

Priroda

HRVATSKO PRIRODOSLOVNO DRUŠTVO (OSNOVANO 1885.)



Broj posvećen 70. obljetnici osnutka
Instituta za medicinska istraživanja
i medicinu rada

SVEZAK 1

Mjesečnik za
popularizaciju
prirodnih znanosti



ISSN 0351-0662

Godina 107., Broj 1057

5-6/17.

40 KUNA

Priroda izlazi od 1911. godine

OBAVEZNA POMOĆNA LITERATURA ZA UČENIKE
Preporuka Ministarstva prosvjete i športa, 1. 7. 1993.

Priroda

MJESЕЧНИК ЗА ПОПУЛАРИЗАЦИЈУ ПРИРОДНИХ
ZNANOSTI HRVATSКОГА ПРИРОДОСЛОВНОГ ДРУШТВА

Godi{te	Broj	Mjesec	Godina	Cijena
107.	1057	svibanj/lipanj	2017.	40 kn

PRIRODA je dobitnik godišnje nagrade Državne uprave za
zaštitu okoliša 1995. i Nagrada grada Zagreba 2000.



EKO OSKAR

**PRVI BROJ PRIRODE OBJAVLJEN JE U ZAGREBU
3. SRPNJA 1911. GODINE**

Izдаваč: HRVATSKO PRIRODOSLOVNO DRUŠTVO,
Zagreb, Trg žrtava fašizma 10

Suizdavač: LASERplus d.o.o., Zagreb, Brijunska 1a

Pредсједница: dr. sc. Zrinka Kovarik

Dопредсједник: izv. prof. dr. sc. Damjan Franjević

Tajnik: izv. prof. dr. sc. Nenad Judaš

Rизничарка: dr. sc. Anita Bosak

Уредништво PRIRODE:

Главни и технички уредници:

doc. dr. sc. Dario Hrupec

izv. prof. dr. sc. Nenad Judaš

Уредници:

prof. dr. sc. Renata Bažok, doc. dr. sc. Franka Miriam Brueckler,
mag. chem. Ivica Cvrtila, mag. chem. Marina Čalogović,
prof. dr. sc. Paula Durbešić, dipl. ing. Berti Erjavec,
doc. dr. sc. Ivana Ivančić Baće, dr. sc. Sanja Kovačić,
doc. dr. sc. Petar Kružić, prof. dr. sc. Mladen Kučinić,
prof. dr. sc. Davor Lučić, dr. sc. Krešimir Molčanov,
dr. sc. Vladimir Novotny, doc. dr. sc. Ružica Vuk

Korektura i lektura: doc. dr. sc. Tomislav Portada

Tajništvo PRIRODE:

Trg žrtava fašizma 10, POB 258,

HR-10000 Zagreb,

Tel./Faks: 468 02 40

E-pošta: priroda@hpd.hr

Internet: <http://www.hpd.hr>

Priroda izlazi potporom: Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta RH

Pretplata za 2017.

Za Hrvatsku, godišnja pretplata (12 brojeva) s poštarnicom iznosi 220,00 KUNA, a polugodišnja pretplata (6 brojeva) s poštarnicom, 130,00 KUNA. Godišnja pretplata s poštarnicom za inozemstvo iznosi 45 EUR.

Za svaku četiri kupljena ili pretplaćena primjerka časopisa, HPD daruje jedan primjerak *Prirode*.

Uplate u kunama molimo slati na IBAN:

HR062360001101492395,

Hrvatsko prirodoslovno društvo, Zagreb,
uz obvezno pozivanje na pretplatnički broj.

Devizne uplate slati na račun:

SWIFT: ZABAHR2X.

Priprema i tisk: LASERplus d.o.o., Zagreb, Brijunska 1a.

PRIRODA izlazi mjesečno početkom mjeseca.

Dragi autori,

kada nam šaljete članke, molimo Vas da ih priredite prema

uputama koje su dostupne na web-stranicama *Prirode*:

<http://www.hpd.hr/priroda>

Tako ćete olakšati njihovu daljnju obradu i ubrzati objavljivanje.

Hvala lijepa.

Uredništvo

**NAŠA ELEKTRONIČKA
ADRESA, priroda@hpd.hr,
UVIJEK VAM
JE OTVORENA.**

Vaše uredništvo

**Naslovnica:
Kad ne daje zemlja, daje stijena
(motar, petrovac,
lat. *Crithmum maritimum* L.,
divlja biljka s okusom mora)
Snimila: Sanja Stipičević
(Uvala Zečja, Hvar, ljetо 2017.)**

**Zaleđe:
Institut za medicinska
istraživanja i medicinu rada
(zbornik »Znanstvena
svakodnevica«,
IMI, Zagreb, 2017.)**

ZNANSTVENE VIJESTI

Odnos ultrazvučnih parametara gustoće kostiju, plućne funkcije i indeksa tjelesne mase u zdrave studentske populacije

Rezultati dosadašnjih istraživanja pokazali su da pedijatrijski i odrasli bolesnici s različitim plućnim bolestima mogu imati nišku mineralnu gustoću kostiju, međutim, podaci o povezanosti plućne funkcije i gustoće kostiju u zdrave mlade populacije još uvijek su ograničeni. U ovom presječnom istraživanju analizirani su čimbenici koji mogu utjecati na povezanost plućne funkcije i koštane gustoće u 370 zdravih studenata prve godine studija. Uz mjerjenje visine i težine, ispitanicima je spirometrijski određena plućna funkcija, izmjerena mineralna gustoća kostiju ultrazvučnom metodom te su prikupljeni podaci o tjelesnoj aktivnosti, pušenju i unosu alkohola. Svi dobiveni pokazatelji plućne funkcije i mineralne gustoće kostiju bili su značajno veći u muških ispitanika u odnosu na djevojke. U odnosu na ispitanike s normalnom tjelesnom težinom, pothranjeni ispitanici imali su značajno manji forsirani vitalni kapacitet, a ispitanici s prekomernom težinom znajuće su imali manji vitalni kapacitet.

Indeks tjelesne mase (ITM) u oba je spola značajno korelirao s forsiranim vitalnim kapacitetom i s forsiranim ekspiratornim volumenom u prvoj sekundi, kao i sa slabljenjem ultrazvučnog vala pri prolasku kroz kost u mladića. Nije nađena značajna izravna povezanost između pokazatelja plućne funkcije i koštane gustoće. Regresijskom je analizom indeks tjelesne mase utvrđen kao najvažniji prediktor plućne funkcije i koštane gustoće u ispitanika obaju spolova.



Arhiv Hig Rada Toksikol, lipanj 2017: Vol. 68, No. 2, pp. 53–57.

Izvor: <https://steemit.com/science>

Činjenice o toksičnosti ftalata u ljudi i njihovoj pojavnosti u alkoholnim pićima

Ftalati su esteri ftalne kiseline i alifatskih alkohola koji poboljšavaju mekoću i savitljivost plastičnih proizvoda. Zbog svojih fizičkih i kemijskih svojstava ftalati brzo i lako migriraju iz plastičnih proizvoda u okoliš. Rezultati istraživanja upućuju na reproduktivne i razvojne toksične učinke ftalata na ljude. Ftalati prisutni u legalno proizvedenim alkoholnim pićima prilikom umjerene konzumacije ne predstavljaju dodatni rizik za ljudsko zdravlje, dok se u ilegalno proizvedenim rakijama može detektirati viša koncentracija dietil-ftalata koji se dodaje za denaturiranje alkohola. Ftalati iz plastičnih vreća mogu zagaditi voće već prilikom transporta.

Arhiv Hig Rada Toksikol, lipanj 2017: Vol. 68, No. 2, pp. 81–92.



Izvor: Gizmodo, UK.

Znanja i stavovi potrošača o zdravoj prehrani u Hrvatskoj: presječno ispitivanje

Poznato je da prehrambena vlakna kao važan sastojak pravilne prehrane znatno pridonose zdravlju, za razliku od brze hrane i od konzumacije obroka izvan vlastitog doma. Rezultati ankete provedene na 2536 ispitanika opće populacije u Republici Hrvatskoj, u dobi od 18 do 70 godina od kojih su 67,4 % bile žene, pokazali su da ispitanici konzumiraju najčešće jedan obrok povrća i jedan komad voća dnevno, a cijelovite žitarice konzumiraju u prosjeku tek svaki drugi dan. Žene i stanovnici urbanog područja konzumiraju veću količinu voća, povrća i cijelovitih žitarica u odnosu na muškarce, dok muškarci češće konzumiraju brzu hranu i obroke izvan vlastitog doma. Konzumacija brze hrane u hrvatskoj populaciji nije prevladavajući način prehrane, ali je prisutna u više od 50 % stanovništva.

Arhiv Hig Rada Toksikol, lipanj 2017: Vol. 68, No. 2, pp. 153–158.

Unos voća, povrća i cijelovitih žitarica kao glavnih izvora prehrambenih vlakana u Hrvatskoj je ispod preporučenog dnevног unosa kao i nacionalnih i međunarodnih standarda.



Elektromagnetsko polje na frekvenciji mobilnih telefona (900 MHz) izaziva stres i modifikacije DNA u gujavici Eisenia fetida

Gujavice vrste *Eisenia fetida* bile su izložene elektromagnetskom polju (EMP) na frekvenciji mobilnih telefona (900 MHz) te vrijeme izlaganja (četiri sata), modulacije polja te vremena oporavka (24 sata nakon dva sata izlaganja) proučavan je pri iznosu polja od 23 V/m. Rezultati pokazuju značajne modifikacije DNA na svim proučavanim tretmanima (broj hibridizacija gena bio je dvostruko manji u odnosu na kontrolu). Eksperimentalno je utvrđeno da geni uključeni u odgovor na stres, oksidacijski stres te kemijsku i imunosnu obranu bila je povišena nakon izlaganja polju od 10 V/m te moduliranoj polju od 23 V/m. Ove promjene ostale su i nakon razdoblja oporavka, što upućuje na dugotrajan utjecaj EMP-a.

Arhiv Hig Rada Toksikol, lipanj 2017: Vol. 68, No. 2, pp. 142–152.



Izvor: Wizzard Worms.



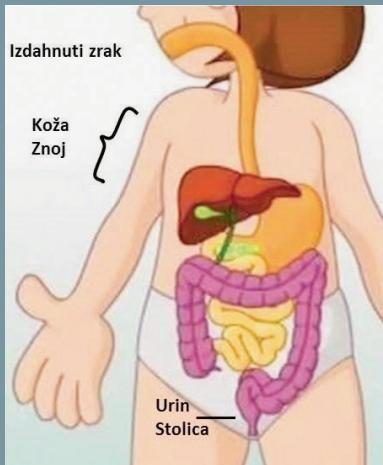
**MLJEKO – IZLOŽENOST LJUDI
IONIZIRAJUĆEM ZRAČENJU U
OKOLIŠU**

15



**MJERNA MREŽA ZA TRAJNO
PRAĆENJE KVALITETE
ZRAKA GRADA ZAGREBA**

28



**»MIRISNI«
OTISAK PRSTA
– POTENCIJALNI
BIOLOŠKI BILJEG
U ISTRAŽIVANJU
RAKA**

44



**PČELINJI OTROV:
LIJEK IZ KOŠNICE**

47

SADRŽAJ: Priroda 5–6/2017.

Iz uredništva	5	Marko GERIĆ, Goran GAJSKI i Vera GARAJ-VRHOVAC
Slika za naužiti	6	– Lijekovi u okolišu: drugo lice protutumorskih lijekova
Slika za rastužiti	7	Marijana MATEK SARIĆ i Snježana HERCEG ROMANIĆ
Mladen PAVLOVIĆ i Tamara BJAŽIĆ KLARIN – O Institutu prije Instituta	8	– O biomonitoringu POPs-spojeva u procjeni rizika
Zdenko FRANIĆ – Med kao pokazatelj radioaktivne kontaminacije okoliša u Hrvatskoj	11	Mirta MILIĆ, Nevenka KOPJAR, Davor ŽELJEŽIĆ, Vera GARAJ VRHOVAC, Vilena KAŠUBA, Goran GAJSKI, Marko GERIĆ i Maja NIKOLIĆ – hCOMET, limfocitni i bukalni cytome
Gordana MAROVIĆ, Mak AVDIĆ, Dinko BABIĆ, Tomislav BITUH, Gina BRANICA, Zdenko FRANIĆ, Iva FRANULOVIĆ, Milica KOVAČIĆ, Branko PETRINEC, Ljerka PETROCI, Jasminka SENČAR, Božena SKOKO i Marko ŠOŠTARIĆ – Mlijeko – izloženost ljudi ionizirajućem zračenju u okolišu	15	– Mikronukleusni test
Marija SURIĆ MIHIĆ, Jerko ŠIŠKO i Ivica PRILİĆ – Osobna dozimetrija ionizirajućeg zračenja	18	Tanja ŽIVKOVIĆ SEMREN – »Mirisni« otisak prsta – potencijalni biološki biljeg u istraživanju raka
Ivica PRILİĆ – Wi-Fi u pilot-projektu e-Škole	22	Goran GAJSKI i Vera GARAJ-VRHOVAC – Pčelinji otrov: lijek iz košnice
Krešimir ŠEGA i Ivan BEŠLIĆ – Lebdeće čestice	24	Marija KUJUNDŽIĆ BRKULJ i Jelena MACAN – Prevencija profesionalnih bolesti kože
Gordana PEHNEC – Mjerna mreža za trajno pamćenje kvalitete zraka grada Zagreba	28	Sanja STIPIČEVIC – Znanstvena svakodnevica, zbornik radova za popularizaciju znanosti
Gordana MENDAŠ STARČEVIĆ – Pesticidi u okolišu	30	Deseti hrvatski znanstveno-stručni skup »Zaštita zraka 2017«, Primošten, 3.–7. 10. 2017.

Iz Uredništva

Dragi čitatelji,

u znak priznanja sedamdesetogodišnjeg javnozdravstvenog djelovanja Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada (IMI), Zagreb uredništvo *Prirode* u cijelosti posvećuje sadržaj ovog i sljedećeg broja temama i rezultatima istraživanja djelatnika IMI-ja. Za čitatelje koji su manje upoznati s radom IMI-ja, valja istaknuti da je ova, druga po veličini, javna znanstvenoistraživačka ustanova u Republici Hrvatskoj mudar i iskusan dionik hrvatske znanstvene scene s multidisciplinarnim temama istraživanja u području biomedicine i javnog zdravstva. Jednostavnije rečeno, istraživači IMI-ja nastoje prepoznati glavne neprijatelje zdravlja ljudi u uvjetima suvremenog života te ih pratiti, na vrijeme alarmirati i reducirati. Nije to nimalo lak posao jer iziskuje mnogo predanog i strpljivog istraživačkog rada, praćenje i uočavanje promjena te sustavnog ulaganja dobivenih rezultata u mozaik znanja o nepovoljnim zdravstvenim učincima bioloških, fizikalnih i kemijskih agenasa kojima smo svakodnevno nemilice izloženi.

Teme istraživanja na IMI-ju uvijek su pratile aktualne potrebe društva u svrhu prevencije različitih oboljenja ljudi u njihovu životnom i radnom prostoru. Od vremena početka djelovanja IMI-ja, sredinom prošloga stoljeća, pa do danas tehnološki i kulturni napredak civilizacije ubrzao je ritam života i promijenio mnoge životne navike ljudi. U odnosu na ono vrijeme, sada živimo i radimo u higijenski, mikroklimatski i ergonomski mnogo boljim uvjetima, proizvodimo i uspješno čuvamo veće količine hrane i različitih materijala, neke bolesti smo uspješno iskorijenili, dok smo druge u mogućnosti detektirati u vrijeme dok su još izlječive te smo na taj način u prosjeku produžili svoj životni vijek. No, kako svaki uspjeh (odnosno napredak) nosi svoje žrtve, neminovno s vremenom postajemo svjedoci otkrivanja nekih novih tegoba i bolesti čiji uzročnici proizlaze iz naše neposredne »nove« okoline. U ovom broju *Prirode* upoznat ćemo vas s različitim vrstama onečišćenja okoliša u današnje doba koja umanjuju kvalitetu života ljudi i ostalih organizama te čije se razine u okolišu nastoje redovito kontrolirati u sklopu istraživačkih projekata i stručnih monitoringa IMI-ja. No prije svega, pročitajte što je sve prethodilo osnivanju IMI-ja krajem poratne 1947. godine, tzv. *IMIgenezu*. Sintagma »med i mlijeko« u narodnom se izričaju koristi kao sinonim za blagostanje i ugodno življenje, no iz pera radioekologa saznat ćete za što nam još ovi darovi prirode mogu poslužiti. Koliko su radnici zaposleni u medicini, industriji i znanosti u današnje doba izloženi ionizirajućem zračenju te kako se to može kontrolirati otkrit će vam ekipa za dozimetriju zračenja.

Omnia mea mecum porto, to bi zasigurno moglo »prozboriti« lebdeće čestice u zraku prije negoli se smjeste negdje u našem dišnom sustavu. Upoznajte njihovu tajanstvenu prirodu te kako utječu na kvalitetu zraka i našeg zdravlja.

Herbicidi, fungicidi, insekticidi... riječu – pesticidi, može li se danas bez njih zamisliti industrijska proizvodnja i skladištenje hrane te što se s tim sintetskim spojevima zbiva u okolišu nakon primjene? Ovo gospodarsko i zdravstveno pitanje kopka svijest stalno iznova i zasigurno možemo reći da se s pesticidima treba postupati jednako kao i s lijekovima – razumno i kontrolirano. Osim pesticida, u svim dijelovima okoliša, uključujući i žive organizme, još uvijek detektiramo i brojne druge organske molekule čije je višestruko štetno djelovanje na zdravje ljudi dokazano te se zbog toga već desetljećima ne koriste. Riječ je o vrlo postojanim organskim zagadivalima, tzv. POPs-spojevima, u koja najvećim dijelom ubrajamo organoklorove spojeve poput DDT-a i drugih pesticida te spojeve iz kemijskih skupina polikloriranih bifenila, dioksina i furana.

Sve veći javnozdravstveni problem predstavljaju i ostaci brojnih vrsta spojeva iz skupine farmaceutika kojima su opterećene komunalne otpadne vode, naročito iz bolnica, ali i domaćinstva, te industrijski ispusti. Kako nam ti spojevi mogu našteti i što možemo poduzeti da smanjimo njihov unos u okoliš saznat ćete u članku o citostaticima.

U nastavku predstavljamo suvremene metode molekularne biologije u službi proučavanja različitih vrsta oštećenja stanica i njenog genetičkog materijala pod utjecajem različitih doza tvari neprirodnih organizmu (ksenobiotika). Razvijamo novo područje detekcije tumorskih oboljenja s obzirom na promjenu mirisa tijela i pojašnjavamo protatumorski potencijal pčelinjeg otrova i njegovih sastavnica u liječenju različitih tipova tumorskih stanica. Rezultatima istraživanja medicine rada nastojimo ukazati na potrebu za zaštitom kože ruku u uvjetima pojačanog kemijskog stresa (profesionalne izloženosti).

Za rubriku Znanstvene vijesti izdvojili smo zanimljivosti iz radova objavljenih u *Arhivu za higijenu rada i toksikologiju*, najstarijem hrvatskom znanstvenom časopisu koji izlazi u nakladi IMI-ja. A nova izdavačka poslastica IMI-ja je i zbornik radova za popularizaciju znanosti pod naslovom *Znanstvena svakodnevica* koju predstavljamo pri kraju ovog broja.

Čitajte *Prirodu!*

dr. sc. Sanja Stipićević, IMI, Zagreb
gost-urednik

SLIKA za naužiti



»*Da sam ptica,
ko što nisam ptica,
letio bih oko materina lica,
zeleni bih vijenac ispod stropa spleo,
na prozor bih žute ruže razapeo,
poletio bih tada do daleka trešnjika,
u njemu bih ubro trešnje dvije
(najeo se prije)
donio bih majci,
da mi se nasmije.*«

Drago Ivanišević (1907. – 1981.),
hrvatski književnik, pjesnik,
novelist i dramatik,
jedan od prvih modernista
u hrvatskoj književnosti.

Trešnja u punom cvatu
– ljepota koja očarava i miriše
i zvuči... zbog roja pčela.
Obiteljski voćnjak u Ivancu,
Varaždinska županija, proljeće 2017.

Fotografija:
Gordana Mendaš Starčević

SLIKA za rastužiti



Opožareni šumarak uz Jadransku magistralu na ulasku u mjesto Tučepi, Makarska rivijera, ljetо 2017.

Osnovni način izazivanja požara je ljudski nehat i nepažnja, a u godišnjim statistikama rijetko se spušta ispod 80 %. Među značajne i često isticane načine izazivanja požara ubrajaju se namjerno izazivanje požara te dječja igra. Prirodne pojave kao što su udari groma i vulkani puno su rjeđi uzročnici požara i u statistikama se vode kao ostali načini izazivanja požara.

Svatko od nas može i mora pažljivim i odgovornim ponašanjem spriječiti da do požara uopće i dođe, a ako i nastane, uz odgovarajuće mjere opreza može pogasiti početni požar pomoću raspoloživih priručnih sredstava. Načelno vrijedi sljedeće zlatno pravilo vatrogastva:

»Većina požara u prvoj minuti gasi se čašom vode, u drugoj minuti je potrebna posuda vode i pomoći druge osobe, a već u trećoj minuti potrebna je organizirana i uvježbana vatrogasna postrojba.«

O Institutu

PRIJE INSTITUTA

Mladen PAVLOVIĆ i Tamara BJAŽIĆ KLARIN, Zagreb

Brzaci Medvednice katkada uzrokuju povodanj. Jedan od njih je 1985. godine unišio knjižničarski fundus i dio dokumentacije Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada (IMI). Stoga ne čude različiti nadnevci na lenti vremena ove ustanove, kojоj je u vrijeme prve petoljetke* bilo namjenjeno biti »ustanovom od posebnog značenja za zemlju«. Pomno istražujući razvoj današnjeg IMI-ja ipak nismo uspjeli prikupiti sve zapise. Neki od njih nisu dostupni ni u Državnom arhivu Hrvatske. Nedostaju nam spisi obližnje Vatrogasne škole MUP-a, tadašnjeg DVD-a Medveščak s dormitorijem, IMI-jevog sustana do 1957. godine.

TKO SU AUTORI OVOG ČLANKA?

Prim. dr. sc. Mladen Pavlović, dr. med., spec. pulmologije, umirovljeni je znanstveni savjetnik u trajnom zvanju. Bio je voditelj Centra za ocjenu sposobnosti Odjela medicine rada IMI-ja (1985.–1996.), voditelj nekoliko znanstvenih projekata u području istraživanja epidemioloških kroničnih nezaraznih bolesti te mentor ocjenskih radova. Četiri je puta bio dobitnik institutske nagrade za najveću citiranost radova.

Dr. sc. Tamara Bjažić Klarin, d.i.a., arhitektica i znanstvena suradnica u Institutu za povijest umjetnosti. Objavljuje znanstvene i stručne radove iz područja povijesti i teorije arhitekture i urbanizma 20. stoljeća.

Godine ratnog previranja

Kako lokacijom (prilazom ksaverskimdrvoredom uz tramvajsku prugu projektanta ing. Cirila Jeglića), tako i svrhom osnivanja, izvorište IMI-ja treba potražiti u osnivanju i djelovanju Škole za civilnu zaštitu. Školu je 1937. godine osnovao Gradski narodni

odbor (GNO) Zagreb i smjestio je na dugoljastoj kosini uz istočni kolnik ceste Ksaver, u smjeru pružanja sjever-jug.

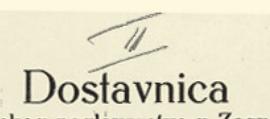
Iako građevinski nedovršena, proslovom tadašnjeg gradonačelnika te uz brojne uzvanike vojne, civilne i vjerske vlasti, Škola bila je predstavljena javnosti 27. veljače 1938. godine. Upraviteljem je bio imenovan tada inženjer kemije Božidar Težak koji je njome upravljao do izbijanja rata 1941. godine. Početkom Drugog svjetskog rata upravu Škole preuzima tadašnja vojska, a po svršetku rata (1945.) Škola postaje Zavod za zaštitnu tehniku (ZZT) s B. Težakom na čelu uprave sve do 5. svibnja 1948. godine, kada GNO Zagreb predaje ZZT Jugoslavenskoj akademiji znanosti i umjetnosti (JAZU). ZZT je imao prvenstveno edukativnu zadaću u društvu pa su se tako uz tečajeve za srednjoškolce organizirali i tečajevi za pojedina zanimanja. Djelatnost ZZT-a nedvojbeno je utjecala na razvitak IMI-jeve eksperimentalne i kliničke toksikologije, napose proučavanja otrova, uključivši otrove prirodnog porijekla, primjerice poskoka (*Vipera ammodytes*).

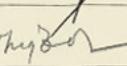
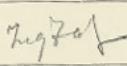
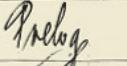
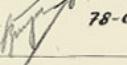
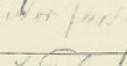
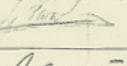
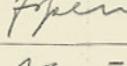
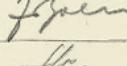
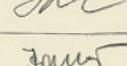
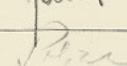
Pod egidom JAZU-a, djelomice na zemljištu ZZT-a, 27. prosinca 1947. godine osnovan je Institut za higijenu rada. U to je vrijeme JAZU osnovala niz znanstveno orientiranih ustanova te inicirala njihovu integraciju. Ustrojstvom unutrašnjih i vanjskih radnih jedinica, uz stalne i honorarne djelatnike pa i časnike, otpočeo je budući znanstveni rad. Jedinice su u proteklih 70 godina nastale i nestajale. JAZU je od grada Zagreba, osim zemljišta, preuzeo i dio djelatnika ZZT-a što se uočava iz naziva jedinice Odjel higijene radne okoline i zaštitne tehnike. Suslijedno, JAZU je 1. listopada 1948. godine od Ministarstva rada Federativne Narodne Republike Jugoslavije (FNRJ) prihvatala Zavod za psihologiju i fiziologiju rada. Istodobno je sporazumom s Komitetom za zaštitu narodnog zdravlja FNRJ priključen i Centar za medicinu rada s ambulantom za profesionalne bolesti i pripadni kliničko-kemijski laboratorij, čije poslovanje započinje 15. veljače 1949. godine.

* Prvi petogodišnji plan privredne i kulturne obnove poslijeratne Jugoslavije kada se udarnički radilo uz pjesmu »Da nam živi, živi rad!« (1947.–1951.).

O profesoru Božidaru Težaku

Prof. dr. sc. Božidar Težak bio je svestrani znanstvenik s velikim utjecajem na razvoj kemije, posebice fizičke kemije, zatim informatologije i bibliotekarstva te na osnivanje i organizaciju znanstvenih ustanova i stručnih časopisa. Težakove aktivnosti u ZZT-u nakon Drugog svjetskog rata preusmjeruju se s istraživanja bojnih otrova i zaštitnih sredstava, optimiranja zaštitnih filtera za zrak i prilagodbi obrazina radničkih plinskih maski na kemiju koloida i razvoj znanstvene informatologije. Težakovi suradnici bili su širom priznati znanstvenici, stručnjaci i nastavnici, među ostalima brojni djelatnici zagrebačke Škole narodnog zdravlja, socijalni medicinari akademici A. Štampar i B. Kesić, epidemiolozi J. Berlot i D. Chloupek, gradonačelnik T. Peičić,



Broj uručitvenog zapisknika	Vrst komada i broj priloga	Ime stranke ili vlasti, kojoj će imati uručiti	Dan uručitve i potpis primatelja i zalog, sažto uručitveno mjesto i izvršena
M.O. Pov.br. 31.	D o p i s	Dr. Njegovan Vladimir Marulićev trg 20	
"	"	Dr. Ing. Hanaman Franjo Marulićev trg 20	
"	"	Dr. Ing. Krajčinović Matija Marulićev trg 20.	
"	"	Dr. Prelog Vlad. Marulićev trg 20	
"	"	Dr. Ganzmajer Rudolf Savská c. 16	 78-01
"	"	Boško Pavlović Petrinjska 18	
"	"	Arh. Ignjat Fišer Demetrova 3	
"	"	Dr. Josip Berlot Grad.fizikat	
"	"	Dr. Josip Medved Grad.fizikat	
"	"	Dr. Škatarić Arsenije Higijenski zavod	
"	"	Dr. Chloupek Drago Škola nar.zdravlja Zrješeda	
"	"	Dr. Milan Prica Higijenski zavod	
"	"	Viktor Klobučar Kr.banska uprava	
"	"	Dr. Frenjo Kocuven Kr.banska uprava	

Slika 1. Potpisi nastavnika buduće Škole za civilnu zaštitu na sastanku prije početka rada Škole. Izvor: Državni arhiv u Zagrebu, oznake: HR-DAZG-10 GPZ Sign 18 Odsjek za civilnu zaštitu; spis: pov. br. 31/3-1937 Odbor za gradnju i organizaciju Škole za civilnu zaštitu; drugi nastavak sjednice u Zagrebu, 31. 3. 1937.

arhitekti V. Antolić i I. Zemljak, matematičar M. Kiseljak te kemičari V. Njegovan, dekan Tehničkoga fakulteta, i nobelovac V. Prelog (sl. 1.). Profesor B. Težak i njegovi suradnici zasluzni su za brojne istaknute znanstvene prvijence IMI-ja. Stoga mu je prigodom obilježavanja 30. godišnjice rada Znanstveno vijeće IMI-ja dodijelilo spomenicu.

O akademicima A. Štamparu, B. Kesiću i M. Krleži

Akademik prof. dr. sc. Andrija Štampar bio je reformator javnog zdravstva, s golemim stručnim i znanstvenim iskustvom u promicanju socijalne medicine. Iako i osporavan, jedan je od znanstvenika čije aktivnosti nadrastaju vrijeme u kojem je živio i djelovao. Ponajprije se to odnosi na njegov polivalentan pristup suradnji medicinskih i tehničkih struka. Kao predsjednik JAZU-a, Štampar je svojom energijom i vještostom komunikacijom zaslужan za pribiranje i plasman sredstava za školovanje kadrova te izgradnju i opremanje Instituta. Pobrinuo se za brojne donacije i investicije, priloge zaklade J. D. Rockefellera, te za potporu Svjetske zdravstvene organizacije. Bio je upravnik Instituta za higijenu rada JAZU u izgradnji (1947.-1948.) i predsjednik Savjeta IMI-ja (1948.-1958.). U ljetopisima JAZU-a navode se »predradnje za izgradnju kompletirajuće zgrade na Ksaverskoj cesti 34-36« (odnosno Ksaverskoj cesti 110, pa Ulici narodnog heroja Moše Pijade 158, a danas Ksaverskoj cesti 2). Prvim direktorom IMI-ja bijaše imenovan akademik, prof. dr. sc. Branko Kesić (1948.-1958.). Godine 1953. Institut za higijenu rada mijenja naziv u javnu ustanovu Institut za medicinska istraživanja prema ondašnjoj ustrojbenoj jedinici, danas smještenoj u Gundulićevoj ulici, u Zavodu za povijest znanosti HAZU s muzejom povijesti medicine i farmacije.

Osim uz akademike inženjere Štampara i Kesića, vernissage IMI-ja vezan je i uz akademika književnika Miroslava Krležu. Kao potpredsjednik JAZU-a, Krleža je 27. travnja 1951. godine održao prigodni govor istaknuvši pritom rezultate istraživanja akademika Tihomila Beritića i Branka Kesića, koji su pregledavanjem zamjetnog broja rudara Idrije i radnika u tvornici pustenih šešira Škofja Loka dijagnosticirali merkurijalizam (profesionalnu bolest kroničnog otrovanja živom) te pridonijeli razvoju zaštitnih plinskih maski. Kao dodatna postignuća, Krleža apostrofira časopis Arhiv za higijenu rada i toksikologiju u izdanju IMI-ja te prikupljeni knjižničarski fundus. Nažalost, njegov zanimljiv govor najvjerojatnije nije sačuvan.

Dogradnja glavne zgrade poslike Drugog svjetskog rata

Rekonstrukcija postojećih objekata ZZT-a i njihova dogradnja bila je vođena prema potrebama primijenjenih, ali i temeljnih znanstvenih istraživanja u vrijeme poratne industrijalizacije, povezanih preventivnom strukom Higijene (Medicine) rada i spor-

ta. Tijekom građevinskih zahvata poštovan je Antolićev »arhitektonski modernitet«, izuzevši »školu na otvorenom prostoru za potrebe D.V.D.-a«. Voditeljem radova dogradnje i preinaka bio je imenovan djelatnik GNO-a Zagreb ing. Branimir Ivezović, koji je zasigurno bio upoznat s objavljenim zanimljivim prijedlogom arhitektonskih rješenja prof. B. Težaka iz 1946. godine, za preinaku građevine za rad u mirnodopskim uvjetima. Slijedeći međuratni »avangardni« uzorak zgrade su funkcionalno preuređene za znanstvenu djelatnost. Predavaonica je u nekoliko navrata pregrađivana, ali do danas nije mijenjala vanjski gabarit. Oprema se pomno birala pa su se tu mogli naći Warburgov manometar, ergometar sa sagom, barokomora, Beckmanov fotometar, poligrafi itd.

