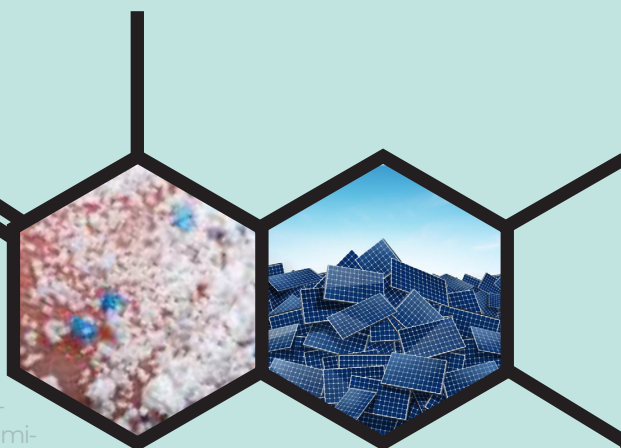


reaktor ideja vol. 9

službeno glasilo Studentske sekcije HDKI-ja



Koliko mikroplastike udišemo?



Solarne ćelije koje se mogu reciklirati



Što je kružno gospodarstvo?



Koliko smo blizu net-zero svijetu?

ISSN 2584-6884

e-ISSN 2459-9247

Studentska sekcija HDKI-ja



www.hdki.hr/hdki/casopisi/reaktor_ideja

ožujak 2025.

Sadržaj

vol. 9, br. 5, ožujak 2025.

KEMIJSKA POSLA

Boje inženjerstva: posjet Osnovnoj školi V. Nazora u Dugoj Resi i X. gimnaziji	1
Boje inženjerstva: Dan za znanost.....	3
8. Studentski kongres zaštite zdravlja – SANITAS.....	5
8. Zimska škola kemije u Rijeci	7
Svjetski dan vode	9
Što je kružno gospodarstvo?	10
Zanimljivosti o broju Pi – poster	12

ZNANSTVENIK

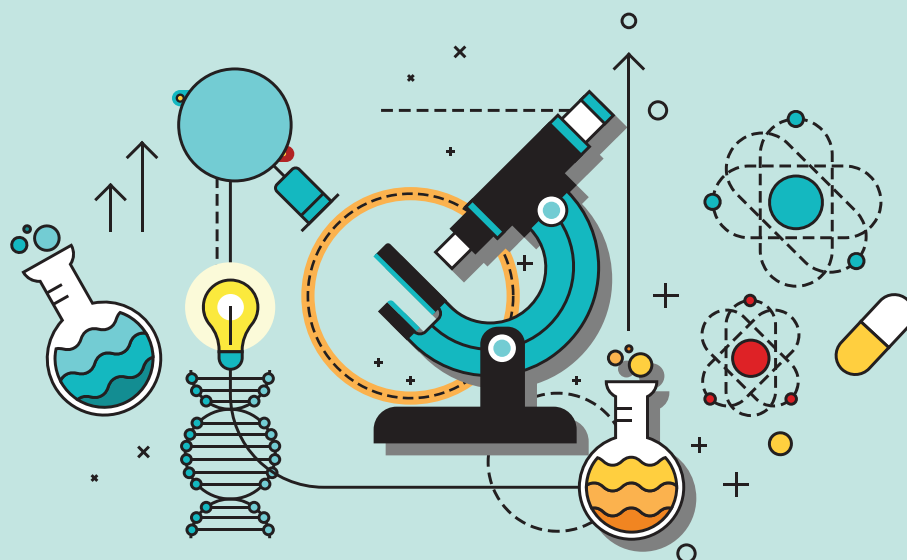
Samonapajajući biosenzor koji otkriva i uništava bakterije u uzorcima vode	13
Koliko mikroplastike udišemo?	15
Stvoren novi hidrogel od Malva oraha sa širokom primjenom u medicini	17
PROTAC – poster.....	19
SOHI – poster.....	20

BOJE INŽENJERSTVA

Održivost vodikove ekonomije	21
Katalitičko krekiranje	24
Solarne ćelije koje se mogu reciklirati	26

SCINFLUENCER

Koliko smo blizu net-zero svijetu?	27
Svjetski dan bubrega – poster	30
Posjet SDU-u – poster	31





reaktor ideja



IMPRESSUM

Reaktor ideja

Uredništvo:

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

Izdavač:

Hrvatsko društvo kemijskih
inženjera i tehnologa

Glavna urednica:

Dora Ljubičić
(dljubcic@fkit.unizg.hr)

Urednici rubrika:

Adrijana Karniš
Veronika Biljan
Laura Glavinić
Iva Turkalj

Grafička priprema:

Dora Ljubičić
Jurja Vukovinski
Veronika Biljan
Laura Glavinić
Iva Turkalj
Zdenko Blažeković

Lektura:

Dora Felber
Karla Radak

Grafički dizajn:

Iva Žderić

Izlazi mjesečno

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

Vol. 9 Br. 5, Str. 1–31
Zagreb, ožujak 2025.

ISSN 2584-6884
e-ISSN 2459-9247

Uredništvo *Reaktora ideja*

Dragi čitatelji,

nakon dolaska proljeća, izašao je i novi broj Reaktora ideja. Standardno pun izvještaja o događajima na kojima su naši studenti bili i aktualnih tema.

Uživajte u čitanju!

Dora Ljubičić,
glavna urednica

Dora Ljubičić



KEMIJSKA POSLA

Boje inženjerstva: posjet Osnovnoj školi V. Nazora u Dugoj Resi i X. gimnaziji

Josipa Spudić (FKIT)

U nastojanju da se znanost i inženjerstvo približe što većem broju učenika diljem Hrvatske, posebno izvan Zagreba, Boje inženjerstva svoju avanturu nastavljaju u Dugoj Resi u Osnovnoj školi „Vladimir Nazor“. Radionice su provedene s ciljem širenja ljubavi prema kemiji, inženjerstvu i znanosti te kako bi učenici mogli doživjeti čaroliju STEM-a i razviti svoje kritičko razmišljanje kroz kreativnost, interaktivno učenje i zabavu. U interaktivnoj radionici, koja je održana 6. ožujka, učenici trećeg te sedmog i osmog razreda su imali priliku sudjelovati u nizu zanimljivih eksperimenata koji su bili upotpunjeni teorijskim objašnjenjima prilagođenim njihovom uzrastu. Tijekom radionice bili su podijeljeni u četiri grupe, što im je omogućilo aktivno sudjelovanje u svim eksperimentima kao

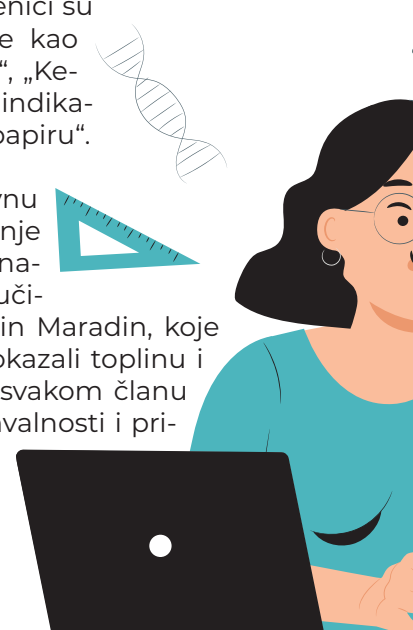


Slika 1 – Pokus „Plava boca“

što su izrada vlastitih crteža i promatranje čarobnih promjena koje su se odvijale pred njihovim očima.

Radionicu su provele članice projekta Marija Jurak, Andrea Miljević, Ena Polović, Josipa Spudić i Jelena Škrtić. Posebno veliki interes učenici su pokazali za eksperimente kao što su „Nenewtonov fluid“, „Kemijski rez“, „pH – prirodni indikator“ i „Kromatografija na papiru“.

Ugodnu i inspirativnu atmosferu za održavanje radionice stvorile su ravnateljica Gordana Krstulić i učiteljica Dubravka Derežanin Maradin, koje su kao sjajni domaćini pokazali toplinu i gostoljubivost poklonivši svakom članu mali poklon kao znak zahvalnosti i priznanja. Izrazile su veliko



zadovoljstvo i nadu da će se ovakvi znanstveni događaji nastaviti u budućnosti, što govori o važnosti i vrijednosti ovih radionica za školsku zajednicu.

U nastavku naših aktivnosti, članovi projekta Rea Iveković, Laura Štrlek i Ivan Janeković, su 12. su ožujka održali uspješnu radionicu u X. gimnaziji „Ivan Supek“ za učenike trećeg razreda koji pohađaju izborni predmet Kemija. Učenici su pokazali izuzetan interes za eksperiment „Slonova pasta“, ali što je još važnije, pokazali su volju i pažnju za učenjem temeljnih koncepata kemije i opću zainteresiranost za Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije. Njihovo zadovoljstvo i pozitivna reakcija prema projektu i fakultetu nam daje dodatnu motivaciju da nastavimo razvijati znanstveno obrazovanje među mladima i osiguramo još uspješniji nastavak projekta u budućnosti.



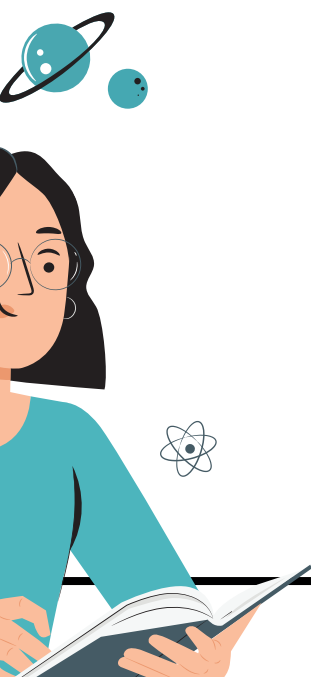
Slika 2 – Pokus „Kromatografija na papiru“



Slika 3 – Radionica u tijeku



Slika 4 – Pokus „Prirodni pH-indikator“





Slika 5 – Pokus „Nenewtonov fluid“

Učenici su kroz provedene radionice stekli nova znanja na zabavan način, što će im sigurno potaknuti dalji rast interesa za kemiju, znanost i inženjerstvo, a time i otvoriti nova vrata za njihove buduće avanture u STEM-u!



Boje inženjerstva: Dan za znanost

Nika Gotić (FKIT)

Naše „Boje“ i ove godine sudjelovale su na „Danu za znanost“. Projekt je to Gimnazije „Fran Galović“ u Koprivnici koji okuplja znanstvenike, asistente, učitelje, studente i naravno učenike te sve koji vole znanost.

Projekt „Boje inženjerstva“ savršeno se uklapa u ovaj koncept jer je cilj oba projekta promicanje i popularizacija znanosti među širom publikom s naglaskom na mlade. Aktivnosti su osmišljene tako da u njima mogu sudjelovati učenici svih uzrasta i bez potrebnog prethodnog predznanja u području matematike, fizike, kemije, biologije i drugih područja. Osim toga, radionice potiču znatiželju i kreativnost u razmišljanju, a sve je popraćeno i praktičnim iskustvom i doživljajem.¹

Naši predstavnici: Marija Jurak, Marko Bochniček, Iva Pinušić, Josipa Spudić, Lea Mureta i Kristina Novaković izveli su različite pokuse, kao što su „Kemijski rez“, „Čarobno mlijeko“, „Tinta koja nestaje“ i mnoge druge.



Slika 1 – Logo projekta¹

Pokus koji uvijek sve oduševi, a ponajviše one najmlađe je svakako „Kemijski rez“ kojim čarobno nastaje „krv“ na rukavici te se čarobno briše. Još jedan od pokusa koji oduševi najmlađe je „Čarobno mlijeko“. Pokus je toliko jednostavan da ga i sami možete napraviti i sami kod kuće. Potrebno je punomasno mlijeko, jestiva boja, detergent za sude, štapić za uši i Petrijeva zdjelica, koju možete zamijeniti tanjurom. U tanjur se ulije mlijeko te nakapa jestiva boja, a nakon što se štapić umoči u detergent i dodirne površinu mlijeka dolazi do širenja boje po površini zbog razbijanja površinske napetosti mlijeka uzrokovane aktivnom tvari odnosno detergentom.

