

# reaktor IDEJA 6

službeno glasilo Studentske sekcije HDKI-ja | vol 7

travanj 2023.

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, učini Aristotel je bio genijal se biologijom, zoolo znanje u različitim tekstova sačuvar normu za daljn tek u zajedni znanstvenika koji su se pobili u teoriji i u praksi. Batio se običnim, praktičnim problemima, koji su bili primjenjivani na mnogim



## ORNITOLOZI OTKRILI DVIJE NOVE VRSTE TOKSIČNIH PTICA

STR. 4

## ŠTO SE KRIJE IZA POJMA ZEOLIT?

STR. 10



## OTAPANJE LEDENJAKA KAO NOVA OPASNOST

STR. 20



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)



STUDENT  
SKI ZBOR  
SVEUČILIŠTA  
U ZAGREBU



Uredništvo *Reaktora ideja*

Dragi čitatelji,

predstavljamo Vam šesti broj *Reaktora ideja* ove akademske godine!

U ovom izdanju donosimo mnoštvo zanimljivih tema iz područja tehnologije i znanosti koje će vam sigurno uljepšati slobodno vrijeme i potaknuti Vas na razmišljanje.

Osim *Reaktora ideja*, Studentska sekcija HDKI-ja, organizira i sudjeluje u raznim drugim aktivnostima kako bi se popularizirala znanost, ali i naš Fakultet. Gdje su sve naši studenti bili i što su sve novo naučili, imate prilike saznati na sljedećim stranicama.

Uživajte u čitanju!

Samanta Tomičić,  
glavna urednica

## 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

#### Glavna urednica:

Samanta Tomičić  
(stomicic@fkit.hr)

#### Urednici rubrika:

Jurja Vukovinski  
Jelena Barač  
Dora Ljubičić  
Lea Raos

#### Grafička priprema:

Samanta Tomičić  
Jurja Vukovinski  
Jelena Barač  
Dora Ljubičić  
Lea Raos

ISSN 2584-6884

e-ISSN 2459-9247

Vol. 7 Br. 6, Str. 1–23

Izlazi mjesečno (kroz akademsku godinu)

Časopis sufinancira Ministarstvo znanosti i obrazovanja  
Republike Hrvatske, Zagreb

Zagreb,  
travanj, 2023.

#### SADRŽAJ

Kemijska posla.....	1
Znanstvenik.....	7
Boje inženjerstva.....	12
Scinfluencer.....	18





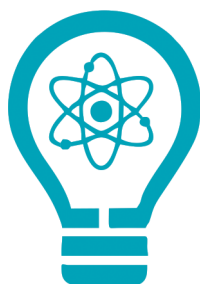
# KEMIJSKA POSLA

## Revolucionarno otkriće o biljkama: Emitiranje ultrazvučnih zvukova

*Karla Radak (FKIT)*

Biljke nisu baš poznate kao dobri sugovornici, no kada su pod stresom od isušivanja ili rezanja, biljke rajčice i duhana mogu proizvesti ultrazvučne emisije koje se prenose zrakom. Ti su zvukovi dovoljno glasni da ih čuju kukci. Kao i svi organizmi, biljke su neizostavno povezane sa svijetom akustike. Zvuk, bio kroničan ili prolazan, glasan ili slab, sveprisutan je oblik energije u svim biomima, koji se širi u zraku, vodi, živim tkivima i supstratima tla.<sup>1</sup> Od korijena do mladica, biljke su stoga podvrgnute protoku akustične energije, kao i sva tvar na Zemlji. U biti, kao što zvukovi tjeraju materiju da vibrira, vibrirajuća materija stvara zvukove. Zvuk na ovaj ili onaj način igra ključnu ulogu u svim oblicima života.

Biljke pokazuju značajne promjene u svojim fenotipovima kao odgovor na stres. Vizualno se razlikuju, kako bojom tako i oblikom,



od biljaka koje nisu pod stresom. Također emitiraju hlapljive organske spojeve (npr. kada su izložene suši ili biljojedima) te mogu utjecati na susjedne biljke, što rezultira povećanom otpornošću u tim biljkama.<sup>2</sup> Sve u svemu, dokazano je da biljke proizvode vizualne, kemijske i taktilne znakove na koje drugi organizmi mogu reagirati. Ipak, sposobnost biljaka da emitiraju zvukove koji se prenose zrakom, koje potencijalno mogu čuti drugi organizmi, nije dovoljno istražena.<sup>1</sup>

Pokazalo se da biljke izložene stresu od suše doživljavaju kavitaciju, odnosno proces u kojem se mjehurići zraka stvaraju, šire i kolabiraju u ksilemu, uzrokujući vibracije. Ove vibracije su snimljene spajanjem uređaja za snimanje izravno na biljku. Takve snimke kontakata ne otkrivaju u kojoj mjeri ove vibracije mogu rezultirati akustičnim emisijama koje se mogu detektirati. Stoga, pitanje emisije zvuka u zrak od strane biljaka ostaje bez odgovora.

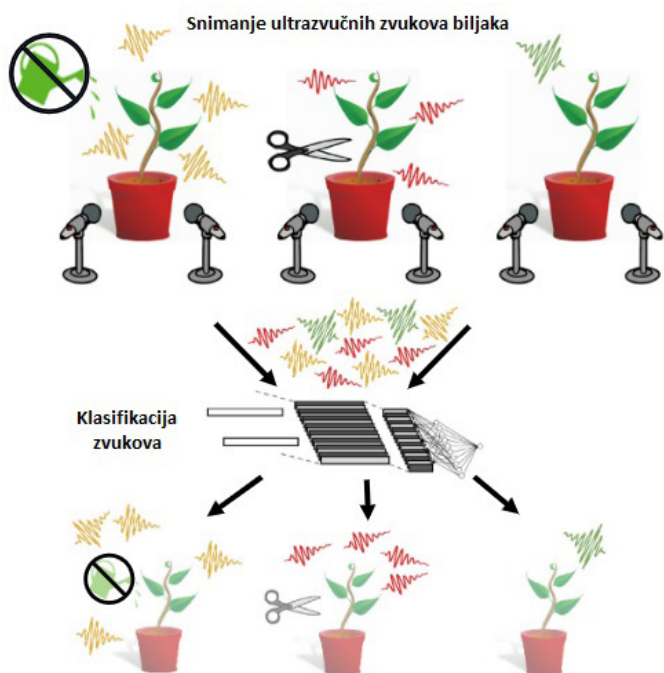
Mnoge životinje, uključujući biljojede i njihove predatore, reagiraju na zvuk. Nedavno je dokazano da biljke reagiraju na zvukove, primjerice promjenom ekspresije specifičnih gena ili povećanjem koncentracije šećera u svom nektaru.<sup>2</sup>

Dakle, ako biljke emitiraju zvukove koji se prenose zrakom, ti zvukovi potencijalno mogu izazvati brzi odgovor u obližnjim organizmima, uključujući i životinje i biljke. Čak i ako je emisija zvukova samo rezultat fiziološkog stanja biljke, organizmi u blizini koji su sposobni čuti te zvukove mogli bi ih iskoristiti za vlastitu korist.

Potencijalni mehanizam koji bi mogao biti odgovoran za emitiranje barem dijela zvukova je kavitacija u stabljici. Frekvencije zvukova koje emitiraju različite biljne vrste odgovaraju njihovom promjeru dušnika.

Različiti zvukovi koji se emitiraju tijekom sušenja i rezanja su u skladu s različitom plinskom dinamikom biljke.<sup>1</sup> Dok je sušenje postupno, s malom stopom zračnog zasijavanja i smanjenim tlakom, rezanje uključuje brzo i značajno zračno zasijavanje kroz sve dušnike u odrezanoj stabljici. Sukladno tome, rezane biljke emitirale su zvukove kraće nego suhe biljke.

Emisije zvuka biljaka mogle bi ponuditi način za praćenje navodnjavanja usjeva i mogućih stanja bolesti, što je od ključne važnosti u poljoprivredi.<sup>2</sup> Preciznije navodnjavanje može uštedjeti do 50 % potrošnje vode i povećati prinos, s dramatičnim ekonomskim implikacijama. U vremenima kada je sve više područja izloženo suši zbog klimatskih promjena, učinkovito korištenje vode postaje još kritičnije, i za sigurnost hrane i ekologija.

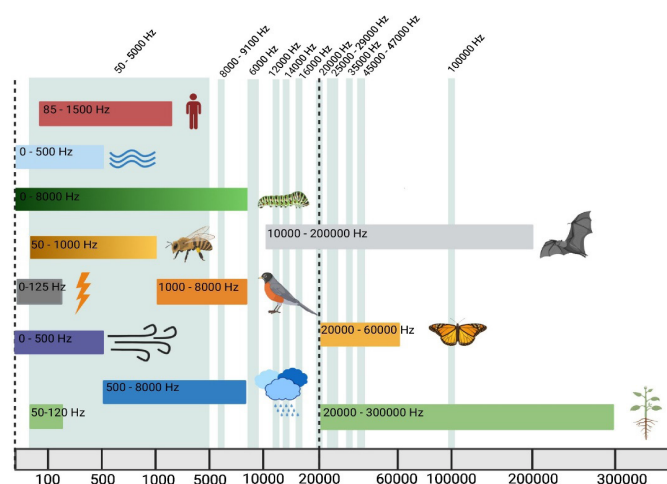


Slika 1 – Biljke koje pod stresom emitiraju zvukove

U jednom istraživanju snimane su biljke rajčice (*Solanum lycopersicum*) i duhana (*Nicotiana tabacum*) pod različitim tretmanima - stres od suše, rezanje i kontrolne skupine, unutar akustički izolirane kutije te je ultrazvučni raspon zvuka bio 20 – 150 kHz.<sup>3</sup>

Otkriveno je da biljke pod stresom od suše i rezanja ispuštaju značajno više zvukova od biljaka bilo koje kontrolne skupine. Za svaku biljnu vrstu i tretman korištene su tri kontrole: snimanje iste biljke prije tretiranja, snimanje netretirane susjedne biljke iste vrste i snimanje posude sa zemljom, ali bez biljke. Prosječan broj zvukova koje su emitirale suhe biljke iznosio je  $35,4 \pm 6,1$  odnosno  $11,0 \pm 1,4$  po satu za rajčicu i duhan, a rezane biljke rajčice i duhana emitirale su  $25,2 \pm 3,2$  odnosno  $15,2 \pm 2,6$  zvukova po satu.<sup>3</sup> Nasuprot tome, prosječni broj zvukova koje su emitirale biljke iz svih kontrolnih skupina bio je manji od 1 po satu.<sup>3</sup>

Dobiveni rezultati pokazuju da biljke emitiraju daljinski detektirane i informativne zvukove koji se prenose zrakom pod stresom. Biljne emisije u ultrazvučnom rasponu 20 – 100 kHz, mogu se otkriti s udaljenosti 3 – 5 m od strane mnogih sisavaca i kukaca.<sup>3</sup> Mogu se razlikovati zvukovi koje emitiraju suhe i pokošene, također zvukovi koje biljke emitiraju pri visokim i niskim razinama dehidracije su različiti.



Slika 2 – Različite zvučne frekvencije na koje biljke mogu reagirati

### Literatura

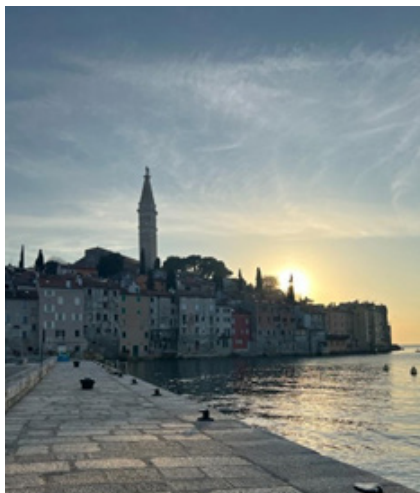
1. Daniel Robert, Plant bioacoustics: The sound expression of stress, Cell, Volume 186, Issue 7, 2023, Pages 1307-1308.
2. Abhishek Bhandawat, Kuldip Jayaswall, Biological relevance of sound in plants, Environmental and Experimental Botany, Volume 200, 2022.
3. Itzhak Khait, Ohad Lewin-Epstein, Raz Sharon, Kfir Saban, Revital Goldstein, Yehuda Anikster, Yarden Zeron, Chen Agassy, Shaked Nizan, Gayl Sharabi, Ran Perelman, Arjan Boonman, Nir Sade, Yossi Yovel, Lilach Hadany, Sounds emitted by plants under stress are airborne and informative, Cell, Volume 186, Issue 7, 2023, Pages 1328-1336.



# 28. hrvatski skup kemičara i kemijskih inženjera (28. HSKIKI)

Ana Šket (FKIT)

28. hrvatski skup kemičara i kemijskih inženjera se održavao u Rovinju u razdoblju od 28. 3. do 31. 3. 2023.



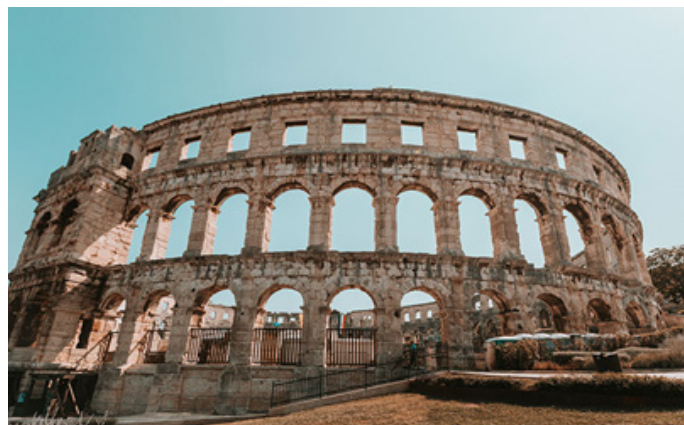
Slika 1 – Grad Rovinj

Skup se održavao na dva jezika: engleskom i hrvatskom. Kongres je održan u prekrasnim hotelima Lone i Eden koji su okruženi predivnim krajolikom.