O projektantu i arhitektu Vladimиру Antoliću

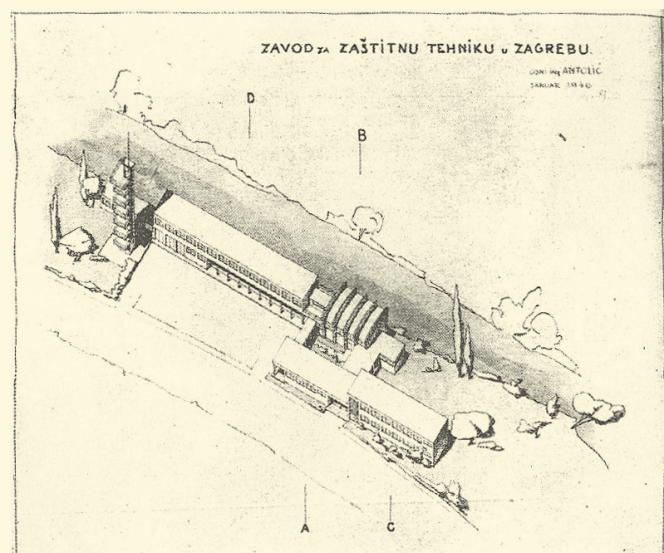
Projekt i nadzor gradnje ZZT-a (odnosno Škole) dobio je suradni član JAZU-a i Težakov susjed iz Cvjetnog naselja arhitekt i urbanist Vladimir Antolić. On je u to doba bio član gradskog građevinskog odjela Radne grupe Zagreb i suradnik skupine umjetnika

Minulo je doba kada se dežurnom djelatniku u Centru za kontrolu otrovanja IMI-ja s mirogojskih padina u zoru glasao gnjetao (*phasianus*). Potrebe opsežnih multidisciplinarnih istraživanja, kakva su medicinska istraživanja, te pritisak klimatskih i civilizacijskih promjena zahtijevaju daljnja tehnološka i ergonomski unapređenja vanjskog i unutrašnjeg prostora IMI-ja. Stoga Arijadnina nit iskustva stvaranog osam desetljeća, ali i suvremene spoznaje postulata znanstvenog marketinga usmjerene konkurentnosti unutar Europske unije potiču nas na nove adaptacije i dogradnje.

»Zemlja« te je radio na Regulatornoj osnovi za Zagreb, tj. na preuređenju neuređenih predgrađa. Kao arhitekt tzv. *druge faze moderniteta*, prepoznatljivo po estetskom funkcionalizmu i kreativnom konstruktivizmu, Antolić je imao zamisao da građevine ZZT-a nalikuju ljetnikovcu i budu izgrađene prema uzoru na njemačku, francusku, englesku i sovjetsku arhitekturu. U gradnji je koristio industrijski oblikovan beton, staklo i željezo. U sklopu gradnje ZZT-a djelomice je izgrađena zgrada uz Ksaversku cestu, biblioteka, predavaonica s oglednim laboratorijem i dio zgrade uz nadsvodenim cjevovod potoka Medveščak u sučelju (sl. 2.). U to vrijeme izgrađena je i jedinstvena valjkasta komora za istraživanje i testiranje djelotvornosti plinskih maski, koja je zbog dotrajalosti infrastrukture prije četrdesetak godina srušena i prerušena u nova zdanja. Među današnjim institutskim građevinama arhitektove se zamisli teško mogu prepoznati. Od rudimenata preostao je tek trijem – poveznica ulične zgrade s predavaonicom i uređenje unutrašnjosti knjižnice i predavaonice sa skromnim namještajem tvornice Thonet-Mundus (tada Florijan Bobić iz Varaždina).

Literatura

1. Ljetopisi JAZU: 54 (ur. akademik Gušić B.), Institut za medicinu rada, str. 135 (1949); 58 (ur. akademik Kostrenčić M.), Institut za higijenu rada, str. 110-11 (1951.-1952.); 56 (ur. akademik Kostrenčić M.), Institut za higijenu rada, str. 239-243 (1953.); 83 (ur. akademik Požar H.), Vlado Antolić, str. 267-269 (1980).
2. Spomenica otvorenja Škole za civilnu zaštitu, VPS 3 (1938).
3. Štampar A., Liječnik i inženjer. VPS časopis za vodnu, plinsku, sanitarnu i municipalnu tehniku s prilogom za civilnu zaštitu, Zagreb 5;1939:211-212.
4. Kesić B., Institut za higijenu rada, JAZU Zagreb 1948.-1958. godine. IMI, Zagreb (1959).



Slika 2. Predloženi nacrt zgrade Instituta iz članka: Težak B., O potrebi i principima organizacije Zavoda za zaštitnu tehniku i medicinu rada, B. Težak, Arhiv za medicinu rada, Beograd 1;1946:53-60.

Med kao pokazatelj

RADIOAKTIVNE KONTAMINACIJE OKOLIŠA U HRVATSKOJ

Zdenko FRANIĆ, Zagreb

Med i drugi pčelarski proizvodi od davnina se koriste kao hrana i lijek. Med je najstarija vrsta zaslađivača u ljudskoj prehrani. Za razliku od rafiniranog stolnog šećera, med ima daleko vredniji nutritivni sastav, ali i više kalorija (jedna žlica meda sadržava oko 65 kcal, a jedna žlica šećera oko 45 kcal).

TKO JE AUTOR OVOG ČLANKA?

Dr. sc. Zdenko Franić, dipl. ing. fizike, radioekolog, znanstveni savjetnik zaposlen u Jedinici za zaštitu od zračenja (IMI). Ekspert je za sustave upravljanja kvalitetom i certificirani ekološki pčelar.

Povijest pčelarstva

Najstarija ljudska aktivnost vezana uz pčele i konzumaciju meda dokumentirana je u prapovijesnim crtežima pronađenim u špiljama. Štoviše, crteži koji su pronađeni u Španjolskoj ukazuju na oblik pčelarstva (sl. 1.).

I hrvatsko pčelarstvo ima dugu tradiciju na što ukazuju sljedeći primjeri. Godine 1206. hrvatsko-ugarski kralj Andrija II. izdao je



Slika 1. Mezolitski, 8000 godina stari, crtež iz špilje *Cueva de la Araña* u blizini Valencije u Španjolskoj prikazuje ljudsku figuru kako visiće s lijanom i sakuplja med i vosak iz košnice dok okolo oblijeću pčele. Izvor: Wikimedia Commons.

cistercitskom samostanu u Topuskom ispravu u kojoj samostanskoj crkvi propisuje pravo uživanja oranica, sjenokoša, sela, šuma itd., kao i danke koji uključuju i med. Sankcioniranje krađe meda iz ulišta (pčelinjaka) predmet je i Vinodolskog zakonika iz godine 1288. Godine 1577. nadvojvoda Ernest Habsburški, kojeg je njegov brat kralj Rudolf II. postavio za civilnog upravitelja Hrvatske, i krajši general Ivan Auersperg, zapovjednik Karlovačkoga generalata, vode prepisku iz koje je vidljivo da med ima vrlo važnu ulogu u opskrbi i održavanju bojne spremnosti vojnih posada u utvrđama petrinjskog kraja današnje Banovine (Hrastovica, Klinac i Pecki). Med je očito bio svojevrsna preteča današnjih energijskih pločica, budući da je omogućavao brzo dobivanje energije za tjelesne aktivnosti i napore kakvi se očekuju u borbi.

Karakterizacija meda

S današnjeg aspekta zanimljivo je razmotriti o kojoj se vrsti meda tada radilo, posebice u kontekstu činjenice da je u tijeku projekt brendiranja Banskoga meda jednim od prepoznatljivih znaka kvalitete Europske Unije ZOZP, Zaštićena oznaka zemljopisnog porijekla (engl. *Protected Geographical Indication, PGI*). Pritom valja napomenuti da je koncept uniflornosti meda, tj. karakterizacije meda prema određenoj biljnoj vrsti (npr. kestenov med ili bagremov med) razvijen tek krajem prošloga stoljeća, kada je na predak znanosti i tehnike omogućio razvoj standardiziranih analitičkih metoda određivanja zemljopisnog i botaničkog porijekla meda. Tehnologijom pčelarenja u XVI. stoljeću (pčelarenje u košnicama pletarama, vrškarama ili dubinama te gušenje pčela na kraju sezone) mogao se proizvesti samo poliflorni med, najvjerojatnije s pretežitim udjelom kestena, s obzirom na obilje šuma (a tada i voćnjaka!) pitomog kestena na području Banovine (sl. 2.). Postupci za osiguravanje kvalitete meda i ostalih pčelarskih proizvoda radi dokazivanja izvornosti danas uključuju i radiološka ispitivanja.

Dobrobit pčelarstva

Primarni i neposredni razlog zbog kojeg su ljudi stoljećima zainteresirani za pčele i pčelarstvo svakako jest med. U pravilu, svaki će se pčelar složiti da postoji neka čarolija u proizvodnji vlastitog meda i pohranjivanju tog *tekućeg zlata* u staklenke. Pritom će vas, isto tako, uvjeravati da niti jedan med nije toliko slastan i zdrav kao onaj koji proizvedu baš njegove pčele. No, ta slatka nagrada nipošto nije jedini razlog zbog kojeg se ljudi bave pčelarstvom. Naime, još zarana su ljudi primijetili znatno veće prinose u voćarstvu i ratarstvu u područjima u kojima se prakticiralo pčelarstvo.

U današnje vrijeme, znanstvenici su pokušali izračunati gospodarsku vrijednost opršivanja koje osiguravaju pčele. Rezultati europskog znanstvenog projekta COST Action FA1307 ukazuju na to da na području EU poljoprivredne kulture opršene pčelama imaju oko 50 % veće prinose te svake godine ostvaruju dobitnu dobit u vrijednosti većoj od 14 milijardi eura. Također, s



Slika 2. Sača i maticе. Snimio Z. Franić.

obirom na to da više od 80 % samoniklih biljnih vrsta u većoj ili manjoj mjeri ovisi o opršivačima, možemo zaključiti da je opršivanje ključni čimbenik u održavanju ekosustava, odnosno zaštiti bioraznolikosti. Kako u zemljama Europske unije živi oko 14 milijuna pčelinjih zajednica, može se procijeniti da ekonomski doprinos jedne pčelinje zajednice u Europskoj uniji prosječno iznosi oko 1000 eura.

Nažalost, različiti negativni utjecaji poput klimatskih promjena, intenzivne primjene neselektivnih pesticida u poljoprivredi te raširenih bolesti, od kojih je najizraženija zaraza parazitskom grnjom *Varroa destructor*, pčelarstvo su učinili izuzetno zahtjevnim poslom. Bez brige i napornog rada pčelara pčele danas ne bi preživjele, a to bi u konačnici imalo katastrofalne posljedice na osiguravanje dovoljnih količina hrane za čovječanstvo. U tom kontekstu, znanstvena istraživanja u pčelarstvu, pa tako i radiološka karakterizacija, pomažu ne samo u osiguravanju zdravlja pčela, nego i u proučavanju takvog načina opršivanja te zaštiti okoliša.

Med i fizijski radionuklidi

Malo je poznato da med i neki drugi pčelinji proizvodi, posebice vosak, mogu poslužiti i kao pokazatelji zagađenosti okoliša različitim tvarima štetnim po zdravlje ljudi kao što su to, primjerice, antropogeni fizijski radionuklidi. Antropogeni radioaktivni elementi nastaju tijekom eksplozija nuklearnog oružja ili u nuklearnih postrojenja, posebno reaktora. Među njima naročito treba istaknuti radionuklide cezija (^{137}Cs , ^{134}Cs i druge) koji su kemijski slični kaliju te se stoga mogu intracelularno ugraditi u organizam.

U Republici Hrvatskoj fizijski se produkti u okolišu i hrani su stavno istražuju i prate u sklopu ekstenzivnog programa nadzora radioaktivne kontaminacije okoliša koji je započeo još 1959. godine, tj. nakon perioda intenzivnih atmosferskih testiranja nuklearnog oružja. Program se danas provodi pod nadzorom Državnog zavoda za radiološku i nuklearnu sigurnost te je usklađen

s preporukama Europske komisije iz 2000. godine o primjeni članka 36. iz Ugovora Europske zajednice za atomsku energiju (Euratom). Iako su prepoznati kao učinkoviti pokazatelji radioaktivne kontaminacije okoliša, med i pčelarski proizvodi ipak nisu uključeni u program ovog sustavnog istraživanja. Stoga se radioekološka ispitivanja meda u Republici Hrvatskoj provode kroz različite znanstvene projekte i stručne djelatnosti znanstvenih ustanova (IMI i Institut Ruđer Bošković).

Pčelarstvo i radioekologija

Na međunarodnoj razini, korištenje pčela i pčelarskih proizvoda kao pokazatelja stanja kontaminacije okoliša antropogenim radionuklidima intenziviralo se tek nakon nesreće nuklearnog reaktora u Černobilu 1986. godine. Ciljana apidološka* istraživanja povezala su više različitih disciplina i znanstvenih područja kao što su pčelarstvo, botanika, medicina, radioekologija i zaštita od zračenja. Nekoliko je razloga zašto su pčele medarice učinkoviti integrator radioaktivnog onečišćenja okoliša:

- pčele iz jedne košnice dnevno posjećuju stotine tisuća cvjetova u krugu polumjera od oko 3 km (što odgovara površini od oko 30 km²);
- moguće je dovoljno točno odrediti koordinate izvora onečišćenja, tj. mjesto prikupljanja i granice kontaminiranog prostora, kao i razdoblje u kojem je sakupljan kontaminirani proizvod;
- osim u pčelarskim proizvodima (med, pelud, vosak, propolis) štetne tvari (zagadživala) mogu se otkriti i u pčelama, kao i u košnicama.

Prvi literaturni podaci o radioaktivnosti meda u Republici Hrvatskoj datiraju iz doba neposredno nakon nesreće u Černobilu (svibanj i lipanj 1986.). Tada su zabilježene vrijednosti koncentracija aktivnosti za ¹³¹I (30–220 Bq/kg), ¹³⁴Cs (35–42 Bq/kg) i ¹³⁷Cs (12–62 Bq/kg). Iako 1986. godine nije bilo detaljnih niti uskladih međunarodnih preporuka za postupanje s hranom kontaminiranim u nuklearnim nesrećama, neposredno nakon černobilске nesreće Europska zajednica (EZ) je uspostavila ograničenja na uvoz prehrambenih proizvoda iz zemalja istočne Europe, odnosno zemalja izvan tadašnje EZ. Bez detaljnog obrazloženja postavljena je maksimalno dopuštena koncentracija aktivnosti radiocezija koja je za sve proizvode iznosila 1000 Bq/kg. Slike 3. i 4. prikazuju koncentracije aktivnosti radiocezija u uzorcima poliflornog meda s područja RH u razdoblju od 1986. do 1995. godine.

Koncentracije aktivnosti radiocezija u medu vrlo su dobro korelirane s koncentracijama aktivnosti u radioaktivnim oborinama, što ukazuje na primarni izvor kontaminacije biofaze radiocezijem. Koncentracije aktivnosti ¹³⁷Cs i ¹³⁴Cs u medu eksponencijalno padaju prema izrazu:

$$A_{\text{med}}(t) = A_{\text{med}}(t_0) e^{-kt}$$

gdje su:

$A_{\text{med}}(t)$ vremenski ovisna koncentracija aktivnosti radiocezija u medu (Bq/kg),

$A_{\text{med}}(t_0)$ početna koncentracija aktivnosti radiocezija u medu (Bq/kg),

$1/k$ srednje vrijeme boravka radiocezija u medu.

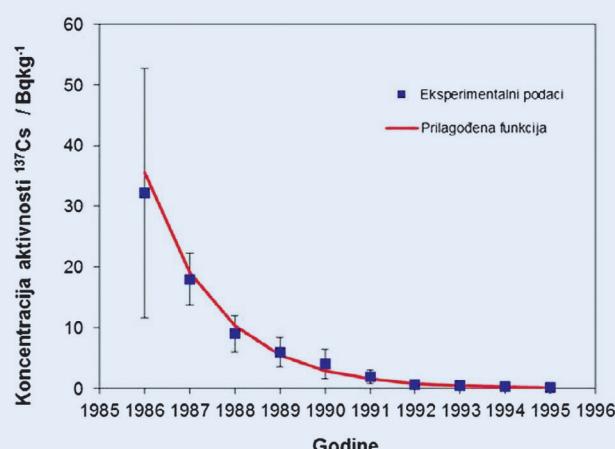
Rezultati ovih mjerjenja daju vrijednosti konstanti raspada k : 0,62 god⁻¹ za ¹³⁷Cs i 1,02 god⁻¹ za ¹³⁴Cs.

Vrijeme boravka radionuklida u nekom biološkom mediju ovisi o biološkoj eliminaciji te o radioaktivnom raspodu dotičnog radionuklida. Kako bi se procijenilo pravo ekološko vrijeme boravka u nekom mediju konstanta k se treba korigirati za radioaktivni raspod koji je karakteriziran konstantom k_R te vrijedi jednadžba:

$$k = \lambda + k_R$$

gdje je $\ln(2)/\lambda$ fizikalno vrijeme poluraspara koje iznosi 30,17 god za ¹³⁷Cs i 2,06 god za ¹³⁴Cs. Prema navedenoj jednadžbi pravo ekološko vrijeme boravka ¹³⁷Cs u medu iznosi 1,16 god, a za ¹³⁴Cs 1,00 god.

Valja napomenuti da se ¹³⁴Cs kao tzv. *zaštićeni radionuklid* u pravilu stvara kao izravni fizijski produkt, a ne kao produkt raspada ostalih fizijskih produkata u masenom nizu atomske mase 134, budući da se β -raspad zaustavlja na stabilnom ¹³⁴Xe. Međutim, u nuklearnim reaktorima ¹³⁴Cs se stvara kao fizijski produkt zahvatom neutrona iz stabilnog ¹³³Cs, koji također nastaje β -raspadom početnih fizijskih produkata, ali samo nakon dugog ozračivanja nuklearnog goriva. Stoga, prisutnost ¹³⁴Cs u nekom mediju iz okoliša upućuje na moguću nesreću nuklearnog postrojenja. Poslije nesreće u Černobilu, ¹³⁷Cs je u okolišu Republike Hrvatske u većini medija, pa tako i u medu, bio u mjerljivim količinama prisutan do ranih 1990-ih godina, nakon čega su se količine spustile ispod granice detekcije (sl. 3.).



Slika 3. Koncentracije aktivnosti ¹³⁷Cs u uzorcima meda u Republici Hrvatskoj.

* Apidologija je znanstveno proučavanje pčela i pčelarske prakse.

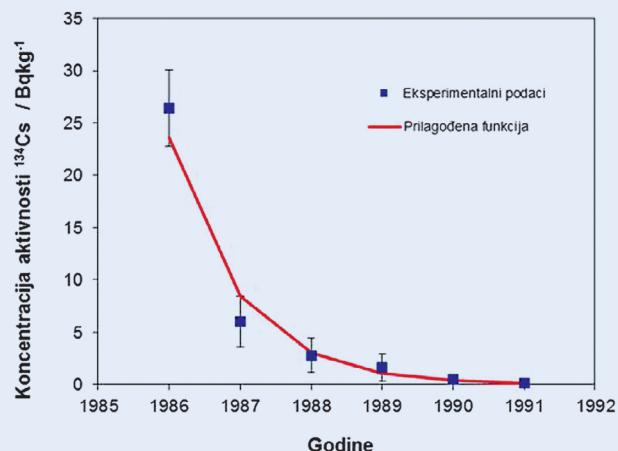
Nakon nesreće u japanskoj nuklearnoj elektrani Fukushima Daiichi 2011. godine u uzorcima meda i medljikovca* iz RH ponovo je detektirana prisutnost ^{134}Cs , ali u vrlo malim koncentracijama aktivnosti koje su se kretale blizu granice detekcije instrumenata (oko 0,3 Bq/kg).

S obzirom na malu potrošnju meda u RH (1 kg po stanovniku godišnje) te na niske koncentracije aktivnosti radiocezija u medu, procjenjuje se da je godišnja efektivna ekvivalentna doza koju prosječni stanovnik RH primi konzumacijom meda vrlo mala. Primjerice, u godini černobilske nesreće ukupna godišnja ekvivalentna doza ^{134}Cs i ^{137}Cs koju je odrasla osoba mogla primiti konzumacijom meda iznosila je zanemarivih 0,55 µSv. Za usporedbu, prosječna osoba u RH od pozadinskog zračenja primi godišnju efektivnu dozu od oko 1 mSv.

Forenzička radioekologija

Istraživanja pokazuju da je med vrlo dobar biološki pokazatelj zagađenja okoliša radionuklidima cezija jer odražava radiološko stanje velike površine okoliša oko pčelinjaka. Štoviše, med odražava radioekološku osjetljivost okoliša budući da su koncentracije aktivnosti radionuklida u medu dobro korelirane s koncentracijama aktivnosti u radioaktivnim oborinama.

Sustavno poznavanje podataka o koncentracijama aktivnosti fizijskih radionuklida te proširivanje radioekoloških istraživanja na koncentracije aktivnosti prirodnih radionuklida u medu i pčelarskim proizvodima, odnosno uzimanjem radiološkog otiska (eng. *radiological fingerprint*), s određenih lokacija i mikrolokacija te stvaranje sustavnih baza podataka rezultata takve radiološke karakterizacije, moglo bi trasirati razvoj učinkovite metode ana-



Slika 4. Koncentracije aktivnosti ^{134}Cs u uzorcima meda u Republici Hrvatskoj.

litičkog osiguravanja kvalitete prirodnog meda i sprečavanja patvorenja. U krivotvorenom medu radionuklidi nisu prisutni, a ukoliko i jesu, u pravilu se ne podudaraju s radioekološkim stanjem na određenoj lokaciji. Stoga bi metoda *forenzičke radioekologije* mogla biti brza, pouzdana i ekonomična alternativa komplementarnim analitičkim tehnikama.

Literatura

- Bauman A. i sur., Izvještaj o radioaktivnoj kontaminaciji SR Hrvatske nakon akcidenta na NE »Lenjin« u Černobilu i odgovarajuća doza na populaciju. IMI, Zagreb (1986).
- Franić Z. i sur., Kontaminacija meda radiocezijem. Pčela 6;1991:123-4.

* Med koji ne potječe od cvjetnog nektara već ga pčele proizvode od biljnih sokova iz dubljih slojeva biljaka. Također se naziva i medun ili šumski med.

Mijeko – IZLOŽENOST LJUDI IONIZIRAJUĆEM ZRAČENJU U OKOLIŠU

Gordana MAROVIĆ, Mak AVDIĆ, Dinko BABIĆ, Tomislav BITUH,
 Gina BRANICA, Zdenko FRANIĆ, Iva FRANULOVIĆ, Milica KOVAČIĆ,
 Branko PETRINEC, Ljerka PETROCI, Jasminka SENČAR, Božena SKOKO
 i Marko ŠOŠTARIĆ, Zagreb

Od vremena otkrića radioaktivnosti do današnjih dana svjedoci smo razvoja mnogobrojnih primjena tog značajnog svojstva tvari u različitim granama ljudske djelatnosti, od onih u razvijanju nuklearnoga oružja do mirnodopskih primjena, posebice u medicini i energetici. Usporedno s razvijanjem znanstvenih spoznaja o štetnom djelovanju ionizirajućeg zračenja na živi organizam razvijala se i ideja o potrebi zaštite od te vrste zračenja. Zaštita od zračenja danas je razvijena znanstvena disciplina koja interdisciplinarnim pristupom vodi brigu o vrstama i dozama zračenja u okolišu, kao i o ljudima izloženima zračenju u svom životnom i radnom okruženju.

Osim prirodne radioaktivnosti, atmosfera i sve sastavnice okoliša, uključivo čovjeka, sadrže i određenu količinu umjetno stvorenih radionuklida koji dodatno opterećuju žive organizme ionizirajućim zračenjem. Većina umjetno stvorene radioaktivnosti

TKO SU AUTORI OVOG ČLANKA?

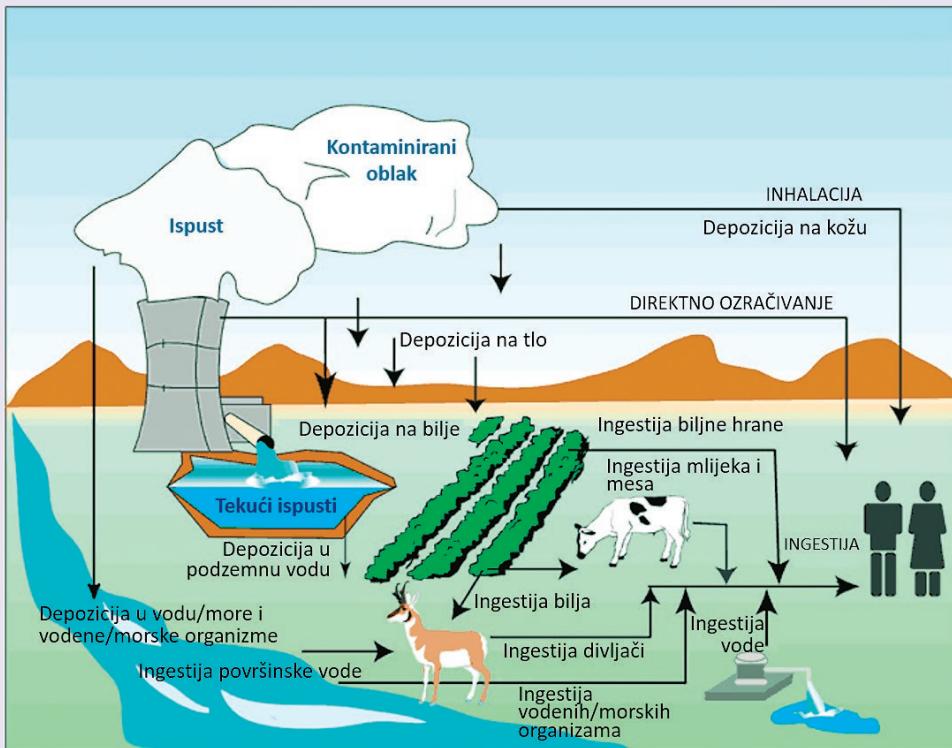
Dr. sc. Gordana Marović, dipl. ing. biotehnologije, znanstvena savjetnica u trajnom zvanju, predstojnica Jedinice za zaštitu od zračenja (IMI). Bavi se praćenjem izlaganja opće i profesionalno izložene populacije ljudi prirodnim i fizijskim radionuklidima, proučavanjem radioaktivne kontaminacije prehrabnenog lanca biološki značajnim radionuklidima te istraživanjem radiološke kontaminacije okoliša putem bioindikatorskih organizama. Ostali koautori suradnici su Jedinice za zaštitu od zračenja (IMI) Zagreb.

našla se u biosferi u vremenu između četrdesetih i šezdesetih godina prošloga stoljeća tijekom provođenja nuklearnih eksplozija u atmosferi. Nekontrolirano ispuštanje velikih količina umjetnih radionuklida u okoliš događa se i tijekom nesreća u nuklearnim postrojenjima, poput onih u Černobilu (bivša Sovjetska Ukrajina, 1986. godine) i Fukushima (Japan, 2011. godine). Nažalost, nerijetko tek radiološke nesreće senzibiliziraju cjeplokupno društvo za povećanje mjera sigurnosti u radu s nuklearnim izvorima energije te potiču istraživanja utjecaja dodatnog doznog opterećenja antropogenim izvorima ionizirajućeg zračenja na zdravlje ljudi. Stoga zagađenje okoliša umjetnim radionuklidima, a posebice onima koji lako ulaze u metabolizam živilih organizama poput izotopa joda, cezija i stroncija, usmjerava znanstvena istraživanja na razvoj sustavnog praćenja razina radioaktivnih tvari u različitim sastavnicama okoliša.

Zbog svoje relativne dugovječnosti izotopi ^{137}Cs i ^{90}Sr prisutni su u okolišu još od prvih testiranja nuklearnog oružja i dio su globalnog kruženja elemenata u prirodi (tablica 1). Radionuklidi ^{131}I , ^{89}Sr i ^{134}Cs , kao i mnogi drugi, pojavljuju se u okolišu u trenutku kontaminacije okoliša nuklearnim testiranjem i nuklear-

Tablica 1. Vremena poluraspada umjetnih radionuklida koji su od posebnog interesa za procjene doza u sastavnicama okoliša i proučavanje učinaka njihovog djelovanja na žive organizme.

radionuklid		vrijeme poluraspada, $T_{1/2}$
jod	^{131}I	8 dana
cezij	^{134}Cs	2 godine
	^{137}Cs	30 godina
stroncij	^{89}Sr	65 dana
	^{90}Sr	29 godina



Slika 1. Putovi izloženosti ionizirajućem zračenju.

Izvor: <http://www.idahoer.com/Annuals/2003/Chapter3.pdf>, INEEL Annual Site Environmental Report 2003, prevedeno.

nim nesrećama, a potom se u relativno kratkom roku raspadnu (kratka vremena poluraspada).

Učinci zračenja na organizam ljudi ovise o načinu (putu) i trajanju izlaganja radioaktivnim tvarima. Za istraživanje bioloških rezultata djelovanja ionizirajućeg zračenja potrebno je pratiti učinke izazvane na tri osnovna načina izlaganja različitim radio-nuklidima prisutnjima u okolišu, a to su: izravna ili vanjska izloženost, inhalacija (unos udisanjem) i ingestija (unos gutanjem) (sl. 1.). Rizik od vanjske izloženosti zračenju procjenjuje se iz brzine apsorbirane doze u zraku, odnosno iz nje se izračunava ekvivalentna efektivna doza za određeno vremensko razdoblje izloženosti.

Izloženost inhalacijom procjenjuje se kao efektivna doza udahnutog radioaktivnog materijala u određenom vremenskom razdoblju. Put izloženosti zračenju ingestijom procjenjuje se kao efektivna doza unosom progutanog radioaktivnog materijala u promatranom vremenskom razdoblju.

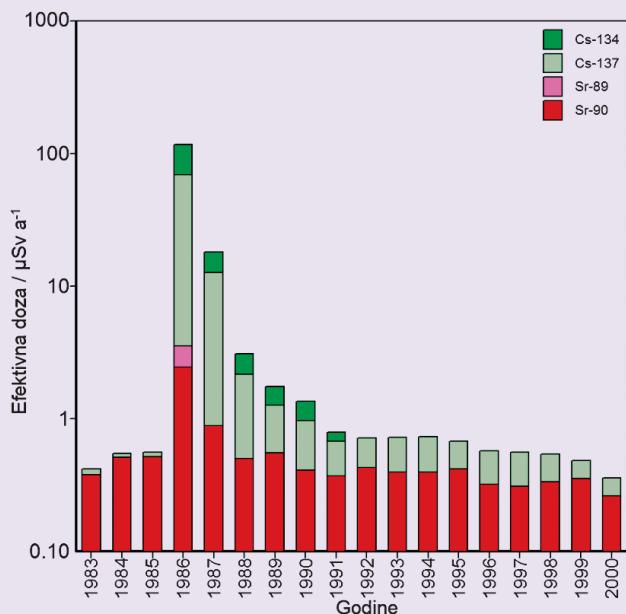
Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada iz Zagreba ovlaštena je ustanova za obavljanje stručnih poslova zaštite od ionizirajućeg zračenja. Unutar Instituta, Jedinica za zaštitu od zračenja svojim je analitičkim tehnikama i uređajima osposobljena odrediti aktivnost pojedinih radionuklida u svim okolišnim uzorcima, kao i doze ionizirajućeg zračenja u bilo kojoj točki prostora. Sustavnim godišnjim praćenjem stanja radioaktivnosti u različitim uzorcima moguće je procijeniti dozno opterećenje prosječnog stanovnika i to kao sumu doza koju stanovnik primi na sva tri načina izloženosti. Tako se u Jedinici od 1959. godine kontinuirano provodi praćenje stanja radioaktivnosti okoliša na području Republike Hrvatske.

Dobar primjer određivanja mogućih posljedica kontaminacije okoliša umjetnim radionuklidima jesu godišnje efektivne doze procjenjene za odraslog stanovnika Hrvatske izloženog zračenju ingestijom mlijeka. Mlijeko se smatra jednom od najvažnijih prehrabnenih namirnica koju konzumiramo od najranijeg djetinjstva (sl. 2). U mlijeku se nakupljaju radioaktivni izotopi cezija (radiocezij) i stroncija (radiostroncij) prema putu izloženosti u nizu: zrak → vegetacija → krava → mlijeko → čovjek.