Bio je ovo još jedan u nizu uspješnih dana demonstriranja znanosti na jednostavan i interaktivan način. Projekti kao ovi ne samo da educiraju i promiču znanost, nego i inspiriraju buduće generacije srednjoškolaca, studenata, inženjera, znanstvenika i svih inovatora.



Slika 2 – Naš tim na Danu za znanost



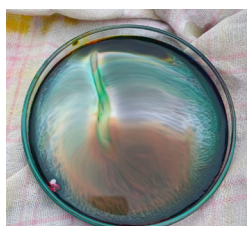
Slika 3 – Pokus „Kemijski rez“



Slika 5 – Pokus „Tinta koja nestaje“



Slika 4 – Pokus s indikatorima



Slika 7 – Pokus „Čarobno mlijeko“



Slika 6 – Pokus „Kemijski rez“

Literatura

1. <https://danzaznanostweb.wixsite.com/danzaznanost> (pristup 24.3.2025.)

8. Studentski kongres zaštite zdravlja – SANITAS

Laura Čavec (FKIT)

SANITAS je studentski kongres posvećen zaštiti zdravlja, koji uspješno djeluje već punih 8 godina. Održava se jednom godišnje u organizaciji studenata Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci. Tijekom tri dana kongresa, sudionici sudjeluju u raznim aktivnostima, uključujući pozvana predavanja, stručna izlaganja, studentske prezentacije i radionice. Cilj kongresa je edukacija sudionika o aktualnim problemima iz područja zaštite zdravlja i prevencije bolesti.



Slika 1 – Sudionici 8. SANITAS-a



Slika 2 – Registracija sudionika

Ovogodišnji SANITAS održavao se od 13. do 15. ožujka. Prvi dan kongresa započeo je pozvanim predavanjem izv. prof. dr. sc. Jasne Bošnjak s Nastavnog zavoda za javno zdravstvo „Dr. Andrija Štampar“ na temu „Uvjeti stavljanja na tržište dodataka prehrani i otkrivanje njihovih patvorina“. Predavanje je pružilo uvid u regulaciju i sigurnost dodataka prehrani, koji se prodaju u različitim oblicima i moraju biti jasno deklarirani prema nacionalnim i EU propisima. Također, upozoreno je na od rizike krivotvorenih proizvoda koji mogu sadržavati nedozvoljene tvari i ugroziti zdravlje potrošača. Dan je završen drugim pozvanim predavanjem izv. prof. dr. Mojce Jevšnik Podlesnik s Fakulteta zdravstvenih znanosti u Ljubljani na temu „Izazovi sigurnosti hrane na razini čovjeka i globalnog sustava zaštite hrane“. Na predavanju se moglo čuti o globalnim izazovima sigurnosti hrane, ulozi ljudskog faktora u prepoznavanju rizika te važnosti kulture sigurnosti hrane. Također su predstavljene „nudging“ tehnike za poticanje etičkog i odgovornog ponašanja u prehrambenom sektoru.



Slika 3 – Predavanje izv. prof. dr. Mojce Jevšnik Podlesnik



Petak, drugi dan kongresa započeo je pozvanim predavanjem dr. sc. Roberta Vianella na temu „Otključavanje tajne života – Nobelova nagrada za kemiju 2024. i uloga umjetne inteligencije u određivanju strukture proteina“. Na predavanju se slušalo o značaju ovog priznanja, napretku u razumijevanju proteinskih struktura te kako umjetna inteligencija doprinosi istraživanjima u ovom području.



Slika 4 – Predavanje dr.sc. Roberta Vianella

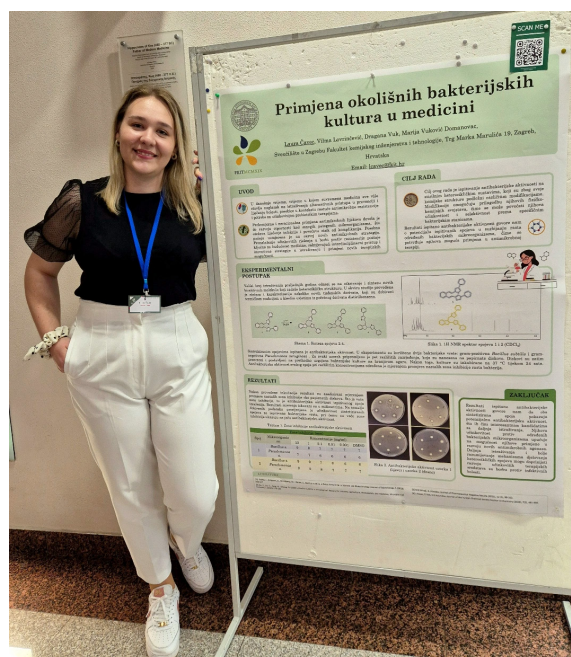
Tijekom dana održane su dvije radionice koje su sudionicima pružile korisna znanja i praktične vještine. Prva radionica, „Debljina – vrijeme za promjenu je sada: interaktivni pristup u prevenciji i liječenju“, bavila se problematikom pretilosti, naglašavajući važnost pravovremene intervencije kroz zdrave životne navike i stručnu podršku. Kroz interaktivne aktivnosti sudionici su imali priliku analizirati faktore rizika i metode prevencije te raspravljati o suvremenim pristupima liječenju.

Druga radionica, „My Skin Quest – analiza kože“, bila je usmjerena na procjenu zdravlja kože s pomoću suvremenih dijagnostičkih metoda. Na početku radionice provjerilo se znanje sudionika o koži lica kroz kviz, dok su na kraju sudionici imali priliku napraviti analizu vlastite kože i saznati više o njezinu stanju, pravilnoj njezi te načinima prevencije potencijalnih problema.



Slika 5 – Poster sekcija

Posljednji dan kongresa započeo je stručnim predavanjem Maje Knapić dipl. sanit. ing. na temu „Sanitarno inženjerstvo u proizvodnji hrane i ugostiteljstvo – iskustvo s radnog mjesta prehrambenog tehnologa“. Osim pasivnog sudjelovanja, studenti s različitih fakulteta imali su priliku i aktivno se uključiti u kongres predstavljajući svoja znanstvena istraživanja. Kroz usmene prezentacije ili postersku sekciju, podijelili su svoja saznanja s kolegama i stručnjacima iz različitih područja, potaknuvši razmjenu ideja i konstruktivne rasprave. Time su doprinijeli interdisciplinarnoj suradnji te stjecanju novih znanja i iskustava koja će im koristiti u daljnjem znanstvenom i profesionalnom razvoju. U sklopu poster sekcije i moja malenkost je predstavila svoj istraživački rad pod nazivom „Primjena okolišnih bakterijskih kultura u medicini“.



Slika 6 – Poster izlaganje „Primjena okolišnih bakterijskih kultura u medicini“

Kongres je završio emotivnim govorima voditelja, organizatora i profesora, koji su izrazili zahvalnost svim sudionicima na njihovom trudu i doprinosu. Istaknuli su važnost ovakvih događanja za razmjenu znanja mladih istraživača i poticanje za daljnja znanstvena istraživanja. Na samom kraju uslijedila je dodjela nagrada za najbolje usmeno i postersko izlaganje, čime su nagrađeni studenti za svoj trud, izvrsnost i doprinos na 8. SANITAS kongresu.

8. Zimska škola kemije u Rijeci

Vilim Boroša (FKIT)

Od nedjelje 23. do petka 28. veljače 2025. u Prirodoslovnoj i grafičkoj školi Rijeka održana je 8. Zimska škola kemije.¹ Ovu inicijativu već godinama vodi prof. dr. sc. Tomislav Portada s ciljem okupljanja svih mladih kemičara i kemijskih entuzijasta iz srednjih škola svih krajeva Hrvatske kako bi proširili svoje kemijske vidike, naučili nešto novo i istražili svoje akademske i karijerne mogućnosti nakon srednje škole.² Na Zimskoj školi sudjelovali su i članovi SSHDKI-ja kao predavači. Na predavanju je bila predstavljena organizacija, projekti i ciljevi, s ciljem poticanja mladih kemičara da se uključe u studentske projekte i inicijative još prije upisa na fakultet. Nastojanje da se aktivni studentski život približi srednjoškolcima pokazalo se usklađenim s idejom same Zimske škole. Ubrzo je postalo jasno da okupljeni srednjoškolci ne usvajaju samo znanstvene koncepte kemije, već i širu sliku o njejoj povezanosti sa svim aspektima svijeta oko nas—znanje koje će im zasigurno koristiti u daljnjim akademskim i profesionalnim avanturama.³

Studentsku sekciju u Rijeci su predstavljali Adrijana Karniš, Laura Glavinić, Nina Ivančić Jokić i Vilim Boroša. Odmah po dolasku, sudionike je dočekaao raznolik i ukusan ručak, koji je pružio priliku za upoznavanje i druženje sa srednjoškolcima, predavačima i profesorom Portadom. Nakon što



Slika 2 – Polaznici 8. Zimske škole kemije u Rijeci i dr. sc. Portada

je ručak završio, započela su predavanja. Prvo je dr. sc. Ivana Brekalo s IRB-a predstavila principe mehanokemije kroz sveobuhvatno predavanje, koje je pružilo uvid u njezin potencijal kao održive i ekonomične alternative za mnoge sintezne procese. Također, predavanje je otvorilo perspektivu o daljnjem razvoju mehanokemije, istaknuvši njezine buduće mogućnosti i prostor za aktivan doprinos ovom području. Sljedeće predavanje održala je studentska sekcija SSHDKI-ja, gdje su srednjoškolcima predstavljeni kemijsko inženjerstvo, kao i način na koji SSHDKI povezuje studente, znanost, fakultete, industriju i tržište.

Sudionici su bili upoznati s konferencijama i događanjima studentske sekcije SSHDKI-ja, poput 'Kemija i inženjerstvo u razvoju lijekova' i 'Studentski kongres o održivoj kemiji i inženjerstvu'. Predstavljeni su i stalni projekti koji tijekom cijele godine služe kao alat za povezivanje i popularizaciju kemije i kemijskog inženjerstva, uključujući 'Boje inženjerstva' i časopis 'Reaktor ideja'. Također, najavljeni su novi projekti u pripremi, a srednjoškolcima su pruženi savjeti vezani uz polaganje državne mature, uz ponudu da se u bilo kojem trenutku mogu obratiti za pomoć ili dodatne informacije.

Nakon ovog izlaganja, uslijedila je kratka pauza tijekom koje je dr. sc. Portada pokazao laboratorij u kojem polaznici Zimske škole primjenjuju temeljne znanstvene metode i koriste opremu prisutnu i na fakultetskoj razini.

Za kraj dana, Leon Lenuzzi Šuper, student kemije na zagrebačkom PMF-u, održao je predavanje o utjecaju kemije i kemijskog inženjerstva na svi-



Slika 1 – Članovi SSHDKI uz dr. sc. Tomislava Portadu i polaznike Zimske škole

jet, s posebnim naglaskom na negativne posljedice neodgovorne primjene. Tema predavanja bio je Thomas Midgley, čiji su izumi – obogaćeno gorivo s olovom i freoni – doveli do ozbiljnih ekoloških problema, uključujući povećane koncentracije olova u atmosferi i uništavanje ozonskog omotača. Ovo predavanje poslužilo je kao podsjetnik na odgovornost koju nosi kemijska znanost—kako u stvaranju napretka, tako i u sprječavanju potencijalnih katastrofa.

