Kemijski inštitut, 2018).

Naziv:	Kemijski inštitut
Naslov:	Hajdrihova 19, 1001 Ljubljana
Internet:	www.ki.si
Telefon:	01 4760 200
Faks:	01 4760 300
Davčna številka:	SI33840890
Direktor:	prof. dr. Gregor Anderluh
Skrajšani naziv:	KI
Podračun pri UJP:	01100-6030344533
Matična številka:	5051592000
Šifra pri ARRS:	104
Šifra dejavnosti:	72 190
Klasifikacija po SKIS:	S.13113
Število zaposlenih:	302

*Tabela 1: Osebna izkaznica Kemijskega inštituta
(Vir: Kemijski inštitut, 2018)*



Slika 1: Kemijski inštitut
(Vir: Kemijski inštitut, 2018)



Slika 2: Organigram Kemijskega inštituta
(Vir: Kemijski inštitut, 2018)

Naj pred nadaljevanjem povzamemo zapis o tem, kaj zaposlene v posameznih odsekih, če že ne vseh zaposlenih na Kemijskem inštitutu, motivira. "Globalna energetska kriza in posledične podnebne spremembe (dvig ravni CO₂ v atmosferi) so prisilile svetovne voditelje, da ponovno preučijo uporabo fosilnih goriv kot osnovni vir energije. Očitna dolgoročna rešitev je izbrati nekaj, kar ne povzroča škode za okolje in je na voljo brezplačno. Vsi obnovljivi viri, kot so sončna, vetrna, geotermalna in vodna energija, se štejejo za trajnostne, saj je teh oblik v izobilju. Sedanji veliki izziv je shranjevanje te prekinitvene energije, da bi zadovoljili povpraševanje. V prihodnjih letih bomo priča prehodu sodobne digitalne družbe na vodikovo in krožno gospodarstvo, kjer bo imela bistveno vlogo energetska pretvorba (električna energija v molekule in nazaj) in recikliranje kritičnih surovin." (Kemijski inštitut, 2018)

1.4 PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE

Pri ugotavljanju družbene sprejemljivosti vodikovih tehnologij bomo s pomočjo spletnega vprašalnika pridobili mnenje anketirancev o poznavanju okoljskih tehnologij (vodikovih tehnologij). Anketni vprašalnik je zasnovan na predpostavki, da je področje vodikovih tehnologij v širši družbi vse premalo prepoznano. Na podlagi tako pridobljenih odgovorov in izdelane analize bo naloga podprta z razlago rezultatov ankete.

V delu, ki se nanaša na vključitev v eno od raziskav (predstavitev področij sinteze in katalize) s področja vodikovih tehnologij, bo naloga omejena na podajanje postopkov, izvajanje same raziskave, podajanje in pojasnjevanje ugotovitev, ki bodo glede na kompleksnost tematike prilagojeni opredeljenemu obsegu naloge.

1.5 METODE DELA

S teoretično deskriptivno (opisno) metodo bomo v nalogi opisali in predstavili znana dejstva in poskusili podati osebno razmišljanje s kritičnim odnosom do predstavljenega. Poleg deskriptivne metode bo naloga vključevala metodo raziskave razvoja in metodo raziskave javnega mnenja (spletni vprašalnik).

V nalogo bodo vključene nekatere predhodne raziskave (na globalnem nivoju). Primerjali jih bomo z raziskavami, ki so potekale ali še potekajo v Sloveniji.

S pomočjo raziskave javnega mnenja (anketiranja) bomo pridobili informacije o poznavanju okoljskih tehnologij in predvsem o poznavanju ter družbeni sprejemljivosti vodikovih tehnologij.

2 OKOLJSKE TEHNOLOGIJE

Svet se spoprijema z resnimi okoljskimi težavami, kot so spremembe podnebja, izčrpavanje naravnih virov, onesnaženje zraka in izginjanje biotske raznovrstnosti. Vsi ti problemi imajo lahko katastrofalne posledice za življenje na Zemlji, zato je treba razviti izvirne rešitve in okolju prijaznejše tehnologije, s katerimi bi lahko preprečili nastanek takšnih problemov ali jih vsaj omejili. Že na sestanku Evropskega sveta v Göteborgu junija 2001 je bila sprejeta "Strategija trajnostnega razvoja EU", ki je Lizbonski strategiji dodala tudi okoljsko dimenzijo. Ravno ta dimenzija je bila tista prelomnica, ki danes omogoča razvoj okoljskih tehnologij.

Le pravilno naravnana okoljevarstvena politika bistveno prispeva tudi k trajnostnemu razvoju in k večji ekonomski rasti, zato je Evropska komisija v januarju 2004 objavila poseben "Akcijski načrt okoljskih tehnologij za Evropo" (Environment Technology Action Plan – ETAP, COM (2004) 38 final), ki je dal poseben poudarek razvoju novih inovativnih okoljskih tehnologij, ki bodo pripomogle k hitrejši uresničitvi ciljev (Inovativne okoljske tehnologije v luči nove evropske finančne perspektive 2007–2013, 2005).

Od 31. januarja do 1. februarja 2008 je na Dunaju potekal prvi Evropski kongres okoljske tehnologije in obnovljivih virov. Šlo je za "*vodilni dogodek te vrste, katerega namen je bil promoviranje dialoga med strokovnjaki in odpiranje novih tržnih možnosti v sektorju okoljske tehnologije*" (Enviotech 2008, 2007).

Cilj dogodka, ki se je odvijal pod pokroviteljstvom avstrijskega ministrstva za okolje, je bil "*predstaviti obširen pregled najnovejših inovacij, trendov in metod za reševanje problemov na področju okoljske in energetske tehnologije tako z različnimi forumi strokovnjakov kot tudi s prodajno razstavo*" (Enviotech 2008, 2007).

Evropa mora narediti več z manj viri. Bistvenega pomena je večja učinkovitost na vseh stopnjah proizvodnje. Ekološke inovacije so inovativni procesi, ki razvijajo in tržijo nove okoljske tehnologije, izdelke in storitve, ki zmanjšujejo vpliv na okolje. Podjetništvo in inovacije lahko skupaj ustvarijo trajnostne rešitve, ki omogočajo boljšo izrabo dragocenih virov in zmanjšujejo neugodne stranske učinke našega gospodarstva na okolje (Okoljske inovacije, 2009).

2.1 KAJ SO OKOLJSKE TEHNOLOGIJE?

Kaj so okoljske tehnologije? Zelo preprost odgovor bi bil: "Okoljske tehnologije so vse tiste tehnologije, ki v primerjavi z njim podobnimi tehnologijami počnejo isto, vendar brez ali z manj škodljivim vplivom na okolje."

Popolnoma razumljivo je, da ko govorimo o okoljskih tehnologijah, ne mislimo na tehnologije za čiščenje onesnaženja "na koncu cevi" (end-of-pipe). Gre za različne integrirane tehnologije, ki manj oziroma sploh ne onesnažujejo okolja kot trenutno uporabljene tehnologije za proizvodnjo izdelkov, novih materialov, proizvodnjo in učinkovito rabo energije ipd.

Nove in inovativne okoljske tehnologije prispevajo k ekonomski rasti na različne načine. Ker zmanjšujejo stroške varstva okolja, omogočajo več varstva okolja za manj denarja oziroma doseganje predpisanih okoljskih standardov na cenejši način. Na ta način privarčevane finančne vire lahko uporabimo kjerkoli drugje v gospodarstvu. Okoljske tehnologije pomagajo pri razbijanju vzročne povezave med onesnaževanjem okolja in rabo naravnih virov ter gospodarsko rastjo, kar omogoča dolgoročno večji obseg rasti gospodarstva ob spoštovanju omejitev zaradi okoljskih standardov. To je bistvo trajnostnega razvoja in krožnega gospodarstva.

V prihodnosti bo glavna težnja gospodarstva morala postati učinkovita raba virov vseh vrst, od surovin in vode, tal in čistega zraka do energije, vse drugo bo vodilo v konflikte svetovnih razsežnosti. Svetovna gospodarska rast in rast števila ljudi na Zemlji (po oceni že do devet milijard leta 2050) pomeni, da je poraba virov zelo hitra in da grozi pomanjkanje.

Bolj zaostreno tekmovanje za nekatere vire bo povzročilo pomanjkanje na trgu in rast cen, kar bi prizadelo tudi evropsko gospodarstvo. Zato Evropska komisija pritiska na države članice EU, naj začnejo razmišljati o programih ukrepov za učinkovitejše ravnanje z viri: od pridobivanja, prevoza, predelave in uporabe do odstranjevanja odpadkov. To pomeni z manj proizvesti večjo vrednost in drugačno potrošništvo (Okoljske tehnologije so lahko prihodnost, 2012).

Na Institutu Jožef Stefan so ustanovili "Center odličnosti nizkoogljične tehnologije" oz. "Center odličnosti Okoljske tehnologije" (v nadaljevanju: Center), ki združuje raziskovalne kapacitete raziskovalnih inštitutov in univerz s potrebami gospodarstva za celovito reševanje okoljskih problemov. Večje število (14) interdisciplinarnih raziskovalno-razvojnih projektov, ki jih Center trenutno izvaja, posega na različna področja, od razvoja novih analiznih metod, uporabe naravnih metod čiščenja odpadnih voda do razvoja in optimizacije novih proizvodnih tehnologij. Osnovna vizija Centra je ustvarjanje konkurenčnega znanja, tehnologij in izdelkov, ki bodo ohranjali naše okolje v skladu z načeli trajnostnega razvoja.

Z ustanovitvijo Centra je nastala mreža raziskovalnih, projektantskih in izvedbenih kapacitet, ki je zmožna dvigniti inovacijsko usposobljenost slovenskega gospodarstva, spodbujati enakomerni regionalni razvoj in omogočiti izobraževanje kadrov v raziskovalni sferi in gospodarstvu. Center ponuja mladim raziskovalcem možnost sodelovanja z industrijo in industrijskim partnerjem dostop do vrhunskega znanja in raziskovalne opreme (Okoljske tehnologije, 2016).

2.2 OKOLJSKE TEHNOLOGIJE NA GLOBALNEM NIVOJU

Na globalnem nivoju je pred človeštvom veliko izzivov v smeri razvoja okoljskih tehnologij, ki bi čim učinkoviteje izkoriščale naravne danosti v obliki obnovljivih virov energije. Na prvo mesto postavljamo potrebo po oskrbi s pitno vodo. Zaradi tega se razvijajo okoljske tehnologije, ki bodo ljudem omogočile dostop do njene zadovoljive kakovosti (npr.: razsoljevanje morske vode, s čimer bi ogroženim območjem zagotovili pitno vodo). Po dostopnih podatkih se trenutno s temi tehnologijami najbolj aktivno ukvarja Izrael. Za razvoj okoljskih tehnologij je odprtih veliko možnosti. V nadaljevanju navajamo le nekatera področja, kjer lahko z razvojem okoljskih tehnologij povečamo učinkovitost in sočasno zmanjšamo rabo in porabo tako naravnih virov kot energije:

- za izdelavo gorivnih celic, ki bi nadomestile rabo fosilnih goriv, se potrebuje ogromne količine drugih vrst energije,
- uporaba sončne energije prav tako potrebuje hranilnike energije, fotonov ponoči ni, težava je pri umestitvi v prostor,
- največji zbiralnik sončne energije na Zemlji so oceani, ki lahko dnevno absorbirajo toliko sončne toplote, kot bi je pridobili iz 250 milijard sodčkov nafte na dan,
- valovanje in plimovanje sta izjemno velika vira energije,
- izgradnja strešnih vrtov (zelena streha, Chicago) – strešni vrtovi pomagajo absorbirati toploto, zmanjšujejo vpliv ogljikovega dioksida (so ponori CO₂), oddajajo kisik, absorbirajo padavinsko vodo in zmanjšujejo poletno uporabo klimatskih naprav ter zmanjšujejo učinke toplotnih otokov v mestih.

Že teh nekaj primerov nam da vedeti, da smo šele ne začetku razvoja okoljskih tehnologij in učinkovite rabe naravnih danosti, ki so obnovljive ter znatno (več tisočkrat) presegajo potrebe človeštva po energiji.

3 ENERGIJA, ENERGETSKA POLITIKA, ENERGENTI

Energija, energetska politika, energenti – vsi trije pojmi zvenijo zelo znano, vsi jih poznamo. Pa v resnici vemo, kaj vse se skriva za njimi? V nalogi ne bomo neposredno razpravljali in/ali podajali pojasnil o tem. Želimo le opozoriti na pomembnost ukvarjanja z energenti, ki bodo učinkoviti in ne bodo pridobljeni iz omejenih naravnih virov. Kot enega takih energentov lahko prepoznamo tudi vodik.

V nadaljevanju naloge bomo podrobneje predstavili nekatere vidike, povezane z vodikom in vodikovimi tehnologijami. Zato v tem delu izpostavljam dva primera o pomembnosti in (pre)počasnem prodiranju vodika v našo zavest.

3.1 VODIKOVA ENERGIJA IN EVROPA

Španska Malaga v marcu 2018 gosti Evropsko konferenco o vodikovi energiji (v nadaljevanju: EHEC), ki je evropska referenčna konferenca na področju vodikove energije. EHEC ponuja odlična izhodišča, ko gre za novosti pri "*tehnologiji vodikovih gorivnih celic*" in predstavlja najboljše prizorišče za predstavitev najnovejših trendov v raziskovanju, projektih in tovrstnih izdelkih. Glavni cilj konference je promoviranje uporabe vodikovih tehnologij na svetovni ravni.

EHEC združuje tako strokovnjake, podjetja, raziskovalne centre, javne in zasebne institucije kot tiste, ki vlečejo in sprejemajo odločitve, iz celotnega sektorja vodikovih gorivnih celic. S tem se zagotavlja edinstveno priložnost za izmenjavo znanstvenih in tehnoloških informacij. EHEC je dogodek, ki ga nihče iz "skupnosti" vodikovih gorivnih celic ne bi smel zamuditi.

Prednosti:

Evropa potrebuje stabilno gospodarsko rast, energijsko in energetska varnost, tudi neodvisnost ter učinkovite ukrepe proti podnebnim spremembam. Ravno vodikove tehnologije so lahko skupni imenovalec omenjenim potrebam oz. zahtevam. Tako lahko vodikove tehnologije:

- ustvarjajo nove poslovne in komercialne priložnosti za evropska podjetja;
- shranjujejo, pretvarjajo energijo iz obnovljivih virov in jo uporabijo, ko nastopi potreba;
- zmanjšujejo delež ogljika, ki se ustvarja s transportom, z uporabo nič ogljičnih vozil;
- zmanjšujejo porabo energije in emisije toplogrednih plinov ter trdih delcev pri oskrbovanju s toploto in decentralizirajo proizvodnjo energije.

3.2 ENERGETSKI KONCEPT SLOVENIJE

Kaj pa Slovenija? Kako se v Sloveniji vključujemo v raziskave na področju vodikovih tehnologij? Kako je z zagotavljanjem energije? Vse to so osnovna vprašanja, ki bi si jih morala ves čas zastavljati tako strokovna kot laična javnost. V poglavju o raziskavah razvoja vodikovih tehnologij smo poskusili predstaviti slovenske aktivnosti na področju vodikovih tehnologij.

Energetski koncept Slovenije (EKS) je osnovni razvojni dokument na področju energetike, ki skladno z Energetskim zakonom (EZ-1) na podlagi projekcij gospodarskega, okoljskega in družbenega razvoja države ter na podlagi sprejetih mednarodnih obvez določa cilje zanesljive, trajnostne in konkurenčne oskrbe z energijo za obdobje prihodnjih 20 let in okvirno za 40 let. Ministrstvo za infrastrukturo skladno z EZ-1 pripravlja EKS. Gre za strateški dokument, ki se bo dotikal širokega spektra deležnikov – aktivnih udeležencev v energetske sektorju ali porabnikov v obliki industrije in državljanov. Dokument ne govori o posameznih projektih, temveč podaja strateške usmeritve, postavlja politični okvir, znotraj katerega je pot odprta prosti poslovni pobudi podjetij in posameznikov.

Krovna cilja Energetskega koncepta Slovenije sta:

- zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov, vezanih na rabo energije, za vsaj 40 % do leta 2035 glede na raven iz leta 1990;
- zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov, vezanih na rabo energije, za vsaj 80 % do leta 2055 glede na raven iz leta 1990.

Temeljni namen energetske politike je zagotoviti trajnostno ravnanje z energijo, zato bo ta okvir predvsem opredeljeval tri vidike trajnosti – podnebno sprejemljivost, zanesljivost oskrbe ter konkurenčnost. Vsi trije vidiki bodo morali biti spoštovani, da bo odločitev štela kot trajnostna in torej sprejemljiva (Energetski koncept Slovenije – predlog, 2017).

Predlog energetskega koncepta Slovenije v svoji celotni vsebini niti z eno besedo ne omenja ne vodika ne vodikovih tehnologij.

Čeprav je na javno razgrnitev predloga EKS ministrstvo s strani 40 organizacij, institucij in fizičnih oseb prejelo več kot 400 pripomb, je vodik omenila le Agencija za energijo. Predlagala je, da se besedilo strategije dopolni z zapisom: "... *ter zmogljive pretvornike proizvedenih viškov električne energije v druge oblike energije oziroma energentov, ki bodo za shranjevanje velikih količin cenejše,*" kar je utemeljila s potrebo po vključitvi pretvorbe električne energije v plin in vodik.

S februarjem 2018 (1. 2. 2018) je Ministrstvo za infrastrukturo obvestilo javnost o javni razgrnitvi EKS, ki bo v digitalni obliki razgrnjen do marca 2018 (2. 3. 2018). Tudi ta dokument ne vsebuje nobenega zapisa o vodiku.

4 VODIKOVE TEHNOLOGIJE

Vodik je najlažji in hkrati tudi najbolj razširjen kemični element v vesolju, vsebuje ga tako voda kot vse organske spojine in živi organizmi. Običajno gre za enovalentni, nekovinski in močno vnetljiv plin, ki nima ne barve ne vonja. Vodikov najbolj razširjeni izotop sestavljata le proton in elektron. Ne vsebuje nevtronov. V naravi najdemo še dva izotopa, in sicer: devterij 2H in tritij 3H, ki imata v atomu poleg protona in elektrona še po en oziroma dva nevtrona.

Vodik kot tretji najpogostejši element v naravi ni samostojen, temveč je kemijsko vezan v posameznih molekulah ali spojinah. Zato je za njegovo pridobivanje potrebna energija. Pri vsem tem se samo po sebi odpira in pojavlja ena in edina rešitev – uporaba alternativnih virov energije. Med temi je najbolj trajnostno naravnana (torej dolgoročno vzdržna) uporaba obnovljivih virov energije, ki so ponekod po svetu že v večjem delu nadomestili klasične fosilne vire energije.

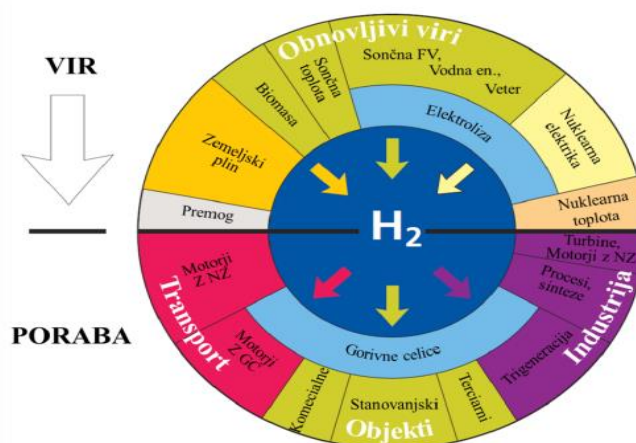
Vodikove tehnologije in uporaba energetskih sistemov na osnovi vodika zaradi globalnih problemov onesnaženja okolja in pomanjkanja fosilnih goriv postajajo pomembna smernica pri načrtovanju bodoče energetske politike. Zato so tehnologije pridobivanja vodika, njegovega shranjevanja, transporta in uporabe v sistemih z gorivnimi celicami že vrsto let predmet intenzivnega raziskovanja. Tovrstne raziskave so deklarirane kot prednostne v 7. okvirnem programu EU na področju energetike. Tudi Slovenija je v Resoluciji o nacionalnih razvojnih projektih za obdobje 2007–2023 kot enega ključnih projektov opredelila projekt Trajnostna energija in ekonomija vodika (Razvojni center za vodikove tehnologije, 2017).