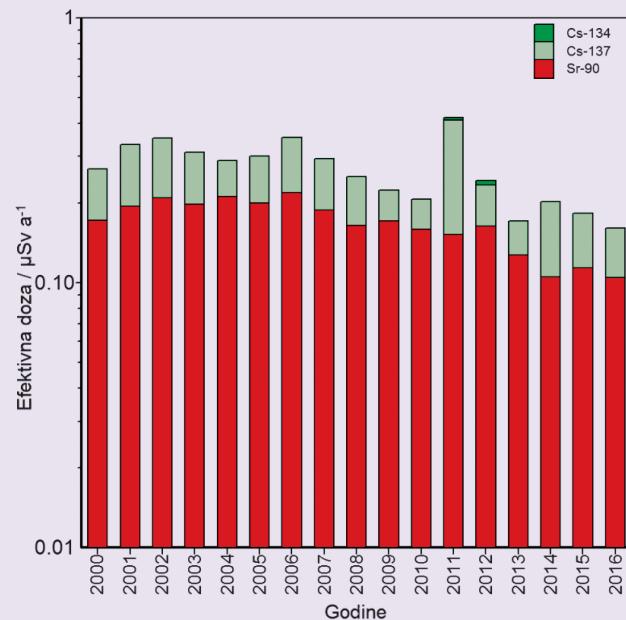
Zbog relativno lakog uzorkovanja i jednostavnog postupka pripreme uzorka za analizu, mlijeko predstavlja praktičnu vrstu



Slika 2. Izvor: <http://thefermentedfoody.com/which-milk-is-best/>



Slika 3. Procijenjene godišnje efektivne doze unosom radiocezija i radiostroncija mlijekom za odraslog stanovnika u RH u periodu 1983.–2000. godine. Izvor: Praćenje stanja radioaktivnosti životne sredine u Republici Hrvatskoj. A. Bauman i sur.; J. Kovač i sur.; G. Marović i sur. (godišnji izvještaji za period 1983.–2000.).



Slika 4. Procijenjene godišnje efektivne doze unosom radiocezija i radiostroncija mlijekom za odraslog stanovnika u RH u periodu 2000.–2016. godine. Izvor: Praćenje stanja radioaktivnosti životne sredine u Republici Hrvatskoj. G. Marović i sur. (godišnji izvještaji za period 2000.–2016.).

medija u kojem se kontinuirano i pouzdano mogu pratiti koncentracije aktivnosti radiocezija i radiostroncija. U Jedinici se koncentracije aktivnosti radiocezija i radiostroncija u mlijeku prate na području cijele RH unatrag nekoliko desetljeća. Iz dobivenih rezultata mjerena i uz pretpostavku da prosječni stanovnik Republike Hrvatske konzumira 100 L mlijeka na godinu procjenjuje se godišnja efektivna doza koju odrasli stanovnik Hrvatske prosječno primi unosom pojedinog radionuklida mlijekom (sl. 3. i sl. 4.). Godine 1986. procijenjena je efektivna doza od unosa ^{89}Sr mlijekom ($1 \mu\text{Sv}$), kao i ona unosom ^{131}I mlijekom ($84 \mu\text{Sv}$). Koncentracija aktivnosti ^{131}I u mlijeku detektirana je samo tijekom svibnja i lipnja te godine, dok je tijekom srpnja izmjerena tek u nekoliko slučajeva i to u tragovima, odnosno na granici detekcije.

U godini nuklearne nesreće dolazi do dodatne kontaminacije mlijeka, kao i cijelog habitata, radionuklidima relativno kratkog vremena poluraspađa. Černobilска nesreća 1986. godine pridonijela je relativno velikom doznom opterećenju i njezin se utjecaj osjećao još godinama nakon nesreće. Nuklearna nesreća u Fu-

kushimi 2011. godine nije u naše krajeve prenijela tako velike količine radioaktivnosti. Sve izmjerene vrijednosti koncentracija aktivnosti bile su neznatno više od radioaktivnosti izmjerenih prethodnih godina, osim što su se u našem okolišu ponovno pojavili izotopi ^{131}I i ^{134}Cs . Tragovi radiojoda pojavili su se u uzorcima zraka, dok je ^{134}Cs određen u gotovo svim sastavnicama okoliša, pa tako i u mlijeku što je pridonijelo dodatnom doznom opterećenju stanovništva Hrvatske.

Rezultati ovakvog sustavnog praćenja stanja radioaktivnosti u okolišu pokazuju da je radioaktivna kontaminacija okoliša u Republici Hrvatskoj antropogenim (fisijskim) radionuklidima danas minimalna te da je dozno opterećenje našeg stanovništva s godinama sve manje. I na kraju, valja naglasiti da je za sustavno i pouzdano praćenje stanja radioaktivnosti našeg životnog okoliša i razvoja zaštite od zračenja, uz intenzivan rad na razvoju analitičkih metoda i mjernih tehnika, nužno stalno unapređivanje znanja u području znanosti o zračenju i razvoju zaštite od zračenja.

Osobna

DOZIMETRIJA IONIZIRAJUĆEG ZRAČENJA

Marija SURIĆ MIHIĆ, Jerko ŠIŠKO i Ivica PRLIĆ, Zagreb

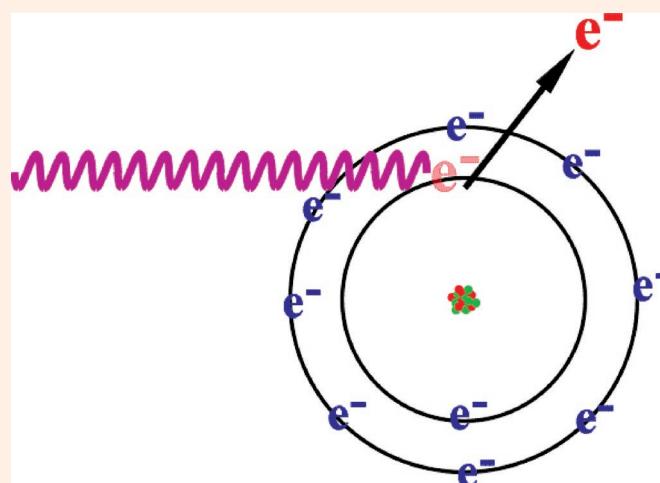
Ionizirajuće zračenje je zračenje dovoljne energije da u tvari kojom prolazi uzrokuje proces ionizacije – izbacivanje jednoga ili više elektrona iz atoma (sl. 1.). Ionizirajuće zračenje po svojoj prirodi može biti elektromagnetsko (gama-zračenje; rendgensko zračenje) ili čestično (alfa-zračenje – jezgre helija; beta-zračenje – elektroni ili pozitroni; neutroni; ioni ili atomi koji se gibaju vrlo velikim brzinama).

TKO SU AUTORI OVOG ČLANKA?

Dr. sc. Marija Surić Mihić, dipl. ing. fizike, znanstvena suradnica; dr. sc. Ivica Prlić, dipl. ing. fizike, stručni savjetnik i voditelj Jedinice; Jerko Šiško, dipl. ing. fizike, stručni suradnik. Autori su suradnici zaposleni u Jedinici za dozimetriju zračenja i radiobiologiju (IMI), s dugogodišnjim iskustvom u području zaštite od zračenja. Jedinica je najstariji stručni tehnički servis u Republici Hrvatskoj (djeluje od 1959. godine) ovlašten za poslove zaštite od ionizirajućeg zračenja koristeći najmoderniju mjeru opremu. Uz stručni rad, suradnici Jedinice bave se i znanstvenoistraživačkim radom u području zaštite od zračenja.

Odakle dolazi ionizirajuće zračenje?

Godine 1895. Wilhelm Conrad Röntgen otkrio je X-zrake, a godinu poslije Henri Becquerel je otkrio da je zračenje uranija drugačije prirode od X-zraka. Pojam radioaktivnosti skovala je Marie Skłodowska Curie koja je zaslužna za otkriće novih radioaktivnih elemenata polonija i radija.



Slika 1. Ionizacija atoma zbog djelovanja ionizirajućeg zračenja.

Izvore ionizirajućeg zračenja primarno dijelimo na prirodne i antropogene (stvorene ljudskim djelovanjem). Prirodni izvori ionizirajućeg zračenja dolaze iz svemira (gama-zračenje, neutroni i druge čestice), iz zemljine kore iz koje prelaze u vodu, biljke, životinje i zrak (^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{222}Rn) ili su ugrađeni u ljudsko tijelo čime nas ozračuju iznutra (^{210}Po , ^{40}K , ^{14}C , ^{210}Pb , ^{90}Sr i drugi). Čovjek je stvorio umjetne izvore zračenja i to radioaktivne izvore i električne uređaje koji proizvode ionizirajuće zračenje (rendgenski uređaji, linearni akceleratori). Za razliku od radioaktivnih izvora koji zrače kontinuirano, električni uređaji proizvode ionizirajuće zračenje samo tijekom rada rendgenske cijevi. Ako se promatra globalna prosječna izloženost stanovništva ionizirajućem zračenju, primarni doprinos je od zračenja u okolišu, a doprinosi od izlaganja izvorima ionizirajućeg zračenja u medicini i ostalo čine oko 20 % (sl. 2.). Prosječna efektivna doza od prirodnog zračenja iz okoliša koju je primio stanovnik Zagreba u 2016. godini iznosila je 1,05 mSv.



Slika 2. Izloženost stanovništva ionizirajućem zračenju ovisno o porijeklu izvora zračenja.

Osobna dozimetrija ionizirajućeg zračenja

Izvori ionizirajućeg zračenja imaju vrlo široku primjenu u medicini, znanosti i industriji. U medicini se koriste za dijagnostiku i terapiju, a broj dijagnostičkih i terapijskih postupaka uporabom izvora zračenja značajno se povećavao u zadnjih nekoliko desetljeća. Pri tome izloženost pacijenata i medicinskog osoblja ionizirajućem zračenju globalno raste, medicinski izvori ionizirajućeg zračenja doprinose 98 % ukupne doze zračenja populacije od umjetnih izvora zračenja. U znanosti se izvori ionizirajućeg zračenja koriste za proučavanje bioloških procesa, istraživanje građe tvari i druge razne istraživačke svrhe, a u industriji za različite namjene: od traženja pukotina i nepravilnosti u materijalima, provjeri kakvoće zavara, za mjerjenje gustoće, razine napunjenošti, mjerjenje dubine i slično. U svim navedenim djelatnostima osobe koje rukuju radioaktivnim izvorima i električnim uređajima koji proizvode ionizirajuće zračenje mogu na različite načine biti izložene ionizirajućem zračenju. Kako bi se mogla odrediti njihova izloženost zračenju te prema tome poduzeti nužne mjere da se izloženost smanji na onoliko koliko je to razumski moguće postići (princip ALARA*) u Jedinici za dozimetriju zračenja i radiobiologiju (IMI) provodi se osobni dozimetarski nadzor izloženih radnika već više od 50 godina. Izloženi radnici su osobe koje tijekom obavljanja svoga uobičajenog posla mogu biti izložene zračenju više od granične za pojedinog stanovnika, a koja iznosi 1 mSv na godinu. Prilikom treba naglasiti da ta izloženost ne uključuje izlaganje prirodnim izvorima ionizirajućeg zračenja u okolišu te medicinsko ozračenje pojedinca kao posljedica dijagnostičkih i terapijskih postupaka u medicini i dentalnoj medicini. Mjerjenje i procjena vanjske izloženosti izvorima ionizirajućeg zračenja provodi se uporabom malih mjernih uređaja – osobnih dozimetara (sl. 3.).

Na Institutu koristimo pasivne termoluminiscentne osobne dozimetre (TLD) za mjerjenje izloženosti cijelog tijela koji se nose na



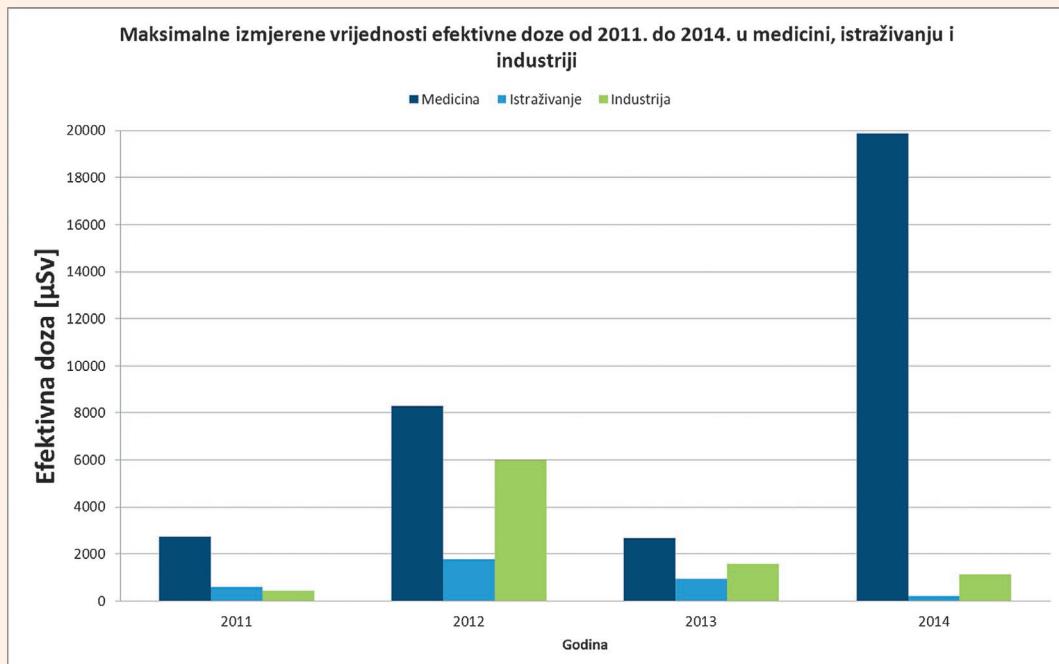
Slika 3. Termoluminiscentni dozimetri za mjerjenje izloženosti očne leće, šake ili kože te cijelog tijela.

prisluštu tijekom rada s izvorima ionizirajućeg zračenja ili u blizini izvora ionizirajućeg zračenja. Kod osoba gdje su dominantno izložene šake koriste se dozimetri koji se nose na prstu ili oko ručnog zgoba, a u intervencijskoj radiologiji i kardiologiji mjeri se i izloženost očne leće zračenju. Osobni dozimetri, kao što im naziv govori, vezani su za osobu i kontinuirano sakupljaju zračenje kojem je izložen nositelj dozimetra. Po završetku mjernog razdoblja (mjesec dana) nošeni dozimetar zamjenjuje se novim, a prethodni šalje u Jedinicu na očitavanje. Po očitanju dozimetra izračuna se primljena doza te se izvješće šalje korisniku usluge dozimetarskog servisa. Od ukupno zabilježene doze na dozimetru oduzima se vrijednost doprinosa od prirodnog zračenja, tako da neto vrijednost predstavlja samo doprinos od profesionalnog ozračenja.

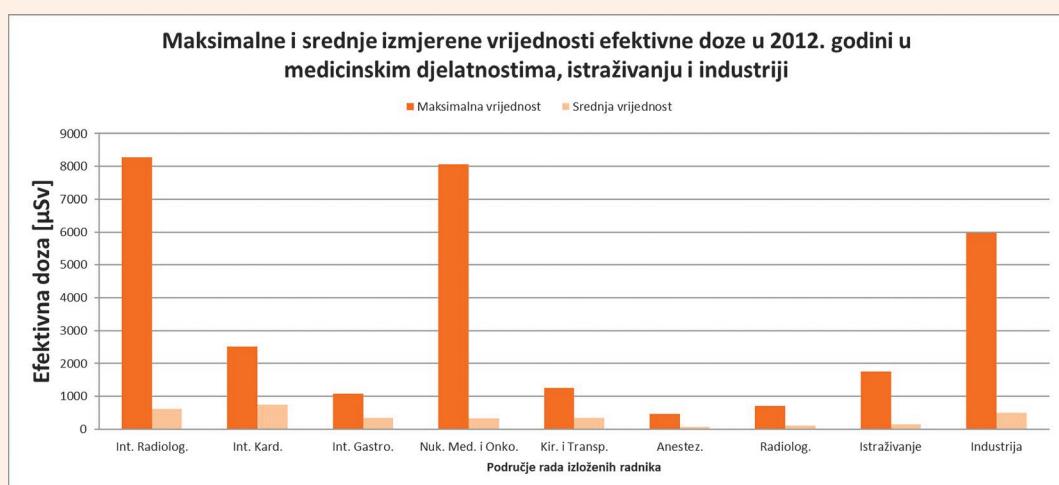
U ovom radu predstavljeni su rezultati mjerjenja ukupne godišnje efektivne doze izloženih radnika u medicini, znanosti i industriji, izmjerene u dozimetarskom servisu IMI-ja u periodu 2011.–2014. godine. Slika 4. prikazuje maksimalne i prosječne primljene vrijednosti godišnje efektivne doze u tri navedene grane. Uočljivo je da

* ALARA (eng. As Low As Reasonably Achievable) – princip koji podrazumijeva poduzimanje svih potrebnih mjera u cilju održavanja izloženosti ionizirajućem zračenju ispod doznih ograničenja koliko je to praktično izvedivo uzimajući u obzir ekonomske i sociološke čimbenike.

DOZIMETRIJA ZRAČENJA



Slika 4. Najveće i prosječne zabilježene vrijednosti efektivne doze u medicini, znanosti i industriji u periodu 2011. – 2014.



Slika 5. Prikaz najvećih i prosječnih godišnjih efektivnih doza primljenih u različitim granama medicine, istraživanju i industriji u 2012. godini.

su svake godine najveće vrijednosti zabilježene u medicini, premda su doze primljene u radu s izvorima ionizirajućeg zračenja u industriji također relativno visoke.

Zabilježene doze koje su primili izloženi radnici u znanosti uglavnom su niže od granice za pojedinog stanovnika, no s obzirom na to da se u znanosti često mijenja način rada te dinamika izloženosti, dozimetrijski nadzor je iznimno važan osobito u slučaju očitanja doza koje su više od očekivanih za neku vrstu posla. U takvoj situaciji stručni suradnici Instituta provode ispitivanja uzroka povišenog ozračenja te predlažu mjere radiološke zaštite kako bi smanjili izloženost pojedinca na prihvatljivu mjeru u skladu s ALARA principom. Slika 5. prikazuje najveće i prosječne vrijednosti primljene godišnje efektivne doze u različitim granama medicine te u istraživanju i industriji u 2012. godini.

Najveće zabilježene doze u medicini su očekivano u intervencijskoj radiologiji i nuklearnoj medicini. U obje grane medicine zdravstveni djelatnici su veći dio radnog vremena izloženi zračenju. U intervencijskoj radiologiji liječnik radiolog provodi intervencijske postupke uz nadzor rendgenskim uređajem, dok u nuklearnoj medicini medicinsko osoblje pripravlja radiofarmake za dijagnostičke ili terapijske postupke, primjenjuje ih na pacijentima te provodi dijagnostiku. U industriji su najizloženiji defektoskopičari koji ispituju kvalitetu varova te nepravilnosti u materijalu uporabom radioaktivnih izvora na otvorenom prostoru, gdje pri transportu spremnika s radioaktivnim izvorom na mjesto ispitivanja imaju rizik od ozračenja od propusnog zračenja kroz spremnik.

Maksimalne zabilježene vrijednosti efektivne doze uspoređene su sa zakonskom vrijednošću granica izlaganja koja za izložene

radnike iznosi 100 mSv u razdoblju od pet uzastopnih godina, uz uvjet da niti u jednoj godini petogodišnjeg razdoblja efektivna doza ne smije biti veća od 50 mSv. Dijagrami prikazani na slika- ma 4. i 5. pokazuju da nije bilo zabilježenih vrijednosti efektivne doze iznad graničnih vrijednosti.

Budućnost osobne dozimetrije

Pasivni osobni dozimetri, kao što su termoluminiscentni dozimetri (TLD), film-dozimetri te optički stimulirani luminiscentni dozimetri (OSL) koji se ubičajeno koriste, daju podatak isključivo o ukupnoj dozi koju je osoba primila tijekom perioda nošenja, a ne o dinamici primanja doze te nemaju mogućnost alarmiranja nositelja u situacijama kada se nalazi u području prekomjerne brzine doze. Aktivni elektronički osobni dozimetri (AEPD) uređaji su za koje se smatra da će u budućnosti, kada se riješe određena ograničenja koja trenutno imaju, zamijeniti pasivne dozimetre. Naime, AEPD-ovi imaju mogućnost bilježenja trenutačne vrijednosti primljene doze, brzine doze kojoj je izložen pojedinc, te alarmiranja u slučaju boravka u području velike brzine doze. Nadalje, ovisno o korištenom detektoru zračenja, AEPD-ovi mogu imati bolju osjetljivost i preciznost mjerjenja od pasivnih dozimetara, osobito stoga što mogu razlikovati prirodno pozadinsko zračenje od onog dodatnog, umjetnog izvora zračenja na radnom mjestu. Razvoj elektroničkih sklopova i baterija smanjiti će dimenzije AEPD-ova i omogućiti dulji rad bez izmjene baterije, a sniženjem cijene postati će dostupni za široku uporabu u osobnoj dozimetriji.

U Jedinici se dugi niz godina kroz istraživačke projekte razvija aktivni elektronički dozimetar tip ALARA OD (sl. 6.) koji je testiran za mjerjenje zračenja u okolišu te za osobnu uporabu. Do sadašnji rezultati potvrđuju da se uporabom takvog uređaja može dobiti detaljan uvid u dinamiku izloženosti te poboljšati i optimizirati zaštita od zračenja.

Literatura

- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly, with scientific annexes. Vol. I. Sources and effects of ionizing radiation (2008).
- Marović G. i sur. IMI-CRZ-97. Praćenje stanja radioaktivnosti životne sredine u Republici Hrvatskoj (Izvještaj za 2016. godinu). Ugovarač: Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost, Zagreb. (2017).
- World Health Organization (<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs371/en/>).
- Council of the European Union. (2013). Council Directive 2013/59/Euratom laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, and repealing Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom and 2003/122/Euratom. Official Journal L 13 of 17.01.2014.
- Pravilnik o granicama ozračenja. Narodne novine Republike Hrvatske br. 59/13.
- Prlić I. i sur., Characterization of workplaces in interventional radiology using active dosimeters ALARA OD. Radiat Prot Dosimetry 125 (1-4);2007:379–382.
- Surić Mihić M. i sur., Radiation measurements around X-ray cabinet systems. Radiat Prot Dosimetry 150 (3);2012:375–380.



Slika 6. Aktivni elektronički dozimetar ALARA OD.

WI-FI U PILOT-PROJEKTU

e-Škole

Ivica PRLIĆ, Zagreb

PILOT PROJEKT e-ŠKOLE



Wi-Fi radijsko povezivanje prisutno je već duže vrijeme i u školama te se trenutno mjeri u sklopu projekta »e-Škole: Uspostava sustava razvoja digitalno zrelih škola (pilot projekt)« koji Hrvatska akademска i istraživačka mreža – CARNet provodi od 2015. do 2018. godine.

Pilot-projekt e-Škole obuhvaća 10 % škola (101 osnovna i 50 srednjih škola) iz cijele Hrvatske te je dio šireg programa »e-Škole: Cjelovita informatizacija procesa poslovanja škola i nastavnih pro-

cesa u svrhu stvaranja digitalno zrelih škola za 21. stoljeće« koji se provodi od 2015. do 2022. godine i koji planira obuhvatiti minimalno 60 % svih hrvatskih škola. Svrha pilot-projekta e-Škole je uspostaviti mrežu digitalno zrelih škola za 21. stoljeće podizanjem razine digitalne zrelosti 151 škole uključene u projekt. U digitalno zrelim školama predviđa se aktivna i svakodnevna uporaba informacijsko-komunikacijske tehnologije (IKT) u nastavi i poslovanju škole koja doprinosi:

- razvoju digitalno kompetentnih učenika
- razvoju digitalno kompetentnih nastavnika
- učinkovitom i transparentnom upravljanju školom

Što je Wi-Fi? Povezivanje uporabom radijske tehnologije

Posljednjih godina uporaba Wi-Fi radijskih primopredajnika ubrzano raste. Korištenjem takve tehnologije, elektronički uređaji radijski se povezuju s računalnom mrežom putem mikrovalova ili elektromagnetskih polja radijske frekvencije (RF) čime se otklanja ili smanjuje potreba za spajanjem mrežnim kabelima. Bežični radijski sustavi pružaju slobodu kretanja s uređajem unutar škole (prijenosno računalo, tablet ili pametni telefon) te ih je lakše, a ponekad i jeftinije ostvariti nego žične mreže. Takve nove

tehnologije postale su dio životne, ali i školske svakodnevice. Najbolji primjer za to je prijenosno računalo koje je spojeno na internet putem Wi-Fi usmјernika (modema/routera). Danas Wi-Fi pristupne točke možemo pronaći u mnogim javnim i privatnim prostorima, stoga treba imati na umu da su ljudi koji su okruženi Wi-Fi signalom povremeno izloženi niskoj razini elektromagnetskih polja prilikom korištenja interneta za poslovne ili privatne svrhe (od usmјernika kao pristupnih točaka).

Uzrokuje li Wi-Fi štetne posljedice po zdravlje? Ocjene nadležnih institucija

Iako je Međunarodna agencija za istraživanje karcinoma (IARC) – dio Svjetske zdravstvene organizacije (WHO) – svrstala radiofrekvencijska elektromagnetska polja, uključujući i ona od bežičnih telefona, u skupinu »2B« s obzirom na procjenu karcinogenog rizika za ljude, radi se o mjeri predostrožnosti jer skupina »2B« obuhvaća popis »mogućih karcinogena« na kojoj se Wi-Fi signal nalazi zajedno s, primjerice, kavom, ukiseljenim povrćem i tesanom građom. Međutim, uzimajući u obzir mišljene IARC-a,

TKO JE AUTOR OVOG ČLANKA?

Dr. sc. Ivica Prlić, dipl. ing. fizike, stručni savjetnik, znanstveni suradnik i voditelj Jedinice za dozimetriju zračenja i radiobiologiju (IMI) s dugogodišnjim iskustvom u području zaštite od zračenja i suradnici na projektu: Hrvoje Mesić (Prirodopolis); mr. sc. Mladen Hajdinjak (Haj-Kom d.o.o.). Dr. sc. Ivica Prlić voditelj je istraživačkog projekta IMI – CARNet-2016.

VIŠE O PROJEKTU

Projekt e-Škole sufinancira Europska unija iz europskih strukturnih i investicijskih fondova. Više informacija može se pronaći na sljedećim poveznicama: <https://www.e-skole.hr>, <https://www.carnet.hr>, <https://strukturnifondovi.hr/>



Operativni program
**KONKURENTNOST
I KOHEZIJA**



CARNet

Hrvatska akademika i istraživačka mreža
Croatian Academic and Research Network

WHO je, kao krovna međunarodna zdravstvena organizacija, ocijenila da ne postoje znanstveno utvrđeni dokazi štetnih utjecaja Wi-Fi signala niskih razina elektromagnetskih polja na zdravlje.

»Nema znanstveno ustanovljenih dokaza da izloženost elektromagnetskim poljima niskih razina od Wi-Fi radijskih uređaja štetno utječe na zdravlje učenika ili opće populacije.« – Svjetska zdravstvena organizacija – WHO

Razina energije i snaga

Razina energije elektromagnetskih polja koju proizvodi i emitira Wi-Fi usmjernik izrazito je niska da bi mogla oštetiti stanične strukture ili genetski materijal stanica (npr. molekule DNA). Frekvencija Wi-Fi usmjernika jednaka je zračenju mikrovalne pećnice, ali bez primjetnog toplinskog učinka. Slikovito rečeno, postoji tehnologija rezanja čeličnih ploča s mlazom vode pod visokim tlakom, ali to nikako ne znači da je tuširanje opasno po zdravlje. Wi-Fi radijski uređaji i pristupne točke (eng. *access point*) zrače izrazito malom snagom, tipično 0,1 W (100 mW). Dozimetrijska mjerena koja je proveo Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada – IMI iz Zagreba pokazala su da je izloženost elektromagnetskim poljima koja proizvode Wi-Fi uređaji koji su nabavljeni i instalirani u sklopu provedbe pilot projekta e-Škole znatno niža od referentne granice za opću populaciju propisane European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC) normom i pravilnikom Ministarstva zdravstva. O tome je svoje mišljenje i smjernice dao i Scientific Committee on Emerging and

Newly Identified Health Risks Europske unije (SCENIHR);
https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/scientific_committees/docs/citizens_emf_en.pdf

Mogu li smanjiti svoju izloženost Wi-Fi zračenju?

Prema dosad prikupljenim znanstvenim informacijama te analizama dobivenim tijekom mjerena u sklopu pilot projekta e-Škole, IMI je došao do zaključaka da ne postoje razlozi zbog kojih se Wi-Fi radijski sustavi ne bi trebali nastaviti koristiti u školama te na drugim mjestima.

Prikupljeni podaci i daljnji planovi

S obzirom na to da razina emitiranih elektromagnetskih polja (od Wi-Fi tehnologije i ostalih radijskih uređaja) može biti predmet propitivanja ili zabrinutosti kod roditelja, nastavnika i ostalih dionika, CARNet i IMI planiraju u sklopu pilot projekta e-Škole nastaviti provoditi relevantna mjerena elektromagnetskih polja. Uz to, planira se nastaviti i istraživanje mogućih utjecaja koje elektromagnetska polja od Wi-Fi i drugih radiokomunikacijskih uređaja, koji se koriste ili će se koristiti u redovnim nastavnim procesima u hrvatskim školama, mogu imati na zdravlje. Sve navedeno provodit će se s ciljem prikupljanja sigurnih, pouzdanih, točnih i ažurnih podataka koji će se potom koristiti za daljnja mjerena, posebice u svrhu epidemioloških i socioloških istraživanja te unaprjeđenje nastavnih procesa.

LEBDEĆE

čestice

Krešimir ŠEGA i Ivan BEŠLIĆ, Zagreb

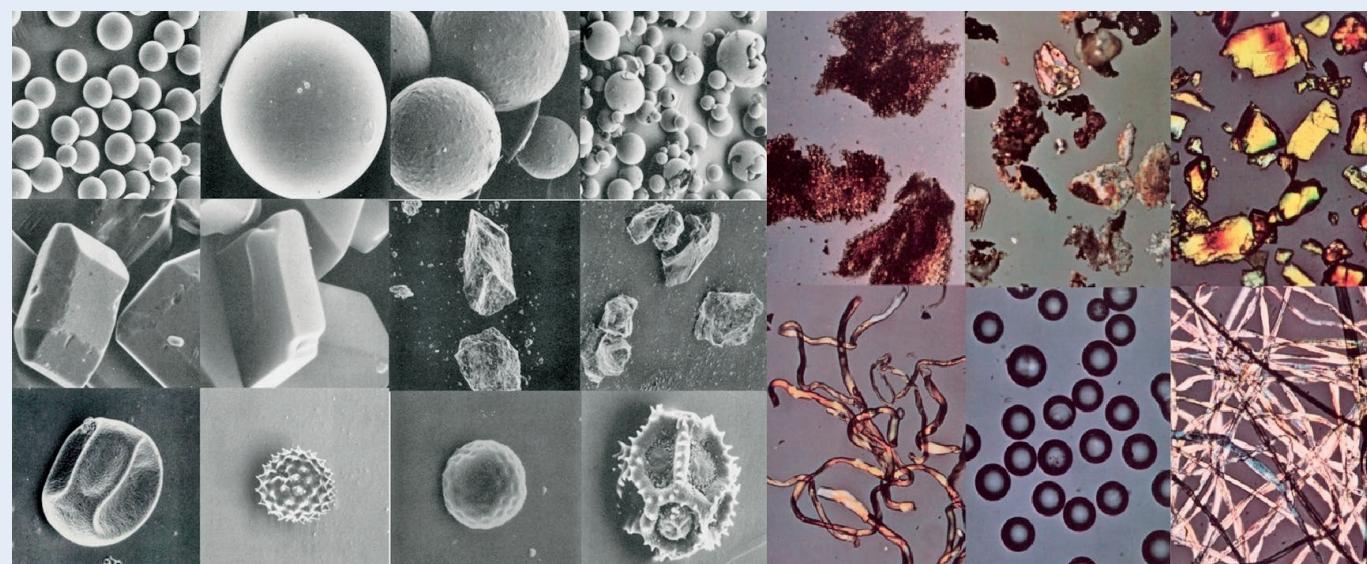
Pri ocjeni kvalitete zraka, a u svrhu zaštite okoliša i ljudskog zdravlja, kontinuirano se prate koncentracije onečišćujućih tvari u zraku. Mnogi su upoznati sa štetnim plinovima čije se koncentracije prate (SO_2 , CO , dušikovi oksidi, ozon, H_2S i drugi) dok se lebdeće čestice u zraku doimaju tajanstvenima te način i svrha praćenja njihovih koncentracija nije svima poznata. Svojstva lebdećih čestica u zraku su zaista vrlo zanimljiva, od njihovih izvora, razdiobe veličina, načina prodiranja u dišni sustav, fizičkih svojstava, kemijskog sastava pa sve do utjecaja na ljudsko zdravlje (sl. 1.).

Jedinica za higijenu okoline (IMI) započela je praćenje onečišćenja zraka lebdećim česticama određivanjem indeksa crnog dima 1963. godine. Nešto poslije, 1972. godine započelo je sakupljanje

TKO SU AUTORI OVOG ČLANKA?