Slika 2 – Hoteli Eden i Lone

Program konferencije je bio popunjen iznimno zanimljivim predavanjima iz različitih područja kemije i kemijskog inženjerstva. Posterska priopćenja su se održavala tijekom tri dana, a područja koja su obuhvaćali su kemija, kemijsko i biokemijsko inženjerstvo, materijali, zaštita okoliša i edukacija. Studentima FKIT-a se postersko priopćenje održalo u četvrtak 30. 3. u područjima kemijskog i biokemijskog inženjerstva, materijala i zaštite okoliša. Nakon posterske sekcije se održao izlet u Pulu, gdje se obišao Pulski Amfiteatar i stari grad uz odličnog vodiča.



Slika 3 – Pulski Amfiteatar

Isti dan održana je i svečana večera u konferencijskoj dvorani Maslina hotela Lone. Večera je bila vrhunska u svakom pogledu, s obiljem ukusne hrane koja je zadovoljila sva nepca. Uz to, u ugodnom društvu bivših studenata Fakulteta, imali smo priliku podijeliti svoje priče o studentskim danima, što je bio poseban trenutak za sve prisutne.

Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije aktivno je podržao pet studenata koji su sudjelovali na 28. HSKIKI-u s posterskim priopćenjima. Zahvaljujući fakultetskoj stipendiji u iznosu od 265 €, studenti su imali priliku sudjelovati na ovom važnom događaju, pri čemu je 110 € namijenjeno za pokrivanje kotizacije. Ova inicijativa Fakulteta bila je iznimno vrijedna, jer je pružila priliku mladim znanstvenicima da prikažu svoje radove i pokažu svoje znanje u području kemije i kemijskog inženjerstva.



Slika 4 – Studenti (s lijeva na desno): Krešimir, Matea, Martina, Ana, Marija i Ivana u društvu dekana prof. dr. sc. Jukića

Posljednji dan na 28. HSKIKI-ju svi su se studenti uputili na predavanje kolegice Martine Trtinjak kako bi ju podržali tijekom njenog izlaganja. Nakon predavanja smo se uputili prema Zagrebu, te je s ime završilo naše iskustvo na 28. HSKIKI-ju.

Osobno 28. HSKIKI mi je bio divno iskustvo koje bi svakom studentu preporučila, te bih se htjela puno zahvaliti Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije, te dekane prof. dr. sc. Jukiću koji su nam omogućili da i mi budemo dio ove konferencije.

# Ornitolozi otkrili dvije nove vrste toksičnih ptica

Antonela Čugalj (FKIT)

Većina ljudi je upoznata s legendarnim otrovnim žabama Južne i Srednje Amerike, posebno zlatnom otrovnom žabom (*Phyllobates terribilis*), koja nosi snažan neurotoksični alkaloid batrahotoksin. Otkriće dviju novih otrovnih vrsta ptica u Novoj Gvineji - koje nose isti toksin u svojoj koži i perju - pokazuje da je batrahotoksin rašireniji nego što se prije vjerovalo.<sup>1</sup>

Toksičnost je neovisno evoluirala više puta na životinjskom stablu života, sa značajnim primjerima iz različitih skupina kao što su meduze, glavonošci, kukci, pauzi i kralježnjaci.<sup>2</sup> Otrovnne spojeve ili proizvode životinje ili simbiozni organizmi ili ih životinja dobiva hranom. Toksičnost ima važne funkcije povezane s lovom, obranom i odvrćanjem od parazita.<sup>3</sup> Dok se više vrsta životinja može hraniti toksičnom hranom, samo je mali dio njih razvio sposobnost izdvajanja unesenih toksina u vlastitu korist.<sup>4</sup> Otrovnni kralježnjaci nose različite vrste toksina, od kojih neki mogu biti smrtonosni, čak i u malim količinama.<sup>5</sup>

Jedan takav primjer je alkaloid batrahotoksin pronađen u novo gvinejskim otrovnim pticama i u neotropskim otrovnim žabama iz roda *Phyllobates*. Istraživači u Prirodoslovnom muzeju Danske su uspjeli identificirati dvije nove vrste ptica na posljednjem putovanju. Upravo te ptice sadrže neurotoksin koji mogu tolerirati i pohraniti u svom perju. Dvije nove otrovne vrste ptica su Regent zviždač (*Pachycephala schlegelii*) i Zvončić crvenog vrata (*Aleadyras rufinucha*).<sup>6</sup>



Slika 1 – Regent zviždač

Ovo otkriće je dovelo do iznenađenja jer više od dva desetljeća nije otkrivena nijedna nova otrovna vrsta ptica. Još veće je to iznenađenje zato što su ove ptice učestale u Novoj Gvineji.



Slika 2 – Zvončić crvenog vrata

Također, znanstvenici su usporedili šest vrsta otrovnih ptica iz Nove Gvineje, uključujući dvije vrste za koje su otkrili da su otrovne u svojim istraživanjima, s 21 netoksičnom vrstom ptica koje pripadaju porodici *Corvoidea*. Usredotočili su se na genomske prilagodbe koje bi mogle olakšati otpornost na batrahotoksin dobiven prehranom kod otrovnih ptica te su otkrili da te ptice nose višestruke mutacije u genu *SCN4A* koje su pod pozitivnom selekcijom.<sup>6</sup>

Njihovo otkriće nekoliko mutacija u segmentu gena *SCN4A* koji stvara pore koji se veže na batrahotoksin, a koje smanjuju afinitet vezanja batrahotoksina u otrovnih ptica i prethodno otkriće mutacija u istom genu u *Phyllobates* žabama impliciraju da su prilagodbe konvergentno evoluirale na molekularnoj razini te pružaju rezistenciju na batrahotoksin u dva udaljena srodna sloja kralježnjaka. Ove se mutacije nalaze na različitim pozicijama gena *SCN4A* kod ptica i žaba, pa čak i na različitim pozicijama kod otrovnih vrsta ptica.

Daljnje sveobuhvatne komparativne studije ptica i žaba zajamčene su kako bi se poboljšalo razumijevanje evolucije otpornosti na batrahotoksin u različitim skupinama kralješnjaka.<sup>6</sup>

## Literatura

1. Abderemane-Ali, F., Rossen, N. D., Kobiela, M. K., Craig, R. A., Garrison, C. E., Chen, Z., Colleran, C. M., O'Connell, L. A., Evidence that toxin resistance in poison birds and frogs is not rooted in sodium channel mutations and may rely on "toxin sponge" proteins. *The Journal of General Physiology*, 153(9), e202112872., 2021.
2. Cheney, K. L., White, A., Mudianta, I. W., Winters, A. E., Quezada, M., Capon, R. J., Mollo, E., & Garson, M. J., Choose your weaponry: Selective storage of a single toxic compound, Latrunculin A, by closely related nudibranch Molluscs. *PLoS One*, 11(1), e0145134., 2016.
3. Beard, RL, Toksini i otrovi insekata. *Annual Review of Entomology*, 8, 1–18, 1963.
4. Ligabue-Braun, R., Verli, H., & Carlini, C. R., Venomous mammals: A review. *Toxicon*, 59(7–8), 680–695., 2012.
5. Santos, J. C., Tarvin, R. D., & O'Connell, L. A., A review of chemical defense in poison frogs (Dendrobatidae): Ecology, pharmacokinetics, and autoresistance. In B. A. Schulte, T. E. Goodwin, & M. H. Ferkin (Eds.), *Chemical signals in vertebrates* (Vol. 13, pp. 305–337). Springer International Publishing., 2016.
6. Jønsson, K. A., Multiple mutations in the Nav1.4 sodium channel of New Guinean toxic birds provide autoresistance to deadly batrachotoxin. *Molecular Ecology*, 00, 1–14., 2023.



# SKOKI – Studentski kongres o održivoj kemiji i inženjerstvu

Lea Raos (FKIT)

Studentski kongres o održivoj kemiji i inženjerstvu održao se 1. travnja 2023. na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije s početkom u devet sati. Ovo je prvi projekt ovakve tematike.

Glavni cilj kongresa bio je senzibilizirati sudionike o negativnom utjecaju na okoliš te ukazati na važnost kemije i inženjerstva u stvaranju održive budućnosti.

Cijeli projekt započeo je s registracijom sudionika, zatim su uslijedila prva tri predavanja stručnjaka. Prvo predavanje održao je dr. sc. Krunoslav Užarević pod naslovom: „Mljevenjem do naprednih poroznih materijala“. Potom su uslijedila još dva iznimno zanimljiva predavanja, doc. dr. sc. Anita Šalić održala je predavanje pod naslovom: „Razvoj prenosivog mikrostrukturiranog postrojenja za proizvodnju biodizela“, mr. sc. Krunoslav Pilko, dipl. oec. održao je predavanje pod naslovom: „INDUSTRIJA 4.0 – Izazovi i prilike“. Nakon prvog seta predavanja uslijedila je pauza za kavu. Zatim su održana još tri predavanja ovim redom, dr. sc. Robert Vianello: „Zeleno, zelenije u računalu! Uloga računalnih metoda u kemiji“, dr. sc. Ivana Brekalo „Mehanokemijom do čišće znanosti i boljeg života“, dr. sc. Maja Fabulić Ruszkowski „Pirolitičko ulje u gorivu“. Završetkom drugog seta predavanja započela je pauza za ručak. Nakon ručka održana je panel rasprava. Nakon panel rasprave započeo je zadnji set predavanja. Izv. prof. dr. sc. Dajana Kučić Grgić održala je predavanje pod naslovom: „Mikrobna proizvodnja biorazgradive plastike iz agroindustrijskog otpada“. Zvonimir Jukić, mag. ing. cheming. održao je predavanje na temu: „Kako pokrenuti posao i kreirati održivi poslovni model u sektoru gospodarenja otpadom“. Marijana Krakan, univ. bacc. ing. aedif. održala je posljednje predavanje pod naslovom: „Održivost u građevinarstvu – utjecaj kemije na tehnologiju materijala“. Nakon posljednjeg predavanja održana je poster sekcija te proglašenje pobjednika za najbolji poster i završna riječ organizatora projekta.

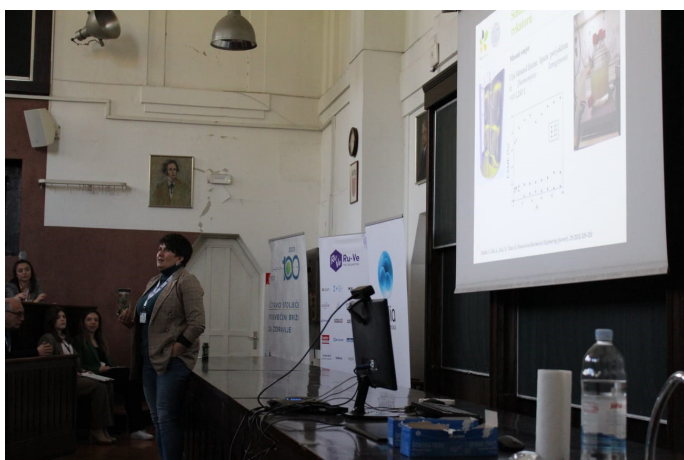
Kongres se sastojao od predavanja stručnjaka i poster sekcije na kojoj su sudjelovali kolege sa Zagrebačkog PMF-a, Osječkog PMF-a te FKIT-a. Postersko izlaganje omogućilo je studentima da predstave i pobliže približe svoje znanstvene radove te područja znanosti s kojima se bave pored studentskog života.

Ovim putem želim se zahvaliti kolegicama i kolegama iz Studentske sekcije HDKI-ja, s kojima sam organizirala ovaj projekt, na neizmjernom trudu i radu koji su uložili u organiziranje i provedbu projekta.

Nadam se da su svi sudionici naučili ponešto novo i zanimljivo prilikom sudjelovanja, te da će usvojena znanja primijeniti u svom daljnjem obrazovanju i radu.









# ZNANSTVENIK

## Grafenske elektroničke tetovaže

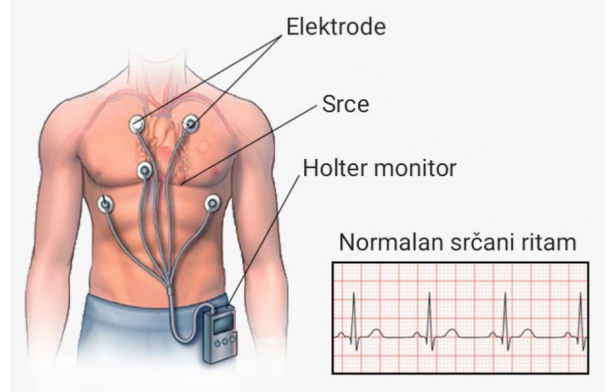
Tajana Rubilović (FKIT)

Otprilike 17,5 milijuna ljudi godišnje umire od kardiovaskularnih bolesti, što ih čini primarnim razlogom smrtnosti u svijetu. EKG, to jest zapis električne aktivnosti srca, vrlo je bitan jer u relativno kratkom periodu može dijagnosticirati neke bolesti srca poput srčane aritmije, hiperkalemije i hipokalemije. Iako ima veliku važnost i upotrebu, to je praksa koja se nije značajno promijenila u skoro 100 godina.

