

# reaktor IDEJA 4

službeno glasilo Studentske Sekcije HDKI-ja | vol 4

veljača 2020.

Od samoga početka, ljudi su imali razne ideje, filozofije, vjerovanja, provodili su pokuse i istraživanja kako bi mitove približili stvarnosti. Ljudi su kroz znanost proučili kakvog ga znamo, postoji zbog uspijeha koja je privukla njihovu pozornost u svoj posao, pomogli su im različitim izumima, učinivši Aristotel je bio genijalac se biologijom, zoološko znanje u različitim tekstova sačuvali normu za daljnji tek u zajedničkoj znanstvenika koji su se pobili u teoriji i u praksi. Bavio se običnim, praktičnim problemima, koji su bili primjenjivani na mnogim



## STUDENTSKI KONGRES O HIV-U (SKOHIV)

STR. 5

## 5G MREŽA – PREDNOSTI I NEDOSTATCI NOVE TEHNOLOGIJE

STR. 13



## INŽENJERSTVO TEKSTILA

STR. 24



ISSN 2584-6884  
e-ISSN 2459-9247  
Zagreb



Želite li svaki mjesec znati što se događa  
na području kemijskog inženjerstva i općenito STEM području?

I uz to učiniti našu struku sjajnom?

To i mi želimo, ali smo tek studenti i zato to ne možemo učiniti sami.

Da bismo Vam svaki mjesec približili svježe informacije,  
treba nam velika pomoć!

Podržite rad Studentske sekcije donacijom

Hrvatsko društvo kemijskih inženjera i tehnologa,  
Berislavićeva 6/I, 10000 Zagreb.  
OIB: 22189855239  
IBAN: HR5323600001101367680,  
Zagrebačka banka

Molimo da u opisu plaćanja navedete da je donacija namijenjena Studentskoj sekciji.  
Hvala!

*Reaktor ideja – više od studentskog časopisa.*



MINISTARSTVO ZNANOSTI I OBRAZOVANJA

[www.mzo.hr](http://www.mzo.hr)





Urednici *Reaktora ideja*

Dragi čitatelji,

predstavljamo Vam četvrti broj *Reaktora ideja* u akademskoj godini 2019./2020.

Ovaj broj posvetili smo inženjerstvu u najširem smislu.

Donosimo Vam pregled novih tehnologija poput 5G mreže te pregled velikih, multidisciplinarnih inženjerskih pothvata koji su od iznimnog značaja.

Dana 1. veljače 2020., Studentska sekcija HDKI-ja u suradnji s Fakultetom kemijskog inženjerstva i tehnologije organizirala je *Studentski kongres o HIV-u* na kojemu je sudjelovalo preko sto sudionika. Izvješće s Kongresa možete pročitati u rubrici "Kemijska posla".

Nadamo se da ćete na ovim stranicama pronaći nešto zanimljivo i korisno.

S poštovanjem,

Mislav Matić  
Glavni urednik

## IMPRESSUM

### Reaktor ideja

#### Uredništvo:

Berislavićeva ul. 6/I,  
10 001 Zagreb  
Tel: +385 95 827 9310  
Faks: +385 1 487 2490  
e-pošta: studenti@hdki.hr

#### Glavni urednik:

Mislav Matić  
(mmatic@fkit.hr)

#### Urednici rubrika:

Dubravka Tavra  
Karla Ribičić  
Aleksandra Brenko  
Leo Bolješić

#### Grafički dizajn:

Barbara Farkaš

#### Grafička priprema:

Mislav Matić  
Dubravka Tavra  
Karla Ribičić  
Aleksandra Brenko  
Leo Bolješić

#### Lektura:

Helena Bach-Rojecky  
Sofija Kresić

ISSN 2584-6884

e-ISSN 2459-9247

Vol. 4 Br. 4, Str. 1–28

Izlazi mjesečno (kroz akademsku godinu)  
Časopis sufinancira Ministarstvo znanosti i obrazovanja  
Republike Hrvatske, Zagreb

Zagreb,  
veljača 2020.

#### SADRŽAJ

Kemijska posla .....	1
Znanstvenik .....	8
Boje inženjerstva .....	18
Stand-up kemičar .....	26





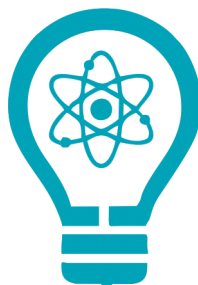
# KEMIJSKA POSLA

## Copenhill – promjena percepcije održivog razvoja

*Petra Tomulić (FKIT)*

Čovjek je oduvijek bio biće koje pomiče granice svojim inovativnim idejama. Ljudski um je u mogućnosti naći rješenja za najkompliciranije probleme, a situacija s kojom se u suvremeno doba najviše susrećemo jest problem neodrživog načina života.

Posljedice s kojima se suočavamo zbog dugih godina nemara i iscrpljivanja svih prirodnih resursa dovele su nas do nagomilavanja otpada, raznih onečišćenja i potrebe za nalaženjem rješenja koja se tiču alternativnih izvora energije, ali i rješavanja velikih količina otpada za koje je čovjek premašio svaku kapacitativnu granicu. U svijetu se sve više promovira smanjenje količine otpada termičkom obradom. Najpoznatiji način obrade je spaljivanje otpada jer je takvim postupkom moguće smanjiti volumen otpada te dobiti električnu i toplinsku energiju.



Projekt za izgradnju spalionice u neposrednoj blizini Kopenhagena, odabran 2011. godine, je produkt prožimanja ideja održivosti, inovacije i pomicanja granica ljudskih mogućnosti.<sup>1</sup> Arhitektonski studio BIG (Bjorke Ingels Group) predstavlja hedonističku održivost kao jednu od najbitnijih tema projekta. Napominju da je održivi razvoj potrebno povezati s ljudskim užitkom i tako promovirati razvitan održivih gradova. Na taj način će sve veći broj ljudi gravitirati prema toj ideji. Na vrhu spalionice nalazi se umjetno napravljeno skijalište, pješačka staza te se nudi mogućnost penjanja po stijenama.<sup>2</sup>



**Slika 1** – Skijalište na vrhu spalionice otpada za proizvodnju energije<sup>3</sup>

Jedan od glavnih argumenata protiv izgradnje spalionica jest emisija ispušnih plinova u atmosferu koji sadržavaju veliku koncentraciju onečišćujućih tvari. Današnja tehnologija toliko je uznapredovala da su količine ispuštenih štetnih tvari neznatne. U odnosu na prijašnje postrojenje koje se nalazilo na istoj lokaciji, emisije sumporovih spojeva smanjile su se za 99,5 %. Količina NO<sub>x</sub> reducirana je na desetinu prijašnjih emisija.<sup>4</sup>

Tehnologiju koja se u CopenHillu primjenjuje za pročišćivanje otpadnih plinova razvila je tvrtka B&W Vølund koja se bavi konverzijom komunalnog otpada i biomase u toplinu i električnu energiju. Plinovi se tretiraju tako da prolaze kroz seriju apsorpcijskih i filtarskih sustava te skrubera. Smanjena koncentracija NO<sub>x</sub> spojeva postignuta je injektiranjem određene količine vode i zraka u donji dio peći. Taj protok vlažnog zraka kreira rotaciju i rezultira reagiranjem zaostalog kisika u čađi s komponentama koje nisu u potpunosti sagorjele i time se smanjuje udio formiranih dušikovih spojeva. Dovedena voda smanjuje temperaturu u peći pa se i tu doprinosi redukciji stvaranja navedenih spojeva. U kombinaciji s uređajima za selektivnu katalitičku redukciju, emisije NO<sub>x</sub> spojeva su minimalne (Haldor Topsøe).<sup>6</sup>

Postotak iskoristivosti tehnologije CopenHill zaista je velik. Uporaba 400 000 t otpada omogućuje 99 % efikasnosti energije, dovod toplinske energije za 160 000 kućanstava te električne energije za 62 000 kućanstava.

Moguće je pročistiti 100 milijuna litara vode i pripremiti za ponovnu uporabu kroz dimnjake za kondenzaciju plinova. Moguće je ponovno iskoristiti i do 90 % metala iz otpada i 100 000 t zaostalog pepela kao cestovni materijal.<sup>5</sup>

Kopenhagen je postavio cilj za postajanje prvog "carbon-neutral" grada na svijetu do 2025. godine. CopenHill predstavlja jedan korak koji vodi k tom rješenju.<sup>7</sup> Postmoderne ideje održivog življenja uključuju i ideje koje su nekada bile nezamislive i nedostižne. Takvi projekti dokazuju da ljudske mogućnosti nadilaze svaku granicu i da je zaista moguće postići hedonističku održivost.

### Literatura

1. <https://www.archdaily.com/107183/big-wins-the-international-competition-to-design-a-new-waste-to-energy-plan/> (11.2.2020.)
2. <https://big.dk/#projects-arc> (11.2.2020.)
3. Rasmus Hjortshøj - <https://coastarc.com/c-o-p-e-n-h-i-l-1> (11.2.2020.)
4. [http://www.volund.dk/Waste\\_to\\_Energy/References\\_ARC\\_Amager\\_Bakke\\_Copenhagen](http://www.volund.dk/Waste_to_Energy/References_ARC_Amager_Bakke_Copenhagen) (11.2.2020.)
5. [http://www.volund.dk/Waste\\_to\\_Energy/Technologies/Flue\\_gas\\_treatment](http://www.volund.dk/Waste_to_Energy/Technologies/Flue_gas_treatment) (11.2.2020.)
6. <https://www.topsoe.com/processes/nox-and-co-removal/scr-nox-removal-stationary-and-marine> (11.2.2020.)
7. <https://urbandevelopmentcph.kk.dk/artikel/cph-2025-climate-plan> (11.2.2020.)

## “Melting rock” model

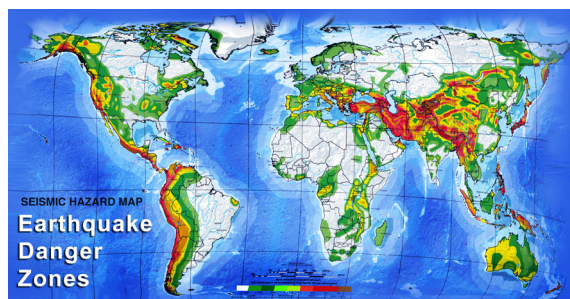
Sanja Povrženić(FKIT)

Potresi kao problem nisu novost i do danas za njih nisu pronađena konkretna rješenja. Mjerenja jačine potresa i otkrivanje njihovih uzroka odavno su poznati seizmolozima, no kako ih možemo predvidjeti?

Do sada je najveći problem bio taj što potresi nastaju u ekstremnim uvjetima, kao posljedica raznih uzroka, što je bilo teško prikazati u laboratorijskim uvjetima. Potresi stvaraju seizmičke valove čijim mjerenjem i analiziranjem seizmolozi mogu istraživati unutrašnjost Zemlje, no tek nakon što potres nastane.<sup>1</sup> U 2019. godini dogodilo se više od 10000 potresa od kojih je najjači bio



Slika 2 – „Melting rock“ model



Slika 1 – Seizmološka karta svijeta<sup>4</sup>

u Peruu magnitude 8, a najsmrtonosniji u Albaniji pri čemu je poginula 51 osoba.<sup>2,3</sup>

Inženjeri s Duke University osmislili su prvi model koji može predvidjeti uzrok i ponašanje potresa različitih tipova stijena. Taj model daje nam uvid u fenomene duboko ispod zemljine površine i može uvelike pomoći u daljnjim istraživanjima.<sup>5</sup>

Pomoću tog modela po prvi puta možemo zorno prikazati trenje među stijenama i njihovo pomicanje. Trideset godina inženjeri su radili na strojevima koji bi mogli simulirati uvjete koji uzrokuju pomicanje stijena gurajući jednu stijenu na drugu. U tim uvjetima može se postići tlak od 6,9 kPa, tada se stijene počnu topiti pri čemu se smanjuje trenje, a brzina micanja stijena povećava. Tada se stijene miču 1 m/s te se trenje smanjuje,



neovisno o tipu stijene. Također u računima uzimaju u obzir i energiju koja se oslobađa, odnosno troši uslijed mehaničkih procesa.<sup>6</sup>

Nakon istraživanja i eksperimenata inženjeri su ustanovili da taj model može predvidjeti smanjenje trenja na raznim tipovima stijena, kao što su halit, kvarc i silikati.

Stoga će taj model imati široku primjenu u inženjerstvu. Također će pomoći i u predviđanju potresa te tako spasiti mnoge živote.

## Literatura

1. <https://www.bgs.ac.uk/discoveringGeology/hazards/earthquakes/howDetected.html>
2. <https://edition.cnn.com/2019/11/26/europe/albania-earthquake-tirana-intl-hnk/index.html>
3. <https://www.ranker.com/list/worst-earthquakes-2019/sammy-leary>
4. <https://www.mapsnworld.com/earthquake-danger-zone-world-map.html>
5. <https://www.sciencetimes.com/articles/24782/20200121/proposed-melting-rocks-model-will-help-predict-where-the-initial-movement-of-earthquakes-begin.htm>
6. <https://www.sciencedaily.com/releases/2020/01/200117080829.htm>
7. <https://www.geologyscience.info/cgi-sys/suspendedpage.cgi>

## Razvoj sinteze amonijaka

*Hrvoje Tašner (FKIT)*

Sinteza amonijaka jedno je od najvažnijih otkrića u povijesti. Umjetna gnojiva dobivena iz amonijaka omogućavaju proizvodnju velike količine hrane na maloj poljoprivrednoj površini. To znači da manje ljudi može proizvesti više hrane koja se može dopremiti u područja guste naseljenosti gdje se hrana ne proizvodi. Otkriće sinteze amonijaka je neizravno zaslužno za razvoj moderne civilizacije.

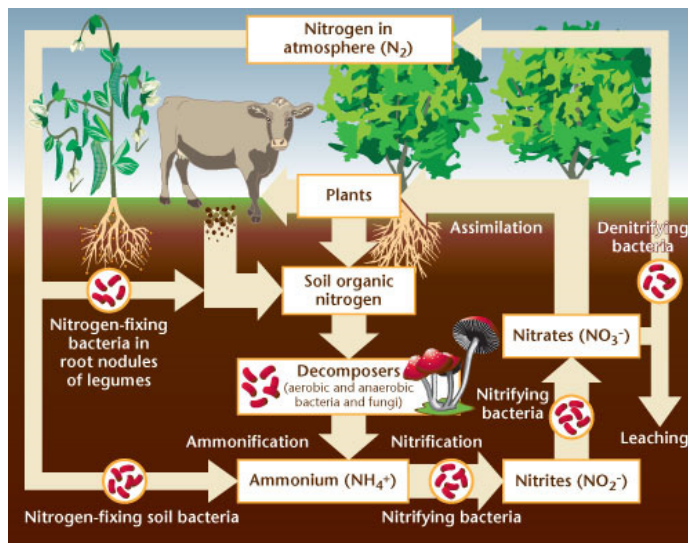
Dušik je nakon kisika, ugljika i vodika 4. najzastupljeniji element u živim bićima, te čini oko ukupne 3 % mase organizama. Dušik je sastavni dio molekula DNK i RNK te brojnih proteina. Iako dušika u atmosferi ima 78 % nedostupan je živim organizmima. Razlog tomu je iznimno snažna trostruka veza kojom su atomi dušika povezani u molekuli. Da bi dušik u kemijskoj reakciji mogao tvoriti nove spojeve, najprije je potrebno razoriti trostruku vezu u molekuli  $N_2$ . Za to je potrebno mnogo energije zbog čega je dušik pri uobičajenim uvjetima temperature i tlaka inertan te je kao takav biološki neiskoristiv.

Neke alge i bakterije, poput cijanobakterija, zelenih sumpornih bakterija te bakterija iz rodova azetobakter i rhizobia, mogu vezati atmosferski dušik. Takvi mikroorganizmi nazivaju se nitrofiksirajući mikroorganizmi. Oni prevode atmosferski dušik u bioiskoristiv oblik to jest u amonijak. Nitrificirajući mikroorganizmi amonijak dalje prevode u nitrate i nitrite.

Krajem 19. stoljeća jedna od najvažnijih sirovina za dobivanje umjetnih gnojiva bio je guano, fosilizirani izmet morskih ptica. Za umjetna gnojiva je značajan jer je bogat nitratima. No rezerve guana sve su se više smanjivale, a potražnja je rasla. Rješenje problema bilo je pronalazak industrijskog procesa prevođenja atmosferskog dušika u bioiskoristive oblike.



Slika 1 – Rasprostranjivanje umjetnog gnojiva



Slika 2 – Ciklus dušika u prirodi

Njemačka je bila jedan od centara istraživanja na tom području jer je bila iznimno ovisna o uvozu guana i umjetnih gnojiva. S obzirom da Njemačka nije posjedovala kolonijalno carstvo kojim bi osigurala neometanu opskrbu sirovinama, nestašica uzrokovana političkim razlozima poput embarga ili rata značila bi masovnu glad.

Prve pokušaje sinteze amonijaka napravio je Georg Friedrich Hildebrandt krajem 18. stoljeća. Manje količine amonijaka dobivale su se kao nusprodukt u procesu proizvodnje generatorskog plina. No to nije zadovoljavalo potrebe za dušikovim spojevima.

Prvi industrijski proces fiksacije dušika razvili su, između 1895. i 1899. godine, Adolf Frank i Nikodem Caro. Frank-Caro proces ili cijanamidni proces je reakcija plinovitog dušika s kalcijevim karbidom pri čemu nastaje kalcijev cijanamid ( $\text{CaCN}_2$ ). Reakcija je egzotermna i odvija se na  $1000\text{ }^\circ\text{C}$ . Prve velike tvornice za proizvodnju kalcijeva cijamida puštene su u pogon 1905. godine u Njemačkoj i Italiji. To je bio dominantan način fiksacije dušika do pojave Haber-Boschova procesa.

