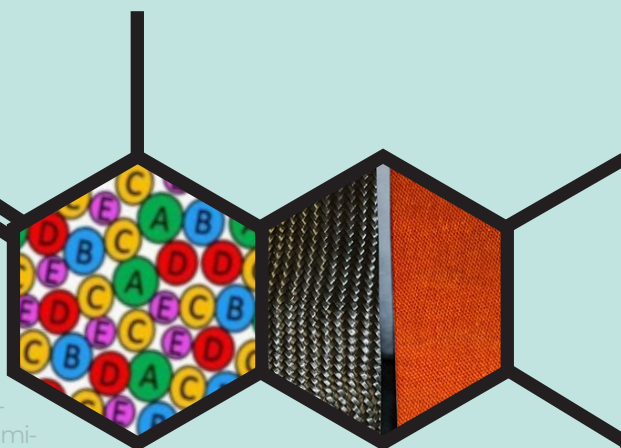


reaktor ideja vol.10

službeno glasilo Studentske sekcije HDKI-ja



High-entropy legure



Elektronika koja se može zacijeliti i reciklirati?



3. Studentski kongres o održivoj kemiji i inženjerstvu (3.SKOKI)



Pčelinji otrov pod mikroskopom

5

ISSN 2584-6884

e-ISSN 2459-9247



www.hdki.hr/hdki/casopisi/reaktor_ideja

Studentska sekcija HDKI-ja

ožujak 2026.

Sadržaj

vol. 10, br. 5, ožujak 2026.

KEMIJSKA POSLA

3. Studentski kongres o održivoj kemiji i inženjerstvu (3.SKOKI)	1
ZUPokal u Splitu i Zagrebu	5
Istraživanje naših znanstvenika prepoznato u časopisu Biosensors	7

ZNANSTVENIK

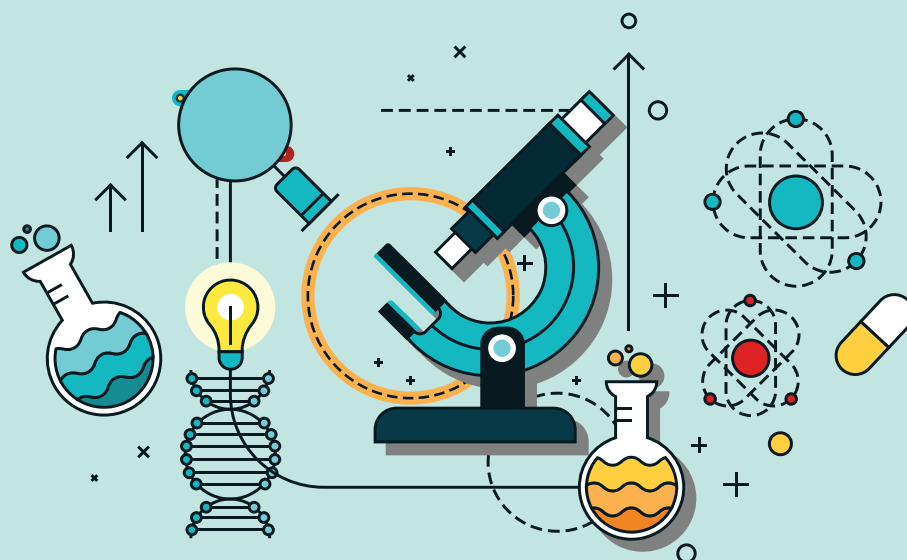
Konstrukcija trupa aviona nove generacije – kako, što i zašto?	9
High-entropy legure	12

BOJE INŽENJERSTVA

Elektronika koja se može zacijeliti i reciklirati?	15
Razmišljaj kao inženjer – poster	20

SCINFLUENCER

Tradicionalna medicina: 5. Divlji pelin	21
Pčelinji otrov pod mikroskopom	25
Kava vs. energetska pića – kako utječu na mozak?	27
KIRL – poster	29





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@hdki.hr

Izdavač:

Hrvatsko društvo kemijskih
inženjera i tehnologa

Glavna urednica:

Dora Ljubičić
(dljubcic@fkit.unizg.hr)

Urednici rubrika:

Adrijana Karniš
Veronika Biljan
Laura Glavinić
Laura Čavec

Grafička priprema:

Dora Ljubičić
Adrijana Karniš
Veronika Biljan
Laura Glavinić
Laura Čavec
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. 10 Br. 5, Str. 1–29
Zagreb, ožujak 2026.

ISSN 2584-6884
e-ISSN 2459-9247



Uredništvo *Reaktora ideja*

Dragi čitatelji,

izašao je i novi, peti broj *Reaktora ideja*.
Standardno pun izvještaja o događajima i
kongresima te aktualnim temama.

Uživajte u čitanju, kao i u nadolazećim
blagdanima!

Dora Ljubičić,
glavna urednica



KEMIJSKA POSLA

3. Studentski kongres o održivoj kemiji i inženjerstvu (3.SKOKI)

Laura Čavec (FKIT)

SKOKI je studentski kongres posvećen održivoj kemiji i inženjerstvu koji okuplja studente, mlade istraživače i stručnjake s ciljem promicanja znanosti i razvoja inovativnih rješenja za suvremene izazove u okolišu. Kroz predavanja, radionice i panel-rasprave, sudionici su imali priliku upoznati se s najnovijim dostignućima u području zelene kemije te održivih tehnologija. Da mladi sve više ulažu svoje slobodno vrijeme u učenje i osobni razvoj potvrđuje iznimna posjećenost i na ovogodišnjem kongresu, koji već treću godinu bilježi uspješnu realizaciju. Kongres je realiziran u dva dana, 6. i 7. ožujka 2026. godine na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu.

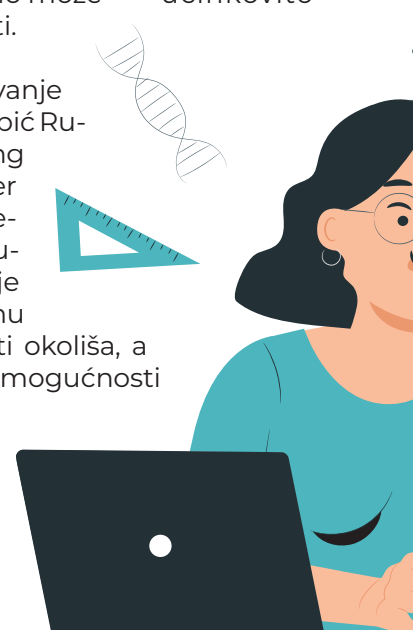
Prvi dan kongresa započeo je pozvanim predavanjem dr. Danice Maljković na temu „Nothing 2 waste”. Dr. Maljković je stručnjakinja za vodikovu ekonomiju i obnovljive izvore energije s bogatim iskustvom u vođenju međunarodnih projekata,



Slika 1 – Dr. sc. Monika Šabić Runjavec

a u svom je predavanju naglasila važnost smanjenja otpada i prelaska na održive energetske sustave. Iduće predavanje održala je Barbara Bertović, mag. geol., pod nazivom „Recovery of soil contaminated with hydrocarbons into a functional natural resource through bioremediation”. Svoj rad usmjerila je prema zaštiti okoliša, te je u svom izlaganju prikazala kako se primjenom bioremedijacije onečišćeno tlo može učinkovito obnoviti i ponovno koristiti.

Treće pozvano predavanje održala je dr. sc. Monika Šabić Runjavec na temu „Advancing sustainable wastewater treatment through bioremediation of pharmaceuticals”. Njezino istraživanje usmjereno je na primjenu mikroorganizama u zaštiti okoliša, a u predavanju je istaknula mogućnosti uklanjanja farmaceutika iz otpadnih voda biološkim metodama.



Predavanje pod nazivom „Circular valorisation of polymeric waste sludge for sustainable asphalt production” održala je Silvija Petković, mag. appl. chem., koja se bavi održivim gospodarenjem otpadom te je voditeljica laboratorija i kvalitete u industriji te je predstavila mogućnosti ponovne uporabe polimernog otpada u proizvodnji asfalta.

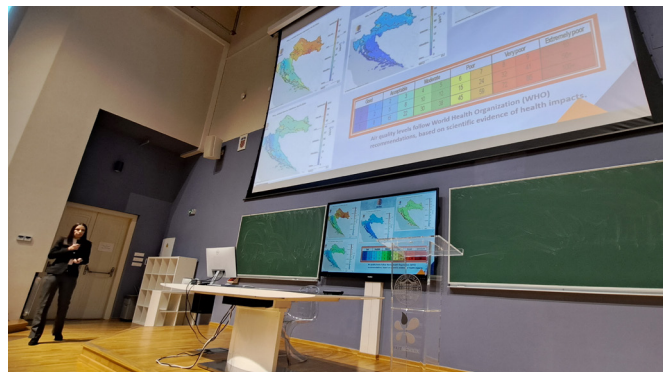


Slika 2 – Silvija Petković, mag. appl. chem.

Prvi dan kongresa završili smo predavanjem dr. sc. Ivane Ćosić na temu „Air quality and waste: from source to air quality forecast”. Povezivanjem analitičkih metoda i kvalitete zraka, objasnila je povezanost otpada i onečišćenja zraka te važnost točnog praćenja i predviđanja kvalitete zraka.

Prijavljeni sudionici mogli su birati između prisutnosti na pozvanim predavanjima ili sudjelovanja na tri tematske radionice. Prvu radionicu pod nazivom „Achieving Circularity Equilibrium with a Focus on Waste & Wastewater” održala je Ivana Herak, assoc. direktor za okoliš i održivi razvoj u TEVI, koja je kroz konkretne primjere iz industrije predstavila primjenu principa kružnog gospodarstva s naglaskom na smanjenje otpada, povećanje recikliranja vode i jačanje održivosti poslovanja.

Drugu radionicu, „The Great Fuel Mystery: Investigating Biofuel's Secret Identity”, vodio je izv. prof. dr. sc. Fabio Faraguna, pri čemu su sudionici kroz simulaciju rada u laboratoriju



Slika 3 – Dr. sc. Ivana Ćosić

analizirali uzorke goriva i određivali njihov sastav, razvijajući pritom analitičko razmišljanje, preciznost i timski rad.

Treću radionicu pod nazivom „Application of Microorganisms for Biopolymer Synthesis” vodile su izv. prof. dr. sc. Dajana Kučić Grgić i Laura Jaklenc, univ. mag. ing. cheming., a sudionici su kroz kombinaciju teorijskog i praktičnog rada stekli uvid u primjenu mikroorganizama u proizvodnji biorazgradivih polimera te procese fermentacije i njihovu važnost u razvoju održivih materijala.

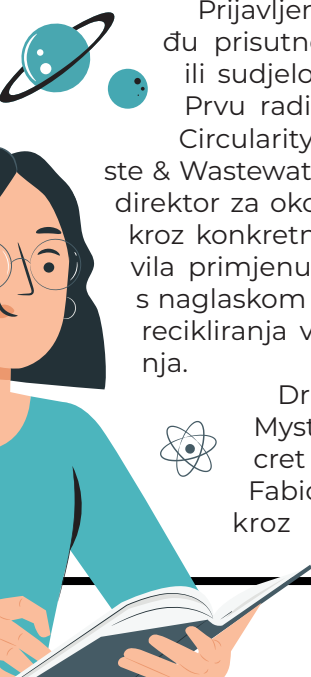


Slika 4 – Izv. prof. dr. sc. Fabio Faraguna

Drugi dan kongresa započeo je predavanjem Tonija Alara, mag. ing. cheming., pod nazivom „The role of hydrogen in the energy transition”. Kao istraživač u području energetike, u svom je izlaganju istaknuo važnost vodika kao ključnog elementa budućih održivih energetske sustava.

Plenarno predavanje pod nazivom „Wastewater as a resource - circular economy in focus” održala je prof. dr. sc. Dragana Tomašević Pilipović, znanstvenica za kemiju okoliša i obradu voda, koja je naglasila koncept kružnog gospodarstva i važnost ponovne uporabe otpadnih voda.

Doc. dr. sc. Srećko Herceg održao je predavanje pod nazivom „Green hydrogen producti-





Slika 5 – Izv. prof. dr. sc. Dajana Kučić Grgić

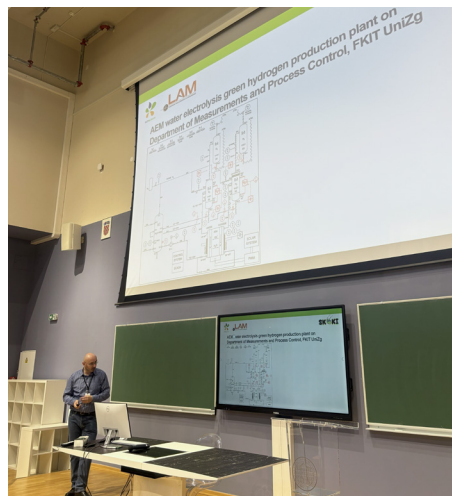
on: challenges, control strategies and industrial perspectives”. Njegovo područje rada obuhvaća napredno upravljanje procesima i energetske sustave, a u predavanju je prikazao ključne izazove i industrijske perspektive proizvodnje zelenog vodika.

Pozvano predavanje naslova „Closed water cycle in textile industry: Reuse of textile wastewater in textile processes by membrane separation” održao je prof. dr. sc. Davor Dolar, koji se bavi membranskim separacijskim procesima te je predstavio primjenu membranskih tehnologija za ponovnu uporabu otpadnih voda u tekstilnoj industriji.



Slika 6 – prof. dr. sc. Dragana Tomašević Pilipović

Posljednje pozvano predavanje održala je prof. dr. sc. Natalija Velić naslova „Upcycling food industry by-products into functional biosorbents”. U području biotehnologije, prikazala je mogućnosti prenamjene nusproizvoda prehrambene industrije u korisne biosorbente za uklanjanje onečišćivala.



Slika 7 – Doc. dr. sc. Srećko Herceg

Nakon održanih predavanja napravljen je predah uz pauzu za ručak nakon čega je uslijedila panel rasprava u kojoj su sudjelovali dr. sc. Andreja Žužić, doc. dr. sc. Srećko Herceg te prof. dr. sc. Ernest Meštrović. Studenti su imali priliku iz prve ruke čuti o izazovima s kojima se susreću inženjeri u industriji te koliko je osim teorijske podloge bitno i iskustvo.



Slika 8 – prof. dr. sc. Davor Dolar

Posljednji dio kongresa bila je posterska sekcija na kojoj je sudjelovalo 15 izlagača. Svaki poster pričao je neku svoju priču, istraživački rad te rezultate kojima mladi inženjeri žele pridonijeti znanosti.

Nakon završne riječi organizatorice te predsjednika studentske sekcije kongres je završen zajedničkim druženjem uz pub kviz.