4.1 SHRANJEVANJE VODIKA

Shranjevanje vodika za strokovnjake še vedno predstavlja enega ključnih izzivov pri učinkoviti uvedbi vodikovih tehnologij in vodikove ekonomije. Ko gre za področje industrije, je shranjevanje vodika bolj ali manj že rešeno. Večina raziskav se tako usmerja v manjše oziroma mobilne hranilnike.

Naj omenimo le eno od težav; gre za nizko volumsko energijsko gostoto vodika. To pomeni, da ga moramo, če ga želimo uporabljati v mobilnih enotah, hraniti stisnjene pod visokim tlakom ali zagotoviti kriogeni (nizkotemperaturni) način utekočinjenja vodika. Tovrstno shranjevanje (komprimiranje/stiskanje ali utekočinjanje) zahteva določeno količino energije.

Vse skupaj ni tako enostavno in se ne more zgoditi v kratkem času. Še vedno je osnovni problem visoka cena proizvodnje vodika iz obnovljivih virov energije. Šele z ekonomsko upravičenostjo, ko gre za proizvodnjo vodika iz alternativnih (obnovljivih) virov, bo možno vodik izpostaviti kot energent prihodnosti. Kljub temu se vodik in njegova raba (slika 3) ter uporabnost vedno bolj uveljavljata v družbi.

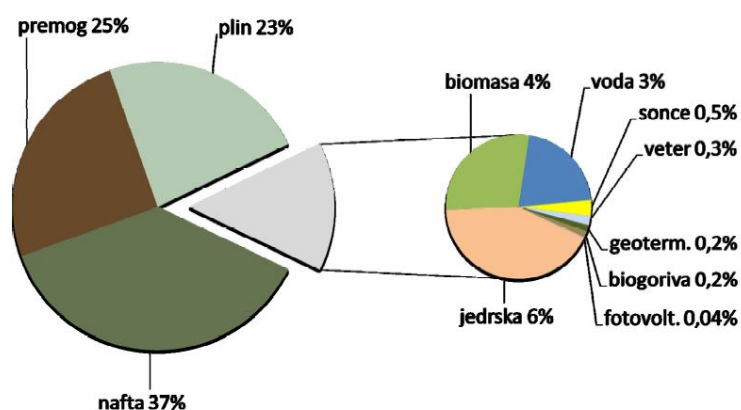


Slika 3: Vodikov cikel

(Vir: Optimizacija priprave katalizatorjev iz Pt-zlitin na ogljikovem nosilcu za nizekotemperaturne gorivne celice, 2018)

4.2 TEHNOLOGIJA GORIVNIH CELIC

Energija različnih oblik, predvsem pa kot elektrika, toplota in mehansko delo, je v današnjem svetu nujno potrebna za večino dejavnosti, ki jih vsakodnevno opravljamo oziroma delujejo okrog nas. Primarni viri za proizvodnjo energije so zelo raznoliki, kljub temu pa na sliki 4 vidimo, da energija, pridobljena iz fosilnih goriv, kot so nafta, premog in plin, predstavlja kar 85 % celotne proizvodnje (slika 4). Uran za jedrske elektrarne predstavlja 6 % od ostalih 15 % energentov za proizvodnjo energije. Taka uporaba primarnih virov je dolgoročno vsekakor nevzdržna, tako zaradi neugodnih okoljskih vplivov kot tudi zaradi dejstva, da se zaloge fosilnih goriv in urana stalno zmanjšujejo (Jurjevčič, Mori in Drobnič, 2012).



Slika 4: Poraba energentov v svetovnem merilu
(Vir: Tehnologije gorivnih celic, 2017)

Alternativa za fosilna goriva in uran so obnovljivi viri energije, pri izkoriščanju katerih so pomembne tudi vodikove tehnologije, med njimi tudi gorivne celice. Čeprav danes večino električne energije pridobimo posredno preko toplote, pa so začetki proizvodnje električne energije temeljili na neposredni pretvorbi kemične energije v električno (baterija).

4.3 ZGODOVINA GORIVNIH CELIC

Podobna neposredna pretvorba poteka tudi v gorivnih celicah, ki pa v nasprotju z baterijami ob stalnem dovodu svežega goriva omogočajo neprekinjeno oskrbo z električno energijo.

Princip gorivne celice je leta 1838 iznašel nemški znanstvenik Christian Friedrich Schönbein in rezultate objavil v eni od znanstvenih revij tistega časa. Prvo gorivno celico, ki je obratovala na vodik in kisik, je že l. 1839 izdelal Sir William Grove.

Potem ko je Werner Von Siemens izpopolnil pretvorbo rotacije v električno energijo, so bile postavljene prve elektrarne. Kaj hitro je elektrokemični princip postal nedonosen in zastarel. Le baterije so se obdržale do danes in čeprav so bile veskozi podvržene nenehnemu razvoju, se osnovni princip delovanja ni spremenil približno 100 let.

V 50. letih prejšnjega stoletja je bil princip delovanja gorivne celice ponovno odkrit in razvoj je stekel naprej predvsem v vesoljski in letalski tehniki. Leta 1955 je kemik W. Thomas Grub, ki je delal za institut pod okriljem General Electric Company, modificiral originalni načrt, tako da je dodal požveplano polistirensko ionsko izmenjevalno membrano v vlogi elektrolita. Tri leta pozneje pa je kemik Leonard Niedrach, prav tako iz omenjenega instituta, iznašel način deponiranja platine na membrano, ki je služila kot katalizator za vodikovo oksidacijsko in kisikovo redukcijsko reakcijo. Danes je kar nekaj tipov gorivnih celic izpopolnjenih do te mere, da so uporabne tako za pogon

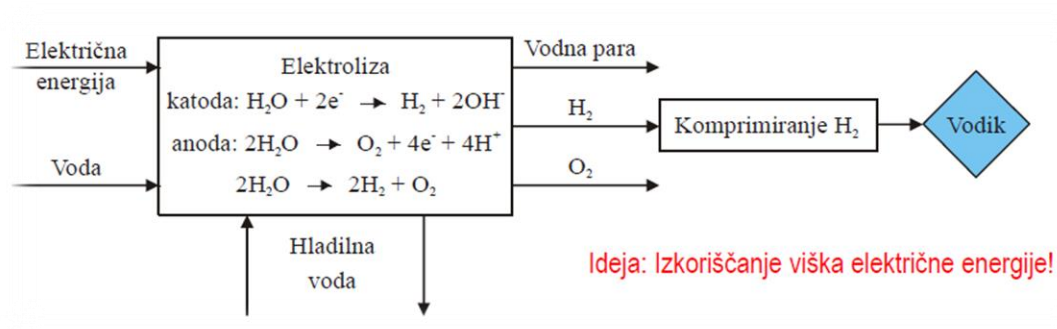
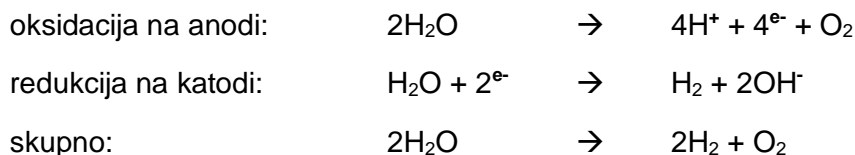
vozil kot tudi za proizvodnjo večje količine električne energije v obliki manjših energetske postrojenj.

Gorivna celica, ki deluje na vodik in kisik, ima pomembno vlogo tudi v tehnologiji za pridobivanje vodika. Vodik in kisik lahko pridobivamo v elementarni obliki brez dodatnega onesnaževanja okolja s pomočjo elektrolize vode. Energijo za elektrolizo pridobivamo s pomočjo sončne energije preko sončnih celic. Vodik kot najbolj univerzalno in čisto gorivo lahko uporabljamo tudi kot gorivo za ogrevanje ali pogon motornih vozil. Stranski produkt zgorevanja vodika je, kot pri gorivnih celicah, voda. Ob vsem tem ne smemo pozabiti, da je vodna para kot stranski produkt prav tako toplogredni plin, ki vpliva na globalno segrevanje planeta.

Množična proizvodnja sončnih in gorivnih celic lahko v prihodnosti poceni proizvodnjo vodika in kisika in jo s tem naredi bolj konkurenčno glede na konvencionalne vire energije. Gorivna celica H_2/O_2 je bila že leta 1994 uspešno preizkušena tudi kot energetski vir v električnem vozilu (NECAR – New Electric Car) podjetja Daimler (Jurjevčič, Mori in Drobnič, 2012).

4.4 ELEKTROLIZA

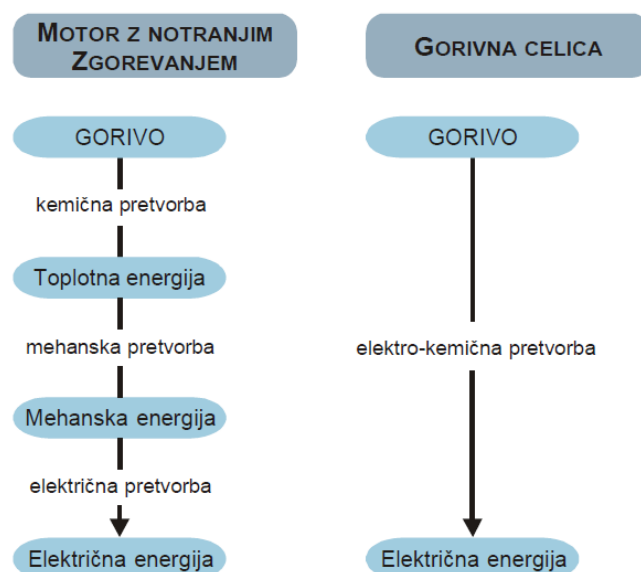
Vodik in kisik sta plina, ki nastaneta pri elektrolizi vode (slika 5). To je elektrokemični proces, pri katerem na katodi in anodi potekata oksidacija in redukcija kemijskih spojin ob prisotnosti enosmerne električne napetosti.



Slika 5: Shematski prikaz elektrolize vode
(Vir: Napredne tehnologije v energetiki – gorivne celice, 2011)

4.5 DELOVANJE GORIVNIH CELIC

Gorivna celica je torej galvanski element, v katerem je kemična energija goriva izpostavljena elektrokemični pretvorbi v električno energijo. Obe tem se energija goriva ne pretvarja v toplotno energijo kot v primeru termoenergetskih naprav ali strojev in motorjev z notranjim zgorevanjem (slika 6). Pri gorivnih celicah se le manjši delež energije goriva pretvori v toplotno energijo (pribl. 20 %).



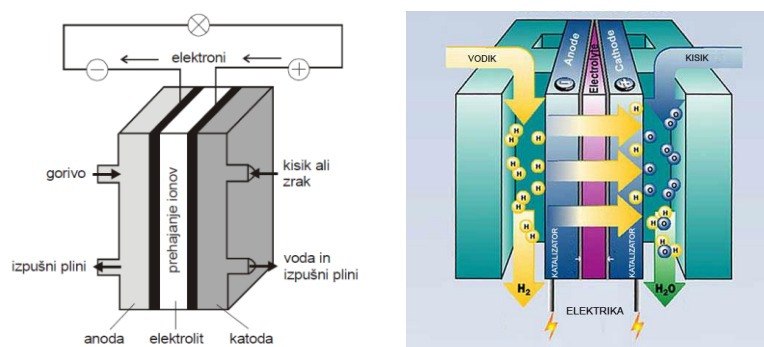
Slika 6: Primerjava pretvorbe energije
(Vir: Tehnologije gorivnih celic, 2017)

Sodobna gorivna celica (slika 7) je sestavljena iz treh delov. Sestavljajo jo električno prevodna in prepustna anoda in katoda ter elektrolit, ki prepušča le točno določene ione. Elektroni in drugi nezaželeni ioni, ki bi jih elektrolit prevajal, bi zavirali delovanje gorivne celice. Vodik oziroma z vodikom bogato gorivo se vseskozi dovaja na anodo (negativni pol), kjer reagira, tako da odda elektrone (oksidacija).

Elektroni tečejo po zunanjem tokokrogu proti katodi (pozitivni pol), kjer dovedeni kisik veže elektrone (redukcija). Tako se med anodo in katodo vzpostavi enosmerna električna napetost, ki jo lahko koristno uporabimo. Medtem ko so nosilci elektrine v zunanjem tokokrogu elektroni, pa so nosilci elektrine v elektrolitu ioni.

Tako potujejo kationi skozi elektrolit na katodo, anioni na anodo. Elektrolit prepušča le točno določene ione in ločuje gorivo od kisika, da ne pride do nekontrolirane reakcije. Ioni potujejo zaradi razlike koncentracij, ki se vzpostavi znotraj elektrolita. Da lahko plin nemoteno dostopa do elektrod, so narejene iz poroznega materiala, nanje je nanesen katalizator, ki pospešuje elektrokemično reakcijo. Ta se zgodi na meji med

plinom, elektrolitom in elektrodo s pomočjo delovanja katalizatorja, torej na površini elektrode, kjer vse tri faze pridejo v stik. Pri tem steče majhen tok oziroma se ustvari relativno majhna napetost (okoli 1 V med anodno in katodno reakcijo). Da bi dobili višjo napetost, moramo povezati večjo količino gorivnih celic v tako imenovani blok, v katerem se posamezne napetosti seštevajo. Posamezne gorivne celice so povezane v blok preko bipolarnih plošč.



Slika 7: Zgradba gorivne celice
(Vir: Tehnologije gorivnih celic, 2017)

4.6 TIPI GORIVNIH CELIC

Do zdaj se je uveljavilo šest tipov gorivnih celic. Med seboj se razlikujejo po vrsti elektrolita, uporabi različnih materialov in delovnih temperaturah, kar jih deli na visoko in nizko temperaturne gorivne celice. Slednje imajo delovno temperaturo med 60 in 200 °C, visoko temperaturne gorivne celice pa med 600 in 1.000 °C. Poimenovanje gorivnih celic je odvisno od uporabljenega elektrolita. Tako na sliki 8 predstavljamo glavne značilnosti gorivnih celic. V nadaljevanju je pregled najpogosteje uporabljenih gorivnih celic, ki so:

- nizko temperaturne gorivne celice
 - AFC (Alkaline Fuel Cell): alkalne gorivne celice
 - **PEMFC**¹ polimerne gorivne celice
 - DMFC (Direct Methanol Fuel Cell): polimerne gorivne celice
 - PAFC (Phosphoric Acid Fuel Cell): fosforno kislinske gorivne celice
- visoko temperaturne gorivne celice

¹ **PEMFC** (Proton Exchange Membrane Fuel Cell) je med gorivnimi celicami zelo priljubljena, saj sta edina stranska produkta voda in toplota.

- MCFC (Molten Carbonate Fuel Cell): karbonatne gorivne celice
- SOFC (Solid Oxide Fuel Cell): keramične gorivne celice

GORIVNA CELICA	Elektrolit (transportirani ioni)	Gorivo	Delovna temperatura	Inštalirana moč / Uporaba
AFC alkalna gorivna celica	kalijev lug (OH ⁻)	čisti vodik	60 - 100 °C	cca. 10 kW / vesoljski poleti cca. 100 kW / podmornice
PEMFC polimerna gorivna celica	polimerna membrana (H ⁺)	vodik metanol ^a zemeljski plin ^{a,b}	60 - 100 °C	0,01-1 kW / električna oskrba 20-250 kW / vozila 3 - 10 kW / oskrba hiš
DMFC gorivna celica z metanolom	polimerna membrana (H ⁺)	metanol	90 - 120 °C	majhne naprave motorna vozila
PAFC fosforno-kislinska gorivna celica	fosforna kislina (H ⁺)	vodik zemeljski plin ^{a,b}	160 - 220 °C	majhne naprave in vozila 50 - 200 kW majhne elektrarne 50 - 11000 kW
MCFC karbonatna gorivna celica	alkalijev karbonat (Li ₂ CO ₃ , K ₂ CO ₃)	vodik uplinjeni premog ^c zemeljski plin ^{b,c}	600 - 650 °C	25 - 2000 kW majhne elektrarne velike elektrarne
SOFC keramična gorivna celica	keramika (Zr(Y)O ₂ O ²⁻)	vodik uplinjeni premog ^c zemeljski plin ^{b,c} biopljin ^{b,c}	900 - 1000 °C	1 - 5 kW oskrba hiš 5 - 100 kW majhne elektrarne velike elektrarne

^a vodik se pridobiva s pomočjo rafiniranja iz metanol ali zemeljskega plina.
^b zemeljski plin mora biti predhodno razžvečen, vrednost morajo biti pod 1ppm.
^c možno je rafiniranje znotraj gorivne celice.

Slika 8: Značilnosti gorivnih celic

(Vir: Tehnologije gorivnih celic, 2017)

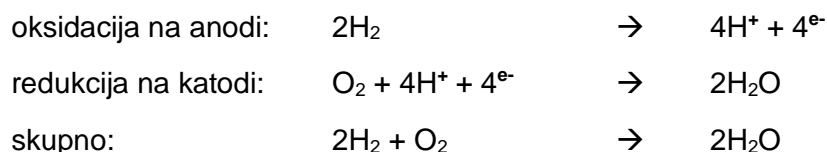
4.7 POLIMERNE GORIVNE CELICE (PEMFC)

V tem podpoglavju bomo predstavili polimerne gorivne celice (v nadaljevanju: PEMFC), ki so poleg fosforno kislinskih in alkalnih gorivnih celic najpogosteje uporabljene. Zasedajo zelo široko področje uporabe in jih uporabljajo tudi v vesoljski tehnologiji. Delovna temperatura je okoli 100 °C in sodijo med nizko temperaturne gorivne celice. Jedro tovrstnih gorivnih celic je Nafion®-folija², ki služi kot ionski prevodnik, ki prepušča samo katione vodika. Membrana je na vsaki strani obdana z membrano iz platine in ogljika. Ogljik omogoča prevajanje električnega toka in poleg tega prepušča plin in odpadno vodo. Tako omogoča vodik in kisiku kljub tvorbi vode nemoten dostop do elektrod.

PEMFC sestavlja večje število membransko elektrodnih sklopov. Izhajajoč iz angleškega poimenovanja (Membrane Electrode Assembly: v nadaljevanju MEA) se lahko izpostavi dodatna sestavna dela: anodo, na kateri poteka oksidacija vodika, in katodo, na kateri teče proces redukcije kisika. Pri oksidaciji vodika nastajajo prosti protoni, ki jih s pomočjo elektrolita (vlogo elektrolita v PEMFC opravlja polimerna membrana, ki je navadno spojina kopolimer tetrafluoroetilena in perfluoro-2-fluorosulfoniletoksi propilvinil etra), vodimo do katode, kjer teče že omenjeni proces redukcije kisika. Ob stiku vodikovih protonov in kisika z vodo pride do reakcije, ob

² Nafion je sulfonirani fluoropolimerni kopolimer na osnovi tetrafluoroetilena.

kateri se sprošča toplota. Zaradi razlike potencialov med oksidacijo in redukcijo se med anodo in katodo ustvari napetost (vzpostavi se tok elektronov), ki je uporabna za napajanje porabnikov. Delovanje tovrstne PEMFC je shematsko predstavljeno na sliki 9.