Velika prednost EKG-a je ta što samo mjerenje traje svega nekoliko minuta. S elektroničkom tetovažom na bazi grafena, proces praćenja mogao bi trajati do nekoliko dana. GET (engl. *Graphene Electronic Tattoo*) je vrsta elektroničkog uređaja koji se može nositi na koži. Funkcionira tako da odašilje izmjerene bioelektrične aktivnosti čovjeka u mjerljivom električnom signalu. Prvi put je razvijena relativno nedavno, 2017. godine, a proces proizvodnje nije kompliciran te za njega trebaju oko tri sata a osoblje ne treba biti posebno obučeno.



### Postupak elektrokardiografije



Slika 1 – Prikaz EKG-a

Poput privremene tetovaže, grafenske elektroničke tetovaže prenose se na papir za tetoviranje što u konačnici i rezultira elektroničkim uređajem na koži. Napravljene su od visokokvalitetnog grafena debljine jednog atoma. Debljina im je otprilike 30 – 463 nm, optička prozirnost im je otprilike 85 %, a rastezljivost veća od 40 %. Prozirne su, fleksibilne i lagane.



Slika 2 – Grafenska elektronička tetovaža, GET

#### Literatura

1. <https://www.hzjz.hr/aktualnosti/bolesti-srca-i-krvnih-zila/>
2. <https://www.news-medical.net/news/20190621/New-e-tattoo-beats-conventional-methods-at-monitoring-heart-health.aspx>
3. <https://www.nibib.nih.gov/news-events/newsroom/temporary-%E2%80%9Ctattoos%E2%80%9D-measure-blood-pressure>
4. <https://euon.echa.europa.eu/nanopinion/-/blogs/graphene-electronic-tattoos>
5. <https://www.nature.com/articles/s41596-020-00489-8>
6. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acsnano.7b02182>



## Aditivna proizvodnja metalnih predmeta: „Powder Bed Fusion“

Josip Vinčić (Politecnico di Torino)

### 1. Uvod

Proizvodi se mogu dobivati i obrađivati različitim postupcima proizvodnje i od različitih materijala. Aditivna proizvodnja (engl. *additive manufacturing*, AM) jedna je od novijih tehnologija proizvodnje, definirana kao proces spajanja materijala za izradu objekata pomoću podataka iz 3D modela, obično sloj po sloj. Tijekom vremena razvijene su različite AM tehnike, a definirane su standardom ISO/ASTM 52900. Standard prepoznaje 7 različitih tehnika, i to: očvršćivanje mlazom veziva (engl. *binder jetting*, BJT), depozicija usmjerenom energijom (engl. *directed energy deposition*, DED), ekstrudiranje materijala (engl. *material extrusion*, MEX), naštrecavanje materijala (engl. *material jetting*, MJT), srašćivanje slojeva praha (engl. *powder bed fusion*, PBF), laminiranje listova (engl. *sheet lamination*, SHL) i fotopolimerizacija u kupelji (engl. *vat photopolymerization*, VPP).<sup>1</sup> Od navedenih tehnika jedino PBF i DED mogu procesirati metalne materijale bez upotrebe bilo kakvog vezivnog materijala. U ovom članku razmotrit će se PBF tehnika, pregled razvoja, tehnološka načela dviju glavnih izvedbi te prikaz nekih od zanimljivih primjena tehnologije.

### 2. Pregled razvoja

Sredinom 1980-ih na Sveučilištu Texas, Carl Deckard razvija i patentira proces selektivnog laserskog srašćivanja (engl. *Selective Laser Sintering*, SLS) koji se temelji na selektivnom taljenju i skrućivanju praha pomoću laserske zrake. Predstavljen je i plasiran na tržište kroz startup Desktop Manufacturing (DTM) Corp., kojeg 1992. godine kupuje 3D Systems Corp. U Njemačkoj, 1995. godine, Hans Langer osniva Electro Optical Systems (EOS), tvrtku koja lansira prvu generaciju uređaja za direktno lasersko sinteriranje metala (engl. *direct metal laser sintering*, DMLS) pod trgovačkim nazivom EOSINT M250. Godine 1997. osnovana je švedska tvrtka Arcam AB. Kasnije Andersson i Larson iz Arcam AB patentiraju tehnologiju taljenja i srašćivanja elektronskim snopom (engl. *Electron Beam Melting*, EBM), a 2002. godine na tržište je plasiran prvi komercijalni EBM uređaj. Godine 2009. aditivna proizvodnja definirana je standardom ASTM, a različite konfiguracije koje koriste praškaste slojeve, klasificirane pod PBF tehnikom.<sup>2-4</sup>

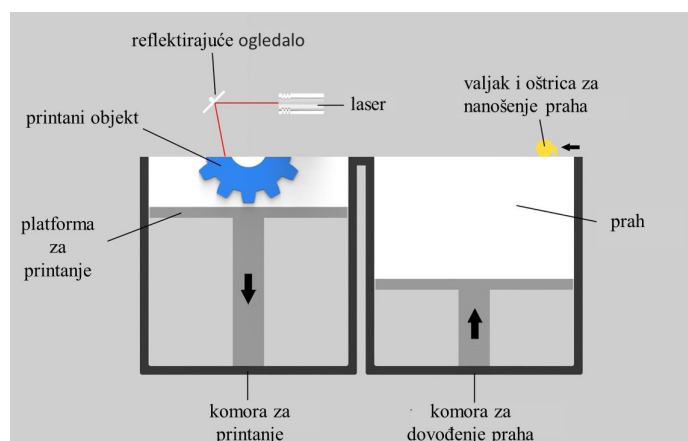
U 2013. prestaju vrijediti patenti za AM tehnologiju taložnog očvršćivanja (engl. *Fused Deposition Modeling*, FDM) na bazi polimera te FDM uređaji postaju dostupniji i sve popularniji na tržištu. Posljedično, zanimanje javnosti za AM znatno je poraslo, što je dovelo do značajnih ulaganja, posebno u PBF tehnologiju. Medicinski uređaji kao što su zubne krunice i čašice za kukove bili su prvi industrijski pokretači koji su koristili različite PBF uređaje u serijskoj proizvodnji. Početno zanimanje i uspjeh na tržištu opada 2015. godine te su vrijednosti dionica AM tvrtki znatno smanjene, no PBF sustavi za metale



ostali su jaki, najviše zbog zanimanja i primjene u zrakoplovnoj i naftnoj industriji.<sup>5</sup>

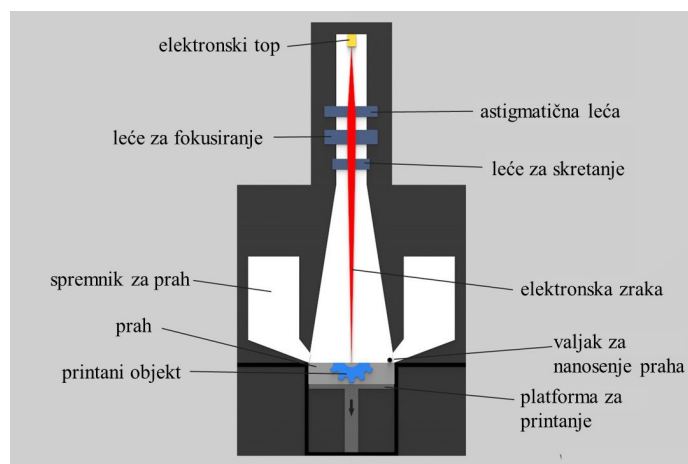
### 3. Tehnologija

Svi PBF sustavi imaju najmanje jedan toplinski izvor za induciranje spajanja čestica praha (taljenja i srašćivanja), sustav za usmjeravanje energije na željeno područje te mehanizam za dodavanje i jednoliku raspodjelu praha u sloju. Iako su prvi PBF procesi izvorno razvijeni za proizvodnju plastičnih prototipova, jednak je pristup usvojen za metalne i keramičke prahove. Mehanizmom potpunog taljenja čestica metalnog praha postiže se korištenjem lasera ili elektronske zrake kao toplinskog izvora. Ovisno o korištenom izvoru razlikuju se laserski-PBF (L-PBF) i elektronski snop-PBF (EB-PBF) sustavi. EB-PBF je također poznat kao EBM sustav.



Slika 1 – Shematski prikaz L-PBF sustava<sup>7</sup>

U L-PBF sustavima (slika 1) prah se ravnomjerno nanosi pomoću valjka i strugala iz komore za dovođenje praha na platformu za printanje koja se nalazi u komori za printanje. Atmosfera sustava ispunjena je inertnim plinom, obično argonom ili dušikom. Koriste se različite vrste lasera jer je apsorpcija energije ograničena apsorpcijom printanog materijala. Za poboljšanje kvalitete proizvodnje koriste se infracrveni i otporni grijači za predgrijavanje praha. L-PBF koristi fine prahove, printani objekt ima dobra do izvrsna svojstva površine isprintanih tijela, ali troškovi energije su visoki u usporedbi s drugim tehnologijama.<sup>6</sup>

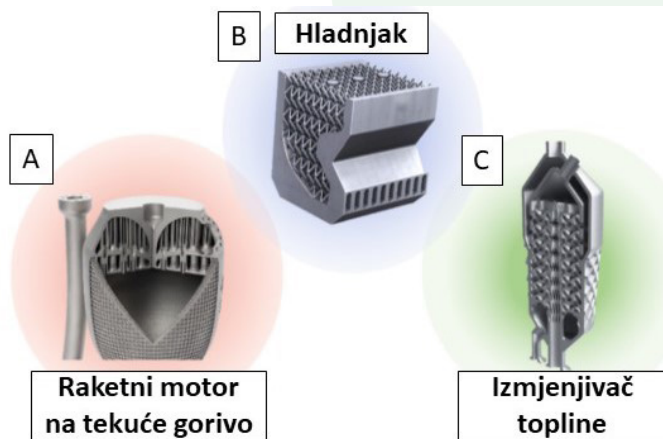


Slika 2 – Shematski prikaz EBM sustava<sup>7</sup>

EBM sustav (slika 2) koristi valjak za nanošenje praha na platformu za printanje. Za razliku od L-PBF sustava, EBM uređaji rade pod vakuumom, a elektronski snop se koristi i za taljenje i za predgrijavanje prahova. Apsorpcija energije ograničena je elektrovodljivošću praškastog materijala. Stoga je ograničen samo na obradu metala. Sustavi koriste prah većih veličina čestica, printani objekt ima umjereno dobra do loša svojstva površine isprintanih tijela, no troškovi energije nisu izrazito visoki.<sup>6</sup>

### 4. Primjena PBF tehnologije

Kao što je prethodno navedeno, jedna od prvih primjena koja je usmjerila pozornost na PBF tehnologije bile su zubne krunice i čašice za kukove. Mogućnost proizvodnje poroznih, strukturiranih dijelova je ono što ga je ovu tehnologiju učinilo tako primjenjivom za izradu medicinskih implantata. Automobilaska industrija, posebno kada je riječ o automobilskim utrkama, ima za cilj smanjiti masu vozila bez gubitka određenih svojstava kako bi potrošnja energije bila manja, a da bi vozila imala bolje ubrzanje ili pak postigla veću maksimalnu brzinu. Strukturirani dijelovi smanjene mase kao što su benzinski klip i osovinica, glava cilindra i uspravni ovjesi već su implementirani. Neke druge korisne primjene mogu se pronaći u zrakoplovnoj industriji gdje se raketni motori na tekuće gorivo (slika 3 A) hladnjaci (slika 3 B), turbinske lopatice, i mnogi drugi dijelovi proizvode se PBF tehnologijom. Kada je riječ o primjeni u kemijskom inženjerstvu, izmjenjivači topline (slika 3 C) otporni na koroziju s visokom učinkovitosti su uspješno proizvedeni ovom tehnologijom.<sup>6-8</sup>



Slika 3 – Primjeri proizvoda PBF tehnologije: A) Raketni motor na tekuće gorivo; B) Hladnjak; C) Izmjenjivač topline<sup>8</sup>

### 5. Završna riječ

Zaključno, aditivna tehnologija je pronašla svoje mjesto u svijetu proizvodnje metala. Prednosti stvaranja složenih i strukturiranih oblika u jednom komadu, smanjene mase i/ili poboljšanih svojstava čine AM vrlo zanimljivom. Osim dizajna, PBF tehnologije mogu obraditi neke materijale koje je teško obraditi tradicionalnim tehnologijama. Nadalje, znanstvenici su otkrili da svojstva metalnih materijala proizvedenih pomoću AM tehnologije imaju drugačija svojstva u usporedbi s onima tradicionalno proizvedenim.

Stoga su značajni napori znanstvene zajednice usmjereni u istraživanja o upravljanju mikrostrukturama različitih metala kako bi se postigla određena mehanička svojstva ovisno o primjeni i zahtjevima pojedinih proizvoda.<sup>6,9</sup>

Pitanje koje se postavlja, koja je sljedeća primjena ove i dalje mlade tehnologije? Traženje odgovora na postavljeno pitanje zasigurno može rezultirati mnogim inovacijama.

