

# PROTEUS

september 2016, 1/79. letnik  
cena v redni prodaji 5,50 EUR  
naročniki 4,50 EUR  
upokojenci 3,70 EUR  
dijaki in študenti 3,50 EUR  
www.proteus.si



*mesečnik za poljudno naravoslovje*

Ekologija

Makrofiti Bohinjskega jezera

Aplikativna biokemija in farmacija

Encimi – obetavne tarče za razvoj novih zdravil

Etika in naravoslovni turizem

Odgovorni naravoslovni turizem  
je naložba v nas same



■ stran 6

Ekologija

## Makrofiti Bohinjskega jezera

*Mateja Germ, Alenka Gaberščik*

Vodne rastline - ali kot jim strokovno pravimo makrofiti - so že od nekdaj prisotne v Bohinjskem jezeru. V prozorni vodi so vidne s prostim očesom tudi do globine deset metrov. Opazujemo lahko vodne mahove, travnike parožnic in semenke, ki uspevajo v plitvejših predelih in oplazijo kopalce, ki se osvežijo v hladni vodi. Vrstna pestrost in globina uspevanja vodnih rastlin se spreminjata. Vzroke lahko iščemo v spreminjanju prozornosti vode, razporeditvi padavin in temperaturnih razmerah. Vodne rastline ugodno vplivajo na razmere v Bohinjskem jezeru, saj pomenijo življenjski prostor za številne bentoške organizme in zato ugodno vplivajo tudi na biotsko pestrost ekosistema. Hkrati utrjujejo jezerske usedline v litoralu in prestrezajo hranila in tako v času največjih obremenitev v poletnem času izboljšujejo stanje jezera.



- 4 Uvodnik  
*Tomaž Sajovic*
- 6 Ekologija  
**Makrofiti Bohinjskega jezera**  
*Mateja Germ, Alenka Gaberščik*
- 13 Geologija v muzejih  
**Popotovanje po moskovskih geoloških muzejih (prvi del)**  
*Mihael Brenčič*
- 19 Aplikativna biokemija in farmacija  
**Encimi – obetavne tarče za razvoj novih zdravil**  
*Kristof Fortuna*
- 28 Analizna kemija in medicina  
**Akutna promielocitna levkemija in arzenov trioksid**  
*Luka Petravič, Jon Škerlj in Špela Turk*
- 36 Etika in naravoslovni turizem  
**Odgovorni naravoslovni turizem je naložba v nas same**  
*Petra Draskovič Pelc*
- 41 Naravoslovje in filatelija  
**Ljudevit Kuščer na poštni znamki**  
*Mitja Jančar*
- 44 Naše nebo  
**Astronomi odkrili planet okoli Proksime Kentavra**  
*Mirko Kokole*
- 46 Table of Contents





Naslovnica: *Medvedji mladič.*  
Foto: Petra Draškovič Pelc.

## Proteus

Izbjava od leta 1933

Mesečnik za poljudno naravoslovje

Izdajatelj in založnik:

Priradoslovno društvo Slovenije

Odgovorni urednik:

prof. dr. Radovan Komel

Glavni urednik: dr. Tomaž Sajovic

Uredniški odbor:

Janja Benedik

prof. dr. Milan Brumen

dr. Igor Dakskobler

asist. dr. Andrej Godec

akad. prof. dr. Matija Gogala

dr. Matevž Novak

prof. dr. Gorazd Planinšič

prof. dr. Mihael Jožef Toman

prof. dr. Zvonka Zupanič Slavc

dr. Petra Draškovič Pelc

<http://www.proteus.si>

[priradoslovno.drustvo@gmail.com](mailto:priradoslovno.drustvo@gmail.com)

© Priradoslovno društvo Slovenije, 2016.

Vse pravice pridržane.

Razmnoževanje ali reproduciranje celote ali posameznih delov brez pisnega dovoljenja izdajatelja ni dovoljeno.

Lektor: dr. Tomaž Sajovic

Oblikovanje: Eda Pavotetič

Angleški prevod: Andreja Šalamon Verbič

Priprava slikovnega gradiva: Marjan Richter

Tisk: Trajanus d.o.o.