Dr. sc. Krešimir Šega, dipl. ing. fizike, znanstveni savjetnik u trajnom zvanju, iako u mirovini, još uvijek je znanstveno i stručno aktivan pri određivanju dominantnih izvora onečišćenja zraka te u popularizaciji područja. Pionir je u praćenju prostorno-vremenske razdiobe lebdećih čestica na ovim prostorima. Cijeli radni vijek proveo je u Jedinici za higijenu okoline (IMI), zaslužan je za uspostavu kontinuiranog praćenja frakcija lebdećih čestica te za implementaciju smjernica Svjetske zdravstvene organizacije i Europskih direktiva u hrvatsko mjeriteljstvo i zakonodavstvo iz područja lebdećih čestica.

Dr. sc. Ivan Bešlić, dipl. ing. fizike, viši znanstveni suradnik, radi u Jedinici za higijenu okoline (IMI). Bavi se prostorno-vremenskom razdiobom lebdećih čestica, implementacijom receptorskih statističkih modela pri određivanju dominantnih izvora onečišćenja zraka te implementacijom referentnih metoda mjerenja.



Slika 1. Primjeri lebdećih čestica.

ODAKLE DOLAZE LEBDEĆE ČESTICE?

Izvori lebdećih čestica u zraku nalaze se u prirodi (vulkanske erupcije, šumski požari, pelud, raspadanje mineralnog i biološkog materijala, morski aerosol, formiranje čestica iz plinova i/ili vodene pare na jezgrama kondenzacije) te u određenim ljudskim aktivnostima, poput proizvodnje i korištenja energije iz sagorijevanja biomase i fosilnih goriva, industrijske proizvodnje, kamenoloma, prometa i drugih.

uzoraka ukupnih lebdećih čestica te analiza sadržaja metala u njima. Prema važećim zahtjevima Europske zajednice od 1999. godine prate se frakcije lebdećih čestica promjera manjeg od $10 \mu\text{m}$ (PM_{10}) i $2,5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$). Analiza sastava lebdećih čestica provodi se akreditiranim metodama za određivanje metala, ionskog i elementnog sastava, policikličkih aromatskih ugljikovodika te sadržaja elementnog i organskog ugljika. Jedinica je kao nacionalni referentni laboratorij za lebdeće čestice članica europske mreže referentnih laboratorijs za kvalitetu zraka (AQUILA).

Fizička svojstva lebdećih čestica

U svrhu istraživanja onečišćenja zraka lebdećim česticama, zrak prizemnog sloja atmosfere koji udišemo promatramo kao *atmosferski aerosol*. Taj dvokomponentni disperzijski sustav sastavljen je od smjese plinova (kontinuirana faza) i krute ili tekuće čestice (raspršena faza). Prema definiciji aerosola, raspršena faza je dugo-trajna, tj. mehanizmi izdvajanja čestica poput gravitacijskog taloženja, ispiranja zraka oborinom, difuzijskog i elektrostatskog taloženja su spori, a omjer volumena odnosno masa raspršene i kontinuirane faze je malen ($< 10^{-3}$) zbog čega su međusobne interakcije između čestica zanemarive. Oba navedena uvjeta su u slučaju atmosferskog aerosola zadovoljena. Čestice se ovisno o veličini i sastavu zadržavaju u lebdećem stanju od nekoliko sati do nekoliko mjeseci, dok je omjer masa objiju faza redovito niži od 10^{-7} čak i pri relativno visokoj koncentraciji onečišćenja. Definiranje veličine i svojstava je jednostavno ukoliko promatramo čestice sfernog oblika. U stvarnosti su čestice vrlo različitih veličina i oblika. Stoga za opisivanje veličine i svojstava čestica koristimo ekvivalentni promjer koji definiramo kao promjer ekvivalentne kugle s obzirom na svojstvo koje istražujemo. Postoje četiri takva ekvivalentna promjera:

- promjer projicirane površine – promjer kugle koja ima istu projiciranu površinu kao i promatrana stvarna čestica (kod istraživanja raspršene svjetlosti optičkim detektorima)
- promjer oplošja – promjer kugle koja ima isto oplošje kao i promatrana stvarna čestica (kod vezanja plinova na čestice)
- volumeni promjer – promjer kugle koja ima isti volumen kao i promatrana stvarna čestica
- maseni promjer – promjer kugle koja ima istu masu kao i promatrana stvarna čestica.

Ukoliko čestice uslijed gravitacije padaju u mirujućem viskoznom fluidu, tada je njihova terminalna brzina padanja, zvana i *brzinom poniranja*, postignuta kada se sile otpora i uzgona izjednače s gravitacijskom silom. Pri izučavanju onečišćenja lebdećim česticama, prvenstveno nas zanima njihov utjecaj na zdravlje ljudi te je od ključne važnosti njihovo ponašanje u dišnom sustavu. U tu svrhu koristimo ekvivalentne promjere s obzirom na brzinu poniranja definirane kao:

- Stokesov promjer – promjer kugle koja ima istu gustoću i istu brzinu poniranja kao i promatrana stvarna čestica
- aerodinamički promjer – promjer kugle koja ima jediničnu gustoću i istu brzinu poniranja kao i promatrana stvarna čestica; ova veličina najbolje opisuje mobilnost čestica, odvajanje po veličini, prodiranje i njihovo deponiranje unutar dišnog sustava.

U svrhu interpretacije i usporedbe rezultata bitno je naglasiti da uporaba različitih ekvivalentnih promjera daje različite vrijednosti te da je, stoga, važno naznačiti koju vrstu ekvivalentnog promjera koristimo. Pri izučavanju onečišćenja zraka lebdećim česticama uvijek koristimo aerodinamički promjer.

Aerosol s česticama promjera unutar uskog pojasa veličina u rasponu $\pm 10\%$ nazivamo *monodisperznim aerosolom* i to su uglavnom umjetno stvoreni sustavi. U prirodnom okolišu susrećemo *polidisperzne sustave*, u kojem je promjer atmosferskog aerosola ugrubo u rasponu od $0,002 \mu\text{m}$ do $100 \mu\text{m}$. To dalje znači da je omjer:

- promjera čestica u rasponu $1:10^5$
- površina čestica u rasponu $1:10^{10}$
- volumena (ili masa) čestica u rasponu $1:10^{15}$

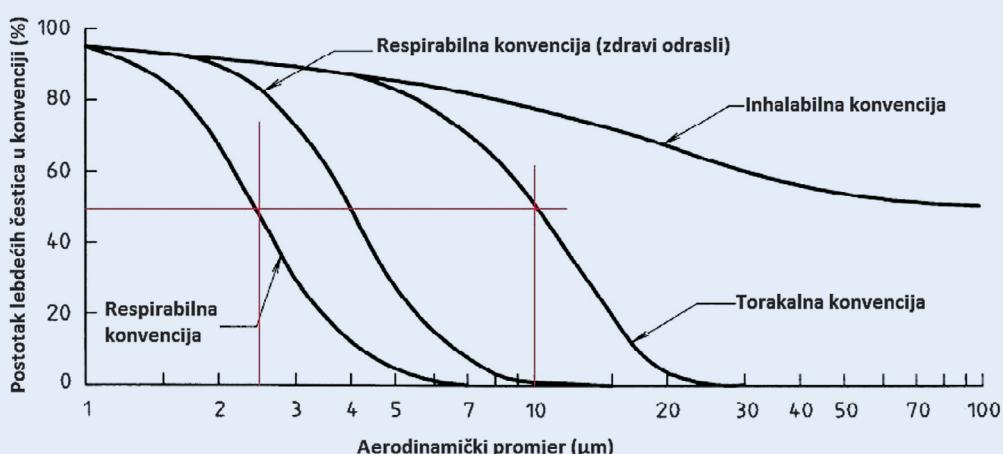
Lebdeće čestice opisujemo pomoću koncentracija čestica i njihove razdiobe po veličini. Za izražavanje koncentracije čestica koristimo sljedeće veličine:

- brojčane koncentracije – broj čestica u jediničnom volumenu zraka; koristi se najčešće pri istraživanju netopljivih čestica (broj depozicija u dišnom sustavu)
- masene koncentracije – masa čestica u jediničnom volumenu zraka; koristi se najčešće pri istraživanjutopljivih čestica (masa čestica deponirana u dišnom sustavu).

S obzirom na veličinu čestica, područja atmosferskog aerosola ugrubo dijelimo u tri kategorije:

- nuklearski mod – aerodinamičkog promjera čestica od $\sim 0,01$ do $0,04 \mu\text{m}$; mod je karakteriziran vrlo visokom brojčanom, a niskom masenom koncentracijom. Čestice nastaju uglavnom iz plinova i jezgru nuklearcije. U stabilnim uvjetima koncentracije ovog moda opadaju zbog formiranja većih čestica u procesima različitih interakcija
- akumulacijski mod – aerodinamičkog promjera čestica od $\sim 0,1$ do $1 \mu\text{m}$; najpostojaniji mod koji s vremenom čini najznačajniju komponentu aerosola kao posljedica snižavanja koncentracija drugih dvaju modova

Slika 2. Prikaz konvencija odvajanja čestica sakupljačima.



- mod krupnih čestica – aerodinamičkog promjera čestica od ~ 5 do $50 \mu\text{m}$; nepostojan mod zbog izraženog i brzog gubitka uzrokovanih suhim gravitacijskim taloženjem.

Sakupljanje lebdećih čestica

S obzirom na mogući utjecaj na zdravlje, atmosferski aerosol dijelimo u frakcije:

- inhalabilna frakcija: masena frakcija ukupnih lebdećih čestica koju udišemo kroz nos ili usta (ovisna uglavnom o smjeru i brzini strujanja zraka i frekvenciji udisaja)
- izvantorakalna frakcija: masena frakcija udahnutih lebdećih čestica koje ne dopiru ispod grla
- torakalna frakcija: masena frakcija udahnutih lebdećih čestica koje dopiru ispod grla
- traheobronhijalna frakcija: masena frakcija udahnutih lebdećih čestica koje dopiru ispod grla, ali ne prodiru u područje bez cilijarnog epitela. Cilijarni epitel tјera sluz prema gore i izbacuje nečistoće koje potom gutamo ili ispljunemo
- respirabilna frakcija: masena frakcija udahnutih lebdećih čestica koje prodiru u područje bez cilijarnog epitela.

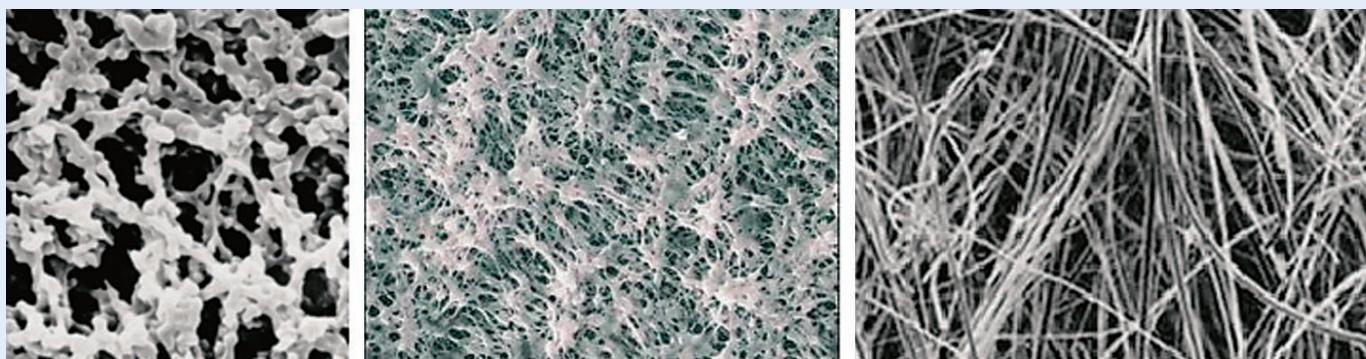
Uz svaku opisanu frakciju, zadana je i konvencija koja propisuje uvjete rada sakupljača čestica navedene frakcije čestica, proračunate s obzirom na odvajanje čestica u pojedinom dijelu respiratornog trakta (sl. 2.). Zbog individualnih razlika, sve konvencije predstavljaju aproksimaciju za prosječnu osobu. Bitno je naglasiti da svaka od opisanih konvencija aproksimira frakciju čestica koja prodire u pojedino područje dišnog sustava, a ne frakciju koja se u tom području deponira! U tom smislu konvencije precjenjuju zdravstvene učinke, jer prepostavljamo da samo deponirane čestice mogu uzrokovati biološke efekte.

Propisima iz područja onečišćenja zraka propisano je praćenje torakalne i respirabilne frakcije lebdećih čestica prema pripadajućim konvencijama. Torakalna frakcija naziva se još i PM_{10} , a njena je konvencija predočena kumulativnom log-normalnom razdiodom s medijanom od $11,64 \mu\text{m}$ i geometrijskom standardnom devijacijom od 1,5. Respirabilna frakcija naziva se još i $\text{PM}_{2,5}$, a njena je konvencija predočena kumulativnom log-normalnom razdiodom s medijanom od $2,50 \mu\text{m}$ i geometrijskom standardnom

bom s medijanom od $11,64 \mu\text{m}$ i geometrijskom standardnom devijacijom od 1,5. Respirabilna frakcija naziva se još i $\text{PM}_{2,5}$, a njena je konvencija predočena kumulativnom log-normalnom razdiodom s medijanom od $2,50 \mu\text{m}$ i geometrijskom standardnom



Slika 3. Posluživanje referentnog sakupljača lebdećih čestica.



Slika 4. Prikaz membranskog, teflonskog i kvarcnog filtra.

devijacijom od 1,5. Standardni referentni sakupljači lebdećih čestica dizajnirani su u skladu s navedenim konvencijama (sl. 3.).

Nakon odvajanja čestica prema propisanoj konvenciji, u ulaznom dijelu sakupljača preostale se čestice sakupljaju filtracijom. Propisi nalažu uporabu vlaknastih (staklena ili kvarcna vlakna), membranskih ili teflonskih filtara, ovisno o dalnjim vrstama analize sadržaja čestica (sl. 4.).

Važno je naglasiti da filtri ne djeluju poput sita, već da odvajaju čestice iz struje zraka različitim mehanizmima: naletom čestice na vlakno (intercepcija), inercijalnim izdvajanjem čestice iz struje zraka (impakcija) i deponiranjem na vlakno te difuzijom zbog izraženog Brownovog gibanja vrlo sitnih čestica koje bi inače slijedile struju zraka i izbjegle depoziciju na filtru. Efikasnost odvajanja čestica filtracijom je zbroj efikasnosti sva tri navedena mehanizma odvajanja (sl. 5.). Najniža efikasnost filtra (najveće propuštanje čestica) nastaje pri veličinama aerodinamičkog promjera od 0,2 do 0,3 μm te se ispitivanja efikasnosti filterskog materijala uvejek provode uporabom čestica tih veličina. Pri praćenju onečišćenja zraka lebdećim česticama redovito se koriste filterski materijali efikasnosti $\geq 99,5\%$. Prije vaganja filtara norme propisuju i period kondicioniranja praznih filtara i filtara s

uzorcima u kontroliranim uvjetima temperature i relativne vlažnosti zraka.

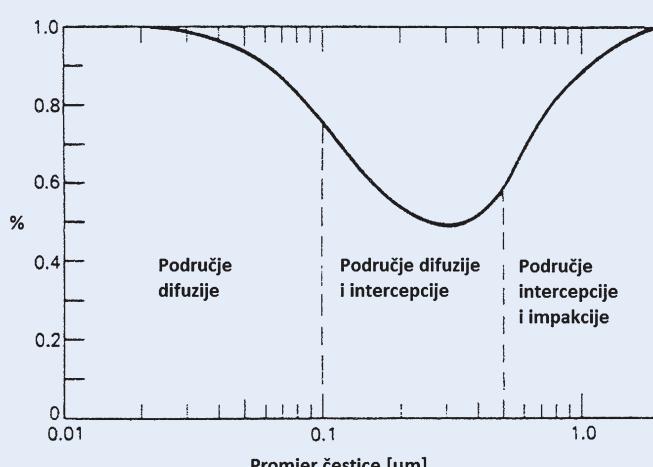
Krajnji uzorak u kojem će se sadržaj lebdećih čestica analizirati uvelike se razlikuje od oblaka čestica iz kojeg je sakupljen zbog različitih interakcija (između čestica i između čestica i podloge) tijekom kojih nastaju aglomerati. Također, dnevni uzorak lebdećih čestica sakupljamo i u različitim vremenskim uvjetima. Dnevni uzorci se sakupljaju pri različitim uvjetima temperature i relativne vlažnosti. Navedeni uvjeti mijenjaju se tijekom sakupljanja jednog uzorka (razlika dan-noć). Različiti uvjeti sakupljanja utječu na masu filtra i uzorka. Tijekom vlažnih dana značajan udio mase uzorka čini voda, a tijekom vrlo topnih dana lako hlapljivi organski spojevi napuštaju uzorak isparavanjem.

Kako bi se osigurala ujednačenost sakupljanja uzorka i njihova priprema prije vaganja, referentna metoda propisuje uvjete i postupke. Sakupljeni uzorci u sakupljaču pohranjeni su na propisanoj temperaturi tako da su sakupljači opremljeni grijačem i hladnjakom. Također, velika pažnja posvećuje se pripremi čistih filtara i filtara s uzorkom prije vaganja. Filtri se pohranjuju 48 sati na temperaturi od $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ i relativnoj vlažnosti od (45–50) % te se nakon toga važu. Nakon pohranjivanja dodatnih 24 sata pri istim uvjetima važu se ponovo. Srednja vrijednost ovih odvaga predstavlja masu. Postupak se ponavlja nakon uzorkovanja s filtrom na kojem je uzorak lebdećih čestica.

Upravo zahvaljujući ujednačenosti propisanih postupaka za sakupljanje uzorka lebdećih čestica i određivanje njihovog sastava, možemo uspoređivati rezultate praćenja kvalitete zraka iz »cijelog svijeta« te provoditi opširnu statističku obradu, epidemiološke studije onečišćenja zraka (metastudije) i mjere sanacije. Pridržavanje normi omogućava uspostavu ujednačenog zakonodavstva i jedinstvenu kontrolu razina onečišćenja zraka u svim zemljama Europske unije.

Literatura

1. Jedinica za higijenu okoline, IMI, <https://www.imi.hr/hr/jedinica/jedinica-za-higijenu-okoline/>
2. Vanjski zrak – određivanje masene koncentracije suspendiranih čestica PM_{10} ili $\text{PM}_{2,5}$ standardnom gravimetrijskom metodom, hrvatski normativni dokument HRN EN 12341:2014



Slika 5. Efikasnost odvajanja filtracijom ovisno o promjeru čestica.

MJERNA MREŽA ZA TRAJNO PRAĆENJE KVALITETE ZRAKA GRADA ZAGREBA

Gordana PEHNEC, Zagreb

Praćenje kvalitete zraka u Gradu Zagrebu kontinuirano se provodi već više od pedeset godina. Prva mjerena proveli su suradnici Jedinice za higijenu okoline (IMI) 1963. godine, što su ujedno bila i prva mjerena kvalitete vanjskog zraka u Hrvatskoj. Od tada se u Zagrebu neprekidno prate razine onečišćujućih tvari na mjernim postajama u sklopu gradske mreže za trajno praćenje kvalitete zraka. Broj mjernih postaja, kao i broj onečišćujućih tvari koja se u zraku mijere, postupno se povećavaju tijekom godina. Jedinica za higijenu okoline svakodnevno prati kvalitetu zraka na šest lokacija u Zagrebu. Mjere se koncentracije sumporovog dioksida, dušikovog dioksida, ozona, ugljikovog monoksida i benzena. Osim ovih plinova, prate se i razine lebdećih čestica aerodinamičkog promjera manjeg od $10 \mu\text{m}$ (PM_{10}) i $2,5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$) te se određuje njihov sastav (sadržaj metala, polickličkih aromatskih ugljikovodika). Također se mijere količine ukupne taložne tvari te sadržaj metala u ukupnoj taložnoj tvari. Prema potrebi provode se i mjerena posebne namjene, uključujući mjerena spojeva neugodnog mirisa poput amonijaka, sumporovodika i merkaptana.

TKO JE AUTORICA OVOG ČLANKA

Dr. sc. Gordana Pehnec, dipl. ing. kemije, viša znanstvena suradnica, predstojnica Jedinice za higijenu okoline (IMI). Bavi se istraživanjem onečišćenja zraka od 1997. godine. Predsjednica je Hrvatskog udruženja za zaštitu zraka od 2011. godine.



Slika 1. Izvor: Grad Zagreb, službene stranice (<http://www.zagreb.hr/>).

Rezultati mjerena na postajama gradske mreže za trajno praćenje kvalitete zraka dostupni su javnosti putem web stranica Grada Zagreba i Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada:
<http://www1.zagreb.hr/kvzraka/index.htm>
<https://zrak.imi.hr/>

EKOLOŠKA KARTA GRADA ZAGREBA

Od veljače ove godine začijela je internetska aplikacija Ekološka karta grada Zagreba. Pristupom aplikaciji moguće je dobiti informacije o sadržaju metala u tlu (gradskih vrtova i urbanih površina) i mikrozagadivala u zraku (na osam odabranih lokacija), kvaliteti vodovodne vode za piće, peludnoj prognozi te meteoroškim podatcima. Ekološka karta grada Zagreba dinamičan je alat s kontinuiranim unosom podataka na osnovi dnevnog monitoringa, episodnih mjerena, novih podataka iz različitih sektora ispitivanja okoliša. U sustav Ekološke karte Grada Zagreba ugradivat će se i korisne obavijesti za gradane, savjeti za zdravlje i druge važne informacije.

Nositelj projekta: Nastavni zavod za javno zdravstvo „Dr. Andrija Štampar“

Partneri: Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada (Jedinica za higijenu okoline) i Državni hidrometeorološki zavod.

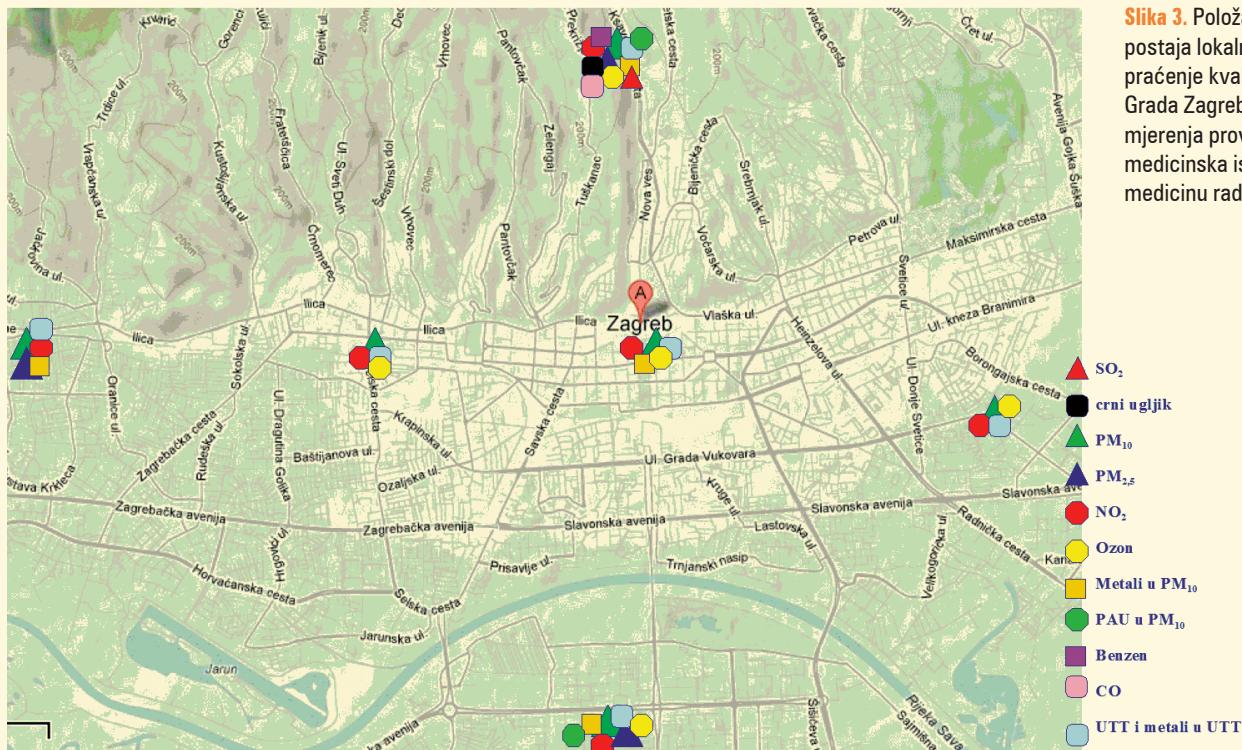
Poveznice:

[http://www.zagreb.hr/predstavljena-internetska-aplikacija-ekoloske-kart/122753](http://www.zagreb.hr/predstavljena-internetska-aplikacija-ekoloske-kart/)

<http://www.stampar.hr/>



Slika 2. Eko karta Zagreba (<http://ekokartazg.westeurope.cloudapp.azure.com/>).



Slika 3. Položaj šest mjernih postaja lokalne mreže za praćenje kvalitete zraka Grada Zagreba na kojima mjerjenja provodi Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada.

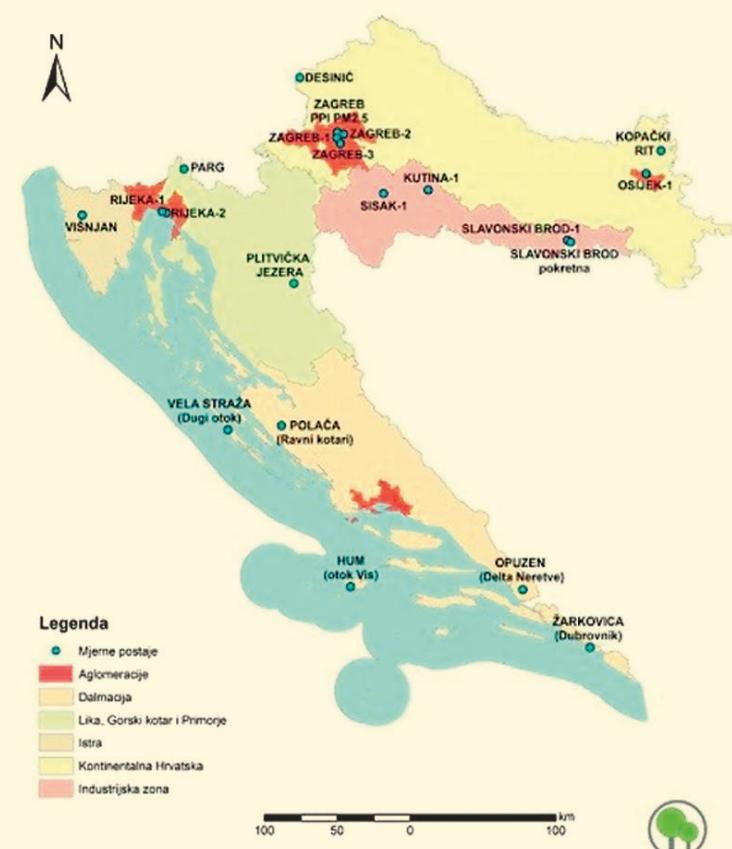
Praćenje kvalitete zraka u Hrvatskoj

Kvaliteta zraka u Hrvatskoj prati se na državnoj i lokalnoj razini kroz državnu mrežu za trajno praćenje kvalitete zraka, mjerne postaje jedinica lokalne samouprave te mjerne postaje posebne namjene (u blizini onečišćivača). Državnom mrežom za trajno praćenje kvalitete zraka upravlja Državni hidrometeorološki zavod, a mreža trenutno obuhvaća 22 mjerne postaje raspoređene u naseljima, industrijskim područjima, ruralnim i zaštićenim područjima. Jedinica za higijenu okoline (IMI) je nacionalni referentni laboratorij za određivanje lebdećih čestica i njihovog sastava te ispitni laboratorij s dozvolom za obavljanje djelatnosti praćenja kvalitete zraka, akreditiran prema normi HRN EN ISO/IEC 17025: 2007 za 11 metoda mjerjenja. Temeljem Zakona o zaštiti zraka i ostalih propisa djelatnici Jedinice provode mjerjenja lebdećih čestica i njihovog sastava na sljedećim mjernim postajama državne mreže: Zagreb-1, Zagreb-3, Sisak-1, Slavonski Brod-1, Slavonski Brod-2, Plitvička jezera, Ksaverska cesta, Velika Gorica, Kutina i Rijeka-2. Prate se razine lebdećih čestica PM_{10} i $PM_{2,5}$ te se u česticama određuje sadržaj metala, policikličkih aromatskih ugljikovodika, aniona, kationa, organskog i elementnog ugljika.

Rezultati mjerjenja kvalitete zraka sa svih mjernih postaja na području Republike Hrvatske kontinuirano se dostavljaju u bazu „Kvaliteta zraka u Republici Hrvatskoj“ i objavljaju na internetskim stranicama Hrvatske agencije za okoliš i prirodu. Podaci o kvaliteti zraka se iz mreže za razmjenu šalju u Europsku agenciju za zaštitu okoliša. Korisnici imaju pristup statističkim preglednicima, prekoračenjima graničnih i ciljnih vrijednosti te trendovima. Podaci se prikazuju tabelarno i grafički te se mogu i preuzeti.

Poveznica: <http://iszz.azo.hr/iskz/>

DRŽAVNA MREŽA ZA PRAĆENJE KVALITETE ZRAKA



Slika 4. Postaje državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka.

Pesticidi

U OKOLIŠU

Gordana MENDAŠ STARČEVIĆ, Zagreb

Pesticidi (lat. *pestis* = bolest, kuga, zaraza, i lat. *caedere* = ubijati) sintetske su ili prirodne kemijske tvari koje se najčešće rabe u poljoprivredi kao sredstva za zaštitu bilja te u dezinfekciji kao biocidi. S obzirom na ciljani organizam, pesticidi se dijele na herbicide, insekticide, fungicide, algicide, repelente, baktericide itd. Djeluju tako da u štetnim vrstama ometaju osnovne biokemijske procese, izazivajući pritom poremećaj rasta i razvoja te smrt štetnika. Primjerice, određeni herbicidi sprječavaju fotosintezu ili sintezu klorofila u korovu zbog čega nametnik propada, dok ih otporne biljke poput kukuruza brzo razgrađuju.

Povijest primjene pesticida

Baveći se poljoprivredom u drevnoj Mezopotamiji prije 10 000 godina ljudi su primijetili da im nametnici i razne bolesti značajno umanjuju urod zbog čega je stanovništvo često gladovalo. Prva zabilježena uporaba pesticida seže unatrag 4500 godina kada su Sumerani koristili spojeve sumpora za uništavanje insekata i crva. Prije više od tri tisućljeća spojevi žive i arseni koristili su se za uništavanje uši. Zapisi iz antičkog doba potvrđuju uporabu različitih biljnih i životinjskih ekstrakata za suzbijanje nametnika. Jedna od takvih tvari koja se primjenjuje dulje od 2000 godina je prirodni insekticid piretrum izoliran iz osušenih cvjetnih glavica biljke *Chrysanthemum cinerariifolium* (sl. 1.).

Razvoj sintetskih pesticida započinje 1940. godine otkrićem DDT-a, aldrina, dieldrina, endrina, BHC-a, parationa i 2,4-D. Zbog svoje izuzetne učinkovitosti DDT je ubrzo postao omiljeno

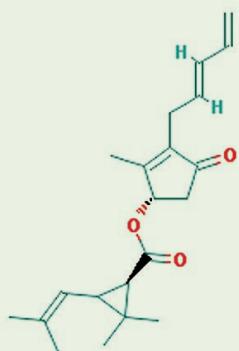
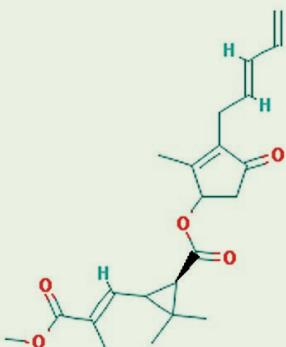
TKO JE AUTORICA OVOG ČLANKA?