Slika 9 – Prof. dr. sc. Natalija Veselić

SKOKI su prepoznali HKD i EuChemS, a sponzori kongresa bili su Pliva i Fortis anima. Zahvaljujemo svim sponzorima i donatorima, kao i Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije, koji je podržao organizaciju ovog kongresa.



Slika 10 – Panel rasprava



Slika 11 – Organizacijski odbor 3. SKOKI-ja



ZUPlokal u Splitu i Zagrebu

dr. sc. Barbara Topolovec

I ove godine, povodom Međunarodnog dana žena, organizirana je manifestacija ZUPlokal, petu godinu zaredom u Zagrebu i po prvi puta u Splitu.

U subotu, 7. ožujka, događaj se odvijao na splitskoj Rivi, jednom od najfrekventnijih javnih prostora u gradu, što je omogućilo izravan kontakt znanstvenica s građanima u svakodnevnom, neformalnom okruženju. U programu je sudjelovalo trinaest znanstvenica s različitih institucija i područja istraživanja, uključujući prirodne, biomedicinske i tehničke znanosti: dr. sc. Ivana Brekalo (IRB), dr. sc. Daria Ezgeta Balić (IZOR), doc. dr. sc. Mija Marinković (PMF), dr. sc. Nikolina Pleić (MEFST), dr. sc. Ivana Bušelić Garber (IZOR), dr. sc. Andrea Gelemanović (MEFST), izv. prof. dr. sc. Jadranka Šepić (PMF), izv. prof. dr. sc. Ivana Uzelac Glavinić (FGAG), dr. sc. Barbara Zorica (IZOR), izv. prof. dr. sc. Martina Požar (PMF), prof. dr. sc. Ivana Novak Nakir (MEFST), doc. dr. sc. Jelena Čulić Gambiroža te dr. sc. Ana Čulić s Pomorskog fakulteta.



Slika 1 – ZUPlokal Split

Tematski raspon bio je izrazito interdisciplinarnan – od molekulske kemije i genetike, preko istraživanja mora i akvakulture, pa sve do suvremenih tema poput umjetne inteligencije i klimatskih promjena. Takva raznolikost omogućila je posjetiteljima da kroz neposredan razgovor dobiju uvid u aktualna znanstvena istraživanja i njihovu primjenu u svakodnevnom životu. Za razliku od



Slika 2 – ZUPlokal Zagreb

klasičnih znanstvenih predavanja, manifestacija se temeljila na modelu otvorene komunikacije „jedan na jedan“, gdje su prolaznici mogli spontano pristupiti znanstvenicama, postavljati pitanja i sudjelovati u diskusiji. Upravo je taj format pridonio stvaranju opuštene atmosfere i uklanjanju percepcije znanosti kao nedostupne i zatvorene sfere.

U Zagrebu, manifestacija je doživjela svoje peto, jubilarno izdanje, potvrđujući kontinuitet i stabilnost ovog projekta u hrvatskom znanstveno-popularnom prostoru. Događaj se održao 8. ožujka na Trgu bana Josipa Jelačića, jednoj od najprepoznatljivijih i najprometnijih lokacija u gradu, čime je dodatno povećana njegova vidljivost i dostupnost široj javnosti.

Kao i prethodnih godina, u programu je sudjelovalo trinaest znanstvenica koje su predstavile teme iz različitih područja, uključujući medicinu, biologiju, prehranu, energetiku, okoliš i umjetnu inteligenciju. Građanke i građani su imali prilike upoznati i čuti predavačice: prof. dr. sc. Danijela Ašperger (FKIT), dr. sc. Antica Čulina (IRB), doc. dr. sc. prim. Inga Mandac Smoljanović (Bolnica Merkur), Petra Miljan, mag. ing. el. techn, inf (FER), dr. sc. Ivana Ćosić (DHMZ), izv. prof. dr. sc. Kristina Pikelj (PMF), izv. prof. dr. sc. Kristina Mlinac Jerković (MEF), dr. sc. Dorotea Grbin (VEINST), Hanna Skendrović, mag. ing. techn. aliment (VEINST), Silvija Lešković, mag. inf. (TDengine/Quantum), izv. prof. dr. sc. Sandra Hudina (PMF), izv. prof. dr. sc. Ivana Šutej (SFZG) i dr. sc. Anamaria Brozović (IRB).

Fokus je bio na aktualnim i društveno relevantnim pitanjima, s naglaskom na praktične implikacije znanstvenih istraživanja i njihov utjecaj na svakodnevni život građana. Tijekom pet godina

održavanja razvijen je prepoznatljiv koncept koji kombinira znanstvenu stručnost s pristupačnim načinom komunikacije. Time je Znanost u prolazu u Zagrebu postala važan dio obilježavanja Međunarodnog dana žena, ističući ulogu i doprinos žena u znanosti. Zagrebačko izdanje tako potvrđuje da Znanost u prolazu nije tek jednokratna događaj, već održiva platforma za povezivanje znanstvene zajednice i šire javnosti, s potencijalom daljnjeg razvoja i širenja.

Tko smo mi i zašto Udruga?

Znanost u prolazu nova je udruga iz Zagreba koja polazi od ideje da znanost treba biti dostupna svima. Poseban naglasak stavlja na vidljivost žena u znanosti te na približavanje istraživanja široj javnosti – ne samo kroz akademske institucije, nego i kroz svakodnevne prostore poput ulica, trgova i izravnih razgovora s građanima. Cilj Udruge je povećati vidljivost znanstvenica, poticati ravnopravnost te otvoriti prostor za suradnju, mentorstvo i edukaciju. Vizija udruge je društvo u kojem je znanost razumljiva, dostupna i uključiva. Dosadašnji rezultati do 2026. godine potvrđuju taj smjer: tijekom četiri godine inicijativa je održana osam puta – u Zagrebu, Sisku, Rijeci i Osijeku – okupivši 92 znanstvenice iz različitih područja i više od tisuću građana.

Osnivanje Udruge

Važan iskorak ostvaren je 7. ožujka 2025., kada je u Zagrebu održana osnivačka skupština s ukupno 19 osnivačica i osnivača. Predsjednica Udruge je Inga Patarčić (MDC Berlin), a uz nju su iz Zagreba u rad uključeni Dario Lečić (IRB), Ana Babić Perhoč (MEF), Anet Režek Jambrak (PBF), Anja Rakas (FKIT), Dajana Kučić Grgić (FKIT), Daniela Katunar (FFZG), Eda Jovičić (FER), Ida Raffaelli (FFZG), Ivona Čipor (IRB), Janja Kopic (MEF), Kristina Potočki (GF), Martina Kadoić Balaško (JU Zeleni prsten), Miranda Sertić (FBF), Silvija Petković (Premifab d.o.o.) i Barbara Topolovec (IGH d.d.). Iz Osijeka su se pridružile Tena Velki (FOOZOS), Martina Jakovljević Kovač (PTF) i Valentina Španić (Poljoprivredni institut Osijek).

Time je inicijativa prerasla u formalnu organizaciju koja danas samostalno razvija programe i širi mrežu znanstvenica u Hrvatskoj i regiji. Dosad se u Udrugu u članila preko 90 članica – znanstvenica, građana i podržateljica.

Program i budući razvoj

Udruga razvija raznolike programe kojima znanost približava zajednici. ZUPlokal donosi znanstvene aktivnosti u manje gradove i ruralne sredine, ZUPregio povezuje znanstvenice na regionalnoj razini, dok je ZUPskup godišnja konferencija usmjerena na komunikaciju i mentorstvo. ZUPSret pruža prostor za neformalno povezivanje znanosti i društva. Dodatno, programi ZUPport (mentorstvo), ZUPlab (građanska znanost) i ZUPedu (edukacije) proširuju djelovanje Udruge.

„Znanost ne smije ostati zatvorena u laboratorijima – ona mora razgovarati s društvom, a mi joj dajemo glas”, poručuju iz udruge.

Kako ističe predsjednica Udruge dr. sc. Inga Patarčić (MDC Berlin):

„Kroz Udrugu sam naučila koliko snage ima zajednica kada znanost otvorimo ljudima – kad razgovaramo, učimo jedni od drugih i vidimo koliko nam se putanje preklapaju. Ljudi nam se pridružuju jer žele dijeliti znanje, ali i zato što ovdje nalaze podršku, inspiraciju i osjećaj pripadnosti.“

Osnivanje Udruge predstavlja ključan korak prema stvaranju trajne mreže u kojoj su žene u znanosti vidljive, povezane i podržane, a znanost istovremeno postaje bliža i dostupnija svima.

Zanima te znanost i vjeruješ u našu viziju? Pridruži se Znanosti u prolazu i približi znanost svima.

Budi dio promjene.



Istraživanje naših znanstvenika prepoznato u časopisu *Biosensors*

Nina Meštrović (FKIT)

Znanstvenici Fakulteta kemijskog inženjerstva i tehnologije pokazali su svoju izvrsnost i međunarodnu prepoznatljivost objavom rada *Flexible Inkjet-Printed pH Sensors for Application in Organ-on-a-Chip Biomedical Testing*, koji je ujedno i odabran za naslovnicu prvog ovogodišnjeg izdanja časopisa *Biosensors*. U istraživanju sudjelovali su Željka Boček, mag. appl. chem., Donna Danijela Dragun, univ. mag. ing. cheming., dr. sc. Sara Krivačić, prof. dr. sc. Ernest Meštrović i izv. prof. dr. sc. Petar Kassal. Istraživanje je provedeno u sklopu projekta Hrvatske zaklade za znanost (UIP-2020-02-9139 i IP-2024-05-4339) te projekta ADFABSENS (112103) financiranog sredstvima fonda Europske unije - *NextGenerationEU* iz izvora 581 – Mehanizam za oporavak i otpornost, u okviru Programa financiranja javnih visokih učilišta i javnih znanstvenih instituta¹.

Cilj ovoga istraživanja bio je razviti fleksibilne, inkjet tiskane pH-senzore za primjenu u modelu pluća na čipu. Pluća na čipu, odnosno organ na čipu je inovativni mikrofluidni uređaj koji oponaša strukturu i fiziološke funkcije ljudskih organa, u ovom slučaju pluća, u laboratorijskom okruženju, što ga čini idealnim za ispitivanje sigurnosti i učinkovitosti novih lijekova. U samome sustavu nalaze se žive stanice specifične za određeni organ kroz koje kontinuirano protječu hranjive tvari kako bi se što vjernije oponašali prirodni uvjeti. U usporedbi s klasičnim *in vitro* modelima, organi na čipu omogućuju realističnije proučavanje bioloških procesa, uključujući interakcije između stanica, kemijskih tvari i mehaničkih podražaja, a istovremeno predstavljaju obećavajuću alternativu testiranju na životinjama².

U sustavima poput pluća na čipu od iznimne je važnosti pratiti pH-vrijednost jer ona ukazuje na metaboličku aktivnost stanica i promjene u njihovom okolišu. Međutim, klasične pH-elektrode nisu pogodne za takve sustave jer su prevelike i krhke, a osim toga mogu narušiti protok fluida i strukturu samog modela. Zbog toga je potrebno razviti minijaturizirane senzore koji se mogu integrirati izravno u mikrofluidni sustav bez narušavanja njegove funkcionalnosti³.

Ovim znanstvenim radom upravo je razvijen takav minijaturizirani fleksibilni pH-senzor. Kako bi se funkcionalni materijal precizno naneo na fleksibilnu površinu koristila se tehnologija inkjet ispisa. Prednost inkjet ispisa je u tome što se koristi vrlo mala količina tinte koja se beskontaktno nanosi na površinu⁴. Za pH-osjetljivu elektrodu ispitivane su ion-selektivne membrane na bazi poli(vinil-klorida) (PVC-a) i polianilin (PANI). Odbran je polianilin (PANI) jer je netoksičan biokompatibilni materijal, za razliku od ion-selektivnih membrana koje sadrže toksične spojeve. Osim toga, izrađena je i referentna Ag/AgCl elektroda sa potencijalom stabilnim u vremenu. Spojem ovih dviju tiskanih elektroda dobiven je potpuni potenciometrijski sustav za praćenje pH-vrijednosti. Eksperimentalna ispitivanja pokazala su da senzori imaju gotovo idealan Nernstov odziv od približno 58,8 mV po jedinici pH, što potvrđuje njihovu visoku osjetljivost i linearnost. Uz to, senzori su pokazali dobru stabilnost i ponovljivost mjerenja čak i u prisutnosti interferenata, što je ključno za primjenu u biološkim sustavima gdje su uvjeti složeni i podložni promjenama.



Slika 1 – Naslovnica časopisa *Biosensors*, Volume 16, Issue 1

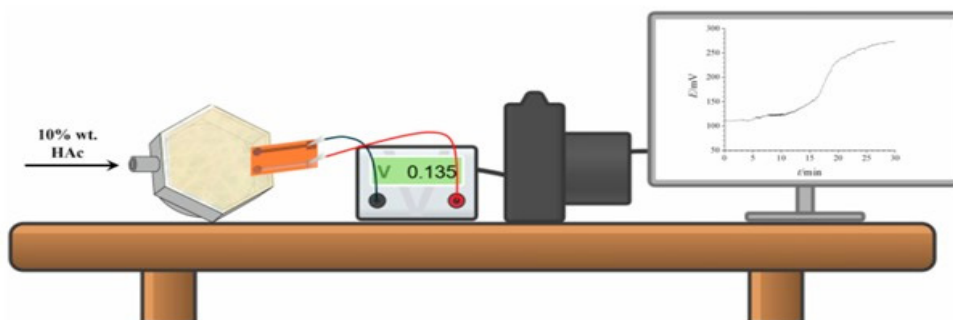


Slika 2 – Inkjet ispisana referentna Ag/AgCl elektroda⁵

Nadalje, osmišljen je izgled samog modela pluća na čipu. Za kućište je odabrana šesterokutna forma jer se alveolarne jedinice u stvarnosti slažu u ponavljajuće šesterokutne oblike. Sam model sastoji se od membrane od polikaprolaktona (PLC) koji je elektroispreden. PLC je odabran zbog svoje otpornosti na mehaničko opterećenje, primarno na ponavljano istezanje i opuštanje, čime vjerodostojno oponaša alveole. Uz to, u model je ukomponiran i hidrogel koji oponaša mukozno

okruženje dišnog sustava. Ovako složen model od robusnog kućišta, PLC membrane i hidrogela omogućuje simulaciju prolaska aerosola i drugih tvari kroz plućno tkivo. Naposljetku je pH-senzor integriran u pluća na čipu i cijeli sustav je ispitivan pumpanjem aerosola 10 %-tne octene kiseline u stacionarnom modusu i modusu koji oponaša disanje. Pokazalo se da sustav u oba slučaja omogućava kontinuirano mjerenje pH u stvarnom vremenu, bez potrebe za uzimanjem uzoraka⁵.