Svet revije Proteus:

prof. dr. Nina Gunde – Cimerman

prof. dr. Lučka Kajfež – Bogataj

prof. dr. Tamara Lah – Turnšek

prof. dr. Tomaž Pisanski

doc. dr. Peter Skoberne

prof. dr. Kazimir Tarman

Proteus izdaja Priradoslovno društvo Slovenije. Na leto izide 10 števil, letnik ima 480 strani. Naklada: 2.500 izvodov.

Naslov izdajatelja in uredništva: Priradoslovno društvo Slovenije, Poljanska 6, p.p. 1573, 1001 Ljubljana, telefon: (01) 252 19 14, faks (01) 421 21 21.

Cena posamezne številke v prosti prodaji je 5,50 EUR, za naročnike 4,50 EUR, za upokojence 3,70 EUR, za dijake in študente 3,50 EUR.

Celoletna naročnina je 45,00 EUR, za upokojence 37,00 EUR, za študente 35,00 EUR. 9,5 % DDV in poštnina sta vključena v ceno.

Poslovni račun: SI56 6100 0001 3352 882, davčna številka: SI 18379222. Proteus sofinancira: Agencija RS za raziskovalno dejavnost.

## Uvodnik

### Človek šele v dialogu postane to, kar v resnici je. (Mihail Bahtin)

V uvodniku bomo razmišljali o dveh temeljnih predpostavkah, brez katerih znanost ne bi mogla obstajati, ju pa znanstveniki običajno ne mislijo, saj ju imajo za samoumevni. Razmisleka vredna je prav ta »nemisleča« samoumevnost.

Prva »samoumevna« predpostavka je, da vse živo in neživo na tem svetu predvsem in v prvi vrsti je – filozofi temu »je« pravijo *bit* sveta. Znanost tega svojega temelja, *biti* sveta, sicer – kot je zapisal nemški filozof Martin Heidegger v besedilu *Znanost in osmislitev (Predavanja in sestavki, 2003)* – »nikoli ne more obiti«, je pa ta znanosti – zaradi »vprašanj in metod njenega načina raziskovanja« – »povsem nedosegljiv(-a)«. Znanost *biti* sveta res ne more »videti«, jo pa lahko mislijo raziskovalci. Prvi korak na tej poti je spoznanje, da znanost nikoli ne more zaobjeti »bitne polnosti sveta«. Znanstveniki tako stopijo na pot bivanjskega, filozofskega osmišljanja sebe in svojega početja v svetu. To pa je mogoče le z jezikom: »*Bit* (sveta), ki jo je mogoče razumeti, je jezik/govorica. [...] Jezik/govorica je sredina, v kateri se združujeta jaz in svet, ali bolje: v kateri se predstavljata v svoji izvorni sopripadnosti.« Misel je

zapisal filozof Hans-Georg Gadamer (1900–2002). Prva predpostavka nas je tako pripeljala do druge »samoumevne« predpostavke, da znanosti nikakor ni mogoče početi *brez jezika*. Predpostavka se zdi skoraj nevredna omembe zato, ker prevladuje globoko zakoreninjeno prepričanje, da je jezik le »sredstvo« za ubesedovanje nečesa »bolj pomembnega« – namreč misli. Vendar tako prepričanje spregleduje – kot je zapisal Rastko Močnik (1944–) v prispevku *Znanost in naravni jeziki (Delo, Sobotna priloga, 3. septembra 2016)* –, »da je snov misli jezik [...]. Za jezik to pomeni, da ga ni mogoče ločiti od misli, ki se v njem mislijo [...].« Jezik torej ni »sredstvo« za izražanje misli, ampak je – v svojih konkretnih uresničitvah – misel sama. V svoji knjigi *Marksizem in filozofija jezika* (izšla je leta 1929, zahodna znanstvena javnost jo je spoznala v 70. letih 20. stoletja, v slovenščini pa jo imamo od leta 2008) je misel bolj splošno zapisal že ruski jezikoslovec Valentin Vološinov (1895–1936): »Kjer je znak – tam je tudi ideologija.« Ali bolj razumljivo: Vse človekove ideološke stvaritve – umetnostne podobe, religiozni simboli, različna besedila, šale ... – imajo *pomen*: odražajo in prelamljajo – kot prizma svetlobo – dejanskost oziroma bit, ki obstaja zunaj njih; na krat-

ko, dejanskost *dojemajo in interpretirajo z določenega gledišča*. So torej *znak*, najpomembnejši med njimi pa je *jezik*. In kaj *določa* ta »prelom« dejanskosti v jeziku? Ker je jezikovna skupnost sestavljena iz nosilcev z različnimi družbenimi interesi, ta »prelom« dejanskosti »določa *križanje raznosmernih družbenih interesov*«. Jezik kot ideološki znak je zato vedno arena družbenih bojev.