Dr. sc. Gordana Mendaš Starčević, dipl. ing. kemije, viša znanstvena suradnica, zaposlena je u Jedinici za biokemiiju i organsku analitičku kemiju (IMI). Bavi se razvojem i validacijom analitičkih metoda za određivanje ostataka pesticida u okolišnim i biološkim uzorcima te procjenom izloženosti ljudi.

sredstvo u borbi protiv bolesti koje prenose insekti (malarije, žute groznice, tifusa). Paul Müller je 1949. godine za otkriće insekticidnog djelovanja DDT-a dobio Nobelovu nagradu za medicinu. Međutim, široka i nekontrolirana primjena dovila je do pojave otpornosti ciljanih organizama na DDT, ponajprije kućnih buha, a zatim je uočeno i štetno djelovanje na neciljane insekte. Pažnju javnosti na štetni učinak pesticida skrenula je Rachel Carlson 1962. godine u svojoj knjizi *Silent Spring* u kojoj je opisala djelovanje DDT-a na neciljane insekte. Tada je počela era ekološkog pokreta u kojoj se istraživalo štetno djelovanje pesticida te je na koncu uporaba DDT-a 1972. godine zabranjena. Mnogo novih herbicida sintetizirano je 1970-ih i 1980-ih godina, između ostalih i još uvijek najprodavaniji glifosat te sulfoniluree, herbicidi djelotvorni i pri niskim dozama. Mnoge od tih kemikalija pokazale su jedinstven način djelovanja što im je osiguralo bolju selektivnost. No, učestala primjena uzrokovala je rezistenciju nametnika. Istraživanja novih spojeva s pesticidnim djelovanjem tijekom 1990-ih godina bila su usmjereni na sintezu spojeva s minimalnim toksičnim učinkom na neciljane organizme, veliku selektivnost prema ciljanim vrstama i niske doze primjene (doza 150 mg

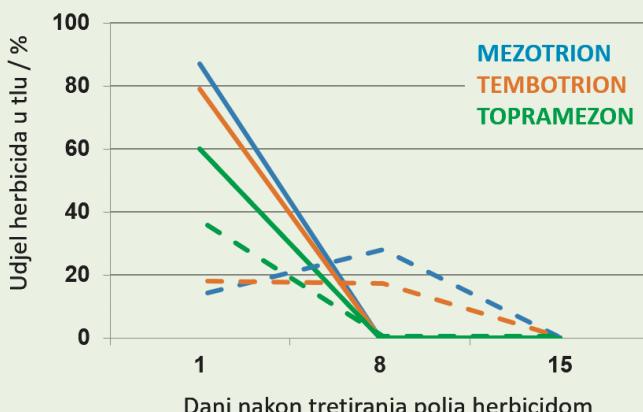


Slika 1. Biljka *Chrysanthemum cinerarium* (dalmatinski buhač, dalmatinska krizantema, ivančica, divlji pelin, matri-kolda) prirodni je repelent za kukce, osobito komarce i mrave, zbog velikog sadržaja piretrina. Izvor: <https://alchetron.com/Pyrethrum/>.



tembotriona/ha zamijenila je dozu 1,5 kg atrazina/ha). Nove generacije sintetskih pesticida razvijane su uglavnom prema modelu prirodnih spojeva, poput alelopatских herbicida razvijenih prema strukturi leptospermona, prirodnog triketona biljke iz porodice Myrtaceae. Međutim, leptospermon pokazuje baktericidno i herbicidno djelovanje tek prema uskom spektru korova i to samo u usjevu kukuruza i uz primjenu 9 kg/ha, što ga čini komercijalno neisplativim. Stoga su sintetizirani analogni derivati triketonske (sulkotriion, mezotriion i tembotriion) i pirazolne (topramezon) strukture koji se zbog svojih fizičko-kemijskih svojstava u tlu kratko zadržavaju i brzo razgrađuju (sl. 2.). Stoga se ovi herbicidi primjenjuju u integriranoj poljoprivredi.

Za kontrolu nametnika danas se prednost sve više daje biopesticidima, kemikalijama dobivenim iz živih organizama. Razlikujemo tri glavne kategorije biopesticida: 1) mikroorganizme (bakterije, gljivice, virusi i protozoe), usmjerene protiv relativno specifičnih štetnika; 2) biokemijske pesticide – prirodne tvari za kontrolu štetnika netoksičnim mehanizmima poput emisije hormona insekata koji ometaju njihovo parenje; i 3) biljno-inkorporirane pesticide i pesticide koje proizvodi biljka nakon dodatka genetskog materijala tzv. GMO usjevi. Primjerice, dodatkom *Bacillus thuringiensis* (Bt), nativne bakterije iz tla koja proizvodi proteine sa specifičnim insekticidnim djelovanjem, usjevima poput kukuruza, krumpira i pamuka smanjenja je uporaba insekticida. Nasuprot tome, usjevi mogu biti genetski modificirani tako da razviju otpornost prema određenom pesticidu (npr. glifosatu) što onda rezultira povećanjem njegove uporabe u usporedbi s količinom koja bi se primjenila na prirodnim usjevima.



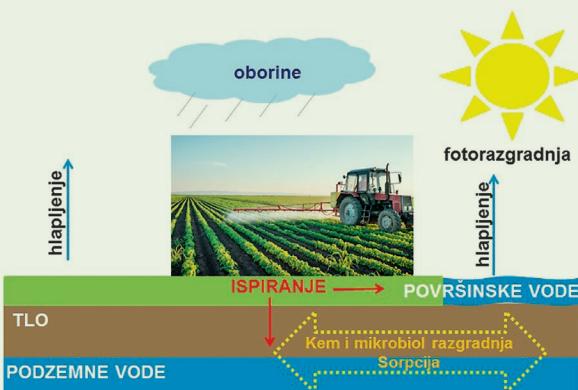
Slika 2. Raspodjela herbicida u polju kukuruza nakon njihove primjene pri registriranoj dozi (puna crta — površinsko tlo dubine do 20 cm, isprekidana crta --- potpovršinsko tlo dubine od 20 cm do 40 cm). (projekt HrZZ br. 8366 – OPENTOX) Izvor: Stipićević S. i sur., 2016. (http://www.science-knowconferences.com/files/extended_abstracts/icgcse2016/).

Prijenos i razgradnja u okolišu

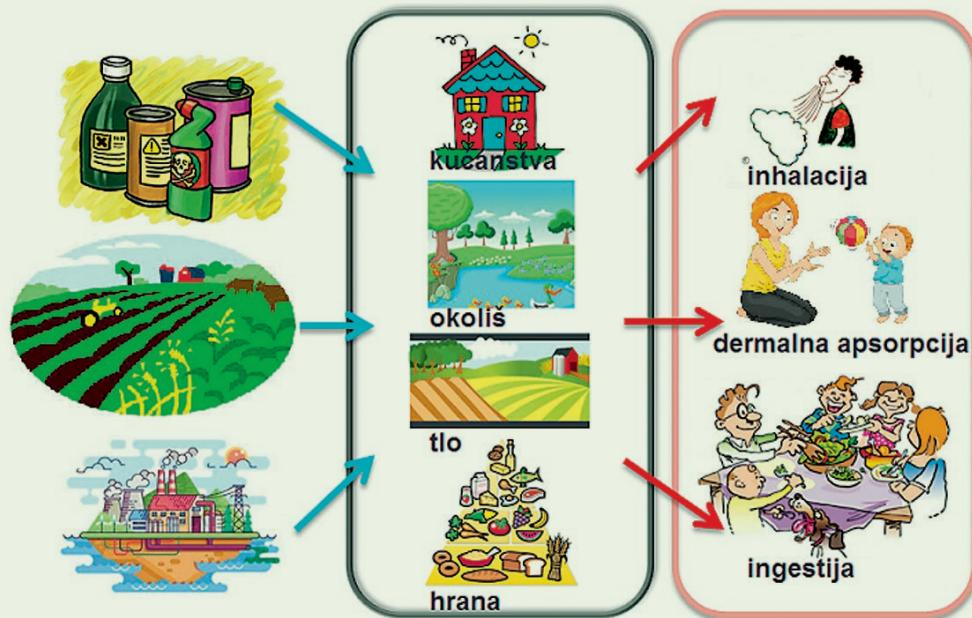
Pesticidi su postali dio naše svakodnevice. Zahvaljujući njima danas proizvodimo veće količine hrane, neke bolesti su iskorijenjene, proizvodi imaju dulji vijek trajanja i boravimo u higijenski osiguranim prostorima. Međutim, svako korištenje pesticida, posebice ono nekontrolirano, može negativno djelovati na cijeli ekosustav.

Pesticidi primjenjeni na biljke ili tlo mogu ishlapiti u atmosferu, isprati se iz tla u podzemne i površinske vode ili se vezati na čestice tla (sl. 3.). Primjerice, u zimskom je periodu ispiranje pesticida iz tla značajnije od njegovog isparavanja ili razgradnje. Pesticidi mogu dospijeti u atmosferu tijekom primjene, putem prašine, isparavanjem s tla i biljaka, isparavanjem vode ili tijekom njihove proizvodnje. Nađeni su i u kišnici u područjima gdje nisu primjenjivani, što ukazuje na njihov prijenos zračnim masama na velike udaljenosti.

Pesticidi se ne koriste samo u poljoprivredi, već i za održavanje nepoljoprivrednih površina: sprječavanje rasta korova uz pruge,



Slika 3. Prijenos i razgradnja pesticida u okolišu.



Slika 4. Putovi izloženosti pesticidima.

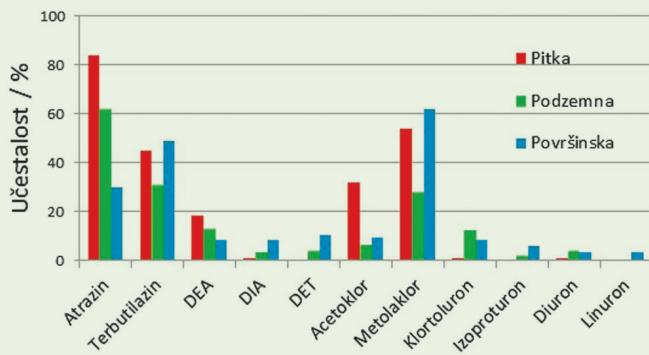
masovno uništavanje komaraca, u kućanstvu, za zaštitu kućnih ljubimaca, a nanose se i izravno na kožu (repelenti). Svi smo izloženi djelovanju pesticida putem okoliša, odnosno zagađene hrane, vode i zraka. Putovi unosa pesticida u organizam su kroz kožu (dermalno), hranom i vodom (ingestijom) i udisanjem (inhalacijom) (sl. 4.).

Nedovoljno poznat utjecaj pesticida na ljudsko zdravlje iziskuje provedbu monitoringa svih dijelova okoliša kako bi se pratila izložnost opće populacije. Analiza tragova pesticida prisutnih u okolišu ili biološkom materijalu, poput krvi i urina, zahtijeva primjenu analitičkih postupaka koji se sastoje od uzorkovanja, ekstrakcije spojeva prikladnim otapalom ili akumuliranja na odgovarajućem sorbensu (ekstrakcija na čvrstoj fazi) i čišćenja ekstrakta od interferirajućih spojeva iz matrice (sl. 5.). Zbog niskih razina pesticida u uzorcima i velikog broja interferencija za vrijšna kvantitativna analiza mora omogućiti djelotvorno i selektivno određivanje što većeg broja ispitivanih spojeva i njihovih metabolita, a dobiveni rezultati moraju biti ponovljivi i usporedivi. Stoga se za kvantitativno određivanje koriste osjetljive tehnike plinske i tekućinske kromatografije uz selektivne detektore.

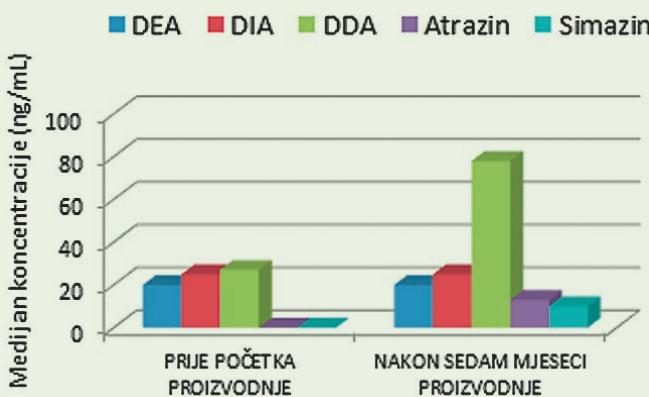
Prema okvirnoj europskoj direktivi o vodama (Directive 2000/60/EC, engl. Water Framework Directive, WFD) 33 spoja, od kojih trećinu čine pesticidi, proglašena su prioritetnim zagađivalima. U prosincu 2008. Europski parlament prihvatio je direktivu o standardima kvalitete okoliša (engl. Environmental Quality Standards, EQS) kojom su za 41 opasnu kemijsku tvar (uključujući 33 prioritetna zagađivala) određene granične koncentracije u površinskim vodama, s namjerom da se smanji rizik za život u akvatoriju te za zdravlje ljudi. Uredbom o standardu kakvoće voda definirani su standardi kakvoće podzemnih voda, dok su Pravilnikom o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju propisane vrijednosti maksimalno



Slika 5. Od uzorka do kromatograma – četiri osnovne faze analitičkog postupka: uzorkovanje, izolacija analita iz matrice, ukoncentriravanje i tekućinsko-kromatografska analiza ekstrakta. Snimila: S. Stipičević.



Slika 6. Učestalost detekcije herbicida i razgradnih produkata (DEA, DIA, DET) u pitkoj (vodovodnoj), površinskoj i podzemnoj vodi Zagreba i okolice tijekom 2014. godine (projekt HrZZ br. 8366 – OPENTOX). Izvor: Fingler S. i sur., Environ Sci Poll Res 12;2017:11017-11030.



Slika 7. Razine triazinskih spojeva detektiranih u urinu radnika zaposlenih u proizvodnji herbicida. Izvor: Mendaš G. i sur., Anal Chim Acta 424; 2000:7-18.

dozvoljenih koncentracija pojedinačnih pesticida (100 ng/L) te za sumu detektiranih pesticida (500 ng/L), bez obzira na vrstu pesticida. Izbor pojedinačnih pesticida koje treba uvrstiti na kontrolnu listu određuje se na temelju njihove vjerojatnosti detekcije u određenom vodoopskrbnom sustavu. Rezultati praćenja razina

i učestalosti detekcije 13 herbicida tijekom 2014. godine u površinskoj, vodovodnoj i podzemnoj vodi Zagreba i okolice prikazani su na slici 6.

Najčešće detektiran herbicid u vodovodnim i podzemnim vodama bio je atrazin, unatoč zabrani njegove primjene diljem Europe od 2009. godine. Slijedili su ga terbutilazin i metolaklor, herbicići koji su uvedeni kao zamjena za atrazin te se primjenjuju u smjesi. Sva tri herbicida koriste se za zaštitu rasta kukuruza. U uzorcima površinskih voda najčešće su detektirani metolaklor i terbutilazin, a najviše koncentracije herbicida određene su u periodu od travnja do kolovoza, odnosno u periodu njihove primjene u poljoprivredi. Koncentracije istraživanih herbicida u vodovodnoj vodi nisu prelazile graničnu vrijednost za pojedini pesticid (100 ng/L).

Stvarna izloženost ljudi prati se biološkim monitoringom, odnosno određivanjem biokemijskih pokazatelja izloženosti (izvornih pesticida i njihovih metabolita) u biološkim uzorcima (urinu, krvi, tkivu). Rezultati analize karakterističnih metabolita u biološkim uzorcima ujedno značajno pridonose razumijevanju metabolizma i kinetike pesticida u organizmu, pružaju informacije o vanjskoj i apsorbiranoj dozi te o toksičnim učincima pojedinog spoja temeljem kojih se procjenjuje rizik. Kako bi se utvrdila izloženost radnika zaposlenih u proizvodnji herbicida atrazina i simazina, analizirani su uzorci urina prije početka proizvodnog ciklusa, nakon dulje pauze i nakon sedam mjeseci kontinuirane proizvodnje atrazina i simazina (sl. 7.). U uzorcima urina sakupljenim prije početka proizvodnje nakon dulje proizvodne pauze nađeni su samo tragovi dealkiliranih metabolita. Nakon sedam mjeseci kontinuirane proizvodnje atrazina i simazina, izvorni spojevi i njihovi metaboliti nađeni su u svim uzorcima urina. Medijani koncentracija metabolita bili su nekoliko puta viši od medijana koncentracije herbicida.

Na kraju nam valja zaključiti da s pesticidima treba postupati jednako kao i s lijekovima i razumno i kontrolirano. O toksičnosti i primjenjenoj dozi izabranog pesticida ovisi hoćemo li postići koristan učinak za usjeve bez štetnih posljedica za cijeli okoliš i zdravlje ljudi.

ORGANSKA ZAGAĐIVALA U OKOLIŠU – MARKERI I BIOMARKERI TOKSIČNOSTI (OPENTOX)



Projekt se temelji na smjernicama Direktive 2009/128/EC, Tematske strategije Evropske Unije o održivoj uporabi pesticida, stavovima akademije znanstvenika *Collegium Ramazzini* te ciljevima Stockholmske konvencije koje sve ukazuju na potrebu kontrole prekomjerne uporabe pesticida radi smanjenja njihovih štetnih učinaka na ljudsko zdravlje i okoliš. U sklopu projekta istražuju se mehanizmi genotoksičnosti odabranih pesticida, stanična i substančna toksičnost, oksidacijski potencijal klasičnih i novorazvijenih skupina pesticida, njihova međusobna povezanost kao i povezanost s biomarkerima neuroloških rizika i karcinogeneze te njihova razdoblja u biosferi i okolišu. Projekt se provodi u periodu 2014. – 2018. Uz potporu Hrvatske zadržavačke i razvojne agencije (HrZZ br. 8366).

Lijekovi u okolišu:

DRUGO LICE PROTUTUMORSKIH LIJEKOVA

Marko GERIĆ, Goran GAJSKI i Vera GARAJ-VRHOVAC, Zagreb

Protutumorski lijekovi u okoliš dospijevaju otpadnim vodama te iz neadekvatno zbrinutog čvrstog otpada bolnica i farmaceutskih tvornica. Kako bi se istražila prisutnost protutumorskih lijekova u okolišu i njihov učinak na okoliš prošeden je europski projekt *CytoThreat*, a jedan od partnera na projektu bio je i IMI.

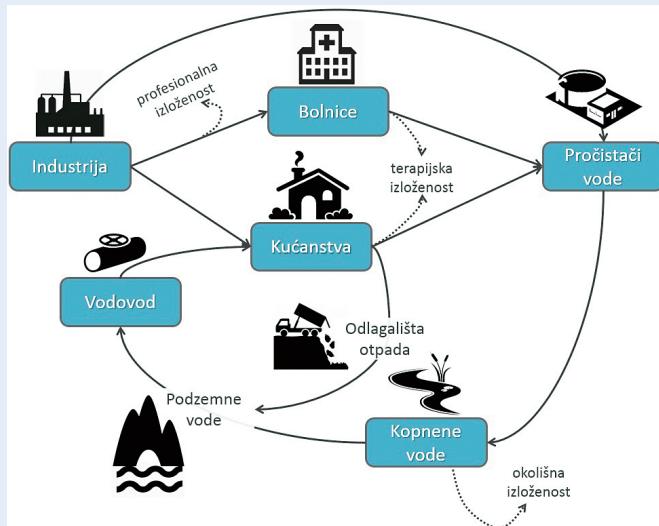
Korištenje raznih farmakoloških pripravaka radi ublažavanja simptoma i liječenja bolesti zabilježeni su još u antici. U suvremenom društvu tumorska su oboljenja jedan od vodećih uzroka smrtnosti. Procijenjeno je da vjerojatnost obolijevanja ljudi od tumorskih bolesti prije 75. godine života iznosi 18,5 %. Kao i za brojne druge bolesti, i za tumore postoji nekoliko načina liječenja koji najčešće uključuju kirurške zahvate, terapiju zračenjem i terapiju protutumorskim lijekovima. Ovim potonjima, vrlo aktivnim spojevima, zadaća je na različite načine zaustaviti rast ili diobu tumorskih stanica. Neki od protutumorskih lijekova povežu molekule lanaca DNA i tako onemoguće njihovo pravilno odmatanje u fazi diobe stanice, drugi se pak upgrade u sam lanac DNA, treći djeluju na enzime koji reguliraju stanični ciklus, četvrti onemoguće sastavljanje diobenog vretena. Mnoštvo je različitih pristupa u pokušajima da se zaustavi rast tumorskih stanica

TKO SU AUTORI OVOG ČLANKA?

Dr. sc. Marko Gerić, mag. biol. exp., poslijedoktorand; dr. sc. Goran Gajski, dipl. ing. biol., znanstveni suradnik; prof. dr. sc. Vera Garaj-Vrhovac, dipl. ing. biol., znanstvena savjetnica u trajnom zvanju. Autori su suradnici zaposleni u Jedinici za mutagenezu (IMI). Glavne aktivnosti grupe vezane su za genetičku i okolišnu toksikologiju, biomonitoring populacija te prirodne spojeve i radiobiologiju.

i daljnji razvoj bolesti. Nažalost, često se dogodi da tumorske stanice na koje bi ovi ciljani lijekovi trebali djelovati ipak izbjegnu staničnu smrt. Dodatni problem izaziva i nedovoljna selektivnost protutumorskih lijekova. Većina njih ne razlikuje tumorske stanice od zdravih pa zato terapija ovim lijekovima često ima neželjene i teške nuspojave. I dok s jedne strane ovi lijekovi pokazuju svoje *dobro lice*, jer pomažu u suzbijanju bolesti, istodobno štete zdravim stanicama.

Zapitate li se kada o sudbini lijekova nakon što ih čovjek unese u organizam? Neki se lijekovi mijenjaju (»probavljaju« ili metaboliziraju) već u samom organizmu te se kao metaboliti izlučuju i dospijevaju u okoliš. Metabolički otporni lijekovi iz organizma izlučuju se u svom originalnom »pakiranju«. A jedni i drugi spo-



Slika 1. Putevi unosa i rasprostranjivanja protutumorskih lijekova u okolišu. Izvor: referencija 6 iz popisa literature.

jevi (izvorne molekule i njihovi metaboliti) dospijevaju u okoliš gdje mogu djelovati na stanice svih organizama koje tamo zateknju (bakterija, alga, biljaka, životinja i gljiva).

Protutumorski lijekovi u okoliš dospijevaju tehnološkim, kućanskim i ostalim otpadnim vodama (kanalizacijom), kao i iz neadekvatno zbrinutog čvrstog otpada iz farmaceutskih tvornica, bolnica i kućanstava u kojima se liječe bolesnici (sl. 1.). Gradski kanalizacioni voda u pravilu se prije otpuštanja u okoliš pročišćava različitim postupcima u uređajima za pročišćavanje vode. Tim se postupcima ipak ne uspijevaju »onesposobiti« sve vrste dospjelih spojeva, koji se vodovodom mogu i vratiti u kućanstva.

Kako bi se istražila prisutnost i učinci protutumorskih lijekova u okolišu, od 2011. do 2014. godine proveden je europski projekt CytoThreat, a jedan od partnera na projektu bio je i IMI. Istraži-

vači IMI-ja bili su uključeni u radnu grupu koja je istraživala utjecaj protutumorskih lijekova na stanice riba zebrica i na ljudske stanice te su bili voditelji radne grupe koja je istraživala dugotrajni učinak protutumorskih lijekova na životinjskom modelu.

Gotovo svaka priča u toksikologiji, pa tako i ova, započinje slavnim izrekom renesansnog lječnika i oca farmakologije Paracelsusa, koja kaže da jedino doza čini razliku između lijeka i otrova (sl. 2.).

Slikovito se možemo zapitati, može li kap zmijskog otrova razrijeđena u oceanu ubiti miša ili bi li čovjek preživio kad bi odjednom popio 10 litara vode? Odgovori nas upućuju da i »zdravi« spojevi u prekomjernim količinama mogu biti pogubni, dok se otrovni spojevi u vrlo malim količinama mogu smatrati bezopasnima za život. No, kako odrediti tu dozu? Je li neki spoj u dovoljno maloj količini da ga možemo smatrati bezopasnim?

Ako se vratimo na glavne protagoniste ove priče – protutumorске lijekove i projekt CytoThreat, jedan od njegovih ciljeva bio je odrediti prisutnost lijekova u okolišu. Dugo se smatralo da tih spojeva u okolišu nema, no razvojem osjetljivih i preciznih analitičkih metoda danas se određuju i njihovi tragovi (masene koncentracije na razini ng/L do µg/L). Za usporedbu, 1 ng masa je koju ima jedno zrnce peludi breze, tj. milijun puta manja masa od mase komarca. S druge strane, dugo se smatralo da tako male mase lijekova razrijeđene velikim volumenom vode ne mogu našteti vodenim organizmima. No, rezultati projekta CytoThreat pokazali su da i niske koncentracije protutumorskih lijekova mogu uzrokovati promjene na zebricama koje su živjele u kontaminiranoj vodi (sl. 3.). A zanimljivo je naglasiti da je štetan učinak uočen i na njihovu potomstvu. Određene su promjene na razini prepisivanja gena, oštećenjima na molekuli DNA te na tkivu jetre i bubrega mlađih zebrica. Realnu procjenu štetnog učinka protutumorskih lijekova u živim organizmima otežava



EUROPSKI ZNANSTVENI PROJEKT CYTOTHREAT



CytoThreat – akronim je projekta Fate and effects of cytostatic pharmaceuticals in the environment and identification of biomarkers for an improved risk assessment on environmental exposure (voditeljica: prof. dr. sc. Metka Filipič, Nacionalni inštitut za biologiju, Ljubljana, Slovenija) koji je Evropska komisija finansirala u sklopu sedmog okvirnog programa (eng. 7th Framework Programme) od 2011. do 2014. godine s oko 3,3 milijuna eura. Istraživački konzorcij bio je sastavljen od devet partnera iz sedam europskih zemalja (Austrija, Italija, Madarska, Slovenija, Srbija, Španjolska i Hrvatska). Glavni cilj bio je razviti metode za detekciju protutumorskih lijekova u okolišu, otkriti neželjene učinke protutumorskih lijekova i njihovih smjesa te osmislići pravilnike koji bi smanjili okolišni i zdravstveni rizik (više na: <http://www.cytothreat.eu/>).



Slika 3. Tropska slatkovodna riba zebrica (lat. *Danio rerio*, F. Hamilton 1822.) često se koristi kao modelni organizam u brojnim genetičkim i toksikološkim istraživanjima. Izvor: <http://www.seriouslyfish.com/wp-content/uploads/2012/03/Danio-rerio-2.jpg>

Kako bi očuvali potrebnu biološku raznolikost u okolišu (zajednice bakterija, algi, gljiva te biljnih i životinjskih vrsta), važno je uvesti i sustavno provoditi što više mjera za zaštitu okoliša u kojima sudjeluju svi dionici društva.

Nekoliko je načina da se to postigne:

- kontrolirano pročišćavanje svih otpadnih voda primjenom različitih postupaka: fizički (uklanjanje velikih komada otpada), kemijski (promjenom nepoželjnih spojeva u manje štetne) i biološki (uz pomoć mikroorganizama);
- organizirani nadzor sastavnica okoliša čestim provjerama kvalitete tla, zraka i vode radi pravovremenog djelovanja u slučaju pojave štetnih spojeva;
- odlaganje starih i neiskorištenih lijekova u odgovarajuće spremnike ili vraćanje u ljekarnu.

ŠTO TI MOŽEŠ UČINITI KAKO BI SMANJIO PRISUTNOST LIJEKOVA U OKOLIŠU?

Provjeri datum valjanosti lijekova u svom kućanstvu te sve one kojima je istekao rok trajanja odnesi u reciklažno dvorište gdje se nalazi poseban spremnik za stare lijekove ili u bilo koju ljekarnu koja će besplatno preuzeti i zbrinuti stare lijekove.

Slika 4. <http://www.prakticanzivot.com/reciklazna-dvorista-u-hrvatskoj-3413>



činjenica da se znanstvena istraživanja često provode na pojedinačnim spojevima, a u prirodi se istraživani spojevi često nalaze u smjesi s drugim vrstama lijekova (drugim protutumorskim lijekovima, antibioticima, lijekovima za ublažavanje boli i sl.).

U kanalacijskim vodama koncentracija protutumorskih lijekova može biti i nekoliko stotina $\mu\text{g}/\text{L}$. Pri toj koncentraciji uočeni su štetni učinci na rast zelenih i modrozelenih algi, koje su u ekosustavu zadužene za proizvodnju kisika i važna su karika u prehrambenoj mreži, zatim na rast planktonskih račića, koji su važni za prehranu viših životinjskih članova u hranidbenom lanцу, a štetnost je uočena i na ljudskim stanicama. Protutumorski se lijekovi mogu taložiti i na tlu otkuda ih biljke mogu apsorbirati i ugraditi u svoje organe. Također su uočene promjene u biljaka koje su rasle uz prisutnost ovih lijekova pri koncentracijama na razini peludnih zrnaca.

Literatura

1. Gajski G. i sur., Combined cyto/genotoxic activity of a selected anti-neoplastic drug mixture in human circulating blood cells. Chemosphere 165;2016:529–538.
2. Gajski G. i sur., Genotoxic potential of selected cytostatic drugs in human and zebrafish cells. Environ Sci Pollut Res Int 23;2016:14739–50.
3. Kovács R. i sur., Assessment of toxicity and genotoxicity of low doses of 5-fluorouracil in zebrafish (*Danio rerio*) two-generation study. Water Res 77;2015:201–12.
4. Mišik M. i sur., Impact of common cytostatic drugs on pollen fertility in higher plants. Environ Sci Pollut Res Int 23;2016:14730–8.
5. Parrella A. i sur., Acute and chronic toxicity of six anticancer drugs on rotifers and crustaceans. Chemosphere 115; 2014:59–66.
6. Zhang J. i sur., Removal of cytostatic drugs from aquatic environment: a review. Sci Total Environ 445-446;2013:281–98.

O biomonitoringu

POPs-SPOJEVA U PROCJENI RIZIKA

Marijana MATEK SARIĆ, Zadar i Snježana HERCEG ROMANIĆ, Zagreb

Svijest javnosti o štetnom utjecaju postojanih organskih zagađivala (engl. Persistent Organic Pollutants; POPs) tijekom proteklih je desetljeća značajno porasla.

Prema POPs-protokolu Ekonomsko-komisije Ujedinjenih naroda za Evropu (engl. United Nations Economic Commission for Europe; UN-ECE POPs Protocol), postojanim organskim spojevima smatraju se spojevi koji pokazuju:

1. potencijal za prijenos zračnim masama na velike udaljenosti; takav potencijal imaju spojevi čiji je tlak para manji od 1 kPa i vrijeme poluraspada u zraku dulje od dva dana ili oni spojevi čija se pojava u udaljenim krajevima dokaže rezultatima monitoringa;
2. postojanost u okolišu; spoj se smatra postojanim ako je vrijeme njegovog poluraspada u vodi dulje od dva mjeseca, a u tlu i sedimentu dulje od šest mjeseci;

TKO SU AUTORICE OVOG ČLANKA?

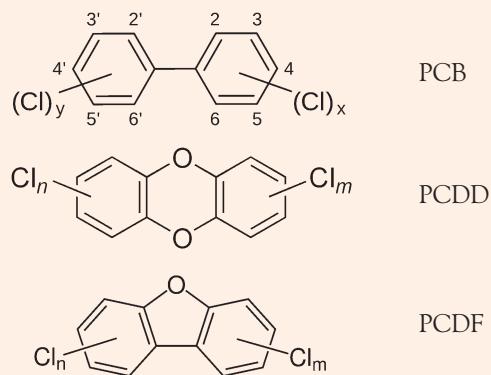
Izv. prof. dr. sc. Marijana Matek Sarić, dipl. ing. preh. bioteh., radila je u Jedinici za mineralni metabolizam (IMI) od 1995. do 2003. godine gdje je i doktorirala. U to vrijeme bavila se istraživanjem izloženosti, načina unosa i učinaka otrovnih i esencijalnih elemenata. Danas je pročelnica Odjela za zdravstvene studije na Sveučilištu u Zadru te i nadalje znanstveno surađuje s istraživačima IMI-ja.

Dr. sc. Snježana Herceg Romanić, dipl. ing. preh. bioteh., znanstvena savjetnica i predstojnica Jedinice za biokemiju i organsku analitičku kemiju (IMI). Bavi se razvojem analitičkih metoda i istraživanjem raspodjele postojanih organoklorovih spojeva u okolišu i biosferi.

3. sklonost bioakumulaciji; spojevi se bioakumuliraju ako je njihov bioakumulacijski ili biokoncentracijski faktor veći od 5 000 ili ako je logaritam njihovog koeficijenta razdjeljenja u sustavu *n*-oktan/voda ($\log K_{ow}$) veći od 5;
4. toksični potencijal; ukupni učinci spoja na ljudsko zdravlje i/ili okoliš.

Između ostalih spojeva, POPs-spojevi uključuju poliklorirane bifenile (PCB), organoklorove pesticide (OCP), poliklorirane dibenzo-*p*-dioksine (PCDD) i poliklorirane dibenzofurane (PCDF) (sl. 1.). To su najpoznatiji i najrašireniji organoklorovi spojevi u okolišu.

PCB i OCP sintetski su spojevi koji su se dugi niz godina koristili u industriji, poljoprivredi i javnom zdravstvu. Unatoč globalnim mjerama za smanjivanje i ukidanje njihove proizvodnje, upotrebe i ispuštanja u okoliš (npr. Stockholmska konvencija),



Slika 1. Strukturne formule polikloriranih bifenila (PCB) polikloriranih dibenzo-*p*-dioksina (PCDD) i polikloriranih dibenzofurana (PCDF).