Sveukupno, 8. Zimska škola kemije pod vodstvom dr. sc. Portade pokazala se kao vrijedna i uspješna inicijativa. Studentska sekcija SSHDKI-ja raduje se budućim članovima i kolegama iz redova srednjoškolaca koji su sudjelovali na Zimskoj školi. Do sljedeće godine u Rijeci!



Slika 3 – Predavanje o SSHDKI



Slika 4 – Članovi SSHDKI uz dr. sc. Tomislava Portadu i dr. sc. Ivanu Brekalu

Literatura

1. <https://www.pgstri.hr/projekti-skole/zimska-skola-kemije/> (pristup 23.3.2025.)
2. M. Matić, Treća Ljetna škola kemije, Reaktor ideja 4 (1) (2019) 17–18.
3. <https://torpedo.media/novosti-rijeka/zimska-skola-kemije-u-rijeku-dovela-srednjoskolce-iz-citave-hrvatske> (pristup 23.3.2025.)
4. <https://www.novolist.hr/rijeka-regija/rijeka/foto-vrsni-mladi-kemicari-iz-cijele-hrvatske-zimske-ferije-provode-u-rijeckom-laboratoriju/> (pristup 23.3.2025.)

Svjetski dan vode

Paula Šimunić (FKIT)

Svjetski dan voda, koji se obilježava 22. ožujka svake godine još od 1993., posvećen je podizanju svijesti o važnosti pitke vode. Svjetski dan voda slavi vodu i skreće pozornost na 2,2 milijarde ljudi koji žive bez pristupa čistoj i pitkoj vodi. Također se osvještava o poduzimanju radnji koje je potrebno poduzeti za rješavanje globalne krize vode. Temeljni fokus Svjetskog dana voda je podrška postizanju cilja održivog razvoja.¹

Tematsko obilježavanje Svjetskog dana vode

Svake godine UN-Water – UN-ov koordinacijski mehanizam za vodu i sanitaciju postavlja temu Svjetskog dana voda.¹ Tema ovogodišnjeg Svjetskog dana voda je „Očuvanje ledenjaka“ kako bi se naglasila važnost zaštite smrznute vode kao resursa za budućnost. Ledenjaci (glečeri) ključni su za život jer voda koja nastaje njihovim otapanjem osigurava pitku vodu, održava ekosustave te se koristi u poljoprivredi, industriji i proizvodnji „čiste“ energije. Brzo topljenje ledenjaka ima ozbiljan utjecaj na ljude i planet, stoga je nužno udružiti napore u borbi protiv klimatskih promjena i globalne krize vode. Ledenjaci se brže tope zbog klimatskih promjena, smanjujući se i uzrokujući nepredvidive promjene u vodenom ciklusu, što dovodi do ekstremnih vremenskih uvjeta. Očuvanje ledenjaka postaje ključno za opstanak. Smanjenje emisije stakleničkih plinova i održivo upravljanje vodama mogu ublažiti posljedice. U 2023. ledenjaci su izgubili više od 600 gigatona vode, najviše u posljednjih 50 godina.²

Gdje mi stojimo?

Hrvatska ima najviše zaliha pitke vode po glavi stanovnika. Istraživanje Eurostata iz 2019. godine pokazuje da Hrvatska ima najviše zaliha pitke vode po glavi stanovnika u EU-u (s dugoročnim prosjekom od 27.330 m³ po stanovniku), dok je UNESCO-ovo izvješće o dostupnosti vode i bogatstvu izvora Hrvatsku smjestilo među prvih 5 u Europi i među 40-ak zemalja svijeta najbogatijih vodom. Iako Hrvatska ima obilje čiste i pitke vode, diljem svijeta 74 milijuna ljudi u svijetu prerano umire zbog nekvalitetne vode. Svjetska zdravstvena organizacija procjenjuje da godišnje, zbog bolesti povezanih s nekvalitetnom vodom,



Slika 1 – Ledenjak⁵

sanitarnim uvjetima i higijenom, umre gotovo milijun i pol ljudi. Za čak 74 milijuna, nekvalitetna voda i sanitarni uvjeti uzrok su prerane smrti.³

Kako možemo pomoći?

Nemojte dopustiti da vaša potrošnja vode izmakne kontroli. Možete uštedjeti čak 6 litara vode u minuti zatvaranjem slavine dok perete zube. Provedite manje vremena tuširajući se ili kupajući; svaka minuta koju provedete pod snažnim tušem može potrošiti do 17 litara vode. Osim toga, možete zamijeniti svoju glavu tuša s učinkovitijom, čime biste ujedno uštedjeli vodu i novac na svom računu. Pranje rublja ili suđa u punoj perilici troši manje vode i energije nego 2 polovična punjenja, perite svoje rublje i suđe samo kada je perilica u potpunosti puna. Ako volite provoditi vrijeme u svojem vrtu ili dvorištu, počnite skupljati kišnicu za zalijevanje svojih biljaka. Tako ćete uštedjeti vodu i vaše će biljke biti sretnije!⁴



Slika 2 – Slavina iz koje teče voda

Literatura

1. <https://www.unwater.org/our-work/world-water-day> (pristup 23. 3. 2025.)
2. <https://vzaktualno.hr/svjetski-dan-voda-2025/> (pristup 23. 3. 2025.)
3. <https://civilna-zastita.gov.hr/vijesti/svjetski-dan-voda-7852/7852> (pristup 23. 3. 2025.)
4. <https://friendsoftheearth.uk/sustainable-living/13-best-ways-save-water> (pristup 23. 3. 2025.)
5. <https://www.zagreb.info/vijesti/krenuo-ledenjaka-veci-od-londona-znanstvenici-doslo-je-vrijeme/570654/> (pristup 23. 3. 2025.)



Što je kružno gospodarstvo?

Lea Raos (FKIT)

Kružno gospodarstvo predstavlja model proizvodnje i potrošnje koji se temelji na ponovnoj upotrebi, obnovi, reciklaži i dijeljenju postojećih proizvoda i materijala. Cilj je produljiti njihov životni ciklus i smanjiti otpad, čime se omogućava dugotrajnija upotreba resursa.

U praksi, to rezultira smanjenjem otpada na minimalnu razinu. Kada proizvod dosegne kraj svog životnog vijeka, materijali se recikliraju. Recikliranje materijala provodi se kad god je to moguće kako bi se produljila njihova upotreba.¹ Ovi materijali mogu se koristiti iznova i iznova, čime se stvara dodatna vrijednost.

Time se prelazi na kružni model, koji zamjenjuje tradicionalni linearni pristup u kojem se proizvodi odbacuju nakon upotrebe. Kružno gospodarstvo može doprinijeti rješavanju dva ključna problema – ograničenosti resursa i klimatskih promjena.²

Europska komisija je u ožujku 2020. godine, kao dio Zelenog plana i u skladu s novom industrijskom strategijom, predstavila novi Akcijski plan za kružno gospodarstvo. Plan obuhvaća prijedloge za održiviji dizajn proizvoda, smanjenje otpada i osnaživanje građana. Poseban naglasak stavljen je na resursno intenzivne sektore poput elektronike, informatičke i komunikacijske tehnologije, plastike, tekstila i građevinske industrije.^{1,2}

U veljači 2021. godine, Parlament je usvojio novi Akcijski plan za kružno gospodarstvo i pozvao na dodatne mjere za postizanje ugljično neutralnog, ekološki održivog, netoksičnog i potpuno kružnog gospodarstva do 2050. godine. To uključuje stroža pravilazarecikliranjeiobvezujućeciljeveuvezisupotrebom i potrošnjom materijala do 2030. godine.¹

Zaključno, kružno gospodarstvo doprinosi smanjenju otpada i produljenju životnog ciklusa proizvoda kroz ponovnu upotrebu, reciklažu i obnovu materijala. Ovaj pristup omogućava dugotrajniju upotrebu resursa i smanjuje negativan utjecaj na okoliš, čime se smanjuje potreba za eksploatacijom novih sirovina.

Također, potiče ekonomski rast, inovacije i otvara nova radna mjesta. Uvođenjem održivijih proizvodnih praksi i smanjenjem ovisnosti o sirovinama, ovaj model pridonosi i stabilnosti tržišta, smanjujući rizike povezane s cijenama i opskrbom sirovina.





Model kružnog gospodarstva:
manje sirovina, manje otpada, manje štetnih emisija



Izvor: Služba Europskog parlamenta za istraživanja



Slika 1 – Model kružnog gospodarstva¹

Literatura

1. <https://www.europarl.europa.eu/topics/hr/article/20151201STO05603/kruzno-gospodarstvo-definicija-i-koristi-koje-donosi> (pristup 24. 3. 2025.)
2. <https://www.fzoeu.hr/kruzno-gospodarstvo-7659> (pristup 24. 3. 2025.)

Zanimljivosti o broju π

Prvih 100 znamenaka broja Pi su 3.1415926535 8979323846
2643383279 5028841971 6939937510 5820974944 5923078164
0628620899 8628034825 3421170679

Naziva se i
Arhimedova
konstanta ili
Ludolfov broj, a
definira se kao
odnos opsega i
promjera kruga.

Dan broja Pi
obilježava se
14. ožujka.

Pi je iracionalan broj, što znači
da se ne može zapisati kao
razlomak dvaju cijelih brojeva i
ima beskonačan,
neponavljajući decimalni zapis.

Godine 1949., prvo
elektroničko računalo
ENIAC izračunalo je prvih
2.037 decimalnih mjesta
broja Pi, a za to mu je
trebalo oko 70 sati.

Pi je i
transcendentan
broj, što znači da
se ne može dobiti
kao rješenje bilo
koje algebarske
jednadžbe s
racionalnim
koeficijentima.

14. ožujka 1879. godine rođen je Albert
Einstein, jedan od najvećih fizičara
svih vremena. Na ovaj se datum
obilježava i obljetnica smrti još jednog
velikog fizičara, Stephena Hawkinga,
koji je preminuo 2018. godine.

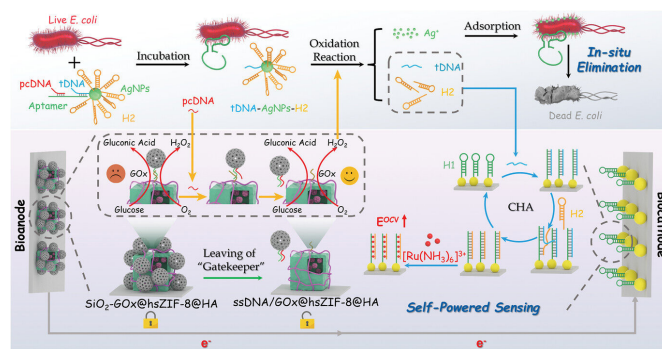
Tara P. Dominković (FKIT)

Samonapajajući biosenzor koji otkriva i uništava bakterije u uzorcima vode

Sanda Keškić (FKIT)

U svijetu gdje antibiotska rezistencija postaje sve veći problem, znanstvenici su razvili inovativni biosenzor koji ne samo da prepoznaje prisustvo bakterija, već ih i autonomno uništava – i to bez potrebe za vanjskim izvorom energije.