Vološinov je jezik – v nasprotju z utemeljiteljem modernega jezikoslovja Ferdinandom de Saussurom (1857–1913) – razumel torej v njegovi *dejavni, družbeni razsežnosti*. Nasprotoval je Saussurovemu ločevanju »*jezika*« kot abstraktnega sistema normativnih »*jezikovnih oblik*« (slovnica, slovar) od njegove konkretne *uporabe* ter prepričanju, da je predmet znanstvenega preučevanja lahko le abstraktna, sistemska stran jezika, ne pa njegove konkretne uresničitve (posamična pisna in govorna besedila). Vološinov je Saussura popolnoma upravičeno postavil »na trdna tla«: jezik kot sistem normativnih jezikovnih oblik je »samo znanstvena *abstrakcija*«, ta abstrakcija pa *konkretni dejanskosti jezika* nikakor ne ustreza. Vološinov jo je opisal takole: »Sleherna izjava, ne glede na to, kako pomenljiva in izdelana je sama po sebi, je *zgolj moment nepretrganega govornega in pisnega običevanja* (življenjskega, literarnega, spoznavnega, političnega). To pa je tudi *samo zgolj moment nepretrganega vsestranskega postajanja* danega družbenega kolektiva.« Vsaka izjava in njen pomen sta vedno individualna in neponovljiva. Sta izraz »konkretna zgodovinske situacije«, iz katere sta se porodila. »Od tod izhaja, da pomena izjave ne določajo samo lingvistične oblike, iz katerih je sestavljena – besede, morfološke in sintaktične oblike, glasovi, intonacija –, temveč tudi *zunajbesedni momenti situacije*. Če zgubimo momente situacije, bo za nas izjava postala prav tako nerazumljiva kot v primeru, da bi zgubili njene najpomembnejše besede. Pomen izjave je konkreten – kot tisti zgodovinski trenutek, ki mu ta izjava pripada.« Še posebej pomembno pa je, kako je Vološinov pojmoval *razumevanje* v jeziku: »*Sleherno razumevanje je dialogično*. Na vsako besedo izjave, ki je predmet razumevanja, nekako nanašamo svoje besede, ki ji odgovarjajo. Pomen ne pripada besedi kot taki. Dejansko pripada besedi, ki se razprostira med govornici.« *Pomen se lahko rodi le v dialogu med govornecem in poslušalcem*. Mihail Bahtin (1895–1975) je v tem spoznanju zaslužil človekovo bivanjsko usodo: »Človek šele v dialogu postane to, kar v resnici je – *za druge in za sebe*.« V dialog sta tako stopili *znanosť in filozofija*. Spoznanje pa je tudi politično.