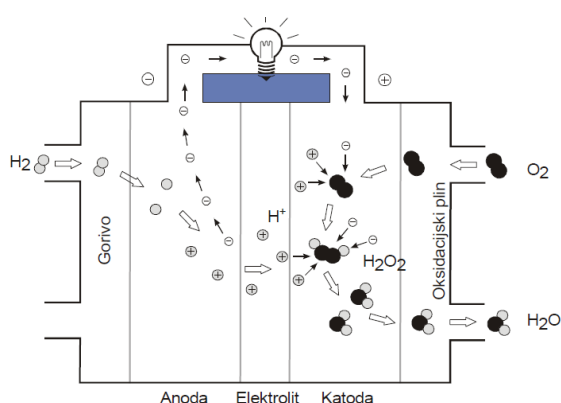
Procesi na membrani so zelo kompleksni in še ne popolnoma detajlno pojasnjeni. Proces na anodi lahko razdelimo na naslednje stopnje:

- transport molekul vodika do elektrode (anode) in adsorpcija³ na površini elektrode;
- cepitev molekul vodika na katalizatorju in hidracija⁴ vodikovih atomov;
- ionizacija vodika, ki pri tem odda elektrona. Elektrona nato potujeta po zunanem tokokrogu proti katodi;
- desorpcija⁵ kationov vodika in difuzija teh skozi elektrolit do katode;
- kationi vodika potujejo skozi Nafion®-folijo. Na meji med katodo, elektrolitom in prostorom, kjer se nahaja plin, reagirata dva kationa vodika z molekulo kisika in dvema elektronoma v vodikov peroksid;
- vodikov peroksid reagira nadalje z dvema vodikovima kationoma in dvema elektronoma v vodo.

³ **Adsorpcija** je pojav, ko se snov veže na površino druge snovi.

⁴ **Hidracija** je povezava med molekulami vode in molekulami (ali ioni) bolj ali manj polarnih topljencev. Hidracija je posledica polarnosti molekul vode.

⁵ **Desorpcija** označuje proces, pri katerem npr. vodna para zapusti površino nekega materiala. Desorpcija je torej obraten proces absorpcije.



Slika 9: Shema delovanja polimerne gorivne celice

(Vir: Tehnologije gorivnih celic, 2017)

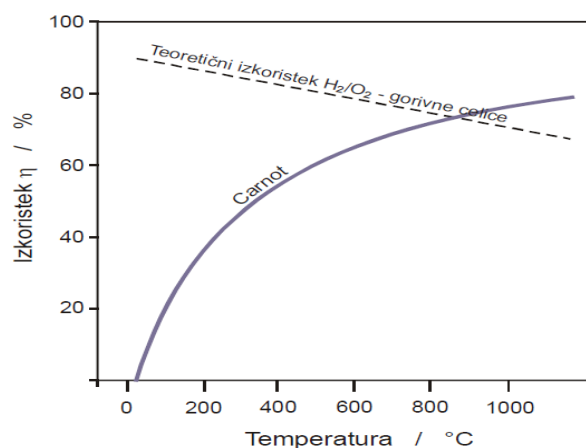
Polimerna gorivna celica je neobčutljiva na ogljikov dioksid. Ogljikov monoksid, ki nastaja pri rafiniranju, pa zmanjšuje sposobnost delovanja gorivne celice z absorpcijo na katalizator, zato mora biti gorivo očiščeno in vsebnost ogljikovega monoksida ne sme presegati vrednosti 100 ppm. Glavni cilj pri nadaljnjem razvoju je narediti polimerno gorivno celico, ki bo neobčutljiva na ogljikov monoksid (Jurjevčič, Mori in Drobnič, 2012).

Da bi bila PEMFC zanimiva za trženje in s tem za industrijo, mora MEA izpolniti tri ključne kriterije: učinkovitost, vzdržljivost in ceno. Zavedati se je treba, da prav vsak sestavni del PEMFC vpliva na omenjene kriterije. Trenutna relativno visoka cena PEMFC je posledica katalizatorja (več o pomembnosti katalizatorja je predstavljeno v poglavju 5.2: Merjenje učinkovitosti katalizatorja). V večini MEA se uporabljajo platinski katalizatorji v obliki nanodelcev, razporejenih na ogljiku z visoko specifično površino. Platinski katalizator potrebujemo zaradi počasne redukcije na katodi, ki je za približno šestkrat počasnejša od oksidacije na anodi.

4.8 PREDNOST GORIVNIH CELIC

Glede na toplotne stroje imajo gorivne celice kar nekaj prednosti. Tako imajo višji izkoristek (slika 10) in zaradi elektrokemičnega procesa zanje ne velja omejitev Carnotovega procesa (Nicolas Léonard Sadi Carnot,⁶ 1824). Tu velja drugi zakon termodinamike (drugi zakon termodinamike definira entropijo), ki v širšem smislu pomeni obrat oziroma spremembo; v fizikalnem smislu je entropija definirana kot toplota, ki jo sistem odda ali absorbira pri konstantni temperaturi. Toplote se ne da v celoti pretvoriti v višje vredno električno energijo.

⁶ Nicolas Léonard Sadi Carnot, francoski matematik, fizik in inženir, 1796–1832



Slika 10: Primerjava izkoristkov
(Vir: Tehnologije gorivnih celic, 2017)

Sodobne plinske in parne turbinske postavitve dosegajo celotne izkoristke v velikosti okoli 58 %, medtem ko ima gorivna celica izkoristek okoli 65 %. Pri gorivni celici je izkoristek omejen s strani notranjih uporov, prenapetosti in popolne izrabe goriva. Tako ni presenetljivo, da imajo najvišji izkoristek gorivne celice do velikosti 100 kW.

Tudi emisije škodljivih snovi v okolico so v primeru gorivnih celic znatno manjše od emisij pri motorjih z notranjim izgorevanjem. Pri reakciji vodika in kisika je stranski produkt le vodna para. Čeprav pravimo, da je vodik kot gorivo s stališča emisij čisto gorivo, pa vendar ne smemo pozabiti, da vodik ni primarni vir energije in ga je treba pridobiti z uporabo drugih virov, ki tudi vodik posredno obremenijo s svojimi vplivi na okolje.

Dodatne prednosti uporabe gorivnih celic v primerjavi s konvencionalnimi tehnologijami proizvodnje električne energije so nizka stopnja hrupa, gorivna celica ne potrebuje gibljivih delov za proizvodnjo električne energije, s povezovanjem posameznih gorivnih celic v blok lahko deluje v različnih napetostnih območjih (Jurjevčič, Mori in Drobnič, 2012).

4.9 SLABOSTI GORIVNIH CELIC

Tehnologija izdelave gorivnih celic pred množično proizvodnjo in uporaba potrebuje še dosti optimiziranja in odpravljanja pomanjkljivosti. Izkoristek ni omejen samo s prenapetostjo, ampak tudi z neenakomerno porazdelitvijo plina, nihanjem temperature in nečistočami reformerja (plina).

Sčasoma se prav tako poslabšajo katalitični procesi⁷ in s tem izkoristek. Dodaten razvoj in optimizacijo zahteva tudi periferija gorivne celice, kot so priprava goriva,

⁷ Uravnavanje hitrosti in smeri reakcij.

upravljanje s plinom in toploto ter tudi električni del gorivne celice. Gorivne celice delujejo s pomočjo katalizatorjev, ki pa so zelo občutljivi na nečistoče. Tako so gorivne celice zelo občutljive na žveplove in klorove spojine, ki morajo biti nižje od 1 ppm pred vstopom v gorivno celico.

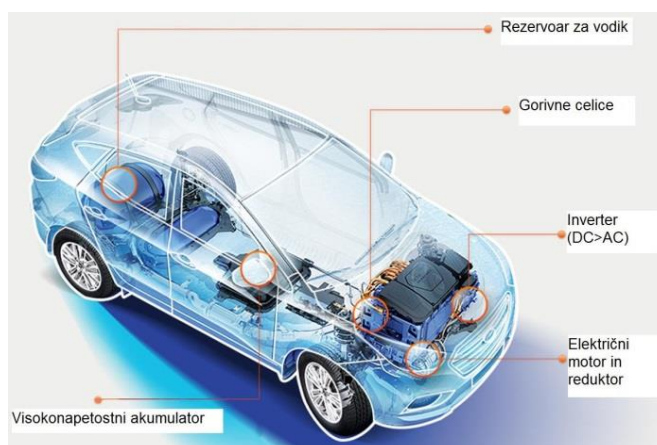
Nizko temperaturne celice so še posebej občutljive na nečistoče, kar znatno podraži pripravo goriva. Dragi materiali (npr.: platina), ki se uporabljajo kot katalizator pri nekaterih nizkotemperaturnih gorivnih celicah, kot tudi vsi temperaturno in korozijsko odporni materiali pri visoko temperaturnih celicah, zelo podražijo proizvodnjo gorivnih celic. Z uporabo novih materialov in masovno proizvodnjo ter s poenostavitvijo proizvodnih postopkov bodo stroški proizvodnje pričakovano nižji.

4.10 UPORABA POLIMERNIH GORIVNIH CELIC

Ko gre za uporabo gorivnih celic za pogon vozil (sliki 11 in 12), je uporaba PEMFC na prvem mestu. Polimerne gorivne celice imajo dobre lastnosti in omogočajo hitro vožnjo, hiter start in se dobro obnašajo pri spreminjanju obremenitve. Polimerne gorivne celice imajo tudi pri mestni vožnji visok izkoristek (pogon/gorivo) in sicer 35 %, medtem ko ima klasični motor z notranjim zgorevanjem le 15-odstotni izkoristek. Prav tako ima gorivna celica zaradi nizke obratovalne temperature nizko stopnjo emisij v okolico.



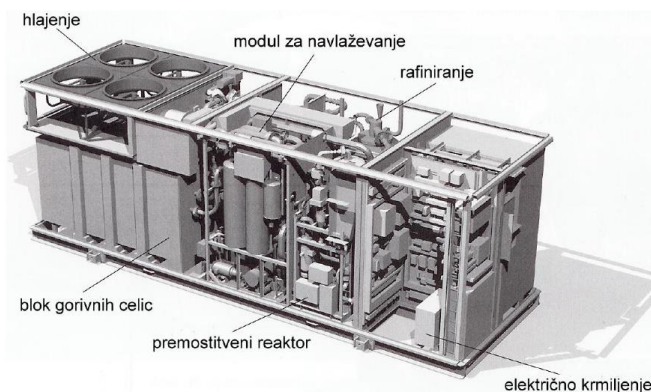
Slika 11: Primer uporabe gorivnih celic_1
(Vir: Tehnologije gorivnih celic, 2017)



Slika 12: Primer uporabe gorivnih celic_2
(Vir: MMC – RTV SLO, 2018)

Kot gorivo lahko v vozilih uporabljamo tekoče gorivo, denimo metanol, kar je s stališča polnjenja rezervoarja ugodno, medtem ko je uporaba čistega vodika s stališča polnjenja rezervoarja še v fazi razvoja. Prav tako je možna uporaba zemeljskega plina, metana ali bencina. Polimerne gorivne celice so bile razvite tudi za uporabo v mobilnih telefonih, prenosnih računalnikih in kamerah. Še eno področje, kjer je gorivna celica zelo uporabna, je soproizvodnja (slika 13) električnega toka in toplote za eno- in večdružinske hiše.

Gorivne celice se uporabljajo tudi v vesoljski tehnologiji, kjer za razne satelite oziroma postaje uporabljajo gorivne celice, ki porabljajo presežek sončne energije na sončnih celicah za proizvodnjo električne energije (Jurjevčič, Mori, in Drobnič, 2012).



Slika 13: Enota za soproizvodnjo električne energije in toplote
(Vir: Tehnologije gorivnih celic, 2017)

5 RAZISKAVA RAZVOJA VODIKOVIH TEHNOLOGIJ





Ko gre za področje raziskav in razvoja vodikovih tehnologij, se želimo predvsem osredotočiti na Slovenijo in domače znanje. Z možnostjo sodelovanja oz. vključevanja v predstavitev postopkov sinteze in katalize, ki ju med drugim izvajajo na Kemijskem inštitutu v Ljubljani, ta naloga dejansko pridobiva na vsebini. Preden podrobneje predstavimo omenjeno področje, bomo na kratko predstavili vodilna slovenska podjetja, ki delujejo, sodelujejo in se povezujejo na področju vodikovih tehnologij. Naj tu samo omenimo zanimivo relativno poljudno stran na facebooku: "*Slovenia's 1st Hydrogen Filling Station*", ki povzema in predstavlja novosti s področja vodikovih tehnologij.

5.1 RAZVOJNI CENTER ZA VODIKOVE TEHNOLOGIJE

Vodik je gorivo prihodnosti in ena ključnih prioritet EU. Njegova uporaba bo zmanjšala odvisnost od fosilnih goriv in izrazito zmanjšala emisije toplogrednih plinov ter ostalih okolju škodljivih emisij. Razvojni center za vodikove tehnologije (v nadaljevanju: RCVT) je ustanovilo pet podjetij in dva raziskovalna inštituta z namenom pospešitve raziskav, razvoja in realizacije uporabnih projektov s področja vodikovih tehnologij v Sloveniji. Glavni cilj centra je povezava industrije z znanjem, lociranim na raziskovalnih inštitutih. Ostali cilji obsegajo ustvarjanje pogojev za prenos znanja, spodbujanje trajnega sodelovanja med raziskovalnim ter gospodarskim sektorjem, vpliv na razvojno politiko vlade, organizacijo strokovnih srečanj s področja vodikovih tehnologij in dolgoročno povečevanje konkurenčnosti slovenskih podjetij in inštitutov.

Strategija RCVT je postati mednarodno uveljavljen razvojni center za vodik in gorivne celice v vlogi pospeševalca in koordinatorja razvoja tehnološko zahtevnih tržno usmerjenih izdelkov na področju vodikovih tehnologij.

Center so ustanovili (slika 14): največji distributer goriv Petrol d.d., globalni razvojni dobavitelj naprednih rešitev na osnovi elektromotorjev in njihovih nadgradenj Domel d.d., podjetje s področja informatike, avtomatizacije in energetike Inea d.o.o., proizvajalec in distributer tehničnih plinov TPJ d.o.o., podjetje, ki deluje na področju gorivnih celic s protonsko prevodnimi membranami Mebius d.o.o., največji slovenski Institut Jožef Stefan ter Kemijski inštitut z več desetletno tradicijo na področju gorivnih celic in vodikovih tehnologij.

			
Domel d.o.o.	Kemijski inštitut	Institut Jožef Stefan	Inea d.o.o.
			
Mebius d.o.o.	Petrol d.d.	TPJ d.o.o.	Univerza v Ljubljani

Slika 14: Logotipi ustanoviteljev RCVT

(Vir: Razvojni center za vodikove tehnologije, 2018)

- Domel d.o.o.
 - je globalni razvojni dobavitelj naprednih rešitev na osnovi elektromotorjev in njihovih nadgradenj. Podjetje je usmerjeno v aplikacije z zahtevami po naprednih tehnologijah. Domel je svetovno

priznani dobavitelj sistemov za dovod zraka v sistemih z gorivnimi celicami.

- **Kemijski inštitut Ljubljana**
 - že več desetletij intenzivno deluje na področju gorivnih celic in vodikovih tehnologij. Pet moderno opremljenih laboratorijev je vključenih na področju razvoja in testiranja postopkov in katalizatorjev za proizvodnjo vodika iz klasičnih fosilnih in zelenih goriv (mestni plin, dizelsko gorivo, bencin, etanol, metanol, bioetanol, biodizel ipd.) ter testiranja membran za čiščenje vodika. Inštitut se prav tako ukvarja z razvojem in raziskavami na novih visokotemperaturnih protonsko prevodnih membranah na osnovi polimerov, z metodami za modeliranje prehoda protonov, z modeliranjem kinetike in procesov na elektrodi ter z elektrokatalizatorji za elektrokemične procese. Kemijski inštitut Ljubljana je vodilni partner Centra odličnosti nizkoogljicne tehnologije.
- **Institut Jožef Stefan**
 - je preko odseka Sistemi in vodenje vključen v več projektov s področja implementacije sistemov z gorivnimi celicami v številnih praktično uporabnih aplikacijah. Glavnina raziskovalnih in razvojnih aktivnosti je posvečena reševanju obstoječih problemov glede zanesljivosti, dostopnosti, varnosti, regulacije, diagnostike in ekonomskih tematik v raznovrstnih aplikacijah. Fokus raziskovalne skupine so raziskave, razvoj in testiranja različnih naprednih regulacijskih algoritmov za optimizacijo vodenja sistemov z gorivnimi celicami ter načrtovanje in razvoj namenskih elektronskih modulov za uporabo v različnih praktičnih aplikacijah z gorivnimi celicami.
- **Inea d.o.o.**
 - je slovensko podjetje za inženiring, ki deluje pretežno na razvoju in implementaciji industrijskih računalniško baziranih sistemov za vodenje in energetiko.
- **Mebius d.o.o.**
 - je podjetje, usmerjeno v razvoj, trženje in proizvodnjo komponent, modulov in sklopov v visoko in nizko temperaturnih gorivnih celicah s protonsko prevodnimi membranami (plinsko difuzijske elektrode, protonsko prevodne membrane ter membransko elektrodni sklopi).
- **Petrol d.d.**
 - Ljubljana je vodilno energetska podjetje v Sloveniji in glavni strateški dobavitelj naftnih derivatov in drugih energetskih proizvodov za slovenski trg in širšo regijo. Petrol je postavil prvo polnilno mesto za

vodik v Sloveniji (Lesce). Hkrati sodeluje z vlado pri razvoju državnih pravilnikov za gradnjo polnilnih mest za vodik, kar bo omogočilo varno vključitev vodika na obstoječa polnilna mesta za bencin, dizel in utekočinjeni naftni plin.

- TPJ d.o.o.
 - s povezanimi podjetji proizvaja, distribuira in shranjuje tehnične pline (vodik, kisik, dušik, argon in mešanice plinov). Na področju sistemov z gorivnimi celicami se podjetje ukvarja s proizvodnjo, distribucijo, shranjevanjem in uporabo vodika. Glavni cilji so nadaljnji razvoj proizvodnje vodika na osnovi obnovljivih virov energije, razvoja logistike, shranjevanja in dobave ter dobava vodika končnemu uporabniku.
- Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo
 - kot pridruženi partner sodeluje preko Katedre za energetska strojništvo, ki sestoji iz treh laboratorijev: Laboratorija za termoenergetiko (LTE), Laboratorija za vodne in turbinske stroje (LVTS) in Laboratorija za toplotne batne stroje (LTBS) (Razvojni center za vodikove tehnologije, 2017).

RCVT je preko partnerjev (slika 15) povezan s sorodnimi organizacijami na slovenskem in evropskem nivoju. Skupaj s partnerji sodeluje pri razvoju in raziskavah sistemov, modulov in komponent agregata z gorivnimi celicami, npr. pri razvoju membran in katalizatorjev.



Center odličnosti nizko ogljičnih tehnologij



Evropsko združenje za vodik in gorivne celice ter elektro mobilnost



Evropsko združenje za gorivne celice



Slovenska tehnološka platforma za vodik in gorivne celice

Slika 15: Logotipi partnerjev RCTV
(Vir: Razvojni center za vodikove tehnologije, 2018)

5.2 MERJENJE UČINKOVITOSTI KATALIZATORJA – RAZISKAVA

Sodelovanje s strokovnjaki Kemijskega inštituta daje tej nalogi drugačno vlogo. V nalogi ne gre samo za povzemanje in podajanje že znanih dejstev. Omogočen nam je bil realen vpogled v razvoj raziskav na področju vodikovih tehnologij, predvsem na čim večjem izkoristku gorivnih celic oz. enega njenih ključnih sestavnih delov, katalizatorja. Ravno tu se lahko začne vzpostavljati vez z industrijo, ki bi lahko uporabila rezultate domačega znanja.