Objava rada u časopisu *Biosensors* i njegovo isticanje na naslovnici potvrđuje kvalitetu i međunarodnu relevantnost istraživanja. Ovaj rad naglašava potencijal Fakulteta kemijskog inženjerstva i tehnologije da doprinese razvoju inovativnih tehnologija koje spajaju kemijsko inženjerstvo, napredne materijale i biomedicinu te služi kao primjer kako znanstvena izvrsnost može imati stvarni utjecaj u biomedicinskoj praksi.



Slika 3 – Shematski prikaz eksperimentalnog postava za mjerenje u sustavu pluća na čipu⁵

Literatura

1. https://www.fkit.unizg.hr/vijesti/?@=23m2i#news_57353 (pristup: 20. 3. 2026.)
2. S. K. Doke, S. C. Dhawale, Alternatives to animal testing: A review, *Saudi Pharmaceutical Journal*, 23 (2015), 223-229
3. Hossain, M.S.; Padmanathan, N.; Badal, M.M.R.; Razeeb, K.M.; Jamal, M. Highly Sensitive Potentiometric pH Sensor Based on Polyaniline Modified Carbon Fiber Cloth for Food and Pharmaceutical Applications. *ACS Omega* 2024, 9, 40122–40133.
4. Moya, A.; Gabriel, G.; Villa, R.; Javier del Campo, F. Inkjet-printed electrochemical sensors. *Curr. Opin. Electrochem.* 2017, 3, 29–39.
5. Boček, Ž.; Dragun, D. D.; Offner, L.; Krivačić, S.; Meštrović, E.; Kassal, P. Flexible Inkjet-Printed pH Sensors for Application in Organ-on-a-Chip Biomedical Testing. *Biosensors*, 2026, 16(1)



NANISTVENIK

Konstrukcija trupa aviona nove generacije – kako, što i zašto?

Emma Berisha (FKIT)

Suvremena zrakoplovna industrija nalazi se usred duboke tehnološke transformacije. Tradicionalne aluminijske konstrukcije, desetljećima standard u proizvodnji trupa, ubrzano ustupaju mjesto naprednim termoplastičnim kompozitima. Za razliku od konvencionalnih metala ili starijih generacija kompozita, termoplastični polimeri omogućuju revoluciju u samom procesu proizvodnje. Novi se trupovi spajaju naprednim tehnikama toplinskog zavarivanja. Ovakav pristup ne samo da drastično smanjuje masu i eliminira rizik od korozije, već po prvi put otvara vrata potpunom recikliranju zrakoplovnih struktura na kraju njihova radnog vijeka.¹

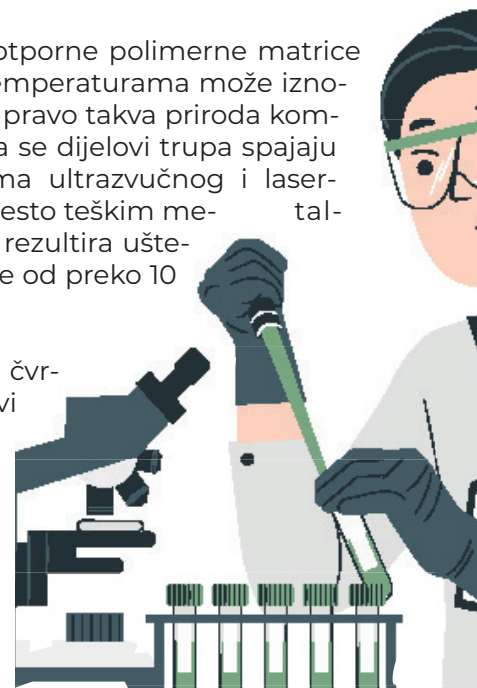
Preokret ove tehnološke revolucije čine CFRTP kompoziti (engl. *Carbon Fiber Reinforced Thermoplastic Polymers*), odnosno termoplastični polimeri ojačani ugljičnim vlaknima. Za razliku od klasičnih duromernih kompozita, koji se nakon oblikovanja više ne mogu mijenjati, ovi materijali



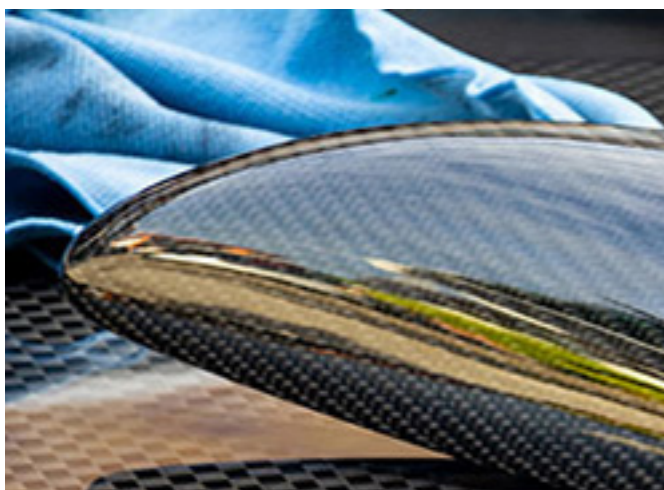
Slika 1 – Prikaz termoplastičnog trupa¹

sastoje se od visokootporne polimerne matrice koja se na visokim temperaturama može iznova taliti i oblikovati. Upravo takva priroda kompozita omogućuje da se dijelovi trupa spajaju naprednim tehnikama ultrazvučnog i laserskog zavarivanja umjesto teškim metalnim zakovicama, što rezultira uštedom strukturne mase od preko 10 % po zrakoplovu.

Osim impresivne čvrstoće i male težine, ovi materijali rješavaju i jedan od najvećih problema ekološke održivosti u avijaciji:

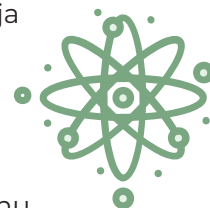


recikliranja. Dok se stariji kompoziti i aluminijске legure često suočavaju s kompliciranim procesima oporabe, termoplastika se na kraju životnog vijeka zrakoplova može relativno jednostavno preraditi i ponovno upotrijebiti. Time trup nove generacije zrakoplova postaje visokofunkcionalni sustav koji je istovremeno lakši za proizvodnju i otporniji na koroziju.¹



Slika 2 – CFRT kompozit²

Uz napredne materijale, uvođenje digitalnih blizanaca (engl. *Digital Twin*) mijenja se cijeli životni vijek trupa. Riječ je o virtualnim replikama koje se u realnom vremenu ažuriraju podacima sa senzora, omogućujući inženjerima da precizno prate naprezanja materijala i predviđaju potrebe za održavanjem. Integracijom pametnih sustava i automatizacije u sam proces dizajna. Zrakoplovna industrija ne postiže samo veću ekonomsku isplativost, već i nužnu održivost, transformirajući trup iz pasivne strukture u inteligentni te vrlo efikasni sustav.³



Karakteristika	Stara generacija (Aluminij)	Nova generacija (Kompoziti)
Spajanje	Zakovice (tisuće rupa)	Zavarivanje/Lijepljenje (čišća površina)
Težina	Teži, podložan zamoru	20% lakši, otporan na zamor
Korozija	Visok rizik (zahtijeva suh zrak)	Nema korozije (omogućuje vlažniji zrak u kabini)
Recikliranje	Lako (topljenje metala)	Teško (ali termoplastika to rješava)

Slika 3 – Tablični prikaz usporedbe zrakoplova stare i nove generacije.

Proizvodnja trupa zrakoplova nove generacije više se ne oslanja samo na mehaničko sklapanje, već na kombinaciju digitalnih i aditivnih tehnologija. Prema najnovijim trendovima, aditivna proizvodnja (3D-ispis) postaje ključna za izradu kompleksnih strukturnih dijelova trupa. Ova tehnologija omogućuje stvaranje laganih, a ekstremno čvrstih komponenti s geometrijama koje je tradicionalnim metodama bilo nemoguće izvesti. Upravo se zbog toga drastično smanjuje broj pojedinačnih dijelova i ukupna masa zrakoplova.³



Sve navedene inovacije u konstrukciji trupa, od termoplastičnih kompozita do digitalnih blizanaca, nisu samo tehnička poboljšanja, već velik iskorak prema održivijem i sigurnijem letenju. U zrakoplovstvu nema mjesta za pogrešku, ovakvi napreci potvrđuju da se na kvaliteti i sigurnosti ne smije i ne može štedjeti. Prelazak na pametne materijale osigurava razinu preciznosti i izdržljivosti koja je s tradicionalnim aluminijem bila nedostižna. Činjenica da nova generacija zrakoplova postaje lakša, ekološki prihvatljivija i strukturno bolja, ulijeva veliko povjerenje u budućnost zrakoplovstva. Ovi inženjerski pothvati dokazuju da moderna tehnologija može odgovoriti na najstrože zahtjeve današnjice, čineći letenje u 21. stoljeću ne samo bržim, već i pametnijim nego ikada prije!



Slika 4 – Animacija digitalnih blizanaca



Literatura

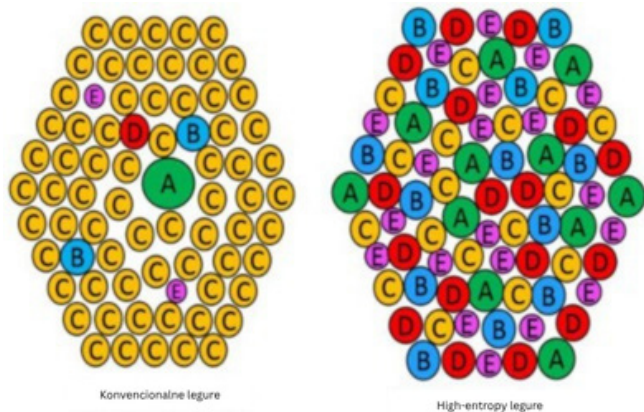
1. <https://www.airbus.com/en/newsroom/stories/2025-01-fantastic-thermoplastics> (pristup 25.3.2026.)
2. <https://www.iwatani.co.jp/eng/business/material/metals/products/cfrtp/> (pristup 25.3.2026.)
3. <https://www.taaltech.com/future-ready-aircraft-trends-shaping-aerospace-design-in-2025-and-beyond/> (pristup 25.3.2026.)
4. <https://appinventiv.com/blog/digital-twin-in-aerospace/> (pristup 25.3.2026.)

High-entropy legure

Emma Berisha (FKIT)

Kroz dosadašnji razvoj tehnologije i industrije, kontinuirano se javlja potreba za materijalima boljih i naprednijih svojstva. Dosadašnje metalne legure najčešće se temelje na jednom glavnom elementu kojem se dodaju manji udjeli drugih elemenata u cilju poboljšanja određenih svojstava, poput čvrstoće, otpornosti na koroziju i dr. S vremenom su zahtjevi za performansama materijala postali sve veći i iz tog razloga se sve više istražuju novi načini dizajna legura i načini kombiniranja različitih elemenata, kako bi se dobila nova ili poboljšana svojstva.

High-entropy legure (engl. *High-Entropy Alloys, HEA*) su legure sastavljene od pet ili više metalnih elemenata u približno jednakim atomskim udjelima (najčešće između 5 i 35 % po elementu). Zbog velikog broja različitih elemenata omogućuju stvaranje velikog broja kombinacija legura s različitim svojstvima. HEA legure odlikuju se vrlo dobrim mehaničkim i kemijskim svojstvima, poput visokog omjera čvrstoće i mase, velike vlačne čvrstoće, dobre otpornosti na lom, te otpornosti na koroziju i oksidaciju. Zbog tih karakteristika primjenjuju se u naprednim područjima poput nuklearne fuzije, kriogenike i medicine.¹

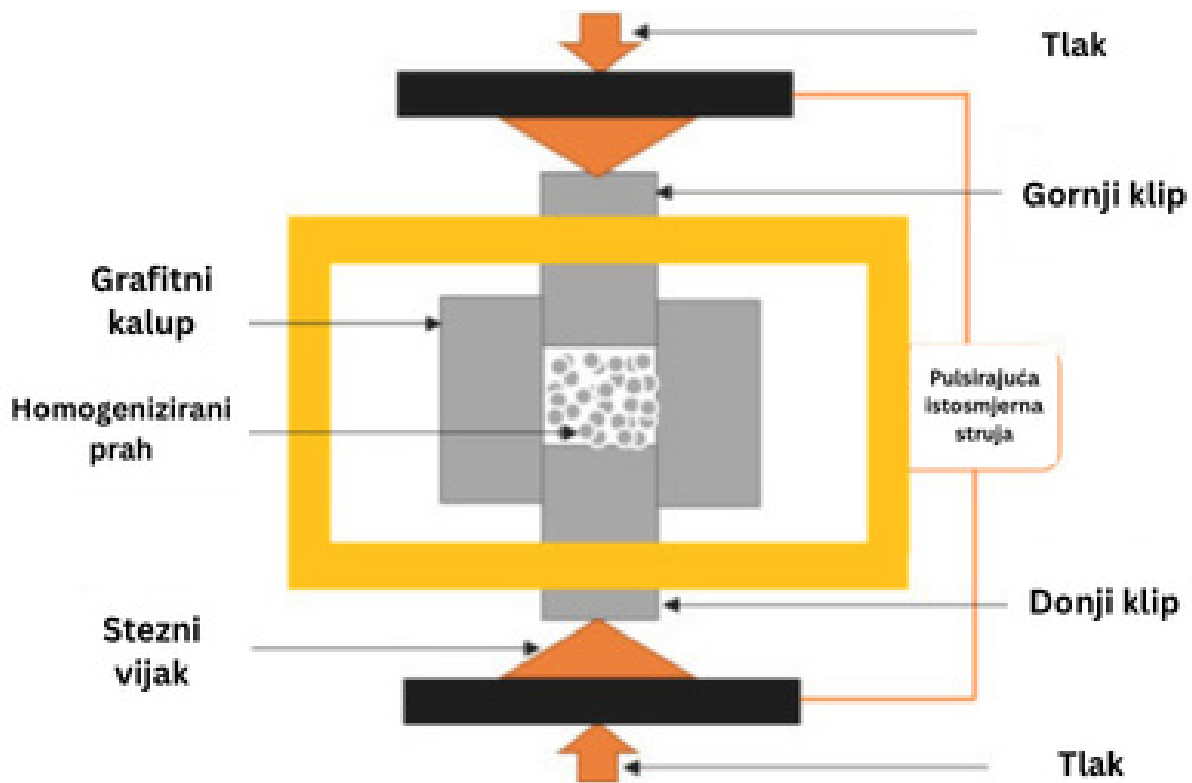


Slika 1 – Usporedba klasične legure i High-entropy legure²

HEA se mogu proizvoditi različitim metalurškim postupcima, pri čemu se najčešće koriste vakuumsko lučno taljenje, topla kompresija, laserske metode i sinteriranje plazmom iskrenja. Kod metode vakuumnog ručnog taljenja čisti se metalni elementi u vakuumskoj komori s pomoću električnog luka kako bi se dobila homogena legura. Postupak vruće kompresije uključuje deformaciju materijala pri visokim temperaturama, čime se poboljšava gustoća i mikrostruktura legure. Laserske metode, poput laserskog navarivanja (engl. *laser cladding*), koriste lasersku zraku za taljenje metalnog praha i stvaranje legure s finom mikrostrukturom zbog brzog hlađenja. Sinteriranje plazmom iskrenja temelji se na brzom sintiranju metalnih prahova uz primjenu električne struje i tlaka, čime se dobiva gusta struktura s finim zrnom.²