U rješavanju problema fiksacije amonijaka okušao se i Wilhelm Ostwald. On je 1901. izumio uređaj za sintezu amonijaka iz atmosferskog dušika. Ostwaldove pokušaje zapazio je glavni kemijski inženjer tvrtke BASF, tada i danas najveće svjetske kemijske tvrtke, Carl Bosch. Ostwald je Boschu predstavio svoj uređaj za sintezu amonijaka. Bosch je uređaj testirao i zaključio da ne radi te da nastali amonijak ne potječe iz atmosferskog dušika već iz tvari unutar samog uređaja.

Francuski kemičar Henry Le Chatelier 1901. je uspješno sintetizirao amonijak iz atmosferskog dušika. U svojem radu je ustvrdio da je moguće dobiti veća iskorištenja povećanjem tlaka pri kojem se odvija reakcija. No nakon pogibije njegova asistenta prilikom eksplozije uređaja, La Chatelier odustaje od istraživanja.

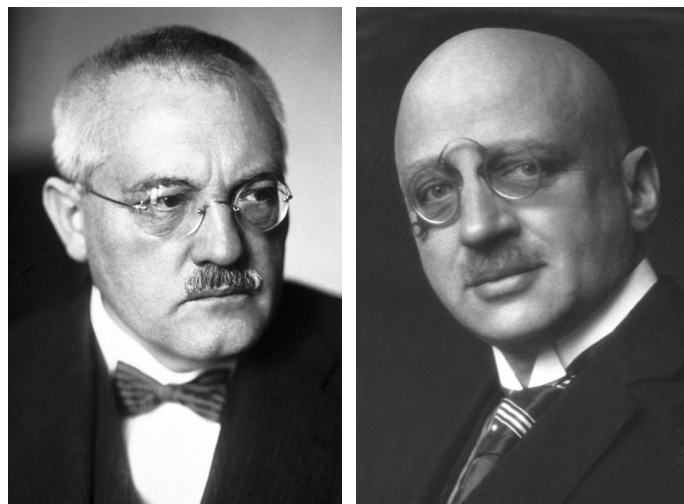
Značajan pokušaj napravili su američki elektrokemičari Bradley i Lovejoy. Razvili su metodu proizvodnje dušične kiseline iz atmosferskog dušika pomoću električnih lukova. Industrijska proizvodnja dušične kiseline počela je 1902. godine, ali je već 1904. obustavljena zbog prevelikih troškova električne energije.

U Norveškoj kemičar Kristian Birkeland i industrijalac Samuel Eyde 1905. razvijaju proces fiksacije dušika u okside. Proces koristi velike količine električne energije, no zahvaljujući brojnim norveškim hidroelektranama to nije bio toliki problem. S vremenom se ipak pokazao ekonomski neisplativim.

Fritz Haber 1905. objavljuje knjigu *Thermodynamik technischer Gasreaktionen* (hrv. Termodinamika tehničkih reakcija plinova). U svojoj knjizi iznosi rezultate istraživanja ravnoteže reakcije sinteze amonijaka iz plinovitog dušika i vodika. Navodi da reakcijom elementarnog vodika i dušika pri temperaturi od  $1000\text{ }^\circ\text{C}$  te uz prisutnost željeznog katalizatora nastaju manje količine amonijaka.

Daljnijim vlastitim istraživanjima i primjenom saznanja s područja kemijske ravnoteže svojih suvremenika poput Walthera Nersta i Henryja Le Chateliera razvija uspješan uređaj za sintezu amonijaka iz plinovitog dušika i vodika. Jedan od izazova bio je pronalazak pogodnog katalizatora. Haber je pronašao da je osmij vrlo dobar katalizator. Osim osmija kao dobri katalizatori pokazali su se željezo, nikal, mangan i kalcij. Svakako najveći problem bili su uvjeti reakcije odnosno ravnoteža reakcije. Pri normalnim tlakovima i temperaturama reakcija se ne odvija, dok su uvjeti visokog tlaka i temperature prema zakonima kemijske ravnoteže nepovoljni za nastajanje produkta.

Zbog toga je Haber morao naći kompromis. Ustvrdio je da se reakcija treba odvijati na povišenom tlaku od otprilike 200 bar i pri temperaturi  $500 - 600\text{ }^\circ\text{C}$  uz prisutnost katalizatora. Nastali amonijak treba odmah uklanjati iz reakcijske smjese, a ostatak nereagiranih produkata treba vraćati u reaktor. Toplinu nastalu tijekom reakcije potrebno je zadržati i iskoristiti za održavanje pogodne temperature kako bi se smanjili troškovi zagrijavanja reaktora. U ožujku 1909. Haber prodaje svoj patent tvrtki BASF, a Carl Bosch dobiva zadatak prevesti Haberov proces na industrijsku skalu. Bosch uspješno prenosi Haberov uređaj na industrijsko mjerilo unatoč ogromnim tehničkim izazovima koje su postavljali uvjeti visokog tlaka. Također pronalazi i nove jeftinije i dostupnije katalizatore.



Slika 3 – Carl Bosch (lijevo) i Fritz Haber (desno)

Industrijska primjena procesa počinje 1913. otvaranjem tvornice u Njemačkom gradu Oppau. Ubrzo Haber-Boschov postupak postaje glavni način proizvodnje dušikovih spojeva i jedan od najznačajnijih industrijskih procesa uopće. Haber-Boschov proces omogućio je zadovoljavanje tadašnjih i budućih potreba za amonijakom i dušikovim spojevima, a time i nagli razvoj modernog industrijaliziranog svijeta. Proizvodnja velikih količina umjetnih gnojiva na bazi dušika omogućila je veliko povećanje u proizvodnji hrane i spasila milijarde ljudi od gladi.

Fritz Haber je 1918. za sintezu amonijaka dobio Nobelovu nagradu za kemiju, a Carl Bosch 1931. za doprinos izumu i razvoju kemijskih visokotlačnih metoda.

#### Literatura

- <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1931/summary/> 15.2.2020.
- <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1918/summary/> 15.2.2020.
- Travis, Tony (1993). "The Haber-Bosch process: exemplar of 20th century chemical industry". Entrepreneur. Society of Chemical Industry
- <http://people.idsia.ch/~juergen/haberbosch.html> 14.2.2020
- <http://www.cambridge.org/catalogue/catalogue.asp?isbn=9780521782845&ss=exc> 14.2.2020.



# Studentski kongres o HIV-u

Dubravka Tavra (FKIT)

Na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije, 1. veljače 2020. godine održao se Studentski kongres o HIV-u (SKoHIV). To je prvi takav kongres u Hrvatskoj koji se temelji na (bio)kemiji virusa HIV-a. Kongres su organizirali studenti/ce odnosno članovi/ce Studentske sekcije Hrvatskoga društva kemijskih inženjera i tehnologa u suradnji s Fakultetom kemijskog inženjerstva i tehnologije u Zagrebu.

Virus humane imunodeficijencije (HIV) najrašireniji je virus na svijetu za koji još uvijek nije otkriven lijek za potpuno izlječenje oboljele osobe, odnosno potpuno uništenje tog virusa. Tome cilju teži se već godinama, od kada je virus HIV-a prvi put primijećen 1981. godine, ali sinteza lijeka koji bi to omogućio iznimno je složena. Milijuni ljudi zaraženi su HIV-om, a od posljedica ih nažalost umire godišnje oko jedan milijun. Upravo je to razlog zašto se Studentska sekcija HDKI-ja odlučila organizirati ovaj kongres. Razumijevanje biokemijskih mehanizama iznimno je važno za razvoj lijekova i znanje o (bio)kemiji tog virusa te je ključ mogućih rješenja za taj iznimno velik problem u svijetu. Studenti i ostali imali su priliku slušati najveće stručnjake iz Hrvatske koji se bave ovim područjem.



Slika 1 – Prim. dr. sc. Šime Zekan

Prvo je predavanje pod nazivom „Zaraza HIV-om jučer i danas“ održao prim. dr. sc. Šime Zekan iz Klinike za infektivne bolesti „Dr. Fran Mihaljević“. Naglasio je kako se od prvih slučajeva otkrivanja HIV-a 1981. godine, tj. 1983. kada je otkriven i AIDS, do danas stanje bitno popravilo. Ostvaren je velik napredak primjenom antiretrovirusnih lijekova koji su se s vremenom pojednostavili upotrebom inhibitora integraze. Isto tako, bitno je i za napomenuti da ako se rano otkrije zaraza HIV-om osoba koja je zaražena može doživjeti normalnu starost što i jest glavni cilj u Hrvatskoj i svijetu.

Sljedeće predavanje „Rezistencija HIV-a tipa 1 na antiretrovirusne lijekove, razvoj cjepiva i strategije

liječenja“ održala je doc. dr. sc. Snježana Židovec Lepej, također iz Klinike za infektivne bolesti „Dr. Fran Mihaljević“. Ona je sudionike pobliže upoznala s molekularnom strukturom i mehanizmima virusa HIV-a. HIV-1 retrovirus klasificira se u 4 grupe, a upravo poznavanje molekularne raznolikosti HIV-a značajno je za razvoj cjepiva. Isto tako, objasnila je kako su tri pacijenta (Berlinski, Londonski, Düsseldorfski) uspjela biti izlječena od HIV-a.



Slika 2 – Doc. dr. sc. Snježana Židovec Lepej

Nakon toga, predavanje „Terapija HIV-a – jučer, danas, sutra“ je održala izv. prof. dr. sc. Lidija Bach-Rojecky s Farmaceutsko-biokemijskog fakulteta u Zagrebu. Studenti i ostali prisutni čuli su s farmakološkog stajališta na koji način se biraju lijekovi i koja svojstva moraju zadovoljavati te koliko je to u stvari složen, zahtjevan i skup proces. Upravo za razvoj velikog broja lijekova za liječenje HIV-a prethodila su otkrića specifičnih viralnih proteina. Na osnovu njihovih struktura farmaceuti su dalje mogli sintetizirati odgovarajuće lijekove. Danas postoje čak 34 molekule za liječenje HIV-a. No, profesorica je naglasila da su pred znanstvenicima ipak još brojni izazovi.



Slika 3 – Izv. prof. dr. sc. Lidija Bach-Rojecky

Sljedeće predavanje „Važnost ljudskog glikoma u imunopatogenezi i postojanosti zaraze virusom humane imunodeficijencije“ održala je dr. sc. Irena Trbojević Akmačić voditeljica UPLC laboratorija za glikobiologiju u prvom hrvatskom DNA laboratoriju Genos. Zanimljivo je bilo čuti kako su povezani ljudski glikom i HIV. Glikolizacija proteina inače je često poremećena u različitim bolestima pa je glikane zato i zanimljivo proučavati u kontekstu dijagnostike. Studenti, kao i ostali imali su prilike čuti više o toj vezi. Bitno je napomenuti da razumijevanjem takve veze omogućujemo daljnji razvoj terapija i cjepiva.





Slika 4 – Dr. sc. Irena Trbojević Akmačić

Posljednje, ali ne manje važno predavanje pod nazivom „Distribucija lijekova: od proizvodnje do pacijenta“, održala je Vanja Primorac, mag. pharm., iz tvrtke GlaxoSmithKline. Upoznala je sve prisutne sudionike s izazovima distribucije lijekova. Naglasila je kako su uvjeti prijevoza lijekova iznimno bitni i da ponekad u malim povećanjem temperature može doći do katastrofalnih posljedica zbog kemijskih reakcija koje se dogode unutar lijeka kao posljedica povišene temperature. Isto tako, naglasila je i problem krivotvorenih lijekova kao velikog problema današnjice.

Svakako možemo reći da je to bio uspješan Kongres, na kojemu su studenti imali priliku čuti najnovije

informacije iz područja (bio)kemije HIV-a. To je tema koja je aktualna kako u Hrvatskoj, tako i u svijetu i koja je iznimno bitna za cijelo čovječanstvo. Iako Studentska sekcija HDKI-ja organizira mnoge projekte, to je svakako velik korak, kako za Studentsku sekciju, tako i za Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije. Pokazuje koliko mladi ljudi, studenti mogu biti uspješni i koliko toga mogu postići svojim radom i trudom uz sve druge studentske obveze koje imaju da organiziraju prvi kongres u Hrvatskoj temeljen na biokemijskom aspektu tog opasnog virusa HIV-a.

Organizaciju su finansijski pomogli tvrtke Pliva Hrvatska d.o.o., Ru-Ve d.o.o. i KEFO d.o.o. te dijamantni sponzor GlaxoSmithKline d.o.o.



Slika 5 – Vanja Primorac, mag. pharm



Slika 6 – Sudionici Studentskog kongresa o HIV-u



Već se desetljećima na raznim medijskim platformama sluša o Veneciji i o strahu da bi jedan od kulturološki i povijesno najvažnijih gradova na Sredozemlju mogao završiti pod vodom uslijed neprestanog podizanja razine mora. Venecija je kroz zadnjih 100 godina „potonula“ za otprilike 30 cm, a 1966. velika je poplava uzrokovala veliku materijalnu štetu i gubitak ljudskih života. Razlog tom „potapanju“ Venecije jest neprestano dizanje razine mora kroz godine te ekstrakcija površinskih voda i metana u blizini Venecije. Samo podizanje razine mora prirodna je i očekivana pojava te se odavno događa. Međutim, prirodno podizanje razine mora iznimno je malo. Klimatske promjene i intenzivno topljenje ledenjaka uzrokuju podizanje razine mora godišnje za skoro 4 mm, a nastavi li se poticati negativne klimatske promjene brojka bi se mogla podignuti. Do 2050. razina mora mogla bi biti viša za čak 30 cm, a do 2100. čak 70 cm. To je alarmantno računajući da se kroz posljednjih 100 godina razina dignula za samo 10 do 20 cm. Aludiranjem na biblijsku priču o Mojsiju, sustav koji bi trebao spriječiti plavljenje Venecije i okolnih područja nazvan je MOSE („Module Sperimentale Elettromeccanico“). To je ideja stvorena od strane talijanskog Ministarstva infrastrukture i transporta, a dana na razvoj i izgradnju udruženju Consorzio Venezia Nuova i temelji se na izgradnji barijera koje se sastoje od 78 mobilnih „vratiju“ na ukupno četiti glavna ulaza u Venecijsku lagunu: dva uz ulaz Lido, te Malamocco i Chioggia.



Slika 1 – 3 glavna ulaza u lagunu

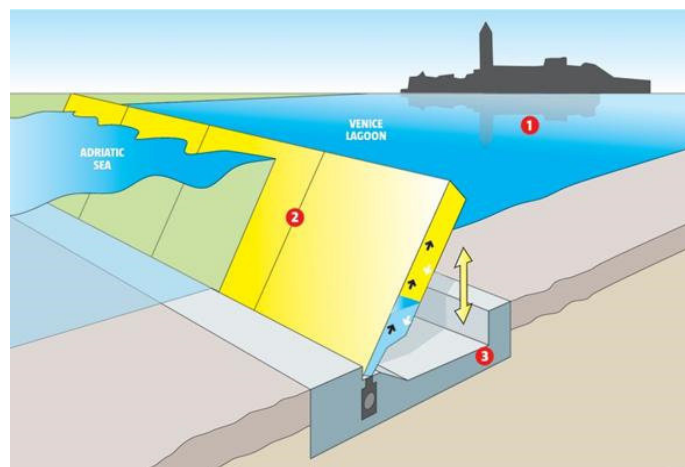
Kako bi se odgovorilo na zadatak zadan od strane Zakona za Veneciju 798/84, potpuna obrana čitave lagune od plime bilo koje razine, razvijen je integrirani sustav koji nadgleda barijere pokretnih vratiju, s mogućnošću da izolira lagunu od mora tokom plime, slično kao klifovi

ispred ulaza u luku kod kojih su podignuti nasipi i putovi na čak 110 cm kako bi se ublažio učinak morskih mijena. Radovi na MOSE projektu započeli su još 2003. i zbog niza političkih i financijskih razloga još uvijek su u fazi razvoja i dovršavanja.



Slika 2 – Serije pokretnih barijera na ulazu u lagunu

Barijere će biti spuštene čitavo vrijeme sve dok je vrijeme dobro i dok se ne najavljuju nikakve vremenske neprilike. Svaka barijera teži otprilike 300 tona, široka je 20 m i visoka 28 m. Dok su barijere spuštene nalaze se u razini površine vode i napunjene su vodom. U trenutku kada prijeti oluja ili plima gdje se razina vode može podići iznad 110 m, u barijere se upuhuje zrak koji istiskuje iz njih vodu te se one podižu i sprječavaju tok mora u lagunu.



Slika 3 – Princip rada pokretnih barijera

Projekt MOSE do sada je koštao između 5,5 i 6,5 milijardi dolara, a konačno dovršavanje projekta očekuje se 2022.

Kao takav, taj sustav nije efikasan koliko se pretpostavljalo da će biti, ali i dalje sprječava da jedan od mnogim civilizacijama kroz povijest najvažnijih gradova, a danas grada visokog kulturološkog značaja, ne potone.

#### Literatura

- <https://www.water-technology.net/projects/mose-project/> pristup: 2.2.2020.
- <https://www.mosevenezia.eu/project/?lang=en> pristup: 2.2.2020.