POSTOJANI ORGANSKI POLUTANTI (POPs)



Slika 2. Izvori izloženosti ljudi štetnim tvarima iz okoliša i putovi unosa.
Izvor: referencija 3 s popisa literature.

ovi se spojevi još uvijek detektiraju u svim dijelovima okoliša, uključujući ljude i životinje (sl. 2.).

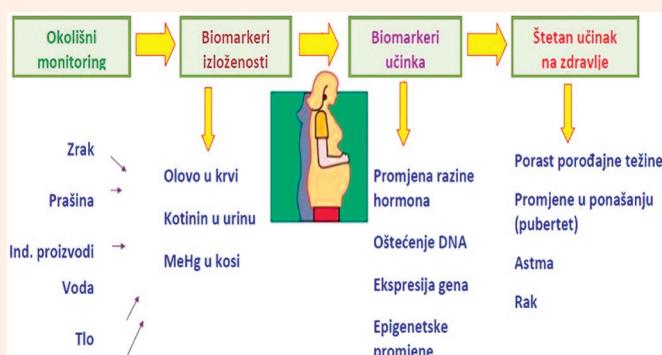
Zahvaljujući suvremenoj tehnologiji, razine prirodnih i sintetskih tvari u okolišu i ljudima mogu se pratiti metodama biološkog praćenja, odnosno **biomonitoringu**. Biomonitoring (sl. 3.) predstavlja organiziran sustav dugoročnog ili periodičnog praćenja bioloških i ekoloških promjena u vremenu i prostoru koji na najbolji mogući način oslikava kompleksnost prirodnih i antropogenih pojava, utjecaja i procesa. Jedan je od najvažnijih alata koji se sve više koristi u praćenju i prikupljanju kvantitativnih i kvalitativnih podataka o pojavnosti i raspodjeli POPs spojeva, njihovim izvorima, rasporedu u prostoru, praćenju emisija, metabolita, određivanju njihovih koncentracija na određenim mernim točkama te u procjeni zdravstvenog rizika izložene po-

pulacije. Okolišni biomonitoring (OBM) uključuje mjerjenje koncentracija štetnih tvari u okolišu, hrani i industrijskim proizvodima koje mogu poslužiti za indirektnu procjenu rizika za zdravje ljudi uslijed izloženosti tim tvarima. U **humanom biomonitoringu (HBM)** koncentracije štetnih tvari prate se u ljudskom organizmu, a dobiveni rezultati upućuju na direktnu procjenu zdravstvenih rizika. Sustavi praćenja OBM i HBM međusobno su povezani.

Dugi niz godina na Institutu za medicinska istraživanja i medicinsku rada istraživale su se razine POPs-spojeva u raznim uzorcima iz okoliša i biosfere te se procjenjivala izloženost ljudi ovim spojevima. Kao pasivni pokazatelj prosječnog profila onečišćenja zraka određenog mjesta rabile su se iglice crnogoričnog drveća jer se lipofilni spojevi iz zraka sorbiraju* u voštanom omotaču iglica. Zbog široke rasprostranjenosti bor se smatra pogodnim pasivnim sakupljačem ovih spojeva te omogućuje usporedbu onečišćenja na lokalnoj, regionalnoj i globalnoj razini, a zbog postojanja više generacija iglica na istoj grani moguće je uspoređivati višegodišnja onečišćenja. Kao pokazatelj opterećenja vodenih sustava POPs-spojevi su određivani u ribama, školjkama i morskim kornjačama. Budući da je opća populacija izložena POPs-spojevima najviše hranom, posebice konzumacijom ribe i plodova mora, Europska komisija je ova zagađivala uključila u Listu prioritetnih zagađivala Europske Unije.

Kad govorimo o izloženosti ljudi, HBM je pouzdaniji i precizniji izvor podataka za procjenu rizika u odnosu na OBM, koji omogućuje indirektnu procjenu uz pomoć okolišnog modeliranja (engl. *Environmental Modeling, Ambient Monitoring*) na temelju određivanja koncentracija štetnih tvari u okolišu. HBM uključuje analizu štetnih tvari/elementa u biološkim uzorcima (krv, urin, posteljica, majčino mlijeko, tkivo) te istražuje utjecaj tih tvari na organizam. Na taj se način dobiva stvarni uvid u količinu onečišćujućih tvari dospjelih iz okoliša u ljudski organizam te stoga procjena zdravstvenih rizika bez primjene HBM-a nije realna, odnosno može biti pogrešna i rezultirati neprimjerenim mjerama za prevladavanje rizika. Dugogodišnja provedba HBM-a omogućuje praćenje promjena trendova, preciziranje raspodjele, procjenu trenutnog stanja, prepoznavanje osjetljivih skupina unutar populacije, utvrđivanje okolišnog rizika na specifično onečišćenim lokacijama, te na osnovu svega omogućuje razvoj strategija smanjenja buduće izloženosti.

Dobiveni rezultati upozoravaju na moguće štetne učinke ispitivanih tvari, postavljaju istraživačke prioritete i usmjeravaju razvoj zdravstvenih strategija, kao i razmjenu iskustava na nacionalnoj i međunarodnoj razini. Ipak, HBM osigurava samo trenutnu sliku opterećenja pojedinca koja je ovisna o karakteristikama zagađivala i metabolizmu ispitanika, što predstavlja svojevrsno ograničenje.



Slika 3. Elementi biološkog praćenja (biomonitoringa) razina i učinaka štetnih tvari. Izvor: referencija 3 s popisa literature.

* Sorpcija je zajednički naziv za dva procesa: adsorpciju (nakupljanje tvari na površini materije) i apsorpciju (upijanje ili otapanje tvari u materiji). Isprva se odvija proces adsorpcije, a s vremenom dolazi i do apsorpcije.

ničenje ove tehnike. Pritom je važno naglasiti da prisutnost zagađivala u organizmu čovjeka ne uvjetuje nužno i štetan učinak, tj. bolest. Za dobivanje pouzdanih rezultata metodom HBM važno je odabrati reprezentativni uzorak, koji ovisi o trajanju i intenzitetu izloženosti organizma toksičnoj tvari i njenim fizičko-kemijskim značajkama, odnosno ponasanju u organizmu nakon apsorpcije. Značajan čimbenik pri uzorkovanju je izbor odgovarajuće populacije ljudi te korištenje standardiziranih protokola za prikupljanje i pohranjivanje uzorka te provedbu laboratorijske analize. Poštivanje etičkih pitanja vezanih uz korištenje i prikupljanje uzorka je obvezno. Prije sudjelovanja u istraživanju ispitanicima treba osigurati: objašnjenje svrhe i zahtjeva istraživanja, pismeni pristanak uz pravo mogućeg povlačenja iz istraživanja u bilo kojem trenutku, pristup osobnim podatcima i rezultatima studije te odgovarajuće upravljanje podatcima u svrhu zaštite podataka.

U sklopu HBM-a na Institutu za medicinska istraživanja i medicinu rada istraživao se sadržaj PCB-a i OCP-a u majčinom mlijeku. Majčine prehrambene navike i njena izloženost toksičnim spojevima utječu na prisutnost ksenobiotika u mlijeku. Odjel za zdravstvene studije Sveučilišta u Zadru i IMI sudjelovali su u UNEP/WHO (engl. *United Nations Environment Programme/World Health Organization*) programu istraživanja ljudskog mlijeka, u sklopu GEMS (engl. *Global Environment Monitoring System*) programa za hranu, kojemu je cilj određivanje POPs-ova u majčinom mlijeku i usporedba podataka, u skladu sa zahtjevima iz članka 16. Stockholmske konvencije za POPs-spojeve. U sklopu ovog projekta izrađen je Nacionalni protokol za Hrvatsku. Sve zemlje sudionice uzimale su uzorke prema istoj metodologiji, a svi prikupljeni uzorci analizirani su u WHO/UNEP referentnom laboratoriju (Državni zavod za kemijsku i veterinarsku analizu hrane, Freiburg, Njemačka) te u predloženom nacionalnom laboratoriju zemlje sudionice (IMI). Od 1976. WHO pri-

kuplja podatke o razinama postojanih organskih onečišćujućih tvari u hrani, uključujući i ljudsko mlijeko. Od 1987. WHO je koordinirala četiri međunarodne studije procjene razine i trendova PCDD-a, PCDF-a i PCB-a u ljudskom mlijeku. Ovi podaci služe kao smjernice za poduzimanje mjera snižavanja sadržaja toksičnih tvari u hrani.

Literatura

1. Lerche D. i sur. Selecting chemical substances for the UN-ECE POP Protocol. *Chemosphere* 2002;47:617–630.
2. Kožul D. i sur. Levels of organochlorine compounds in the Mediterranean blue mussel from the Adriatic Sea. *Bull Environ Contam Toxicol* 2009;83:880–884.
3. Softić T. Zdravlje i okoliš. Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet, Sisak (2015).
4. Kožul D., Herceg Romanić S. Analysis of PCBs and OCPs in pine needles. *Arh Hig Rada Toksikol* 2007;58:461–469.
5. Herceg Romanić S., Krauthacker B. Distribution of organochlorine compounds in pine needles collected at urban sites in Croatia. *Bull Environ Contam Toxicol* 2004;72:1203–1210.
6. Kljaković-Gašpić Z. i sur. Biomonitoring of organochlorine compounds and trace metals along the Eastern Adriatic coast (Croatia) using *Mytilus galloprovincialis*. *Mar Pollut Bull* 2010;60:1879–1889.
7. Kljaković-Gašpić Z. i sur. Chlorinated compounds in the muscle tissue of fish from the Croatian Adriatic: preliminary data on contamination. *Arh Hig Rada Toksikol* 2015;66:299–308.
8. Lazar B. i sur. Accumulation of organochlorine contaminants in loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, from the eastern Adriatic Sea. *Chemosphere* 2011;82:121–129.
9. Krauthacker B. i sur. Persistent organochlorine compounds in human milk collected in Croatia over two decades. *Arch Environ Contam Toxicol* 2009;57:616–622.
10. Klinčić D. i sur. Polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in human milk samples from two regions in Croatia. *Environ Toxicol Phar* 2014;37:543–552.

hCOMET, LIMFOCITNI I BUKALNI CYTOME

Mikronukleusni test

Mirta Milić, Nevenka Kopjar, Davor Želježić, Vera Garaj-Vrhovac,
Vilena Kašuba, Goran Gajski, Marko Gerić i Maja Nikolić, Zagreb

Djelatnici Jedinice za mutagenezu Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada razvijaju biološke po-kazatelje za procjenu ljudske izloženosti opasnim tvarima i ranog otkrivanja bolesti. U ovom članku opisuju dva najpoznatija testa za procjenu genotoksičnih učinaka: alkalni kometni test i mikronukleusni test.

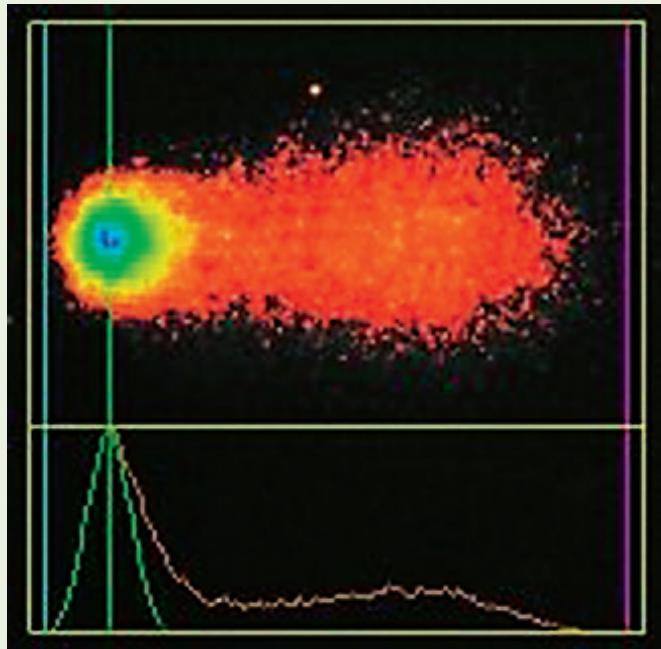
Genotoksikologija ili genetička toksikologija je interdisciplinarna grana toksikologije koja se bavi proučavanjem štetnih djelovanja raznih agensa na nasljedni materijal. Pod pojmom *nasljedni materijal* podrazumijeva se genom stanice, tj. njena DNA (deoksi-ribonukleinska kiselina), koja se prenosi od ishodišne stanice u nove stanice koje su od nje nastale. Pojam *agens* uključuje bilo koju kemijsku, fizikalnu ili biološku tvar koja može mijenjati stanice i nasljedni materijal u direktnom kontaktu ili indirektno, kad dijelovi ili produkti djelovanja agensa djeluju na nasljedni materijal i mijenjaju ga. Najčešći kemijski agensi u našoj okolini koji mogu djelovati na nasljedni materijal su: genotoksične tvari u hrani i vodi, lijekovi, kozmetički i ljekoviti pripravci za unošenje u ili na tijelo, različiti opasni plinovi ili isparavanja štetnih kemikalija. Najpoznatiji fizikalni agens je zračenje (najčešće ionizirajuće zračenje, npr. rendgen, kompjutorska tomografija ili CT, gama-zračenje...), dok su najčešći biološki agensi virusi. Promjene nastale na nasljednom materijalu mogu biti trajne ili popravljive. Popravak uključuje najmanje pet različitih mehanizama i to je

TKO SU AUTORI OVOG ČLANKA?

Dr. sc. Mirta Milić, dipl. ing. biologije, viša znanstvena suradnica, zaposlena je u Jedinici za mutagenezu (IMI). Područja njezinog znanstvenog i stručnog interesa su: biomonitoring izloženih populacija, individualna osjetljivost, mehanizmi popravka i oštećenja DNA, nanotoksikologija, genotoksikologija, izloženost niskim dozama ionizirajućeg zračenja. Koautori su suradnici Jedinice za mutagenezu: dr. sc. Nevenka Kopjar, prof. dr. sc. Davor Želježić, prof. dr. sc. Vera Garaj Vrhovac, dr. sc. Vilena Kašuba, dr. sc. Goran Gajski, dr. sc. Marko Gerić, viša tehničarka Maja Nikolić.

razlog zašto ljudsko tijelo, iako svakodnevno izloženo mnogim i različitim agensima, nema s tim razmjerno mnogo nasljednih promjena. No, dugotrajna izloženost nekom agensu iz okoliša ili na radnom mjestu može oslabiti ili usporiti naše mehanizme popravka, zbog čega onda može doći do nakupljanja promjena u stanicama te razvoja raznih bolesti i tumora. Ukratko, genotoksične tvari uzrokuju oštećenje genoma, a mutageni su uvjet za nasljedne promjene. Za određivanje i praćenje genotoksičnosti neke tvari, a također i njezinih mutagenih svojstava, koriste se testovi genotoksičnosti i mutagenosti. U procjeni ljudske izloženosti, najčešće se ispitnicima uzima uzorak venske krvi i istražuje razina oštećenja u limfocitima. Limfociti su pogodan materijal za takve procjene jer sudjeluju u zaštiti i cirkuliraju kroz cijeli organizam pa mogu ukazati na genotoksični učinak i u slučaju kad cijelo tijelo nije bilo izloženo agensu.

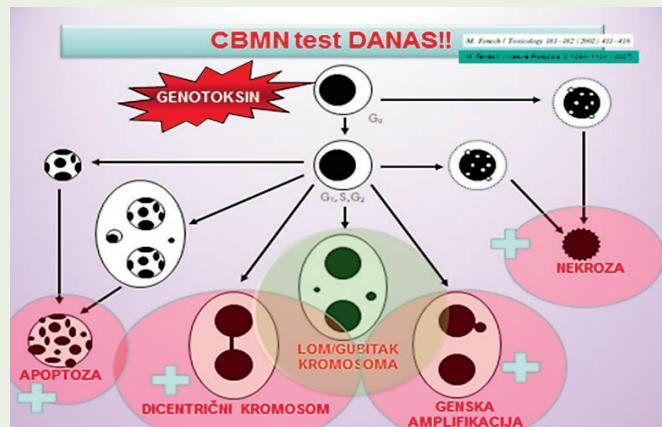
Dva najpoznatija testa za procjenu genotoksičnih učinaka su **alkalni kometni test**, koji otkriva primarna oštećenja u genomu,



Slika 1. Izgled stanice, tj. njenog oštećenog genoma, u alkalnom kometnom testu. Snimila: M. Milić.

većinom jednostrukе lomove lanaca DNK, i kojeg je Organizacija za ekonomsku suradnju i razvoj (OECD) priznala za službenu metodu (br. 489) u procjeni oštećenja genoma *in vivo* prilikom izloženosti razim fizikalnim i kemijskim agensima, te **mikronukleusni test** (OECD, metoda br. 487). Alkalni kometni test nosi takvo ime jer se pojedinačne stanice obrađuju u alkalnim uvjetima, da bi se nakon elektroforeze pokazalo postoje li lomovi koji se nakon bojenja i analize pod fluorescencijskim mikroskopom vide u obliku repa kometa, dok sama glava kometa predstavlja neoštećeni genom stanice (sl. 1.).

Za dobivanje rezultata mikronukleusnim testom, potrebno je uspostaviti staničnu kulturu u kojoj se limfociti moraju jednom podijeliti, a ukoliko su postojala oštećenja genoma, genom se neće podjednako podijeliti u dvije nove stanice kćeri, već će jedan dio zaostati u citoplazmi kao mala jezgrica ili mikronukleus. Mali nedostatak mikronukleusne metode u usporedbi s kometnim testom je brzina dobivanja rezultata. Dok se rezultati kometnog testa mogu očitati isti dan, mikronukleusni test daje rezultate unutar 72 sata zbog vremena potrebnog za diobu limfocita. Metoda mikronukleusnog testa je razvojem i unapređenjem dobila naziv **cytome CBMN test** jer osim *mikronukleusa*, koji predstavlja gubitak dijela ili cijelog kromosoma, ova metoda može otkrivati i učestalost pojavе stanica u *apoptizi* (programirana stanična smrt) i *nekrozi* (stanice koje odumiru zbog upalnih procesa) te pojavnost stanica s *nukleoplazmatskim mostovima* (rezultat su dicentričnih kromosoma, tj. kromosoma s dvije centromere koji se ne mogu normalno podijeliti između dviju stanica kćeri te stoga stanice ostaju povezane mostom) i *jezgrine pupove* koji izgledaju kao okruglasta izbočina

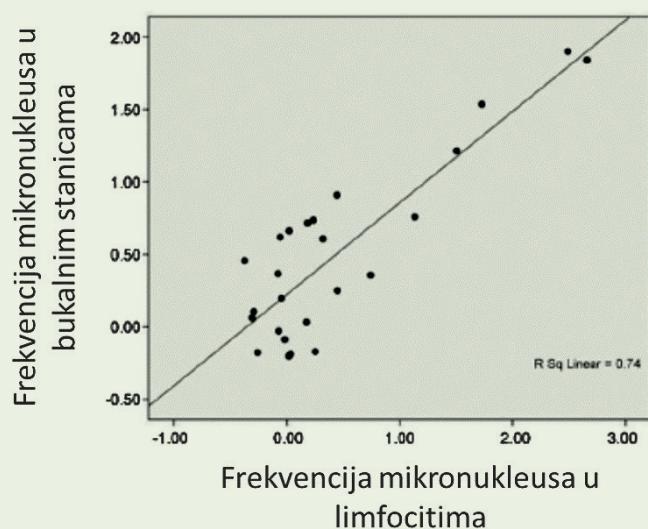


Slika 2. Shema mikronukleusnog cytome-testa (CBMN) na limfocitima i različitim oštećenja koja se mogu mjeriti tom metodom. Izvor: referencija 6 u popisu literature.

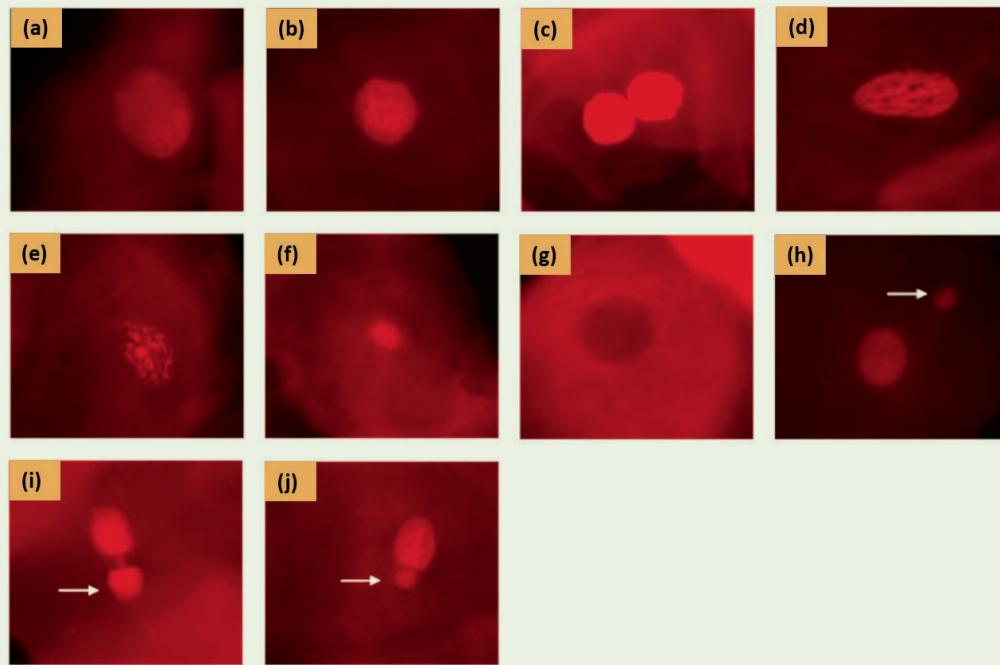
jezgre, nalik na preteču mikronukleusa (predstavljaju amplifikaciju, tj. prekomjerno množenje jednog dijela kromosoma koji stanica želi izbaciti zbog destabilizacije nasljednog materijala) (sl. 2.).

Takvi se testovi u Jedinici za mutagenezu (IMI) koriste već više od 30 godina, a potencijalno mogu poslužiti i kao rani pokazatelji pojavnosti nekih bolesti. Međutim, prije takve primjene, oni moraju biti validirani, tj. provjereni u više laboratoriјa na velikom broju uzoraka. Za mikronukleusni test već je provedena validacija na međunarodnoj razini koja je pokazala dobru korelaciju između učestalosti mikronukleusa i pojavnosti pojedinih vrsta tumora, što je vrlo korisno za rano otkrivanje tumora (sl. 3.).

Razvojem metode utvrđeno je da bi umjesto analiza na stanica periferne krvi mnogo jednostavniji i korisniji model mogle



Slika 3. Korelacija mikronukleusa u limfocitima s mikronukleusima iz bukalnih epitelnih stanica. Izvor: referencija 3 u popisu literature.



Slika 4. Prikaz različitih oštećenja koja se mogu naći u bukalnom mikronukleusnom cytome-testu: bazalna stanica (a), diferencirana stanica (b), binuklearna stanica (pokazatelj promjena u diobi samih stanica) (c), stanice s kondenziranim kromatinom (genomski materijal stanice; rana apoptoza) (d), stanice s kariorhektičnim kromatinom (kasna apoptoza) (e), piknotične stanice (s malom skvrčenom jezgrom) (f), kariolitične stanice (bez jezgre) (g), diferencirana bukalna stanica s mikronukleusom (h), diferencirana bukalna stanica s jezgrinim pupom (i), diferencirana bukalna stanica u obliku strukture slomljenog jajeta (j). Izvor: referencijski 9 u popisu literature.

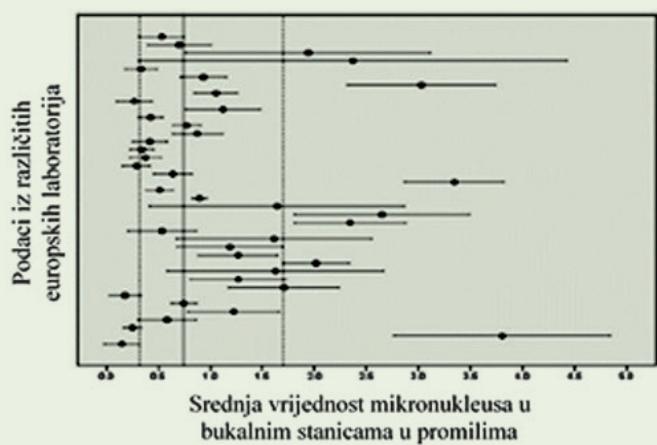
biti stanice usne šupljine ili **bukalne epitelne stanice** koje se ne dijele, a pokazale su dobru povezanost i korelaciju s oštećenjima određenima s oba testa. Nadalje, bukalne stanice mogu se koristiti i u predviđanju razvoja tumora gornjih dišnih kanala, raka glave i vrata, u procjeni izloženosti azbestu te u ranom otkrivanju početaka Alzheimerove bolesti (sl. 4.).

Dvije međunarodne skupine znanstvenika pokrenule su inicijativu za ispitivanje primjenjivosti ovih dviju metoda u dijagnostici. Za kometni test istraživačka skupina je imala naziv ComNet, a danas hCOMET (više informacija se može naći na njihovoj mrežnoj stranici: www.hcomet.org). Za validaciju metode uspjeli su sakupiti podatke iz 41 laboratorija za više od 19 000 pojedinača, a trenutno je u tijeku statistička obrada. Već su ranija istraživanja pokazala da kometni test može pomoći u otkrivanju osoba osjetljivih na zračenje, prije nego se na njih primijeni terapija zračenjem radi liječenja tumora. Primjenom iste metode dokazan je usporen popravak ili izostanak popravka oštećenja DNA u žena s rakom cerviksa i oboljelih od Hodgkinovog sindroma, dok su primjenom modifikacija alkalnog kometnog testa nađene veće razine oksidacijskih oštećenja u genomu oboljelih od Alzheimerove i Parkinsonove bolesti, Downovog sindroma, reumatoidnog artritisa, dijabetesa tipa II, koronarnih bolesti itd.

Druga istraživačka skupina za validaciju i primjenu mikronukleus testa imala je naziv HUMN (engl. *Human Micronucleus Project*), a za bukalni mikronukleus test HUMN_{XL} (engl. *Human Micronucleus Project on Exfoliated Buccal Cells*). Više o njihovim aktivnostima može se pročitati u radu koji su objavili Bonassi i sur. 2011. Zdrave osobe imaju u prosjeku učestalost do 1,7 mikronukleusa na 1000 diferenciranih stanica (sl. 5.). Bukalni mikronukleusni

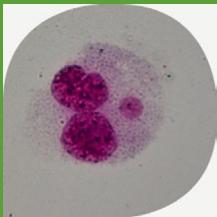
test upućuje na veću učestalost mikronukleusa u osoba: oboljelih od Downovog sindroma; s lezijama i tumorom usne šupljine (kod njih je poremećen i broj binuklearnih i apoptotičnih stanica); s rakom glave i vrata (pogotovo uz paralelnu konzumaciju alkohola); s predtumorskim lezijama usne šupljine kao što je leukoplakija; s reumatoidnim artritisom; s Kronovom bolesti; itd. (Bolognesi i sur. 2015).

Naša Jedinica je pokazala da su u Hrvatskoj normalne vrijednosti za učestalost mikronukleusa u zdravoj populaciji do 13 mikronukleusa na 1000 binuklearnih limfocita periferne krvi (Kopjar i sur. 2010), te da postoje razlike u rezultatima bukalnog mikronukleusnog testa između zdravih ljudi i onih kronično izloženih



Slika 5. Prikaz srednjih vrijednosti mikronukleusa u bukalnim stanicama u zdravim ljudima (normalni interval: 0,3–1,7). Izvor: referencijski 3 u popisu literature.

STRUČNE USLUGE JEDINICE ZA MUTAGENEZU



U sklopu stručnih poslova za tržište Jedinica za mutagenezu, IMI omogućuje pet vrsta usluga: kariogram (analiza kromosomskih aberacija), analizu izmjena sestrinskih kromatida (SCE), mikronukleus-test, komet-test i test preživljjenja stanica. Stručna djelatnost realizira se u suradnji sa specijalističkim ordinacijama medicine rada i poliklinikama koje

provode prethodne i/ili periodičke zdravstvene pregledе dјelatnika različitih struka, odnosno onih profesionalno izloženih fizikalnim mutagenima (ionizirajuće i neionizirajuće zračenje) i/ili kemijskim mutagenima (citotoksični lijekovi i drugi genotoksični agensi).

arsenu u pitkoj vodi (Milić i sur. 2017). Osim što se Jedinica za mutagenezu aktivno uključila u rad spomenutih istraživačkih skupina, dјelatnici su također uključeni u mrežu dežurnih laboratorija kod radioloških i nuklearnih nesreća za mjerjenje biološkog učinka ionizirajućeg zračenja (RENEB), te i dalje provode biomonitoring radnika koji su izloženi zračenju, citostaticima, olovu, kadmiju te raznim okolišnim agensima. Jedinica sudjeluje i u različitim temeljnim istraživanjima čiji je cilj procijeniti povezanost oštećenja genoma s pojavnosću ili pogoršanjem raznih vrsta bolesti.

Literatura

1. COST Projekt hCOMET (www.hcomet.org).
2. Collins A. i sur., The comet assay as a tool for human biomonitoring studies: The ComNet Project. *Mutat Res Rev Mutat Res* 759; 2014:27–39.
3. Bonassi S. i sur., The HUMAN MicroNucleus project on eXfoliated buccal cells (HUMNXL): The role of life-style, host factors, occupational exposures, health status, and assay protocol. *Mutat Res Rev Mutat Res* 728(3);2011:88–97.
4. http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/environment/test-no-489-in-vivo-mammalian-alkaline-comet-assay_9789264264885-en#WvI0CCoTyjIU/.
5. OECD, Test No. 487: In Vitro Mammalian Cell Micronucleus Test, OECD Publishing, Pariz (2014) (<http://dx.doi.org/10.1787/9789264224438-en>).
6. Fenech M., Biomarkers of genetic damage for cancer epidemiology. *Toxicology* 181-182;2002:411–6.
7. Kopjar N. i sur., Normalne i granične vrijednosti mikronukleus-testa na limfocitima periferne krvi u ispitanika opće populacije Republike Hrvatske, *Arh Hig Rada Toksikol* 61;2010:219–234.
8. Bolognesi C. i sur., Clinical application of micronucleus test in exfoliated buccal cells: A systematic review and metanalysis, *Mutat Res Rev Mutat Res* 766;2015:20–31.
9. Milić M. i sur., Correlation of buccal micronucleus cytome assay parameters with arsenic and its species measured in urine from people in Eastern Croatia, *EUROTOX 2017*, P-06-01-30.

»MIRISNI«

OTISAK PRSTA – ПОТЕНЦИЈАЛНИ БИОЛОШКИ БИЛЈЕГ У ИСТРАŽИВАЊУ RAKA

Tanja ŽIVKOVIĆ SEMREN, Zagreb

Tijekom života upoznajemo na tisuće mirisa koji nam se podsvjesno utiskuju u sjećanje pa ih poslije povezujuemo s različitim iskustvima. Mirisi su vrlo važni osjeti jer nam, među ostalim, oblikuju osjećaje, utječu na raspoloženje i apetit te upozoravaju na opasnost i bolest. Što stvara mirise? Mirisne čestice, tj. plinovite ili hlapljive kemijske tvari koje stimuliraju njušne receptore u sluznici nosa, odakle se podražaj živčanim vlaknima prenosi do centra za njuh u mozgu i тамо interpretira.

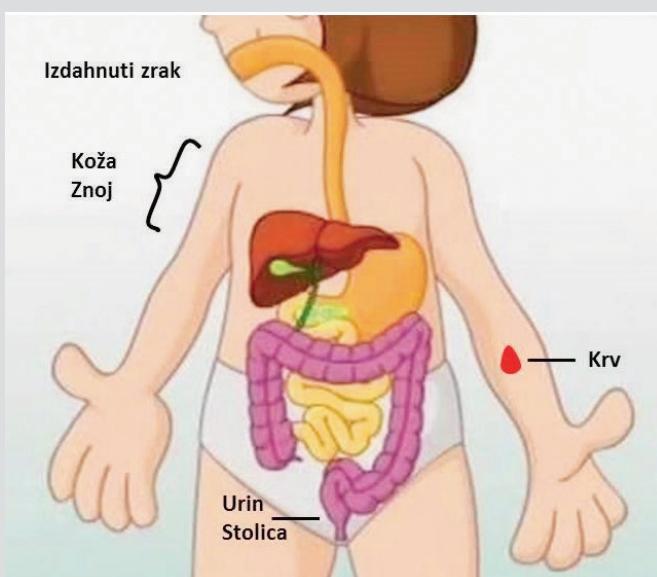
Miris ljudskog tijela

Naše tjelesne stanice proizvode stotine hlapljivih organskih spojeva koji se izlučuju izdahnutim zrakom, kožom, znojem, urinom, stolicom i krvlju (sl. 1.). Rezultat su brojnih metaboličkih procesa u organizmu te nam daju karakterističan miris poput »mirisnog« otiska prsta. Na njega utječu spol i starost osobe, kao i fiziološko stanje organizma te genetski čimbenici. Osim o endogenim čimbenicima, sadržaj hlapljivih spojeva u organizmu ovisi također o vanjskim (egzogenim) čimbenicima kao što su prehrana, okoliš te životne navike.