Poleg iskanja novih načinov za optimizacijo katalizatorjev, sinteznih postopkov ipd., je eden glavnih ciljev izboljšati aktivnost in stabilnost gorivnih celic in elektrolizerjev. Med drugim se ukvarjajo tudi z recikliranjem platinastih kovin. V tem smislu je bilo že leta 2017 v slovenskih medijih možno zaslediti članke o novem načinu recikliranja žlahtnih kovin v odpadnih elektronskih napravah. V projektu je vodilno vlogo odigral dr. Nejc Hodnik, raziskovalec s Kemijskega inštituta. Novi način raztapljanja plemenitih kovin je zelo uporaben v konceptu zelenega krožnega gospodarstva.

Dr. Hodnik je novi način raztapljanja platine predstavil v oktobru 2017 na predstavitvi Javne agencije za raziskovalno dejavnost RS. Med drugim je dejal: "... novi postopek se v primerjavi z najbolj razširjenim postopkom – raztapljanjem z zlatotopko – izkaže kot okoljsko bistveno manj škodljiv proces. Zlatotopka je vrela mešanica koncentrirane solne in dušikove kisline, ki je zelo nevarna in agresivna kemikalija.

Spada med zelo strupene kemikalije, kajti iz te mešanice izhajajo izjemno strupeni plini, kot sta denimo klor in NOx. Čeprav je zlatotopka zelo učinkovit in ekonomsko ugoden način raztapljanja, se ekonomičnost procesa zaradi izredno nevarnih pogojev dela močno zmanjša. Postopek, ki je bil razvit v okviru raziskav, ponuja rešitev, saj je uporabljen bistveno manj agresiven pH z minimalnimi izpusti nevarnih plinov (po inženirski optimizaciji izpustov ne bo več) in deluje pri sobni temperaturi" (Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije, 2017).

Z navedbo te predstavitve želimo poudariti in izpostaviti domače znanje, ki je za industrijo lahko začetek uspeha. Ob tem, da se z uveljavitvijo zelenega krožnega gospodarstva pripomore k zmanjšanju izrabe in rabe naravnih virov, se prispeva tudi k zmanjšanju obremenjevanja okolja z odpadki. Navedeno dr. Hodnik podkrepi z izjavo, da so *"... plemenite kovine ena ključnih komponent pri proizvodnji visokotehnoloških izdelkov, a surovine uvažamo od zunaj."* Meni, da bi *"z recikliranjem odpadnih plemenitih kovin lahko dosegli večjo surovinsko neodvisnost, obenem pa bi bila industrija okolju prijaznejša"* (Slovensko znanstveno odkritje, 2016).

Trenutno v prostorih Kemijskega inštituta potekajo raziskave, kako v sami gorivni celici izdelati čim učinkovitejši katalizator. Kot katalizator se uporabljata platina in ogljik. Eden ključnih pogojev za čim učinkovitejši katalizator je ustrezna optimizacija sinteze različnih snovi, ki sestavljajo katalizator. Na Kemijskem inštitutu tako sintetizirajo različne prahe, različne platine, ki jih kombinirajo v različne zlitine; pogosto se kot druga kovina uporablja baker. Ravno s kombinacijo bakra in platine se zelo poveča aktivnost v sami gorivni celici, za kar imajo na Kemijskem inštitutu pridobljen tudi mednarodni patent.

Pri raziskavi katalizatorjev gre za kompleksen pristop, ki je odvisen od več dejavnikov. Vse se začne s sintezo (slika 16), kjer se vse sestavine podrobno zapiše v laboratorijski dnevnik (slika 16 in priloga 2), ustrezno shrani (slika 17) in tako kadarkoli omogoči ponovitev pogojev.

NASLOV
Delo se nadaljuje s strani: _____ ST. PROJEKTA _____
ST. DNEVNIKA 1

Sinteza vzorca CPC221 na plamensko mrežo

Preparation of electrocatalysts - C-Cu composite material

1 Preparation of C-CuAC GEL mixture

Sequence of mixing at RT	Mass St (g)	Conc St mol/Kg % (mol)	Mr (g/mol)	Wt (%)	Mass (g)	
b (90°C)	HEC	0.7			4.9	A-5-D
c (85°C)	Gelatin-B, gelatin from	2			14	B-2-S Fluka
e (80°C)	Vulcan XC72R	2	1.4	12.00	16.9697	Polica digestorj
	NaOH	0	0	40	99	
d (85°C)	CTAB	0.012	0.0084	364.46	3.092388	A-3-L
	Oxalic a.	0	0	126.07	99	
	Citric Acid	0	0	192.12	99	
f (80°C)	CuAc2*H2O	0.2	0.14	199.56	99	
a (90°C)	H2O	700			28.22061	B-4-L
2 after e	Stirring with Ultra Turrax, 10 min, hitros				63.55	C-Vul 10
2 after f	Disolving with mixing				67.183	Cu 1
3	Cooled in RT with mixing				1.271	CTAB 0.06
4	After gelation (3h at RT) into LN2					Citric A 0
5	Drying in lioflizerator					Oxalic A 0
						Fe 0

CH/N/A
#DIV/0!

- Stokljivo in močilo vse spusti z 2x DI vodo do vodo vse tudi uporabiti pri sintezi. Vodo smo odmrzili z mešanico vlijamo 800ml hladne.
- V steklenico smo dali ~ 4.9g HEC (4.9095g) in dajali vodo s T=92°C (na uparjalni klopici) in steklenico z magnetnim mešalnikom mešali HEC ni ga le počasi raztopila (želatinozni kosčki), steklenica je bila na uparjalnem predelu.
- Ker se HEC ni enostavno raztopila, smo vzorce zamrznili in ponovno zmešali z vodo.

- HEC: m(cuša) = 50.982g
m(HEC + cuš) = 4.9591g
m(cuša + HEC) = 55.948g
m(HEC) = 4.8539g
VULCAN: m(cuša) = 162.8587g
m(VUL + cuša) = 17.2261g
m(VUL + cuša) = 18.0843g

CTAB: m(cuša) = 19.0798g
m(CTAB + cuš) = 3.1948g
m(cuša + CTAB) = 22.2157g

želatina m(cuš + cuša + 4) =
m(zel) = 13.8340

Podpis: _____ Datum: 20.11.2014 Delo se nadaljuje na strani: _____

Razkrito osebi, ki potrjuje razumevanje: Datum: _____ Izvedenec: _____ Datum: _____

Slika 16: Primeri zapisa sinteze vzorca (Lastni vir)



Slika 17: Hranjenje vzorcev sinteze (Lastni vir)

Eksperimentalni del se začne s pripravo suspenzije (slika 18). Navadno se pripravi vodna suspenzija v količini 1 g/l.



Slika 18: Vodna suspenzija
(Lastni vir)

Za izboljšanje stabilnosti se tako pripravljena suspenzija vstavi v ultrazvočno kopel. S tem se razbijejo tudi aglomerati⁸. Takšna suspenzija je primerna za nadaljnjo uporabo. S pomočjo avtomatske pipete ali siringe (slika 19) se točno določena količina suspenzije (navadno gre za količine v mikrolitrih) prenese na elektrode, kjer se na zraku posuši in se dobi film. S tem, ko smo tako pripravili suspenzijo, natančno vemo, kakšno maso snovi smo dali na elektrodo.



Slika 19: Avtomatska pipeta oz. siringa
(Lastni vir)

Že sama beseda "katalizator" pomeni pospešiti. Kot rečeno, je najbolj razširjen katalizator za gorivne celice narejen na osnovi platine. Gre za površino, kjer teče

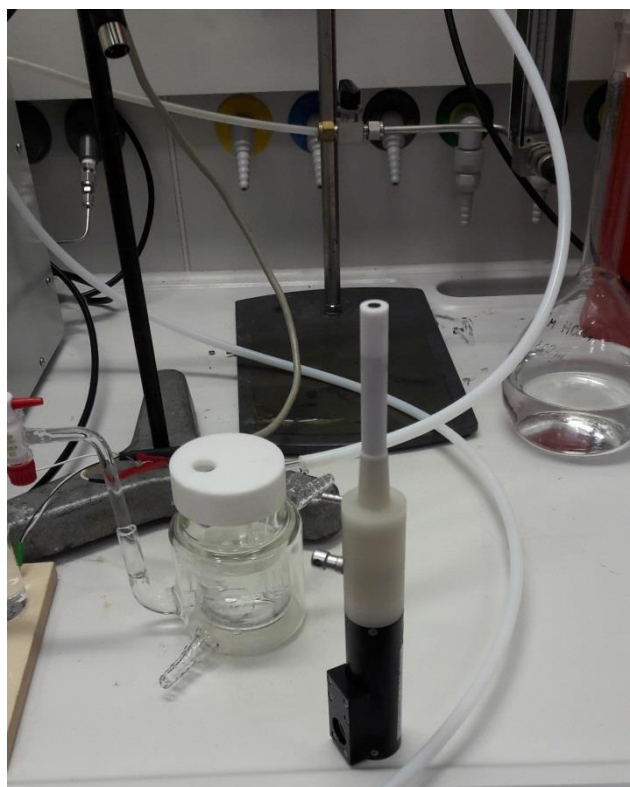
⁸ Skupina delcev, ki jih držijo skupaj šibke sile.

reakcija. Reakcijo se najlažje pospeši s tem, da se doda več katalizatorja, s čimer pridobimo na površini; v reakciji sodeluje več različnih molekul. Če bi dodali večjo količino "tega filma" (sinteza in suspenzija), bi dobili večji tok. Pri teh reakcijah velja: če dodamo dvakratno količino suspenzije (namesto 20 μ l dodamo 40 μ l) dobimo pri enakem potencialu dvakrat večji tok.

Drugače povedano, s tem zmanjšamo delce, saj moramo porabiti čim manj platine. Razlogi za to so že bili navedeni (omejeni vir in drago pridobivanje iz odpadnih elektronskih naprav). Z drugim načinom, tj. uporabo bakra tik pod površino platine, naredimo površino, ki nam je na voljo, aktivnejšo.

Z opisanimi postopki lahko na gorivni celici dobimo višjo napetost oz. pri isti napetosti večji tok. Vse skupaj bi lahko v grobem primerjali z "navijanjem" takta v mikroprocesorjih. Tako pridemo do skupnega imenovalca v procesih oksidacije in redukcije; v obeh primerih mora priti do reakcije. Hitrejša kot je ta reakcija, več toka teče, posledično pa dobimo višjo napetost na sponkah.

Nadaljevanje eksperimentalnega dela je vključevalo metodo RDE oziroma metodo rotirajoče disk elektrode s tankim filmom katalizatorja. Gre za vrsto voltometrije, kjer se spremlja tok, ki je odvisen od napetosti, ob tem pa je definiran še masni transport (hidrodinamika). Pri vsem tem je pomembno, da je treba katalizator čim enakomerneje in v čim tanjši plasti porazdeliti po sami elektrodi (slika 20). Če je nanos filma predebel, v praksi to pomeni, da je spodnji del filma slabše ali pa sploh ni dostopen.



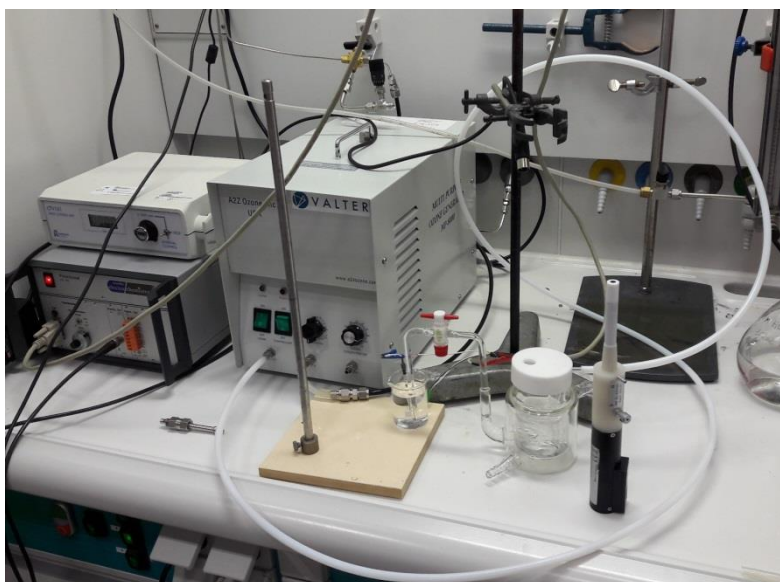
Slika 20: Elektroda s filmom suspenzije

(Lastni vir)

Film mora biti tudi obstojen, da ob vrtenju elektrode nanos ne odpada. Obstojnost se doseže na več načinov: s počasnim sušenjem nanosa suspenzije in/ali z dodajanjem veziva (npr.: nafion).

Ob tem je treba vedeti, da vsako dodajanje drugih snovi lahko pomeni vnos nečistoč, ki lahko vplivajo hitrost reakcije in s tem na učinkovitost katalizatorja. Ker pa je nafion uporabljen kot membrana v gorivnih celicah PEM, njegova prisotnost nima ključnega vpliva pri analizi učinkovitosti katalizatorja.

Elektrokemična celica (slika 21), ki je bila uporabljena, je sestavljena iz dveh steklenih prekatov. V stranskem prekatu (steklena posodica na levi strani slike) je bila potopljena referenčna elektroda. S pomočjo referenčne elektrode tako merimo napetost na delovni elektrodi.



Slika 21: Elektrokemična celica
(Lastni vir)

Pomembno je, da se za referenčno elektrodo uporabi spojino, ki "drži potencial", kar dosežemo ob prisotnosti konstantnega razmerja koncentracij redukcijско-oksidiacijskega para. Skozi njo mora teči skoraj ničeln tok, saj nočemo spremeniti koncentracije snovi v redukcijско/oksidiacijskemu paru. V večini primerov je kot referenčna elektroda uporabljena srebrova (AgAgCl) referenčna elektroda (srebro/srebrov klorid).

V glavnem prekatu sta med preskusom vstavljeni delovna in pomožna elektroda. Pri rotaciji delovne elektrode imamo točno definirane hidrodinamske pogoje s tokovnicami, ki nakazujejo hitrost in smer toka zvrsti. Ob vrteči elektrodi se vzpostavi vrtinec (mejni film), ki tekočino "srka" in je enakomeren preko površine filma, na

katerem se vzpostavi koncentracijski gradient in s tem definira fluks (količina kisika, ki preide opazovano površino v sekundi). Debelino tega filma spreminjamo s hitrostjo vrtenja elektrode.

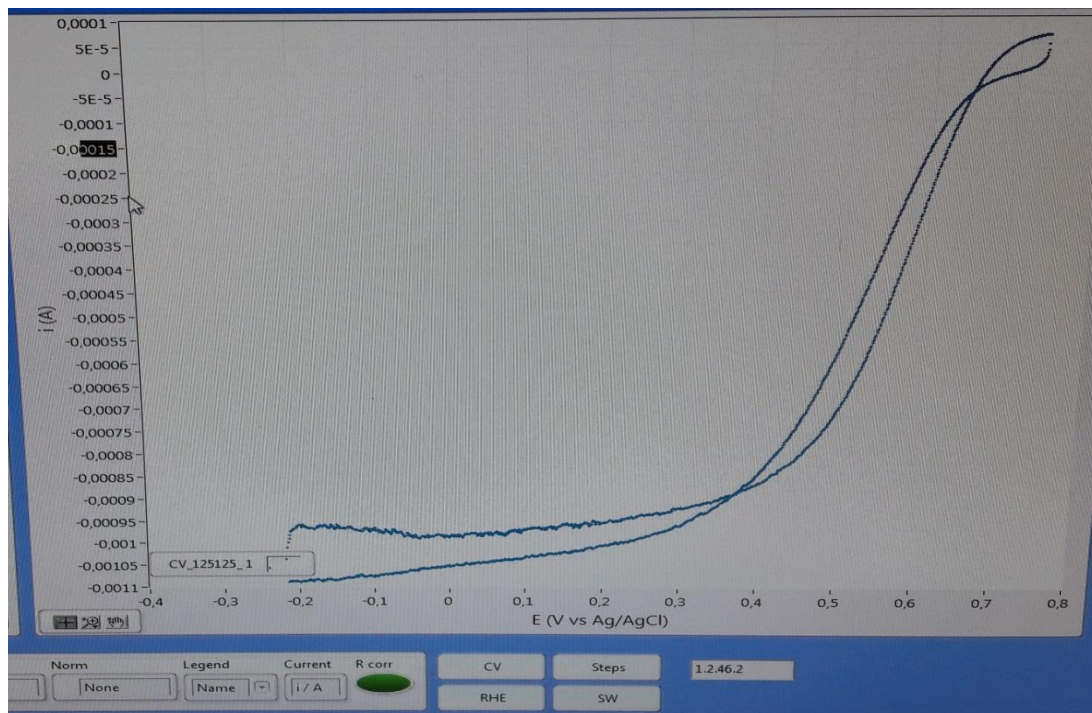
Hitrejše kot je vrtenje, večji je fluks (krajša je pot difuzije). Vse skupaj je torej omejeno ravno s fluksom (difuzijo reaktantov) in hitrostjo reakcije na opazovani površini. Tako se hitrost reakcije lahko povečuje toliko časa, dokler ne pride do nasičenja, ko ni več možno dovajati kisika do reaktanta.

Na delovni elektrodi vzpostavimo želeni potencial in merimo tok, ki je posledica elektrokemijskih reakcij in je sestavljen iz Faradayevega (I_{fa}) in kapacitivnega (I_{ka}) dela. Faradayev tok je posledica oksidacije oziroma redukcije elektroaktivne snovi na elektrodi, medtem ko je kapacitivni del posledica površinskih fenomenov (podnapetostno izločanje vodika, nabijanja elektrode ipd.).

Na površini se vzpostavi nekakšno električno polje, ki se obnaša kot kondenzator. Tok, ki ga merimo, je torej vsota obeh prispevkov ($I_{fa} + I_{ka}$).

Navadno je delovna elektroda iz inertnega materiala (npr.: zlato, živo srebro, platina in steklasti ogljik). Tako se na površini delovne elektrode odvijajo elektrokemične reakcije.

S pomočjo naprave (potenciostat), ki omogoča nadzor in ob tem spremljanje potenciala ter merjenje toka na izbrani elektrodi, lahko iz grafičnega prikaza na monitorju ob ničelnem toku odčitamo napetost (slika 22), ki se ustali pri vrednosti med 0,6 in 0,7 volta (V).



Slika 22: Polarizacijska krivulja
(Lastni vir)

Če izboljšamo katalizator (npr.: dosežemo manj nečistoč), se nam krivulja odčitkov premakne proti desni strani. Posledično se poviša napetost; ustvarimo potencialno razliko glede na dane vrednosti. To je točno tisti potencial, ki ga med raziskavami iščemo in se ustvari na sami gorivni celici.

V praksi in med raziskavami se stremi k temu, da se poskuša krivuljo čim bolj premakniti proti desni strani. To se zgodi v dveh primerih: če imamo na voljo dvakrat več snovi ali če je snov (katalizator) dvakrat bolj aktivna. To se doseže z metodo preprihovanja z ogljikovim monoksidom (CO), ki se absorbira na površino. Ko ga s posebnim postopkom izžgemo s površine, steče tok.

Želi se doseči razširitev tako imenovanega okna na potencialu, saj višji kot je potencial, večji tok lahko teče. Posledično to pomeni, da je uspešno pripravljen učinkovitejši katalizator v sami gorivni celici. Med samim preizkušanjem se potencial lahko delno tudi korigira (popravlja oz. usklajuje).