### Literatura

1. ISO/ASTM 52900:2021 Additive manufacturing — General principles — Fundamentals and vocabulary. 2021.
2. A. Su and S. J. Al'Aref, "History of 3D Printing," in 3D Printing Applications in Cardiovascular Medicine, Elsevier, 2018, pp. 1–10.
3. J. J. Beaman, "Historical background," in Fundamentals of Laser Powder Bed Fusion of Metals, Elsevier, 2021, pp. 1–14.
4. R. R. Dehoff, D. Perez-Nunez, and L. Shao, "Additive Manufacturing of Inconel 718 using Electron Beam Melting: Processing, Post-processing, & Mechanical Properties", 2015.
5. "Metal Additive Manufacturing History," Ampower, 2019.
6. I. Gibson, D. Rosen, B. Stucker, and M. Khorasani, "Additive Manufacturing Technologies.", 2021.
7. <https://www.additive.blog/knowledge%20base/3d%20printers/laser%20sintering%20melting%20sls%20slm%20dmls%20dmp%20ebm%20shs/> (20. 4. 2023.)
8. A. du Plessis et al., "Properties and applications of additively manufactured metallic cellular materials: A review," Progress in Materials Science, vol. 125. Elsevier Ltd, Apr. 01, 2022.
9. Eckert, "Metal AM: Fundamentals, modelling, materials and implementation," 2021.



## Što se krije iza pojma zeolit?

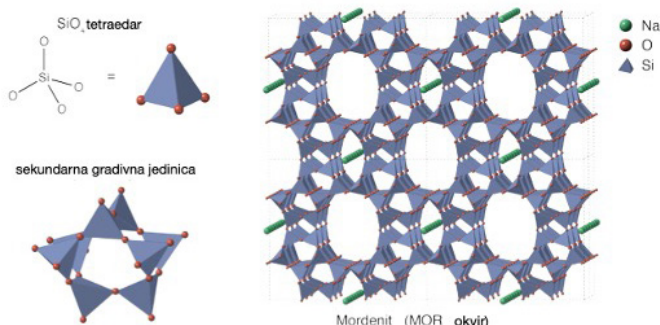
Karla Čulo (FKIT)

Švedski mineralog Axel Crönstedt davne 1756. godine otkriva novu vrstu minerala koju naziva zeolit, što prema grčkom jeziku znači „kamen koji kipi”. Ova vrsta minerala je ubrzo nakon otkrića poprimila veliku popularnost zahvaljujući svojim jedinstvenim svojstvima.

### Što su zeoliti i kakva je njihova struktura?

Zeoliti ili molekularna sita su prirodni vulkanski minerali nastali kondenzacijom para i plinova nakon vulkanskih erupcija. Oni su ujedno i prirodni ili sintetički hidratizirani mikroporozni aluminosilikati s otvorenom trodimenzionalnom kristalnom strukturom koja se može mijenjati prilagođeno svojstvima materijala

Građeni su od silicijevih, aluminijevih i kisikovih atoma u čijim se porama nalaze molekule vode koje zauzimaju 10 – 25 % njihove mase. Struktura zeolita izgrađena je od trodimenzionalne mreže tetraedra (SiO<sub>4</sub>)<sup>-4</sup> i (AlO<sub>4</sub>)<sup>-5</sup> međusobno povezanih u prsten putem zajedničkih atoma kisika (O/(Al + Si) = 2), te se ona može mijenjati sukladno svojstvima materijala kao što je prikazano na slici 1.



Slika 1 – Strukturna građa zeolita



Slika 2 – Kristalni oblik zeolita klinoptilolita

Za neutralizaciju negativnog naboja u (AlO<sub>4</sub>)<sup>-5</sup> tetraedar u strukturnu rešetku potrebno je ugraditi hidratizirani zemnoalkalijski i alkalijski kation (Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>), a da se pritom uđe u kanale i šupljine gdje je prikazana velika pokretljivost.

Opća formula zeolita je M<sub>(x/n)</sub>(AlO<sub>2</sub>)<sub>x</sub>(SiO<sub>2</sub>)<sub>y</sub>. U ovom izrazu n predstavlja valenciju od M, x + y je ukupni broj tetraedara po jediničnoj ćeliji dok je y/x atomski omjer Si/Al čija vrijednost varira od 1 do beskonačno.

U posljednjih 200 godina otkriveno je preko 40 prirodnih zeolita od kojih su najpoznatiji analim, kabazit, klinoptilolit, erionit, heulandit, laumontit, ferierit, mordenit i fillipit, a sintetizirano ih je preko 150 od kojih su najčešći A, X, Y i ZMS-5 zeoliti.

Obje vrste su poprimile širok raspon primjene radi svoje jedinstvene mogućnosti adsorpcije, katalitičkih svojstava i ionske izmjene. Ovo su izrazito selektivna sredstva, pomažu u pripremi kemikalija pri niskim temperaturama i tlaku, te su izuzetno popularni u medicini zato što ne izazivaju ovisnosti kod pacijenata.

Najrasprostranjeniji i najistraživaniji prirodni zeolit na svijetu je klinoptilolit čija je formula:



Ovaj zeolit koristan je u sorpciji toksičnih tvari te je dokazano da ima sposobnost vezivanja teških metala kao i organskih zagađivala poput imitanata bojnih otrova.



Zahvaljujući jedinstvenoj strukturi zeolita znanstvenici su otkrili razna područja u kojima zeoliti mogu biti upotrebljeni. Jedno od takvih područja je uklanjanje teških metala iz otpadnih voda kao i amonijaka iz voda za piće te radioaktivnih kationa iz otpadnih radioaktivnih tokova. Ovakve vrste pothvata mogu se provoditi zahvaljujući dobroj otpornosti zeolita na temperaturu i ionizacijsku radijaciju.

Ovo nisu jedina svojstva zeolita koja su nam poznata, ovdje se još mogu ubrojiti razdvajanje smjesa dvaju plinova  $O_2/N_2$ , izomerizacija kiselina, dehidracija alkohola gdje zeoliti mogu poslužiti za dobivanje alkena, krekiranje sirove nafte, sinteze goriva, UV zaštita i odmašćivanje.

Danas se zeoliti koriste kao ekološki deterdženti radi biološki inaktivnih svojstava koja za razliku od polifosfata u značajno manjoj mjeri onečišćuju okoliš. Njihovom uporabom smanjujemo emisije  $NO_x$  što je odlična vijest za okoliš jer će doći do smanjenja interakcija  $NO_x$  s ozonom, nastajanja korozivne dušične kiseline i organskih nitrata.

### Zeoliti u medicini

Kao i u kemiji zeoliti su korisno svojstvo i u medicini, a njihova ljekovitost više nije nepoznanica. Zeoliti u našem tijelu nisu u konfliktu s klasičnije poznatim.

medicinskim lijekovima, nema mogućnosti predoziranja ili toksičnosti. Ovi minerali poboljšavaju imunološki sustav i uklanjaju brojne štetne tvari poput teških metala

Jedno od zanimljivijih istraživanja povezano s djelovanjem zeolita na rak proveli su znanstvenici s Instituta Ruđer Bošković. Otkriveno je kako aktivirani zeoliti osim što izravno neutraliziraju kancerogeni učinak također uspostavljaju „normalne” pH vrijednosti u malignim stanicama, odnosno onemogućuju širenje i dupliciranje stanica zalučivanjem njihova okruženja.

Također je objavljeno da aktivirani zeoliti djeluju na zarazne bolesti, koncentraciju laktata u organizmu, dijabetes, Alzheimerovu bolest, psorijazu i poneke autoimune bolesti. Studije su isto tako pokazale da mogu djelovati na razinu serotonina i neurotransmitera koji djeluju na emocije i misli u tijelu što bi kroz daljnja istraživanja moglo pomoći u borbi protiv takozvane moderne bolesti – depresije.

Osim u području medicine i kemije zeoliti se mogu pronaći i u građevinarstvu, poljoprivredi, prehrambenoj i tekstilnoj industriji, unutar filtera za akvarije i slično. Iako ovi minerali na prvi pogled nemaju najinteresantnije ime i porijeklo dajte im šansu jer bi vas mogli ugodno iznenaditi svojim širokim spektrom uporabe i možda baš u njima pronađete neku kvalitetu koja vam zatreba.

### Literatura

1. B. Vojnović, K. Margeta, M. Šiljeg, Š. Cerjan Stefanović, Lj. Bokić, Primjena prirodnih zeolita u zaštiti okoliša, 2013.
2. K. Maduna Valkaj, O. Witinne, A. Katovic, Katalitička oksidacija fenola uz zeolitni katalizator Cu/Y-5: 1. dio: Priprava i karakterizacija katalizatora, 2014.
3. D. Tušek, I. Cetina, V. Pehar, Suvremena sredstva za dekontaminaciju bojnih otrova: 1. dio – zeoliti i metal-organske mreže, 2019.
4. ASC Material LLC, Introduction to zeolites, 2018., <https://www.acsmaterial.com/blog-detail/introduction-to-zeolites.html>, (20. 4. 2023.)
5. <https://en.wikipedia.org/wiki/Zeolite>, (31. 3. 2023.)
6. National Minerals Information Center, Zeolites Statistics and Information, <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/zeolites-statistics-and-information>, (28. 4. 2023.)
7. Hrvatska znanstvena bibliografija, Što liječnik treba znati o zeolitima, <https://www.bib.irb.hr/75478>, (29. 4. 2023.)
8. Bio planet, zeolit – mineral budućnosti, <https://bioplanet.hr/portfolio-item/zeolit-mineral-buducnosti/>, (25. 3. 2023.)



# BOJE INŽENJERSTVA

## Intervju „Na kavi s asistentima“ – Marko Sejdić, mag. ing. cheming.

*Dora Ljubičić (FKIT)*

**Pozdrav, za početak recite nam ukratko o sebi, Vašem putu do FKIT-a i ostanku ovdje.**

Pozdrav, moje ime je Marko Sejdić, diplomirao sam kemijsko inženjerstvo na FKIT-tu, a priča kako sam dospio ovdje je zapravo neobična. Rodom sam iz Varaždina, išao sam u elektrostrojarsku školu, u gimnazijski-hibridni smjer što je tamo tada bilo novo. To je zapravo gimnazija u kojoj se specijalizirate za znanja računalnog tehničara. Tamo smo učili da budemo računalci, elektrotehničari ili mehatroničari. Većina nas je otišla na FER ili FOI, a ja sam u četvrtom srednje shvatio da ne želim cijeli život programirati. Razmišljao sam što bih umjesto toga i shvatio da je jedino što me još zanimalo u osnovnoj kemija. Slučajno sam tražeći fakultete s kemijom saznao za kemijsko inženjerstvo. To mi se činilo prikladno i nešto za mene, s obzirom na to da sam išao u elektrostrojarsku školu. Upisao sam kemijsko inženjerstvo bez da sam znao što sam upisao,



ali pokazalo se kao dobar izbor. Zanimljivo je to što mi je kemija bila izborni predmet u srednjoj, tako da sam na fakultet došao s osnovnoškolskim znanjem kemije. Nakon završetka fakulteta zaposlio sam se na Zavodu za mjerenje i vođenje procesa, to je jedni zavod koji me zanimao, jer upravo povezuje kemiju i sve što sam učio u srednjoj.

**Čula sam da Vaš zavod puno surađuje s industrijom, odgovara li Vam to što onda zapravo radite i u znanosti i u industriji?**

Zapravo će vam svaki profesor reći i shvatit ćete sami kroz studiranje da jednostavno nema znanosti bez industrije. Znanstvenici ne mogu raditi bez nekog problema, a nama ti svi problemi dolaze iz industrije. Naš zavod je u najbližem kontaktu sa svim problemima koji se javljaju i zato imamo bolju dinamiku. Svaki tjedan kada se sastanemo s partnerima čujemo njihove probleme i po tome zapravo radimo projekte kako bismo pokušali riješiti te probleme. Takav način rada mi odgovara i to je nekakav smisao kemijskog inženjera.

**Koja je tema Vašeg doktorata?**

Trenutno još nemam temu doktorata, nisam ga upisao, jer čekam jesenske rokove, ali imam već ideju u kojem bih smjeru mogao raditi doktorat.

## Koji su Vam planovi nakon doktorata, ostanak na fakultetu ili rad u industriji?

Trenutno mi plan nije ostanak na fakultetu, čisto zato što rad na fakultetu povlači neke obveze prema znanosti kao što je pisanje i objavljivanje radova, što mi nije osobito zanimljivo. Rješavanje problema mi je odmalena bilo zanimljivo pa bih išao u tom smjeru u industriju baviti se rješavanjem problema, ali imam vremena odlučiti se još točno u kojem smjeru želim ići.

## Koji Vam je najbolji dio posla?

Djed mi je bio strojar pa sam kao mali imao naviku da uvijek postoji neki prostor gdje mogu biti kreativan do maksimuma. Prije je to bila djedova radionica, a sada je to trenutno moj zavod i moj laboratorij. Kada dođem ovdje imam mogućnost raditi bilo što. Naravno, najviše vremena provedem razmišljajući o problemima s kojima se zavod bavi, ali kod svega toga mogu imati svoj pristup i svoju rutinu. Baš sam nedavno ovdje u laboratoriju postavio neku svoju aparaturu i izveo pokus iz glave koji mi je dao ideju u kojem bi mi smjeru mogao ići doktorat.

## Koji su najbolji i najizazovniji dijelovi rada sa studentima?

Volim raditi sa studentima. Oduvijek sam imao crtu za objašnjavati gradivo. Još otkad sam bio student, shvatio sam da bolje funkcioniram i učim u manjim grupicama gdje svatko može nešto svoje dodati u to. Ja sam uvijek brže kopčao neke stvari, ali mi je falila radna navika pa sam zato volio surađivati s kolegama koji imaju radnu naviku, ali im treba nešto objasniti da brže shvate i to je bila najbolja simbioza. S obzirom na sve, rad sa studentima mi je super, nadam se da je obostrano. Ono što je najzahtjevnije je ispravljanje referata i kolokvija čisto zbog vremena koje oduzme.