Patološki procesi u organizmu (razne infekcije i metabolički poremećaji) mogu promijeniti vrstu i količinu izlučenih hlapljivih organskih spojeva. Stoga bi promjena uobičajenog mirisa neke osobe mogla upućivati na razvoj određene bolesti. Dijagnostički

TKO JE AUTORICA OVOG ČLANKA?

Tanja Živković Semren, dipl. ing. kemije, znanstvena novakinja zaposlena u Jedinici za analitičku toksikologiju i mineralni metabolizam (IMI). Doktorski studij upisala je na Farmaceutsko-biohemijskom fakultetu u Zagrebu, smjer Medicinska biohemija. Aktivno sudjeluje u istraživanju utjecaja metala na mušku reproduksijsku funkciju. U sklopu izrade doktorskog rada istražuje potencijalnu ulogu hlapljivih spojeva i aminokiselina kao bioloških biljega u urinu oboljelih od tumora testisa.



Slika 1. Glavni izvori hlapljivih organskih spojeva u tijelu.

ŠTO SU HLAPLJIVI ORGANSKI SPOJEVI?

Hlapljivi organski spojevi su spojevi male molekulske mase koji sadržavaju uglavnom do 12 atoma ugljika i imaju vrelište manje od 300 °C. U njih ubrajamо alkohole, aldehide, amine, amide, karboksilne kiseline, estere, etere, furane, ketone, pirole, terpene, sulfide, ugljikovodike i druge heterocikličke spojeve.

potencijal mirisa ljudskog tijela prepoznat je još u doba antičke Grčke, kad je Hipokrat povezao specifične mirise urina i iskašljajnog sekreta s određenim bolestima. Tradicionalna kineska medicina također raspoznaće ljudske bolesti prema određenim mirisima pa tako, primjerice, miris urina po trulim jabukama povezuje s dijabetesom.

Hlapljivi organski spojevi analiziraju se u laboratoriju primjenom raznih osjetljivih analitičkih tehnika, a vezani sustav plinske kromatografije i spektrometrije masa (GC/MS) danas je najbolji izbor. U takvom sustavu, plinski kromatograf omogućava razdvajanje hlapljivih organskih spojeva u smjesi na temelju njihova različitog vrelišta, dok se spektrometrom masa detektiraju fragmenti molekula nastali ionizacijom odijeljenih spojeva. GC/MS analiza koristi se za određivanje sastava nepoznatog uzorka (kvalitativna analiza) i količine tvari u uzorku (kvantitativna analiza), ali i određivanje strukture i molarne mase molekula, izotopnog sastava te fizikalnih i kemijskih svojstava tvari. Rezultat GC/MS analize je kromatogram koji prikazuje kvalitativni i kvantitativni profil hlapljivih organskih spojeva u ispitivanom uzorku (sl. 2.) Budući da se vrsta i količina hlapljivih komponenta u uzorcima različitog porijekla (organizama) razlikuje, profil koji se iz kromatograma može očitati naziva se »mirisnim« otiskom prsta.

»Mirisna« hipoteza

Potaknuti hipotezom da svaki čovjek ima jedinstveni profil hlapljivih organskih spojeva, koji može biti promijenjen zbog patoloških procesa u organizmu, znanstvenici istražuju vezu između sastava hlapljivih organskih spojeva i pojave brojnih bolesti, uključujući i rak.

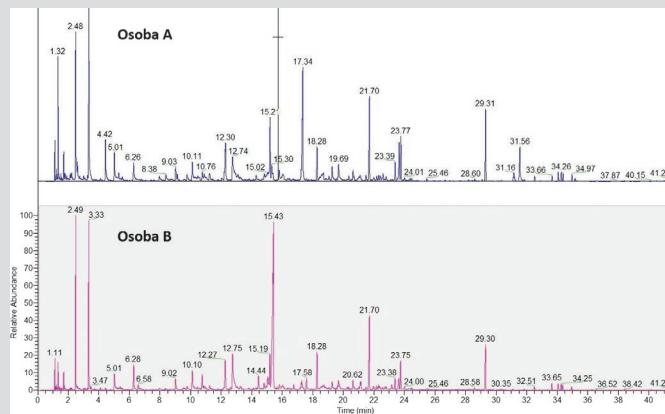
»Miris« raka

Neoplazma (grč. *neos* = nov; *plasia* = rast), tumor (lat. *tumor* = oteklina) ili novotvorina nazivi su bolesti kod kojih se abnormalne stanice dijele bez kontrole. Rak je narodni naziv za sve zloćudne tumore. Današnje spoznaje ukazuju da ne postoji jedinstvena bolest, nego veliki broj različitih bolesti pa razlikujemo više od 100 različitih vrsta raka.

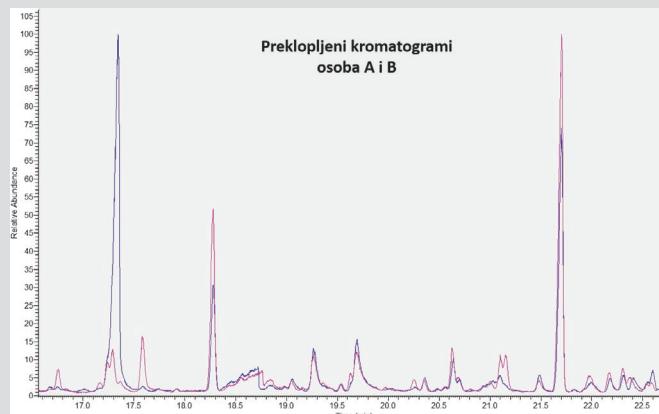
Normalne stanice u tijelu rastu i dijele se na kontrolirani način kako bi proizvele nove stanice, dok one stare i oštećene umiru procesom programirane smrti stanice. Za taj proces stanicama je potrebna energija koja se proizvodi u ciklusima glikolize i limunske kiseline. Međutim, moguće je da se genetski materijal stanice (DNA) ošteti ili promijeni (mutira) što onda utječe na rast i diobu stanica. U takvom slučaju stare stanice ne umiru kada bi trebale, a nove stanice se stvaraju i kada tijelo nema potrebu za njima. Abnormalne stanice, poput stanica raka, troše veće količine energije za rast od normalnih stanica (Warburgov efekt) te mijenjaju proces glikolize. Posljedično dolazi do promjene cjelokupnog metabolizma u organizmu. Uočeno je da pritom nastaju neki novi organski hlapljivi spojevi ili se mijenja količina pojedinih spojeva. Upravo su te spoznaje potakle znanstvenike na istraživanje hlapljivih organskih spojeva kao produkata metabolizma kod oboljelih od raka.

Svjesni činjenice da životinje imaju istančan njuh te da prema mirisu razlikuju hranu od otrova i prijatelja od grabežljivca, istraživači su proveli eksperiment sa psima. Pokušali su ih naučiti da njuhom razlikuju zdravo od tumorskog tkiva te urin zdrave osobe od urina osobe oboljele od raka. I uspjeli su! Provedeni eksperiment je potvrda da organizam koji boluje od raka proizvodi specifične hlapljive organske spojeve.

Danas se sve češće provode istraživanja hlapljivih organskih spojeva primjenom GC/MS tehnike u izdahnutom zraku, krvi, urinu

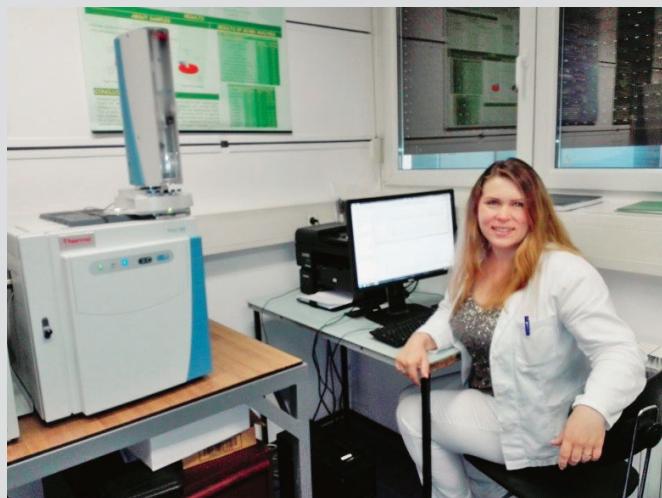


Sl. 2. »Mirisni« otisak prsta: usporedba GC/MS kromatograma hlapljivih organskih spojeva u urinu osoba A i B.



ŠTO SU БИОЛОШКИ БИЉЕЗИ?

Биолошки биљези (биомаркери) definiraju se kao mjerljivi pokazatelji biološkog stanja pojedinog организма. Biomarkeri mogu biti različiti proteini, hormoni, enzimi, receptori i drugi stanični produkti koji se pojačano stvaraju u patološkim procesima i specifični su za određena patološka stanja. Najčešće su uobičajeni sastojci stanica koji se u krv i zdravih osoba nalaze u fiziološkim ili vrlo malim koncentracijama. Određivanjem i praćenjem njihovih količina u organizmu i tjelesnim izlučevinama prati se tijek i razvoj bolesti. Posljednjih godina istraživači i kliničari nastoje otkriti nove specifične i osjetljive biološke biljeze koji bi pomogli u ranom otkrivanju raka.



Slika 3. Znanstvena novakinja Tanja Živković Semren ispred vezanog sustava plinski kromatograf-spektrometar masa (GC/MS).

nu i tumorskom tkivu oboljelih od raka te se ispituje mogućnost njihova korištenja kao bioloških biljega. Pažnju istraživača osobito privlači urin, zbog njegovog jednostavnog uzorkovanja i zato što sadrži velike koncentracije raznih spojeva.

Dosadašnja istraživanja pokazala su povišene koncentracije spojeva iz skupine alkohola, aldehida, ketona i aromatskih ugljikovodika u urinu oboljelih od raka pluća, raka dojke i raka bubrega. Kako je ovo relativno novo područje u istraživanju raka, potrebno je provesti još mnogo dodatnih istraživanja prije negoli se jedan spoj označi kao potencijalni biološki biljeg.

Jedno takvo istraživanje provodi se i u Jedinici za analitičku toxicologiju i mineralni metabolizam (IMI) u sklopu izrade doktorskog rada (sl. 3.) pod vodstvom dr. sc. Alice Pizent. Primjenom GC/MS tehnike pokušava se procijeniti razlikovni profil hlapljivih organskih spojeva u urinu između pacijenata oboljelih od raka testisa i kontrolnih ispitanika. Dobiveni rezultati pridonijet će boljem razumijevanju same prirode tumora testisa te pomoći u pronaalaženju karakterističnog biološkog biljega koji bi se mogao primijeniti u ranom probiru oboljelih od te bolesti.

Literatura

1. Shirasu M., Touhara K., The scent of disease: Volatile organic compounds of the human body related to disease and disorder. *J Biochem* 150;2011:257–266.
2. Mills G.A., Walker V., Headspace solid-phase microextraction profiling of volatile compounds in urine: application to metabolic investigations. *J Chromatogr B* 753;2001:259–268.
3. Kim J., Dang C.V., Cancer's molecular sweet tooth and the Warburg effect. *Cancer Res* 66;2006:8927–30.

Pčelinji otrov: LIJEK IZ KOŠNICE

Goran GAJSKI i Vera GARAJ-VRHOVAC, Zagreb

Unatoč znatnom napretku moderne medicine, ljekoviti pripravci biljnog i životinjskog podrijetla i nadalje značajno pridonose zdravlju, u smislu prevencije i liječenja brojnih oboljenja. Mnogi načini liječenja koji se posljednjih godina često primjenjuju u zapadnim zemljama potječu iz Azije, a njihova popularnost sve više raste. Otoči životinja, posebice kukaca, odavno su predmet znanstvenih istraživanja te se danas nerijetko koriste kao osnova mnogih prehrambenih i farmaceutskih proizvoda. Među brojnim prirodnim spojevima koji se koriste u orijentalnoj i alternativnoj medicini već se dugi niz godina nalaze i životinjski otrovi, a među njima je i otrov pčela roda *Apis mellifera* (sl. 1.). Veliki broj dosadašnjih istraživanja ističe radioprotективna, protumutagenna, protuupalna i još mnoga druga pozitivna svojstva pčelinjeg otrova.

Uporaba prirodnih proizvoda i njihovih aktivnih sastavnica u prevenciji i obradi kroničnih bolesti zasnovana je na iskustvu, prvenstveno tradicionalne medicine u različitim etničkim zajednicama, kao i epidemiološkim opažanjima odnosa između načina prehrane i bolesti. Uporaba pčelinjih proizvoda u sprječavanju



Slika 1. Europska pčela *Apis mellifera*. Snimio G. Gajski.

nastanka bolesti i njihova liječenja iskazana je pojmom *apiterapija*, prema čemu se pčelinji otrov još naziva *apitoksin*.

Interes za ljekovita svojstva pčelinjih proizvoda, kao i protutumorski učinak istih, porastao je u zadnjih 30 godina pa se suvremenim metodama istražuje sastav pčelinjih proizvoda zbog tisuće poznate biološke učinkovitosti u organizmu. Danas znamo za više od 20 000 vrsta pčela, ali najveći interes pobuđuju one vrste koje se koriste za proizvodnju pčelinjih proizvoda s potencijalnim medicinskim svojstvima poput meda, pčelinjeg voska, propolisa, peludi, matične mlijecu te samog pčelinjeg otrova. U posljednjih nekoliko godina može se pronaći sve više istraživanja koja govore i o protutumorskim svojstvima pčelinjeg otrova te njegovih sastavnica. Uza sve to, novija istraživanja upućuju i na nekoliko mehanizama toksičnosti ovoga prirodnog spoja na brojnim tumorskim staničnim linijama koji uključuju promjene u staničnom ciklusu, učinak na staničnu proliferaciju i preživljavanje te na indukciju stanične smrti u vidu apoptoze i nekroze.

TKO SU AUTORI OVOG ČLANKA?

Dr. sc. Goran Gajski, dipl. ing. biologije, znanstveni suradnik, zaposlen u Jedinici za mutagenezu (IMI). Glavna područja znanstvenog istraživanja: genetička i okolišna toksikologija, prirodni spojevi i biomonitoring populacija.

Prof. dr. sc. Vera Garaj-Vrhovac, dipl. ing. biologije, znanstvena savjetnica u trajnom zvanju, zaposlena u Jedinici za mutagenezu (IMI). Redovna je profesorica na Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Glavna područja istraživačkog interesa: genetička toksikologija, radiobiologija i biomonitoring populacija.

ŠTO JE PČELINJI OTROV?

Pčelinji otrov je izlučevina žalčanog sustava pčela radilica koji pčelama služi za obranu pčelinje zajednice od neprijatelja te kao upozorenje na opasnost od napasnika. Pretpostavlja se da pri ubodu lako hlapljivi dio otrova ispari i tako posluži kao svojevrsni alarm ostalim pčelama. Žalčani sustav pčela radilica u kojem se nalazi otrov smješten je u zatku pčela i s jedne je strane povezan s otrovnom žljezdom, a s druge strane s malim kanalom koji vodi do žalca. Otvorna žljezda proizvodi otrov koji se ulijeva u spremnik. Nekoliko tijedana nakon metamorfoze pčela nosi najviše otrova u spremniku. Dok leti i skuplja nektar količina otrova se postupno smanjuje. Pčele pri ubodu ispušte 50 µg do 140 µg otrova. Žalac je smješten u abdomenu pčele i sastoji se od dvije paralelne iglice koje imaju kukice za dublji prodor i dobro zahvaćanje. Pčela ispušta žalac kad namjerava ubosti, a otrov ispušta kroz kanal. Nakon uboda kralješnjaka pčele nisu u mogućnosti izvaditi žalac te on zajedno sa žalčanim sustavom i otrovnom žljezdom ostaje u koži kralješnjaka. Zato je nakon uboda važno žalac odmah odstraniti (npr. noktom kažiprsta). Mišići koji drže strukturu žalčanog sustava nakon uboda pucaju i pčela ugiba.



Slika 2. Liofilizirani pčelinji otrov. (Liofilizacija je postupak u kojem se materijal osjetljiv na toplinu suši najprije smrzavanjem, a potom sublimacijom leda u visokom vakuumu.) Snimio G. Gajski.

KAKO SE SKUPLJA PČELINJI OTROV?

U znanstvene svrhe pčelinji otrov se najčešće skuplja posebnim uredajem koji je sastavljen od staklene ploče iznad koje se nalaze žice pod niskim naponom od desetak volti. Taj se uredaj postavlja na ulazu u košnicu. Pod utjecajem blagog strujnog udara, iziritirane pčele luče svoj otrov na stakalce s kojega se nakon sušenja otrov struže. Pčelinji je otrov gusta tekućina karakterističnog mirisa sličnog medu i gorko kiselog okusa. Liofilizirani, odnosno osušeni otrov je lako hlapljivi, svijetlosivi do sivkasto žuti prah (sl. 2.). Pčelinji otrov čuva se u prahu, u hermetički zatvorenim posudama na -20 °C.

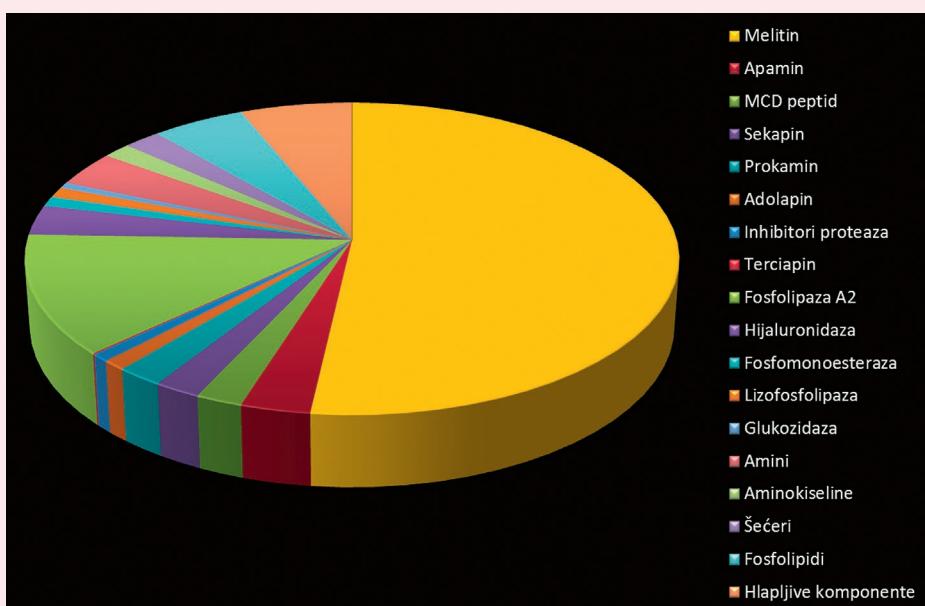
Pčelinji otrov

Pčelinji otrov u organizmu sisavaca izaziva različite učinke poput toksičnog učinka koji se uglavnom manifestira lokalno, dok se rjeđe javljaju upalne i alergijske reakcije koje se šire sistemski. Zbog svojeg raznovrsnog sastava, otrov ima vrlo raznoliko djelovanje na više organa. Učinak pčelinjeg otrova u sisavaca vrlo je sličan učinku otrova zmija, no količina otrova koja se ispušta pri ubodu pčele mnogo je manja od one prilikom ugriza zmije. Pčelinji otrov u životinja izaziva raspadanje krvnih stanica, smanjuje sposobnost zgrušavanja krvi te povećava propusnost krvnih žila, što se očituje otokom i krvarenjem u unutarnjim organima. U ljudi pčelinji otrov izaziva upalnu reakciju koja se očituje pojavom oto-

ka, crvenilom i boli na mjestu uboda. Najopasniji su ubodi u usnu šupljinu, jezik ili očnu jabučicu. Velika količina pčelinjeg otrova može djelovati i smrtonosno, a smrt nastaje uslijed bronhijalnog grča kao posljedica paralize moždanog centra za disanje. Pčelinji otrov u organizmu izaziva reakciju imunolosnog sustava koja kod preosjetljivih osoba može izazvati i teške alergijske reakcije, moguće i sa smrtnim ishodom.

Sastav pčelinjeg otrova

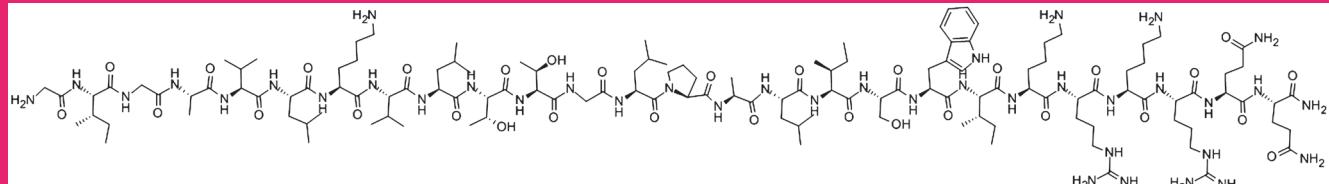
Najzastupljenija sastavnica pčelinjeg otrova je voda koja čini oko 88 % otrova u cjelini. Suhu dio pčelinjeg otrova sastoje se od mješavine peptida (melitin, apamin, sekapin, prokamin A i B, adolapin, terciapin te peptid koji degranulira mastocite), fiziološki aktivnih amina i neuroprijenosnika, šećera glukoze i fruktoze,



Slika 3. Sastav pčelinjeg otrova.

ŠTO JE MELITIN?

Melitin je bazični peptid formule $C_{131}H_{229}N_{39}O_{31}$ koji se sastoji od 26 aminokiselina poznatog slijeda, a molekularna masa mu iznosi 2846,46 Da. Njegov aminokiselinski slijed je H-Gly-Ile-Gly-Ala-Val-Leu-Lys-Val-Leu-Thr-Thr-Gly-Leu-Pro-Ala-Leu-Ile-Ser-Trp-Ile-Lys-Arg-Lys-Arg-Gln-Gln-NH₂. Taj peptid je amfoterna molekula zbog specifičnog rasporeda aminokiselina u lancu. Na



Slika 4. Strukturna formula melitina, glavne sastavnice pčelinjeg otrova.

N-terminalnom kraju nalaze se nepolarne, hidrofobne i neutralne aminokiseline, dok se na C-terminalnom kraju nalaze hidrofilne i bazične aminokiseline (sl. 4.). Ovakav raspored aminokiselina melitina daje amfipatska (istodobno i hidrofilna i hidrofobna) svojstva.

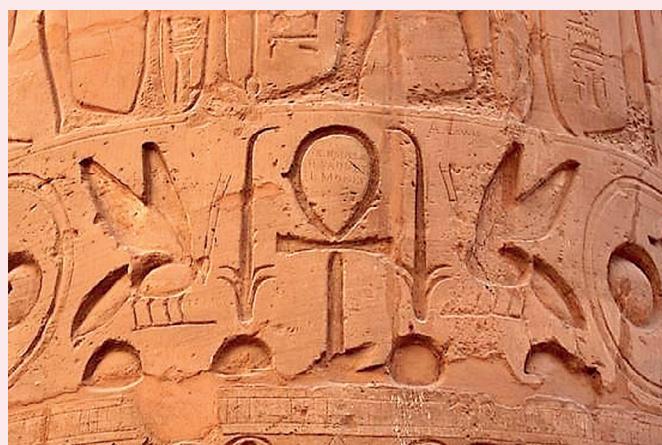
fosfolipida, aminokiselina i veće količine mineralnih tvari. Dominantni enzim u pčelinjem otrovu je fosfolipaza A₂, dok se u manjem udjelu nalaze fosfolipaza B, hijaluronidaza, kisela fosmonoesteraza, lizofosfolipaza te glukozidaza (sl. 3.).

Melitin

Melitin je najzastupljenija sastavnica suhog dijela pčelinjeg otrova te njegov glavni toksin. Melitin je prirodni deterdžent, visoke površinske i membranske napetosti. Iako se kao monomer ili tetramer otapa u vodi, ovaj peptid se lako ugrađuje u membrane tvoreći tetramerne agregate kao pore za ione te na taj način dovodi do poremećaja u strukturi fosfolipidnog dvosloja. Melitinski tetrameri uzrokuju depolarizaciju živčanih završetaka što uzrokuje osjećaj боли na mjestu uboda. Melitin također pojačava djelovanje enzima fosfolipaze A₂ te i na taj način djeluje na stanice. Svaki melitinski lanac sastoji se od dvije α -zavojnice te u konačnici ima oblik savijenog štapa. Tetramerni melitin prisutan je u koncentraciji koja se nalazi u zatku pčele, dok se kao monomer javlja u minimalnoj koncentraciji potrebnoj za razgradnju stanice.

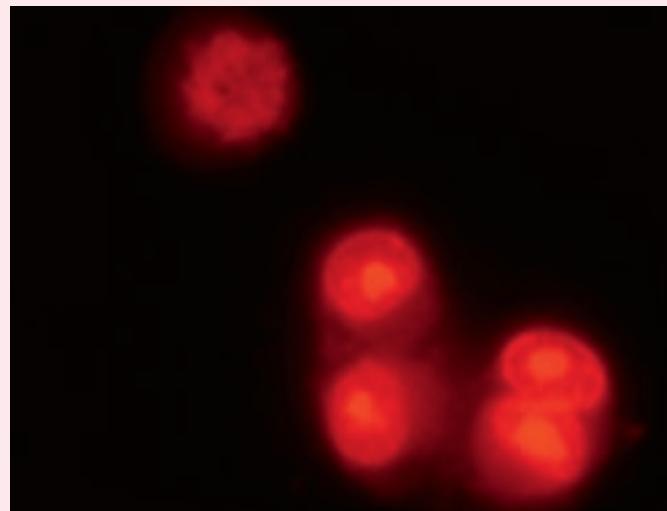
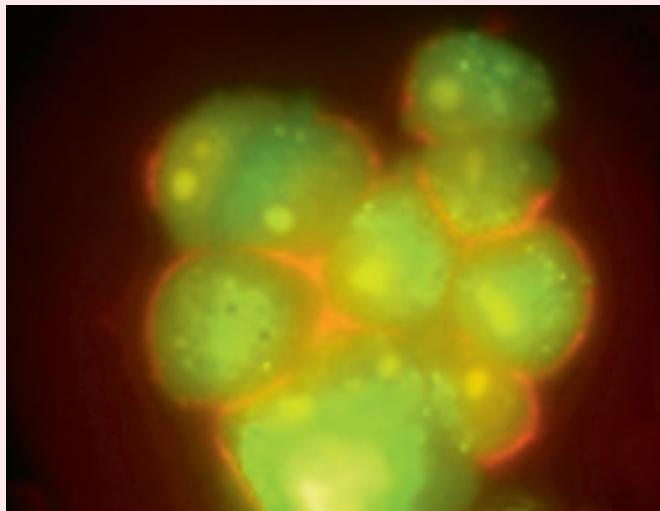
Terapijska svojstva pčelinjeg otrova

Korijeni apiterapije stari su više od 6000 godina i nalazimo ih u staroegipatskoj medicini (sl. 5.). Stari Grci i Rimljani također su se služili brojnim pčelinjim proizvodima u medicinske svrhe. Tako se i danas med koristi za liječenje kroničnih i postoperativnih rana te za liječenje opeklina, a u brojnim slučajevima pokazali su se jednakom djelotvornim kao i neki standardni medicinski pripravci. Med se u kombinaciji sa pčelinjim voskom uspješno koristi za liječenje nekolicine dermatoloških poremećaja, uključujući psorijazu, dermatitis, brojna gljivična kožna oboljenja te za diskoloraciju kože. Matična mlječ koristi se za liječenje postmenopauzalnih simptoma, dok se propolis koristi u liječenju želučnih čireva.



Slika 5. Prikaz pčele u hramu u Karnaku. »Kad sunce zaplače po drugi put, i kada voda klizne iz njegovih očiju, suze će se pretvoriti u pčele.« (iz egiptskih Magičnih tekstova). Egipćani su vjerovali da su pčele Sunčevog podrijetla i da su rođene iz suza boga sunca Ra koje su padale na zemlju. Faraon Donjeg Egipta nosio je titulu Vladar pčela. Izvor: <http://www.flickr.com/>.

Prvi pisani zapisi o korištenju pčelinjeg otrova kao ljekovitog sredstva pronađeni su u zapisima starih Grka. U ruskim i austrijskim medicinskim časopisima iz 19. stoljeća opisuje se liječenje bolnih zglobova, reumatizma, neuralgije i srčanih bolova ubodima pčela. U narodnoj medicini, a posebice u orijentalnoj, pčelinji se otrov koristi kao protureumatik te za ublažavanje bolova, sniženje krvnog tlaka i kolesterola u krvi. Nadalje, pčelinji otrov koristio se protiv zaraznih bolesti, u liječenju raznih upala živaca i akutnih upala krvnih žila, za poboljšavanje općeg tonusa, a nerijetko i za opću otpornost organizma. Najstariji, u narodnoj medicini i jedini, postupak liječenja pčelinjim otrovom odnosio se na ubode pčela u oboljela mjesta. Orijentalna medicina, osim direktnog uboda pčela, koristila je i metodu *apipunkture*, odnosno liječenja upalnih bolesti i kroničnih bolnih stanja ubodima pčela u akupunkturne točke. Nakon razvijanja postupka dobiva-



Slika 6. Određivanje tipa stanične smrti nakon tretmana stanične linije ljudskog glioblastoma A1235 (zločudnog tumora mozga) pčelinjim otrovom. Na slikama su prikazane žive stanice (lijeko) i mrtve stanice (desno) nakon tretmana pčelinjim otrovom. Izvor: referencija 17 s popisa literature.

nja izoliranog pčelinjeg otrova, terapijski postupak se provodi potkožnim ubrizgavanjem otrova injekcijom u oboljela mjesta ili akupunkturne točke.

Danas se sve više istražuje i protutumorski učinak pčelinjeg otrova. Protutumorski učinak se pripisuje melitinu, bazičnom polipeptidu koji čini oko 50 % suhe tvari pčelinjeg otrova. Istraživanje krajem 70-ih godina prošloga stoljeća pokazalo je da je učestalost smrtnosti od tumora (posebice od raka pluća) u pčelara, profesionalno izloženih pčelinjem otrovu tijekom svog radnog vijeka, manja nego u neizložene populacije ljudi. Ovi rezultati bili su među prvima koji su ukazivali na moguće protutumorsko djelovanje pčelinjeg otrova. Nakon toga je veliki broj istraživanja potvrdio protutumorsko svojstvo pčelinjeg otrova, a posebice njegove glavne sastavnice melitina.

Dosadašnja istraživanja ukazuju da pčelinji otrov i melitin uzrokuju snažan toksičan učinak kod različitih tipova tumorskih stanica, kao što su stanice bubrega, pluća, jetre, prostate, mjejhura, dojke i leukemijskih stanica, dok je taj učinak kod normalnih stanica manje izražen (sl. 6.).

Budućnost liječenja pčelinjim otrovom

Od davnina je poznato da mnogi prirodni spojevi, ljekovite trave, pa čak i začini, posjeduju različita blagotvorna svojstva te su se koristili za liječenje mnogih bolesti, uključujući i tumorska obolenja. Termin *kemoprevencija* razvio se kasnih 1970-ih godina te je uključivao prevenciju tumora kemijskim spojevima, najčešće biljnoga podrijetla. Područje kemoprevencije bavi se istraživanjima takvih spojeva u svrhu pronalaska njihove potencijalne djelotvornosti. Uporaba prirodnih spojeva kao kemopreventivnih agensa drastično je porasla u posljednjih nekoliko godina te se djelovanje velikog broja takvih spojeva proučava u različitim

modelnim sustavima. Većina istraživanih spojeva, koji su pokazali obećavajuće rezultate u eksperimentalnoj fazi istraživanja, danas se već nalazi u pretkliničkoj fazi istraživanja. Istraživanja nadalje ukazuju na to da zasebno korišteni prirodni spojevi ne postižu uvijek željene rezultate, ali se u kombinaciji s postojećim kemoterapeuticima može doći do uspješnih rezultata te je stoga ovo područje postalo posebice zanimljivo znanstvenoj zajednici. Suvremena znanost bavi se istraživanjima potencijalnog protutumorskog djelovanja pčelinjeg otrova, ali i njegovih sastavnica poput melitina, fosfolipaze A₂ te apamina. Veliki broj dostupnih istraživanja ukazuje da bi ovaj otrov mogao imati primjenu u liječenju različitih tumora, ali točan mehanizam protutumorskog djelovanja ovoga kompleksnog spoja još uvijek nije u potpunosti razjašnjen. Neki od mehanizama pčelinjeg otrova i melitina vezani su za aktivaciju fosfolipaze A₂, kaspaza i matriksnih metaloproteinaza koje mogu uništiti stanice tumora. Konjugacija melitina s hormonskim receptorima i genska terapija s melitinom mogli bi biti korisne u dalnjem razvoju terapija pojedinih tumora. Do sada je također zabilježen i inhibitorni učinak rekombinantnih virusa koji nose gen za melitin prema tumorskim stanicama, što bi također mogao biti jedan od načina suzbijanja tumora.