HEA se koriste u brojnim naprednim industrijskim područjima zbog njihove visoke čvrstoće, otpornosti na koroziju, stabilnosti pri visokim temperaturama i dobre otpornosti na trošenje. U zrakoplovnoj i svemirskoj industriji primjenjuju se za izradu komponenti koje moraju izdržati visoka mehanička opterećenja i ekstremne temperature. U energetskom i nuklearnom sektoru koriste se za materijale koji rade u zahtjevnim uvjetima zračenja i povišenih temperatura, primjerice u reaktorima. Također se istražuju kao zaštitni premazi koji poboljšavaju otpornost površina na habanje, oksidaciju i koroziju. Zbog dobre biokompatibilnosti i mehaničkih svojstava, HEA imaju potencijalnu primjenu i u medicini, primjerice za implantate i druge biomaterijale. Upravo kombinacija iznimnih mehaničkih i kemijskih svojstava čini ove legure vrlo perspektivnima za razvoj novih naprednih materijala u industriji.⁴

Za kraj možemo zaključiti da su High-entropy legure vrlo zanimljiv smjer razvoja u inženjerstvu materijala. Kombiniranjem većeg broja elemenata u približno jednakim udjelima dobivaju se materijali s iznimnim mehaničkim i kemijskim svojstvima, što otvara mogućnost primjene u zahtjevnim područjima poput zrakoplovstva, energetike ili medicine. Razvoj ovakvih legura pokazuje koliko brzo napreduje područje inženjerstva materijala i koliko nove tehnologije proizvodnje omogućuju stvaranje materijala prilagođenih specifičnim uvjetima rada. Upravo zbog toga HEA imaju velik potencijal da u budućnosti pojednostave i unaprijede mnoge tehnološke procese te doprinesu razvoju učinkovitijih i izdržljivijih konstrukcija.



Slika 2 – Prikaz SPS metode³

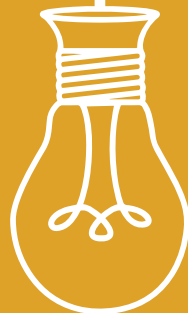




Slika 3 – Primjena High-entropy legura⁴

Literatura

1. Ujah, C. O., Kallon, D. V., Aigbodion, V. S., High entropy alloys prepared by spark plasma sintering: Mechanical and thermal properties, *Materials Today Sustainability* (25), 2024., doi: <https://doi.org/10.1016/j.mtsust.2023.100639>
2. Salam Y. A., M., Ogunmuyiwa N., E., Manisa K., V., Yahya, A., Badruddin A., I., Effect of fabrication techniques of high entropy alloys: A review with integration of machine learning, *Results in Engineering* (25), 2025, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.104441>
3. Ujah O, C., Kallon V., D., Sunday Aigbodion S., V., High entropy alloys prepared by spark plasma sintering: Mechanical and thermal properties, *Materials Today Sustainability* (25), 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.mtsust.2023.100639>
4. Yang F., Y., Hu, F., Xia, T., Li, R.-H., Bai, J.-Y., Zhu, J.-Q., Xu, J.-Y., Zhang, G.-F., High entropy alloys: A review of preparation techniques, properties and industry applications, *Journal of Alloys and Compounds* (1010), 2025., doi: <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2024.177691>
5. <https://trh.gase.most.ntnu.edu.tw/en/article/content/171> (pristup 15.3.2026.)



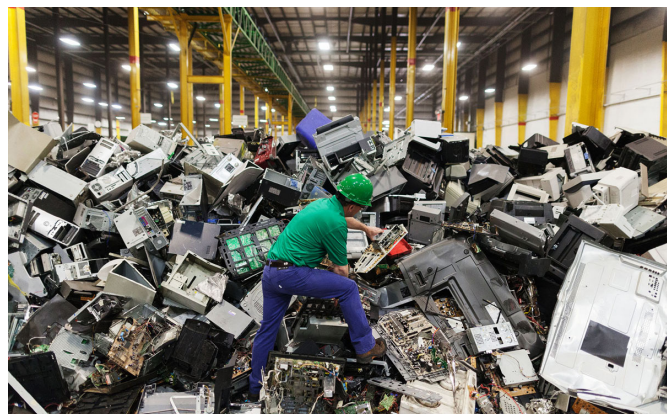
BOJE INŽENJERSTVA

Elektronika koja se može zacijeliti i reciklirati?

Laura Glavinić (FKIT)

Svake godine u svijetu se proizvede više od 55 milijuna tona elektroničkog otpada, također poznatog pod nazivom e-otpad, što ga čini najbrže rastućom kategorijom čvrstog otpada na planeti.¹ Gotovo svi pametni telefoni, prijenosna računala, televizori, tiskane pločice i punjači tiho završavaju na odlagalištima ili u neformalnim reciklažnim pogonima čim prestanu raditi. Problem nije samo u golemom volumenu e-otpada, već i u njegovom kemijskom sastavu: sadrži olovo, živu, kadmij i razne inhibitore gorenja koji mogu procuriti u tlo i podzemne vode. Istodobno, ti uređaji sadrže dragocjene i kritične sirovine kao što su zlato, srebro, bakar i indij, a koje se jednostavno bacaju. Usprkos procjenama da je vrijednost materijala koji su se mogli oporaviti iz e-otpada 2022. godine premašila 90 milijardi američkih dolara, danas se manje od 20 % e-otpada formalno reciklira.¹

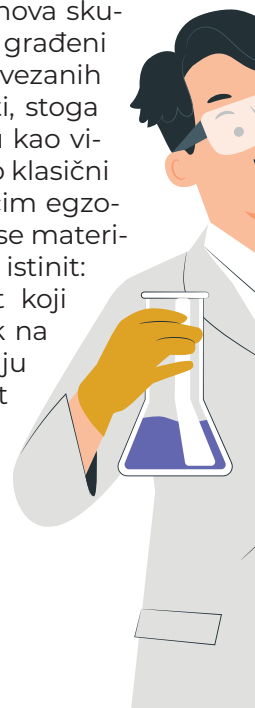
Korijen problema recikliranja e-otpada, pomalo paradoksalno, leži upravo u materijalima koji modernu elektroniku čine tako pouzdanom. Strukturnu okosnicu većine tiskanih pločica čini kompozit od epoksidom impregniranih staklenih vlakana, polimerni materijal s trajno umreženom strukturom koji spada u skupinu duromera. Du-



Slika 1 – Elektronički otpad²

romeri su kruti, čvrsti, kemijski otporni i termički stabilni, što ih čini izvrsnim konstrukcijskim materijalima, ali jednom kad otvrdnu, ne mogu se rastaliti niti prerađivati.³

Kao moguće rješenje nameće se nova skupina materijala – vitrimeri. Vitrimeri su građeni od organskih kovalentnih poprečno vezanih mreža čiji se raspored može mijenjati, stoga se pri višim temperaturama ponašaju kao viskoelastične kapljevine, a pri nižim kao klasični duromeri. Kada ih se kombinira s nečim egzotičnim poput tekućeg metala, dobiva se materijal koji zvuči gotovo predobro da bi bio istinit: krut, vodljiv, plastici sličan kompozit koji se može samozacijeliti, mijenjati oblik na zahtjev i biti kemijski recikliran na kraju životnog vijeka. Ovaj zanimljiv koncept predstavio je tim sa sveučilišta Virginia Tech (SAD), predvođen profesorima Joshuom Worchom i Michaelom Bartlettom, u radu objavljenom u časopisu *Advanced Materials*.⁴



Što su vitrimerni materijali?

Vitrimerni materijali nešto su između plastomera i duromera – građeni su od kovalentno umrežene polimerne mreže, pri čemu su veze dinamičke pa se mogu kidati i obnavljati putem kemijskih reakcija koje se tipično aktiviraju toplinom.⁴ Reakcije izmjene veza su asocijativne, što znači da se nova veza formira prije nego što se stara prekine, čime je ukupan broj umrežnih čvorova, a time i integritet mreže, očuvan tijekom cijelog procesa. Iznad takozvane temperature zamrzavanja topologije (T_v) materijal teče poput iznimno viskozne tekućine, dok ispod nje ostaje čvrsta krutina. Upravo je zbog toga mogućnost recikliranja vitrimernih materijala slična kao kod plastomera, ali bez žrtvovanja mehaničkih svojstava karakterističnih za duromere.⁵

Tim s Virginia Tech-a sintetizirao je novi vitrimer reakcijom diglicidil-ftalata (epoksidne smole na bazi estera) s 1,3-bis(aminometil)cikloheksanom (aminskim očvršćivačem) putem polimerizacije otvaranjem prstena. Spomenuta sinteza odvija se već pri 40 °C bez agresivnih uvjeta otvrdnjavanja ili potrebe za vanjskim katalizatorom. Esterske veze ugrađene u epoksidnu okosnicu imaju dvostruku ulogu: sudjeluju u transesterifikacijskim izmjenjivim reakcijama (mehanizam dinamičke izmjene veza), a sekundarni i tercijarni amini nastali tijekom otvrdnjavanja djeluju kao ugrađeni katalizatori tih istih reakcija.⁴ Postignuta autokataliza razlikuje ovaj vitrimer od mnogih ranijih epoksidnih vitrimer-sustava, koji su zahtijevali dodavanje egzogenog katalizatora i temperature otvrdnjavanja iznad 180 °C.⁶

D o -
(T_g)
no-



biveni materijal ima staklište oko 130 °C i modul elastičnosti blizu 1 GPa, zbog čega se nedvojbeno svrstava u kategoriju krutih duroplasta. Eksperimenti relaksacije naprezanja potvrdili su da se dinamičke esterske veze aktiviraju u temperaturnom rasponu od 170 do 200 °C, s T_v od 165 °C. Izračunata energija aktivacije transesterifikacije iznosi 45,3 kcal/mol, što je u skladu s vrijednostima objavljenim za druge epoksidne vitrimerne.⁴

Uvođenje tekućeg metala

Sam vitrimer ne provodi električnu struju, zbog čega su se znanstvenici s Virginia Tech-a okrenuli eutektičkoj leguri galij-indij (EGaIn).



Slika 2 – Vitrimerni kompozitni materijali⁷

EGaIn je niskotoksična legura tekućeg metala sastavljena od 75 mas.% galija i 25 mas.% indija, s talištem neposredno ispod sobne temperature i električnom vodljivosti reda veličine 10^6 S/m. Za razliku od krutih metalnih punila, tekuća priroda ove legure omogućuje njenu rekonfiguraciju pri mehaničkoj deformaciji, zbog čega je moguće održati električni kontakt čak i kad je materijal razvučen ili oštećen.⁸

Za izradu kompozita, EGaIn se dispergira u viskoznu epoksidnu smolu pomoću miješala. Prilikom miješanja, smične sile lome tekući metal u mikrokapljice promjera oko 80 μ m, pri čemu koalescenciju sprječava tanak sloj galijevog oksida koji obavija kapljice. Nakon dispergiranja u smjesu se dodaje aminski očvršćivač, a dobiveni materijal izliva se u kalup i očvršćuje na 40 °C. Tijekom očvršćivanja, mikrokapljice tekućeg metala talože se na dno kalupa pod utjecajem gravitacije, budući da je EGaIn znatno gušći od polimerne matrice. Time se spontano stvara heterogena dvoslojna struktura: jedna strana kompozita bogata je kapljicama tekućeg metala i nakon aktivacije provodi električnu struju, dok je druga strana čisti vitrimer koji se ponaša kao električni izolator. Geometrija tiskane pločice, odnosno vodljivi sloj na izolacijskom supstratu, prirodno nastaje iz same fizike taloženja.⁴ Cijeli proces je u suštini vrlo jednostavan, a upravo ga ta jednostavnost čini briljantnim.

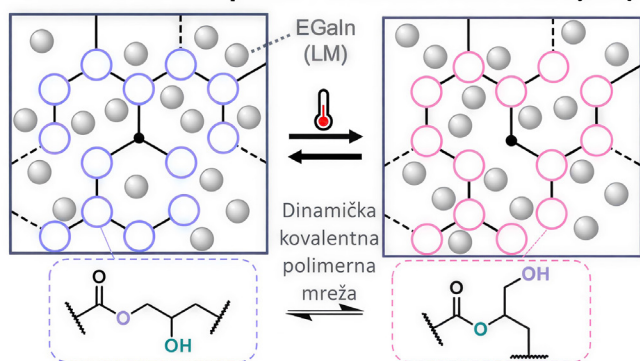
Mehanička svojstva i mogućnost samozacjeljenja

Za aktivaciju električne vodljivosti, vodljiva strana se, nakon blagog zagrijavanja radi omekšavanja matrice, mehanički pritišće. Prenesena sila uzrokuje pucanje ljusaka galijevega oksida i kapljice tekućeg metala (engl. *liquid metal*, LM) koalesciraju u perkolirajuću vodljivu mrežu. Impresivno je da su kompoziti već s udjelom tekućeg metala od svega 5 vol.% postali vodljivi nakon aktivacije, dosežući vodljivost od $0,7 \times 10^5$ S/m. Pri udjelu LM-a od 30 vol.%, vodljivost je dosegla $2,0 \times 10^5$ S/m.⁴ Za usporedbu, konvencionalni kompoziti s mikrokapljicama tekućeg metala uniformno raspoređenim u matrici tipično zahtijevaju 20–50 vol.% za postizanje perkolacije.⁹

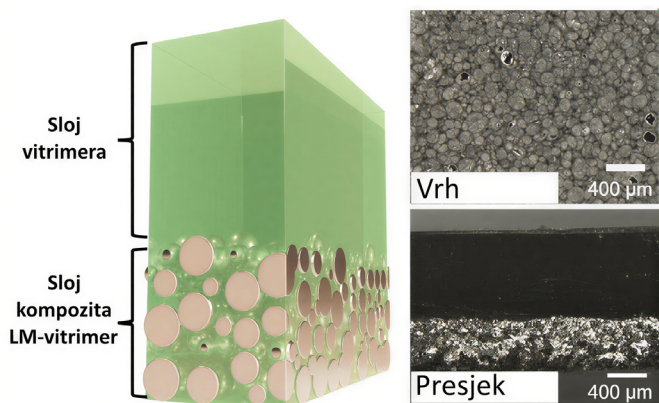
Ugradnja kapljica tekućeg metala u vitrimernu matricu utječe na mehanička svojstva materijala. Čisti vitrimer ima modul elastičnosti od oko 1,8 GPa, koji se dodavanjem tekućeg metala snižava: stabilizira se na oko 1 GPa za udjele do 20 vol.% LM-a, a pada na oko 0,6 GPa pri 30 vol.% LM-a. Navedene su vrijednosti daleko iznad onih za meke ili elastomerne kompozite s tekućim metalom i nalaze se u rasponu krutih plastičnih materijala. Autori su to na upečatljiv način demonstrirali vješanjem utega mase 9 kg na traku LM-vitrimera debljine samo 1,5 mm, pri čemu je LED dioda napajana kroz tu istu traku ostala upaljena.⁴