## Kako provodite vrijeme izvan posla?

Kao student volio sam se uključivati gdje god sam mogao, jer kao inženjeri moramo imati razvijene socijalne vještine, jer surađujemo s ljudima različitih pozadina pa se osobno volim izložiti ljudima svakakvih pozadina. Uvijek sam bio na sportskim događajima na fakultetu i izvan, primjerice *STEM games* na kojima surađujem u organizaciji. Ove godine sam mentor za znanost te sam zadužen smisliti zadatke i pitanja za studente koji će sudjelovati na znanstvenom dijelu. Osim toga, igram rukomet za Fakultet u sveučilišnoj ligi.

## S obzirom na to da ste bili u Studentskom zboru i bavite se sportom, koje su Vaše predikcije kako će naši studenti proći na Tehnologijadi?

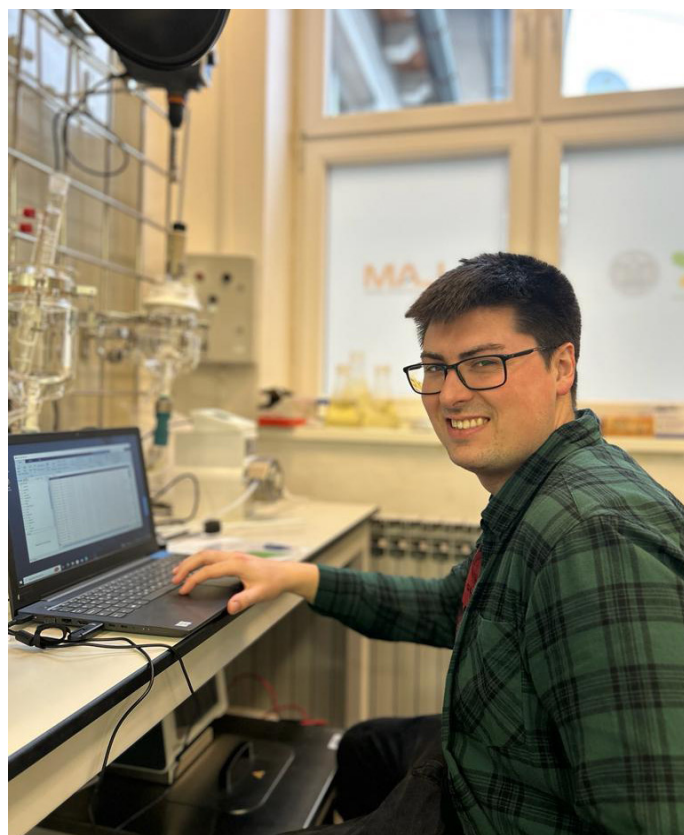
Prošle godine bio sam predsjednik Studentskog zbora te smo prvi put osvojili srebro, a do tada je FKIT uvijek bio prvi tako da se nadam da će u ovih tjedan dana uspjeti vratiti rezultate na staro i donijeti pehar doma.

## Što ste htjeli biti po zanimanju dok ste odrastali?

Možda sam najviše htio biti astronaut, ali sam zapravo uvijek naginjao svim zanimanjima u STEM-u. Kako sam se kasnije razvijao i krenuo studirati na ovom fakultetu, znao sam da neću biti astronaut. Prvo, jer nosim naočale, ali zašto ne bih bio kao inženjer koji bi radio na raketama, gorivu koji se koristi za raketni pogon ili na izradi novih materijala od kojih bi bila raketa sastavljena. Imam viziju da mi život neće ići u tom smjeru, ali nije mi žao. Našao sam novu branšu u kojoj sam zadovoljan.

## Vaša poruka čitateljima za kraj.

Najbitnije je da studenti, tj. bilo tko od čitatelja, shvate da živimo u vremenu u kojem ne postoje granice. Čovjek može biti što god želi i to je jedno lijepo, možda i zastrašujuće vrijeme. Stvarno možete biti što god želite bez ikakvih ograničenja. Ako si zadate jasan cilj što želite biti, morate si zadati jasne postupke kako doći do tog cilja. Vi kao inženjeri imate dobro razrađene alate kako nešto takvo napraviti, drugačije gledate na svijet i svaka radnja vam je jasnija, jer ju možete rastaviti na neke jednostavnije nizove. Svaki cilj koji želite postići - možete postići. Drugo, preporučam studentima da se uključe u što više studentskih udruga, hobija, organizacija događaja, jer cijeli taj socijalni aspekt nije samo druženje, nego kroz to upoznajemo osobe. Kakav je osobi dan i što možete napraviti tog dana s tom osobom u poslovnom smislu.



Slika 1 – Marko Sejdich, mag. ing. cheming.



# I Moć kvantnih računala

Lana Grlić (FKIT)

U današnjem brzom svijetu često se čini da se tehnološki napredak odvija preko noći. Kvantna mehanika i pojam „kvant” danas su poznati velikoj većini društva. U svijetu računalstva, kvantna tehnologija obećaje revoluciju u načinu na koji obrađujemo informacije. Kvantno računalo, u svojoj srži, nije samo brža verzija klasičnog računala, već potpuno drugačija vrsta računalnog uređaja koji može izvoditi određene izračune brže nego što bi bilo koje klasično računalo ikada moglo. Kvantna računala koriste razne kvantno mehaničke fenomene kao što su superpozicija i isprepletenost za izvođenje izračuna podataka. Za razliku od klasičnih računala koja koriste bitove (binarne brojeve) za predstavljanje informacija, u kvantnom računalu informacije se mjere u kubitima (kvantnim bitovima), koji mogu postojati kao superpozicija stanja 0 i 1. Ovo fluidno stanje kubita omogućuje izvođenje proračuna koje ne mogu izvesti klasična računala. To omogućuje kvantnim računalima da istražuju mnoga moguća rješenja problema odjednom, što ih čini posebno prikladnim za zadatke kao što su simulacija, optimizacija i kriptografija.



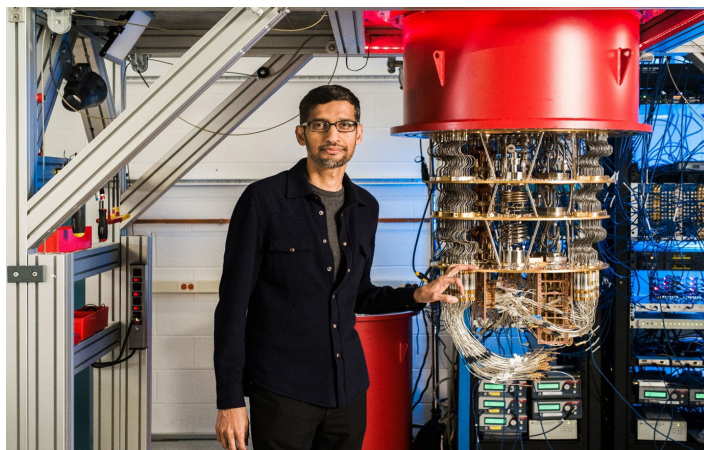
Slika 1 – Kvantno računalo

Povijest kvantnog računarstva seže u rano 20. stoljeće kada su fizičari shvatili da je njihovo razumijevanje subatomske svijeta nepotpuno. Pojava kvantne mehanike uvela je koncept vjerojatnosti i neizvjesnosti, što je predstavljalo izazov za razumijevanje. Međutim, 1980-ih, fizičari poput Paula Benioffa i Richarda Feynmana predložili su da se kvantni fenomeni mogu koristiti za stvaranje moćnih novih računalnih sustava koji se nazivaju kvantna računala. Fizičar s Oxforda, David Deutsch, 1985. godine razvio je nacrt za pokretanje kvantnog računala, koje je još uvijek temelj sadašnje industrije. IBM-ovi fizičari Barbara Terhal i David DiVincenzo 2004. godine dokazali su da kvantna računala mogu riješiti određene matematičke probleme brže od klasičnih računala.

Doduše, kako zapravo funkcioniraju kvantna računala možemo predočiti na vrlo jednostavnom primjeru. Zamislimo bit kao novčić, pod pretpostavkom da je glava novčića 1, a rep 0. Bit može imati samo jedno ili drugo, odnosno novčić može biti 0 ili 1 nakon što novčić sleti na našu ruku. Međutim, ako bacimo novčić u zrak, primijetit ćemo da se vrti dok je u zraku, tako da ne možemo reći da je glava ili rep. U ovom slučaju kažemo da je novčić u zraku i glava i rep. Upravo ova ideja poprimanja dva položaja istovremeno nam dočarava kako rade kvantna računala. Dakle, kubit je efektivno 0 i 1 u isto vrijeme, takozvana superpozicija. Nadalje, pretpostavimo da želimo saznati lozinku određenog sustava. Imamo klasično računalo i 4 bit-a koji mogu dati razne kombinacije brojeva. Kad bismo taj zadatak dodijelili klasičnom računalu, ono bi unosilo sve moguće kombinacije dok ne dobije željenu točnu kombinaciju, lozinku. Dakle, za određeni ulaz, dobivamo željeni izlaz. Kvantna računala rade malo drugačije. Ovo čini kvantna računala bržima jer je kubit 0 i 1, odnosno sve te moguće kombinacije brojeva postoje istovremeno. Kada unesemo kubit u računalo, ono nam govori da postoje točni i pogrešni odgovori, dajući nam skup višestrukih odgovora kao povratnu informaciju. Međutim, i dalje želimo znati ispravnu lozinku. Pomoću tehnike pod nazivom Groverov operator uklanjamo sve netočne odgovore ostavljajući samo jedan točan odgovor. U stvarnom životu, klasičnom računalu trebali bi milijuni godina da probije visokosigurnosnu enkripciju, dok bi kvantnom računalu trebalo samo nekoliko minuta.

Ipak, uobičajeno je pogrešno mišljenje da su kubiti istovremeno u superpoziciji 0 i 1. Iako nije potpuno pogrešno, nije ni sasvim točno. U stvarnosti, kubit u superpoziciji ima određenu vjerojatnost da bude ili 1 ili 0, ali ne predstavlja određeno stanje. Baš kao što četvrtina okrenuta u zrak nije ni glava ni rep, već vjerojatnost obojega. U idealiziranom svijetu kvantne mehanike bitno je razumjeti da superpozicija matematički opisuje vjerojatnost dobivanja vrijednosti 0 ili 1 pri mjerenju kubita. Međutim, čin mjerenja kubita urušava njegovu superpoziciju u jedno, određeno stanje, slično kao da četvrtina sleti na stol u susretu.

Kvantna fizika uvodi toliko varijabli da se od običnih računala ne može ni očekivati da imaju dovoljno snage i memorije da to podnose. Obradujući tako velike količine podataka, kvantna računala bi mogla razviti gotovo neuništive sigurnosne sustave, no to je samo jedna od mogućih primjena. S kvantnim računalima moguće je raditi na modelima kvantnih sustava i promatrati kako se atomi i čestice ponašaju u neuobičajenim uvjetima, što je danas moguće samo u, primjerice, velikim akceleratorima čestica kao što je *Large Hadron Collider*. Također se mogu modelirati kemijske reakcije, što će omogućiti stvaranje novih materijala, ali bi moglo značiti i velike pomake u medicini – može se simulirati proizvodnja i testiranje lijekova, a računalni modeli mogu točno pokazati kako se određene bolesti razvijaju i kako se liječe.



Slika 2– Kvantno računalo

Kvantna računala neće zamijeniti klasična računala. Umjesto toga, mnogi stručnjaci zamišljaju kvantno računalo kao namjenski čip koji je dio konvencionalnog superračunala kojem se pristupa putem oblaka. Kvantna računala mogla bi pomoći u napretku mnogih područja znanosti i tehnologije, od dugotrajnijih baterija za električne automobile do novih medicinskih pristupa. Iako su kvantna računala još uvijek u ranim fazama razvoja, ona imaju potencijal revolucionirati mnoga područja poput kriptografije, kemije i umjetne inteligencije. Međutim, još uvijek postoje mnogi izazovi koji uključuju složenost hardvera, skalabilnost, interferenciju i dekoherenciju, ograničene primjene i sigurnosne rizike koje treba prevladati prije nego što kvantna računala postanu praktična i široko korištena.

### Literatura

1. Ladd, T., Jelezko, F. (2010.) Laflamme, R. et al. "Quantum computers", Nature 464, 45–53, <https://doi.org/10.1038/nature08812>
2. TED (2019): A beginner's guide to quantum computing/ Shohini Ghose [Youtube video, 1.2.2019.] URL: [https://youtu.be/QuR969uMICM?list=TLPQMjkwNDIwMjPL6G5utLq\\_dQ](https://youtu.be/QuR969uMICM?list=TLPQMjkwNDIwMjPL6G5utLq_dQ) (29. 4. 2023.) <https://news.mit.edu/2022/alex-greene-quantum-computers-1013>
3. Chen, S., Simonite T. (2023.) "The WIRED Guide to Quantum Computing", Wired, <https://www.wired.com/story/wired-guide-to-quantum-computing> (29.4. 2023)
5. M. Mosca, (2018) "Cybersecurity in an Era with Quantum Computers: Will We Be Ready?," in IEEE Security & Privacy, vol. 16, no. 5, pp. 38-41, doi: 10.1109/MSP.2018.3761723.