Iz odčitkov je tako razvidna točka oksidacije pri vrednosti med 0,6 in 0,7 V in daljšega časa procesa redukcije, kar prikaže histerezna zanka. Gre za tipično značilnost opazovanih sistemov, da se na merjene parametre ne odzovejo takoj. Njihov odziv je počasnejši in povrnitev v prvotno stanje je časovno daljša. Opazovanje pojava

histerezne zanke in njenih vrednosti je ravno tisti parameter, ki se ga med raziskavo išče.

Osnovna razlika med realno gorivno celico in v laboratoriju simulirano gorivno celico je v tem, da lahko v laboratoriju potencial vsiljujemo, korigiramo oz. vplivamo nanj in potem le še opazujemo reakcijo. V realni gorivni celici pa le ustvarimo pogoje in reakcija samodejno steče. Prednost laboratorijskega preskušanja je še v tem, da imamo ustvarjene kontrolirane pogoje in lahko spremljamo (študiramo) reakcijo na samo enem in točno določenem katalizatorju. Ko gorivno celico enkrat sestavimo, ne moremo več vplivati na notranje, samodejno ustvarjene pogoje.

Pri delu v laboratoriju gre za tesno sodelovanje med različnimi akterji pri ustvarjanju, spremljanju pogojev in "študiranju" rezultatov. Glede na dobljene rezultate lahko na podlagi predvsem predhodnih izkušenj usmerimo pozornost na točno določen del posameznega katalizatorja. Vse to lahko raziskovalec razbere iz grafičnih odčitkov in posledično poda vzrok za slab rezultatov. Na primer: rezultati oz. odčitki so lahko neustrezni zaradi slabega katalizatorja (nečistoče), premajhne površine ali pa ta površina ni dovolj aktivna. Raziskovalec ves čas raziskav aktivno sodeluje s sodelavci, ki so izvedli sintezo snovi posameznega katalizatorja. V praksi to pomeni, da morajo pri sintezi zagotoviti, da se ogljik okoli platine čim bolj odstrani. Gre za tako imenovano oksidativno zgorevanje oziroma "kurjenje" ogljika. Na tak način se katalizator izboljša.

6 DRUŽBENA SPREJEMLJIVOST VODIKOVIH TEHNOLOGIJ

Okoljske, še posebno vodikove tehnologije, so javnosti (tu imamo v mislih predvsem laično javnost) bolj kot ne neznanka. Vsaj takšno je bilo naše predvidevanje, preden smo se lotili same naloge. Raziskavo javnega mnenja, ko gre za poznavanje in družbeno sprejemljivost vodikovih tehnologij, smo razdelili na dva dela. V prvem delu samo povzemamo ugotovitve oz. dognanja, do katerih so skozi analizo rezultatov prišli s pomočjo projekta Hyacinth. V drugem delu poglavja so analizirani rezultati lastne ankete.

6.1 PROJEKT HYACINTH

Projekt Hyacinth, ki ga financira industrijsko združenje za gorivne celice in vodik (FCH-JU) v tem kontekstu prispeva k razumevanju razlik in podobnosti ter ozaveščenosti in odnosa družbe ter deležnikov do aplikacij na osnovi vodikovih gorivnih celic (v nadaljevanju: HFC). Osnovni namen projekta Hyacinth je ocena ravni ozaveščenosti, razumevanja in sprejemljivosti HFC-tehnologij v širši družbi v različnih državah EU, kjer se je na trgu različno uveljavila in ima različno državno podporo.

Projekt proučuje odnos družbe do hišnih gorivnih celic in električnih vozil na vodikove gorivne celice v Belgiji, Franciji, Nemčiji, na Norveškem, v Sloveniji, Španiji in Združenem kraljestvu (Projekt HYACINTH. Ugotovitve o družbeni sprejemljivosti, 2016).



Slika 23: Sodelujoče države, poleg Slovenije, v evropski raziskavi o poznavanju in družbeni sprejemljivosti vodikovih tehnologij

(Vir: Projekt HYACINTH, Ugotovitve o družbeni sprejemljivosti, 2016)

V letih 2015 in 2016 je bila izvedena raziskava z vprašalnikom, v kateri je poleg Slovenije sodelovalo še 6 (šest) evropskih držav. Namen raziskave je bil: "...ovrednotiti raven družbene ozaveščenosti, razumevanja in sprejemljivosti tehnologij vodika in gorivnih celic ter njunih aplikacij." Vprašalnik je omogočil izdelavo modela za sprejemljivost tehnologij HFC, saj je tehnologija vodika in gorivnih celic širši javnosti praviloma neznana.

V spletni raziskavi je iz vsake sodelujoče države sodelovalo približno 1.000 odraslih oseb. Sodelujoči so bili k sodelovanju povabljeni preko spletnega portala (Projekt HYACINTH, Ugotovitve o družbeni sprejemljivosti, 2016).

6.1.1 Tehnologija vodika in gorivnih celic

Rezultati raziskave so že takoj na začetku pokazali, da raven ozaveščenosti družbe o vodiku in gorivnih celicah med sodelujočimi državami odstopa. Več kot 40 % respondentov je odgovorilo, da so že slišali o HFC-tehnologijah v povezavi s proizvodnjo energije. Družbena ozaveščenost je tako najvišja v Nemčiji in na Norveškem (50 %), najnižja pa v Španiji (29 %). Le 6 % anketirancev je tovrstno tehnologijo dobro poznalo.

Evropsko javno mnenje je do tehnologij HFC kot potencialne rešitve energetskih in okoljskih izzivov nekoliko višje od povprečja. Skoraj 6 anketirancev od 10 (57 %) ocenjuje tehnologije HFC kot dobre ali zelo dobre rešitve energetskih izzivov. Med sodelujočimi državami so majhne razlike v začetni oceni tehnologij HFC (Projekt HYACINTH. Ugotovitve o družbeni sprejemljivosti, 2016).

6.1.2 Stanovanjske gorivno-celične enote

Med anketiranci iz sodelujočih držav je poznavanje stanovanjskih gorivno-celičnih enot občutno manjše od splošnega poznavanja vodikovih tehnologij. Za to možnost je v povprečju slišalo le 25 % (od 32 % v Nemčiji do 20 % na Norveškem). Manj kot 5 % anketirancev meni, da stanovanjske gorivno-celične enote dobro pozna.

Kljub temu so anketiranci na splošno pozitivno ocenili stanovanjske gorivno-celične enote (povprečna ocena 3,7 na lestvici od 1 do 5). Približno 60 % anketirancev je možnosti te tehnologije ocenilo kot zelo uporaben električni in ogrevalni sistem. Razlike med sodelujočimi državami so majhne, a ne nepomembne.

Izdelava domačih gorivnih celic je za slovenske anketirance pomemben dejavnik (povprečno 3,84), sledijo jim anketiranci iz Španije (3,79) in Nemčije (3,78).

Anketiranci so nekoliko bolj naklonjeni HFC kot tradicionalnim tehnologijam. Zaznati je večjo naklonjenost obnovljivim sistemom, zlasti solarno-termalnim kot pa HFC-tehnologijam.

Večina anketirancev v sodelujočih državah (64 %) bi bila v zvezi s sprejemljivostjo in podporo zadovoljna, če bi si lahko v prihodnosti namestila domačo vodikovo gorivno-celično enoto. Največja tovrstna sprejemljivost je bila dosežena v Nemčiji, Španiji in Sloveniji (71 % v treh državah) in najnižja v Franciji (55 %). Anketiranci izražajo podporo javnemu financiranju, saj se več kot 7 od 10 anketirancev zavzema za zagotovitev podpore v obliki ekoloških subvencij za domače gorivno-celične enote ali HFC (Projekt HYACINTH. Ugotovitve o družbeni sprejemljivosti, 2016).

6.1.3 Električna vozila na vodikove gorivne celice (HFCEV)

Električna vozila na vodikove gorivne celice (v nadaljevanju: HFCEV) so javnosti bolj znana kot stanovanjske gorivno-celične enote. Za HFCEV je že slišalo 45 % anketirancev, 15 % anketirancev pa vsaj nekaj malega ve o osebnih vozilih, ki uporabljajo gorivne celice. Iz rezultatov ankete je razvidno, da so med sodelujočimi državami pomembne razlike. Anketiranci iz Norveške in Nemčije glede na ostale udeležence anketiranja nekoliko odstopajo v poznavanju tehnologije HFCEV. Anketiranci večjih osebnih izkušenj s HFCEV nimajo ali pa so majhne. Osebnih izkušenj s HFCEV ima manj kot 10 % vseh anketirancev.

Anketiranci na splošno pozitivno ocenjujejo HFCEV (povprečna ocena 3,7 na lestvici od 1 do 5). Približno 2/3 anketirancev to tehnologijo ocenjuje kot dobro ali zelo dobro opcijo.

Anketiranci so v primerjavi s konvencionalnimi osebnimi vozili in vozili na stisnjen ali utekočinjen naravni plin v splošnem bolj naklonjeni HFCEV. Kljub temu dajejo električnim in hibridnim vozilom (baterije in kombinacija s fosilnimi gorivi) prednost pred električnimi vozili na vodikove gorivne celice (HFCEV).

Upoštevač sprejemljivost in finančno podporo v obliki ekoloških subvencij za vozila HFCEV bi bila v prihodnosti večina sodelujočih anketirancev zadovoljna z uporabo vozil na gorivne celice. Pri tem se ne sme pozabiti na ostale primerljive pogoje, na primer na cenovno primerljivost z ostalimi vozili in možnost oskrbe z vodikom. Upoštevač navedene pogoje bi v prihodnosti tako vozilo želelo kupiti več kot 60 % anketirancev (Projekt HYACINTH. Ugotovitve o družbeni sprejemljivosti, 2016).

6.1.4 Podporniki in nasprotniki

V grobem se lahko, upoštevač sprejemljivost in podporo obema proučevanima HFC-tehnologijama (stanovanjska gorivno-celična enota in HFCEV), anketirance razvrsti v tri skupine: podporniki, nevtralni in nasprotniki.

Tovrstno razvrščanje je lahko podano tudi kot razmerje 6 : 3 : 1 (podporniki : nevtralni : nasprotniki) v korist HFC-tehnologijam. Odstotek podpornikov HFC-tehnologijam je najvišji v Sloveniji, Španiji in Nemčiji, najnižji pa v Združenem kraljestvu, Franciji in Belgiji.

Glavne razlike med podporniki in nasprotniki se pojavljajo glede doživljanja, prepričanja in odziva glede stanovanjskih gorivno-celičnih enot in HFCEV (Projekt HYACINTH. Ugotovitve o družbeni sprejemljivosti, 2016).

6.1.5 Socialno-demografski odnos družbe do HFC-aplikacij

Rezultati nakazujejo majhne, a pomembne socialno-demografske razlike v odnosu družbe do HFC-tehnologij. Moški anketiranci so se v primerjavi z ženskimi anketirankami opredelili za večjo seznanjenost, zanimanje, sprejemljivost in podporo.

Vzorec, povezan s starostjo anketirancev, ni v celoti jasen. Mlajši anketiranci so višje vrednosti izbirali pri nekaterih spremenljivkah, starejši anketiranci pa pri drugih. Glede tega ni možno potegniti nobene vzporednice. Stopnja izobrazbe, velikost stanovanja in osebni prihodek so v nekakšni korelaciji s skoraj polovico proučevanih spremenljivk. Na splošno so HFC-tehnologijam najbolj naklonjeni moški z visoko izobrazbo, ki živijo v mestih z več kot milijon prebivalci in jim dohodek omogoča udobno življenje (Projekt HYACINTH. Ugotovitve o družbeni sprejemljivosti, 2016).

6.1.6 Učinek informacij in predhodne naravnosti

Anketiranci so izkazali povečano naklonjenost glede učinka zagotovljenih informacij na oceno HFCEV (gre za primerjavo razlik med neinformirano oceno HFC in informirano oceno stanovanjskih gorivno-celičnih enot ter HFCEV).

Kot zanimivost se lahko izpostavi nerazložljiv učinek med nasprotniki in podporniki, saj se z izobraževanjem nasprotnikov o HFC-tehnologijah njihova ocena o tovrstnih tehnologijah celo slabša. Njihova sprememba v odnosu do teh tehnologij pa je bistveno večja kot pri podpornikih ali nevtralnih anketirancih.

Ob upoštevanju predhodne naravnosti anketirancev lahko ugotovimo, da so do okolja in vodikovih tehnologij bolj pozitivno naravnani tisti anketiranci, ki obe opciji ocenjujejo bolj pozitivno. Ob tem izražajo večje zanimanje in večjo verjetnost nakupa in namestitve stanovanjske gorivno-celične enote ali nakupa HFCEV. Prav nasprotno je s tistimi anketiranci, ki do vodikovih tehnologij in okolja niso izrazito naravnani; ti so do obeh opcij zelo negativni. Ključna ugotovitev je, da so anketiranci, ki so pozitivno naravnani *ali* do okolja *ali* do vodikovih tehnologij, obema opcijama srednje naklonjeni (Projekt HYACINTH. Ugotovitve o družbeni sprejemljivosti, 2016).

6.1.7 Model družbene sprejemljivosti HFC-opcij

Na sprejemljivost stanovanjskih gorivno-celičnih enot in HFCEV vplivajo številne druge spremenljivke. Na družbeno sprejemljivost obeh opcij vpliva globalni odnos do njiu: seznanjenost, čustva (pozitivna in negativna), dojemanje koristi in stroškov ter preferenca za alternativne tehnologije. S sprejemljivostjo stanovanjskih gorivnih celic in HFCEV se najmočneje izpostavljajo povezana pozitivna čustva. Zaznane koristi anketirancev močneje vplivajo na sprejemljivost stanovanjskih gorivnih celic. Prednosti alternativnih tehnologij (konvencionalna vozila) močneje vplivajo (čeprav negativno) na sprejemljivost osebnih vozil na vodikove gorivne celice (HFCEV). Na sprejemljivost stanovanjskih gorivno-celičnih enot in HFCEV pozitivno vplivajo predvsem zaupanje, protehnoško prepričanje in okoljevarstveno poistovetenje.

Rezultati te večnacionalne raziskave prispevajo k razumevanju družbene sprejemljivosti vodikovih in gorivno-celičnih tehnologij. Poleg razvoja trga tehnologij vodika bo na njihovo uspešno implementacijo najverjetneje vplivala predvsem družbena sprejemljivost.

Med sodelujočimi državami še ni možno zaslediti močnejših "sporočil" o preselitvi HFC-tehnologij na področja za oskrbo z gorivom, mobilnost, ogrevanje ali preskrbe z električno energijo.

V splošnem so anketiranci izrazili močno podporo HFC-tehnologijam. Ob tem izpostavljajo med seboj povezane ovire; stroške, lokalno oz. nacionalno zakonodajo, politično in ekonomsko podporo. Udeleženci so praviloma prepoznali koristi HFC-

tehnologij, katerih učinki se bodo izrazili šele srednje- do dolgoročno (Projekt HYACINTH. Ugotovitve o družbeni sprejemljivosti, 2016).

6.2 RAZISKAVA JAVNEGA MNENJA

Na portalu EnKlikAnketa (1KA) smo pripravili vprašalnik, s pomočjo katerega smo iskali odgovore na vprašanja o poznavanju in družbeni sprejemljivosti vodikovih tehnologij. Naš osnovni namen je bil potrditi ali ovreči tezo, da javnost ne pozna vodikovih tehnologij. Ob tem smo želeli pridobiti tudi mnenje javnosti o družbeni sprejemljivosti vodikovih tehnologij. Vprašalnik je bil javnosti dostopen preko omenjenega portala; dostop do vprašalnika smo omogočili s posredovano spletno povezavo. Spletna povezava je bila potencialnim respondentom omogočena preko družbenega omrežja Facebook (preko osebnega profila, deljenih profilov in profila Visoke šole za trajnostni razvoj B&B) ter naslovnikom elektronske pošte.

6.2.1 Časovni potek izpolnjevanja ankete

Anketo je bilo možno izpolniti od 25. maja 2017 do vključno 2. junija 2017. Do nagovora oz. do povabila k izpolnjevanju ankete je dostopalo 488 potencialnih anketirancev. Zanimiv je časovni potek pristopa do ankete (tabela 2).

	25. maj	26. maj	27. maj	28. maj	29. maj	30. maj	31. maj	1. junij	2. junij
frekvenca	100	119	23	27	175	27	10	7	0
odstotek (n = 488)	20 %	24 %	5 %	6 %	36 %	6 %	2 %	1 %	/

Tabela 2: Časovni potek izpolnjevanja ankete
(Vir: anketni vprašalnik, 2017)

V prvih treh delovnih dneh je bil zaznan največji delež pristopa k nagovoru oz. k izpolnjevanju ankete. Iz tega podatka lahko z veliko mero gotovosti zaključimo, da imajo spletne ankete največji učinek na "nagovorjene" le nekaj prvih dni. Pozneje se odzivnost drastično zmanjša, kar je razumljivo in pričakovano, saj izpolnjevanja ankete praviloma nihče ne odloži na poznejši čas. Do ankete je dostopalo 141 anketirancev (29 %), z izpolnjevanjem ankete je začelo le še 92 anketirancev (19 %), Na tem številu oz. vzorcu tudi temelji naša analiza, čeprav je anketo končalo 76 anketirancev (16 %). Smo pa v nekaterih primerih analize odgovorov upoštevali vzorec veljavno izpolnjenih anket; tistih, ki so v celoti izpolnili anketo (n = 76).

6.2.2 Demografska vprašanja

Vprašalnik o poznavanju in družbeni sprejemljivosti vodikovih tehnologij je poleg relativno zahtevnih in strokovnih vprašanj vseboval tudi demografska vprašanja. Tako

v nadaljevanju (tabela 3, 4, 5 in 6) predstavljamo ključne demografske podatke o anketirancih.

	frekvenca	odstotek (n = 92)	veljavni (n = 76)
1 (moški)	35	38 %	46 %
2 (ženski)	41	45 %	54 %
skupaj	76	83 %	100 %

Tabela 3: Spol anketirancev
(Vir: anketni vprašalnik, 2017)

	frekvenca	odstotek (n = 92)	veljavni (n = 76)
1 (do 20 let)	2	2 %	3 %
2 (21–30 let)	23	25 %	30 %
3 (31–45 let)	27	29 %	36 %
4 (46–60 let)	23	25 %	30 %
5 (nad 60 let)	1	1 %	1 %
skupaj	76	83 %	100 %

Tabela 4: Starost anketirancev
(Vir: anketni vprašalnik, 2017)

	frekvenca	odstotek (n = 92)	veljavni (n = 76)
1 (Manj kot srednja šola)	3	3 %	4 %
2 (Srednja šola)	35	38 %	46 %
3 (Višja ali visoka izobrazba)	38	41 %	50 %
Skupaj	76	83 %	100 %

Tabela 5: Dosežena izobrazba
(Vir: anketni vprašalnik, 2017)

	frekvenca	odstotek (n = 92)	veljavni (n = 76)
1 (Večje mesto oz. mestna občina)	20	22 %	26 %
2 (Mesto)	25	27 %	33 %
3 (Podeželje)	31	34 %	41 %
Skupaj	76	83 %	100 %

Tabela 6: Tip naselja
(Vir: anketni vprašalnik, 2017)

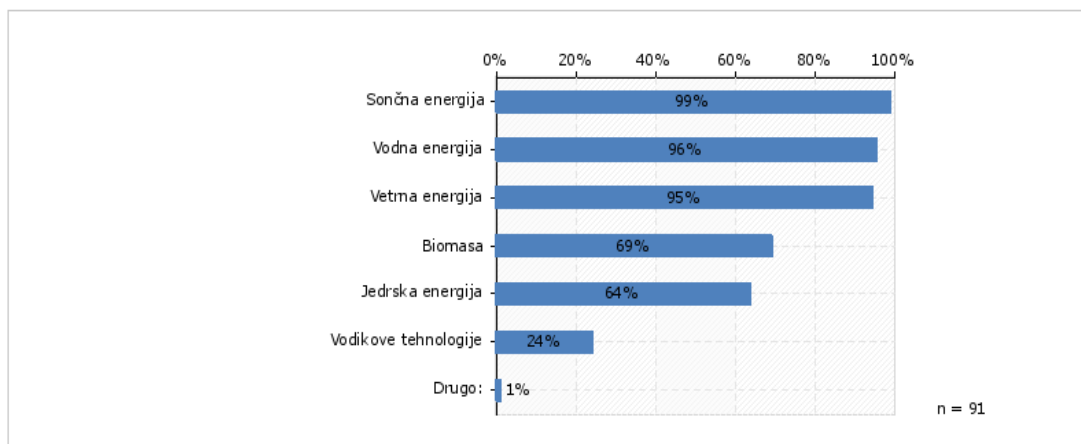
Glede na osnovna demografska vprašanja je zanimiv delež (50 %) višje ali visoko izobraženih anketirancev, ki so v celoti izpolnili anketni vprašalnik. To do neke mere daje večjo verodostojnost odgovorom, saj je šlo za tematsko zelo zahtevno anketo.