Dinamička vitrimerna mreža materijalu također pruža mogućnost termički aktiviranog samozacjeljivanja. Kad je na površinu kompozita napravljen rez skalpelom i primijenjeno Jouleovo grijanje (5 V, 5 A kroz vodljivu mrežu tekućeg metala), materijal je „zacijelio“ površinsko oštećenje unutar 10 minuta – toplina je aktivirala transesterifikacijske reakcije izmjene veza kojima su se polimerni lanci „zavarili“. Osim samozacjeljivanja materijala, ovakva struktura materijala otvara mogućnost i autonomnog električnog samozacjeljivanja: kada je kroz kompozit usred strujnog kruga probušena rupa, tekući metal je trenutačno potekao oko oštećenja, čime je ponovno uspostavio električnu vodljivost, „zatvorio“ strujni krug i omogućio da spojena LED dioda ostane upaljena tijekom cijelog trajanja eksperimenta.⁴

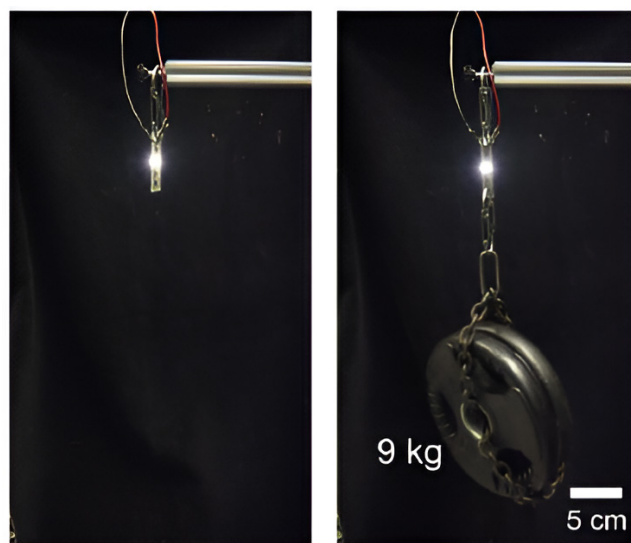
Vitrimerni kompozit s tekućim metalom (LM)



Slika 3 – Dinamička kovalentna polimerna mreža u vitrimernom kompozitu s tekućim metalom⁴

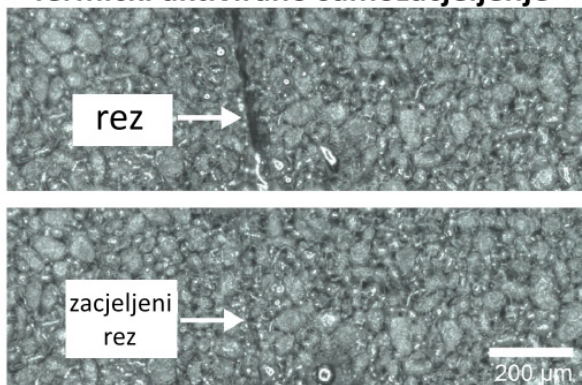


Slika 4 – Shematski prikaz heterogene LM-vitrimerske kompozitne strukture (lijevo), uz mikroskopske snimke iz ptičje perspektive i presjeka (desno)⁴

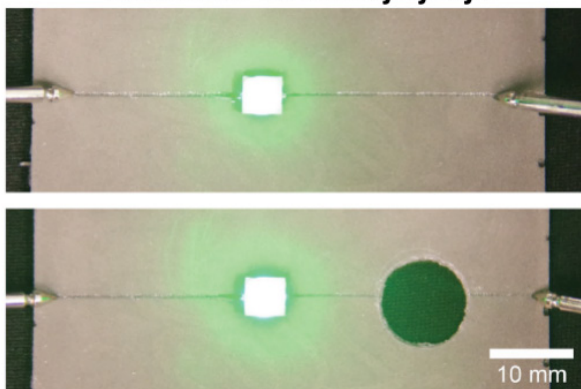


Slika 5 – LM-vitrimer konduktivni kompozit napaja LED diodu s utegom od 9 kg⁴

Termički aktivirano samozacjeljenje



Električno samozacjeljenje



Slika 6 – Termičko i električno samozacjeljenje LM-vitrimerskih kompozita⁴

Pamćenje oblika i mogućnost reciklaže

LM-vitrimerni kompozit predstavljen u radu također pokazuje toplinski inducirano ponašanje pamćenja oblika, koje proizlazi iz kombinacije njegove umrežene strukture s fleksibilnim alifatskim vezama te krutim aromatskim/cikloheksanskim segmentima u polimernoj okosnici. U jednom od eksperimenata, ravna traka deformirana je u spiralu oko cilindrične šipke pri temperaturi iznad T_g , a zatim ohlađena kako bi se oblik „zaključao“. Ponovnim zagrijavanjem iznad T_g , traka se vratila u svoj izvorni ravni oblik, a LED dioda koja prolazi kroz nju ostala je funkcionalna što potvrđuje da je električna vodljivost očuvana tijekom cijelog ciklusa promjene oblika.⁴

U kontekstu problema elektroničkog otpada, ovaj kompozit ističe se jer se može kemijski reciklirati. Budući da vitrimerna mreža sadrži esterske veze, podložna je hidrolizi kataliziranoj lužinom. Kada se kompozit uroni u vruću (100 °C) 5 M o-

pinu NaOH, esterske veze se cijepaju i dolazi do depolimerizacije matrice. Lužnata otopina istodobno otapa oksidne ovojnice galija na mikrokapljicama tekućeg metala i oslobađa tekući metal. Nakon približno četiri dana, matrica se potpuno razgradila, a tekući metal i ostale ugrađene elektroničke komponente (npr. LED čipovi) uspješno su izdvojene jednostavnim prosijavanjem.⁴ Za usporedbu, konvencionalni epoksidni kompozit bez esterskih veza nije pokazao nikakvu razgradnju u istim uvjetima, što upućuje da su dinamičke esterske veze ključne za mogućnost recikliranja.

Znanstvenici s Virginia Tech-a su ovaj koncept demonstrirali i na razini tiskane pločice. Izradili su vitrimernu rekonfigurabilnu tiskanu pločicu s nanesenim LM-vitrimerskim kompozitnim međupločicama, Hallovim sensorima i LED diodama na transparentnom vitrimernom supstratu.⁴

Mogućnosti i ograničenja

Značaj ovog rada leži u istovremenom postizanju svojstava koja su do sada bila međusobno isključiva: visok modul elastičnosti (~ 1 GPa), dobra električna vodljivost ($\sim 10^5$ S/m), mogućnost recikliranja i samozacjeljivanje – sve u jednom materijalu. Većina ranijih pokušaja stvaranja reciklabilnih vodljivih kompozita ili je narušila mehaničku krutost (meki elastomerni sustavi) ili nije mogla postići dostatnu električnu vodljivost bez napuštanja reciklabilne polimerne matrice.^{4,8}

Ipak, proces kemijskog recikliranja ovog materijala rezultira depolimeriziranom matricom čije produkte nije moguće ponovno polimerizirati, što znači da je recikliranje i dalje otvorena petlja. Iako je moguće izlučiti tekući metal i elektroničke komponente, bez dodatnih koraka čisti vitimer se ne može ponovno sintetizirati iz povraćenih kemikalija.⁴

Dodatno, cijeli proces je relativno spor. Za praktičnu primjenu bila bi potrebna optimizacija koraka depolimerizacije na industrijskoj razini. Iako se korišteni EGaIn smatra niskotoksičnim u usporedbi s alternativama na bazi žive, galij i indij su relativno rijetki i strateški kritični materijali pa njihova nabava i upotreba otvara pitanje istinske kružne procjene životnog ciklusa ovog materijala.

Gledajući sam proces dobivanja ovog materijala, spontano taloženje koje stvara dvoslojnu strukturu istovremeno je prednost i ograničenje. Omogućuje jednostavnu izradu bez složene

Zaključak

procesne opreme, ali ograničava geometrijsku složenost vodljive arhitekture ostvarive u jednom koraku lijevanja. Višeslojne strukture mogu se graditi sekvencijalnim lijevanjem, kako su autori demonstrirali, no istinski trodimenzionalno vođenje strujnih putova zahtijevalo bi sofisticiranije pristupe uzorkovanju.⁴

Naposljetku, T_v od oko 165 °C i uvjeti preoblikovanja relativno su zahtjevni, što bi trebalo riješiti za praktičnu primjenu na terenu ili recikliranje na razini potrošača. Trenutna istraživanja u području vitrimernih materijala aktivno rade na snižavanju temperatura izmjenskih reakcija i poboljšanju kinetike tečenja te imaju potencijal riješiti ovaj problem.⁴

Vodljivi kompozit tekućeg metala i vitrimera koji su znanstvenici s Virginia Tech-a demonstrirali u radu nesumnjivo je značajan korak naprijed u znanosti o materijalima usmjerenim prema održivoj elektronici. Spajanjem kemije dinamičkih kovalentnih mreža vitrimera s jedinstvenim električnim svojstvima i mogućnosti samozacjeljivanja tekućeg metala, tim je stvorio materijal gotovo idealnih mehaničkih svojstava koji je spoj plastomera i duromera, a nalazi se negdje između vodiča i konstrukcijskog materijala.

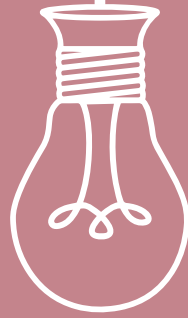
Vjerojatno će proći određeno vrijeme prije nego što vaš sljedeći pametni telefon bude opremljen vitrimernom tiskanom pločicom, ali s obzirom da se svijet suočava s više od 55 milijuna tona elektroničkog otpada godišnje, ovaj materijal nije samo znanstveno zanimljiv – mogao bi biti neopodnošan.

Literatura

1. Forti, V., Baldé, C. P., Kuehr, R., Bel, G. (2020). The global e-waste monitor 2020. United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/ Geneva/Rotterdam, 120, 14.
2. <https://urbanerecycling.com/e-waste-an-emerging-environmental-concern/> (pristup 23.3.2026.)
3. Hsu, E., Barmak, K., West, A. C., Park, A. H. A. (2019). Advancements in the treatment and processing of electronic waste with sustainability: a review of metal extraction and recovery technologies. *Green chemistry*, 21(5), 919-936.
4. Ho, D. H., Jiang, M., Tutika, R., Worch, J. C., Bartlett, M. D. (2025). Liquid Metal-Vitrimer Conductive Composite for Recyclable and Resilient Electronics. *Advanced Materials*, 37(37), 2501341.
5. Guerre, M., Taplan, C., Winne, J. M., Du Prez, F. E. (2020). Vitrimers: directing chemical reactivity to control material properties. *Chemical science*, 11(19), 4855-4870.
6. Van Lijsebetten, F., Holloway, J. O., Winne, J. M., Du Prez, F. E. (2020). Internal catalysis for dynamic covalent chemistry applications and polymer science. *Chemical Society Reviews*, 49(23), 8425-8438.
7. <https://www.compositesworld.com/articles/vitrimers-the-reprocessable-thermoset> (pristup 23.3.2026.)
8. Krisnadi, F., Nguyen, L. L., Ankit, Ma, J., Kulkarni, M. R., Mathews, N., Dickey, M. D. (2020). Directed assembly of liquid metal-elastomer conductors for stretchable and self-healing electronics. *Advanced Materials*, 32(30), 2001642.
9. Tutika, R., Haque, A. T., Bartlett, M. D. (2021). Self-healing liquid metal composite for reconfigurable and recyclable soft electronics. *Communications Materials*, 2(1), 64.

Razmišljaj kao INŽENJER





SCIENCE JOURNAL

Tradicionalna medicina

5. Divlji pelin

Artemisia vulgaris L.

Paula Šimunić (FKIT)

Divlji pelin na prvi je pogled samo gorka biljka koju mnogi zaobilaze, ali zapravo skriva zanimljivu priču iz svijeta tradicionalne medicine. Ljudi su ga od davnina koristili za probavne tegobe, detoksikaciju organizma i općenito jačanje imuniteta, zahvaljujući njegovim aktivnim spojevima. Danas, u vrijeme kada raste interes za fitoterapiju i prirodne pripravke, pelin ponovno privlači pažnju kao biljka s potencijalno značajnim farmakološkim učincima.