## Smanjenje ugljičnog otiska pomoću algi

Veronika Biljan (FKIT)

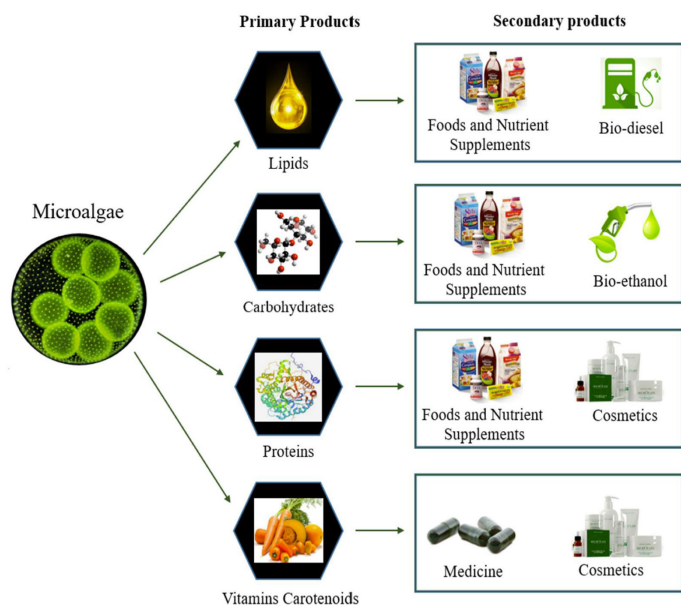
Ugljik je sastavna jedinica za izgradnju svega u prirodi i oko nas. U obliku drveta ili ugljena u tlu potpuno je bezopasan, no čim se podvrgne gorenju nastaje plinoviti ugljikov (IV) oksid, CO<sub>2</sub>, koji zajedno s drugim plinovima u atmosferi uzrokuje efekt staklenika i promjenu klimatskih uvjeta Zemlje. Ugljični otisak predstavlja mjeru utjecaja naših aktivnosti na okoliš u koje između ostalog spada i emisija CO<sub>2</sub> u atmosferu. Ugljični otisak pobliže se odnosi na ukupnu količinu stakleničkih plinova proizvedenih sagorijevanjem fosilnih goriva, proizvodnjom struje i drugim aktivnostima te se izražava u tonama (t) ili kilogramima (kg) ekvivalentnim ugljikovom dioksidu.

Jedan od najvećih izazova današnjice razvoj je održivih industrijskih procesa kojima bi se smanjio ugljični otisak. Sve je veći financijski pritisak na industriju i tvrtke zbog emisije CO<sub>2</sub>, koji nastaje sagorijevanjem fosilnih goriva, što je potaknulo primjenu tehnologija izdvajanja i spremanja ugljikova

dioksida (CCS – engl. *Carbon Capture and Storage*). Mikroalge jedno su od jeftinijih i ekonomičnih rješenja CCS biološke tehnologije jer se njihovom implementacijom ublažava ugljični otisak. Takva je metoda sekvestracije (pohrana CO<sub>2</sub> fizikalnim, kemijskim i biološkim putem u čvrsti medij) prepoznata kao jedna od najefikasnijih metoda i najodrživijih pristupa CCS-a.

Mikroalge, kao fotosintetski organizmi, imaju visoku fotosintetsku efikasnost koja se očituje u najvećoj sposobnosti fiksacije ugljikova dioksida; čak 10 – 50 puta više od kopnenih biljaka (godišnje 100 Gt). Fotosintezom u oceanima fiksira se čak 40 % godišnje emitiranog ugljikovog dioksida. Potencijal recikliranja CO<sub>2</sub> u bioenergente putem fotosinteze iznimno je velik čime se uočava da je takva biokonverzija CO<sub>2</sub> ekološki prihvatljiva i održiva metoda. Dokazana je izuzetna okolišna fleksibilnost mikroalgi, jer mogu tolerirati i prilagoditi se raznim ekstremnim okolišnim uvjetima što uvelike poboljšava njihovu primjenu. Ne zauzimaju obradivo tlo, što ih čini prikladnima za uzgoj u obalnim područjima, slano-alkalnim tlima i pustinjama. Još jedna prednost mikroalgi njihov je kapacitet pretvorbe dimnog plina iz elektrana i ostalih ispušnih plinova u izvore organskog oblika ugljika. Ekonomska izvedivost pozitivna je karakteristika jer se otpadne vode iz industrijskih procesa i agrikulturnih ak-

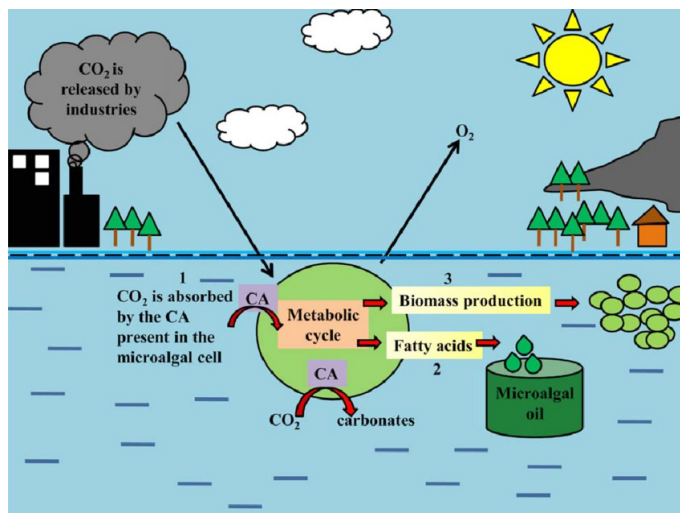
tivnosti mogu koristiti kao alternativni izvori hranjivih tvari za kultivaciju mikroalgi uz nizak trošak. Simultana proizvodnja visokovrijednih produkata mikroalgama smatra se najvećom koristi. Ti se produkti koriste u pripremi kozmetike, farmaceutika, gnojiva, stočne hrane, biološki aktivnih supstanci, biogoriva (npr. biodizel, bio vodik, metan), pigmenta itd.



Slika 1 – Visokovrijedni proizvodi dobiveni preradom iz mikroalgi

### Kako mikroalge smanjuju ugljični otisak?

Na vodene mikroorganizme otpada čak 50 % svjetskog procesa fotosinteze. Mikroalge naziv je za cijanobakterije i eukariote kao što su zelene alge, crvene alge i alge kremenjašice. One su biosustavi za CO<sub>2</sub> koncentrirajući mehanizam (CCM – engl. CO<sub>2</sub> concentrating mechanism) jer imaju sposobnost efikasne fotosinteze odnosno fiksiraju anorganski oblik ugljika čak i iz vrlo niskih atmosferskih koncentracija. Ugljikov dioksid ugrađuje se u mikroalge (biomasu) pomoću fotosinteze prilikom čega koriste vodu iz okoliša, sunčevu svjetlost te CO<sub>2</sub> da bi proizvele kisik i energiju koja se pohranjuje u obliku škroba i masnih kiselina unutar stanice. Masne kiseline mogu se transesterificirati kako bi se proizveo ugljično neutralan biodizel. Konzumirani CO<sub>2</sub> sastavna je jedinica makromolekula kao što su lipidi, proteini, ugljikohidrati i pigmenti što znači da se anorganski ugljik pretvara u organske ugljikove spojeve. Najčešće korišteni putovi uklanjanja ugljikova dioksida su: apsorpcija, adsorpcija desikantima (isušivačima), membranska separacija i kriogena separacija.



Slika 2 – Metoda izdvajanja i spremanja CO<sub>2</sub> mikroalgama

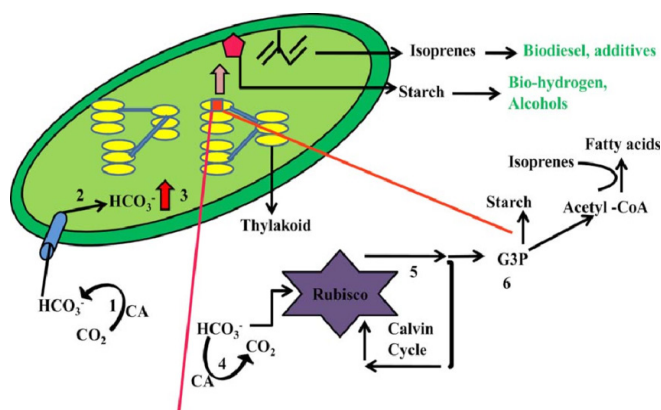
### Kojim se mehanizmom odvija fiksacija CO<sub>2</sub>?

Važnu ulogu u skladištenju ugljikovog dioksida igra cink metalo-enzim, ugljikova anhidraza (CA – engl. Carbon anhydrase). On katalizira mehanizam obrnute hidrolize ugljikova dioksida u bikarbonat i vodikov proton čime pomaže fiksaciju CO<sub>2</sub>. Konverzija se događa pri okolišnoj temperaturi (< 30 °C) i atmosferskom tlaku što opet dokazuje ekonomičnost procesa. Poblize odvijanje mehanizma može se opisati na sljedeći način:

1. Elektronima bogat hidroksilni ion vezan na cinkov atom aktivnog mjesta enzima CA vrši nukleofilni napad na molekulu CO<sub>2</sub> pri čemu nastaje Zn – HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> kompleks

2. Slijedi ionizacija HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> vezanog na cink: molekula vode zamjenjuje HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> koji se otpušta u okolni medij. On može primiti proton kako bi nastala nestabilna H<sub>2</sub>CO<sub>2</sub><sup>-</sup> molekula koja se odmah raspada na ugljikov dioksid i vodu. HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> može i otpustiti proton kako bi nastao CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> što je prikazano jednačbom (1)

Uloga vode je da regenerira aktivno mjesto enzima kako bi se nova molekula CO<sub>2</sub> mogla približiti i vezati.



Slika 1 – Mehanizam koncentriranja CO<sub>2</sub> s ulogama ugljikove anhidraze

Pri umjerenom pH (6,4 – 10,3) i temperaturi (< 30 °C) bikarbonat je dominantan oblik CO<sub>2</sub> u vodi. Uloga ugljikove anhidraze pretvaranje je odnosno dehidratacija bikarbonata (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) u ugljikov dioksid. Ugljikov dioksid fiksira se na RUBisCO (primarni ugljik-fiksirajući enzim u biljkama i algama) u Calvinovom ciklusu pri čemu nastaju dvije molekule 3-fosfoglicerinske kiseline. CA, dakle predstavlja neku vrstu aktivne bikarbonatne pumpe za koncentriranje bikarbonatnih iona unutar stanice. Prednost uklanjanja CO<sub>2</sub> iz vode je ta da ne plinoviti oblik CO<sub>2</sub> (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) izravno potpomaže rast algi i proizvodnju biomase. S druge strane previsoka koncentracija CO<sub>2</sub> negativno utječe na rast i postaje detrimentalna za razvoj kulture mikroalgi.

Efikasnost sekvestracije ovisi o vrsti mikroalgi jer svaka vrsta ima drugačiju dostupnost CA enzima; ovisi o sustavima uzgoja i uvjetima rasta kao što su: pH, salinitet, intenzitet svjetlosti, nutrijenti za kulturu mikroalgi i zamućenje. Cijanobakterije imaju najveću efikasnost mehanizama koncentriranja ugljika (engl. CCM – *Carbon concentrating mechanisms*), jer mogu koncentrirati anorganski ugljik unutar stanice i do tisuću puta. Kod optimizacije rasta bitno je poboljšati miješanje kulture mikroalgi, osigurati dovoljnu količinu sunčeve svjetlosti putem dizajna reaktora, instalirati sustav kontrole pH i temperature. Primjer važnosti optimizacije uvjeta očituje se u tome da se ispuštanje CO<sub>2</sub> smanji za dva reda veličine kako se pH poveća sa 7,9 na 9,5. Promjena u pH mijenja količinu CO<sub>2</sub> i HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> dostupnih za fotosintezu zato što je pri niskim pH (kiselo) većina anorganskog ugljika u obliku CO<sub>2</sub>, dok je pri visokim pH (lužnato) u obliku HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

### Širok spektar primjene mikroalgi

Fotosintetski mikroorganizmi mogu se koristiti ne samo za smanjenje koncentracije ugljikovog dioksida u zraku, nego i za ublažavanje nekih drugih ekoloških problema koji doprinose klimatskim promjenama.

Mikroalge mogu sekvestrirati CO<sub>2</sub> iz različitih izvora kao što su CO<sub>2</sub> iz okoliša, CO<sub>2</sub> iz dimnog plina i CO<sub>2</sub> vezan u karbonatima, industrijskim i kanalizacijskim otpadnim vodama. Fiksacija CO<sub>2</sub> iz ispušnih plinova i otpadnih voda u kojima su obično prisutni NO<sub>x</sub> i SO<sub>x</sub> obično ostaje neometana. Otapanje NO<sub>x</sub> u vodi daje dušičnu kiselinu koja je korisna za metabolizam nekih vrsti mikroalgi kao nutrijent uz SO<sub>x</sub>, dušik i fosfor kojima obiluju otpadne vode. Time se pokazuje da određene vrste mikroalgi kao što su *Chlorella*, *Scenedesmus* i *Chloeoococum* mogu biti odlične za bioremedijaciju ne samo CO<sub>2</sub>, nego i stakleničkih plinova te da mogu rasti u ekstremnim uvjetima (toksični plinovi, visoke koncentracije CO<sub>2</sub>). Zanimljiv podatak je da *Chlorella* pokazuje najbolje rezultate u uklanjanju CO<sub>2</sub> iz ispušnih plinova i može rasti pri vrlo visokoj koncentraciji CO<sub>2</sub> od čak 40 % (v/v).