Vološinov je ustvarjal namreč v letih po oktobrski

revoluciji. Revolucija je bila tudi za mnoge mlade intelektualce priložnost in izziv, ki je bil enkrat v 20. stoletju. Želeli so si nič manj kot na novo zasnovati celotna znanstvena področja. Njihov cilj ni bilo suho akademsko raziskovanje, ampak ustvarjanje *znanstvenih teorij o človeku, ki bi lahko pomagale k izgradnji nove socialistične družbe*. O tem je v svoji knjigi *Ustvarjanje mišljenja* (1979) sijajno pisal ruski psiholog Aleksander Luria (1902–1977): »Svojo poklicno pot sem začel v prvih letih velike ruske revolucije. Ta edinstveni dogodek je neizbrisljivo vplival na moje življenje in življenje vsakogar, ki sem ga poznal. / Če primerjam svoje izkušnje z izkušnjami zahodnih in ameriških psihologov, obstaja pomembna razlika. Mnogi evropski in ameriški psihologi so izredno nadarjeni. Kot vsi odlični znanstveniki so prispevali svoj delež pri pomembnih odkritjih. Toda večina jih živi mirno življenje. Njihovi življenjepisi popisujejo njihov poklicni razvoj ter ljudi in dogodke, ki so jih oblikovali: starše, učitelje, poklicne sodelavce, miselne dosežke, pri katerih so sodelovali. Njihovo delo je bilo sestavljeno v glavnem le iz raziskovanja in poučevanja na univerzah. / *Razlika med nami je v družbenih in zgodovinskih dejavnikih, ki so vplivali na nas*. Od samega začetka je bilo očitno, da bom imel malo možnosti za urejeno, sistematično izobraževanje, na katerem temelji znanstveno delovanje. Namesto tega mi je življenje nudilo *čudovito spodbudno okolje dejavne, hitro razvijajoče se družbe*. Vsa moja generacija je bila *prepojena z energijo revolucionarnih sprememb – osvobajajočo energijo, ki jo ljudje čutijo, ko so del družbe, ki je sposobna ustvariti ogromen napredek v zelo kratkem času*.«

Leta 1798 je Immanuel Kant (1724–1804) trdil nekaj podobnega za francosko revolucijo: tudi ta je ljudi navdajala z entuziastično željo po soudeležbi pri ustvarjanju bolj človeške družbe. Ta globoko etični entuziazem je po oktobrski revoluciji postal *spoznavno* vodilo »nove«, družbeno angažirane znanosti. Danes prevladuje popolnoma drugačno *spoznavno* vodilo, namreč brezobzirna tekmovalna akademska »kultura« objavljaj ali pogini«, v kateri tudi Nobelov nagradenec za fiziko Peter Higgs – kot je priznal sam – ne bi nikoli odkril svojega bozona. Kakovost znanstvenih spoznanj očitno določajo – so torej njihov sestavni del – tudi razmere, v katerih raziskujejo znanstveniki. Pot do dobre, družbeno in človeško angažirane znanosti bo lahko tlakovalo le prizadevanje znanstvenikov – in ne samo njih – za take družbene razmere, ki bodo omogočale sprostitve njihovih ustvarjalnih moči.

*Tomaž Sajovic*

# Makrofiti Bohinjskega jezera

*Mateja Germ, Alenka Gaberšič*

Vodne rastline - ali kot jim strokovno pravimo makrofiti - so že od nekdaj prisotne v Bohinjskem jezeru. V prozorni vodi so vidne s prostim očesom tudi do globine deset metrov. Opazujemo lahko vodne mahove, travnike parožnic in semenke, ki uspevajo v plitvejših predelih in oplazijo kopalce, ki se osvežijo v hladni vodi. Vrstna pestrost in globina uspevanja vodnih rastlin se spreminjata. Vzroke lahko iščemo v spreminjanju prozornosti vode, razporeditvi padavin in temperaturnih razmerah. Kljub spremembam pa jezero s svojo mirno lepoto vzame sapo obiskovalcem.

Vode so v dolgih letih oblikovale podobo krajine in že od nekdaj se ob njih naselju-

jejo ljudje. So življenjski prostor mnogih rastlinskih in živalskih vrst in omogočajo življenje tudi ljudem. Jezera se razlikujejo po geomorfoloških lastnostih, kot so globina, površina in oblika, pomembna pa je tudi mineralna zgradba jezerskega dna. Bogastvo rastlin in živali je najpestrejše v obrežnem ali litoralnem pasu jezera. Litoral jezer sega od roba jezerske kotanje do nekaj metrov v globino. Je povezava med kopnim in vodnim ekosistemom in blaži vplive iz zaledja. Ljudje vplivamo na vodne ekosisteme na veliko načinov. Dejavnosti, ki imajo neugodne učinke za ekosistem, so izsekavanje gozdov, osuševanje mokrišč, pozidava, razvoj kmetijstva in izlivi odpadnih vod. Organske odplake prihajajo v vodna telesa iz