# ZNANSTVENIK

## | “Savitljivi” mobiteli

*Lucija Volf (FKIT)*

Od izuma telefona 1875. u sobi Aleksandra Grahama Bella preko prvog mobitela 1973. u maloj tvrtki Motorola pa sve do današnjih najnovijih Iphone-ovih izdanja, mobiteli su se mijenjali kako izvana tako i iznutra. S pravom možemo reći da je u našoj svakodnevici uz sebe nužno imati „malo prijenosno računalo“, pa se stoga velika pažnja pridaje ne samo razvitku funkcija mobitela već i njegovu izgledu. Kako ga napraviti što tanjim, manje uočljivim i oku zanimljivim, samo su neka



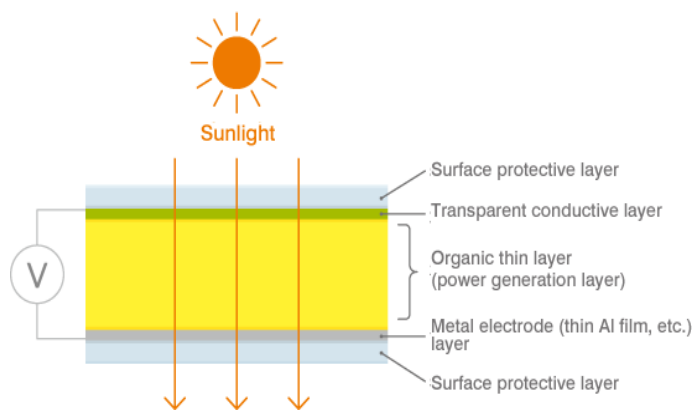
Slika 1 – Razvoj mobitela



od brojnih pitanja na kojima znanstvenici rade, jer se razvitak „futurističke“ ideje mobitela dokazao kao veoma unosna ideja.

U zadnjih nekoliko godina znanstvenici se bave razvojem prozirnih vodljivih filmova (engl. *transparent conducting films* – TCFs) koji se upotrebljavaju u tekuće-kristalnim zaslonima (LCD) pametnih telefona. Za njihovu funkcionalnost potrebne su dvije karakteristike: prozirnost i visoka vodljivost. Međutim, transparentnost i vodljivost u kompromisnom su odnosu i teško ih je postići istodobno, što se vidi iz činjenice da su prozirni materijali uglavnom izolatori, poput stakla ili plastike. Tanki slojevi TCF odlikuju se optičkom prozirnošću i električnom vodljivošću te su najčešće izrađeni od indij-kositar oksida (ITO) koji ima prednosti poput dobrih električnih svojstava i lakoće izrade. TCF-ovi se sastoje od organskih i anorganskih materijala, slojevi ITO ili FTO (kositrov oksid dopiran fluorom) razvijaju se upotrebom mreža ugljikovih nanocjevčica i grafena koji se mogu proizvesti kao visoko-prozirni do infracrvenog svjetla.<sup>1</sup>

Nedavno su znanstvenici na RMIT Sveučilištu u Melbourneu uspjeli razviti ultratanki i fleksibilni elektronički materijal koji se može tiskati i razvijati poput novina, za dodirne ekrane budućnosti. Oni su čak 100 puta tanji od dosadašnjih materijala što im omogućuje savijanje u cijev bez oštećenja filma i propuštanje više svjetlosti. Ideja im polazi od ITO



Slika 2 – Sastav prozirnog vodljivog filma

kojeg su smanjili s 3D na 2D primjenjujući kemiju tekućih metala. Indij kositar legura zagrijava se na 200 °C te postaje tekuća, a zatim se prevrće na površinu kako bi se otisnuli tanki nanolistovi koji se dodaju više slojeva da bi postali elektronički vodljivi. Njihov kemijski sastav je isti, ali ima drugačiju kristalnu strukturu što im daje nova uzbudljiva mehanička i optička svojstva, a dodatna prednost je što bi taj napredan materijal produljio trajanje baterije za otprilike 10 %. Trenutačni način izrade je spor, energetski zahtjevan i skup šaržni proces koji se provodi u vakuumskoj komori, što predstavlja jedini problem.<sup>2</sup>



Slika 3 – ITO tanki film

Mreže srebrnih nanožica (AgNW) također se smatraju perspektivnim materijalom TCF jer srebro ima najveću električnu vodljivost ( $6,3 \cdot 10^7$  S/m) među svim metalima i visoku prozirnost, što mu daje odlična električna i optička svojstva. Prednost AgNW nad klasičnim ITO filmovima je znatno veća dostupnost srebra za razliku od indija koji je rijedak element u prirodi, a čini glavnu komponentu ITO materijala što predstavlja rizike nestabilne opskrbe i visoke cijene. Postupci dobivanja AgNW su razni, od kojih je najčešća vakuumaska filtracija kojom se dobivaju

visoko prozirni filmovi s izvrsnom vodljivošću, ali filmovi imaju nepravilnu morfologiju i značajnu hrapavost. Dobre rezultate pokazuje film dobiven tehnikom zračnog raspršivanja, ali još uvijek stvara rijetke i neujednačene mreže.<sup>3</sup>

TDK, japanska multinacionalna elektronička tvrtka, otkrila je metodu za izradu srebrnih filmova. Ti prozirni vodljivi filmovi sadrže metalnu mrežu tankih Ag nanožica raspoređenih u matrici otisnutoj na podlozi, a postupak dobivanja uključuje miješanje Ag nanožica u obliku igle s tintom te njihovo nanošenje i ispisivanje na podlogu. Prednost je što TDK-ov Ag složeni film ima jednoliko tanak Ag sloj nanosen na površinu podloge filma. Slobodni elektroni u filmovima ostvaruju visoku vodljivost metala i odbijaju svjetlost na površini čime sprječavaju njezin prolaz kroz film. Ag folije debljine oko 100 nm imaju visoku reflektivnost svjetlosti pa se upotrebljavaju za luksuzna zrcala ili reflektorske



Slika 4 – Savitljiv mobitel

elektrode LCD-a. Kada se njihova debljina smanji na 20 do 30 nm ili manje, povećava se prijenos vidljive svjetlosti što je i poželjno za prozirne vodljive filmove. Primjena je u fleksibilnim prikazima mobitela, OPV ćelijama, prozirnim antenama.<sup>4</sup>

Prozirni vodljivi filmovi najčešće su izrađeni od ITO te je RMIT Sveučilište postiglo veoma zavidne rezultate na tom području unaprjeđenja filmova u smislu savitljivosti, međutim zbog nedostatka indija znanstvenici su još uvijek u potrazi za novim metalima, na primjer srebro koje je mnogo dostupnije. Zato smo svakim danom sve bliže i bliže tehnološkom postignuću „futurističkog“ savitljivog mobitela.

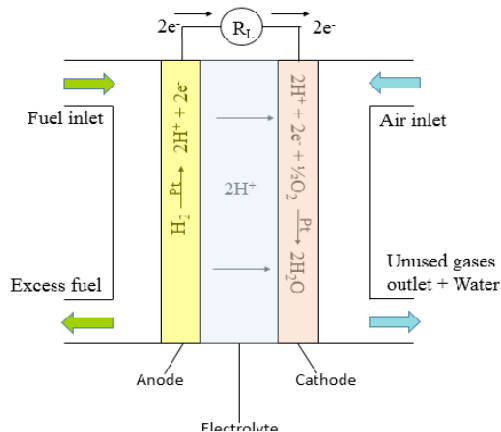
### Literatura

1. [https://en.wikipedia.org/wiki/Transparent\\_conducting\\_film](https://en.wikipedia.org/wiki/Transparent_conducting_film) (pristup: 14. veljače 2020.)
2. <https://techxplore.com/news/2020-01-nano-thin-flexible-touchscreens-newspaper.html> (pristup: 14. veljače 2020.)
3. <https://nanoscalereslett.springeropen.com/articles/10.1186/1556-276X-6-75> (pristup: 14. veljače 2020.)
4. <https://product.tdk.com/info/en/techlibrary/developing/agstack/index.html> (pristup: 14. veljače 2020.)

# I Gorivi članci

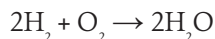
Antonija Karakaš (FKIT)

Gorivi je članak uređaj koji proizvodi električnu energiju elektrokemijskom reakcijom goriva (koje se oksidira) i oksidirajuće tvari (koja se reducira) pri čemu se oslobađa određena količina topline. Svaki gorivi članak sastoji se od tri glavna djela: katode, anode i elektrolita čiji su nosioci električne struje ioni.<sup>1</sup> Princip rada gorivog članka sličan je radu galvanskog, razlika je jedino u konstantnom dovodjenju sagorijevajuće tvari gorivom članku. Napon koji se pritom uspostavlja najčešće je premali za korisnu upotrebu pa se članci spajaju serijski čime nastaje „stack“.



Slika 1 – Shematski prikaz gorivog članka

Kada se govori o gorivim člancima najčešće se kao gorivo spominje vodik.<sup>2</sup> Primjena vodika kao goriva je 100 % čista, budući da on izgaranjem daje vodu prema reakciji:



Reakcijom nastaje čista voda koju je elektrolizom moguće rastaviti na vodik i kisik koji se ponovo upotrebljavaju u reakciji. Višak energije iz obnovljivih izvora bi se koristio za elektrolizu vode, nakon čega bi se dobiveni vodik spremio i iskoristio kasnije u razdobljima kada energije nedostaje (primjerice noću kada nema sunca).

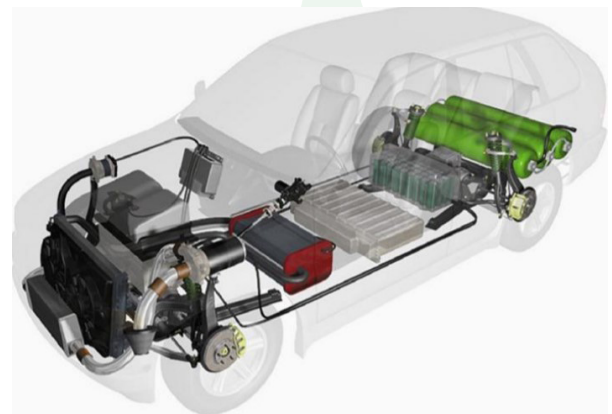
Neki od osnovnih tipova gorivih članaka jesu: PEFC (*Polymer Electrolyte Fuel Cell*), AFC (*Alkaline Fuel Cell*), PAFC (*Phosphoric Acid Fuel Cell*), MCFC (*Molten Carbonate Fuel Cell*) i SOFC (*Solid Oxide Fuel Cell*).<sup>3</sup>

## PEFC (*Polymer Electrolyte Fuel Cell*)

PEFC je tip gorivog članka koji koristi polimernu tvar kao elektrolit (npr. fluorirani polimer sulfonske kiseline) koji je dobar vodič iona. Elektrode i elektrolit su krute tvari, a jedina tekućina koja se javlja jest voda koja nastaje kondenzacijom vodene pare nastale elektrokemijskom reakcijom vodika i kisika te eventualno kondenzirana vodena para iz goriva. Zbog toga su korozijski problemi minimalni. Regulacija količine vode u ovom tipu gorivog članka ključna je za učinkovit rad; naime radni uvjeti moraju biti takvi da voda ne isparava brže nego što

nova nastaje zato što elektrolitna membrana mora biti hidratizirana. Polimer zahtijeva radnu temperaturu do najviše 100 °C, ali se ona obično kreće u rasponu 60–80 °C. Pri tim nižim radnim temperaturama elektrokemijska reakcija oksidacije vodika odvija se presporo te se zato dodaje katalizator, najčešće platina, na obje elektrode.

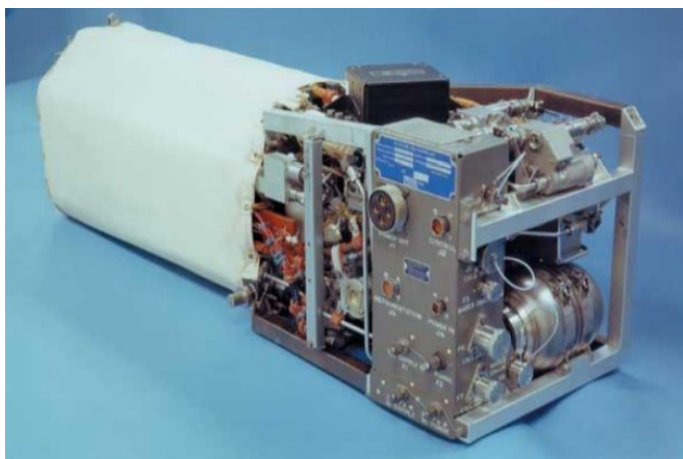
Kao gorivo najčešće se upotrebljava plin bogat H<sub>2</sub> sa što manje drugih primjesa (posebno sumpora) budući da se elektrode njima lako zaguše čime opada stupanj djelovanja članka. Mogu se upotrebljavati i druga goriva, primjerice metan, ali uz prethodno reformiranje da se dobije plin bogat H<sub>2</sub>. Razvoj PEFC najvećim dijelom ide prema mobilnoj upotrebi, najviše kao izvor energije za pogon vozila. Zbog velikog interesa za PEFC te vodika kao goriva, investicije u njih premašuju one u druge vrste gorivih članaka zajedno. Neke od prednosti PEFC gorivih članaka su upotreba krutog polimera kao elektrolita koji pruža odličan otpor prijelazu plina između anodnog i katodnog kanala. PEFC gorivi članci imaju nisku radnu temperaturu što omogućuje brzo puštanje u rad (eng. *start-up*) te minimizira probleme s korozijom. Kao nedostatke važno je istaknuti zahtjevu i preciznu toplinsku regulaciju zbog uskog radnog temperaturnog intervala. Sastav goriva mora se pažljivo kontrolirati budući da je članak osjetljiv na razna onečišćenja, primjerice sumpor, ugljikov monoksid, amonijak i slično. Također potrebna je platina kao katalizator što povisuje cijenu uređaja.



Slika 2 – PEFC kao izvor energije za pogon automobila

## AFC (*Alkaline Fuel Cell*)

AFC tip gorivog članka rabi lužnatu otopinu kao elektrolit. Kod viših radnih temperatura, oko 250 °C, upotrebljava se 85 %-tna otopina kalijeva hidroksida, dok se kod nižih, oko 120 °C, upotrebljava 35 – 50 %-tna otopina. Sadržana je unutar porozne, najčešće azbestne matrice. Osim platine kao katalizatora mogu se upotrebljavati i Bi, Ag, neki metalni oksidi te ostali plemeniti metali. Kao gorivo je najbolje upotrebljavati što čišći vodik budući da CO onečišćuje elektrode. Taj tip gorivog članka jedan je od prvih razvijenih za praktičnu primjenu, počevši od 1960. Upotrebljavao se kao jedan od izvora energije u svemirskom programu Apollo. Zbog više radne temperature osim za mobilne primjene razmatra se i kao stacionarni izvor energije.



Slika 3 – NASA-in AFC modul

## PAFC (*Phosphoric Acid Fuel Cell*)

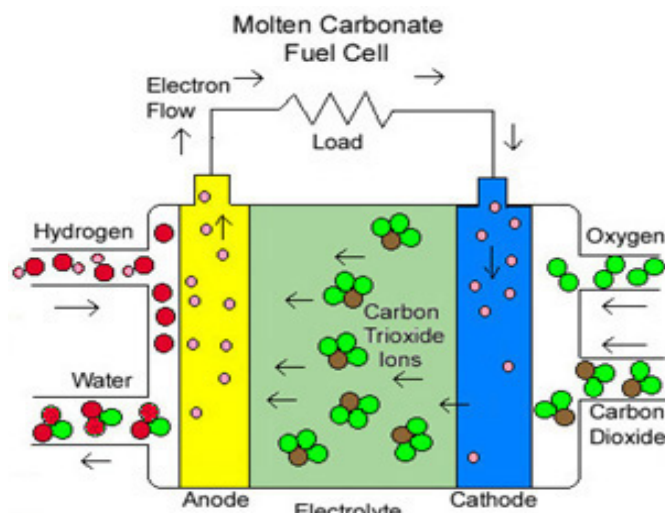
U PAFC-u 100 % koncentrirana fosforna kiselina upotrebljava se kao elektrolit. Radna temperatura se kod tog tipa članka kreće u rasponu 150 – 220 °C. Kod nižih je temperatura fosforna kiselina loš vodič iona, te zagađuje Pt katalizator što stvara dodatne probleme na anodi. Upotreba 100 %-tne fosforne kiseline minimizira tlak vodene pare čime se olakšava regulacija količine vode u članku. Matrica koja sadrži elektrolit najčešće je izrađena od silicijeva karbida (SiC), a kao katalizator se na obje elektrode upotrebljava Pt. PAFC se uglavnom upotrebljava za stacionarne primjene. PAFC je manje osjetljiv na CO nego AFC i PEFC. Radna temperatura još je uvijek dovoljno niska da se upotrebljavaju česti konstrukcijski materijali. Zabilježen električni stupanj korisnosti PAFC je 37 – 42 % što je više od većine PEFC sustava, ali niže od SOFC i MCFC sustava. Viša radna temperatura omogućuje bolju kogeneracijsku primjenu. Redukcija kisika na katodi je sporija nego kod AFC te zahtijeva upotrebu Pt kao katalizatora. Taj tip članka zahtijeva obradu goriva prije ulaska u članak. Visoka korozivnost fosforne kiseline zahtijeva upotrebu posebnih materijala unutar *stack*-a.

## MCFC (*Molten Carbonate Fuel Cell*)

Elektrolit kod tog tipa članka obično je alkalijski karbonat sadržan u keramičkoj matrici  $\text{LiAlO}_2$ . Radna temperatura je u rasponu 600 – 700 °C u kojem alkalijski karbonati formiraju visoko vodljivu rastopljenu sol, pri čemu karbonatni ioni pružaju ionsku vodljivost. Zbog visokih radnih temperatura kao katalizatori su dovoljni Ni na anodi te niklov oksid na katodi.

Plemeniti metali nisu potrebni za katalizu reakcije te se goriva koja sadrže ugljikovodike mogu reformirati u vodik unutar članka. Time se primjerice omogućuje upotreba prirodnog plina kao goriva koji u mnogim zemljama ima razgranatu distribucijsku mrežu. Kod MCFC nema potrebe za skupim katalizatorima budući da niklove elektrode osiguravaju dovoljnu katalitičku aktivnost i nema problema sa zagađenjem CO, štoviše on također elektrokemijski reagira (iako znatno sporije u odnosu na  $\text{H}_2$ ). Mogućnost

upotrebe goriva bogatih ugljikovodicima zbog svojstva reformiranja unutar članka i kvalitetna otpadna toplina omogućuje im razne primjene. Električni stupanj korisnosti je 40 – 50 %, dakle viši od prije navedenih gorivih članaka. Kao glavni nedostatak važno je spomenuti korozivni elektrolit koji zahtijeva upotrebu nikla i vrlo kvalitetnog nehrđajućeg čelika kao konstrukcijskih materijala. Visoke temperature uzrokuju probleme u materijalima članka, utječu na mehanička svojstva i skraćuju radni vijek.