6.2.3 Analiza rezultatov

Pri prvem zastavljenem vprašanju (Q1) smo želeli pridobiti nekaj osnovnih informacij o prepoznavnosti obnovljivih virov energije in okoljskih tehnologij v javnosti. Pričakovano največ anketirancev kot obnovljivi vir energije (tabela 7 in graf 1) pozna sončno energijo, vodno energijo in vetrno energijo. Z odgovori na prvo vprašanje so anketiranci praktično že potrdili tezo, saj le slaba četrtina pozna vodikove tehnologije.

	frekvenca	veljavni (n = 91)
Sončna energija	90	99 %
Vetrna energija	86	95 %
Vodna energija	87	96 %
Biomasa	63	69 %
Jedrska energija	58	64 %
Vodikove tehnologije	22	24 %
Drugo:	1	1 %

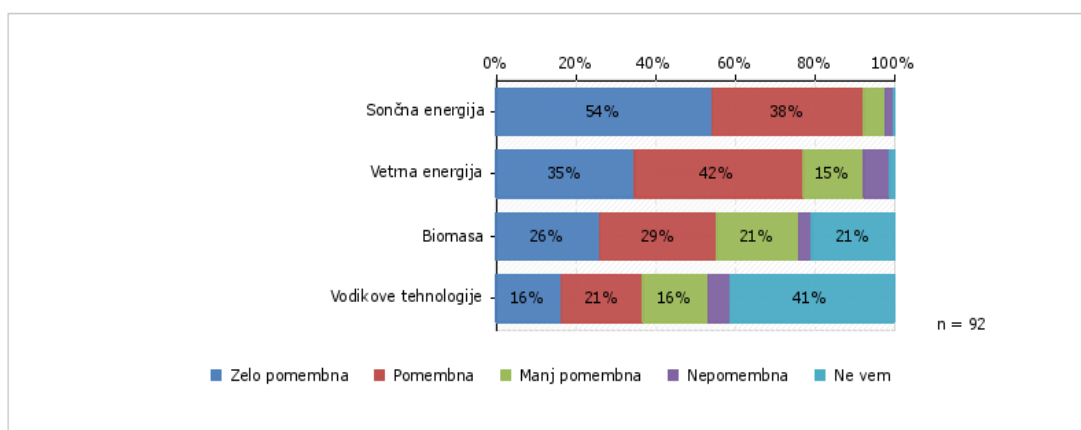
Tabela 7: Delež poznavanja OVE
(Vir: anketni vprašalnik, 2017)



Graf 1: Delež poznavanja OVE
(Vir: anketni vprašalnik, 2017)

V povezavi s prvim vprašanjem nas je zanimalo tudi, kako javnost ocenjuje pomembnost posameznih obnovljivih virov in/ali okoljskih tehnologij v prihodnosti (Q2). Anketiranci tudi v tem primeru ocenjujejo, da bo sončna energija v prihodnosti zelo pomembna (54 %) za Slovenijo (graf 2). Ostalih obnovljivih virov energije in okoljskih tehnologij anketiranci ne uvrščajo med zelo pomembne za Slovenijo.

Vse ostale ponujene vire, razen vodikovih tehnologij, so anketiranci uvrstili med pomembne ali manj pomembne za prihodnost Slovenije. Ko gre za vodikove tehnologije, se jih kar 41 % ni moglo opredeliti glede pomembnosti. Tudi iz teh opredelitev je razvidno, da vodikovih tehnologij javnost ne pozna oz. ne pozna dovolj, da bi se lahko opredelili.



Graf 2: Delež pomembnosti OVE
(Vir: anketni vprašalnik, 2017)

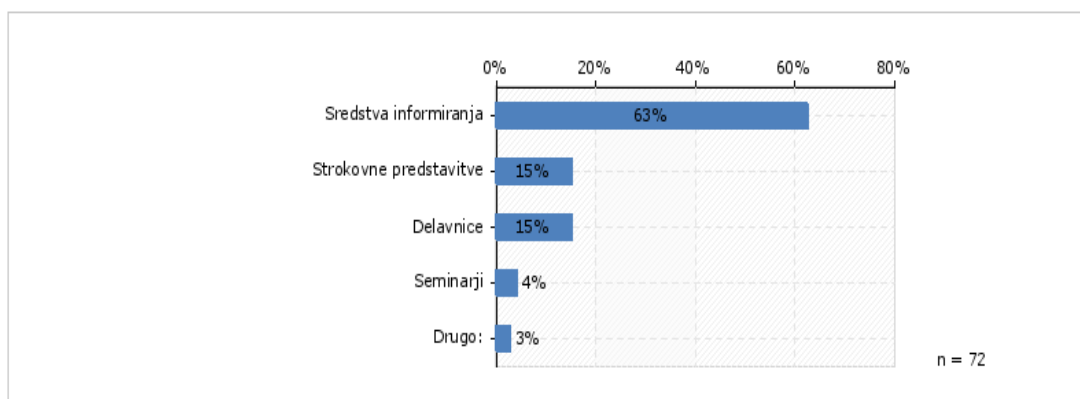
Uvodna vprašanja smo v smislu razumevanja in poznavanja okoljskih tehnologij, v našem primeru vodikovih tehnologij, postopno nadgrajevali in poskusili pridobiti karseda relevantne podatke o uporabnosti vodikovih tehnologij. Rezultati ankete kažejo na to, da velika večina anketirancev (tabela 8) ne pozna uporabnosti vodikovih tehnologij (Q3).

	frekvenca	veljavni (n = 90)
1 (Da)	18	20 %
2 (Ne)	72	80 %
Skupaj	90	100 %

Tabela 8: Delež poznavanja uporabnosti vodikovih tehnologij

(Vir: anketni vprašalnik, 2017)

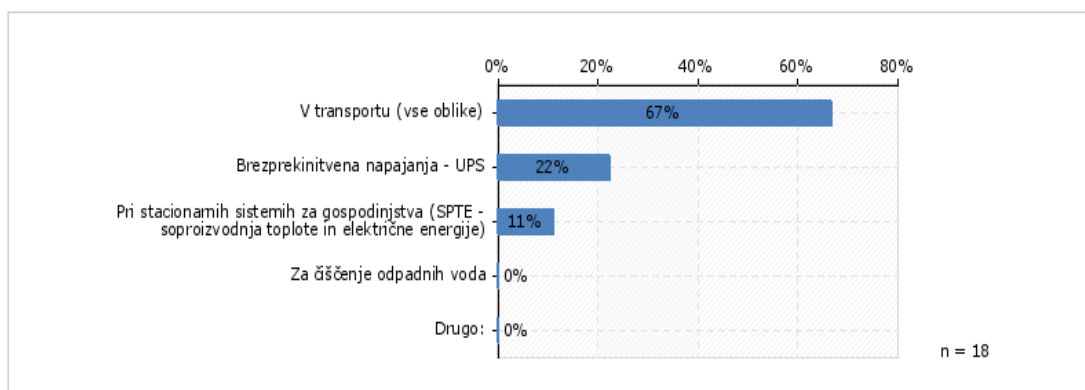
Ti anketiranci (graf 3) bi se o vodikovih tehnologijah najraje poučili skozi sredstva informiranja (Q5). Iz tega lahko sklepamo, da gre za sredstva oz. medij, ki je širši javnosti najbolj dostopen in mu ne nazadnje javnost tudi zaupa.



Graf 3: Dostopnost informacij o vodikovih tehnologijah

(Vir: anketni vprašalnik, 2017)

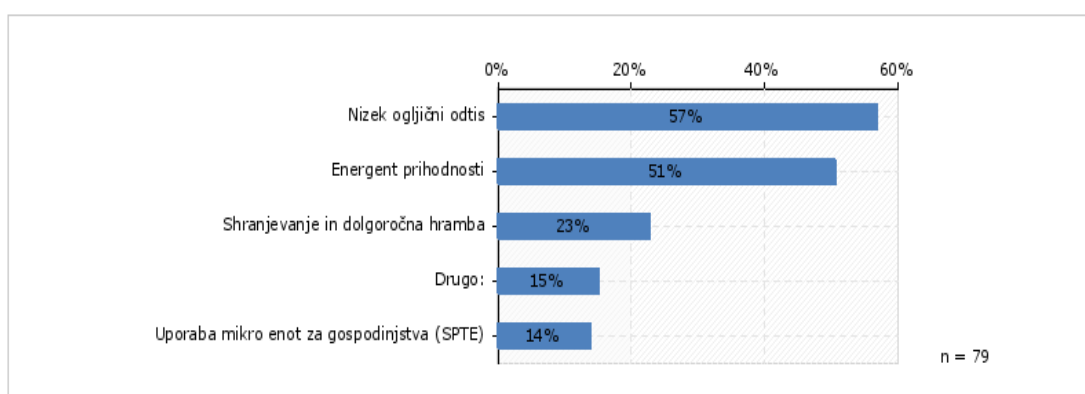
Tisti, ki vodikove tehnologije poznajo, vidijo oz. prepoznavajo največjo uporabnost teh tehnologij v vseh oblikah transporta (Q4). Rezultat ni presenetljiv, saj je javnosti tovrstna uporabnost nekako najbližja (električna vozila z gorivnimi celicami). Zato tudi ne preseneča majhen delež prepoznavanja uporabnosti vodikovih tehnologij na drugih področjih (graf 4).



Graf 4: Uporabnost vodikovih tehnologij
(Vir: anketni vprašalnik, 2017)

Nihče od anketirancev, ki poznajo uporabnost vodikovih tehnologij, ni izbral področja čiščenja odpadnih voda. Iz tega ocenjujemo, da so na to izbirno vprašanje odgovarjali res tisti, ki vodikove tehnologije poznajo in jih ponujeni odgovor ni zavedel. Pri analizi odgovora na šesto vprašanje, pri katerem so anketiranci ocenjevali oz. podajali mnenje o uporabnosti vodikovih tehnologij, smo opazili določeno odstopanje glede na drugo vprašanje.

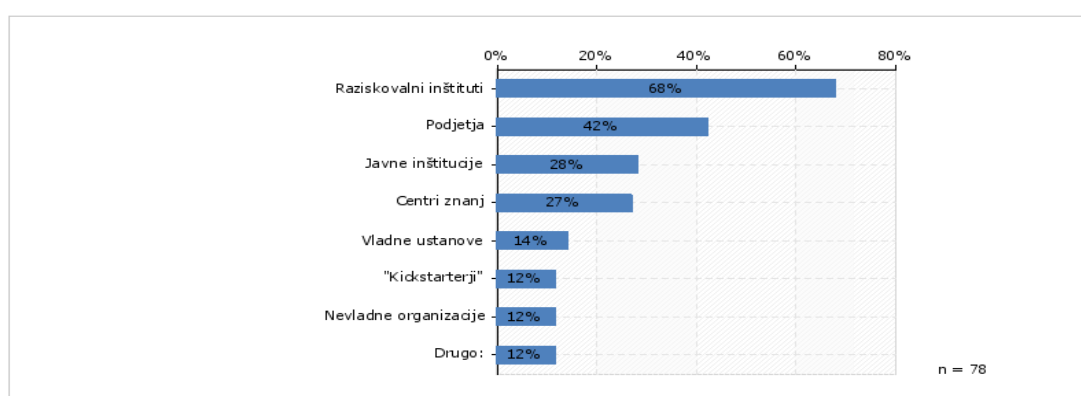
Anketiranci so vodikove tehnologije glede na pomembnost v prihodnosti postavili na zadnje mesto. Pri šestem vprašanju jih kot energent prihodnosti (graf 5) postavljajo veliko višje, takoj za nizkim ogljičnim odtisom, ki je za anketirance največja prednost uporabe vodikovih tehnologij. Tu so tudi tisti anketiranci, ki vodikovih tehnologij ne poznajo, poskusili oceniti prednosti uporabe.



Graf 5: Prednosti uporabe vodikovih tehnologij
(Vir: anketni vprašalnik, 2017)

Omenjeno odstopanje lahko poskušamo pojasniti s kompleksnostjo teme oz. z nekoliko zahtevnejšo vsebino anketnega vprašalnika. Kot smo že prej navedli, velika večina anketirancev ne pozna tovrstne tematike. Zanimiv delež (15 %) predstavljajo neizbrane prednosti uporabe vodikovih tehnologij. Tu so anketiranci zapisali, da ne poznajo odgovora, jim prednosti niso znane, ne poznajo te tehnologije in da gre za drage hranilnike električne energije.

Pri pripravi vprašalnika smo razmišljali tudi o interesnih skupinah (graf 6), ki so v Sloveniji kakorkoli povezane z vodikovimi tehnologijami. Zato smo anketirancem ponudili možnost izbire več odgovorov.

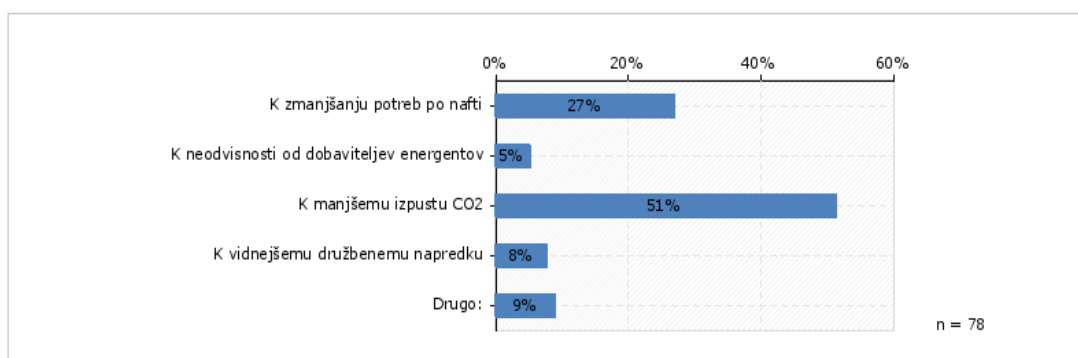


Graf 6: Interesne skupine na področju vodikovih tehnologij
(Vir: anketni vprašalnik, 2017)

Daleč pred vsemi ponujenimi odgovori so anketiranci z vodikovimi tehnologijami povezali raziskovalne inštitute (68 %). Rezultat je pričakovan, saj so glede na že omenjeno kompleksnost teme anketiranci logično izbrali strokovne ustanove. Glede na splošno javno mnenje o politiki ne preseneča omenjen nizki delež zainteresiranosti vladnih ustanov. Do neke mere preseneča nizki delež "kickstarterjev" kot interesnih skupin, ki jih anketiranci ne vidijo kot gonilno silo napredka. Prav tako anketiranci ne vidijo posebno velike vloge nevladnih organizacij, čeprav gre pri vodikovih tehnologijah tudi za reševanje okoljskih problemov.

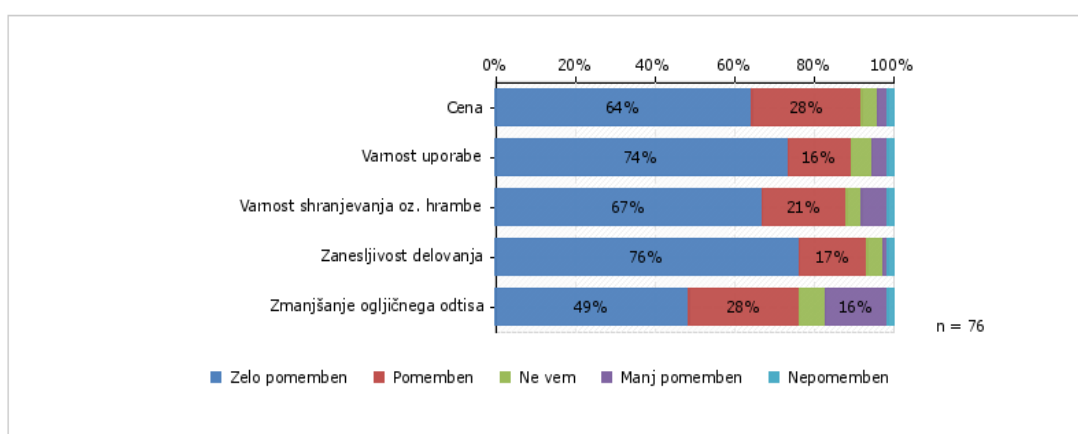
Podobno kot pri nekaterih prejšnjih odgovorih, ko smo s prepletenostjo posameznih vprašanj in kompleksnostjo teme poskusili pridobiti čim bolj verodostojne informacije, smo tudi v nadaljevanju analize naleteli na nekatera odstopanja pri odgovorih.

Že pri šestem vprašanju so anketiranci kot eno od prednosti vodikovih tehnologij na visoko mesto postavili nizki ogljični odtis, kar so znova potrdili pri učinkovitosti rabe (graf 7), ko bi uporaba vodikovih tehnologij pripomogla k manjšemu izpustu CO₂.



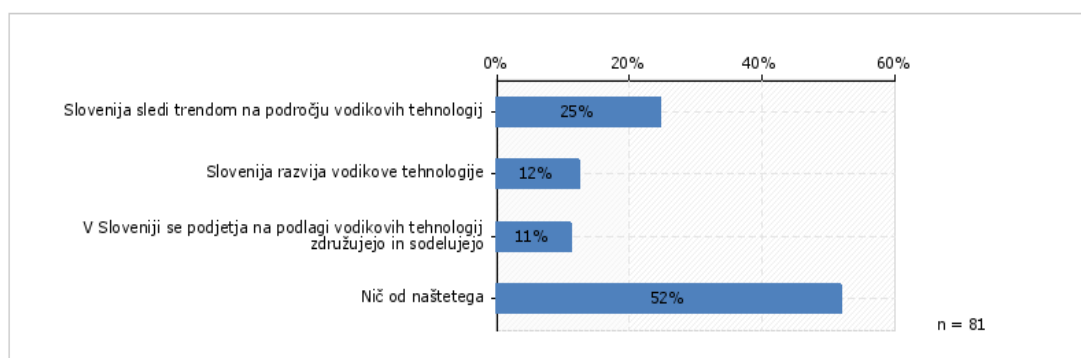
Graf 7: Posledica uporabe vodikovih tehnologij
(Vir: anketni vprašalnik, 2017)

Vse skupaj pa so pri oceni pomembnosti dejavnika (graf 8), ki bi ga upoštevali pred nakupom enega od sistemov, praktično zanikali. Zmanjšanje ogljičnega odtisa (49 %) za anketirance ni zelo pomemben dejavnik, ki bi ga upoštevali pred nakupom enega od sistemov. Veliko večji delež glede pomembnosti za anketirance predstavljata zanesljivost delovanja in varnost uporabe. Tema dejavnikoma sledita varnost shranjevanja oz. hrambe in cena.