Ova tehnologija, koja spaja biosenzorske sustave, nanomaterijale i bioelektroniku, mogla bi značajno smanjiti rizik od infekcija u medicini, prehrambenoj industriji i sustavima za obradu vode. Dok svjetska populacija nastavlja rasti, znanstvenici traže načine za održavanje tolikog broja ljudi. Jedno od područja koje izaziva zabrinutost je sigurna pitka voda, posebno u regijama koje nemaju sofisticirane uređaje za pročišćavanje vode. U ovom novom pokušaju, tim u Kini razvio je biosenzor koji bi se, u teoriji, mogao koristiti u zemljama u razvoju kako bi voda bila sigurna za piće.²



Slika 1 – Shematska ilustracija samonapajajućeg biosenzora na bazi EBFC-a za detekciju i in situ eliminaciju *E. coli* na temelju šupljih MOF nanoreaktora u kombinaciji s CHA pojačanjem

Biosenzor koristi napredne mehanizme za samonapajanje, poput bakterijskih gorivnih ćelija koje generiraju električnu energiju koristeći metaboličke procese samih mikroorganizama. Alternativno, energija može dolaziti iz piezoelektričnih materijala koji pretvaraju mehaničke vibracije ili pokrete u električnu struju ili iz fotonaponskih komponenti koje koriste svjetlosnu energiju.¹

Jednom kada senzor detektira prisutnost bakterija pomoću specijaliziranih bioreceptora, aktivira se mehanizam za njihovo uništavanje. Ovisno o dizajnu, ovaj proces može uključivati ispuštanje antimikrob-



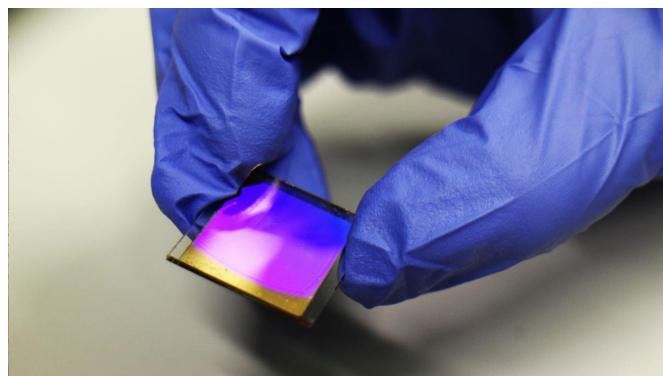
nih peptida, generiranje električnih impulsa koji narušavaju stanične membrane bakterija ili korištenje fototermalne terapije, pri čemu se nanomaterijali zagrijevaju i uništavaju patogene.³ Kako bi riješili izazov stabilnosti i učinkovitosti, istraživači su razvili biosenzor s tri ključne komponente.

Prva komponenta uključuje enzimsku gorivnu ćeliju koja omogućuje napajanje uređaja. Enzimi unutar ćelije pokreću kemijske reakcije koje generiraju električnu energiju čim senzor dođe u kontakt s uzorkom vode. Kako bi osigurao dugotrajnu stabilnost, tim je ovu ćeliju smjestio unutar šupljeg metalno-organskog okvira. Druga komponenta temelji se na aptamerima, specijalnim DNK lancima dizajniranim za vezanje uz vanjski sloj bakterije *E. coli*, omogućujući preciznu detekciju patogena. Treća komponenta odgovorna je za eliminaciju bakterija. Aktivacijom nanočestica srebra dolazi do oksidacije, pri čemu se stvara vodikov peroksid koji učinkovito uništava patogene.²

Ova tehnologija mogla bi transformirati različite sektore. U medicini, pametni zavoji s ugrađenim biosenzorima mogli bi smanjiti rizik od infekcija kod pacijenata s kroničnim ranama. U prehrambenoj industriji, senzori ugrađeni u ambalažu mogli bi detektirati i neutralizirati patogene prije nego što hrana dođe do potrošača. U sustavima za vodoopskrbu, senzori bi mogli prepoznati i eliminirati bakterije u realnom vremenu, osiguravajući sigurnu vodu za piće. Testiranja su pokazala da je biosenzor sposoban otkriti bakteriju *E. coli* i pri izuzetno niskim koncentracijama, dok je njegova učinkovitost u uništavanju bakterija iznosila 99,9% unutar samo nekoliko sati.

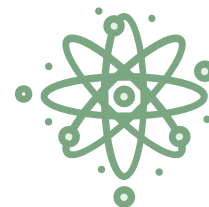
Osim toga, senzor je pokazao sposobnost razlikovanja različitih vrsta mikroorganizama, što otvara mogućnost njegove prilagodbe za borbu protiv drugih bakterijskih prijetnji. Kada je testiran na uzorcima morske vode, senzor je imao visoku stopu oporavka, u rasponu od 91,06% do 101,9%, i ostao funkcionalan i nakon pet ciklusa korištenja. Dodatno, biosenzor bi mogao igrati ključnu ulogu u analizi kvalitete vode

u rijekama, jezerima i drugim prirodnim izvorima, omogućujući brzo otkrivanje i uklanjanje štetnih mikroorganizama prije nego što dovedu do kontaminacije okoliša ili ugroze ljudsko zdravlje.



Slika 2 – Biosenzor

Samonapajajući biosenzor predstavlja značajan iskorak prema pametnijim, učinkovitijim i ekološki prihvatljivijim metodama suzbijanja bakterijskih infekcija. U eri sve veće otpornosti bakterija na antibiotike, ovakve inovacije mogle bi igrati ključnu ulogu u zaštiti zdravlja ljudi i osiguranju higijenskih standarda u svakodnevnom životu. Iako se ova tehnologija još uvijek nalazi u fazi istraživanja, znanstvenici su optimistični da bi uskoro mogla postati sastavni dio medicinskih i industrijskih sustava. Svijet u kojem su bakterijske infekcije pod kontrolom možda više nije samo znanstvena fantastika, već budućnost koja nam je sve bliža.



Literatura

1. <https://advanced.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/adfm.202420480> (pristup 20.3.2025.)
2. <https://phys.org/news/2025-03-powered-biosensor-bacteria-samples.html> (pristup 20.3.2025.)
3. <https://interestingengineering.com/innovation/self-powered-biosensor-kills-bacteria-water-safe> (pristup 20.3.2025.)



Koliko mikroplastike udišemo?

Toma Premec (FKIT)

Mikroplastika, definirana kao plastične čestice manje od 5 mm, sastoji se od ugljikovih i vodikovih atoma povezanih u lance polimera. Njezina prisutnost u okolišu, zraku, hrani i vodi postala je veliki problem za zdravlje čovjeka. Najnovija istraživanja ukazuju na zabrinjavajuće podatke o unosu mikroplastike putem disanja.¹



Slika 1 – Izgled mikroplastike²

Prema istraživanju objavljenom na portalu *SciTechDaily*, ljudi godišnje mogu udahnuti oko 16,2 sitnih plastičnih čestica na sat tj. 114 000 čestica godišnje. Te čestice dolaze iz različitih izvora poput odjeće, prašine i ambalaže. Istraživači upozoravaju na potencijalne zdravstvene rizike jer se mikroplastika može nakupljati u plućima, što povećava zabrinutost za dugoročne posljedice po dišni sustav. Uz to, prosječna osoba godišnje konzumira najmanje 50 000 mikroplastičnih čestica hranom i pićem te dodatnih 50 000 čestica putem disanja. Ove brojke mogu biti i veće jer su istraživanja obuhvatila samo određene proizvode, dok mnogi drugi izvori nisu analizirani.^{2,3}

U urbanim sredinama čestice mikroplastike prisutne su u velikoj količini, a glavni izvori mikroplastike su automobiliske gume, sintetička odjeća i industrijski procesi. Trošenjem guma tijekom vožnje dolazi do oslobađanja mikroplastike koja završava u zraku, pranje sintetičke tkanine uzrokuje oslobađanje mikrovlakana, a tijekom industrijskih procesa proizvodnje i obrade plastike može doći do emitiranja mikroplastike u zrak.²

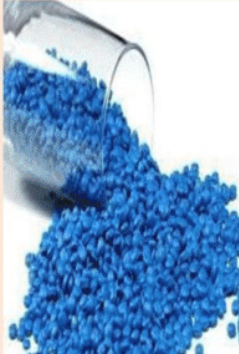
Iako je poznato da mikroplastika može ispuštati toksične tvari, njezin točan utjecaj na ljudsko zdravlje još uvijek nije u potpunosti istražen. Neke čestice su toliko sitne da mogu prodrijeti u ljudsko tkivo, potencijalno izazivajući imunološke reakcije. Dugoročne posljedice udisanja mikroplastike još su nepoznate, ali znanstvenici upozoravaju na potrebu za daljnjim istraživanjima kako bi se razumjeli potencijalni rizici.³

Kako bi se smanjila izloženost mikroplastici, preporučuje se: smanjenje upotrebe plastičnih boca (voda u bocama sadrži više mikroplastike u usporedbi s vodom iz slavine), korištenje prirodnih materijala (npr. pamuk i vuna kako bi se smanjilo oslobađanje mikrovlakana tijekom pranja) i podržavanje inicijative za smanjenje plastike.^{2,3}



Slika 2 – Mikroplastika u moru⁴

Iako su potrebna dodatna istraživanja kako bi se potpuno razumio utjecaj mikroplastike na ljudsko zdravlje, već sada možemo poduzeti mjere za smanjenje izloženosti i zaštitu našeg zdravlja.

< 5 mm	< 2.5 cm	>2.5 cm	>1 m
Mikro	Makro	Mezo	Mega
			

Slika 3 – Klasifikacija plastičnog otpada prema veličini⁵



Literatura

1. <https://www.britannica.com/technology/microplastic> (pristup 20.3.2025.)
2. <https://scitechdaily.com/how-much-plastic-are-you-breathing-scientists-issue-urgent-warning/> (pristup 20.3.2025.)
3. https://www.nacional.hr/prosjecan-covjek-godisnje-konzumira-oko-50-000-mikroplasticnih-cestica/?utm_source=chatgpt.com (pristup 20.3.2025.)
4. <https://www.indiatoday.in/science/story/microplastic-pollution-oceans-nasa-marine-ecosystem-1820807-2021-06-29> (pristup 20.3.2025.)
5. Y. Loganathan, M. P. J. Kizhakedathil, A Review on Microplastics -An Indelible Ubiquitous Pollutant, Biointerface Research in Applied Chemistry, 13(2)(2023)126

Stvoren novi hidrogel od Malva oraha sa širokom primjenom u medicini

Emma Beriša (FKIT)

Malva orah je plod stabla Malva koje pretežito raste u Vijetnamu. Plodovi se beru i suše od travnja do lipnja, a poznati su po svojim brojnim blagotvornim svojstvima. Sastoji se od topivih i netopivih vlakana, kalcija, željeza, vitamina B, šećera, masti te škroba. Glavni učinci Malva oraha su regulacija rada crijeva, sprječavanje zatvora, liječenje upale grla (porijeklom iz Kine) te suhog kašlja.¹

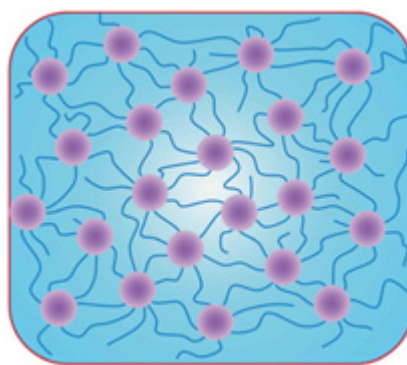


Slika 1 – Drvo Malva oraha⁴

Nova istraživanja pokazuju kako se Malva orah može koristiti kao hidrogel za biomedicinsku uporabu. Istraživanja su provedena na kemijskom odjelu Sveučilišta u Chicagu.²

Upravo zbog svojstva bubrenja u vodi, uspješno se koriste kao hidrogelovi. Hidrogel se sastoji od mreža hidrofilnih polimernih lanaca i vode (kapljevitoj konstituenta). Vrlo su zastupljeni u medicini zbog svojstva upijanja vode te velike kom-

patibilnosti s ljudskim tkivom. Doktor znanosti Changxu Sun izjavio je kako još nije viđen orašasti plod koji toliko bubri u vodi. Hidrogelovi se još koriste u sustavima za isporuku lijekova, implantabilnoj bioelektronici poput srčanih stimulatora, popravku tkiva te EKG-u.^{2,3}