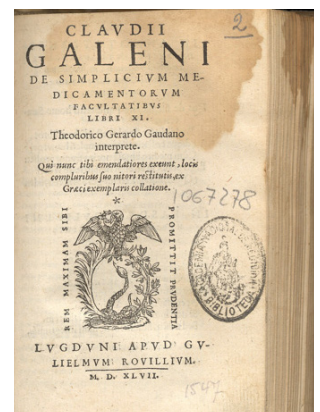
Povijet i običaji

Divlji pelin, odnosno *Artemisia vulgaris L.* vrsta je koja je dobro poznata u cijelome svijetu. Zbog svoje široke rasprostranjenosti ova se vrsta spominje u predajama i zapisima kineske, hinduističke i europske tradicionalne medicine, gdje se najviše koristila za regulaciju funkcioniranja gastrointestinalnog sustava i liječenje raznih ginekoloških bolesti. Dioskorid je opisao ljekovita svojstva ove vrste u medicinskim djelima još u 1. stoljeću nove ere od strane Dioskorida u djelu *Materia medica*, Plinija Starijeg u *Naturalis Historia* i Galena u *De simplicium medicamentorum facultatibus*. U srednjovjekovnoj medicini, ova biljka je stekla popularnost kao lijek za gastrointestinalne

tegobe „prouzročene prehladom“, uključujući bolove u želucu, proljev i crijevne kolike. Vjerovalo se da je učinkovita i protiv žutice kada se poslužuje s vinom. Tijekom renesanse, zahvaljujući, između ostalog, izumu tiskarstva J. Gutenberga, holistička medicina procvjetala je u Europi te je trajala do 18. stoljeća. U to vrijeme, osim ženskih bolesti, terapijski spektar *A. vulgaris* proširen je i na bolesti slezene i jetre. Tijekom razvoja moderne medicine u 19. stoljeću, epilepsija i neuroza bile su uključene među indikacije za liječenje divljim pelinom. U 20., znanstvene i laboratorijske analize sastava *A. vulgaris* dovele su do zaključka da zbog visokog alergijskog potencijala biljka nije prikladna za medicinsku upotrebu te da se može koristiti samo u kulinarske svrhe, kao začin.¹



Slika 1 – Naslovnica *De Materia Medica*, na arapskom jeziku²



Slika 2 – *De simplicium medicamentorum facultatibus* autora Clavdii Galeni³

Drugi nazivi

Upravo zbog svojih blagotvornih učinaka na tegobe povezane s menstruacijom i trudnoćom, prema drevnom vjerovanju ime roda *Artemisia* potječe od imena grčke božice Artemide, zaštitnice trudnica i novorođenih majki. Drugo potencijalno porijeklo imena je od grčke riječi *artenes* (svjež, zdrav). Ime vrste *vulgaris* znači običan, uobičajen. Opisao ga je Carl Linnaeus 1753. godine u djelu *Species Plantarum*. Na stranim jezicima nazivi su *mugwort*, *common wormwood*, *wild wormwood*, *felon herb* (eng.), *Gemeine Beifuß*, *Gewöhnlicher Beifuß*, *Gewürzbeifuß* (njem.), *armoise commune*, *armoise citronnelle* (fr.), *artemisia comune* (tal.), *navadni pelin* (slo.).⁴ Osim književnih i stranih imena, divlji pelin je u srednjem vijeku bio nazvan "majkom bilja" zbog svoje široke primjene u liječenju raznih tegoba.¹



Slika 3 – Biljka divljeg pelina⁴

Opis biljke

A. vulgaris L. zeljasta je trajnica iz porodice glavočika (*Asteraceae*). Stabljika je razgranata, poludrvenasta, uglasta, često crvenkasta i raste do otprilike 180 cm visine. Korijen je drvenast, snažan i razgranat. Listovi su nasuprotni, perasto razdijeljeni, dužine 5-15 cm; na licu su tamnozeleni i goli, a na naličju bijeli i prekriveni gustim dlakama. Donji listovi imaju peteljku, dok su gornji sjedeći. Cvjetovi su mnogobrojni, skupljeni u klasaste cva-

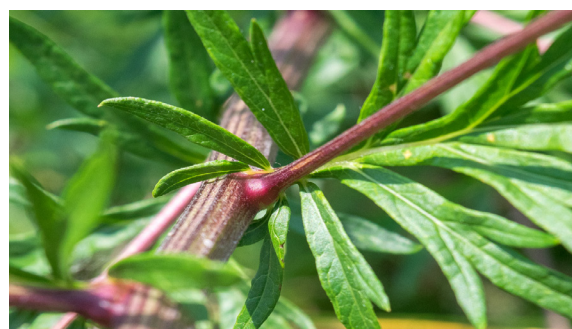
tove na vrhovima stabljika. Sastoje se od dvospolnih središnjih cvjetova i rubnih ženskih cvjetova. Cvatu od lipnja do rujna. Dobra je medonosna biljka, pčelama daje nektar i pelud. Jedna biljka može dati i do 700 000 sjemenki koje klijaju već u jesen.⁴



Slika 4 – Pupovi divljeg pelina⁴

Srodne vrste

Najčešće se pod općenitim nazivom pelin upravo misli na pravi, gorki ili planinski pelin, odnosno *Artemisia absinthium*. To je trajna zeljasta biljka karakterističnih sivkastih listova i gorkog okusa. Osim što se od pelina proizvodi alkoholno piće pelinkovac, pelin je uz anis i komorač sastojak likera apsinta. Slatki, jednogodišnji ili mirisni pelin (*Artemisia annua*) izuzetno je mirisna i ljekovita jednogodišnja vrsta. Iako se naziva „slatki“ pelin, okus mu je prilično gorak. Naziva se i bejturan. Gorkasti pelin (*Artemisia abrotanum*) ljekovita je mirisna vrsta pelina koji mirisom podsjeća na Coca-colu. Listovi se koriste za čaj, u kulinarstvu za aromu, ali i za zaštitu odjeće od moljaca. U prirodi u većem dijelu Republike Hrvatske najčešće se može pronaći divlji pelin (*Artemisia vulgaris*). On ukazuje na plodno tlo bogato kalijem.⁵



Slika 5 – Stabljika i lišće divljeg pelina⁴

Stanište i rasprostranjenost

Divlji pelin je prirodno rasprostranjen na području Europe, Azije i sjeverne Afrike. U Sjevernoj Americi je udomaćen, ali se tamo smatra korovom. Raste na sunčanim i suhim mjestima, zapuštenim zemljištima, na plodnom tlu, uz obale rijeka i uz putove. Traži hranjivo, pjeskovito ili ilovasto tlo te ukazuje na bogatstvo kalija u tlu. Nije zahtjevan, otporan je na nametnike i potiskuje susjedne biljke, zbog čega se smatra korovom. Otporan je na sušu te dobro podnosi hladnoću. Razmnožava se sjemenom ili poludrvenastim reznicama koje se pojavljuju od sredine ljeta do jeseni.⁴

Uzgoj

Ovisno o vrsti, pelin može rasti na različitim tipovima tla. Uspijeva na kamenitim, vapnastim, pjeskovitim i glinenim tlima, pri čemu je najvažnije svojstvo tla njegova propusnost. Pelin ne podnosi zadržavanje vlage u tlu. Dobro uspijeva na blago kiselim tlima (pH oko 5,5), ali može rasti i na neutralnim te alkalnim tlima (do pH 8,0). Većina pelina vrlo dobro podnosi hladnoću, a još bolje sušu. Najbolje uspijeva u umjereno toploj klimi i na osunčanim položajima, ali može rasti i u hladovini. Vrijeme sadnje pelina ovisi o načinu razmnožavanja. Kod razmnožavanja sjemenom sjetva se obavlja u proljeće (ožujak-travanj), a u kljajalištima ili plastenicima već krajem veljače ili početkom ožujka. Kod razmnožavanja dijeljenjem busena preporučuje se sadnja u jesen ili rano proljeće.⁶

Dijelovi biljke koji se upotrebljavaju

Cvjetni vrhovi i listovi skupljaju se u fazi cvjetanja i suše na suhom i prozračnom mjestu. Koriste se kao začim različitim jelima. Potiču apetit, olakšavaju probavu masnoća, smiruju grčeve i primjenjuju se kao sredstvo za jačanje živaca. Sadrže toksični tujon, stoga se koriste u malim količinama.⁴

Svi dijelovi biljke djeluju antiseptički, antispazmički, karminativno, probavno, stimulatивно i koristi se u liječenju ženskih tegoba. Listovi mogu služiti kao diuretik i hemostatik. Infuzija listova i cvjetnih vrhova koristi se u liječenju živčanih i spazmodičnih oboljenja, funkcionalnog krvarenja maternice,

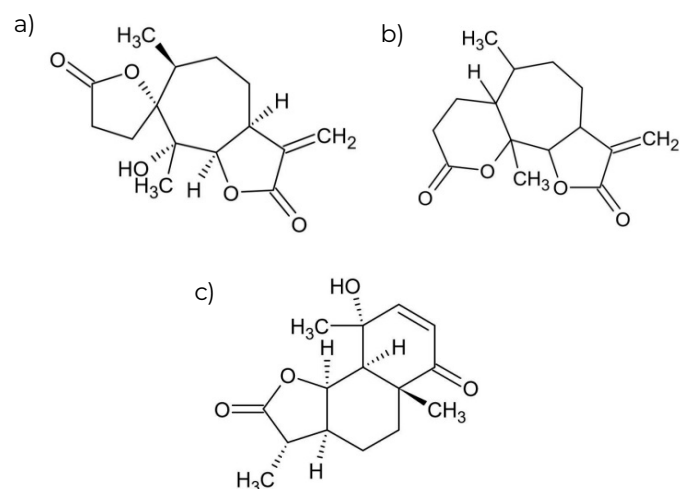
dismenoreje, astme i bolesti mozga. Listovi imaju antibakterijsko djelovanje inhibirajući rast bakterija *Staphylococcus aureus*, *Bacillus typhi*, *B. dysenteriae*, *E. coli*, *B. subtilis*, itd. Listovi se najčešće beru u kolovozu i mogu se sušiti za kasniju upotrebu. Stabljika ima antireumatska i antispazmična svojstva.¹



Slika 6 – Dijelovi pelina koji se upotrebljavaju

Uporaba u liječenju

A. vulgaris sadrži različite skupine spojeva, uključujući seskviterpenske laktone, flavonoide, kumarine, fenolne kiseline, sterole, poliacetilene, karotenoide, vitamin te cijanogene glikozide. Zbog velike varijabilnosti kemijskog sastava teško je definirati jedinstven fitokemijski profil. Karakteristična značajka ove vrste je prisutnost seskviterpenoidnih laktona, uključujući psilostahin, psilostahin C i vulgarin, a potvrđen je i artemizinin.



Slika 7 – Seskviterpenski laktoni: a) psilostahin, b) psilostahin C, c) vulgarin

Danas se divlji pelin ne koristi u uobičajeno kao lijek. Međutim, zbog svoje arome i gorkog okusa, biljka se često koristi za poticanje lučenja probavnih sokova u liječenju gubitka apetita, gastritisa i nadutosti. Eterično ulje koristi se u sredstvima za odbijanje insekata i glodavaca te pokazuje antibakterijska i antifungalna svojstva. Osim toga, pokazuje antibakterijska i antifungalna svojstva. U jednom od najnovijih izdanja Europske i Francuske farmakopeje, *A. vulgaris* je navedena kao homeopatska sirovina. Njezina primjena uključuje liječenje nepravilnih menstrualnih ciklusa, simptoma menopauze, te neuroloških poremećaja poput mjesečarenja, paničnih napadaja, epilepsije i anksioznosti. Homeopatski lijekovi se pripremaju korištenjem tinkture svježeg korijena divljeg pelina, koja se sastoji od 65% etanola. Tinktura treba sadržavati najmanje $w = 0,01\%$ derivata hidroksicinaminske kiseline. Divlji pelin se se u kućanstvima često koristi u obliku tinkture, iako taj oblik nije dovoljno istražen i nema potvrđene zdravstvene benefite.¹

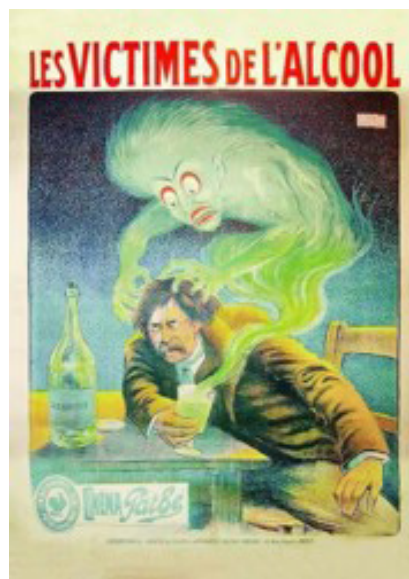


Literatura

1. Ekiert H, Pajor J, Klin P, Rzepliela A, Ślesak H, Szopa A. Significance of *Artemisia Vulgaris* L. (Common Mugwort) in the History of Medicine and Its Possible Contemporary Applications Substantiated by Phytochemical and Pharmacological Studies. *Molecules*. 2020 Sep 25;25(19):4415.
2. <https://bs.wikipedia.org/wiki/Dioskorid> (pristup 24.3.2026.)
3. <https://bancodeimágenesmedicina.com/imagen/de-simplicium-medicamentorum-facultatibus/> (pristup 24.3.2026.)
4. <https://www.plantea.com.hr/divlji-pelin/> (pristup 24.3.2026.)
5. <https://www.biovrt.com/pelin-najcesce-vrste-koje-rastu-u-nasim-krajevima/> (pristup 24.3.2026.)
6. <https://www.vrtlarica.hr/pelin-sadnja-uzgoj/> (pristup 24.3.2026.)
7. <https://pfaf.org/user/Plant.aspx?LatinName=Artemisia+vulgaris> (pristup 24.3.2026.)
8. <https://absinthia.com/the-rise-and-fall-of-absinthe-a-propaganda-poster-story/> (pristup 24.3.2026.)

Ostale karakteristike

Poznata je proizvodnja alkoholnih pića od pelina, kod nas zvano pelinkovac. Drugi, daleko poznatiji liker u svijetu je absint, koji se pripravlja s pelinom, anisom i komoračem. Absint je u 20. stoljeću bio zabranjen mogućih halucinogenih učinaka (visok sadržaj tujona) te štetnog djelovanja na živčani sustav u velikim količinama. Osim pelinkovca i absinta, od pelina se proizvode i sušeni začini i čaj. Na njegovoj se bazi izrađuju kreme, balzami i tonici koji mogu pomoći kod ublažavanja boli u zglobovima, iritacije kože, crvenila i akni, hidrataciji kože te liječenje psorijaze i ekcema. Ekstrakt pelina djeluje umirujuće, protuupalno, antibakterijski te potiče rast kose. Također, čest je sastojak proizvoda za njegu dječje kože te u proizvodima za zaštitu i pomlađivanje masne i pigmentirane kože. Dodaje se u kreme, losione, šampone, formule u prahu i dezodoranse.⁶



Slika 8 – Reklama za alkoholno piće Absinthe⁸



Slika 9 – Promjene alkoholnog pića kroz godine

Pčelinji otrov pod mikroskopom

Antonija Duh (FKIT)



Pčele se ubrajaju među najvažnije oprašivače u kopnenim ekosustavima, čime imaju nezamjenjivu ulogu u održavanju biološke raznolikosti i stabilnosti poljoprivredne proizvodnje. Osim dobro poznatih proizvoda, poput voska i meda, pčele sintetiziraju i pčelinji otrov, tvar koja se u svakodnevnom životu uglavnom percipira kroz neugodnu bol nakon uboda. Međutim, takav pogled prikriva njegovu stvarnu prirodu jer je riječ o kompleksnoj biokemijskoj smjesi čija funkcija i potencijal daleko nadilaze obrambeni mehanizam.

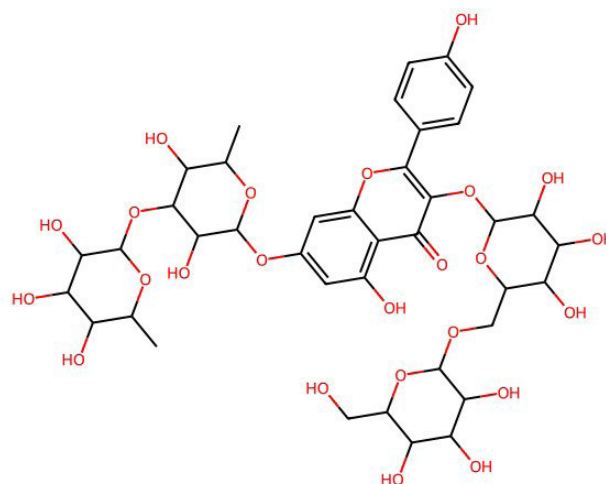
Pčelinji otrov, poznat i kao apitoksin, proizvode pčele radilice (lat. *Apis mellifera*). Otrovi se nalazi u posebnoj žlijezdi povezanoj sa žalcem, a koristi se primarno kao obrambeni mehanizam protiv prijetnji. Kada pčela ubode, ubrizgava malu količinu otrova u kožu. Za pčelu je to u većini slučajeva smrtonosno, ali za napadnutu životinju ili čovjeka predstavlja signal upozorenja i obrane. Suvremena istraživanja pokazuju da apitoksin predstavlja skup biološki aktivnih molekula koji međusobno djeluju sinergijski. Promatran pod mikroskopom analitičkih metoda moderne biokemije, ovaj se otrov otkriva kao precizno evolucijski oblikovan sustav s izraženim farmakološkim potencijalom.