Ugljikova anhidraza može se ekstrahirati iz mikroalgi i cijanobakterija te se može iskoristiti u procesima biomineralizacije za proizvodnju karbonatnih minerala i soli kao što su kalcit, magnezit i dolomit. To je jedna od alternativnih metoda spremanja CO<sub>2</sub> koja je ekološki prihvatljiva jer se takvi minerali mogu koristiti kao građevinski materijali.

### Izazovi uklanjanja CO<sub>2</sub>

Implementacija sekvestracije ugljikovog dioksida pomoću mikroalgi i „scale up“ na industrijsku razinu nailaze na neke probleme koji usporavaju njihovu primjenu kao nove ekološki prihvatljive tehnologije smanjenja ugljičnog otiska. Najvažniji od njih su:

- Kultivacija mikroalgi zahtijeva kontrolirane uvjete jer na kultivaciju utječu vanjski uvjeti – većina metoda istraživanja i razvoja CCS tehnologija u laboratorijskoj je fazi
- Za potpunu fiksaciju ugljika moraju biti zadovoljeni sljedeći uvjeti: I) CO<sub>2</sub> mora se prevesti iz plinovite u kapljevitu fazu; II) kapljeviti oblik CO<sub>2</sub> mora se transportirati u unutarstaničnu okolinu alge i III) mora se odvijati rast mikroalgi, konverzija i iskorištenje CO<sub>2</sub>
- Kultivacija mikroalgi uključuje prijenos tvari i topline, određene svjetlosne uvjete i biološke reakcije. Prevelika količina svjetlosti potiče inhibiciju fotosintetske sposobnosti stanica mikroalgi
- kultivacija algi unatoč njihovoj otpornosti na ekstremne uvjete nailazi na problem preživljavanja u uvjetima industrijskih zona jer nisu sve vrste jednako otporne na vanjske uvjete
- postoji rizik zaraze mikroalgi parazitirajućim bakterijama i gljivicama

Genetskim inženjeringom i modifikacijama enzima može se poboljšati sekvestracija CO<sub>2</sub>. Empirijski je dokazano da se povećanjem katalitičke brzine i selektivnosti RuBisCo enzima aktivnost mikroalgi u fiksaciji CO<sub>2</sub> povećala četiri puta.

### Ekološki utjecaj mikroalgi i zanimljivosti

Zamjena fosilnih goriva za biouglje ili biodizel od algi pokazala je nižu NO<sub>x</sub> emisiju sagorijevanjem u motorima s unutrašnjim izgaranjem. Primjer potencijalne ekološke opasnosti predstavlja prekomjerno razmnožavanje algi. Ono može rezultirati cvjetanjem vode, eutrofikacijom i smanjenjem koncentracije kisika u vodi što za posljedicu ima negativan učinak na bioraznolikost mora ili voda.

U gusto naseljenim urbanim sredinama pojavljuje se problem smanjenja CO<sub>2</sub> u zraku odnosno onečišćenja zraka jer nema mjesta za sadnju drveća i zelenila koji bi ga uklanjali. Grupa srpskih znanstvenika uspjela je inovativnom idejom riješiti taj problem, a to je tekuće drvo poznatije kao LIQUID 3. Sadrži šesto litara vode u kojoj su kultivirane mikroalge za fiksaciju ugljikova dioksida iz atmosfere. Jedno tekuće drvo zamjenjuje dva desetogodišnja drva ili dvjesto kvadratnih metara travnjaka. Alge nemaju problem preživljavanja u takvim visoko onečišćenim sredinama tako da imaju prednost pred drvećem i kopnenim biljkama.



Slika 4 – Tekuće drvo u Beogradu, LIQUID 3

## Literatura

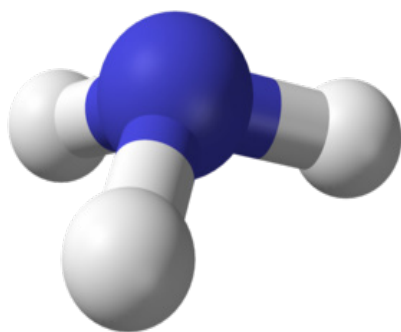
1. H. Onyeaka, T. Miri, K. Obileke, A. Hart, C. Anumudu, Z. T. Al-Sharify, 2021. Minimizing carbon footprint via microalgae as a biological capture, 1 - 11
2. M. Mondal, S. Khanra, O.N Tiwari, K. Gayen, G. N. Halder, 2016. Role of Carbonic Anhydrase on the Way to Biological Carbon Capture through microalgae – A Mini Review, 1 – 8
3. <https://worldbiomarketinsights.com/a-liquid-tree-scientists-in-serbia-make-incredible-innovation/>

## Zeleni amonijak

Adrijana Karniš (FKIT)

### Što je amonijak?

Amonijak je bezbojni plin karakterističnog oštrog mirisa koji je prepoznatljiv u sredstvima za čišćenje i trajnim bojama za kosu. Na ljudski organizam može djelovati kao neurotoksin jer se vrlo lako otapa u vodi te primarno dovodi do problema s dišnim sustavom. Ključan je u proizvodnji gnojiva, ali se koristi i u mnogim drugim industrijama poput proizvodnje plastike, eksploziva, pesticida, deterdženata i drugih kemikalija.



Slika 1 – Molekula amonijaka

### Proizvodnja amonijaka

Osnovni proces u proizvodnje amonijaka je Haber-Boschov proces. Proces je razvijen u prvoj polovici 20. stoljeća koji kombinira dušik s vodikom za proizvodnju amonijaka, uz pomoć željeza kao katalizatora.

Proizvodnju amonijaka možemo podijeliti u tri kategorije: sivi, plavi i zeleni amonijak, a podjela se zasniva na procesu proizvodnje vodika kao jednog od dvije ključne komponente.

Sivi amonijak se proizvodi iz atmosferskog dušika i izvora vodika, kao što je metan, etilen ili nafta, pri visokim temperaturama i tlakovima uz prisutnost željeznog katalizatora. Plavi amonijak se proizvodi kao konvencionalni sivi, ali u kombinaciji s hvatanjem CO<sub>2</sub> što može smanjiti emisije CO<sub>2</sub> za više od 90 %.

Dok se za proizvodnju zelenog amonijaka koristi zeleni vodik proizveden elektrolizom vode, a napajan iz izvora obnovljive energije što ovakvu proizvodnju čini gotovo bez emisija CO<sub>2</sub>.<sup>3</sup>

Zeleni vodik proizvodi se elektrolizom s polimernom elektrolitskom membranom (PEM) u kojoj je elektrolit posebni čvrsti plastični materijal. Elektroni teku kroz vanjski krug, a ioni vodika se kreću preko PEM-a do katode čime se na katodi stvara plinoviti vodik.<sup>4</sup> Za ovaj proces nužan je konstantni izvor velike količine električne energije što nije uvijek slučaj s obnovljivim izvorima energije (OIE), stoga je ključno da se pogoni za proizvodnju zelenog amonijaka nalaze u područjima primjerice s velikom dostupnošću Sunčeve energije i vjetroelektrana kako bi se kombinacijom OIE osigurala potrebne količine.

### Svijetla budućnost zelenog amonijaka

Proizvodnja zelenog amonijaka predviđa prijelaz na nulte emisije ugljikova dioksida što uključuje zeleni amonijak kao skladište energije, gorivo bez ugljika i nosač vodika. Amonijak se lako skladišti pri niskim tlakovima i niskim temperaturama što ga čini idealnim za skladištenje obnovljive energije. Kao gorivo, amonijak je moguće koristiti jer sagorijeva u motoru ili u gorivim ćelijama za proizvodnju električne energije, a nusprodukti su voda i dušik. Zeleni amonijak može služiti kao nosač vodika zbog njegovog jeftinijeg i lakšeg skladištenja te transporta od vodika, a kreiranjem i pročišćavanjem se lako dobiva potrebni vodik.

## Napredak u sintezi amonijaka

Istraživanje poljskog sveučilišta prikazuje nam sintezu amonijaka iz dušika i vodika dobivenih iz vodene pare u fotokatalitičkom procesu. Primijenili su plinovito rješenje fotokatalitičkog reaktora s podlogom u obliku UV transparentne staklene vlaknaste tkanine obložene  $\text{TiO}_2$ . Sloj  $\text{TiO}_2$  u reaktoru nalazi se neposredno iznad površine vode dok plinovi cirkuliraju odozgo prema površini vode gdje se proizvedeni amonijak lako apsorbira u vodi i kontinuirano odvodi od plinske faze, pomičući ravnotežu prema nastanku amonijaka.<sup>6</sup> Za postizanje ciljeva smanjenja emisija ugljikova dioksida i postizanja neto nule do 2050. godine, ključno je njegovo smanjenje tijekom procesa proizvodnje amonijaka. Najbolji način za to je proizvodnja amonijaka korištenjem plavog, odnosno zelenog vodika.

### Literatura

1. <https://royalsociety.org/topics-policy/projects/low-carbon-energy-programme/green-ammonia/> (1. 5. 2023.)
2. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Ammonia#section=Methods-of-Manufacturing> (1. 5. 2023.)
3. <https://www.woodplc.com/insights/blogs/Emerging-role-of-blue-and-green-ammonia-in-decarbonisation> (1. 5. 2023.)
4. <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-production-electrolysis> (2. 5. 2023.)
5. A. O. Gezerman, A Critical Assessment of Green Ammonia Production and Ammonia Production Technologies, *Kem. Ind.*, 71 (1-2) (2022) 57-66
6. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894722025220#s0045> (1. 5. 2023.)



Slika 3 – Proizvodnja i uporaba zelenog amonijaka



# SCINFLUENCER

## Otapanje ledenjaka kao nova opasnost

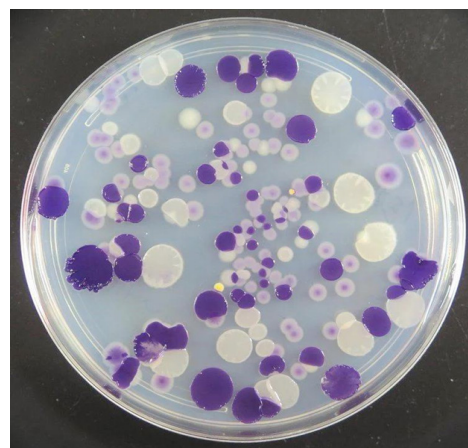
Iva Turkalj (FKIT)

Ledenjaci i ledene ploče su mase leda i snijega koje traju dugi niz godina, nastale nakupljanjem i zbijanjem snijega. Oni pokrivaju značajnu količinu zemljine površine i pohranjuju većinu svjetske slatke vode. Ledenjaci teku pod vlastitom težinom, izrezbaruju krajolike i transportiraju sediment i stijene dok se kreću, a napreduju i povlače se kao odgovor na promjene u bilanci mase, ili razliku između godišnje akumulacije i ablacije.

Ledenjaci riječnih slivova imaju jedinstvene hidrološke karakteristike. Oni služe kao važno skladište slatke vode i utječu na karakteristike godišnjeg i sezonskog otjecanja nizvodno. Ledenjaci i ledene ploče također predstavljaju važan biom s bogatom raznolikošću života, od mikrobnih zajednica do mikroskopskih organizama i makrobekraljeznjaka, a utječu na funkcioniranje ekosustava znatno izvan njihovih granica. Posljednjih desetljeća većina ledenjaka širom svijeta gubi masu i povlače se kao odgovor na klimatske varijacije, sada prvenstveno potaknute ljudskom aktivnošću.



Grenlandske i antarktičke ledene ploče također su počele gubiti značajnu količinu mase i pokazale su ubrzani obrazac gubitka. Očekuje se da će se to nastaviti još mnogo desetljeća ili više u sadašnjim i očekivanim budućim klimatskim uvjetima, uz gubitak velikog dijela svjetskih planinskih ledenjaka i značajne promjene u polarnim ledenim kapama i ledenim pločama. Gubitak ledenjaka i ledenih ploča predstavlja brojne probleme i izazove, uključujući implikacije porasta razine mora, regionalne promjene u dostupnosti vode, utjecaje na glacijalne i silazne ekosustave, oslobađanje



Slika 1 – Bakterija pronađena na ledenjaku, *Janthinobacterium*

naslijeđenih onečišćujućih tvari pohranjenih na ledenjacima i unutar njih, opasnosti povezane s ledenjacima, povratne učinke na regionalnu i globalnu klimu i mnoge druge koji utječu na dobrobit ljudi i zajednica.