Slika 4 – Shematski prikaz MCFC

## SOFC (*Solid Oxide Fuel Cell*)

Elektrolit u tom tipu članka je kruti oksid, najčešće  $\text{ZrO}_2$  stabiliziran s  $\text{Y}_2\text{O}_3$ . Radna temperatura je 600 – 1000 °C pri kojoj elektrolit počinje voditi kisikove ione. Materijal anode je obično  $\text{Co-ZrO}_2$  ili  $\text{Ni-ZrO}_2$  dok je katoda obično  $\text{LaMnO}_3$  dopiran sa Sr. Razvoj članka s tankim elektrolitom omogućio je snižavanje radne temperature na 650 – 850 °C. SOFC tip članka upotrebljava se uglavnom za stacionarne primjene, a u manjoj mjeri se radi i na razvoju mobilnih članaka. Materijal elektrolita gotovo uklanja korozivne probleme unutar ćelije. CO se također može upotrebljavati kao gorivo iako je njegova elektrokemijska reakcija bitno sporija od vodikove. Materijali upotrijebljeni za izradu su u srednjem cjenovnom rangu. Otpadna toplina visoke je kvalitete te se može iskoristiti za razne primjene. Stupanj korisnosti je 40 – 50 %, a postoji mogućnost dostizanja i 60 % efikasnosti. Visoka radna temperatura uzrokuje temperaturna naprezanja materijala, što može uzrokovati probleme brtvljenja kod izrade planarnog *stack*-a.

### Literatura

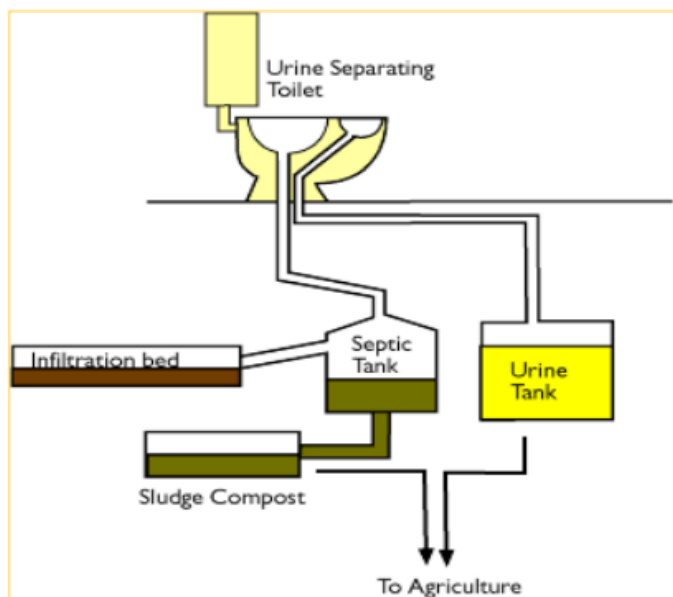
- Schmidt-Rohr, K., *Why Combustions Are Always Exothermic, Yielding About 418 kJ per Mole of O<sub>2</sub>*, J. Chem. Educ. 92 (2015) str. 2094-2099
- Kang, Y.; Li, J.; Cao, G.; Tu, H.; Li, J.; Yang, J., *One-dimensional Dynamic Modeling and Simulation of a Planar Direct Internal Reforming Solid Oxide Fuel Cell*, Chinese Journal of Chemical Engineering, 2009
- U.S. Department of Energy, *Fuel Cell Handbook* (Seventh Edition), U.S. Department of Energy, Morgantown, 2004.

# Kompostni WC: tabu ili rješenje održive budućnosti

Zvonimir Jukić (KTF)

Gotovo 70 % površine Zemlje prekriveno je vodom, od čega tek 2,5 % čine slatkovodne rezerve, a ostalo otpada na oceane i mora. Samo je 1 % svih slatkovodnih rezervi uopće dostupno ljudskom stanovništvu, jer velik dio slatke vode otpada na ledenjake. Količina te pitke vode jednaka je već milijunima godina jer se neprestano „reciklira“ kroz atmosferu i padaline.

S druge strane, ljudska populacija se neprestano povećava što znači da je svake godine sve manje dostupne pitke vode. Količina vode koju trošimo svakodnevno je golema, jer je prijeko potrebna ne samo za život, već i za proizvodnju hrane, odjeće pa čak i računala. Zbog toga se traže načini kako uštedjeti pitku vodu, a za početak je potrebno poticati 'recikliranje' otpadnih voda. Nažalost, na otpadnu vodu rijetko se gleda kao resurs koji može smanjiti upotrebu pitke vode, iako ima niz primjena. Otpadna voda može se upotrebljavati kao izvor pitke vode, energije, nutrijenata te drugih materijala.



Slika 1 – Princip rada kompostnog WC-a

U ovom članku kao fokus će se uzeti otpadne fekalne vode iz WC-a (engl. *water closet*). Naime, danas se ogromne količine pitke vode troše u sustavima klasičnih zahoda, gdje pitka voda služi kao transportno sredstvo za fekalije i urin. Prema pojedinim statistikama, čak do 40 % ukupne potrošnje vode u kućanstvima otpada na ispiranje zahodskih školjki. Kao rješenje za budućnost sve više i više se nameće kompostni WC koji nudi mnoge pogodnosti. Kako? Kompostni WC ne koristi vodu za ispiranje, pa posljedično nema ni otpadnih voda, ne

zagađuje, a otpad nije potrebno transportirati na druge lokacije jer se tretira na licu mjesta.<sup>1</sup> Mnogi će se sigurno upitati: „A što je s neugodnim mirisima?“. Proizvodi sustava kompostnih zahoda su bezmirisni i bez opasnih bakterija i virusa. Procesi su u potpunosti prirodni, ne rabe se kemikalije i nema unosa teških metala tako da su proizvodi razgradnje upotrebljivi u poljoprivredi. Kompostni zahodi zahtijevaju minimalno, ali nužno održavanje te se mogu postaviti bilo gdje, a ne samo u kućanstvima. Održavanje uključuje kontrolu protoka zraka, povremeno dodavanje celuloznog materijala (krupne piljevine) za povećanje rahlosti kompostne mase te vađenje i upotrebu komposta i tekućeg gnojiva. Zbog toga je potrebno pravilno dimenzionirati sustave kompostnih zahoda.<sup>2</sup>

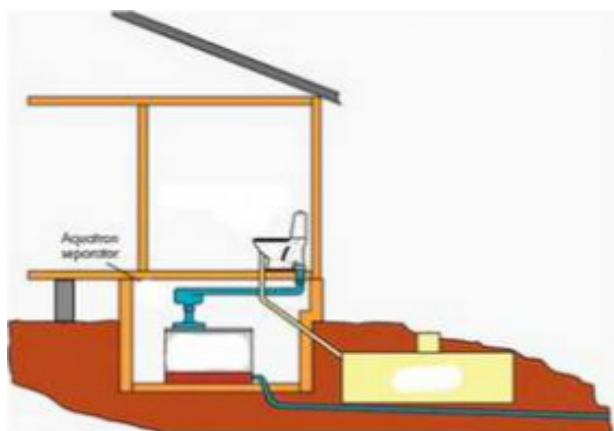
Kako funkcionira kompostni WC? Taj sustav odvaja urin u poseban spremnik, dok se fekalije kompostiraju odvojeno. Ljudski otpad – urin i kruti organski otpad – mogu biti razgrađeni na dva načina: aerobno (uz prisustvo kisika) i anaerobno (bez kisika). Osnovni cilj tretmana je zadržati materijal, eliminirati opasne organizme (patogene) i vratiti hranjive tvari u zemlju. Tijekom tretmana, do 90 % volumena mase organske tvari odlazi u atmosferu kroz ventilacijski sustav u obliku CO<sub>2</sub> i vodene pare.<sup>3</sup>

Biološke zajednice, vrlo slične onima koje nalazimo u kompostištima na otvorenom, aerobno razgrađuju taj materijal. Time dobivamo dva vrlo vrijedna resursa iz potencijalno opasnog otpada. Jedan je urin, kao odlično dušično gnojivo za povrtnjak, te kompost kao kvalitetan hranjivi dodatak voćkama, plodonosnom i krasnom grmlju. Urin je kod zdravih osoba sterilan te je kao takav siguran za upotrebu kao gnojivo za biljke koje služe za prehranu. Urin osoba koje troše hormonske preparate i antibiotike ne smije se upotrebljavati kao gnojivo jer se te tvari akumuliraju u biljkama i konzumacijom se ponovno unose u organizam.

Ljudski urin jedan je od najbrže djelujućih te jedan od najboljih izvora dušika, fosfora, kalija i elemenata u tragovima, dostupan u obliku koji biljke savršeno prihvaćaju. Svježi urin izdvojen u kompostnom WC-u može se upotrijebiti odmah, dok je s onim što odstoji druga priča. Naime, urea iz urina, (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO, nakon 24 sata prelazi u oblik amonijaka uz oslobađanje ugljikova dioksida, i to ustvari uzrokuje karakterističan miris mokraće. U takvom stanju urin je prejak za upotrebu te ga je potrebno razrijediti s vodom. U časopisu *Scientia Horticulturae* može se pronaći podatak koji pokazuje snagu urina iz kompostnog zahoda – znanstvenici su eksperimentalno posadili vrstu slatke paprike (*Capsicum annum*) u tlo s različitim dozama ljudskog urina, komposta i uree. Biljke koje su u tlu imale najveći postotak ljudskog urina rasle su najviše, davale su najviše paprike te su imale najveći ukupan prinos po stabljici. Organski materijali s fekalijama moraju proći proces „vrućeg“ kompostiranja, gdje se kompost zagrijava i do 70 °C, kako bi se uništili patogeni organizmi koji se nalaze u ljudskom organizmu. Tako dobiven kompost treba



odstajati neko vrijeme prije upotrebe. Za pravilnu upotrebu dobivenog komposta potrebno je napraviti analizu, ponajprije bakteriološku, jer se unosom hrane i pića mogu potencijalno unijeti i razne bakterije, kao što su *Escherichia Coli* ili razni enterokoki. Ipak, u pitanju je kruženje tvari koje se odvija u prirodi.



Slika 2 – Moguća izvedba kompostnog WC-a

Zanimljiv podatak je da prosječan čovjek dnevno proizvede oko pola litre fekalija koje zalije s oko 5 litara vode, što je 5,5 litara otpadne vode. No ta se voda u većini kućanstava u cijevima miješa i s onom vodom koju koristimo u kuhinji i kupaonici, tako da sad postoji tisuće litara otpadne vode koje je potrebno ukloniti. Pa tako, putem kompostnog WC-a umjesto 90 000 litara opasnog otpada nastalog ispiranjem školjke, može se dobiti oko 15 litara kvalitetnog komposta.

Je li to dovoljan motiv da pri gradnji kuće ili vikendice potražimo drugačije rješenje i spasimo okoliš?

### Literatura

1. Prof. dr. sc. Nediljka Vukojević Medvidović, *Interni materijali za nastavu iz kolegija Inženjerstvo naprednih procesa obrade voda*, Kemijsko-tehnološki fakultet, Sveučilište u Splitu, 2019.
2. Prof. Staša Puškarić, *Kompostni sustavi: prirodno i održivo rješenje za zaštitu dva najvrjednija resursa: Zemlje i vode*, Hrvatske vode
3. Udruga Zelena mreža aktivističkih grupa (ZMAG), priručnik „Održivost u praksi“

## 5G mreža – prednosti i nedostaci nove tehnologije

Ana Vukovinski (FKIT)

Broj korisnika mobilnih telefona, tableta i drugih ručnih uređaja raste iz dana u dan, a Internet je postao jedan od najvažnijih i najkorištenijih platforma današnjice. Razvijaju se nove tehnologije bežičnog pristupa kako bi se korisnicima omogućio brz prijenos podataka i razvoj aplikacija koje uključuju komunikaciju između korisnika međusobno, ali i komunikaciju korisnika i uređaja.<sup>1</sup> Svijet se trenutačno upoznaje s tehnologijom mobilne mreže pete generacije (5G), koja se sve više promovira zbog iznimnih prednosti u odnosu na prethodne generacije (1G-4G). Znatna poboljšanja očituju se u brzini prijena podataka, sigurnosti, pouzdanosti, manjoj potrošnji energije i većem broju priključaka. Frekvencijski spektar elektromagnetskog vala 5G mreže može doseći stotine GHz, što je daleko više od trenutnih frekvencija spektara za 4G mrežu.<sup>2</sup>

Tehnologije bežičnog pristupa razvijaju se svakodnevno kako bi zadovoljile zahtjeve i osigurale rast tržišta. U tom se kontekstu 5G mreža smatra rješenjem koje omogućuje veću pokrivenost do čak 100 % naspram trenutačno korištenih mreža, veći kapacitet mreže i heterogenu integraciju sustava. Također će uštedjeti do 90 % energije, a brzina slanja i primanja podataka povećat će se maksimalnih 100 puta.<sup>3</sup> Ključ uspjeha kod takve

tehnologije jest stvaranje vrlo gustih mreža koje sadrže iste ili različite tehnologije bežičnog pristupa. Upravo takva raspodjela jedinica unutar mreže osigurava veće brzine podataka i povećanje mrežnog kapaciteta.<sup>1</sup> Istraživanja su dokazala da će 5G mreža generirati do 4,7 puta više podataka od trenutne 4G mreže, koju koristi većina korisnika.

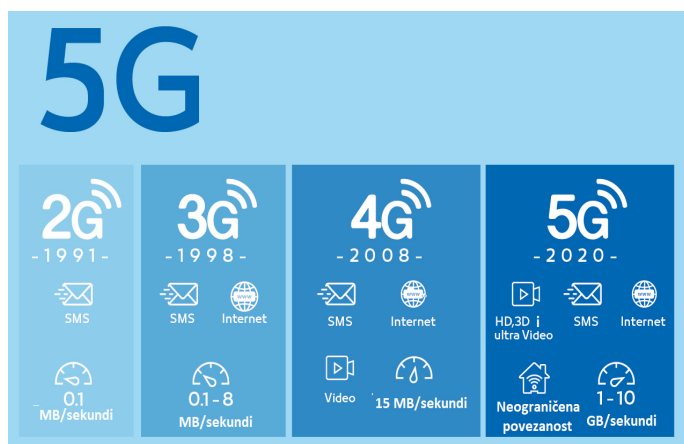


Slika 1 – 5G predstavlja petu generaciju telekomunikacijskih mreža

Prva generacija telekomunikacijskih mreža (1G) puštena je u rad 80-ih godina prošlog stoljeća, a temeljila se na NMT (Nordic Mobile Telephony) principu rada.<sup>4</sup> U Hrvatskoj se 1G mreža pojavila 1989. godine, a ubrzo nakon toga svijetu je predstavljena 2G tehnologija, tada nazvana GSM (Global System for Mobile Communications).<sup>5</sup> Desetak godina trebalo je da 2G standard počne zamjenjivati 3G mreža. Službeno je 3G mreža s radom krenula 2001. godine, no većina zemalja kasnila je s



uvođenjem tih mreža. Naime, nastao je problem s precijenjenim licencama za uvođenje 3G tehnologije pa se prava ekspanzija tih mreža dogodila tek 3– 4 godine kasnije. Trenutačno najaktualnija generacija mobilnih mreža, 4G, pojavila se 2008. godine, dok je aktivnija primjena počela tek 2011. godine. Tada je omogućila znatno veće brzine i kvalitetu prijenosa podataka, što je dodatno populariziralo pametne telefone. Prema navedenim razdobljima korištenja određene generacije mobilnih mreža, može se zaključiti da otprilike svakih 10 godina dolazi do pojave nove generacije s poboljšanim karakteristikama. Upravo na temelju navedenog, za uvođenje 5G mreže i njezino aktivno korištenje, bit će ključna ova godina. Već početkom 2019. godine neke su zemlje započele s uvođenjem 5G infrastrukture, a narednih će se godina tome priključiti i ostale razvijene zemlje svijeta.<sup>6</sup>

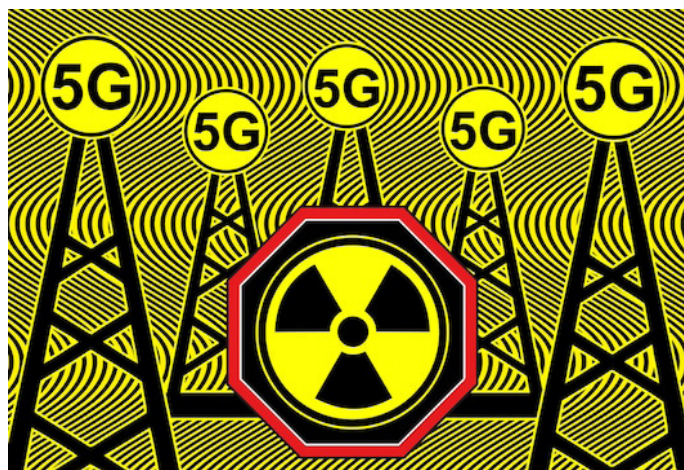


Slika 2 – Usporedba 5G mreže za prethodnim tehnologijama

Iako je 5G tehnologija u nekim dijelovima svijeta već puštena u rad i uglavnom se naglašavaju samo njezine prednosti, pojavile su se mnoge polemike oko njezine štetnosti. Učinci 5G mreže i njezina elektromagnetskog zračenja na biološke stanice sve se više istražuje, upravo zbog sve većeg uvođenja 5G infrastrukture u zemlje svijeta. Takva tehnologija uključuje upotrebu milimetarskih valova (MMW) čime je omogućen brz prijenos podataka. Preliminarna istraživanja pokazala su da izloženost MMW u nekim organizmima povećava temperaturu stanica, mijenja genetsku ekspresiju, dovodi do poremećaja povezanih s oksidativnim stresom te upalnim i metaboličkim procesima. Neka istraživanja također pokazuju da takvo zračenje uzrokuje oštećenja oka te značajne utjecaje na neuromišićnu dinamiku.<sup>7</sup> Elektromagnetsko zračenje povezano s 5G mrežom procjenjuje se na oko 3500 MHz. Ispitivanja na životinjama pokazala su da dugotrajna izloženost između 900 i 1800 MHz, koja se pojavljuje već i kod 4G mreže, znatno potiče razvoj oksidativnog stresa te u konačnici razvoj malignih bolesti.<sup>8</sup>

Rasprave o štetnosti 5G mreža u javnosti dobile su mnogo pozornosti ponajviše zato što su iza protivljenja uvođenja te nove tehnologije stali mnogobrojni znanstvenici. Krajem 2017. godine pokrenuta je peticija

čiji je cilj bio odgađanje uvođenja 5G tehnologije, dok se ne istraži je li 5G opasan za zdravlje ljudi. Do siječnja prošle godine peticiju je potpisalo 26 000 znanstvenika diljem svijeta.<sup>9</sup>



Slika 3 – Neka istraživanja su dokazala štetne utjecaje zračenja 5G mreže na ljudsko zdravlje

Iako je svijet podijeljen oko uvođenja 5G mreže u svakodnevni život, zbog velikog napretka tehnologije i razvoja industrije, za očekivati je da je njezino uvođenje neizbježno. Već se dugi niz godina provode istraživanja iz područja tehnologije i razvijaju se novi projekti koji uključuju primjenu 5G tehnologije. Projekt SkyBender je Google-ov tajni projekt kojim se testira mogućnost pružanja internet usluge putem dronova. Projekt se provodi u Novom Meksiku, a novom tehnologijom dronovi bi mogli pružiti četrdeset puta brži prijenos podataka u odnosu na 4G mrežu. Još jedan projekt, poznat pod nazivom C-V2X (*Cellular Vehicle-to-X*) razvija se u sklopu komunikacije u prometu, a princip rada se također temelji na 5G infrastrukturi.