Graf 8: Pomembnost dejavnikov
(Vir: anketni vprašalnik, 2017)

Iz analize odgovorov na deveto in deseto vprašanje lahko ocenimo tudi, kakšna je družbena sprejemljivost vodikovih tehnologij. Družba oz. širša javnost v Sloveniji vodikove tehnologije sprejema. Seveda pod določenimi pogoji, predvsem glede zanesljivosti delovanja in varnosti uporabe. Kljub temu pa več kot polovica anketirancev meni, da Slovenija ne sledi novim okoljskim tehnologijam (graf 9).

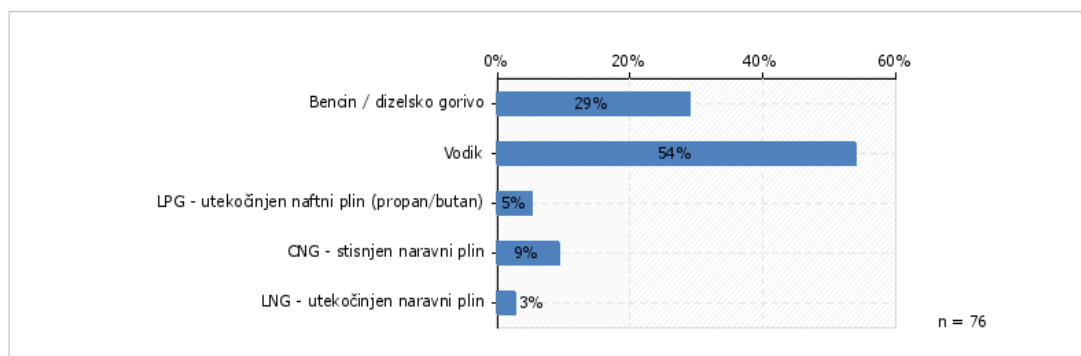


Graf 9: Delež sledenja novim okoljskim tehnologijam
(Vir: anketni vprašalnik, 2017)

Vse skupaj lahko z veliko mero gotovosti pripišemo nepoznavanju tega področja, verjetno tudi slabemu ozaveščanju in premajhne zainteresiranosti v javnosti izpostavljenih interesnih skupin.

Vseeno pa do neke mere, glede na ostale opredeljene odgovore, preseneča delež odgovorov (graf 10), ko bi si anketiranci ob zagotovljenih ekvivalentnih pogojih uporabnosti in cenovne dostopnosti v prihodnosti kupili vozilo, ki kot gorivo uporablja ravno vodik (54 %). Pri tem vprašanju namenoma nismo ponudili možnost izbire električnega vozila, ker bi se, po našem pričakovanju in trenutnih trendih, večina anketirancev odločila ravno za tovrstna vozila.

Seveda so to le naša predvidevanja, ki jih skozi to analizo ne moremo podpreti z nobenim dokazom. Tretjina anketirancev bi se še vedno, ne glede na okoljske težave in smernice, tako EU kot Slovenije, odločila za nakup vozila, ki uporablja "klasično" gorivo. Delež LPG, CNG in LNG tako ostaja zanemarljiv; skupaj imajo le 17-odstotni delež.



Graf 10: Gorivo "prihodnosti"
(Vir: anketni vprašalnik, 2017)

Anketiranci so vodik pod določenimi pogoji prepoznali kot gorivo prihodnosti. Ta podatek je lahko nekaterim zainteresiranim stranem iztočnica ali osnova za večjo prepoznavnost vodikovih tehnologij v naši družbi. Glede na razvoj tovrstnih tehnologij bo v prihodnosti treba zgraditi več vodikovih polnilnic za vozila (trenutno občasno deluje le ena v Lescah, ena v je v fazi izgradnje).

Tako je le 15 anketirancev (20 %) označilo, da v Sloveniji delujeta ena do dve polnilnici. Polovica jih meni, da vodikovih polnilnic v Sloveniji ni (tabela 9).

	frekvenca	odstotek (n = 92)	veljavni (n = 74)
1 (Med 5 in 10)	6	7 %	8 %
2 (Manj kot 5)	15	16 %	20 %
3 (1 do 2)	15	16 %	20 %
4 (V Sloveniji nimamo vodikovih polnilnic)	38	41 %	51 %
Skupaj	74	80 %	100 %

Tabela 9: Delež vodikovih polnilnic

(Vir: anketni vprašalnik, 2017)

7 ZAKLJUČKI

Zaključek začnemo z razmišljanjem o uporabnosti okoljskih tehnologij. Zahvaljujoč okoljskim in energetskim direktivam EU, ki postavljajo nove standarde, lahko upravičeno pričakujemo, da bo okoljskih tehnologij vedno več. Ko nam uspe podobno razmišljanje vpeljati še na globalni ravni, bomo za korak bližje k skupnemu cilju: okolje ne samo ohranjati, temveč ga neprestano izboljševati.

Predvideva se, da bo trend razvoja okoljskih tehnologij v prihodnosti odvisen predvsem od cen energentov, višine različnih okoljskih dajatev, gospodarsko političnih razmer in različnih okoljskih instrumentov ter spodbud. Poleg naštetega pa bo še najbolj odvisen od naše ozaveščenosti.

Tehnologija gorivnih celic je ena tistih tehnologij, ki ima prihodnost. Prisotno je prepričanje, da bo znanstvenikom uspelo odpraviti težave, ki danes spremljajo pretakanje in shranjevanje vodika, ter zmanjšati izgube, ki nastajajo pri pretvarjanju energije. Ko jim to uspe, bo človeštvo pridobilo še eno okoljsko tehnologijo, ki bo skoraj popolnoma čista.

7.1 OCENA UČINKOV

Zakaj vodik? Že slika 24 sama po sebi odgovori na to vprašanje. Iz nje je razvidno razmišljanje o vodiku kot energentu prihodnosti. S pripravo in izvedbo ankete je bil pridobljen alternativni pogled na "odnose z javnostjo" oz. "z javnostmi." Poleg ekonomske upravičenosti pridobivanja vodika bo treba upoštevati tudi družbeno sprejemljivost tovrstnih tehnologij. Vsako od vprašanj v lastni anketi je moralo opredeljevati zeleni odgovor, kar je bil najtežji del priprave anketnega vprašalnika.

Odgovori in poznejša analiza potrjujeta tezo, da javnost zelo slabo pozna vodikove tehnologije. Kot družba jih sicer sprejemamo, a pod določenimi pogoji. Ni presenečenje, da javnost oz. anketiranci Slovenije ne umeščajo med naprednejše države, ki bi razvijale vodikove tehnologije. To se lahko z veliko verjetnostjo, tudi na podlagi analize odgovorov, pripiše nepoznavanju tematike in tudi premajhnemu zaupanju v domače znanje.

Če se ob tem potegne še vzporednica med prevzeto in lastno anketo, se lahko z veliko verjetnostjo poda ugotovitev, da so si rezultati podobni. Razvidno je, da odgovori slovenskih (glede na povzeto anketo) anketirancev praktično ne odstopajo od tistih v vprašalniku, pripravljenem za to diplomsko delo.

GORIVO	Les	Premog	Nafta	Zemeljski plin	VODIK
Vsebnost H ₂ %	5	50	67	80	100
Kalorična vrednost MJ/kg	16,0	23,2	44,2	52,3	141,8
Emisija delcev g/MJ	2,23	2,15	0,08	< 105 ppm	0
Relativna emisija CO ₂	100	31	21	15	0

čas →

Slika 24: Prednosti vodika

(Vir: Napredne tehnologije v energetiki, 2011)

Kaj lahko storimo v Sloveniji? Vsekakor bo naš samoiniciativni pristop največji doprinos k razvoju okoljskih tehnologij. Utopično bi bilo pričakovati trenutek (takrat bo lahko že prepozno), ko bo dovolj politične volje, ki bi prepoznala potrebe in priložnosti na tem področju. Ocenjujemo, da sta ključna dejavnika, ki bi lahko vse skupaj premaknila, ravno ozaveščenost ljudi in predvsem izobraževanje. Hkrati s tema

dejavnikoma bi morali takoj pristopiti k sistematični vpeljavi okoljskih vsebin na vse ravni vzgoje in izobraževanja. Tako pa je danes bolj ali manj vse skupaj prepuščeno strokovni javnosti (raziskovalnim inštitucijam), civilni iniciativi, nevladnim organizacijam in okoljsko ozaveščenim posameznikom ter podjetjem.

7.2 POGOJI ZA UVEDBO

***"Vsi so za spremembe, samo nekateri bi se spremenili,
nihče pa ne bi vodil v spremembe."***

Med podajanjem zaključnih misli je tu namenoma navedena misel Karla Falkenberga, generalnega direktorja za okolje pri Evropski komisiji, ki jo je izrekel leta 2016 ob obisku Ljubljane kot Zelene prestolnice Evrope. To njegovo izjavo lahko vsak razume po svoje. Za vse nas je bistveno, da začnemo spremembe izvajati pri sebi in posledice se bodo poznale v našem okolju.

Ali bomo res čakali, da nas nekdo popelje in vodi v spremembe? Odgovor je nedvoumen. NE!!! Ne smemo čakati! Delovati moramo zdaj, danes, s svojim zgledom in se ves čas spraševati: "Ali smo storili dovolj?" Ko bo EKO postal "blagovna znamka", bomo vedeli, da nam je uspelo.

7.3 MOŽNOSTI NADALJNJEGA RAZVOJA

Brez najmanjšega dvoma so in morajo biti raziskovalne inštitucije tiste gonilne sile, ki zagotavljajo razvoj. Brez posluha tistih, ki so v državi odgovorni za znanost in razvoj, bo to zelo težko doseči. Že danes se morajo raziskovalne inštitucije povezovati z gospodarstvom in skupaj z njimi zagotoviti širšo družbeno prepoznavnost in sprejemljivost vseh novih tehnologij. Sliši se dokaj enostavno, a ni tako. Razen v redkih primerih se morajo (praviloma) raziskovalne inštitucije povezovati s tujimi gospodarstvi, kjer znajo prepoznati uspešen razvoj in ceniti slovensko znanje.

Tudi ob podajanju zaključnih misli se ne sme mimo strateškega dokumenta (Energetskega koncepta Slovenije), s katerim bo načrtana "energetska pot" vse do leta 2050. To je več kot trideset (30) let! Ali smo v naši družbi res tako prepričani v nekakšno energetske, recimo ji neodvisnost, brez prisotnosti vodika in okoljskih tehnologij, ki so povezane z njim? Glede na naravne danosti Slovenije in predvidene energetske usmeritve ter energijskih potreb v naslednjih desetih (10) do tridesetih (30) letih si je težko predstavljati energetske in energijske neodvisnosti. Lahko bi jo dosegli z vlaganjem v razvoj vodikovih tehnologij in stalnim ter doslednim povezovanjem raziskovalnih inštitucij z gospodarstvom. Nikakor si ne smemo dovoliti, da bi bilo to povezovanje prepuščeno osamljenim vizionarjem, tako znanstvenim kot gospodarskim. V teh in podobnih primerih bi ključno vlogo morala prevzeti država in

vsa razpoložljiva sredstva nameniti znanosti in razvoju ter spodbudam v gospodarstvu.

8 LITERATURA IN VIRI

Aberdeen city region hydrogen strategy & action plan 2015–2025. (2015). Pridobljeno 15. 11. 2017 z naslova http://hyacinthproject.eu/wp-content/uploads/2013/12/A_Hydrogen_Strategy_for_the_Aberdeen_City_Region_2015-2025.pdf.

Annual report. (2016). Hydrogen Europe. Pridobljeno 14. 11. 2017 z naslova <http://hydrogeneurope.eu/wp-content/uploads/2017/05/Hydrogen-Europe-Annual-Report-2016.pdf>.

Bohorč, J. (2012). *Uporaba gorivnih celic v železniškem prometu.* Diplomsko delo, Krško: Univerza v Mariboru, Fakulteta za energetiko.

Drobnič, B. (2017). *Vodikove tehnologije v sistemih brezprekinitvenega napajanja.* (PowerPoint predstavitev). Pridobljeno 10. 2. 2018 z naslova http://rcvt.si/uploads/rcvt/public/document/5805_vodikove_tehnologije_v_sistemih_brezprekinitvenega_napajanja2_sl.pdf.

Energetski koncept Slovenije. (1. 2. 2018). Portal energetika. Pridobljeno 10. 2. 2018 z naslova <http://www.energetika-portal.si/dokumenti/strateski-razvojni-dokumenti/energetski-koncept-slovenije/>.

Envietech 2008. (3. 12. 2007). *Envietech 2008 – Prvi Evropski kongres okoljske tehnologije in obnovljivih virov.* Pridobljeno 10. 2. 2018 z naslova: <http://www.o-sta.com/msg.php?id=3984>.

Femc, M. (2017). *Shranjevanje obnovljive energije s pomočjo vodika* (PowerPoint predstavitev). Pridobljeno 10. 2. 2018 z naslova http://rcvt.si/uploads/rcvt/public/document/5704_plan_net_predavanje_o_vodikovih_tehnologijah_22_5_2017_sl.pdf.

Gatalo, M. (2015). *Optimizacija PtCu₃/C katalizatorja in stabilizacija z zlatom.* Magistrsko delo, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo.

Hodnik, N. (2013). *Aktivnost in stabilnost nanodelcev platinskih zlitin kot katalizatorjev za reakcije v gorivni celici.* Doktorska disertacija, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo.

Hodnik, N. (10. 10. 2017). *Nov način raztapljanja plemenitih kovin za uporabo v zelenem krožnem gospodarstvu.* Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije. Pridobljeno 25. 1. 2018 z naslova <https://www.arrs.gov.si/sl/dogodki/17/odlicni-v-znanosti-tehnika.asp>.

Hydrogen and fuel cells. (2017). EU science hub. Pridobljeno 14. 11. 2017 z naslova <https://ec.europa.eu/jrc/en/research-topic/hydrogen-and-fuel-cells>.

Hydrogen Europe – Research. (2018). Pridobljeno 10. 2. 2018 z naslova <https://www.nerghy.eu/european-hydrogen-energy-conference/>.

Hyundai ix35 prvič na vodik v Ljubljani. (17. 7. 2015). Ljubljana – MMC RTV SLO. Pridobljeno 10. 2. 2018 z naslova <http://www.rtv slo.si/zabava/avtomobilnost/novice/hyundai-ix35-prvic-na-vodik-po-ljubljani/369898>.

Inovativne okoljske tehnologije v luči nove evropske finančne perspektive 2007–2013. (2005). Pridobljeno 10. 2. 2018 z naslova <http://www.prihodnost-slovenije.si/uprs/ps.nsf/krf/D250F161F40638E6C12570A5002ADFAE?OpenDocument>.

Jamnik, M. (2016). *Uporaba vodikovih tehnologij v cestnem prometu v Sloveniji.* Magistrsko delo, Krško: Univerza v Mariboru, Fakulteta za energetiko.

Jazbec, S. (b. l.). *Gorivne celice.* (PowerPoint predstavitev). Pridobljeno 10. 2. 2018 z naslova <http://www.fmf.uni-lj.si/~stepisnik/sola/energvir/Seminarji0809/Gorivne%20celice.pdf>.

Jurjevčič, B., Mori, M., in Drobnič, B. (2012). *Tehnologije gorivnih celic.* Laboratorijska vaja, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo.

Kemijski inštitut. (2018). Pridobljeno 25. 1. 2018 z naslova <https://www.ki.si>.

Key to Sustainable Energy and Transport (2016). Brošura FCH Europa. Pridobljeno 12. 2. 2018 z naslova <http://www.fch.europa.eu/sites/default/files/FCH-booklet-2016.pdf>.

Koprivnikar, M. in Đurasovič, T. (2010). *Tehnologije obnovljivih virov energije in vpliv na okolje.* Maribor: Biotehniška šola Maribor.

Lacko, R. et al. (februar 2012). *Energetska koalicija prihodnosti: vodik, obnovljivi viri energije in pametna omrežja.* Eges, 2, 12-18. Pridobljeno 12. 2. 2018 z naslova: <http://www.e-m.si/media/eges/casopis/2012/2/12.pdf>.

Lacko, R., Drobnič, B. in Leban, M. (avgust 2013). *Hydrogen technologies in a self-sufficient energy system with renewables.* JET, 6/3 11-24. Pridobljeno 12. 2. 2018 z naslova: <https://www.fe.um.si/e-jet-2/24-2013/151-august-2013.html>.

Léon, A. (ur.). (2008). *Hydrogen Technology – Mobile and Portable Applications.* Berlin Heidelberg: Springer.

Lotrič, A., Sekavčnik, M. in Hočevar, S. (april 2013). *Methanol Steam Reformer – High Temperature PEM Fuel Cell System Analysis*. Pridobljeno 12. 2. 2018 z naslova <http://www.mebius.si/docs/Methanol%20Steam%20Reformer%20%20High%20Temperature%20PEM%20Fuel%20Cell%20System%20Analysis%20-%20Poster.pdf>.

Mori, M. et al. (2014). Life-cycle assessment of a hydrogen-based uninterruptible power supply system using renewable energy [elektronska izdaja]. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. Springer.

Mori, M. et al. (8. 7. 2013). Integral characteristics of hydrogen production in alkaline electrolyzers [elektronska izdaja]. *Strojniški vestnik – Journal of Mechanical Engineering*, 59(10), str. 585–594.

Napredne tehnologije v energetiki – Gorivne celice. (2011). (PowerPoint predstavitev). Pridobljeno 10. 2. 2018 z naslova http://lab.fs.uni-lj.si/kes/napredne_tehnologije_v_energetiki/NTE_GC.pdf.

Okoljske inovacije. (2009). Evropska komisija. Pridobljeno 10. 2. 2018 z naslova http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/eco_innovation/sl.pdf.

Okoljske tehnologije. (b. l.). Pridobljeno 10. 2. 2018 z naslova <https://www.ijs.si/ijsw/Okoljske%20tehnologije>.

Pavličič, A. (2015). *Optimizacija priprave katalizatorjev iz Pt-zliti na ogljikovem nosilcu za nizkotemperaturne gorivne celice*. Doktorska disertacija, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo.

Portal Energetika (16. 1. 2018). *Skupna evidenca pripomb na javno obravnavo Energetskega koncepta Slovenije*. Pridobljeno 10. 2. 2018 z naslova http://www.energetika-portal.si/fileadmin/dokumenti/publikacije/eks/pripombe_jo_jan_2018/eks_evidenca_pripomb_jo_jan_2018.pdf.

Projekt HYACINTH (2013). *Ugotovitve o družbeni sprejemljivosti*. Pridobljeno 10. 2. 2018 z naslova http://hyacinthproject.eu/wp-content/uploads/2013/12/Findings-on-public-acceptance_short-version_edited_fv-SL.pdf.

Razvojni center za vodikove tehnologije. (b. l.). Pridobljeno 14. 11. 2017 z naslova <http://rcvt.si/>.

Republika Slovenija, Ministrstvo za infrastrukturo (2018). *Prejete pripombe na predlog energetskega koncepta Slovenije*. Pridobljeno 10. 2. 2018 z naslova <http://www.energetika-portal.si/dokumenti/strateski-razvojni-dokumenti/energetski-koncept-slovenije/pripombe-eks/>.

Republika Slovenija. Ministrstvo za okolje in prostor (b. l.). *Vodik vodi*. Brošura. Pridobljeno 12. 2. 2018 z naslova http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/publikacije/vodik_vodi.pdf.