Slika 1 – Pčele radilice

Na kemijskoj razini, pčelinji otrov je smjesa proteina, peptida i manjih organskih molekula. Njegova je najvažnija komponenta melitin (slika

2), peptid koji čini gotovo 50% mase suhog otrova. Melitin snažno djeluje na stanične membrane, koje može destabilizirati i uzrokovati raspad stanica. Upravo iz tog razloga dolazi do boli i upale nakon uboda pčele. Osim melitina, važne molekule u sastavu otrova su fosfolipaza A2, enzim koji razgrađuje fosfolipide u staničnim membranama, i apamin, neurotoksični peptid koji djeluje na živčani sustav.



Slika 2 – Kemijska struktura melitina

Kada pčelinji otrov uđe u ljudsko tkivo, pokreće niz bioloških reakcija. Najprije dolazi do lokalne boli uzrokovane oštećenjem stanica i aktivacijom receptora za bol. Potom slijedi upalni odgovor, što znači da se krvne žile šire te ubodeno područje postaje crveno i otečeno. Imunološki sustav prepoznaje komponente otrova kao strane tvari u organizmu i reagira oslobađanjem histamina i drugih neurotransmitera. Kod većine je ljudi ta reakcija blaga i prolazi kroz nekoliko sati ili dana. Međutim, kod nekih ljudi može doći do alergijskih reakcija. U tim slučajevima imunološki sustav pretjerano reagira, što može dovesti do anafilaktičkog šoka, ozbiljnog i potencijalno smrtonosnog stanja. To pokazuje koliko snažan utjecaj i mala količina pčelinjeg otrova može imati na ljudski organizam.



Slika 3 – Pčelinji ubod

Unatoč svojoj toksičnosti, pčelinji otrov privukao je pažnju znanstvenika zbog svojih potencijalnih terapijskih svojstava. U području poznatom kao apiterapija istražuje se njegova primjena u liječenju raznih bolesti. Na primjer, melitin pokazuje protuupalna svojstva, što ga čini zanimljivim kandidatom za liječenje kroničnih upalnih bolesti poput reumatoidnog artritisa. Također, istraživanja upućuju na to da određene komponente pčelinjeg otrova mogu imati antimikrobno djelovanje, pa čak i potencijal u borbi protiv tumorskih stanica. Jedan od razloga zbog kojeg je pčelinji otrov zanimljiv jest njegova sposobnost selektivnog djelovanja. Neka istraživanja pokazala su da melitin može oštetiti membrane stanica raka učinkovitije od zdravih stanica, iako taj mehanizam nije još u potpunosti razjašnjen. Ipak, zbog toksičnosti pčelinjeg otrova, njegova primjena u medicini zahtijeva pažljivo doziranje i dodatna istraživanja.

Razvoj moderne tehnologije omogućio je detaljno proučavanje pčelinjeg otrova na molekularnoj razini. Metode poput masene spektrometrije i kromatografije omogućuju znanstvenicima da identificiraju i analiziraju pojedine komponente otrova. Time se otvara mogućnost razvoja novih lijekova temeljenih na prirodnim spojevima. Umjesto korištenja otrova kao takvog, istraživači nastoje izolirati i modificirati njegove aktivne sastojke kako bi zadržali korisna svojstva, a istovremeno smanjili štetne učinke.

Važno je naglasiti i ekološki aspekt. Pčele su ugrožene zbog klimatskih promjena, pesticida i gubitka staništa. Smanjenje populacije pčela ne bi utjecalo samo na proizvodnju meda, već i na znanstvena istraživanja poput onih vezanih uz pčelinji otrov. Očuvanje pčela stoga nije važno isključivo za poljoprivredu, nego i za budućnost medicine.



Slika 4 – Uređaj za masenu spektroskopiju

Zaključno, pčelinji otrov predstavlja mnogo više od neugodnog iskustva uboda. Pod "mikroskopom" znanosti otkriva se kao složena i moćna biološka smjesa s velikim potencijalom. Iako još uvijek postoje brojne nedoumice, istraživanja pčelinjeg otrova pokazuju kako priroda može biti izvor inspiracije za razvoj novih terapija. Ono što je nekad bilo samo obrambeno sredstvo jednog kukca, danas postaje predmet ozbiljnog znanstvenog interesa i mogući alat u borbi protiv bolesti.

Literatura

1. <https://www.up-draca.hr/pcotr.htm> (pristup 20.3.2026.)
2. <https://pcelari-bujstine.com/pcelinji-otrov-i-reakcije-na-ubod/> (pristup 20.3.2026.)
3. <https://zir.nsk.hr/object/agr:1435> (pristup 21.3.2026.)
4. https://animaldiversity.org/accounts/Apis_mellifera/ (pristup 21.3.2026.)



Kava vs. energetska pića – kako utječu na mozak?

Iva Pinušić (FKIT)

„Ajmo na kavu“ – rečenica dobro poznata svakom čovjeku na svijetu, a pogotovo Hrvatima, koji su ispijanje kave pretvorili u umijeće i društvenu aktivnost. Bilo da se dogovaraju poslovni sastanci, komentiraju novosti društvenog života, izmjenjuju životne mudrosti ili se samo popunjava vrijeme između obveza, kava je nedvojbeno jedno od najpopularnijih pića na svijetu. Dok je kava piće koje se ispija polako i u kojem se uživa, energetska napitci predstavljaju brz, praktični i trenutni izvor energije i stimulacije za kojim se javila potreba u današnjem užurbanom i „instant“ načinu života. Stimulativni efekt ovih dvaju pića proizlazi iz njihovog ključnog sastojka, a to je kofein.

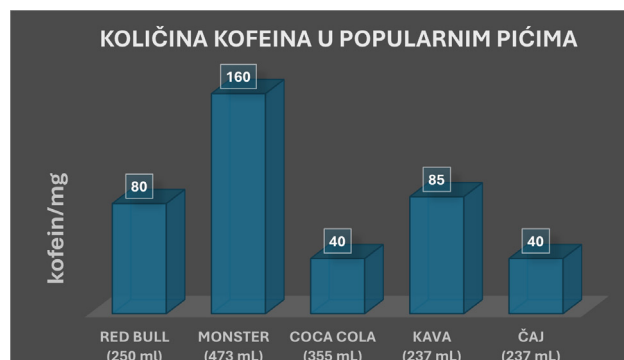
Kofein (slika 1.) je alkaloid biljnog podrijetla koji ima brojne farmakološke i psihološke učinke, uključujući kardiovaskularne, respiratorne i renalne (bubrežne) te učinke na glatke mišiće. Također utječe na raspoloženje, pamćenje, budnost, fizičke te kognitivne sposobnosti. Ovaj najčešće korišteni stimulans na svijetu otkriven je u Arabiji u zrnu kave (*Coffea arabica*), listovima čaja (*Thea sinensis*) u Kini, sjemenu kole (*Cola nitida*) u zapadnoj Africi i zrnu kakaa (*Theobroma cacao*) u Meksiku.



Slika 1 – Načini pripreme kave



Statistike pokazuju da 90 % odraslih u Europi i Sjevernoj Americi konzumiraju kofein na dnevnoj bazi te da taj unos u prosjeku iznosi 227 mg.² Za usporedbu, FDA (engl. *Food and Drug Administration*) navodi 400 mg na dan kao količinu kofeina općenito nepovezanu s negativnim učincima. Za razliku od kave, za koju se vjeruje da se kao stimulans počela koristiti već u 3. stoljeću¹, energetska pića svoju su popularnost stekla u novije doba. Naime, od uvođenja Red Bulla 1987. godine, tržište energetskih pića znatno je poraslo i danas je dostupno stotine različitih marki s raznim sadržajem kofeina.² Na grafičkom prikazu na (slika 1) prikazane su količine kofeina u pićima koja se danas najčešće konzumiraju kao njegov izvor.⁵ Iako se kava i energetska pića razlikuju sastavom, obe vrste pića sadrže kofein u dovoljnim količinama da djeluju kao stimulansi.

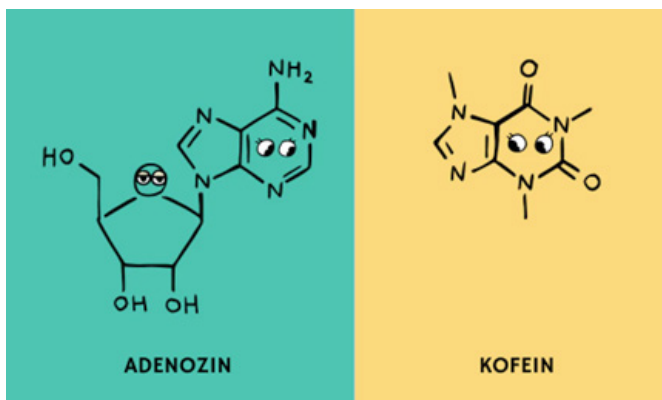


Slika 2 – Grafički prikaz količine kofeina u popularnim pićima

Kako zapravo kofein djeluje na ljudsko tijelo i mozak?

Kada kofein dospije u probavni sustav, vrlo se brzo apsorbira u želucu i tankom crijevu (vrhunac koncentracije u plazmi postiže nakon 15-20 minuta), nakon čega ulazi u krvotok te se raspršuje u tkivima. Međutim, učinci kofeina započinju tek kada dospije do živčanog sustava. Razlog tomu jest činjenica da kemijska struktura kofeina nalikuje adenozinu (slika 2), spoju koje tijelo prirodno proizvodi. Kofein se veže za receptore adenozina na površini živčanih stanica te ih blokira po

modelu "ključ-brava". Budući da dovoljno nalikuje adenzinu, može zauzeti njegove receptore bez njihove aktivacije, čime sprječava njegovo djelovanje. Adenzin usporava simpatički živčani sustav na način smanjujući broj otkucaja srca i dovodeći tijelo u stanje. Blokiranjem njegovih receptora kofein izaziva suprotan učinak na mozak: stimulira ga, potiskuje glad i pomaže tijelu da ostane u stanju budnosti i opreznosti. Dakle, kofein zapravo nije oblik izvora energije, već stvara percepciju stimulacije. Brojna istraživanja pokazuju da može poboljšati pamćenje, rasuđivanje, orijentaciju, pažnju i vrijeme reakcije (npr. u prometu).



Slika 3 – Kemijske strukture adenoizina i kofeina

Glavna razlika između kave i energetskih napitaka je u količini šećera te u aditivima i konzervansima koji se dodaju energetskim pićima radi produljenja trajnosti. Kava, ako se pije crna i bez šećera, ne sadrži aditive ni konzervanse te je gotovo bez kalorija. Sadrži vitamine B2, B3 (niacin) i B5, kalij i magnezij te antioksidanse koji mogu sprječiti oštećenja stanica. Uz već spomenute prednosti kofeina u kognitivnim funkcijama, kava može pomoći u prevenciji određenih bolesti, poput dijabetesa i Parkinsonove bolesti. Velika prednost kave nad energetskim pićima je mogućnost kontrole jačine i okusa. Sami možemo odrediti količinu šećera i drugih dodataka, poput mlijeka ili zaslađivača. Kod energetskih pića to nije slučaj. Ona, uz visoke razine kofeina sadrže i druge stimulanse poput, guarane i taurina, koji mogu pojačati njegov učinak. Guarana, sama ili u kombinaciji s kofeinom i taurinom, može imati i neželjene učinke, uključujući neurotoksičnost i narušavanje redosk-ravnoteže. Glavni problem energetskih

pića je visoki udio šećera, koji pruža kratkotrajan izvor energije, ali može uzrokovati nagli porast razine šećera u krvi te pridonijeti razvoju pretilosti ili karijesa. Kombinacija kofeina i šećera može dovesti do povišenog krvnog tlaka, srčanih problema i probavnih tegoba. Visoke doze kofeina u energetskim pićima povećavaju diurezu, što može uzrokovati dehidraciju, a dodatnu opasnost predstavlja kombiniranje energetskih pića s alkoholom. U tom slučaju postoji veća vjerojatnost unosa veće količine alkohola jer energetska pića mogu prekriti osjećaj opijenosti.



Slika 4 – Energetska pića

Hoćemo li izabrati kavu ili energetsko piće kao izvor kofeina ovisi o vlastitim preferencama i načinu života. Često se ta odluka svodi na količinu vremena ili na preferirani okus pića. Iako je kava općenito zdraviji izbor, energetska pića su često praktičniji izbor i neće naštetiti zdravlju ako se konzumiraju u umjerenim količinama. Uostalom kako kaže stara izreka: *Sola dosis facit venenum*, odnosno "Samo doza čini otrov".

Literatura

1. Institute of Medicine (US) Committee on Military Nutrition Research. Caffeine for the Sustainment of Mental Task Performance: Formulations for Military Operations. Washington (DC): National Academies Press (US); 2001,1- 2.
2. Persad LA. Energy drinks and the neurophysiological impact of caffeine. *Front Neurosci.* 2011. Oct 21;5:116
3. <https://www.fda.gov/consumers/consumer-updates/spilling-beans-how-much-caffeine-too-much> (pristup 22. ožujka 2026.)
4. Institute of Human Anatomy. (n.d.). Do you know what coffee does to your brain? YouTube.
5. <https://www.greenplantation.com/a/coffee-vs-energy-drinks-the-impact-on-our-health> (pristup 22. ožujka 2026.)