### Literatura

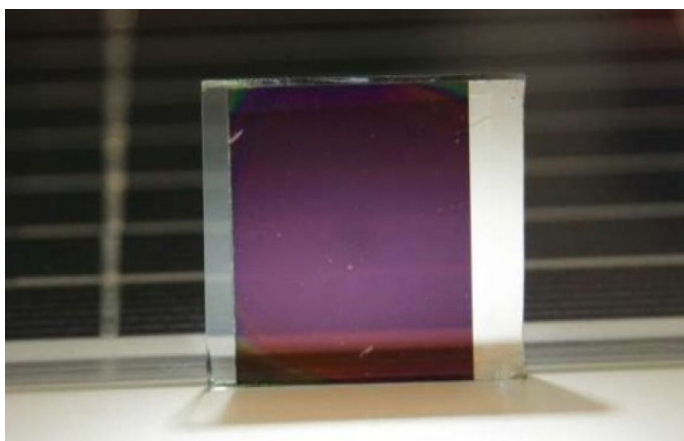
1. Akkari, N., & Dimitriou, N., (2020) *Mobility Management Solutions for 5G Networks: Architecture And Services*. Computer Networks, 107082
2. Hui, H., Ding, Y., Shi, Q., Li, F., Song, Y., & Yan, J., (2020) *5G network-based Internet of Things for demand response in smart grid: A survey on application potential*, Applied Energy, 257, 113972.
3. Barakabitze, A. A., Ahmad, A., Hines, A., & Mijumbi, R. (2019). *5G Network Slicing using SDN and NFV: A Survey of Taxonomy, Architectures and Future Challenges*, Computer Networks, 106984.
4. <https://www.ericsson.com/en/about-us/history/changing-the-world/the-nordics-take-charge/nmt-the-talk-of-the-world> (pristup 29. siječnja 2020.)
5. <https://www.ericsson.com/en/about-us/history/changing-the-world/world-leadership/nmt-created-gsm> (pristup 29. siječnja 2020.)
6. <https://pcchip.hr/internet/5g-mreza/> (pristup 29. siječnja 2020.)
7. Di Ciaula, A., (2018) *Towards 5G communication systems: Are there health implications?* International Journal of Hygiene and Environmental Health, 221(3), 367–375.
8. McClelland, S., & Jaboin, J. J. (2018). *The Radiation Safety of 5G Wi-Fi: Reassuring or Russian Roulette?* International Journal of Radiation Oncology\*Biophysics, 101(5), 1274–1275.
9. <https://principia-scientific.org/petition-26000-scientists-oppose-5g-roll-out/> (pristup 29. siječnja 2020.)

Solarna energija najperspektivniji je oblik energije modernog doba. Najveća prednost solarne energije leži u mogućnosti izravne pretvorbe Sunčeve energije u električnu struju pomoću solarnih ćelija. Takav pristup proizvodnji električne energije ekonomski je učinkovit, ne generira toksične produkte te prati ekološke trendove.<sup>1</sup>

Trenutna tehnologija izrade fotovoltaičkih ćelija temelji se na upotrebi dviju vrsta poluvodičkih materijala, p-tipa i n-tipa. U trenutku kad foton dovoljnog sadržaja energije upadne na kombinaciju navedenih tipova materijala, elektron koji je primio energiju prelazi s jednog sloja na drugi te posljedično generira električnu struju. Trenutna tehnologija koristi taj fenomen za izradu solarnih ćelija, ali problem predstavljaju niske učinkovitosti i visoke cijene izrade.<sup>2</sup>

U proteklim godinama je kao materijal za solarne ćelije dominirao silicij, ali radi visoke cijene polako gubi interes znanstvenika i šire publike. Tako se fokus istraživanja posljednjih godina pomiče prema tehnologijama koje za izradu solarnih ćelija koriste tanke filmove. Solarne ćelije na bazi silicija nalazile su široku primjenu, dok znanstvenici nisu razvili nove tipove solarnih ćelija niže cijene izrade i učinkovitosti bliske onima na bazi silicija. Najčešći način sortiranja razvijenih tehnologija je prema generacijama. Tako prva generacija solarnih ćelija uključuje one bazirane na siliciju, koje još uvijek drže 86 % tržišta usprkos svojoj visokoj cijeni.<sup>1</sup>

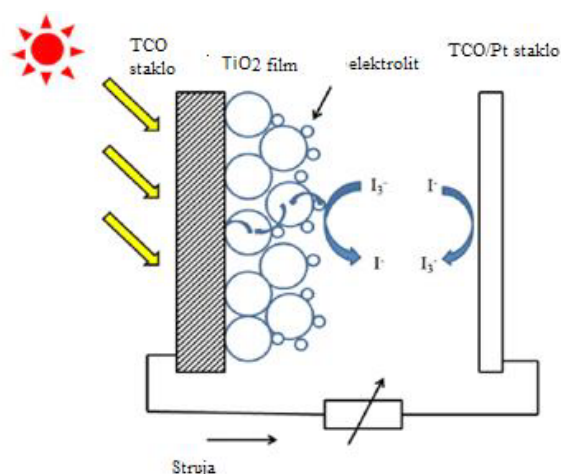
Druga generacija zasniva se na solarnim ćelijama baziranim na tankim filmovima čija je prednost niža cijena, ali nedostatak manja učinkovitost u usporedbi s ćelijama prve generacije. Prednost druge generacije je također njihova fleksibilnost i mala masa što omogućava znatno veći broj aplikacija. Neki od materijala koji se upotrebljavaju za izradu takvih solarnih ćelija uključuju kadmijev telurid (CdTe) te amorfni silicij.<sup>2</sup>



**Slika 1** – Primjer treće generacije solarnih ćelija

Treća generacija uključuje TiO<sub>2</sub> nanomaterijale dopirane nemetalima. Razni nemetali pokazali su se korisnima za povećanje fotokatalitičke aktivnosti TiO<sub>2</sub> nanomaterijala u vidljivom spektru. U usporedbi s prvom i drugom generacijom, dopiranje nemetalima pokazuje znatno poboljšanje u fotokatalitičkoj aktivnosti.<sup>1</sup>

Sve se više pažnje posvećuje trećoj generaciji solarnih ćelija koje upotrebljavaju čiste organske ili spojeve organskih i anorganskih materijala. Prednosti te vrste ćelija su njihova jednostavna i jeftina proizvodnja, a materijali koji se upotrebljavaju nisu toksični. Ističu se bojom senzibilizirane solarne ćelije (DSSC) kao najefikasnije ćelije treće generacije u smislu konverzije solarne energije u struju. Trenutačno najveća postignuta efikasnost prelazi 13 %, a daljnja istraživanja su u tijeku kako bi se povećala dugotrajna stabilnost DSSC-a. U središtu ćelije nalazi se poluvodljivi film građen od nanostrukture TiO<sub>2</sub> koje su nanosene na vodljivo staklo, najčešće fluorom dopirano (FTO). Fotoanoda uključuje vodljivi materijal, poluvodljive nanostrukture i adsorbirane molekule boje. Ćelija još uključuje elektrolit koji je najčešće organsko otapalo i protuelektrodu od platine nanosene na podlogu od FTO. Problem koji se javlja je prisutnost organskog otapala koje komplicira pakiranje i nije sigurno za rad. Iz tog se razloga u proteklom desetljeću tekući elektrolit nastoji zamijeniti polimernim. Provedena su istraživanja dovela do ideje da se perovskiti upotrebljavaju kao čvrsti elektrolit, a daljnja su istraživanja pokazala da se perovskiti mogu ponašati kao boje i prijenosnici naboja.<sup>3</sup>



**Slika 2** – Shematski prikaz rada solarnih ćelija

U trećoj generaciji fotonaponskih uređaja svojstva elektron-transmitirajućeg materijala su ključna za visoku efikasnost i isplativost uređaja. Elektron-transmitirajući materijal koji se nalazi ispod sloja aktivnog materijala osigurava raspodjelu naboja te njegov prijenos. U brojnoj se literaturi navodi važnost interakcije donjeg, pasivnog, i gornjeg, aktivnog sloja. Iako je mehanizam prijenosa naboja jasan, ne postoji konsenzus za točan mehanizam rekombinacije naboja. Kontrolom morfologije sloja koji služi za prijenos elektrona moguće je u velikoj mjeri utjecati na poboljšanje efikasnosti ćelije.

Postoji nekoliko zahtjeva koje prozirni vodljivi sloj, TCO, treba zadovoljiti. Potrebno je da bude proziran za vidljivi dio spektra te treba imati veliku vodljivost, odnosno dovoljan broj slobodnih nosioca naboja uz dovoljno veliku pokretljivost. Indij-kositrov oksid (ITO) korišten je u tu svrhu radi malog specifičnog otpora, no materijal se pokazao nepogodnim za masovnu upotrebu zbog visoke cijene indija. Kao zamjena pojavio se kositrov oksid dopiran antimonom ili fluorom (FTO) čiji se tanki filmovi primjenjuju u organskim solarnim ćelijama s fotoaktivnom bojom i silicijskim tankoslojnim ćelijama radi visoke termalne stabilnosti i kemijske izdržljivosti. U skorije se vrijeme upotrebljava i cinkov oksid (ZnO) radi niske cijene, velike zastupljenosti u prirodi, netoksičnosti i mogućnosti jednostavnog nanašanja na velike površine.<sup>4</sup>

Fotonaponski su se uređaji u posljednje vrijeme pokazali kao čisti, lako održivi i ekonomski iznimno povoljni odgovor na potražnju energije u budućnosti.

Prijelaz sa solarnih ćelija baziranih na siliciju na solarne ćelije treće generacije zahtijeva daljnja ulaganja u njihovo istraživanje i optimizaciju kako bi se solarne energija učinila lako dostupnom širokom tržištu što je ključni korak u borbi protiv neobnovljivih izvora energije.

### Literatura

1. Schroder, D. K., Meier, D. L. (1984) *Solar cell contact resistance - A review*, IEEE Transactions on Electron Devices, 31(5), 637–647.
2. Hau, S. K., Yip, H.-L., & Jen, A. K.-Y. (2010) *A Review on the Development of the Inverted Polymer Solar Cell Architecture*, Polymer Reviews, 50(4), 474–510.
3. F. Bella, *Polymer electrolytes and perovskites: lights and shadows in photovoltaic devices*, Electrochimica Acta 175 (2015) 151–161
4. D. Meljanac: *Defekti i nanostrukture u metalnim oksidima pogodnim za organske solarne ćelije*, doktorski rad, Prirodoslovno matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2016.

## I Skladištenje vodika

Vedrana Krajnović (FKIT)

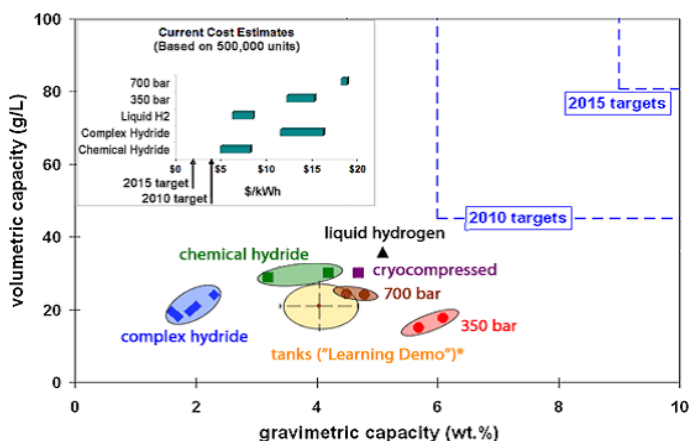
U posljednje vrijeme sve se više pokušava prevesti proizvodnju električne energije za ljudske potrebe s energije dobivene iz fosilnih goriva na energiju dobivenu iz obnovljivih izvora energije. Najčešće spominjani obnovljivi izvori energije su solarne ćelije, vjetroelektrane, geotermalne elektrane, hidroelektrane i biomasa.

Jedan od problema kod takvih izvora energije je njihova ovisnost o geografskim predispozicijama i/ili vremenu. Iz tog razloga tako dobivenu energiju treba skladištiti, a kao odlično rješenje se nude baterije koje se sve više unaprjeđuju kako bi im se poboljšao kapacitet i životni vijek. Naravno, najviše se ulaže u razvoj litijskih baterija, ali kako je već spomenuto imaju ograničen životni vijek te su količine litija ograničene. Kao drugo rješenje nudi se utrošak dobivene energije na sintezu vodika koji bi onda kasnije služio kao gorivo u gorivnim člancima.<sup>1</sup> Vodik je treći najzastupljeniji element na

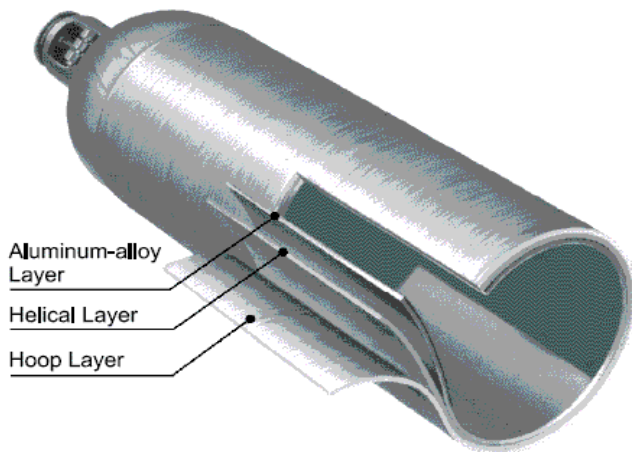
Zemlji i nalazi se u mnogim spojevima (voda, ugljikovodici). U atmosferi ga nema mnogo jer se zbog svoje male mase može oduprijeti gravitaciji. Upravo iz tog razloga, vodik je teško skladištiti jer difundira kroz materijal i izlazi iz njega.<sup>2</sup>

Metode skladištenja vodika su: stlačeni plin, ukapljeni vodik i u materijalu, a najčešće se karakteriziraju prema gravimetrijskom i volumetrijskom kapacitetu za vodik i cijeni (slika 1).

Skladištenje stlačenog vodika najčešće je primijenjena metoda. Sve se manje upotrebljavaju čelični i aluminijski, a sve više kompozitni spremnici. Kompozitni spremnici obično se rade od aluminijeve slitine višeslojno prevučene kompozitnim materijalom koji sadrži ugljikova vlakna. Slojevi kompozita slijepljeni su epoksidnom smolom i nosioci su čvrstoće spremnika. Problemi koje treba riješiti kod te metode su: sigurnost, energija potrebna za kompresiju i smanjenje volumena.



Slika 1 – Usporedba metoda skladištenja vodika



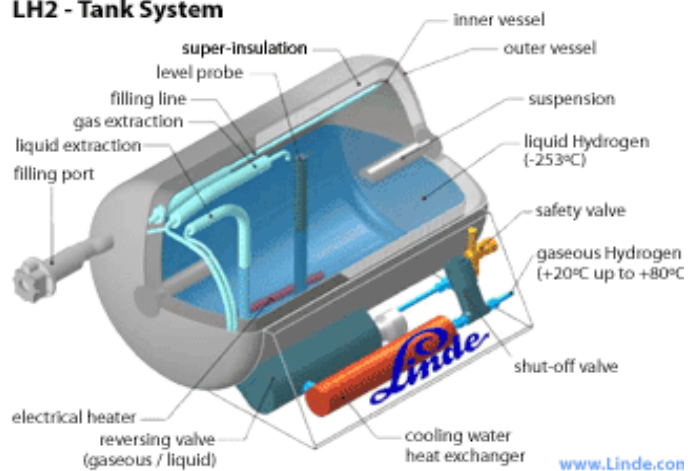
Slika 2 – Spremnik stlačenog vodika



## ZNANSTVENIK

Temperatura vrelišta vodika je 20,39 K pri tlaku od 1 bar što nam govori da je za ukapljivanje vodika potrebno je utrošiti mnogo energije (kompresija, hlađenje tekućim dušikom, ekspanzija u turbinama). Međutim, jednom ukapljeni vodik dalje se lako transportira i koristi. Zanimljivo je da spremnici vodika mogu biti do 10 puta veći od spremnika benzina iste mase. Problemi koje kod te metode treba riješiti su: velika energija ukapljivanja i sigurnost.