Slika 2 – Struktura hidrogela⁵

U tradicionalnoj kineskoj medicini Malva orah poznat je kao *Pangdahai*. Ovalnog je oblika, širine 1 cm, a u vodi se može proširiti oko 8 puta u volumenu i 20 puta u težini. Za usporedbu, riža u vodi nabubri oko 3 puta u volumenu, a chia sjemenke oko 10 puta u volumenu.²



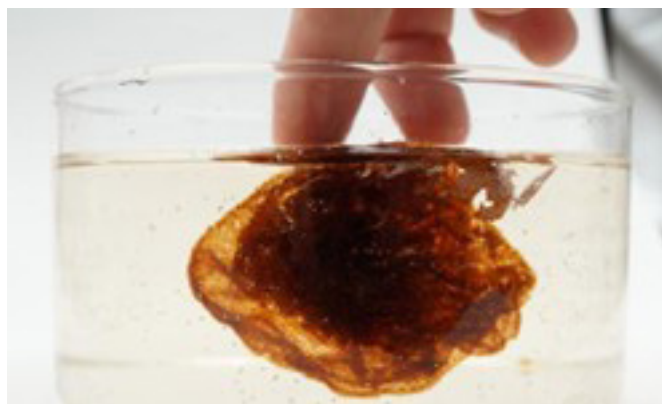
Slika 3 – Plod Malva oraha⁶

Svojstva bubrenja Malva oraha zvuče vrlo fascinantno, no kako bi se koristili u medicini, potrebno je više posla od samog otapanja u vodi. Prvo se moraju usitniti u mikseru, zatim centrifugirati kako bi se ekstrahiralo što više ekspandiranog polisaharida hidrokoloida. Također se na taj način

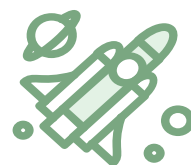
uklanja tvrdi strukturni lignin koji je zaslužan za ljusku Malva oraha. Zamrzavanjem se uklanja višak vode.²

Hidrogelovi na bazi Malva oraha pokazuju vrhunsku izvedbu te bi mogli biti vrlo korisni u medicini, ne samo zbog izvrsnih svojstava i prirodnog izvora, već i ekonomičnosti.²

Kao zaključak, smatra se kako Malva orah ima velikih potencijala i mogao bi pokazati odlične učinke u medicini, posebice u dijelovima Azije gdje drvo Malva oraha raste. Zbog svoje ekonomičnosti, bio bi odlična alternativa brojnim skupljim i sintetiziranim materijalima za medicinske svrhe. Biljke nude brojne pozitivne učinke te pokazuju velik potencijal u medicinske i biomedicinske svrhe.²



Slika 4 – Bubrenje Malva oraha u vodi⁷



Literatura

1. <https://elmarispices.com/what-are-the-uses-of-malva-nut/> (pristup 20.03.2025.)
2. <https://phys.org/news/2025-02-material-tree-nuts-broad-medical.html> (pristup 21.03.2025.)
3. <https://hrcak.srce.hr/file/101718> (pristup 21.03.2025.)
4. <http://www.ntfp-cambodia.org/malva-nut-trees-which-located-in-cambodia-ratanakiri-province-are-divided-into-three-categories-based-on-community-discussion/> (pristup 22.03.2025.)
5. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/87559129.2020.1858313> (pristup 22.03.2025.)
6. <https://elmarispices.com/what-are-the-uses-of-malva-nut/> (pristup 22.03.2025.)
7. <https://www.cbsnews.com/chicago/news/waste-nut-herbal-teas-hydrogel-uchicago-scientists/> (pristup 22.02.2025.)

PROTAC – inovativna inhibicija

Kristian Košan (FKIT)

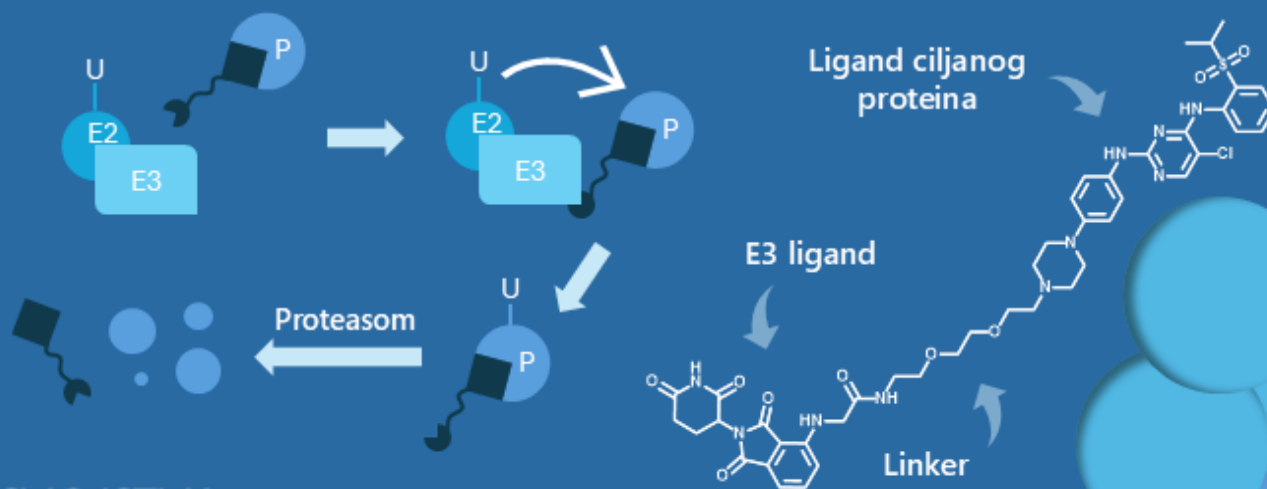


PROTAC-i (kimere koje usmjeravaju ciljanu proteolizu) heterobifunkcionalni su spojevi korišteni za ciljanu razgradnju proteina.

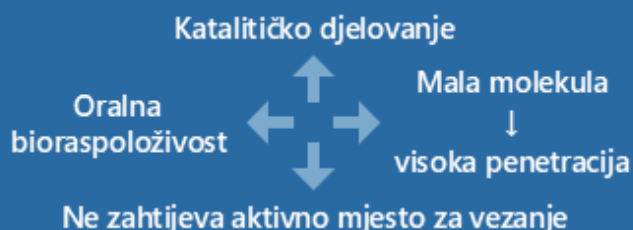
Proteini sudjeluju u mnogim bolestima i mete su djelovanja lijekova. Pri razvoju lijeka susreću se proteini za koje se teže dizajnira ligand aktivnog mjesta.



Ciljana degradacija proteina jedan je od načina rješavanja problema zahtjevnih meta. Recikliranje proteina prirodno započinje označavanjem ubikvitinom što je svrha kompleksa E3 i E2 ligaze. Nakon vezanja proteina na E3 ligazu, E2 ligaza označava protein ubikvitinom koji je ključan da ga proteasom prepozna i razgradi. PROTAC-i prisiljavaju interakciju ligaze i proteina pri čemu se događa ubikvitinacija koja se inače ne bi dogodila prirodnim putem na tom proteinu.



SVOJSTVA



DO 2022. GODINE VIŠE
OD 20 PROTACA-A U
KLINIČKIM
ISTRAŽIVANJIMA



LITERATURA

- [1] Zografou-Barredo, N. A., Hallatt, A. J., Goujon-Ricci, J., Cano, C., A beginner's guide to current synthetic linker strategies towards VHL-recruiting PROTACs, *Bioorg. Med. Chem.*, 88-89 (2023)
- [2] Liu et. al., An overview of PROTACs: a promising drug discovery paradigm, *Molecular Biomedicine*, 3 (2022)
- [3] Wang et. al., Annual review of PROTAC degraders as anticancer agents in 2022, *Eur. J. Med. Chem.*, 267 (2024)

SIMPOZIJ O ODRŽIVOJ HRANI I INOVACIJAMA



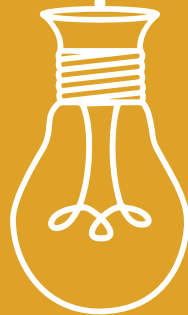
Prehrambeno-biotehnološki
fakultet

PROBION.
Students' Association of Faculty of Food technology and Biotechnology



26

TRAVANJ



BOJE INŽENJERSTVA

Održivost vodikove ekonomije

Lana Grlić (FKIT)

Jedan od glavnih izazova današnjeg svijeta je pronalazak održivih i čistih energetske rješenja. U tom kontekstu, vodik se ističe kao svestrani nositelj energije koji ima potencijal značajno doprinijeti dekarbonizaciji gospodarstva. Riječ je o najrasprostranjenijem elementu u svemiru, koji čini otprilike tri četvrtine sve normalne materije. No, postavlja se ključno pitanje: odakle dobivamo vodik?

Prirodna geološka nalazišta čistog vodika na Zemlji su rijetka. Većina dostupnog vodika vezana je u spojevima, najčešće u vodi (H_2O) i metanu (CH_4). Da bi se vodik dobio u čistom plinovitom obliku, potrebno je razbiti kemijske veze, što zahtijeva dodatnu energiju. Zbog toga vodik nije izvor energije, već medij za njezino skladištenje i prijenos – energija se koristi za proizvodnju vodika, koji se zatim može transportirati i upotrijebiti ondje gdje je potrebna.

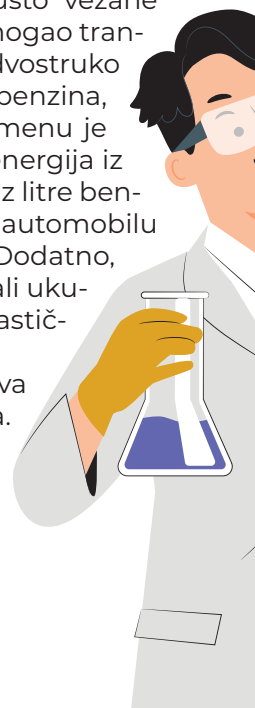
Vodik se može koristiti u brojnim kemijskim, toplinskim i električnim primjenama – za grijanje, kao gorivo u prometu ili kao sirovina u industriji. No, za razliku od energije Sunca ili vjetra, vodik ne

dolazi „gotov” iz prirode – mora se proizvesti. Jedna od glavnih metoda je elektroliza, proces kojim se električna struja propušta kroz vodu kako bi se molekule razdvojile na vodik i kisik. Plinoviti vodik se zatim pročišćava, komprimira i skladišti, dok se kisik može ispustiti ili iskoristiti u druge svrhe.

Kada se za elektrolizu koristi električna energija iz obnovljivih izvora (poput solarne ili energije vjetra), proizvod naziva se zeleni vodik jer ne emitira stakleničke plinove prilikom proizvodnje. Ipak, proizvodnja zelenog vodika u velikim razmjerima zahtijeva značajne količine energije i prirodnih resursa, što otvara pitanja o dugoročnoj isplativosti i održivosti takve vrste vodika.¹

Budući da je vodik najlakši element – čak 14 puta lakši od zraka – teško ga je transportirati u plinovitom stanju pri atmosferskom tlaku. Zbog toga se najčešće komprimira na visoki tlak (npr. 700 bar), ukapljuje ili pretvara u gusto vezane spojeve poput amonijaka kako bi se mogao transportirati.² Međutim, iako vodik ima dvostruko veću energetske gustoću po masi od benzina, njegova energetske gustoća po volumenu je znatno niža. Primjerice, pri 700 bara energija iz litre vodika iznosi tek oko šestine one iz litre benzina, što znači da je za istu udaljenost automobilu potrebno više vodika nego benzina. Dodatno, spremnici za vodik su teži i masivniji, ali ukupna razlika u težini vozila ipak nije drastična.