Postoji potreba za većim opažanjima, boljim razumijevanjem i predviđanjem dinamike ledenjaka, koordiniranim strategijama prilagodbe i ublažavanja na više razina, od lokalne do međunarodne, te pristupom spojenih sustava koji integrira fizičke dimenzije promjenjivih ledenih okruženja s ljudskim sustavima koji se s njima bave ili ovise o njima.<sup>1</sup>

Analiza arktičkog jezera sugerira da bi virusi i bakterije zaključane u ledu mogle ponovno probuditi i zaraziti divlje životinje. Sljedeća pandemija može doći ne od šišmiša ili ptica, već od materije u otapanju leda, prema novim podacima. Genetska analiza sedimenta tla i jezera iz jezera Hazen, najvećeg visokog arktičkog slatkovodnog jezera na svijetu, sugerira da bi rizik od prelijevanja virusa - gdje virus prvi put zarazi novog domaćina - mogao biti veći blizu otapanja ledenjaka. Nalazi podrazumijevaju da kako globalne temperature rastu zbog klimatskih promjena, postaje vjerojatnije da bi virusi i bakterije zatvoreni u ledenjacima i permafrostu mogli ponovno probuditi i zaraziti lokalne divlje životinje, posebno zato što se njihov raspon također približava polovima.<sup>2</sup>

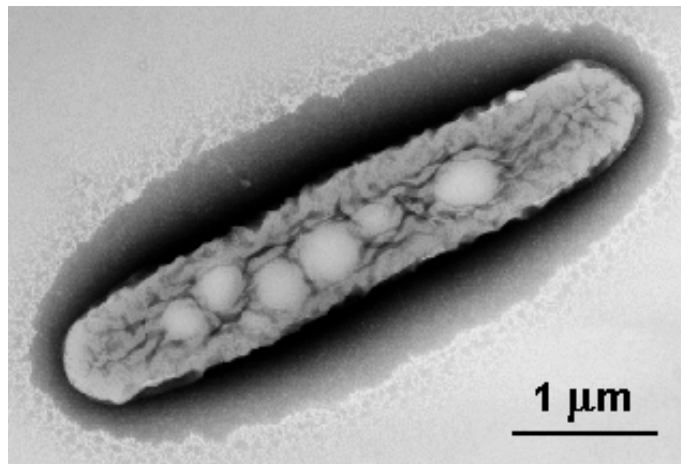
Predviđa se da će klimatske promjene promijeniti raspon postojećih vrsta, potencijalno dovodeći nove domaćine u kontakt s drevnim virusima ili bakterijama. Spektar virusa domaćina je vrlo raznolik, jer mogu održivo zaraziti nekoliko vrsta na nekoliko fila. Međutim, rizik od takvih događaja teško je kvantificirati.

Virusi su sveprisutni i često se opisuju kao najzastupljeniji replicirajući entiteti na Zemlji. Unatoč vrlo raznolikim genomima, virusi nisu neovisni „organizmi” ili replikator, jer moraju zaraziti stanicu domaćina kako bi se replicirali. Ti se odnosi virusa i domaćina čine relativno stabilnima unutar nadkraljevstva i stoga se mogu klasificirati kao arhejski, bakterijski (također poznati kao bakteriofagi) i eukariotski virusi. Međutim, ispod ovog ranga, virusi mogu zaraziti novog domaćina iz zajednice u kojoj obitava tako što će se moći održivo prenositi u ovom novom domaćinu, proces koji definiramo kao „prelijevanje virusa”.

Budući da klimatske promjene brzo mijenjaju okruženja, postaje ključno kvantificirati potencijal za prelijevanje. Doista, proteklih godina mnogi su se virusi poput gripe A, ebole i SARS-CoV-2 prelili na ljude i uzrokovali značajne bolesti. Dok ova tri virusa uglavnom potječu sa staništa divljih životinja koji nisu ljudi kao prirodni domaćini, drugi virusi imaju širi raspon domaćina ili je njihov izvor teže identificirati.

Na primjer, poznato je da iridovirusi inficiraju i beskrležnjake i kralježnjake, a Picornavirales se nalaze u kralježnjacima, insektima, biljkama i protistima. Takvu svestranu specifičnost domaćina teško je procijeniti bez pribjegavanja stručnom mišljenju, a teško je kvantificirati

vjerojatnost da se virus prelije s jedne vrste domaćina na drugu, tj. brojni čimbenici mogu utjecati na takav rizik od prelijevanja virusa. Na primjer, virusne čestice moraju se pričvrstiti na određene receptore na stanici domaćina kako bi ga napale.



Slika 2 – *Polaromonas* sp.

Očuvanje tih receptora na više vrsta omogućuje tim domaćinima da budu predisponiraniji da se zaraze istim virusom. Doista, s evolucijskog stajališta, virusi su skloniji zaraziti domaćine koji su filogenetski bliski svom prirodnom domaćinu, potencijalno zato što im je lakše zaraziti i kolonizirati genetski slične vrste. Alternativno, ali ne isključivo, visoke stope mutacija mogle bi objasniti zašto se RNA virusi prelijevaju češće od drugih virusa, jer većini nedostaju mehanizmi lekture, što ih čini promjenjivijima i vjerojatno će se prilagoditi novom domaćinu.

RNA virusi ne samo da će vjerojatnije promijeniti domaćina, već to mogu učiniti i kod novih vrsta domaćina koje imaju različite ekološke niše. U tom kontekstu prelijevanja, Visoki Arktik je od posebnog interesa jer je posebno pogođen klimatskim promjenama, zagrijavajući se brže od ostatka svijeta. Doista, zagrijavanje klime i brza tranzicija okoliša mogu povećati rizik od prelijevanja promjenom globalne distribucije i dinamike virusa, kao i njihove akumulacije i vektora.

Nadalje, kako se klima mijenja, mijenja se i metabolička aktivnost mikrobiosfere Arktika, što pak utječe na brojne procese ekosustava kao što je pojava novih patogena. Stoga je sada postalo ključno biti proaktivniji u sprečavanju takvih događaja, ali i kvantificirati rizik od tih prelijevanja.<sup>3</sup>

Topljenje ledenjaka neće utjecati samo na ljudske zajednice, također će preoblikovati mikrobni život. Virus, bakterije i gljivice koje su zakopane stotinama tisuća godina ponovno bi mogle vidjeti sunce. Oni koji žive u ledu ili na njemu mogu se isprati nizvodno otopljenom vodom, mijenjajući biološki sastav ekosustava koje ostavljaju iza sebe i ekosustava u koje slijeću.





Slika 3 – Ledenjaci

Mikroorganizmi bi također mogli utjecati na promjenu klime na načine koji nisu dobro shvaćeni. Na primjer, mogu ispuštati metan, snažan staklenički plin ili, biološko-fizičkim interakcijama, ubrzati brzinu otapanja snijega i leda. Znanstvena istraživanja su pokazala da će se svake godine osloboditi stotine tisuća tona mikroba u svim budućim scenarijima globalnog zagrijavanja. Bakterije i alge obično sadrže pigmente kako bi se zaštitili od oštećenja od sunčeve svjetlosti. Ali tamni pigmenti apsorbiraju sunčevu svjetlost, dodajući zagrijavanje i ubrzavajući uništavanje njihovog ledenog staništa.<sup>4</sup>

#### Literatura

1. DeBeer, Chris M., Martin Sharp, and Corinne Schuster-Wallace. "Glaciers and ice sheets." World 215.705,739, 2020.
2. <https://www.theguardian.com/science/2022/oct/19/next-pandemic-may-come-from-melting-glaciers-new-data-shows> (6. 5. 2023).
3. Lemieux, Aurée, et al. "Viral spillover risk increases with climate change in High Arctic lake sediments." Proceedings of the Royal Society B 289.1985, 2022. <https://asm.org/magazine/2022/Spring/microbes-and-meltwater> (6. 5. 2023).

# Novi život Černobila

Mateja Novak (FKIT)

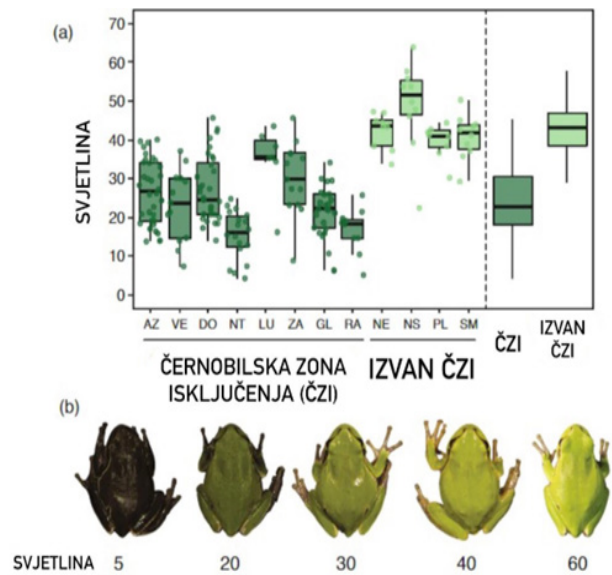
Istraživači su se bavili utjecajem izloženosti ionizirajućem zračenju uzrokovanom katastrofom u Černobilu na dorzalnu boju kože žaba u sjevernoj Ukrajini. Otkrili su da je boja kože bila tamnija na lokacijama najbližim područjima s visokom razinom zračenja u vrijeme katastrofe, dok se čini da trenutne razine zračenja ne utječu na boju kože černobilskih žaba. Žabe koje žive unutar Zone isključenosti u Černobilu imale su značajno tamniju dorzalnu boju kože od žaba izvan Zone. Poznato je da ova tamna boja kože štiti od raznih izvora zračenja neutralizirajući slobodne radikale i smanjujući oštećenje DNK, a čini se da je izloženost visokim razinama ionizirajućeg zračenja možda izazvala tamniju boju černobilskih žaba.

Znanstvenici ističu utjecaj onečišćujućih tvari, posebice radioaktivnog onečišćenja uzrokovanog ljudskim djelovanjem, na prirodne sustave. Nesreća nuklearne elektrane u Černobilu 1986. izazvala je najveće ispuštanje radioaktivnog materijala u okoliš u ljudskoj povijesti, što ga čini ključnim scenarijem za proučavanje ekoevolucijskih posljedica izlaganja ionizirajućem zračenju na divlje životinje. Dok je akutna izloženost zračenju negativno utjecala na fiziologiju, morfologiju i genomiku različitih vrsta u području Černobila, nedavne studije su izvijestile o prisutnosti različitih životinjskih zajednica, nedostatku negativnih učinaka trenutnih razina zračenja u mnogim taksonima, pa čak i znakovima prilagodbe na zračenje. Unatoč tome, još uvijek postoji znanstveno neslaganje o dugoročnim učincima katastrofe na divlje životinje.

Naglašena je potreba za daljnjim istraživanjem radi boljeg razumijevanja utjecaja onečišćujućih tvari na prirodne sustave i mehanizama prilagodbe na te onečišćujuće tvari među svojama. Vrijedno je napomenuti da je zaštitna uloga bojanja temeljenog na melaninu protiv ionizirajućeg zračenja još uvijek područje aktivnog istraživanja i ima dosta toga za naučiti o uključenim mehanizmima. Štoviše, iako mogu postojati troškovi povezani s bojanjem temeljenim na melaninu kod divljih kralješnjaka, također je moguće da se ti troškovi mogu nadoknaditi prednostima koje donosi ova pigmentacija, kao što je povećana otpornost na druge stresore. Sve u svemu, odnos između pigmentacije temeljene na melaninu i zaštite od ionizirajućeg zračenja složen je i vjerojatno ovisi o nizu čimbenika uključujući organizam, vrstu, razinu izloženosti zračenju i specifične mehanizme uključene u zaštitne učinke melanina.

Autori raspravljaju o mogućim učincima zračenja na vodozemce, posebno na istočnoeuropske žabe koje žive u radio-kontaminiranim okolišima u blizini Černobila. Pretpostavljaju da su zaštitne prednosti bojanja na bazi

melanina mogle dovesti do odabira tamnije putenih černobilskih žaba kao odgovor na visoke razine ionizirajućeg zračenja.



Slika 1 – (a) Svjetljenje dorzalne kože kod mužjaka istočne žabe (*Hyla orientalis*) koji obitavaju unutar gradijenta zračenja unutar (ČZI) ili izvan zone isključenja u Černobilu (izvan ČZI-a). (b) Raspon svjetline dorzalne kože kod mužjaka vrste *H. orientalis*



Slika 2 – Mužjak istočne žabe sv. Ante (*Hyla orientalis*) na lokaciji izvan Černobilske isključene zone (Ukrajina), 2019. Germán Orizaola

Zaključno, ova studija pruža dokaze o mogućem utjecaju izloženosti ionizirajućem zračenju na dorzalnu boju kože žaba u sjevernoj Ukrajini. Nalazi upućuju na to da bojanje temeljeno na melaninu može pružiti zaštitne prednosti protiv ionizirajućeg zračenja.<sup>1</sup>

## Literatura

1. Pablo Burraco, Germán Orizaola, Evolutionary Applications, Volume 15, Issue 9, Sep 2022, str. 1329-1479



# Digitalna pismenost

**3. lipnja 2023.  
od 9 do 14 sati  
Klub nastavnika**



SADRŽAJ  
vol. 7, br. 6, 2023.

KEMIJSKA POSLA

Revolucionarno otkriće o biljkama: Emitiranje ultrazvučnih zvukova .....	1
28. hrvatski skup kemičara i kemijskih inženjera (28. HSKIKI) .....	3
Ornitolozi otkrili dvije nove vrste toksičnih ptica .....	4
SKOKI – Studentski kongres o održivoj kemiji i inženjerstvu .....	5

ZNANSTVENIK

Grafenske elektroničke tetovaže .....	7
Aditivna proizvodnja metalnih predmeta: „Powder Bed Fusion“ .....	8
Što se krije iza pojma zeolit? .....	10

BOJE INŽENJERSTVA

Intervju „Na kavi s asistentima“ – Marko Sejdić, mag. ing. cheming. ....	12
Moć kvantnih računala .....	14
Smanjenje ugljičnog otiska pomoću algi .....	15
Zeleni amonijak .....	18

SCINFLUENCER

Otapanje ledenjaka kao nova opasnost .....	20
Novi život Černobila .....	23