Melitin je posebno zanimljiv kandidat u terapiji tumora zbog svoje litičke (razgrađujuće) aktivnosti. No, iako djeluje toksično na tumorske stanice, zabilježeno je i njegovo toksično djelovanje na normalne stanice, što mu umanjuje pogodnost za razvoj novih kemoterapeutika. U ovakovom slučaju korisno bi bilo istražiti specifičan način unosa melitina u željene stanice. Primjerice, ugradnja melitina u nanočestice, kao nosače melitina samo za ciljne stanice, bio bi povoljan način primjene melitina u postupku suzbijanja tumora. Druga mogućnost bila bi kombinirana terapija u kojoj se koristi neki od postojećih citostatika u kombinaciji s pčelinjim otrovom ili melitinom, gdje bi sinergistički ili

aditivni učinak dva agensa mogao dati željene rezultate u suzbijanju tumora, ali i dovesti do smanjivanja koncentracije postojećih citostatika u terapiji i neželenih posljedica koje uzrokuje kemoterapija u brojnih pacijenata.

Zbog navedenih razloga važna su daljnja ispitivanja vezana uz mehanizme djelovanja pčelinjeg otrova, ali i njegovih sastavnica na različitim tipovima stanica kako bi se utvrdilo njihovo povoljno djelovanje za potencijalnu primjenu u protutumorske svrhe. Pritom je važno utvrditi i točan način unosa te dozu pčelinjega otrova i melitina koja je potrebna za terapijsku primjenu, ali i moguće negativne učinke koje ova kompleksna tvar i njezine sastavnice mogu istodobno uzrokovati u normalnim stanicama.

Literatura

1. Harvey A., From demons to darlings: drugs from venoms. *Drug Discov Today* 3;1998:531–532.
2. Lewis R. J., Garcia M. L., Therapeutic potential of venom peptides. *Nat Rev Drug Discov* 2;2003:790–802.
3. Cherniack E. P., Bugs as drugs, part 1: insects: the »new« alternative medicine for the 21st century? *Altern Med Rev* 15;2010:124–135.
4. Cherniack E. P., Bugs as drugs, part 2: worms, leeches, scorpions, snails, ticks, centipedes, and spiders. *Altern Med Rev* 16;2011:50–58.
5. Heinen T. E., da Veiga A. B., Arthropod venoms and cancer. *Toxicon* 57;2011:497–511.
6. Duraković Z., Klinička toksikologija. Grafos, Zagreb (2002).
7. Plavšić F., Žuntar I., Uvod u analitičku toksikologiju. Školska knjiga, Zagreb (2006).
8. Eskridge E. M. i sur., Adaptation of the electrical stimulation procedure for the collection of vespid venoms. *Toxicon* 19;1981:893–897.
9. Radić S. Pčelinji otrov: prirodni antireumatik i anelgetik. Graf Form, Split (2005).
10. Son D. J. i sur., Therapeutic application of anti-arthritis, pain-releasing, and anti-cancer effects of bee venom and its constituent compounds. *Pharmacol Ther* 115;2007:246–270.
11. Oršolić N., Bee venom in cancer therapy. *Cancer Metastasis Rev* 31;2012:173–194.
12. Liu C. C. i sur., Application of bee venom and its main constituent melittin for cancer treatment. *Cancer Chemother Pharmacol* 78;2016:1113–1130.
13. Gauldie J. i sur., The peptide components of bee venom. *Eur J Biochem* 61;1976:369–376.
14. Hider R. C., Honeybee venom: a rich source of pharmacologically active peptides. *Endeavour* 12;1988:60–65.
15. Raghuaman H., Chattopadhyay A., Melittin: a membrane-active peptide with diverse functions. *Biosci Rep* 27;2007:189–223.
16. Gajski G. i sur., Combined antitumor effects of bee venom and cisplatin on human cervical and laryngeal carcinoma cells and their drug resistant sublines. *J Appl Toxicol* 34;2014:1332–1341.
17. Gajski G. i sur. Antitumour action on human glioblastoma A1235 cells through cooperation of bee venom and cisplatin. *Cytotechnology* 68;2016:1197–1205.
18. Gajski G., Garaj-Vrhovac V., Melittin: a lytic peptide with anticancer properties. *Environ Toxicol Pharmacol* 36;2013:697–705.
19. Gajski G. i sur., Melittin induced cytogenetic damage, oxidative stress and changes in gene expression in human peripheral blood lymphocytes. *Toxicon* 110;2016:56–67.
20. Pan H. i sur., Cytolytic peptide nanoparticles ('NanoBees') for cancer therapy. *Wiley Interdiscip Rev Nanomed Nanobiotechnol* 3;2011:318–327.

Prevenција

PROFESIONALNIH BOLESTI KOŽE

Marija KUJUNDŽIĆ BRKULJ i Jelena MACAN, Zagreb

Profesionalne bolesti kože (PBK) su jedne od vodećih bolesti vezanih uz rad u zemljama Europske unije. Procjenjuje se da 7 % svih profesionalnih bolesti čine kožne bolesti koje uzrokuju velike poteškoće za oboljele radnike i poslodavce, uz visoke ekonomski troškove koji su procijenjeni na pet milijardi eura godišnje. U europskom izvješću o praćenju rizika (*European Risk Observatory Report*) iz 2009. godine, profesionalne bolesti kože su predstavljene kao neodloživ problem s posebnim osvrtom na rizično zanimanje frizera.

Profesionalne bolesti su kategorija zdravstvenih poremećaja definirana Zakonom o mirovinskom osiguranju (Narodne novine 93/15) i Zakonom o listi profesionalnih bolesti (Narodne novine 162/98, 107/07).

Najčešće PBK su kontaktni dermatitisi nastali kao posljedica kontakta kože s tvarima koje na kožu djeluju alergijski ili iritativno, a u važećoj Listi profesionalnih bolesti u Hrvatskoj uključeni su pod točkom 47: »Bolesti kože uzrokovane tvarima kojima je znanstveno potvrđeno alergijsko ili nadražujuće djelovanje, nes-

ŠTO JE PROFESIONALNA BOLEST?

Profesionalnom bolešću smatra se bolest za koju se dokaže da je posljedica djelovanja štetnosti u procesu rada i/ili radnom okolišu, odnosno bolest za koju je poznato da može biti posljedica djelovanja štetnosti koje su u vezi s procesom rada i/ili radnim okolišem, a intenzitet štetnosti i duljina trajanja izloženosti toj štetnosti je na razini za koju je poznato da uzrokuje oštećenje zdravlja. Izvor: Zakon o listi profesionalnih bolesti (Narodne novine 162/98, 107/07), čl. 2., st. 1. i 2.

pomenutim u drugim zaglavljima«. Profesionalni kontaktni dermatitisi zauzimaju udjel od oko 90–95 % u ukupnom broju PBK i među pet su najčešćih profesionalnih bolesti u Europskoj uniji. Na njihov nastanak utječe vrsta posla, vrijeme izloženosti štetnim tvarima, stanje kože prije zaposlenja, te kontakt sa štetnim tvarima izvan posla. Profesionalni kontaktni dermatitisi su u većini slučajeva lokalizirani na šakama i podlakticama te zbog

TKO SU AUTORICE OVOG ČLANKA?

Prim. dr. sc. Jelena Macan, dr. med., spec. med. rada i sporta, znanstvena savjetnica u trajnom zvanju, predstojnica Jedinice za medicinu rada i okoliša (IMI). Od 2008. godine je s 10 % radnog vremena zaposlena u poliklinici Medicina rada IMI d.o.o. na funkciji direktora poliklinike i specijaliste medicine rada i sporta. Od 2005. godine obavlja poslove stalnog sudskog vještaka iz medicine rada.

Marija Kujundžić Brkulj, ing. med. lab. dijag., zaposlena je u Jedinici za medicinu rada i okoliša (IMI). Od 2013. godine aktivno sudjeluje kao suradnik na stručnim projektima iz područja zaštite na radu.



Slika 1. Kontaktni dermatitis: primjer uznapredovalog kontaktnog dermatita (upalnog procesa zbog kontakta sa štetnom tvari).

toga imaju velik utjecaj na kvalitetu života i radnu sposobnost oboljele osobe (sl. 1.). Stoga, uz zdravstvene poteškoće, često dovode i do društveno-ekonomskih posljedica u obliku čestih bolovanja, gubitka posla, dugih razdoblja nezaposlenosti ili preranog umirovljenja. Najčešći simptomi ove bolesti su crvenilo, svrbež, žarenje, bol, vodeni mjeđurići, zadebljanje, ljuštenje i pucanje kože.

Profesionalne bolesti kože u frizera

Frizerski posao je visokorizično zanimanje za razvoj PBK zbog svakodnevne izloženosti kemijskim i fizičkim agensima koji na kožu mogu djelovati iritativno ili alergijski.

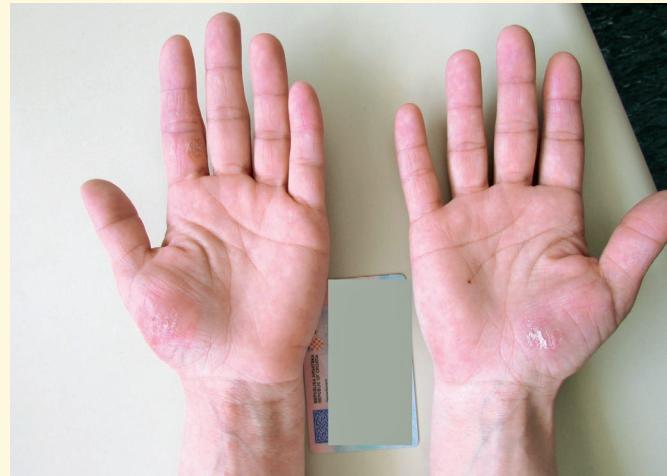
Najčešći alergeni kojima su frizeri izloženi su: parafenilendiamini (PPD) u bojama za kosu, amonijev persulfat u sredstvima za izbjeljivanje kose, tioglikolati u preparatima za trajnu ondulaciju, formaldehid u preparatima za brazilsko ravnjanje kose, konzervansi kokamidopropilbetain (CAPB), parabeni i izotiazolinoni (Kathon CG) u šamponima i regeneratorima, nikal i kobalt u alatima (škare), parfemi, te dodaci gumi (tiurami, merkapto-spojevi, karbamati, antioksidans za gumu) u zaštitnim rukavicama i drugim gumenim proizvodima. Najčešći uzroci iritacije kože u profesionalnim uvjetima su blagi iritansi koji dovode do pojave upale kože tek nakon dugogodišnje kumulativne izloženosti, a među njima se značajem izdvajaju rad u mokrom te kontakt sa sredstvima za pranje (sapuni, deterdženti) i dezinfekciju kože (sl. 2.). Koža ruku frizera izložena je vodi u prosjeku više od dva radna sata dnevno što značajno povećava rizik za pojavu iritacije kože.

Važno je naglasiti da u zanimanju frizera izloženost štetnostima s razvojem PBK započinje već za vrijeme redovnog školovanja tijekom praktične nastave. Uočeno je da razdoblje od početka štetne izloženosti do pojave prvih kožnih simptoma traje prosječno dvije godine, a prvi simptomi bolesti javljaju se prosječno u dobi od 19 godina. Istraživanja ukazuju na povećan rizik za pojavu ekcema šaka u učenika frizera u usporedbi sa starijim frizerima i općom populacijom, zbog izrazite izloženosti kože vodi tijekom obuke.

Jednom nastala PBK u frizera vrlo često ima nepovoljnju prognozu i značajno smanjuje kvalitetu života i radnu produktivnost, a često rezultira gubitkom radne sposobnosti za zanimanje frizera. Zbog toga je učinkovito provođenje mjera zaštite kože pri radu frizera, kao i rano otkrivanje osoba s povećanim rizikom za razvoj ovih bolesti od presudne važnosti.

Aktivnosti IMI-ja u području prevencije profesionalnih bolesti kože u frizera

U Jedinici za medicinu rada i okoliša (IMI) posljednjih se godina intenzivno provode istraživanja radi utvrđivanja učestalosti znakova upale kože u populaciji frizera, kao i načina provođenja



Slika 2. Profesionalni alergijski kontaktni dermatitis u frizera uzrokovan kemikalijom metilizotiazolinonom. Izvor: Medicina rada IMI d.o.o.

mjera zaštite na radu u frizerskim salonima tijekom praktične nastave učenika i tijekom redovnog rada frizera.

S obzirom na rezultate istraživanja naše aktivnosti uključuju edukaciju o štetnostima na radnome mjestu te o mjerama zaštite na radu, odnosno pravilnom korištenju zaštitnih sredstava (zaštitnih rukavica i krema, krema za njegu kože). Cilj ovih aktivnosti je očuvanje zdravlja i radne sposobnosti radnika kroz edukaciju svih dionika u frizerstvu (nastavnika u strukovnim školama, učenika, radnika, poslodavaca, sindikata, liječnika specijalista školske medicine i medicine rada, dermatologa, alergologa).

Projekti

Istraživačke aktivnosti suradnika Jedinice započele su u sklopu međunarodnog projekta EU SafeHair koji se provodio od 2010. do 2012. godine i u kojem je sudjelovalo 19 europskih zemalja. Cilj projekta bio je razvoj zdravstvenih standarda i standarda mjera zaštite na radu za sprečavanje PBK u frizerstvu. U svrhu procjene stanja u provedbi mjera zaštite kože na radu preveden je i tiskan upitnik na hrvatskome jeziku koji su frizeri anonimno popunjivali. U Hrvatskoj je prikupljeno i obrađeno ukupno 213 upitnika, a dobiveni podatci jasno su ukazali na nedostatnost znanja iz područja provođenja učinkovitih mjer zaštite na radu (korištenje osobnih zaštitnih sredstava, poznavanje zdravstvenih rizika radnog mesta frizera i sl.).

Istraživanje je nastavljeno u sklopu internog projekta Jedinice Zdravlje kože na radu kod učenika obrtničkih zanimanja u sektoru osobnih usluga koji se provodio 2015. i 2016. godine. Osim određivanja učestalosti simptoma kožnih bolesti vezanih uz rad i procjene primjene mjera zaštite na radu kod učenika tijekom praktične nastave, u ovom smo istraživanju ispitali učinkovitost zdravstvenih pregleda učenika prije upisa u srednju školu te utjecaj kožnih tegoba na kvalitetu života učenika zanimanja frizera. Rezultati su



Slika 3. Brošura za frizerice »Brinite o sebi« Prevencija kožnih bolesti i ergonomija za frizerice. Izvor: referencijski 7 s popisa literature.

RUKAVICE ZA JEDNOKRATNU UPOTREBU

SAVJETI:

- bacite jednokratne rukavice nakon što ste ih jednom koristili
- stavite zaštitnu kremu nakon nošenja rukavica
- nosite zaštitne rukavice za rad u mokrom kad niste na poslu
- nosite rukavice kad idete vani po zimi
- rane na šakama lijećite odmah i higijenski

coiffure hr ESF JE HODUJE U NJE LJEVEN

pokazali da 91 % učenika nosi rukavice pri bojanju kose, dok samo 45 % ispitanika koristi rukavice tijekom ispiranja boja za kosu, a njih 4 % tijekom pranja kose. Kliničkim pregledom kože šaka opaženo je da su u 40 % učenika prisutni znakovi upale kože, najčešće u vidu crvenila, zadebljanja ili ljuštenja kože. Uočene su manjkavosti liječničkih pregleda prije upisa u školu na kojima se redovito ne obraća pažnja na eventualno prisutne rizične čimbenike za razvoj PBK. Učenici koji su prijavili prisutnost kožnih simptoma imali su niže vrijednosti na skalama samopouzdanja, socijalnog i mentalnog funkcioniranja, a više vrijednosti na skalama anksioznosti i depresije.

Rezultati ovih istraživanja izloženi su dionicima frizerskog sektora u Hrvatskoj kroz suradnju s Hrvatskim sindikatom male prirede, obrtništva, uslužnih djelatnosti i stranih predstavnštava u sklopu projekta *Možemo zajedno! Prvi korak ka učinkovitom socijalnom dijalogu u Hrvatskoj*, financiranog sredstvima Europskog socijalnog fonda. Suradnja je ostvarena organizacijom predavanja na temu unapređenja zdravlja i zaštite na radu u frizerskoj struci. Predavanja su održali suradnici Jedinice na Nacionalnoj konferenciji za socijalni dijalog u Sektoru osobnih usluga, podsektor frizerstvo i kozmetika, održanoj 2016. godine.

Stručne publikacije

Kako su naša istraživanja ukazala na potrebu za edukativnim aktivnostima te za uspostavljanjem učinkovitih programa za sprečavanje PBK u učenika za zanimanje frizera i frizera na nacionalnoj razini, daljnje aktivnosti suradnika Jedinice bile su usmjerene na objavu novih i aktualnih edukativnih materijala u području zaštite kože na radu u frizerstvu.

Tako je za primjenu u strukovnim školama preveden medicinski referentni dokument o PBK u zanimanju frizera koji je objavljen na Sveučilištu u Osnabrücku, Njemačka, u sklopu projekta *SafeHair*. Dokument sažeto prikazuje mehanizme razvoja kontaktnog iritativnog/alergijskog dermatitisa i načine učinkovite prevencije PBK uz slikovit prikaz strukture i funkcije kože.

Osim navedenog dokumenta, u svrhu edukacije učenika i radnika frizera, suradnici Jedinice preveli su na hrvatski jezik brošuru pod naslovom *Brinite o sebi!* koja govori o mjerama zaštite na radu frizera, osmišljenu u sklopu projekta belgijskog udruženja frizera *A Close Shave* financiranog iz sredstava Europskog socijalnog fonda (sl. 3.). U brošuri se slikovito prikazuju načini zaštite kože ispravnim korištenjem rukavica, pravilnim čišćenjem i njegovanjem kože. Brošura se ujedno osvrće i na ergonomске aspekte radnog mjesta radi prevencije mišićno-koštanih bolesti nastalih zbog statičko-dinamičkih opterećenja pri radu frizera.

U suradnji s Hrvatskim zavodom za zaštitu zdravlja i sigurnost na radu i Hrvatskim društвom za medicinu rada Hrvatskog liječničkog zборa, suradnici Jedinice su 2014. godine objavili stručne smjernice pod nazivom *Pristup profesionalnim bolestima kože u medicini rada*. Smjernice su namijenjene prvenstveno edukaciji specijalizanata i specijalista medicine rada i sporta, te su uvrštene u nastavne tekstove za poslijediplomski specijalistički studij Medicina rada i sporta na Medicinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

Radna skupina Ministarstva znanosti i obrazovanja RH, čiji je član bila predstojnica Jedinice prim. dr. sc. Jelena Macan, objavila je 2015. godine jedinstvenu nacionalnu listu zdravstvenih zahtjeva za upis u srednje škole pri čemu se vodila briga i o zaštiti kože, tj. prevenciji PBK u učenika koji upisuju rizična strukovna obrazovanja. Sve navedene publikacije u cijelosti su dostupne na mrežnim stranicama navedenim u popisu literature.

Aktivnosti Jedinice u području zaštite kože na radu u sektoru osobnih usluga nastavljaju se kroz nove međunarodne i nacionalne projekte, a proširit će se i na druga rizična zanimanja (zdravstvene radnike), te na područje prevencije profesionalno uzrokovanih karcinoma kože radnika izloženih Sunčevom zračenju.

Literatura

1. Macan J. i sur., Profesionalne bolesti kože u frizerskom zanimanju – Medicinski referentni dokument. Hrvatski prijevod dokumenta: Sonsmann F., Beaumann A., Wilke A., John S.M., Sulphorst B. Occupational skin diseases in the hairdressing trade – Medical reference document. EU Project SafeHair 2.0, University of Osnabruck (2011). (https://www.imi.hr/wp-content/uploads/2016/08/SafeHair_dokument5.pdf)
2. Bogadi Šare A., Macan J., (ur.). Pristup profesionalnim bolestima kože u medicini rada. Hrvatski zavod za zaštitu zdravlja i sigurnost na radu, Hrvatsko društvo za medicinu rada Hrvatskog liječničkog zbor, IMI, Zagreb (2014). (http://www.hdmr.hz.hr/2014/smjernice_koza.php)
3. Samardžić T. i sur., Skin health and safety at work in Croatian hairdressing apprentices. Contact Dermatitis 75;2016:25–31.
4. SAFEHAIR. Common health and safety development in professional hairdressing in Europe. (<http://www.safehair.eu>)
5. Kujundžić Brkulj M., Macan J., Zaštita kože na radu u hrvatskih frizera (rezultati EvaHair upitnika provedenog u sklopu EU projekta SafeHair). Arh Hig Rada Toksikol 64;2013:295-303. (http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=152802)
6. Macan J., Izvješće o provedenom istraživanju »Procjena učinkovitosti zdravstvenog nadzora učenika frizerskih škola kao mjera prevencije kožnih bolesti povezanih s radom«. IMI, Jedinica za medicinu rada i okoliša (2015).
7. Kujundžić Brkulj M., Macan J., Brinite o sebi! Prevencija kožnih bolesti i ergonomija za frizere. Hrvatski prijevod brošure: Transnational ESF Project »A Close Shave. Take care of yourself!«. Skin prevention and ergonomics for hairdressers. Laminated sheets. Coiffure.org by UBC/UCB vzw-asbl, Belgium (2015). (<https://www.imi.hr/wp-content/uploads/2016/08/brosura-zaIMI2017-1.pdf>)
8. Povjerenstvo za izmjenu i dopunu jedinstvenog popisa zdravstvenih kontraindikacija srednjoškolskih obrazovnih programa u svrhu upisa u I. razred srednje škole (Milanović-Litre I. i sur.). Jedinstveni popis zdravstvenih zahtjeva srednjoškolskih obrazovnih programa u svrhu upisa u I. razred srednje škole. MZO, Zagreb (2015). (https://mzo.hr/sites/default/files/migrated/jedinstveni_popis_zdravstvenih_zahtjeva.pdf)

Znanstvena SVAKODNEVICA, ZBORNIK RADOVA ZA POPULARIZACIJU ZNANOSTI

Sanja STIPIČEVIĆ, Zagreb

»Ne postoji ništa, baš ništa na svijetu s čim znanost ne bi imala veze.«
H. Hesse (1877.-1962.), njem. književnik i dobitnik Nobelove nagrade za
književnost 1946.

Krajem ožujka ove godine Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada (IMI) objavio je popularnoznanstvenu publikaciju pod naslovom »Znanstvena svakodnevica«. Objavljivanje ove publikacije za popularizaciju znanosti i promidžbu znanstveno-stručne djelatnosti IMI-ja u društvu potaknuo je velik interes posjetitelja za javnozdravstvene teme izložene tijekom manifestacija *Dani otvorenih vrata* IMI. Zbornik sadrži deset naslova pod kojima su slikovito opisane zanimljive i korisne znanstvene činjenice i rezultati aktualnih istraživanja kvalitete života u našem podneblju. Radove su napisali znanstvenici IMI-ja opisujući nove spoznaje proizišle iz vlastite istraživačke prakse u području praćenja utjecaja fizičkih, kemijskih i bioloških čimbenika na kvalitetu okoliša i zdravlje organizama. Nakladu zbornika od 1000 primjeraka omogućili su Gradski ured za zdravstvo Grada Zagreba i Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti. Elektroničko izdanje dostupno je na mrežnim stranicama dov.imi.hr i www.imi.hr/hr/izdavastvo.

Aktivnosti za diseminaciju zbornika znanstvena svakodnevica

Zbornik »Znanstvena svakodnevica« ima informativnu i obrazovnu ulogu u društvu jer upoznaje čitatelja sa zbivanjima u suvremeno »opremljenom« okolišu, odnosno s pojavama i agen-



Slika 1.
Naslovnica zbornika
»Znanstvena
svakodnevica«,
IMI, 2017.

simu u zraku, tlu, vodi i hrani kojima smo svakodnevno izloženi. Jasno i utemeljeno je izloženo što nas od svega toga ne treba zabrinjavati, a na što bismo ubuduće trebali više pripaziti. Rezultati istraživanja u znanstvenoj se zajednici dopunjuju i objavljaju svake godine, dok se obvezni nastavni materijal u školama osvježuje novim podatcima svakih nekoliko godina. Ovakva publikacija ubrzava protok korisnih znanstvenih informacija prema svim razinama društva, a osobito je dobrodošla u osnovnim i srednjim školama kao dodatni izvor aktualnih spoznaja. Stoga je zbornik primarno namijenjen podjeli nastavnicima biologije i kemije u školama na području Grada Zagreba i okolnih županija tijekom održavanja županijskih stručnih vjeća nastavnika. U svrhu osvremenjivanja nastave u skladu s novim spoznajama iz područja biomedicine i javnog zdravstva pokrenuta je suradnja IMI-ja s Agencijom za opće obrazovanje (AZOO) i Agencijom za strukovno obrazovanje i obrazovanje odraslih (ASOO).

Zašto je važno popularizirati rezultate znanstvenih istraživanja

Svaka je znanost društveno korisna djelatnost koja omogućava razvoj i napredak zajednice te predstavlja sredstvo kompetitivnosti na svjetskom tržištu. Pritom vrijedi naglasiti da jedno izolirano istraživanje rijetko povlači za sobom izravnu uporabnu vrijednost ili da može značajno utjecati na daljnji tijek razvoja civilizacije. Pomicanje velikog kotača gospodarske i kulturne evolucije, uz neizostavno prizivanje i održavanje ekološke i zdravstvene svijesti, može omogućiti tek zbroj sređenih i uopćenih znanja koja uključuju niz opažanja, pokusa, ponavljanja i objašnjavanja činjenica i pojava u pojedinim dijelovima čovjekova poznavanja prirode i društva. Unatoč skromnom ulaganju u hrvatsku znanost, neupitan je doprinos znanja naših znanstvenika europskoj, pa tako i svjetskoj, piramidi znanstvene publicistike i tijekom prenošenja novih spoznaja unutar znanstvene i stručne zajednice. No, usporedno s time našim se znanstvenicima nerijetko zamjera da nedovoljno ili na nerazumljiv način komuniciraju s javnošću. I zaista, posljedice takve (ne)komunikacije su ozbiljne i brojne, između ostalog, pogrešna percepcija značenja znanosti za svakodnevni život pojedinca, sumnjičavost u vezi svrhe ulaganja državnog budžeta u znanstvena istraživanja, nedovoljna osvještenost okoline o razini iskorištavanja teško obnovljivih resursa kao i brige za vlastito zdravlje i zdravlje budućih generacija te porast broja i utjecaja pseudoznanstvenih tumačenja opaženih promjena u prirodi. Ovo potonje posebno je opasno za nekritičan dio javnosti jer u društvo unosi nemir i paranoju za koje znamo da mogu biti izravni »okidači« raznih bolesti i vrlo lako se šire dalje. U nedostatku aktualne, popularnoznanstvene publicistike, knjižnice i čitaonice popunjavaju svoje police rezervirane za znanost s neutemeljenim sadržajem s ruba znanosti, ili čak paranormalne znanosti, koji bi se pod nekim drugim okolnostima svrstao na police znanstvene fantasti-



Slika 2. Sadržaj zbornika »Znanstvena svakodnevica«, IMI, 2017.

ke i okultizma. Zašto djela s utemeljenim znanstvenim spoznajama tako otežano nalaze put u javnost?

Razlog tomu djelomično proizlazi iz još uvijek prisutnog konvencionalnog okvira znanosti i znanstvenih institucija koji podrazumijeva da se nove spoznaje dijele sa sebi istovjetnom publikom koja ih je »u stanju razumjeti«. Za takvu vrstu prezentacije i »konzumiranja« znanstvenih sadržaja znanstvenik će se zasigurno manje pomučiti nego u situaciji kad istu temu treba izložiti i opravdati pred očima javnosti na pristupačan način. Javna zajednica, a osobito školska, također želi i ima pravo biti upućena u aktualna znanstvena zbivanja u svojoj životnoj okolini. Pritom se još valja prisjetiti da znanje koje se dijeli vrijedi višestruko. Upravo to znači *popularizirati* znanost i njezine najvažnije rezultate, dok uspjeh popularizacije ovisi o količini uloženog vremena za odabir i pripremu društveno korisnih tema, verbalnoj umještosti znanstvenika da praktično i jasno izloži nova znanja te na koncu i o finansijskim mogućnostima za izdavanje pratećeg materijala i diseminaciju tiskovine. Zato to ide tako otežano.

TKO JE UREDNICA OVOG ZBORNIKA?

Dr. sc. Sanja Stipičević, dipl. ing. kemije, znanstvena suradnica zaposlena u Jedinici za biokemiјu i organsku analitičku kemiju (IMI). Bavi se razvojem i validacijom analitičkih metoda za određivanje ostataka pesticida u okolišnim uzorcima te proučavanjem ključnih čimbenika koji utječu na njihovu postojanost i pokretljivost u tlu. Pored znanstvenog rada iznimno se zalaže za institucijsku otvorenost prema društvu, osobito prema obrazovnom sektoru društva, kroz organizaciju i koordinaciju popularizacijskih aktivnosti koje promoviraju rezultate multidisciplinarnih istraživanja IMI-ja i pred neznanstvenom publikom. Od 2014. godine organizira i provodi institutske aktivnosti u sklopu javne manifestacije *Dani otvorenih vrata*.

Deseti

HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP »ZAŠTITA ZRAKA 2017«, PRIMOŠTEN, 3.–7. 10. 2017.

HRVATSKO UDRUŽENJE ZA ZAŠTITU ZRAKA



Na adresi IMI-ja, Ksaverska cesta 2, Zagreb djeluje javna udruga Hrvatsko udruženje za zaštitu zraka (HUZZ). Cilj i svrha djelovanja Udruge je promicanje i razvoj djetalnosti zaštite zraka od onečišćenja, širenje znanja o zaštiti zraka od onečišćenja, popularizacija istog te stručno i znanstveno usavršavanje članova Udruge i ostvarivanje njihovih zajedničkih interesa.

Kontakti: info@huzz.hr • <http://www.huzz.hr>

Hrvatsko udruženje za zaštitu zraka (HUZZ) organizira deseti po redu hrvatski znanstveno-stručni skup s međunarodnim sudjelovanjem "Zaštita zraka 2017". Skup će se održati u Primoštenu od 3. do 7. listopada 2017.

Suorganizatori Skupa su Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Državni hidrometeorološki zavod, European Fed-



Slika 1. Izvor: Turistička zajednica općine Primošten

ration of Clean Air and Environmental Protection Associations (EFCA) i International Union of Air Pollution Prevention and Environmental Protection Associations (IUAPPA), a pokrovitelj Ministarstvo zaštite okoliša i energetike. Poput prethodnih skupova i ovogodišnji X. hrvatski znanstveno-stručni skup "Zaštita zraka 2017" okupit će znanstvenike i stručnjake iz područja onečišćenja zraka koji će prikazati rezultate svog rada, ukazati na postojeće i predviđeni probleme u budućnosti, razmijeniti iskustva s kolegama te zajedno donijeti zaključke i preporuke kako dalje. Sažetci svih izlaganja na Skupu bit će objavljeni u knjizi sažetaka na hrvatskom i engleskom jeziku. U sklopu Skupa održat će se okrugli stol s raspravom o temama Skupa:

1. Upravljanje kvalitetom zraka – inspekcija i nadzor
2. Emisije onečišćenja u atmosferu
3. Onečišćenje vanjske atmosfere – imisije
4. Razvoj i provjera mjernih metoda
5. Procjena izloženosti onečišćenjima u zraku i učinci na zdravlje
6. Zaštita zraka u sustavu prostornog uređenja, graditeljstva i zaštite okoliša
7. EFCA sekcija "Air Quality in Europe – Current State and New Challenges"
8. IUAPPA sekcija "Air Pollution in Cities: International Perspectives".

Tijekom Skupa održat će se i godišnji sastanci EC EFCA i IUAPPA International Board-a.

Detaljnije informacije o skupu mogu se pronaći na stranicama HUZZ-a www.huzz.hr.

DANI OTVORENIH VRATA IMI 2018.

Kontakti

INSTITUT ZA MEDICINSKA ISTRAŽIVANJA I MEDICINU RADA

A: Ksaverska cesta 2, p.p. 291, HR-10001 Zagreb, HRVATSKA

GPS: 45.834890, 15.978234

T: +385 1 4682 550

F: +385 1 4673 303

URL: <https://www.imi.hr/dov2018/>

E: stipicevic@imi.hr (koordinator manifestacije: dr. sc. Sanja Stipičević)

Kako do nas?

Institut se nalazi oko dva kilometra sjeverno od centra grada. Možete koristiti tramvaj – liniju br. 14 od Trga Bana Jelačića (5 stanica, oko 15 min vožnje) ili liniju br. 8 od Autobusnog kolodvora (9 stanica, oko 20 min vožnje).



Najveća radost čovjeku koji razmišlja jest istraživanje i tih poštovanje prema neistraženome.

J. W. von Goethe