Tehnologija gorivnih ćelija nije nova – poznata je već više od 180 godina. Prvu vodikovu gorivnu ćeliju razvio je William Grove 1839. godine, a značajan napredak ostvaren je 1960-ih, kada su inženjeri iz General Electrica





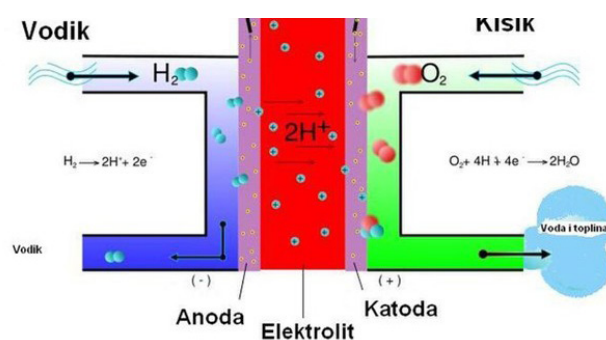
Slika 1 – Spremnik za zeleni vodik³

razvili membranu za izmjenu protona (engl. *polymer-electrolyte membrane*, PEM), koja omogućuje kontrolirano odvijanje reakcije između vodika i kisika. Ova tehnologija brzo je prepoznata i korištena u NASA-inim svemirskim misijama Gemini i Apollo. Iako su vodikove gorivne ćelije prisutne su već dugo vremena, nikada nisu bile osobito popularne niti ekonomski opravdane – za njima jednostavno nije bilo potrebe, jer su fosilna goriva znatno praktičnija.⁴

Danas, s obzirom na klimatske promjene i potrebu za smanjenjem emisija, vodik ponovo dolazi u fokus. Tvrtke poput Hyundaija i Toyote proizvode automobile na vodik preko deset godina. Kada se koristi u gorivnim ćelijama, nusproizvod je samo vodena para, bez emisije CO₂, dušikovih oksida ili štetnih čestica. Stoga, vodik ima veliki potencijal za dekarbonizaciju sektora prometa, osobito u segmentima gdje je elektrifikacija otežana – kao što su teška vozila, brodovi i zrakoplovi.

Međutim, vodikova ekonomija suočava se s izazovima. Istraživanje objavljeno u časopisu Nature Communications pokazalo je da će do 2050. manje od 50% globalne potražnje za vodikom moći biti zadovoljeno korištenjem obnovljive energije iz vlastitih izvora.¹ Regije s visokom gustoćom naseljenosti i ograničenim prirodnim resursi-

ma – primjerice Europa, Bliski istok i dijelovi Azije – vjerojatno će ovisiti o uvozu vodika. Proizvodnja vodika natječe se s poljoprivredom, urbanim razvojem i korištenjem zemljišta za zaštitu okoliša. Osim toga, dostupnost slatke vode za elektrolizu je ograničavajući čimbenik u mnogim područjima i može zahtijevati razvoj alternativnih tehnologija, kao što je elektroliza morske vode, koja je još u fazi ispitivanja.



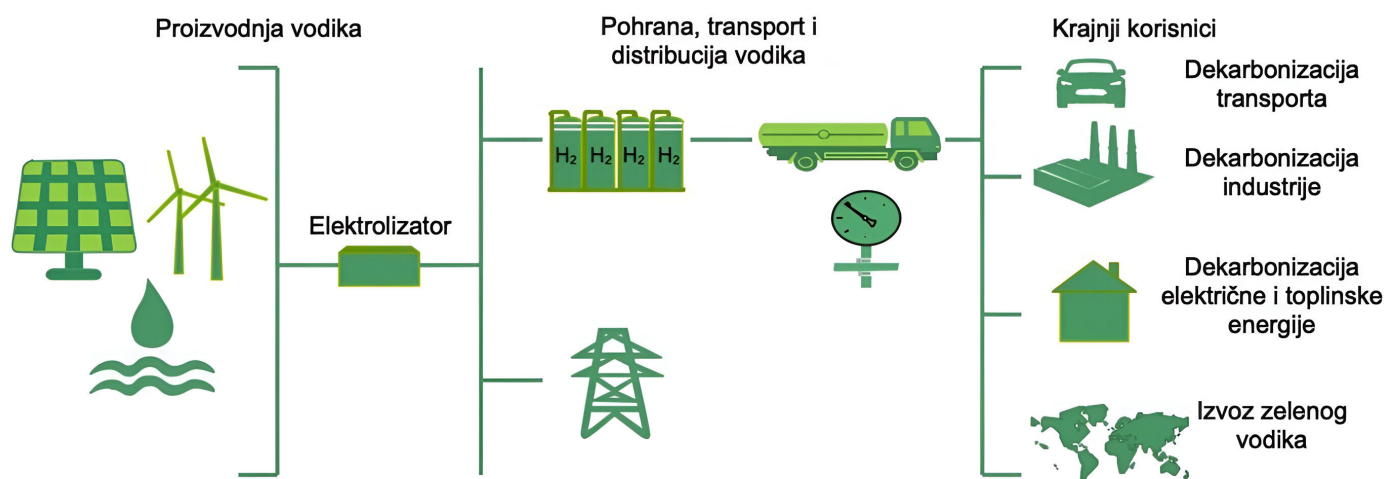
Slika 2 – Vodikova gorivna ćelija⁵

Dok se neke zemlje suočavaju s izazovima u proizvodnji vodika, druge imaju bogate zemljišne i vodene resurse, što ih čini idealnim za izvoz vodika. Te regije uključuju južnu i središnju istočnu Afriku, zapadnu Afriku, Južnu Ameriku (kao što su Argentina i Brazil), Kanadu i Australiju. Imaju izdašne obnovljive resurse, velike količine zemljišta i nisku gustoću naseljenosti, zbog čega regije

imaju potencijal postati izvoznici vodika, stvarajući međunarodne energetske tokove slične današnjoj trgovini naftom i plinom.

Visoki troškovi proizvodnje, skupa infrastruktura (cjevovodi, skladišta), energetske gubici pri proizvodnji vodika te izazovi u transportu i distribuciji ostaju ključne prepreke. Razvoj infrastrukture koja bi podržavala vodik kao gorivo skup je i vrlo složen proces. Zbog toga je za uspjeh vodikove ekonomije nužno globalno strateško planiranje, ulaganje u infrastrukturu i nove tehnologije (poput elektrolize morske vode ili nuklearne elektrolize), kao i razvoj međunarodnih trgovinskih sporazuma.¹

Kako bi se osigurala održivost vodikove ekonomije, ključna je globalna suradnja, strateško planiranje i ulaganje u infrastrukturu za transport vodika. Zemlje s ograničenim resursima trebale bi razviti međunarodne trgovinske sporazume i ulagati u alternativne metode proizvodnje, poput nuklearne elektrolize i tehnologije pretvaranja otpada u vodik. Tehnološki napredak, kao što su poboljšanja učinkovitosti elektrolize i inovacije u skladištenju i transportu vodika, bit će ključni za široku upotrebu vodika u industriji i transportu. Uspjeh vodikove ekonomije ovisi o odgovornom planiranju, ulaganju u tehnologiju i međunarodnoj suradnji. Budućnost vodika leži u uravnoteženju energetske potrebe i zaštite okoliša, osiguravajući dobrobiti za ljude i planet.



Slika 3 – Zelena vodikova ekonomija⁶

Literatura

1. Tonelli, D., Rosa, L., Gabrielli, P., Caldeira, K., Parente, A., Contino, F. (2023). Global land and water limits to electrolytic hydrogen production using wind and solar resources. *Nature Communications*, 14(1), 5532.
2. Carnegie Institution for Science. (2023, March 20). Predicting the sustainability of a future hydrogen economy. Carnegie Science.
3. <https://heet-bih.com/green-energy-back-in-vogue-in-south-africa-amid-state-utility-woes/> (pristup 20.03.2025.)
4. Tseng, P., Lee, J., Friley, P. (2005). A hydrogen economy: opportunities and challenges. *Energy*, 30(14), 2703-2720.
5. https://hr.wikipedia.org/wiki/Vodikova_ekonomija (pristup 20.03.2025.)
6. <https://www.zakon.hr/c/podzakonski-propis/52084/nn-40-2022-%2831.3.2022.%29%2C-hrvatska-strategija-za-vodik-do-2050.-godine> (pristup 20.03.2025.)

Katalitičko krekiranje

Ana Boltek (FKIT)

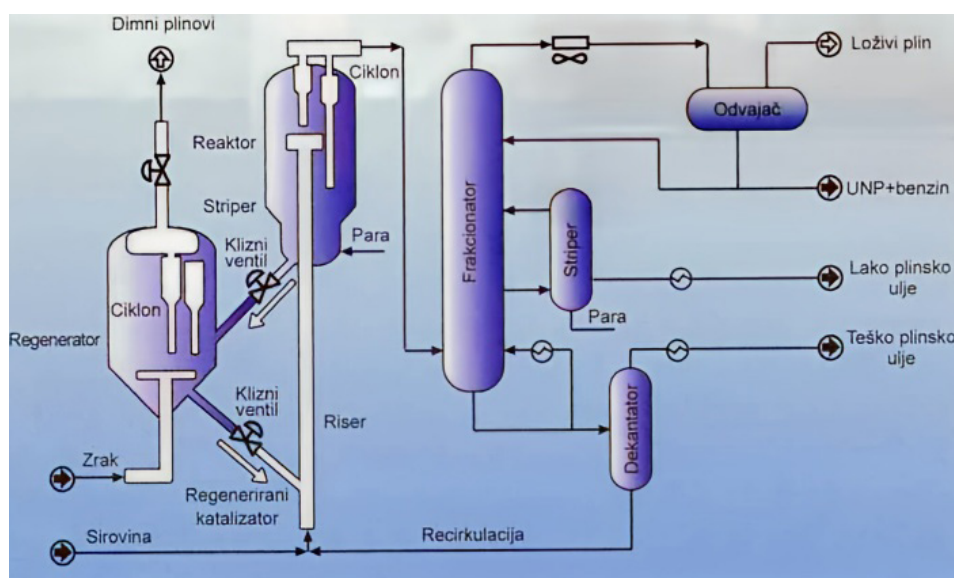
Naftna i petrokemijska industrija imaju ključnu ulogu u globalnoj opskrbi energijom i sirovinama za širok raspon proizvoda. Prerada sirove nafte omogućuje dobivanje različitih komercijalno vrijednih frakcija koje se koriste kao goriva i petrokemijske sirovine. Glavni proizvodi rafinerijske prerade uključuju benzin, dizelsko gorivo, mlazno gorivo, kerozin i ukapljeni naftni plin.

Kako bi se povećala iskoristivost teških frakcija sirove nafte i poboljšala kvaliteta krajnjih proizvoda, primjenjuju se sekundarni procesi prerade, među kojima je katalitičko krekiranje jedan od najvažnijih. Ovaj proces omogućuje pretvorbu težih naftnih frakcija s višim vrelištem u lakše i korisnije proizvode visoke vrijednosti. Osim za povećanje prinosa goriva, katalitičko krekiranje je nezamjenjiv izvor olefina poput propilena i butena, kao i aromatskih ugljikovodika, koji se koriste kao osnovne sirovine u petrokemijskoj industriji, posebice u proizvodnji polimera.

Katalitičko krekiranje se provodi u postrojenjima s vrtložnim (fluidiziranim) slojem kataliza-

tora (engl. *Fluid Catalytic Cracking*, FCC). Ulazna sirovina, obično teško plinsko ulje, zagrijava se i dovodi u reaktor gdje u kratkom kontaktu s finim česticama katalizatora dolazi do razgradnje molekula. Kao katalizatori koriste se sintetički zeoliti koji ubrzavaju reakciju, smanjuju udio sporednih reakcija (npr. stvaranje koksa) i usmjeravaju reakciju prema nastajanju željenih proizvoda odgovarajućih svojstava, prvenstveno benzina visokog oktanskog broja.¹ Proces se odvija na temperaturama od oko 500 °C, pod blago povišenim tlakom i uz izuzetno kratko vrijeme kontakta, od svega 2 do 4 sekunde. Radna temperatura, trajanje reakcije i količina katalizatora imaju najveći utjecaj na distribuciju produkta tijekom katalitičkog krekiranja sirovine.² Katalizator kontinuirano kruži između reaktora i regeneratora, gdje se naslage koksa uklanjaju spaljivanjem.