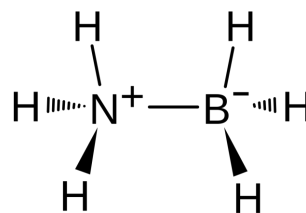
### LH2 - Tank System



Slika 3 – Spremnik ukapljenog vodika

Skladištenje vodika u materijalu može se podijeliti na: površinsku adsorpciju, metalne hidride, kompleksne hidride i kemijske hidride. Problemi koji se trebaju riješiti kod te metode su: težina, niže temperature desorpcije, vrijeme punjenja i tlak punjenja, cijena, životni vijek, itd.<sup>3</sup> Nedavno je otkriveno da kemijski hidrid  $\text{NH}_3\text{BH}_3$  ima dobra svojstva i da bi daljnjim razvojem mogao konkurirati stlačenom vodikom. Amonijev boran ima veliki gravimetrijski i volumetrijski kapacitet za vodik, relativno nisku temperaturu dehidrogeniranja te je stabilan u atmosferskim uvjetima. Razvojem materijala

zaključeno je kako u obliku bimetalnog amonijeva borana ima najbolja svojstva jer metali pomažu smanjenju otpuštanja nusprodukata skupa sa vodikom, a najčešće se upotrebljavaju kombinacije jednovalentnog i viševalentnog metala. Navedeni materijal dobiva se relativno lagano mehanokemijskom sintezom tako da se u reaktor od poli (metil metakrilata) stave prahovi metalnih hidrida i amonijeva borana i reakcija se započne. Kod takve sinteze je dobro što se njezin tijek može pratiti Ramanovom spektroskopijom. Materijal i dalje ima svoje nedostatke na kojima treba raditi, a glavni od njih je polimerizacija materijala kod dehidrogeniranja zbog čega nije moguće ponovno puniti spremnike od tog materijala što ga čini ireverzibilnim za upotrebu.<sup>4</sup>



Slika 4 – Strukturna formula amonijeva borana

### Literatura

1. A. Jukić, 5. prezentacija iz kolegija *Vodikova energija i ekonomija*, FKIT Sveučilište u Zagrebu, 2009., str. 6
2. A. Jukić, 2. prezentacija iz kolegija *Vodikova energija i ekonomija*, FKIT Sveučilište u Zagrebu, 2011., str. 3
3. A. Jukić, 6. Prezentacija iz kolegija *Vodikova energija i ekonomija*, FKIT Sveučilište u Zagrebu, 2011. godina, str. 4, 9-11, 20
4. Dovgaliuk, I., Le Duff, C. S., Robeyns, K., Devillers, M., Filinchuk, Y.; *Mild Dehydrogenation of Ammonia Borane Complexed with Aluminium Borohydride*, ACS Publications, 2015.; str. 1



GlaxoSmithKline – dijamantni sponzor Studentskog kongresa o HIV-u



# BOJE INŽENJERSTVA

## Na kavi s prof. dr. sc. Jasnom Prlič Kardum

*Aleksandra Brenko (FKIT)*

Prof. dr. sc. Jasna Prlič Kardum nositeljica je kolegija Mehanika fluida, Prijenos tvari i energije, Procesni prijenosa i separacija, Kristalizacija i Kemijsko-inženjerske vježbe na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije u Zagrebu. Njezini dosadašnji projekti uključuju proučavanje procesnih svojstva disperznih sustava, optimizaciju miješanja i procesa prijenosa u sustavima čvrsto-kapljevito, istraživanje keramičkih nanokompozita dobivenim sol-gel postupkom i drugo.

**Koji ste smjer završili i kako ste se za njega odlučili?**

Završila sam smjer kemijsko inženjerstvo. Zapravo sam na TF-u (tadašnji Tehnološki fakultet) završila slučajno – metodom eliminacije. Završila sam matematičku gimnaziju i znala sam da želim studirati na tehničkom fakultetu, a u obzir nije dolazilo ništa što ima veze s tehničkim crtanjem ili ETF (tadašnji Elektrotehnički fakultet). Izbor se sveo na naš faks ili strojarški. Kako mi je strojarški



**Slika 1** – Prof. dr. sc. Jasna Prlič Kardum

fakultet bio pod nosom (u Slavonskom Brodu), a ja sam se silom željela odgurnuti prema Zagrebu, prevagnuo je Tehnološki. Što se tiče smjera, mi smo ga birali tek na višim godinama, a vrlo brzo mi je bilo jasno (nakon muka u labosu opće, analitičke i organske kemije) da nisam baš pedantni tip i da više naginjem šrafciageru.

**Koja Vam je omiljena stvar u vezi Vašeg posla?**

Nisam nikada o tome puno razmišljala tako da ne mogu dati kratki i jednoznačni odgovor, no svakako je lijepo susretati mlade ljude koji uvijek nose neke nove ideje i razmišljanja što moj posao čini raznovrsnim i zanimljivim.

## Čime se Vi osobno trenutačno bavite na Zavodu i čime ste se najviše bavili?

Profesorica Sander me uvukla u svijet DES-a (engl. *deep eutectic solvents*), tako da trenutačno istražujem mogućnost pripreme terapijskih DES-ova (THEDES-a), ali ono čime sam se najviše bavila je kristalizacija. To područje sam trenutačno zapostavila, ali trudim se svake godine napraviti barem jedan diplomski iz kristalizacije, jer je to područje bitno u farmaceutici koja je istaknuta u strategiji razvoja Hrvatske, a u Hrvatskoj je prilično uspješna.

## Što biste promijenili u vezi načina izvođenja nastave?

Mislim da bi trebalo modernizirati program fakulteta, način izvođenja nastave i poučavanja. Tehnološki razvoj koji nam se dogodio posljednjih 70-ak godina je frapantan, a trend je eksponencijalan. Teško je sve to pratiti, jaz između generacija je sve veći jer je razlika u stilu života sve veća.

Međutim, nije sve do novih generacija, trebalo bi poboljšati suradnju među grupama istraživača na Fakultetu. Bilo bi zgodno više družiti se i razgovarati s kolegama. Imam osjećaj da smo svi zatvoreni u svoje sobe ili labose.

## Kako biste opisali odnos između FKIT-a i FSB-a?

Sve ima svoje prednosti i nedostatke, ono na što smo mi usmjereni je samo mali dio kolača, ali je vrlo bitan. Znanja i kompetencije nam se djelomično isprepliću. Kako predajem kolegij Mehaniku fluida, svjesna sam koliko su oni u tom području jači, ali kemijskim inženjerima je bitno da imaju znanja kojima mogu baratati u međusobnoj suradnji. Na drugu stranu, mi imamo znanja i kompetencije bez kojih oni ne mogu. Bitno je dobro surađivati.

## Imate li radnog iskustva izvan akademije? (Ako da, opišite nam)

Nažalost, nemam. Mislim da bi svaki sveučilišni profesor trebao prvo raditi u industriji, vidjeti kako stvari funkcioniraju u realnom sektoru, ali sam stekla različita iskustva i ljude tijekom studiranja. Tada sam radila svašta: čuvala sam djecu, davala instrukcije, bila tajnica, prodavala na placu, čistila... Tada nije bilo baš lako naći posao, bio je rat i vremena su stvarno bila teška.

## Mislite li da je potrebno osnovati kemijsko-inženjersku komoru?

Svakako! Trenutačna situacija je frustrirajuća za kemijske inženjere koji surađuju s ostalim inženjerima koji imaju pravo potpisa projekata. U timu koji radi na projektu svatko ima svoju kompetenciju i odgovornost. Kad je sve gotovo, svi stave svoj potpis, a za odgovornost kemijskog inženjera treba potpisati netko drugi! Ali ima i jedna dobra stvar – teže je završiti u zatvoru!

## Mislite li da je bitno da studenti prisustvuju znanstvenim skupovima i konferencijama tijekom studiranja, i što biste rekli, koji je takav događaj u RH najbitnije ne propustiti?

Studentima je to bitno i shvaćaju to ozbiljno. Njima je to mogućnost da prezentiraju svoj rad, upoznaju se sa starijim kolegama koji već rade, dobiju neke nove informacije od njih, a još ako je skup izvan Zagreba tada se ljudi više druže u opuštenijoj atmosferi. Trenutačno se odvija XIII. SMLKI na kojem studenti najviše sudjeluju i njega bih svakako naglasila. Sjećam se 1. SMLKI-ja koji se održavao u Berislavićevoj u zgradi HIS-a (Hrvatski inženjerski savez). Taj mi je bio najvažniji jer mi je bio prvi. Sjećam se kako smo bili uzbuđeni oko toga. Osim toga, Ružičkini dani su mi jako dragi, jer se održavaju u Vukovaru i trudim se uvijek sudjelovati na tom kongresu. Tamo je atmosfera uvijek posebna, osjeti se njihovo tradicionalno gostoprimstvo.

## Kada biste mogli promijeniti bilo koju profesionalnu odluku koju ste u životu donijeli, koja bi to bila?

Vjerojatno ne bih ništa mijenjala, ali ne zato što sam sa svim svojim izborima zadovoljna. Ja sam uglavnom neodlučna i nezadovoljna sa svime što napravim ili odlučim. Ali ima jedna pametna od moje mame koji me često utješi: Što god odlučio, mislit ćeš da si krivo odabrao.

## Koje znanstvene časopise pratite?

Pratim manje-više sve za našu struku relevantne časopise, no mali problem je ogromna količina dostupne literature, tako da se jako teško fokusirati na neki članak u moru dostupnih podataka. Ja radim tako da si ostavljam članke s oznakom interesantno za kasnije, a onda nakon toga, često nemam vremena kvalitetno ih obraditi. Zna se dogoditi da odlutam tijekom pregledavanja literature. Obično završim na nečem nevezanom od onog s čime sam počela. Nažalost, nefokusiranost mi je jedna od većih mana.

## Čime se bavite u slobodno vrijeme?

Tradicionalno sam odgojena i u kući držim tri čoška (možda i četiri!) pa uz posao baš nemam previše vremena. Kao znam štrikati i šivati, bolja vremena čekaju pune vreće započelih strikeraja i mašina za šivanje leži pod krevetom. Ono što ipak uspijem, je u proljeće urediti mali vrt s cvijećem i u tome baš uživam. Osim cvijeća, u vrtu imam smokvu i par trsova grožđa.

## Koja je zadnja vijest iz znanosti i tehnologije koja vas je oduševila?

Što sam starija oduševljavaju me sve novosti u medicini i biologiji (npr. otkriće i primjena pametnih lijekova). Smatram da su „spuštanjem“ istraživanja na nano i mikro razinu otvorena vrata brojnim mogućnostima za unaprjeđenje kvalitete života. “There’s Plenty of Room at the Bottom” kako je rekao Richard Feynman.

Želite li iskoristiti ovu priliku za poslati poruku svojim studentima?

Unatoč svim modernim načinima komuniciranja koji su vam dostupni, čini mi se da se premalo družite i poznajete jedni druge. Znam da su zahtjevi koji vam se nameću sve viši i stroži, ali mladost se treba oduprijeti i nametnuti. Veselite se više jer je to najbitnije u životu.

Što se tiče kolegija konkretno, mislim da je bitno imati razumijevanja za ono što radite, ne učiti napamet i više koristite konzultacije! Tko pita, ne skita.

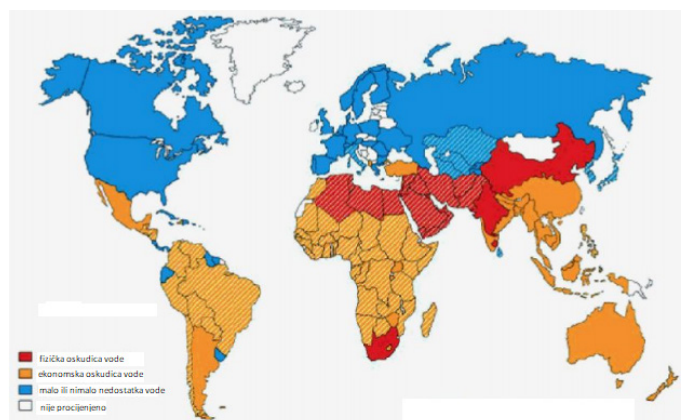
Na kraju moram pohvaliti djelovanje Studentske sekcije koja je ambiciozna i vrijedna. Pratim sve aktivnosti koje organizirate i jako mi se sviđa Reaktor ideja.

Hvala na uloženom vremenu i pohvalama.  
Želimo Vam puno sreće u daljnjem radu.

## I Prijenosni pročišćivači vode

*Daniela Vasiljević (FKIT)*

Problem pouzdanog izvora pitke vode jedno je od najvećih pitanja s kojim se suočavaju zemlje u razvoju danas. Jedna od devet osoba na svijetu nema izvor čiste vode u blizini svog doma, a više od 844 milijuna ljudi se bori s nedostatkom vode za piće. Predviđa se da će do 2025. godine polovica svjetskog stanovništva živjeti u područjima bez pitke vode.<sup>1</sup> Prema UNICEF-u, žene i djevojke širom svijeta provedu ukupno 200 milijuna sati svaki dan dohvaćajući vodu za svoje obitelji, pa čak i kada bi svi imali vlastiti pročišćivač za vodu, korisnici bi i dalje morali putovati u prosjeku 3 kilometra do izvora vode.<sup>1</sup> Regijom oskudnom vodom se smatra ona regija koja ne može omogućiti velikoj populaciji siguran pristup izvoru vode za piće ili pročišćivače na duže vrijeme (slika 1).



Slika 1 – Prikaz zemalja pogođenih problemom nestašice vode

Također, zbog nedostatka čiste pitke vode dolazi do globalne zabrinutosti oko bolesti koje se prenose nečistom vodom za piće. Procijenjena smrtnost uzrokovana bolestima prenesenim nečistom vodom je oko 20 milijuna ljudi svake godine, a najugroženija skupina su djeca.<sup>1</sup> Pristup čistoj vodi vrlo je bitan za ekonomski i socijalni razvoj populacije. Postoje različiti oblici onečišćivača, od kemikalija koji dospijevaju u vodu poljoprivrednim putem, do teških metala koji dolaze u pitku vodu iz prirodnih izvora i upotrebom metalnih cijevi.

Mikroorganizmi poput bakterija, virusa, protozoa i parazita također predstavljaju opasnost za zdravlje ljudi i često su povezani s nepropisnim odbacivanjem otpada.<sup>1</sup>

Uklanjanje različitih onečišćujućih tvari predstavlja prilično velik zadatak. Uobičajene metode pročišćavanja vode za piće uključuju koagulaciju, flokulaciju, sedimentaciju, filtraciju te dezinfekciju. Uobičajeni vodovodni sustavi koji se upotrebljavaju za distribuciju sigurne vode kućanstvima nedostižni su u većini zemalja u razvoju. Zato je predložena strategija pročišćavanja voda u kućanstvima kako bi se omogućilo pojedincima i obiteljima da sami brinu o smanjivanju mikrobnih i kemijskih onečišćenja u vodi. Postoje razne tehnologije pročišćavanja vode u kućanstvima. Neke se temelje na klasičnoj tehnici pročišćavanja vode, međutim, postoje nova istraživanja koja su pronašla način kako učinkovito smanjiti prisutnost patogenih mikroorganizama koji se prenose vodom te koje izazivaju probavne smetnje.

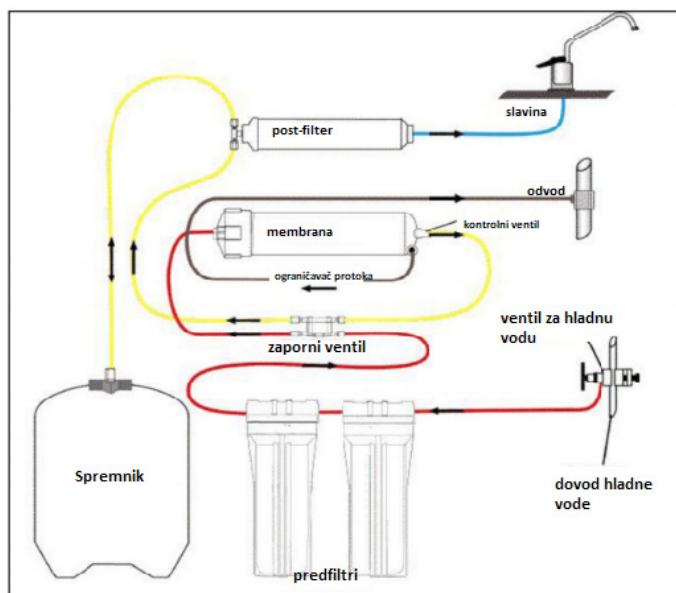
Neke od novih tehnologija su Biosand filter i jednostavni keramički filtri.<sup>2</sup> Upotreba keramičkih filtera postaje sve raširenija zbog relativno niske cijene te ih redovito subvencionira država. Keramički filter ima visoku poroznost koja rezultira svojstvima kao što su visoka specifična površina, visoka propusnost i visoka zavojitost. Ta svojstva čine porozne filtre pogodnima za fizičko uklanjanje suspendiranih krutih tvari, nitastih bakterija i protozoa iz pitke vode.<sup>3</sup> No, veličine pora keramičkog filtra nisu dovoljno male da bi učinkovito uklanjale viruse pa je zato potrebno provesti postupak koagulacije prije upotrebe keramičkog filtra.