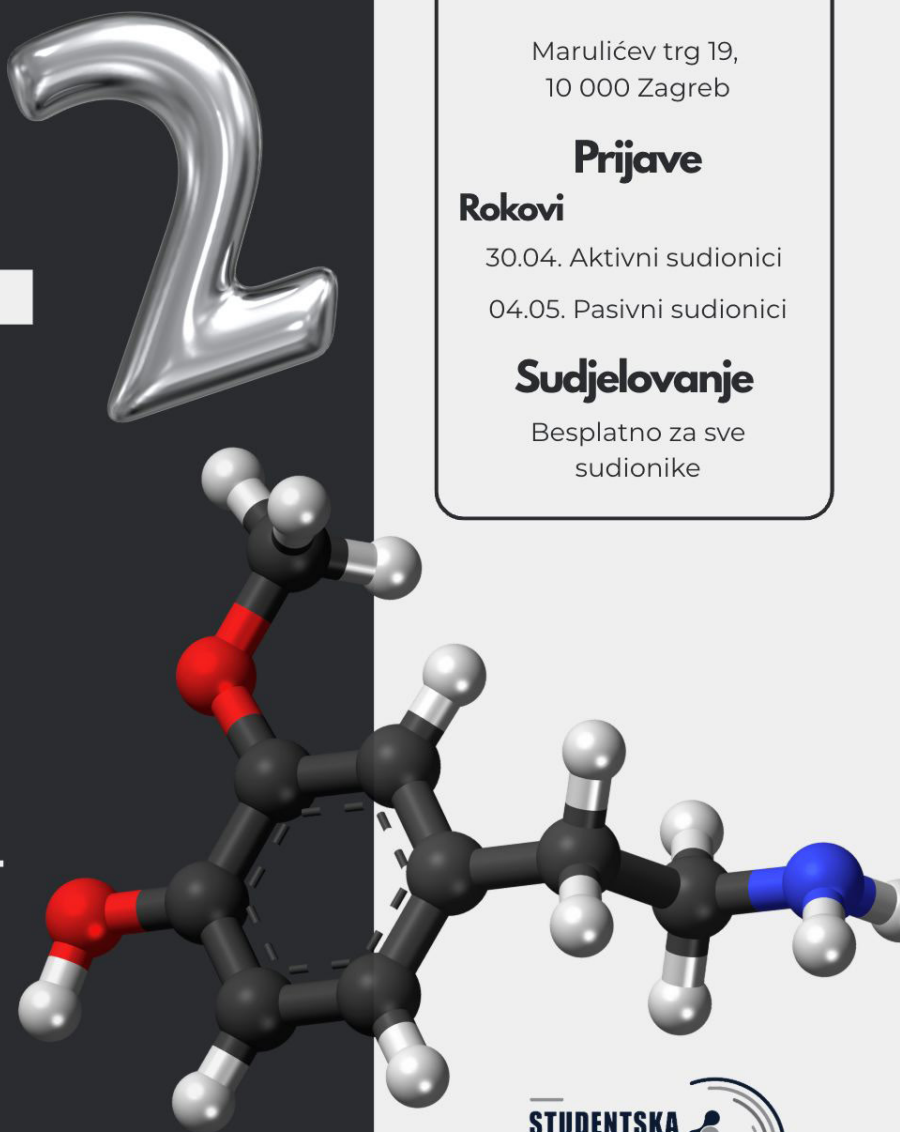
Kemija i inženjerstvo
u razvoju lijekova

KI RL

STUDENTSKI KONGRES

Od molekule do lijeka -
sinteza kojom kemija
postaje rješenje.

Kontakt:
@studentskasekcijahdki
hdki.studentskasekcija@gmail.com



Informacije

Kada?

08. i 09. svibanj 2026.

Gdje?

Fakultet kemijskog
inženjerstva i tehnologije

Marulićev trg 19,
10 000 Zagreb

Prijave

Rokovi

30.04. Aktivni sudionici

04.05. Pasivni sudionici

Sudjelovanje

Besplatno za sve
sudionike



Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek
Sveučilišta Jospa Jurja Strossmayera u Osijeku
Hrvatsko društvo kemijskih inženjera i tehnologa
Europsko kemijsko društvo
(European Chemical Society, EuChemS)
Europska skupina za higijenski inženjering i dizajn
(European Hygienic Engineering & Design Group, EHEDG)

ORGANIZIRAJU

21 Ružičkini dani

medunarodni znanstveno-stručni skup
DANAS ZNANOST – SUTRA INDUSTRIJA
9. – 11. rujna 2026. | Vukovar, Hrvatska



10. susret mladih kemičara
II. skup laboratorijskih tehničara

PRVA OBAVIJEST

www.ruzickadays.eu

Poštovane kolegice i kolege, dragi prijatelji,
u ime Organizacijskog odbora čast mi je i zadovoljstvo pozvati Vas na međunarodni znanstveno-stručni skup 21. Ružičkini dani – "Danas znanost, sutra industrija", koji se tradicionalno održava u Vukovaru u spomen na velikana hrvatske i svjetske znanosti, nobelovca Leopolda (Lavoslava) Ružičku.

Skup nije samo mjesto razmjene znanja i iskustava, već i prilika za druženje, nova poznanstva i poticanje suradnje među kolegama iz znanosti, obrazovanja i gospodarstva.

Radujemo se zajedničkom susretu, nadahnujućim razgovorima i stvaranju novih ideja u Vukovaru!

Prof. dr. sc. Stela Jokić
Predsjednica 21. Ružičkinih dana

SEKCIJE

1. Kemijska analiza i sinteza
2. Kemijska i biokemijska inženjerska
3. Prehrambena tehnologija i biotehnologija
4. Medicinska kemija i farmacija
5. Kemija u poljoprivredi i šumarstvu
6. Zaštita okoliša

SLUŽBENI JEZICI

Hrvatski i engleski jezik (bez simultanog prevođenja)

MJESTO ODRŽAVANJA

Hrvatski dom Vukovar – Ružičkina kuća, Vukovar, Hrvatska

SMJEŠTAJ SUDIONIKA

Detaljnije informacije na: www.ruzickadays.eu

PRIJAVE SUDJELOVANJA I RADOVA

Sažetak rada na hrvatskom ili engleskom jeziku potrebno je poslati putem e-obrasca, koji se nalazi na mrežnim stranicama Skupa, do 15. lipnja 2026. godine.

Organizacijski odbor zadržava pravo odluke o prihvatanju i načinu predstavljanja prijavljenog rada (usmeno ili postersko prikazivanje).

Upute za prijavu sudjelovanja te pisanje sažetka i rada nalaze se na mrežnim stranicama Skupa.

www.ruzickadays.eu

KOTIZACIJA

	do 20. 7. 2026.	od 20. 7. 2026.
Puna kotizacija	300 €	330 €
Studenti (uz potvrdu)	200 €	230 €
Kotizacija 10. SMK*	0 €	0 €
Kotizacija II. SLT**	150 €	180 €

*10. susret mladih kemičara; **II. skup laboratorijskih tehničara PDV uključen

Kotizacija uključuje e-Knjigu sažetaka, e-Zbornik radova, e-Knjigu postera, osvježenje za vrijeme stanki, svečanu večeru i stručni izlet.

UPLATU DOZNAČITI NA RAČUN

HDKI, Berislavićeva 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska
Svrha doznake: 21. Ružičkini dani
Zagrebačka banka d.d., Zagreb
IBAN: HR532360001101367680; OIB: 22189855239

VAŽNI DATUMI

- 15. 6. 2026. prijava sudjelovanja i dostava sažetka
- 15. 7. 2026. obavijest o prihvatanju rada
- 20. 7. 2026. uplata nižeg iznosa kotizacije
- 1. 11. 2026. dostava cjelovitih radova

TAJNIŠTVO SKUPA I KONTAKT

Ivana Lauš (Osijek)
Tel.: +385 31 224 383 / e-pošta: ivana.laus@ptfos.hr

ORGANIZACIJSKI ODBOR

Stela Jokić (predsjednica)
Ante Jukić (dopredsjednik)
Vesna Ocelić Bulatović (dopredsjednica)
Ivana Lauš (tajnica)
Drago Šubarić, Jurislav Babić, Ljubica Glavaš-Obrovac, Ivanka Miličić, Ivan Hubalek, Ana Filipović, Martina Harc, Olga Martinis, Marijana Vidaković (SLT), Marko Jagetić (SLT), Dora Zobundžija (SLT)

ZNANSTVENO-STRUČNI ODBOR

Ante Jukić, Stela Jokić, Jurislav Babić, Vesna Ocelić Bulatović, Dajana Gašo-Sokač, Maja Molnar, Valentina Bušić, Ante Lončarić, Vlatka Filipović Marijić, Jasmina Ranilović (Podravka d.d.), Šimo Kordić (Belupo d.d.), Ivana Šoljić Jerbić (Pliva Hrvatska d.o.o.), Leo Štefan (JGL d.d.), Ljiljana Fruk (Britanija), Branka Miljević (Australija), Miroslav Slouf (Češka), Jadranka Travas-Sejdić (Novi Zeland), Carlo Tuberose (Italija), Jelena Vladić (Portugal)



II. skup laboratorijskih tehničara

9. – 11. rujna 2026., Vukovar

UVODNA RIJEČ

Poštovani,
nakon uspješnog I. skupa laboratorijskih tehničara (SLT) održanoga u Vukovaru, pozivamo Vas da nam se pridružite i sudjelujete na II. SLT koji će se održati u Vukovaru u sklopu 21. Ružičkinih dana. Uz neizostavne stručne teme i nadogradnju mekih vještina, razmjenu iskustava, posebno ćemo naglasiti i praktično Vas upoznati s promjenama koje laboratorijskim tehničarima donosi digitalna tranzicija – rad s digitalnim pametnim asistentima, vježbe u virtualnom kemijskom laboratoriju, primjena holograma... Do tada, srdačno Vas pozdravljamo u ime organizacijsko-programskog odbora!

Prof. dr. sc. Ante Jukić

IZDVOJENO IZ PROGRAMA

- Digitalna tranzicija u laboratoriju: pametni asistent laboratorijskog tehničara
- Predavanje – „Kemijski tehničar nekad i sad, sličnosti, razlike i izazovi“
- Radionica – „Stres na radnom mjestu“ (HZJZ)
- Posjet PTFS-u
- Sponzorska predavanja
- Okrugli stol



PRVA OBAVIJEST

PRIJAVA

<https://cjelozivotno-fkit-hdki.hr/slt/prijava-slt/>
Rok prijave – 15. lipnja 2026.

KOTIZACIJA

150 € (do 20. 7. 2026)
180 € (od 20. 7. 2026.)
PDV uključen

- Kotizacija uključuje:
- dvodnevno sudjelovanje na predavanjima
 - demonstraciju uređaja
 - pauze za kavu
 - ručak
 - promotivne materijale
 - izlet i večeru

UPLATA KOTIZACIJE

HDKI, Berislavićeva 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska
Zagrebačka banka d.d., Zagreb
IBAN: HR532360001101367680
OIB: 22189855239
Svrha doznake:
II. skup laboratorijskih tehničara

ORGANIZACIJSKI ODBOR

Ante Jukić (FKIT) (predsjednik)
Vesna Ocelić Bulatović (FKIT) (potpredsjednica)
Marijana Vidaković (FKIT)
Marko Jagetić (FKIT)
Dora Matijašec (FKIT)
Dora Zobundžija (PTFOS)

KONTAKT

Marko Jagetić
+385 91 7839 188
slt@fkit.unizg.hr

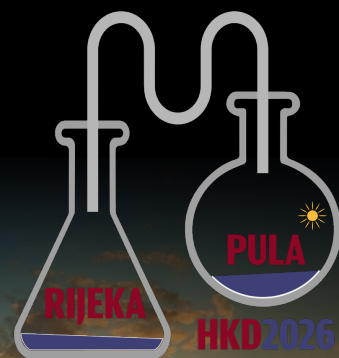


PRVA OBAVIJEST



JOIN US IN OUR QUEST TO FIND THE NEW

SOLUTIONS IN CHEMISTRY



SEE YOU IN
THE CITY THAT FLOWS

RIJEKA · CROATIA

Faculty of Biotechnology and Drug Development



1-5 September 2026

RiChem2026: 4-5 September

WHAT TO EXPECT?

VARIOUS SOCIAL EVENTS · PANEL DISCUSSIONS · EDUCATION SECTION · POSTERS

PLENARY LECTURERS

Morten P. Meldal (Winner of the 2022 Nobel Prize in Chemistry)

**Natasa Brouwer-Zupancic · Valerie Gabelica · Stefan Kubik · Nuno Maulide
Pablo Pinacho · Ana Sunčana Smith · Moniek Tromp**

CONFERENCE FEES

Regular* - 290 € (70 €)

PhD students - 130 € (Free)

BSc/MSc students, Teachers - 60 € (Free)

Accompanying person* - 140 € (Not available)

DISCOUNTS AVAILABLE

See website for more details

Prices in parenthesis are for RiChem2026 only (4-5 Sep).
All prices include VAT. * Conference dinner included

 sic.hkd.hr

 sic@hkd.hr

 Solutions in Chemistry   @SolutionsinChemistry

SUPPORT US! Sponsorship opportunities available at sic.hkd.hr



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.



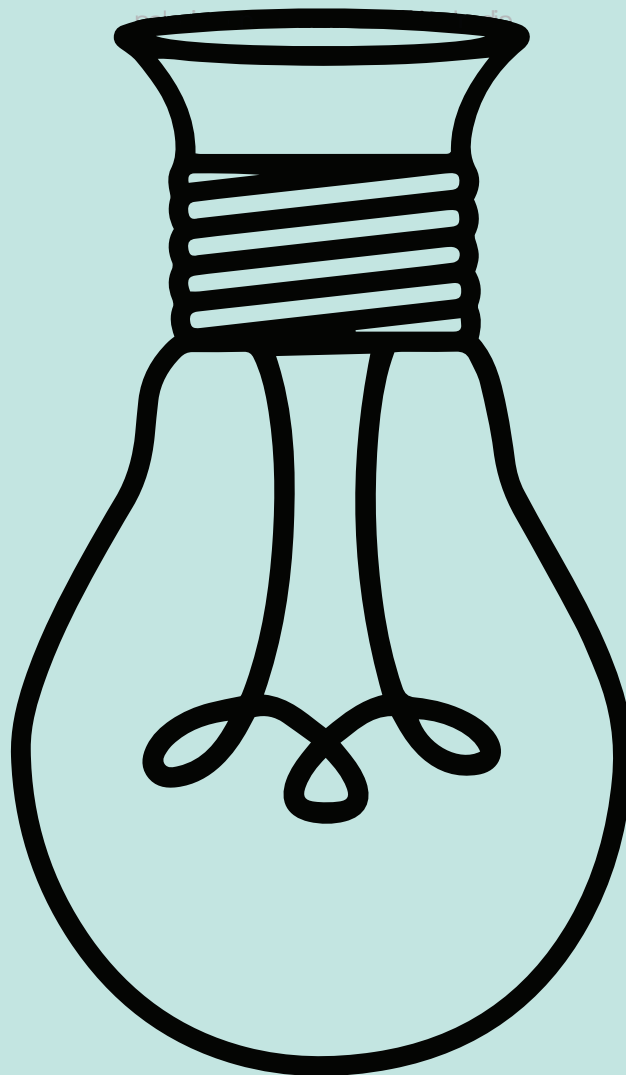
MINISTARSTVO ZNANOSTI, OBRAZOVANJA I MLADIH
<https://mzom.gov.hr/>



PLIVA

teva

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 genijalnih 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



Zagreb,
ožujak, 2026.