Produkt katalitičkog krekiranja – efluent – odvodi se u frakcionator, gdje se razdvaja prema vrelištu na više frakcija: benzin, lako plinsko ulje, teško plinsko ulje, butan i lakše ugljikovodike. Butan i lakši ugljikovodici se dalje obrađuju kako bi se razdvojili u gorivi plin propan, propilen, butan i buten za prodaju ili za daljnju obradu ili upotrebu. Benzin dobiven ovim procesom mora se desulfurizirati i reformirati prije nego što se može umiješati u gotovi benzin. Iz lakog plinskog ulja je potrebno izdvojiti sumpor prije miješanja u gotovo loživo ulje ili dizel, a teško plinsko ulje se dalje obrađuje hidrokrekanjem. Ulje se može pomiješati s ostatkom loživog ulja ili dalje prerađivati u koksu.³



Slika 1 – Shematski prikaz katalitičkog krekiranja u vrtložnom sloju katalizatora

Benzin, kao konačni produkt katalitičkog kreiranja, bogatiji je razgranatim parafinom, cikloparafinom i aromatskim derivatima koji pridonose povećanju kvalitete benzina. Katalitičkim kreiranjem se također proizvode velike količine butena i butana umjesto etilena i etana.¹ Katalizator korišten u procesu katalitičkog kreiranja može biti aktivirani prirodni ili sintetski materijal, a koristi se u obliku kuglica, peleta ili mikrosfera i može se koristiti u konfiguracijama fiksnog sloja, pokretnog sloja ili fluidnog sloja. Prije su u upotrebi bili amorfni aluminosilikati s niskim (oko 13 %) ili visokim (oko 27 %) udjelom Al_2O_3 , a danas se koriste katalizatori zeolitnog tipa koji imaju čestice reda veličine 70 μm .

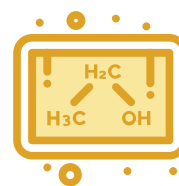
Povijesno gledano, postupci s fiksnim i pokretnim slojem katalizatora prethodili su današnjim FCC sustavima. U fiksnim sustavima korišten je statični sloj katalizatora u više reaktora, dok su pokretni slojevi omogućavali kruženje kugličastog katalizatora kroz reaktor i regenerator pomoću gravitacije i transportnih cijevi.¹ Danas se gotovo isključivo koriste fluidizirani sustavi zbog veće učinkovitosti i lakšeg upravljanja topline i regeneracijom katalizatora.

Općenito, povećanje temperature pogoduje reakcijama kreiranja jer se smanjuje stvaranje koksa, ali više temperature potiču stvaranje plinovitih produkata poput CO_2 i CO , stoga je potrebno optimizirati radnu temperaturu tijekom katalitičkog kreiranja kako bi se dobio maksimalni prinos ugljikovodika.¹ Tijekom procesa dolazi do stvaranja koksa, osobito na stijenkama reaktora i u prijenosnim vodovima. Naslage koksa mogu uzrokovati pad tlaka, smanjenje protoka ili začepljenje cjevovoda. Posebno su problematične naslage unutar ciklonskih separatora jer mogu ograničiti povrat katalizatora i smanjiti učinkovitost separacije.⁴ Učinkovita regeneracija katalizatora, kontrola uvjeta i optimizacija procesa ključni su za održavanje stabilnosti procesa i kvalitete produkata.

Katalitičko kreiranje jedan je od temeljnih procesa u suvremenoj preradi nafte. Omogućuje dobivanje visokokvalitetnih goriva i vrijednih petrokemijskih sirovina iz teško iskoristivih frakcija, čime značajno doprinosi učinkovitosti i održivosti rafinerijskih postrojenja. Zahvaljujući naprednim katalizatorima i kontinuiranoj regeneraciji, ovaj proces omogućuje visoku selektivnost reakcije, uz istodobno smanjenje stvaranja nepoželjnih nusprodukata poput koksa.



Slika 2 – Prikaz industrijskog FCC postrojenja



Literatura

1. Speight, J. G. (2020). The refinery of the future. Gulf Professional Publishing.
2. Shahbeik, H., Shafizadeh, A., Gupta, V. K., Lam, S. S., Rastegari, H., Peng, W., Pan, J., Tabatabaei, M., Aghbashlo, M. (2023). Using nanocatalysts to upgrade pyrolysis bio-oil: A critical review. Journal of Cleaner Production, 413, 137473.
3. <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=9150> (pristup 20.3.2025.)
4. Speight, J. G. (2019). Heavy oil recovery and upgrading. Gulf Professional Publishing.

Solarne ćelije koje se mogu reciklirati

Tajana Rubilović (FKIT)

Istraživači sa Sveučilišta Linköping razvili su novu generaciju solarnih ćelija koje se mogu u potpunosti reciklirati, bez stvaranja otpada štetnog za okoliš.¹ Za razliku od konvencionalnih silicijskih ćelija, ove solarne ćelije izrađene su na bazi perovskita i koriste vodu kao otapalo, čime se znatno smanjuje uporaba toksičnih kemikalija.

Tradicionalne solarne ćelije na bazi silicija koriste se već više od trideset godina, no zbog nepostojanja učinkovitih metoda recikliranja, najčešće završavaju na odlagalištima, gdje doprinose rastućem problemu elektroničkog otpada. Budući da se sve više ulaže u obnovljive izvore energije, a kako bi se spomenuti problem umanjio, razvoj solarnih ćelija koje se mogu reciklirati postaje sve važniji.

Perovskit je rompski mineral, kemijskog sastava CaTiO_3 (kalcijev titanat). U kontekstu solarnih ćelija, pojam "perovskit" odnosi se na klasu spojeva s istom kristalnom strukturom, koji se koriste kao materijali apsorberi sunčeve svjetlosti. Prednosti perovskitnih ćelija uključuju nisku masu, fleksibilnost i prozirnost, što ih čini pogodnima za ugradnju na različite površine, uključujući zakrivljene konstrukcije i prozore, uz što su jeftinije i jednostavnije za proizvodnju.¹ Pokazuju visoku fotoelektričnu učinkovitost – do 25 % pretvorbe sunčeve energije u električnu.¹

Međutim, perovskitne ćelije imaju i određene nedostatke. Najveći izazov predstavlja sadržaj olova, koji doprinosi visokoj učinkovitosti, ali i postavlja stroge zahtjeve za sigurno i ekološki prihvatljivo recikliranje.¹ Uz to, njihov životni vijek još uvijek je kraći od silicijskih ćelija, zbog čega je pitanje zbrinjavanja i ponovne upotrebe materijala još važnije. Gomilanje perovskitnih ćelija na odlagalištima otpada bilo bi kontradiktorno samome stvaranju solarnih ćelija s mogućnošću recikliranja.

U mnogim zemljama diljem svijeta postoje mnogi zakonski propisi koji proizvođače solarnih ćelija obvezuju na odgovorno gospodarenje elektroničkim otpadom. Uobičajeni procesi izrade solarnih ćelija često uključuju štetna otapala poput dimetilformamida (DMF), klorbenzena i metilamina – tvari koje su toksične i potencijalno kancerogene. Korištenje takvih kemikalija stvara dodatni teret za okoliš, posebice u kontekstu masovne proizvodnje. Zbog toga istraživački tim sa Sveučilišta Linköping predlaže vlastitu tehnologiju recikliranja, u kojoj se koristi voda kao otapalo. Takav pristup omogućuje jednostavniju i sigurniju razgradnju perovskitnog sloja, uz mogućnost ponovnog iskorištavanja visokokvalitetnih perovskita s učinkovitošću recikliranja od $99,0 \pm 0,4$ %.¹

Iako su dosadašnji rezultati istraživanja vrlo ohrabrujući, za komercijalnu primjenu perovskitnih ćelija ključno je razviti metode koje će biti primjenjive u industrijskim razmjerima.

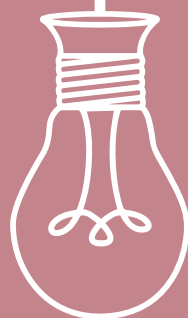
Perovskitne solarne ćelije predstavljaju obećavajuću alternativu klasičnim silicijskim ćelijama zahvaljujući svojoj visokoj učinkovitosti, niskim troškovima proizvodnje i mogućnosti recikliranja. Unatoč izazovima, poput prisutnosti olova i kraćeg vijeka trajanja, kontinuirani razvoj tehnologije i ekološki prihvatljivi pristupi poput korištenja vode kao otapala mogu doprinijeti njihovoj široj primjeni u održivim energetske sustavima budućnosti.



Slika 1 – Ilustracija solarnih ćelija kao elektroničkog otpada²

Literatura

1. Xiao, X., Xu, N., Tian, X., Zhang, T., Wang, B., Wang, X., Xian, Y., Lu, C., Ou, X., Yan, Y., Sun, L., You, F., Gao, F. (2025). Aqueous-based recycling of perovskite photovoltaics. *Nature*, 1-6.
2. <https://www.ecohome.net/guides/3775/recycling-process-for-photovoltaic-solar-panels/> (pristup 25.3.2025.)



SCIENCE INFLUENCER

Koliko smo blizu *net-zero* svijetu?

Iva Turkalj (University of Southern Denmark)



Slika 1 – Net-zero

Neto-nula (engl. *net-zero*), odnosi se na ravnotežu između količine emitiranih i uklonjenih stakleničkih plinova (engl. *greenhouse gas*, GHG) iz atmosfere. Ovaj koncept podrazumijeva postizanje balansa između emisija stakleničkih plinova i njihove apsorpcije kroz ponore ugljika poput biomase, tla i oceana.

Postizanje neto nulte emisije zahtijeva kombinaciju mjera koje smanjuju emisije i onih koje

povećavaju uklanjanje stakleničkih plinova. To uključuje sadnju drveća, primjenu tehnologija za prikupljanje, korištenje i skladištenje CO₂ (engl. *Carbon Capture Use and Storage*, CCUS), te ulaganje u održive projekte poput obnovljivih izvora energije i povećanja energetske učinkovitosti.¹



Cilj koncepta *Net Zero* jest ublažiti najteže posljedice klimatskih promjena i osigurati da planet ostane pogodno mjesto za život. Prema Međuvladinom panelu o klimatskim promjenama (engl. *Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC), kako bismo ograničili globalno zagrijavanje na 1,5 °C, potrebno je postići globalnu neto nultu emisiju ugljikovog dioksida do 2050. godine. Time se smanjuje rizik od ekstremnih vremenskih uvjeta, gubitka biološke raznolikosti, podizanja razine mora i drugih ozbiljnih posljedica klimatskih promjena.²

Sve veći broj država, gradova, poduzeća i institucija obvezuje se na postizanje neto nulte emisije. Do lipnja 2024. godine, 107 zemalja, odgovornih za otprilike 82 % globalnih emisija stakleničkih plinova, donijelo je takve obveze. Osim toga, više od 9000 tvrtki, preko 1000 gradova, više od 1000 obrazovnih institucija i više od 600 financijskih institucija pridružilo se inicijativi *Race to Zero*, obećavajući poduzeti hitne mjere za smanjenje globalnih emisija za 50 % do 2030. godine.²

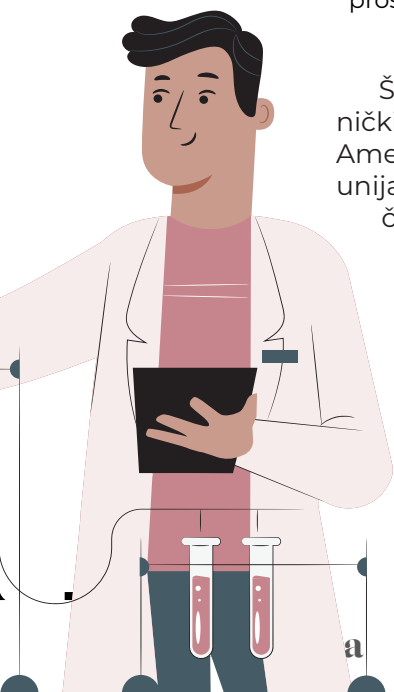


Slika 2 – Pariški sporazum; Christiana Figueres, izvršna tajnica Okvirne konvencije Ujedinjenih naroda o klimatskim promjenama; Ban Ki-moon, glavni tajnik UN-a; Laurent Fabius, ministar vanjskih poslova Francuske i predsjednik Konferencije UN-a o klimatskim promjenama u Parizu (engl. Conference of the Parties, COP21); te François Hollande, predsjednik Francuske, proslavljaju povijesno usvajanje Pariškog sporazuma o klimatskim promjenama.