Slika 2 – Upotreba LifeStraw prijenosnog pročišćivača vode<sup>2</sup>

Još jedna tehnologija za pročišćavanje vode razvijena je 2005. godine i zove se LifeStraw (slika 2). LifeStraw je jeftin, osobni, prijenosni uređaj za filtriranje koji je dizajniran za svakodnevnu upotrebu pročišćavanja male količine vode (2 litre dnevno).<sup>2</sup> LifeStraw postiže smanjenje bakterija iznad 99,9999 % što znači da je LifeStraw učinkovit način poboljšanja kvalitete vode i smanjenja probavnih smetnji uzrokovanim bakterijskim i virusnim patogenima. LifeStraw je dizajniran za djecu, kako u lakoći uporabe, tako i u prenosivosti, također je jeftin i jednostavan za transport i što je najbitnije, ne zahtijeva električni ili mehanički unos energije. Vanjska školjka LifeStraw-a izrađena je od visokotlačnog polistirena i zadržava svoju učinkovitost do godinu dana. Unutar uređaja nalaze se tri odjeljka koja smanjuju broj mikroorganizama. Na dnu prvog odjeljka nalazi se zaslon od plastične mreže dizajniran za filtriranje relativno velikih čestica i organskih čestica.<sup>2</sup> Nakon prolaska kroz zaslon, voda ulazi u odjeljak za izmjenu halogeniranih iona gdje se razgrađuju aktivni halogeni, najčešće slobodan jod, te se potom dezinficira. LifeStraw ima nekoliko nedostataka: ne može se rabiti za velike količine vode, voda koja se pročisti ne može se skladištiti, a zaostali jod može ostaviti neugodan okus u vodi.<sup>2</sup>

Još jedan relativno novi pristup pročišćavanja vode su filtri obrnute osmoze (slika 3). Ta se tehnika smatra jednom od najboljih metoda filtracije vode jer uklanja gotovo sve organske i anorganske kemikalije, bakterije, mikroorganizme, soli, metale i čestice koje se nalaze u onečišćenoj vodi.



Slika 3 – Sustav za filtriranje vode reverznom osmozom s osnovnim komponentama<sup>1</sup>

Međutim, troši veliku količinu energije. Sustavi za filtriranje vode reverznom osmozom sastoje se od polupropusne membrane i potisne pumpe.<sup>3</sup> Membrane imaju pore od oko 0,0005 mikrometra. Unutar te vrste obrade vode, uklanjaju se sve čestice veće od 0,001 mikrometra.

Za uklanjanje većih čestica koje mogu začepiti membranu može se ugraditi predfiltar za uklanjanje mulja, sedimenta, pijeska i čestica gline.

Preporučuje se i filtar s aktivnim ugljenom za poboljšanje mirisa i okusa vode te za uklanjanje preostalih kemikalije koje zadržavaju minerale i skraćuju život membrane, poput klora.<sup>1</sup>

Još jedna od češće primijenjenih metoda za pročišćavanje vode je solarna dezinfekcija vode (SODIS). U tom postupku mikrobiološki onečišćena voda smjesti se unutar PET boce (PoliEtilen Tereftalat), koja se nekoliko sati izlaže na suncu (slika 4). Sunčevo UV zračenje, u kombinaciji s izravnim solarnim grijanjem, rezultira razgradnjom patogena u vodi. Unatoč svojim mogućnostima dezinfekcije, SODIS ne može pročistiti kemijski onečišćenu vodu.<sup>4</sup> Još jedno ograničenje SODIS metode relativno je mala ultraljubičasta prozirnost PET-a. Staklo se može rabiti u SODIS metodi, ali krhkost i težina staklenih boca u usporedbi s PET bocama čine staklene boce manje poželjnim.<sup>4</sup>



Slika 4 – Pročišćavanje vode SODIS metodom u PET bocama<sup>4</sup>

Ponekad ni ne razmišljamo o tome koliko smo povlašteni i neopterećeni što živimo na području gdje se ne trebamo brinuti o pitkoj i čistoj vodi za osnovne potrebe. Nažalost, ima puno ljudi koji ne mogu priuštiti tu neopterećenost i moraju svakodnevno razmišljati gdje i kako nabaviti čistu i pitku vodu. Tehnologija pročišćavanja vode sve više napreduje i već sad imamo puno rješenja za područja bez pitke vode, no uvijek ima mjesta za napredak.

### Izvori

1. Yamagata Cory; Rodd Coleton; Keyes Jonathan; LoGrasso Matthew, Pedal 4 Purification, Santa Clara: Santa Clara University, 2019.
2. Walters, Adam Russell, A Performance Evaluation of the LifeStraw: a Personal Point-of-Use Water Purifier for the Developing World, Carolina Digital Repository, 2009.
3. Simonis, J. J.; Basson, A. K., Manufacturing a low-cost ceramic water filter and filter system for the elimination of common pathogenic bacteria, Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 50-52, 269-276., 2012.
4. Carey, J. M.; Perez, T. M.; Arsiaga, E. G.; Loetscher, L. H.; Boyd, J. E., The photocatalytic enhancement of acrylic and PET solar water disinfection (SODIS) bottles, Water Science and Technology, 63(6), 1130-1136., 2011

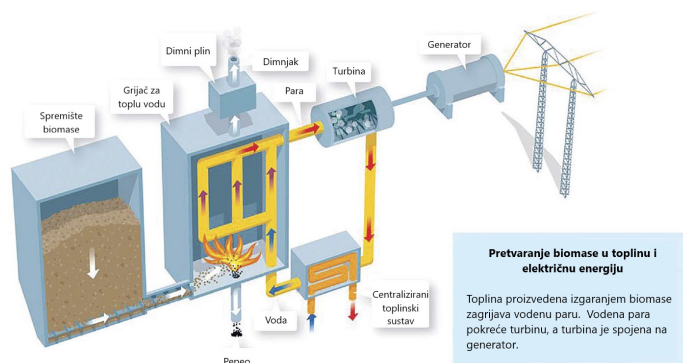


# Održivost i efikasnost obnovljivih izvora energije vol. 4: Biomasa

Hrvoje Tašner (FKIT)

Ljudi su naučili rukovati vatrom pred više od milijun godina. No, prvi ljudi koji su ovladali vatrom nisu bili *Homo Sapiens*. Pri ljudi koji su ovladali vatrom bili su *Homo Erectus*. Upotreba vatre je vještina starija od anatomske modernih ljudi. Najstariji dokazi raširene upotrebe vatre među *Homo Sapiensima* stari su oko 125 000 godina. Kao prvo gorivo rabljene su drvene grančice i suha trava odnosno biomasa. Većinu povijesti, biomasa je bila najvažniji izvor energije. Ogrjev i priprema hrane u nekim dijelovima svijeta i dalje su zastupljenija primjena spaljivanja biomase.

Biomasa je širok pojam koji podrazumijeva tvari i materijale biljnog i životinjskog podrijetla koji se upotrebljavaju za dobivanje energije. U biomasu spadaju drvo, poljoprivredni i kućni organski otpad, posebno uzgajani usjevi pa čak i osušen životinjski izmet. Dobivanje energije iz biomase moguće je na više načina.

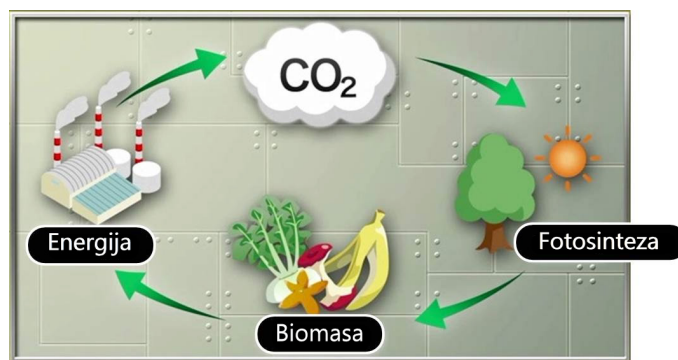


Slika 1 – Shema elektrane na biomasu

Najjednostavniji i najrašireniji način je spaljivanje. Najčešća sirovina je drvo. U mnogim dijelovima svijeta, pogotovo u nerazvijenim poput Afrike, dijelovima jugoistočne Azije i Južne Amerike, spaljivanje drva glavni je izvor energije za kuhanje i ogrjev. Osim u kućanstvima biomasa sve više se spaljuje u toplanama i elektranama kao alternativa ugljenu. Spaljivanje otpadne biomase, primjerice iz otpada prehrambene i mesoprerađivačke industrije ili poljoprivrednog i razvrstanog komunalnog biootpada, dobar je način zbrinjavanja. Spaljivanjem u elektranama i toplanama, biootpad, koji bi inače završio na odlagalištu, iskorištava se za proizvodnju električne energije, tople vode i grijanje kućanstava. Međutim, spaljivanje je često vrlo nečisto pogotovo ako se biomasa spaljuje na nižim temperaturama. Na visokim temperaturama, iznad 1000 °C, izgaranje je potpuno te nastaje malo štetnih plinovitih nusproizvoda i čađe. Izgaranje na nižim temperaturama je nepotpuno te nastaje

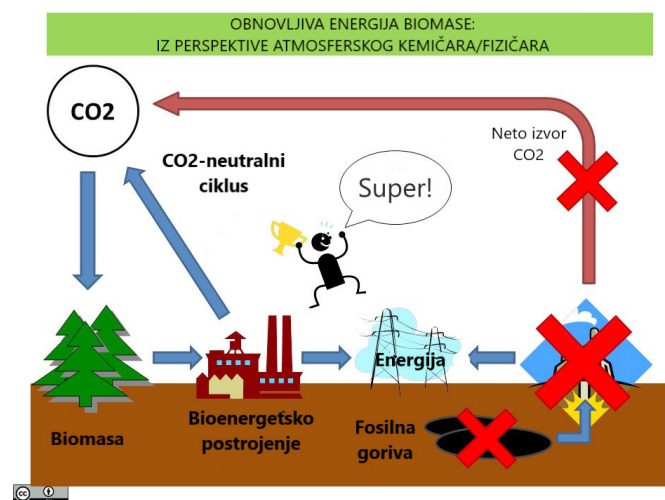
mного čađe i štetnih plinova koji narušavaju kvalitetu zraka. Emisije štetnih produkata spaljivanja biomase katkad mogu biti veće do emisija spaljivanja ugljena. Čak i potpuno spaljivanje biomase može uzrokovati kisele kiše jer tvari biljnog i životinjskog podrijetla sadrže znatne količine dušika i sumpora, a otapanjem njihovih oksida u vodi nastaju kisele kiše. Problem kiselih oksida može se riješiti ugradnjom sustava za njihovo uklanjanje, ali takvi sustavi znatno podižu cijenu postrojenja.

Osim spaljivanja, energija iz biomase može se dobiti biokemijskom pretvorbom. Biokemijska pretvorba podrazumijeva kompostiranje, anaerobnu razgradnju i fermentaciju.



Slika 2 – Ciklus CO<sub>2</sub>

Kompostiranjem i anaerobnom razgradnjom bakterije razgrađuju biomasu. Kompostiranje je aeroban proces razgradnje te se nastali kompost upotrebljava kao poljoprivredno gnojivo. Ostatak kod potpune anaerobne razgradnje je digestat, materijal koji bakterije više ne mogu razgraditi te se upotrebljava kao dodatak u gnojivima. Za proizvodnju energije važniji su plinoviti produkti kompostiranja i anaerobne razgradnje. Nastali plinoviti produkt naziva se bioplina. Većinski sastojci su metan i CO<sub>2</sub>. Pročišćeni bioplina može se upotrebljavati kao alternativa LPG-u u motornim vozilima ili zemnom plinu u elektranama i toplanama. Bioplina je veoma sličan zemnome plinu po tome što se većinski sastoji od metana. Metan lako potpuno izgara i ne čađi, a daje mnogo energije. Za razliku od zemnog plina, spaljivanjem bioplina u atmosferu ne ispušta se novi ugljik u obliku CO<sub>2</sub>.



Slika 3 – Otisak bioplina se smatra neutralnim

Ugljik iz bioplina biljke su apsorbirale i ugradile fotosintezom koristeći CO<sub>2</sub> iz atmosfere. Truljenjem biljaka, apsorbirani ugljik ponovo se ispušta u atmosferu u obliku metana i ugljikova dioksida. Spaljivanjem bioplina napravili smo međukorak u tom procesu te ga upotrebljavamo za dobivanje energije koja bi inače bila otpuštena u okoliš. Otisak bioplina je time neutralan.

Fermentacijom se pomoću mikroorganizama iz biomase dobivaju biogoriva poput etanola i metanola. U nekim državama svijeta, poput SAD-a i Brazila, u fosilna goriva dodaje se do 10 % bioetanola. Drugi proizvod procesa fermentacije je suhi ostatak koji se upotrebljava kao stočna hrana. Za fermentaciju se najčešće upotrebljavaju kukuruz, soja i šećerna trska.



Slika 5 – Postrojenje za proizvodnju bioplina

To zahtijeva ulaganje dodatne energije i time se još više smanjuje efikasnost cijelog procesa. Uzgajanje usjeva i proizvodnja goriva iz istih, prema mišljenju autora, radi više štete okolišu nego koristi.

Biomasa je najstariji izvor energije za čovječanstvo, no to ne znači da nije i izvor energije budućnosti. Dok je izravno spaljivanje biomase najčešće dosta nečisto, anaerobnom razgradnjom i kompostiranjem organskog otpada otvara se mogućnost rješavanja dva problema istodobno. Smanjuje se količina otpada na odlagalištima i osigurava se čista energija. Izgradnjom novih modernih toplana i elektrana kao i modifikacijom postojećih za upotrebu biomase kao goriva te razvrstavanjem organskog otpada možemo smanjiti utjecaj na okoliš bez kompromisa u standardu života.



Slika 4 – Prašuma pretvorena u polja

Nedostatak tog načina proizvodnje biogoriva je to što se usjevi posebno uzgajaju za proizvodnju biogoriva. Proizvodnja značajnih količina biogoriva zahtijeva uporabu velikih obradivih površina. Uzgojem se troše i velike količine umjetnih gnojiva i goriva za pogon poljoprivrednih strojeva. Često se za potrebe poljoprivrednih površina krče velike površine šuma. To je naročito problem u Brazilu gdje se uništava Amazonska prašuma. Naravno, većina novih poljoprivrednih površina upotrebljava se za uzgajanje hrane. No, ako želimo potrebe za gorivom zadovoljiti biogorivima to zahtijeva mnogo više poljoprivredne površine nego što zahtijeva proizvodnja hrane. Razlog tomu je taj što se fermentacijom manji dio uzgojene biomase pretvara u gorivo. Nadalje nastali alkohol pomiješan je s vodom te ga treba pročistiti da bi se mogao rabiti kao gorivo.



Slika 6 – Autobus pogonjen na bioplin, Engleska

### Izvori

1. <https://www.eia.gov/energyexplained/biomass/biomass-and-the-environment.php> (pristup 16.2.2020.)
2. <https://www.eia.gov/energyexplained/biomass/> (pristup 16.2.2020.)
3. <https://www.biocycle.net/2007/03/23/composting-and-greenhouse-gas-emissions-a-producers-perspective/> (pristup 16.2.2020.)
4. <https://www.nsenenergybusiness.com/features/newsmajor-pros-and-cons-of-biomass-energy-5845830/> (pristup 16.2.2020.)
5. <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/biomass-burning> (pristup 16.2.2020.)
6. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261915004821> (pristup 16.2.2020.)
7. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4974899/> (pristup 16.2.2020.)
8. [https://web.archive.org/web/20140608020208/http://realworldenergy.com/what-is-biomass-renewable-energy/biocatalyst-A-converts\\_fig3\\_234079216](https://web.archive.org/web/20140608020208/http://realworldenergy.com/what-is-biomass-renewable-energy/biocatalyst-A-converts_fig3_234079216) (pristup 16.2.2020.)

# Inženjerstvo tekstila

Aleksandra Brenko,  
Samanta Tomičić (FKIT)

Odjeća je jedan od prvih ljudskih izuma. Njezina je prvobitna namjena bila zaštita od hladnoće, vjetrova, sunca i ostalih vanjskih utjecaja. Ljudi su prvu odjeću izrađivali od materijala koje su našli u svojoj okolini: lišća trave, kore drveta... Kasnije su počeli upotrebljavati dijelove životinja, odnosno prerađivali su vunu i kožu, a s vremenom je odjeća uz funkcionalni karakter, postala i statusni simbol.

Povećanjem broja stanovnika na Zemlji te promjenom životnog stila, ljudi su odjeću prestali izrađivati ručno te taj posao prepustili strojevima. S obzirom na to da su većini na spomen pojma „inženjerstvo“ glavne asocijacije: elektrotehnika, građevina ili matematika, ovaj je članak posvećen tekstilnoj industriji. Iako se tekstil najčešće vezuje za modu, tekstili se primjenjuju u raznim granama industrije. Konstantno se razvijaju nove tehnologije i sintetiziraju novi materijali koji bi unaprijedili život kakav poznajemo.

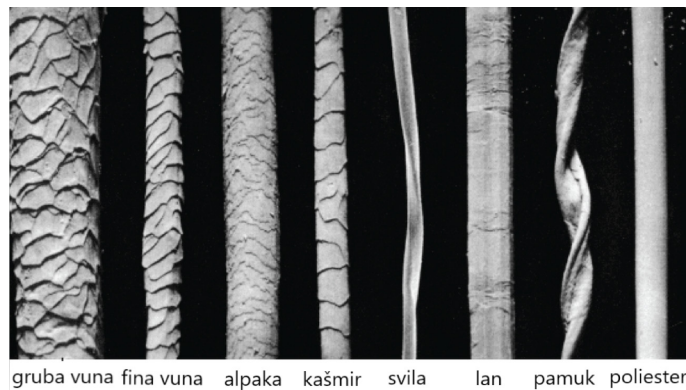
## Prirodni tekstili

Najskuplji odjevni tekstil na svijetu je vikunja (*vicuña*) vuna. Vikunja je južnoamerička životinja iz porodice deva, a izgleda kao minijaturna verzija ljame. Godinama je njezina dlaka zbog svoje finoće i ekskluzivnosti bila rezervirana isključivo za odjeću Peruanske plemićke obitelji. Vuna je materijal općenito pogodan za izradu tople odjeće zbog svojstva reguliranja temperature. Unutrašnjost vlakana preuzima vodenu paru dok vanjska površina odbija vodu. Vuneni proizvod sadrži 85 % zraka u odnosu na svoju zapreminu što osigurava grijanje.<sup>1</sup> Kako je vuneno vlakno elastično, ne gužva se. Prije upotrebe u odjevne svrhe potrebna je obrada jer inače izaziva grebanje.