Sekavčnik, M. (2017). *Vodik v stacionarnih sistemih kot del pametnih omrežij*. (PowerPoint predstavitev). Pridobljeno 10. 2. 2018 z naslova http://rcvt.si/uploads/rcvt/public/document/5603_vodik_v_stacionarnih_sistemih_in_kot_del_pametnih_omrezij_ms_20170522_sl.pdf.

Sekavčnik, M. et al. (2008). *SPEV – Slovenija in prehod na ekonomijo vodika*. (Zaključno poročilo). Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo.

Svoljšak, J. M. (2017). *Demo Hydrogen Filling Station (HRS) in Slovenia*. (PowerPoint predstavitev). Pridobljeno 10. 2. 2018 z naslova http://rcvt.si/uploads/rcvt/public/document/5502_marta_svoljsak_vodikova_polnilnicagzsms_sl.pdf.

Škerl, K. U. (26. 10. 2016). Slovensko znanstveno odkritje: Namesto onesnaževanja Afrike okolju prijazno recikliranje mobilnih telefonov. *Dnevnik*. Pridobljeno 25. 1. 2018 z naslova <https://www.dnevnik.si/1042753596/magazin/znanost-in-tehnologija/slovensko-znanstveno-odkritje-namesto-onesnazevanja-afrike-okolju-prijazno-recikliranje-mobilnih-telefonov->.

Tavčar, B. (2012). Okoljske tehnologije so lahko prihodnost. *Delo*. Pridobljeno 10. 2. 2018 z naslova <http://www.delo.si/gospodarstvo/posel-in-denar/okoljske-tehnologije-so-lahko-prihodnost.html>.

Vindišar, J. (2017). *FCH JU Sustainable future with hydrogen*. (PowerPoint predstavitev). Pridobljeno 10. 2. 2018 z naslova http://rcvt.si/uploads/rcvt/public/document/54-01_fch_ju_predstavitev_vindisar_inea_sl.pdf.

Vrednotenje naprednih energetskega sistemov z metodo analize življenjskih ciklov. (b. l.). Univerza v Ljubljani – gospodarjenje z energijo: Napredni energetskega sistemi. Pridobljeno 12. 2. 2018 z naslova http://lab.fs.uni-lj.si/kes/gospodarjenje_z_energijo/Predavanje_napredni_energetski_sistemi.pdf.

Zevnik, C. (b. l.). *Vodik in vodikova ekonomija – končna rešitev energetske krize?* PowerPoint predstavitev. Pridobljeno 10. 2. 2018 z naslova http://www.s-bts.kr.edus.si/uploads/media/Vodik_in_vodikova_ekonomija_03.ppt.

Zupančič, J. M. (2010). *Uvod v okoljske tehnologije*. (el. knjiga). Brezovica pri Ljubljani. Limnos. Pridobljeno 10. 2. 2018 z naslova <http://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:doc-U5ZDGU2V>.

9 PRILOGI

Priloga 1: Anketni vprašalnik

Priloga 2: Laboratorijski dnevnik

PRILOGA 1

Anketni vprašalnik

Poznavanje in družbena sprejemljivost vodikovih tehnologij v Sloveniji

Kratko ime ankete: Odnosi z javnostmi – vodik

Dolgo ime ankete: Poznavanje in družbena sprejemljivost vodikovih tehnologij v Sloveniji

Število vprašanj: 16

Anketa je zaključena.

Aktivna od: 25. 05. 2017

Avtor: Žalac

Dne: 25. 5. 2017

Opis:

Aktivna do: 2. 6. 2017

Spreminjal: Žalac

Dne: 2. 6. 2017

V študijske namene potrebujem vašo pomoč. Prosim, če si vzamete nekaj minut in s klikom na gumb "Naslednja stran", pričnete z izpolnjevanjem ankete.

Q1 - Katere obnovljive vire energije (OVE) in/ali okoljske tehnologije že poznate?

Možnih je več odgovorov

- Sončna energija
- Vetrna energija
- Vodna energija
- Biomasa
- Jedrska energija
- Vodikove tehnologije
- Drugo:

Q2 - Za katere od navedenih obnovljivih virov energije (OVE) in/ali okoljskih tehnologij menite, da bodo za Slovenijo v prihodnosti najbolj pomembni?

	Zelo pomembna	Pomembna	Manj pomembna	Nepomembna	Ne vem
Sončna energija	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vetrna energija	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Biomasa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vodikove tehnologije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Q3 - Ali poznate uporabnost vodikovih tehnologij?

- Da
- Ne

IF (1) Q3 = [1] (da)

Q4 - Na katerih področjih so vodikove tehnologije uporabne?

- V transportu (vse oblike)
- Za čiščenje odpadnih voda
- Pri stacionarnih sistemih za gospodinjstva (SPTE – sproizvodnja toplote in električne energije)
- Brezprekinitvena napajanja – UPS
- Drugo:

IF (2) Q3 = [2] (ne)

Q5 - Kje bi se želeli poučiti o uporabnosti vodikovih tehnologij?

- Sredstva informiranja
- Seminarji
- Strokovne predstavitve
- Delavnice
- Drugo:

Q6 - Kakšne so po vašem mnenju prednosti vodikovih tehnologij?

Možnih je več odgovorov

- Energent prihodnosti
- Nizek ogljični odtis
- Shranjevanje in dolgoročna hramba
- Uporaba mikro enot za gospodinjstva (SPTe)
- Drugo:

Q7 - Katere interesne skupine so povezane z vodikovimi tehnologijami?

Možnih je več odgovorov

- Javne inštitucije
- Vladne ustanove
- Raziskovalni inštituti
- Podjetja
- Centri znanj
- "Kickstarterji"
- Nevladne organizacije
- Drugo:

Q8 - Uporaba vodikovih tehnologij bi pripomogla:

- K zmanjšanju potreb po nafti
- K neodvisnosti od dobaviteljev energentov
- K manjšemu izpustu CO₂
- K vidnejšemu družbenemu napredku
- Drugo:

Q9 - Ali menite, da Slovenija sledi novim okoljskim tehnologijam, kot so vodikove tehnologije?

- Slovenija sledi trendom na področju vodikovih tehnologij
- Slovenija razvija vodikove tehnologije
- V Sloveniji se podjetja na podlagi vodikovih tehnologij združujejo in sodelujejo
- Nič od naštetega

Q10 - Označite pomembnost dejavnika, ki bi ga upoštevali pred nakupom vozila, stacionarnega sistema – SPTE ali brezprekinitvenega napajanja, ki kot vir uporablja vodik?

	Zelo pomemben	Pomemben	Manj pomemben	Nepomemben	Ne vem
Cena	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Varnost uporabe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Varnost shranjevanja oz. hrambe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Zanesljivost delovanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Zmanjšanje ogljičnega odtisa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Q11 - Ob zagotovljenih ekvivalentnih pogojih uporabnosti in cenovne dostopnosti bi si v prihodnosti kupili vozilo, ki kot gorivo uporablja:

- Bencin / dizelsko gorivo
- Vodik
- LPG – utekočinjen naftni plin (propan/butan)
- CNG – stisnjen naravni plin
- LNG – utekočinjen naravni plin

Q12 - Ali veste, koliko vodikovih polnilnic deluje v Sloveniji?

- Med 5 in 10
- Manj kot 5
- 1 do 2
- V Sloveniji nimamo vodikovih polnilnic

XSPOL - Spol:

- Moški
- Ženski

XSTAR2a4 - V katero starostno skupino spadate?

- do 20 let
- 21–30 let
- 31–45 let
- 46–60 let
- nad 60 let

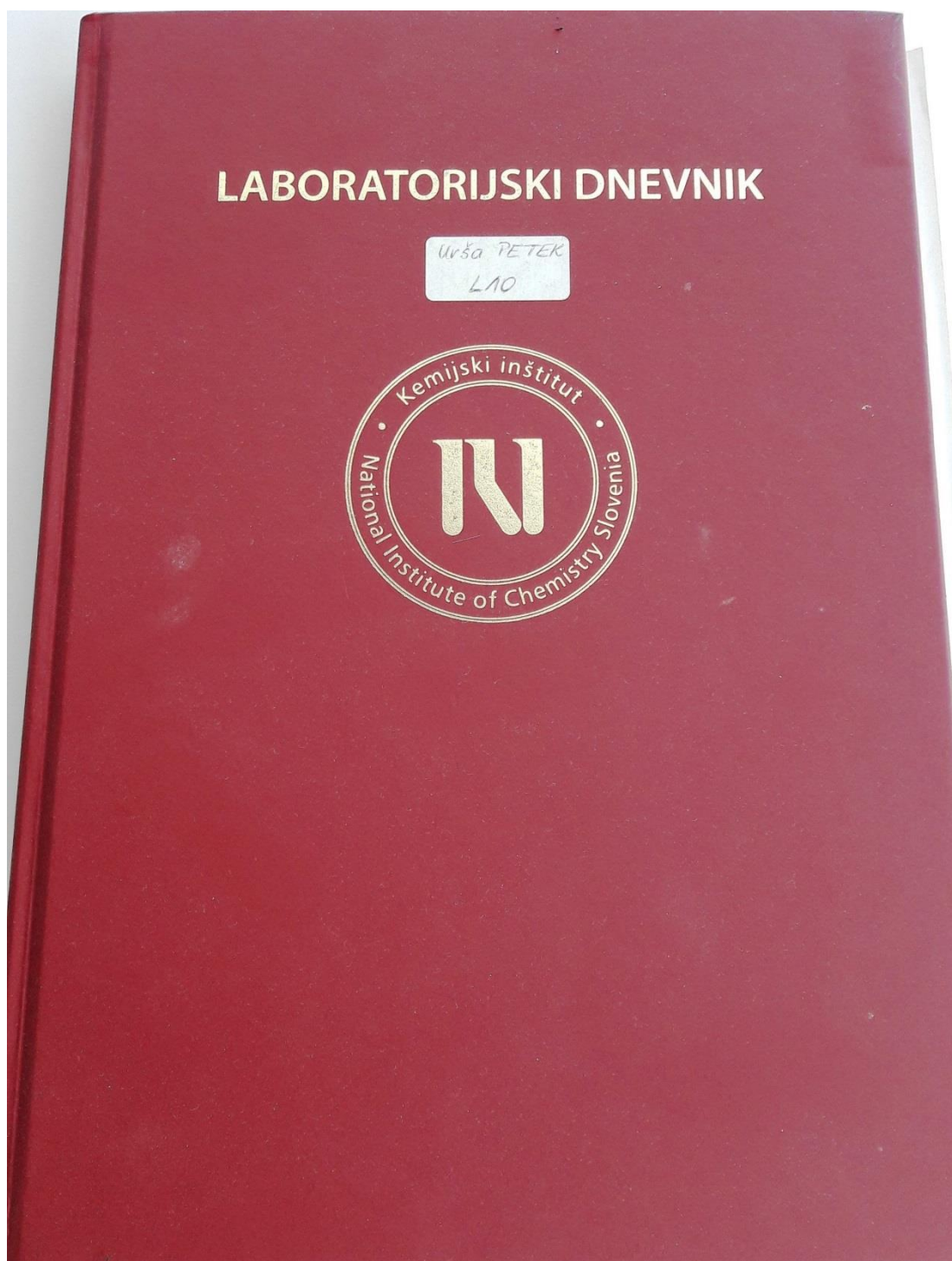
XIZ1a2 - Kakšna je vaša najvišja dosežena formalna izobrazba?

- Manj kot srednja šola
- Srednja šola
- Višja ali visoka izobrazba

XLOKACREGk - V kakšnem tipu naselja prebivate?

- Večje mesto oz. mestna občina
- Mesto
- Podeželje

PRILOGA 2



NAVODILA

1. Glavni namen tega dnevnika je zaščita intelektualne lastnine Kemijskega inštituta ter dokumentiranje naših raziskav in razvoja. Le ustrezno vodena evidenca lahko zagotovi tovrstno zaščito in je v veliko pomoč pri pisanju doktorskih disertacij, patentov, člankov, itd. Ko pričenjate s posameznim eksperimentom, razločno in jasno navedite svoj namen in splošni načrt ali postopek. Sproti evidentirajte svoje delo in zabeležite vse potrebne podrobnosti, da delo brez težav lahko ponovi tudi vaš sodelavec. Za vsak segment eksperimentov naredite dnevniški zapis, ki ga začnete z naslovom poskusa (tega potem uporabite pri pisanju kazala), temu naj sledi namen poskusa, eventualna hipoteza, princip dela, opis eksperimentalnega dela, izračuni, rezultati, literaturni viri in obvezen zaključek (sklep, ki se nanaša na narejeni segment poskusov) ter ideje za nadaljevanje dela. Pišite ročno in neposredno v dnevnik. Ne delajte zapiskov na posamezne kose papirja, ki jih nameravate naknadno prepisati.
2. Vsi vnosi naj bodo zapisani s kemičnim svinčnikom. Ne uporabljajte navadnega svinčnika.
3. Ko pričenjate z delom, morate natančno navesti naslov, številko projekta in številko dnevnika. Zaradi lažje sledljivosti in večje preglednosti lahko ob številki projekta v oklepaju zapišete tudi krajše oznake eksperimentov.
4. V kronološkem zaporedju podajte natančen in točen opis vašega dela in njegovih rezultatov. Vnesite vse rezultate, tudi tiste od neuspešnih eksperimentov. V primeru napake samo prečrtajte nepravilni tekst, nato pa nadaljujte s pravilnim zapisom. Zaželeni so izčrpni opisi z natančno navedbo podrobnosti. Raje zabeležite več stvari kot premalo. Zavedati se morate nujnosti izvirnih podatkov pri dokazovanju morebitnih novih izumov. V dnevnik nalepite računalniške skice, izračune, grafe, fotografije in podobno. Pri tem pazite, da iz prilepljenih dokumentov jasno izhaja datum nastanka dokumenta in ime avtorja. Obvezno navedite imena datotek, kjer se nahajajo podatki.
5. V ta dnevnik morajo biti zabeleženi tudi popolni izračuni, ki postanejo zaščiteni podatki.
6. Potrebno je zabeležiti tudi imena raziskovalcev in tehnikov, ki so priča prikazu. Vsaj en raziskovalec, ki se ne sklicuje na soizumiteljstvo, naj podpiše in datira dnevnik v okencu na dnu delovnega lista. Novim zamislim in novim rešitvam problemov naj bodo priča vaši sodelavci ali osebe, ki so primerno usposobljene, da poznajo jezik evidentiranja in materiale, ki so predmet vnosa. Vsa ta dejstva je potrebno zabeležiti, podpisati in datirati.
7. Nove ideje, načrte, postopke, skice ipd. je potrebno takoj po nastanku zabeležiti v ta dnevnik. Prisotni sodelavci podpišejo in datirajo to dejstvo v rubriki *Razkrito osebi, ki potrjuje razumevanje*.
8. Ta dnevnik in vsi podatki, ki jih vsebuje, so izključna last Kemijskega inštituta. Vsa vsebina je strogo *zaprta*. Zaposleni *mora izpolnjeni dnevnik vrniti*, ko je le-ta povsem poln, oz. na zahtevo nadrejenega ali ob prekinitvi delovnega razmerja. Oseba, ki ji je dnevnik dodeljen, mora storiti vse potrebno, da ga zavaruje pred izgubo. V primeru požara, kraje ali izginotja tega dnevnika, mora zaposleni nemudoma obvestiti o tem svojega nadrejenega. Potrebno je podati tudi pisno poročilo, ki opisuje okoliščine izgube dnevnika. Dnevnik se po zaključku 10 let hrani v zaklenjeni omari pri odgovorni osebi (mentor raziskovalca ali vodja Laboratorija) v Laboratoriju, kjer je bilo delo opravljeno. Po tem času se komisijsko odloči, kateri dnevnik se arhivira v arhivu Kemijskega inštituta in kateri se lahko odpiše.
9. Praviloma se na vsaki strani zabeleži le en predmet. Za dolgoročne projekte uporabite ločene dnevnike.

NASLOV

Delo se nadaljuje s strani:

ŠT. PROJEKTA

ŠT. DNEVNIKA 1

Sinteza vzorca CPC221 za plamenško sintezo

Preparation of electrocatalysts - C-Cu composite material

CPC221 800

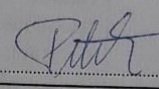
D:20/11/2014

Sequence of mixing at RT	Mass St (g)	Conc St mol/Kg.%	n (mol)	Mr (g/mol)	Wt (%)	Mass (g)	
b (90°C)	HEC	0.7				4.9	A-5-D
c (65°C)	Gelatin-B, gelatin from	2				14	B-2-S
e (60°C)	Vulcan XC72R	2	1.4	12.00	99	16.9697	Fluka Polica digestorij
d (65°C)	NaOH	0	0	40	99.9	0	
	CTAB	0.012	0.0084	364.46	99	3.092388	A-3-L
	Oxalic a.	0	0	126.07	99	0	
	Citric Acid	0	0	192.12	99	0	
f (50°C)	CuAc2*H2O	0.2	0.14	199.56	99	28.22061	B-4-L
a (90°C)	H2O	700				67.183	
	2 after e Stirring with Ultra Turrax, 10 min, hitos			63.55		67.183	
	2 after f Dissolving with mixing			1.271		67.183	
	3 Cooled in RT with mixing						
	4 After gelation (3h at RT) into LN2						
	5 Drying in liofilizator						

C-Vul	10
Cu	1
CTAB	0.06
Citric A.	0
Oxalic A.	0
Fe	0

- Steklinica in mešalo suv sprati z 2x DI vodo, to vodo sta tudi uporabili pri sintezi. Voda sta odmerili z merilnim viljem: 800 ml! Vlaknost
 - V steklinici sta dali ~ 4.9 g HEC (4.9095 g) in dodali vodo s $T=92^{\circ}\text{C}$ (na upraviteljuva kilepaja) in steklinico z magnetnim mešalom mislali. HEC se je le počasi raztopila (želatinozni kosčki), steklinica je bila na upravitelju preleca
 - Ker se HEC ni močromno razpusčila, sta vzorec zamrznili in ponovno zmešali s sintezo

- HEC: $m(\text{časa}) = 50.9882\text{ g}$
 $m(\text{HEC v časi}) = 4.9591\text{ g}$
 $m(\text{časa} + \text{HEC}) = 55.9468\text{ g}$
 $m(\text{HEC}) = 4.8539\text{ g}$
 VULCAN: $m(\text{časa}) = 100.8580\text{ g}$
 $m(\text{VUL v časi}) = 17.2261\text{ g}$
 $m(\text{VUL} + \text{časa}) = 118.0843\text{ g}$
 CTAB: $m(\text{časa}) = 19.0796\text{ g}$
 $m(\text{CTAB v časi}) = 3.1441\text{ g}$
 $m(\text{časa} + \text{CTAB}) = 22.2157\text{ g}$
 želatina $m(\text{žel} + \text{časa} + \text{ly}) =$
 $m(\text{žel}) = 13.8340$

Podpis: 	Datum: <u>20.11.2014.</u>	Delo se nadaljuje na strani: _____
Razkrito osebi, ki potrjuje razumevanje: _____	Datum: _____	Izvedenec: _____ Datum: _____

10. Številke strani so dodane za namen Kazala. Kazalo ustvarite za lažji dostop do vsebin v prihodnje.
11. Okrajšave, ki jih uporabljate, sproti vpisujte v Kazalo okrajšav.
12. Iz Laboratorijskega dnevnika ne trgajte listov. Napake prečrtajte ter po potrebi dodajte komentar, s podpisom in datumom.

Dodeljeno Datum Dnevnik št.

Vrnjeno Datum Vrnil

Preneseno Datum Prenesel

Nadaljevanje iz dnevnika št. Datum

Nadaljevanje v dnevniku št. Datum