Šest najvećih emitera stakleničkih plinova – Kina, Sjedinjene Američke Države, Indija, Europska unija, Ruska Federacija i Brazil – činilo je 63 % globalnih emisija u 2023. godini. S druge strane, 45 najmanje razvijenih zemalja zajedno je sudjevalo sa samo 3 % ukupnih emisija.²

Skupina G20, koja okuplja 20 najvećih svjetskih gospodarstava (Argentina, Australija, Brazil, Kanada, Kina, Francuska, Njemačka, Indija, Indonezija, Italija, Japan, Republika Koreja, Meksiko, Rusija, Saudijska Arabija, Južna Afrika, Turska, Ujedinjeno Kraljevstvo, Sjedinjene Američke Države i Europska unija), odgovorna je za približno 77 % globalnih emisija stakleničkih plinova.²

Kako bi se ostvario cilj neto nulte emisije, potrebna je brza i sveobuhvatna transformacija svih globalnih sustava – od načina na koji proizvodimo energiju, preko transporta ljudi i robe, do sustava prehrane za rastuću svjetsku populaciju.



Prema znanstvenim scenarijima za ograničavanje zagrijavanja na 1,5 °C:

- Izvori energije s nultom emisijom moraju do 2050. godine osiguravati 98 – 100 % ukupne električne energije.
- Povećanje energetske učinkovitosti i prelazak na čišće gorive alternative ključni su za smanjenje emisija iz transporta.
- Poboljšanje učinkovitosti proizvodnje hrane, promjene u prehrambenim navikama, obnova degradiranih zemljišta te smanjenje gubitaka i otpada od hrane imaju značajan potencijal za smanjenje emisija.

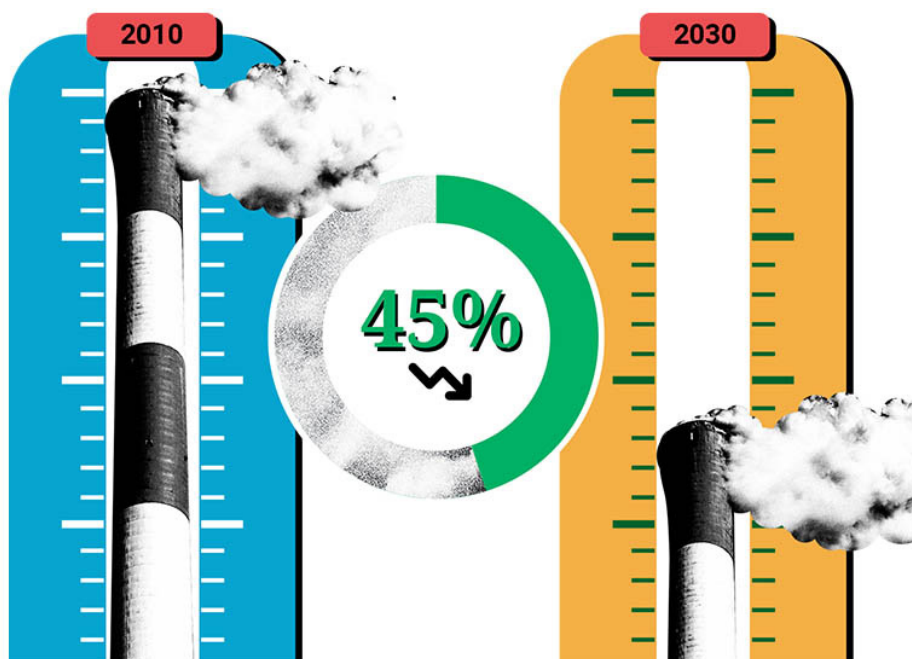
Osim toga, potrebno je hitno djelovati u sektorima koji zaostaju ili idu u pogrešnom smjeru. Primjerice:

- Postupno ukidanje uporabe ugljena bez tehnologija za smanjenje emisija znatno kasni i mora se ubrzati šest puta do 2030. godine.
- Svijet mora zaustaviti krčenje šuma i dvostruko ubrzati obnovu šumskih površina do 2030. godine.²

Jesu li trenutni planovi dovoljni?

Unatoč rastućem broju obećanja, trenutni nacionalni klimatski planovi nisu dovoljni za postizanje cilja neto nulte emisije. Prema procjenama, sadašnje obveze predviđaju smanjenje globalnih emisija za samo 2,6 % do 2030. godine u usporedbi s razinama iz 2019. godine. Za ograničavanje zatopljenja na 1,5 °C bilo bi potrebno smanjenje od čak 43 % do 2030. godine i postizanje neto nulte emisije do 2050. godine.³

U konačnici, uspjeh u postizanju neto nulte emisije ovisi o zajedničkoj odgovornosti svih – od vlada do pojedinaca – u poduzimanju konkretnih akcija koje će omogućiti održiviji i zdraviji planet za buduće generacije. S obzirom na ozbiljnost prijetnji koje klimatske promjene donose, vrijeme za čekanje i odgađanje je prošlo – sada je trenutak za djelovanje.



Slika 1 – Smanjivanje emisije za 45% do 2030.

Literatura

1. <https://netzero.hr/sto-je-net-zero/> (pristupljeno: 20.03.2025.)
2. <https://www.un.org/en/climatechange/net-zero-coalition> (pristupljeno: 20.03.2025.)
3. <https://www.wri.org/insights/net-zero-ghg-emissions-questions-answered> (pristupljeno: 20.03.2025.)

Svjetski dan bubrega

Kristian Koštan (FKIT)

Drugog četvrtka u ožujku (ove godine 14. 3. 2025.) obilježava se Svjetski dan bubrega. Cilj obilježavanja Svjetskog dana bubrega jest osvijestiti javnost o važnosti bubrežne funkcije i zdravlja bubrega.

Otpriblike 850 milijuna ljudi širom svijeta boluje od kronične bubrežne bolesti (KBB). Bez ranog otkrivanja i pravovremenog liječenja, KBB može dovesti do zatajenja bubrega. Godine 2023. u Republici Hrvatskoj 891 osoba umrla je od zatajenja bubrega.

Bubrežna bolest uzrokovana je najčešće šećernom bolesti (dijabetesom) i visokim arterijskim tlakom (hipertenzijom). Osobama s obiteljskom anamnezom dijabetesa, hipertenzije, kardiovaskularnih bolesti i KBB savjetuje se redovna liječnička kontrola.

Simptomi KBB razvijaju se polako pa ih u početnim stadijima nema ili ih je teško prepoznati. Rana faza KBB može se otkriti samo laboratorijskim pretragama, a najčešće je riječ o slučajnom nalazu povišene vrijednosti kreatinina u krvi te povećane količine proteina i albumina izlučenih urinom.

Kako se zaštititi?

- Budite tjelesno aktivni
- Redovito kontrolirajte krvni tlak i šećer u krvi
- Zdravo se hranite, smanjite unos soli i kontrolirajte svoju tjelesnu težinu
- Održavajte zdrav unos tekućine
- Nemojte pušiti i izbjegavajte boravak u pušačkim prostorima
- Imajte na umu štetnost nekontroliranog uzimanja lijekova i savjetujte se sa svojim liječnikom o terapiji

Literatura

<https://www.hzjz.hr/sluzba-epidemiologija-prevenција-nezaraznih-bolesti/svjetski-dan-bubrega/>
(pristup 18. ožujak 2025.)

POSJET SDU-U

Odense i Kopenhagen, Danska

Lina Šepić i Lea Raos



Imale smo priliku posjetiti Sveučilište Južne Danske (SDU) kako bismo se upoznale s njihovim pristupom gospodarenju otpadom. Tijekom posjeta razgovarale smo sa znanstvenicima i profesorima sa SDU-a, koji su podijelili s nama svoja znanja i iskustva u području zaštite okoliša i upravljanja otpadom. Ovaj susret omogućio nam je uvid u napredne metode koje Danska primjenjuje u održivom gospodarenju otpadom, a usporedba sa situacijom u Hrvatskoj dala nam je novo razumijevanje i ideje za moguća poboljšanja u našoj zemlji.

Osim Odensea, posjetile smo i Kopenhagen, gradove koji su nas impresionirali svojom posvećenošću održivosti i odvojenom prikupljanju otpada. Danska je zaista postavila visoke standarde u ekološkoj odgovornosti, što nas je inspiriralo i motiviralo za daljnje promicanje održivih praksi.

Zahvaljujemo se našoj kolegici Ivi Turkalj na organizaciji ovog korisnog sastanka i putovanja, kao i na prilici da proširimo svoje znanje u ovom važnom području. Veselimo se njenom povratku u Hrvatsku, gdje će, sigurni smo, prenijeti sva stečena znanja i iskustva te doprinijeti promicanju održivih praksi u našoj zemlji.

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, OBRAZOVANJA I MLADIH
<https://mzom.gov.hr/>

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 različite prirodne pojave kako bi ljudska vrsta mogla napredovati. Današnji svijet kakvog ga znamo, postoji zbog uspjeha genialnih umova znanstvenika koji su od djetinjstva gorljivo proučavali svaku pojavu koja je privukla njihovu pozornost u raznim područjima njihova interesa. Oduševljenje, strast, predanost i trud koji su uložili u svoj posao, pomogli su im da otkriju nešto novo o svijetu u kojem živimo, a svojim radom za dobrobit čovječanstva, zajedno s različitim izumima, učinili su moderni život lakšim. Ovom listom odajemo počast najvećim umovima koji su promijenili svijet. Aristotel je bio genijalan starogrčki filozof i prirodoslovac. Bio je Platonov učenik, a sam je poučavao Aleksandra Velikog. Bivio se biologijom, zoologijom, etikom, politikom te je bio vrstan retoričar i logičar. Bivio se i teorijom fizike i metafizike. Stekao je znanje u različitim područjima svojim ekspanzivnim umom i radom na opsežnim tekstovima. Ipak, samo je mali dio njegovih tekstova sačuvan do danas. Njegova kolekcija biljnih i životinjskih uzoraka koje je klasificirao po njihovim obilježjima, predstavlja normu za daljnji rad na tom području. Tvrdio je da je čovjek po prirodi političko biće (zoon politikon) i da svoju suštinu izražava tek u zajednici. Arhimed je bio grčki fizičar, astronom i jedan od najvećih matematičara starog vijeka. Jedan je od najboljih znanstvenika koji su se probili u teoriji i u praksi. Bivio se običnim, praktičnim problemima, koji su bili primjenjivani na mnogim mjestima, od polja do rudnika. Najveću slavu stekao je svojim raspravama o zaobljenim geometrijskim tijelima, čiju je površinu i obujam izračunavao složenom metodom bliskom današnjem infinitezimalnom računu. Također je pronašao zakone poluge, položio osnove hidrostatici i odredio