Slika 1 – Najcijenjenija vuna na svijetu i ugrožena vrsta od koje potječe – vinkunja

Titulu kraljice među tkaninama, svila nije dobila neopravdano. Zbog svoje mekoće, sjaja, udobnosti i senzualnosti simbol je luksuza i privlačnosti. Tekstilno vlakno se dobiva od čahure svilene bube (*Bombyx mori*).



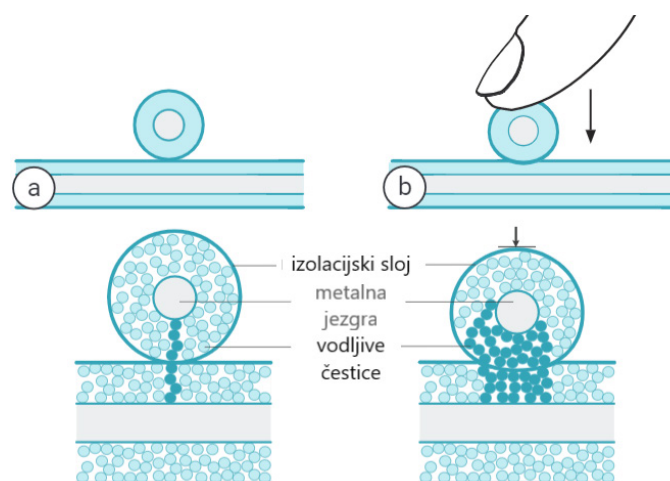
Slika 2 – Mikroskopski prikaz niti popularnih odjevnih materijala, među njima i svila (4. s desna)

Kukac iz žlijezda slinovnica luči fibroin, protein u kapljevitom, ljeplivom stanju koji se u kontaktu sa zrakom ukrućuje. Svilena buba zatim luči drugi protein-sericin koji se veže s fibroinom i tako nastaju niti svile. U svrhu očuvanja svilenih niti, čahura se okružuje vrelinom zrakom ili vodom koja životinju ubija. Svileni fibroin pogodan je biomaterijal u inženjerstvu tkiva, sporo se razgrađuje, moguće ga je kemijski modificirati, lagan je, jak, elastičan i termički stabilan. Zbog velike mehaničke čvrstoće i pozitivnog utjecaja na mineralizaciju, istražuje se primjena fibroina u inženjerstvu koštanog tkiva.<sup>2</sup>

## Pametni tekstili

Kako tehnologija napreduje, tako i više očekujemo od svoje odjeće. Na tržištu se sada mogu naći tekstili koji su u potpunosti hidrofobni, otporni na bakterije i gljivice ili prepoznaju kada se na njih vrši pritisak.<sup>3</sup>

Znanstvenici na sveučilištu Johannes Kepler u Australiji razvijaju tekstilno sučelje za praćenje pritiska RESi (*Resistive Textile Sensor Interfaces*).<sup>4</sup> Svoj pristup baziraju na novoj vrsti vlakna koje pokazuje konduktivna i izolacijska svojstva. Vlakno se sastoji od vodljive metalne jezgre okružene izolacijskim premazom, organskom polimernom otopinom sa suspendiranim ugljičnim česticama. Kada se primjeni pritisak na izolirano vlakno, premaz se komprimira, što dovodi do povećanja gustoće vodljivih ugljičnih čestica unutar premaza zbog čega se mijenja vrijednost otpora.

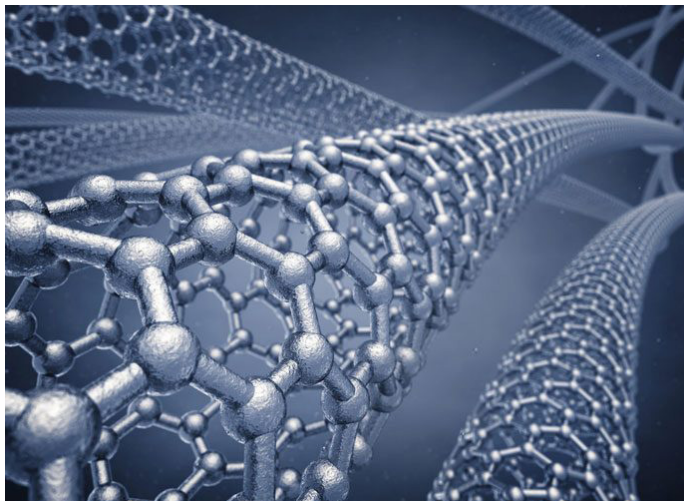


Slika 3 – Mehanizam detekcije pritiska RESi vlakana

Vodljivost vlakana može se prilagoditi različitim rasponima otpora, ovisno o koncentraciji otopine oksidansa i uvjetima prilikom polimerizacije. Vizualizacijski sustav razvijen u Matlabu procjenjuje osjetljivost, mogućnost detekcije pritiska na više točaka i prostorno praćenje.<sup>5</sup> Tkanina osjetljiva na pritisak nalazi svoju primjenu pretežito u zdravstvu, brizi za starije osobe i održavanju kućanstva.

### Snažni industrijski tekstili

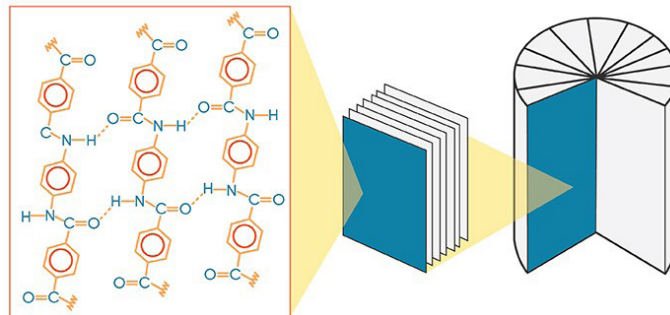
Ugljična vlakna (engl. *carbon fibers*) imaju jedan od najvećih omjera snage i težine, veći čak i od titana. Sastavljena su od atoma ugljika organiziranih u kristalnu strukturu nalik na cjevčice (engl. *nanotubes*).<sup>6</sup>



Slika 4 – Računalni model ugljikovih nanocijevčica (CNT)

Njegov potencijal se primjenjuje pri izradi zrakoplovnih (i ostalih) vozila zbog svoje lakoće, čvrstoće i snage. Laganiji materijal rezultira manjom potrošnjom goriva i time doprinosi smanjenju emisije CO<sub>2</sub>. Omjer konduktiviteta i gustoće ugljičnih vlakana jednak je bakrenom. Zbog svoje odlične vodljivosti, primjenu nalaze u proizvodnji elektroničke opreme, poput savitljivih kartica i čipova. Popraviti oštećenje nastalo u ugljičnoj tkanini nije lako izvedivo kao kod metala, već se čitav oštećeni dio treba zamijeniti. Karbonizacija polimera poliakrilonitrila (PAN) standardna je metoda dobivanja ugljičnih vlakana. Poliakrilonitril ispređen u niti se izlaže visokim temperaturama (~1000 °C) koje uzrokuju prijelaz u čvrstu homogenu ugljičnu strukturu.<sup>7</sup> Trenutačno ne postoji rješenje za recikliranje nanocijevčica.<sup>5</sup>

Najpoznatiji je zbog svoje primjene u vojnoj industriji, kevlar je izumljen kao zamjena za metalni oklop.<sup>6</sup> Kevlar pokazuje veću abrazivnu snagu od ugljičnih vlakana i bolje podnosi ekstremne temperature, pa je prikladniji za upotrebu u pomorskoj industriji. Kevlar također ima dug raspon plastične deformacije i pri trganju puca na vrlo predvidljiv način, vlakno po vlakno, za razliku od ugljičnih vlakana koja pucaju naglo pri čemu dolazi do trajne plastične deformacije. Kevlar dolazi iz obitelji poliamida, a derivira se iz benzena pri čemu nastaju dugački lanci molekula koje vlaknu daju grebenastu strukturu.



Slika 5 – Molekularna struktura kevlara

Njegove karakteristike su mala težina, velika snaga, i otpornost na dugotrajna opterećenja. Upotrebljava se u izradi sportske i zaštitne oprema, rukavica, kočnica, jedra i guma za bicikle.<sup>7</sup>

Vrsta tekstila s velikom uporabnom vrijednošću su i geotekstili. Geotekstili su najčešće sintetički materijali koji se upotrebljavaju u agronomiji i geoekologiji za održavanje stabilnosti zemlje i sprječavanje erozije.<sup>10</sup> Djeluju kao korijenje i pružaju stabilnu bazu za rast biljaka. Upotrebljavaju se i na plažama, kako bi usporili ispiranje obale i kao zaštita od štete uzrokovane jakim vjetrovima. Ta tehnologija seže još u doba Egipćana, koji su rabili vlati trave i lan kako bi smanjili rizik od gubitka usjeva u razdoblju prelijevanja Nila.

Tekstil je zapravo bilo koji materijal izraden od isprepletenih vlakana (lat. *textere* – presti). Isprepletana struktura daje materijalu nova svojstva i svaki kompozitni tekstil zahtijeva studiju koja će procijeniti karakteristike novodobivenog materijala. Bez obzira je li porijeklo životinjsko, biljno, mineralno ili sintetičko, tekstili su perspektivno i bogato područje inženjerstva materijala.

### Izvori

- <https://www.iwto.org/wool-industry> (pristup: veljača 2020.)
- K.A. Luetchford, J.B. Chaudhuri, P.A. De Bank : „Silk fibroin/gelatin microcarriers as scaffolds for bone tissue engineering
- Nikolić, G. Dolazi vrijeme inteligentne odjeće. *Polytechnic & Design*, 2, (3) 2015.
- Parzer, P., Perteneder, F., Kathrin, P., Rendl, C., Leong, J., Sch utz, S., Vogl, A., Schw odiauer, R., Kaltenbrunner, M., Bauer, S., Haller (2018) RESi: A Highly Flexible, Pressure-Sensitive, ImperceptibleTextile Interface Based on Resistive Yarns. *Media Interaction Lab, University of Applied Sciences Upper Austria Johannes Kepler University, Austria*
- Lim, S., Hyuk Bae, J., Jin Jang, S., Young Lim, L., Hoon Ko, J. (2018) Development of Textile-based Pressure Sensor and Its Application. *Fibers and Polymers*, 12, (19) 2622-2630
- <https://markforged.com/blog/kevlar-vs-carbon-fiber/> (pristup 15.02.2020.)
- <https://news.northeastern.edu/2013/01/28/stronger-than-kevlar-light-as-a-tee-shirt-and-cheap-all-over/> (pristup 15.02.2020.)
- Huang, X. (2009) Fabrication and Properties of Carbon Fibers. *Materials*, 2, 2369-2403.
- <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/kevlar> (pristup 15.02.2020.)
- <https://study.com/academy/lesson/what-is-geotextile-fabric-definition-types.html> (pristup 15.02.2020.)



# STAND-UP KEMIČAR

## | Fun facts

*pripremio Leo Bolješić*

– Ako Betelguese, nama poprilično bliska divovska zvijezda, doživi supernovu, osvijetliti će nebo na Zemlji otprilike 2 mjeseca

– Rogovi jelena su kosti, odnosno najbrže rastuće kosti u prirodi te otpadaju i rastu svake godine. Jeleni su također preživaci. To znači da svaku hranu jedu dva put tako da ju povrate i zatim ponovno pojedu.

– 70 % etanol je efektivniji u ubijanju bakterija od 96 % etanola. Isparavanje 70 % etanola je zapravo to što uzrokuje umiranje bakterija.

– Beton se ne suši. On tijekom vremena otvrdne uslijed kemijske reakcije koja zahtijeva vodu. Ta je reakcija poprilično egzotermna i nije pametno imati kontakt s nestvrdnutim betonom. Također, beton kroz vrijeme dobiva na snazi.



## | Vicevi

*pripremio Leo Bolješić*

Par biologa neočekivano dobiju blizance. Jednog nazovu Marko, a drugog Probnal.

Kemičar uđe u ljekarnu i zatraži ljekarnika te upita

– Imate li acetilsalicilnu kiselinu?

– Mislite aspirin, gospodine? – upita ljekarnik

– Ma joj da, oprostite. Uvijek mu zaboravim ime.

Moglo bi se reći da radim trivijalne pogreške!

Žabac nazove hotline kako bi saznao svoju budućnost. Vidovnjak mu kaže: – Upoznat ćeš prekrasnu mladu damu koja će htjeti saznati apsolutno sve o tebi.

Na to će ushićeno žabac: – Izvršno! A možete mi reći gdje ću je upoznati da se znam pripremiti?

– Na stolu za seciranje, gospon. – reče vidovnjak.

# Anekdote iz svijeta znanosti: PITAGORA

*pripremio Leo Bolješić*

Pitagori možemo zahvaliti za jedan od najvažnijih poučaka u geometriji: Pitagorin poučak. Međutim, neke od njegovih ideja uopće nisu bile dosljedne vremena u kojemu je živio. Primjerice, bio je pobornik filozofije vegetarijanstva, iako je jedno od načela te filozofije bila potpuna zabrana diranja i jedenja graška (kako bi ga zaštitio).

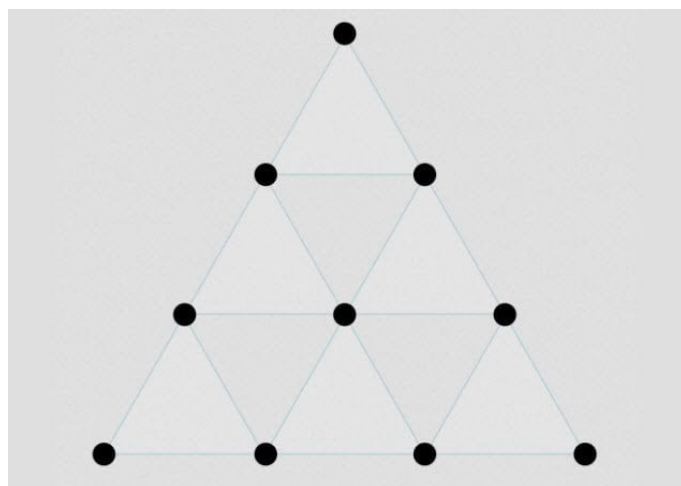
Legenda kaže da je grašak jedan od krivaca za njegovu smrt. Nakon što su ga od njegove kuće lovili napadači, došao je pred polje graška gdje je navodno odlučio da je pametnija opcija umrijeti nego li ući u polje. Tada su ga napadači navodno ubili. Povijesni dokazi nemaju prikazan razlog napada na Pitagoru.

Međutim, to nije sve o Pitagori. Poznato je da je volio brojeve, ali je manje poznato da ih je uzdizao i imao je čitavu religiju posvećenu brojevima. Pitagora je vjerovao da su brojevi elementi u pozadini cijelog svemira. Učio je pratitelje da je svijet pod kontrolom matematičkih harmonija koje stvaraju svaki dio stvarnosti. Smatrao je brojeve svetima, kao što su broj 10 kao najsvetiji od svih, a 8 kao broj pravde. Svaki dio matematike je zapravo bio svet.

Svaki put kada su on i njegovi pratitelji riješili novi matematički teorem zahvalili bi se bogu (brojevima) tako što bi žrtvovali vola.

Pitagora je imao pravila za apsolutno sve. Primjerice, obvezatno je stavio desnu cipelu prvu. Također, svima je branio da jedu išta što je palo na pod ili bilo blizu podu te je vjerovao da seksualnim odnosima ljudi gube dio duše i od njih apstinirao.

Jedan od njegovih najpoznatijih pratitelja bio je Hipasus. Legenda kaže da je on bio prva osoba koja je dokazala postojanje iracionalnog broja. Razvio je dokaz koji je pokazao da je drugi korijen iz 2 iracionalan broj. To je navodno naljutilo Pitagoru jer ga je on učio da se svi brojevi mogu izraziti kao omjeri cijelih brojeva. Hipasus je to navodno objasnio na brodu, zbog čega ga je Pitagora odlučio potopiti.



Tiny ass particles:



Tiny ass particles when you look at em too close:



22 years since the start of the show, Ash Ketchum has finally become a Pokemon Master after winning the Alola league 🏆



Will @MrWilliamo

A 10 year old with 22 years of experience. Ash is what every employer is looking for now.



Roses are Red

Violets are blue

$$d(uv) = udv + vdu$$

SADRŽAJ  
vol. 4, br. 4

KEMIJSKA POSLA

Copenhill – promjena percepcije održivog razvoja .....	1
“Melting rock” model .....	2
Razvoj sinteze amonijaka .....	3
Studentski kongres o HIV-u .....	5
Projekt “MOSE system” .....	7

ZNANSTVENIK

“Savitljivi” mobiteli .....	8
Gorivi članci .....	10
Kompostni WC: tabu ili rješenje održive budućnosti .....	12
5G mreža – prednosti i nedostaci nove tehnologije .....	13
Solarne ćelije .....	15
Skladištenje vodika .....	16

BOJE INŽENJERSTVA

Na kavi s prof. dr. sc. Jasnom Prlić Kardum .....	18
Prijenosni pročišćivači vode .....	20
Održivost i efikasnost obnovljivih izvora energije vol. 4: Biomasa .....	22
Inženjerstvo tekstila.....	24

STAND-UP KEMIČAR

Fun facts .....	26
Vicevi .....	26
Anegdote iz svijeta znanosti: PITAGORA .....	27