*Zeleno jezero kot smagard v tihem zatišju gora. Foto: Alenka Gaberšič.*



gospodinjstev in industrije. Ker je za njihovo razgradnjo potreben kisik, lahko močno organsko onesnaženje povzroči pomanjkanje kisika v vodi, to pa lahko pomeni pogin rib in vodnih nevretenčarjev, ob močnem onesnaženju tudi makrofitov. Za vodne organizme so vode nepredvidljivo okolje zaradi erozije, usedanja delcev, izsuševanja ter velike spremenljivosti v kakovosti vode zaradi sprememb v temperaturi, koncentraciji raztopljenega kisika, pH, hranil ali strupenih kovin. Dejavniki, ki vplivajo na rast makrofitov v jezerih, so izpostavljenost valovom in vetru, svetloba, toplota, vrsta substrata, razpoložljivost plinov (kisika in ogljikovega dioksida), kemizem vode, vsebnost hranil, tekmovanje ter upravljanje z vodnimi ekosistemi.

Bohinjsko jezero je največje stalno naravno jezero v Sloveniji. Od leta 1981 je del Triglavskega narodnega parka. Je tektonsko-ledeniškega nastanka in leži v ledeniški kotlini med Voglom na jugu in Pršivcem na severu. V njem je našla domovanje tudi pestra združba vodnih rastlin.

### Vodne rastline

Vodne rastline ali makrofiti so primarni proizvajalci, dovolj veliki, da jih v vodi opazimo s prostim očesom. To ni taksonomska

opredelitev, saj v skupino vključujemo tako semenke kot praprotnice, mahove in alge. Glede na način pritrjanja in položaj v vodnem stolpcu delimo vodne rastline na: potopljene (submerzne) ukoreninjene, na primer klasasti rmanec (*Myriophyllum spicatum*) in bleščéči dristavec (*Potamogeton lucens*), plavajoče (natantne) ukoreninjene, kot sta beli lokvanj (*Nymphaea alba*) in rumeni blatnik (*Nuphar lutea*), plavajoče (natantne) neukoreninjene, kot so navadni rogolist (*Ceratophyllum demersum*), vodnolečkovke (*Lemna* spp., *Spirodella polyrhiza*) ter emerzne makrofite (helofite ali močvirske rastline), na primer navadni trst (*Phragmites australis*) in trstična pisanka (*Phalaris arundinacea*). Potopljenim in plavajočim makrofitom rečemo tudi hidrofiti ali prave vodne rastline. Nekatere vrste rastejo tako v vodi kot na kopnem. To so rastline z amfibijskim značajem, na primer navadna smrečica (*Hippuris vulgaris*) in širokolistna koščica (*Sium latifolium*). Amfibijske rastline razvijejo različne rastne oblike: vodno potopljeno ali/in vodno plavajočo in kopensko. Nekatere amfibijske rastline pa na isti rastlini razvijejo različne oblike listov, od potopljenih, plavajočih do zračnih. Temu pojavu rečemo heterofilija ali različnolistnost.

*Klasasti rmanec (Myriophyllum spicatum), vrsta, ki jo najdemo v stoječih in tekočih, obremenjenih in neobremenjenih vodab. V Bohinjskem jezeru najpogostejša potopljena višja vodna rastlina. Foto: Mateja Germ.*







*Blešiči dristavec (Potamogeton lucens) tvori obsežne sestoje na zahodnem delu jezera.*

*Foto: Alenka Gaberšič.*

Vse semenke, ki uspevajo v vodi, so sekundarne vodne rastline. To pomeni, da so s kopnega prešle nazaj v vodno okolje, kjer je njihova zgradba postala spet enostavnejša. Tkiva in organi, ki varujejo rastline pred izgubo vode ali premočnim sevanjem, so v vodnem okolju manj pomembni. Rastline, ki rastejo v vodi, imajo v jezerih pomembno vlogo, saj vplivajo na zgradbo in delovanje jezerskih ekosistemov ter so vez med vodo in usedlinami. Bogati, z obrežnim rastlinstvom porasli obrežni pas ob jezeru ima močan vpliv na kakovost vode in življenje v njej, saj se v tem delu zadrži veliko anorganskih in organskih snovi in bakterij. Makrofiti povečajo pestrost življenjskih prostorov ter vplivajo na morfološke, fizikalne in kemijske značilnosti jezer. Omilijo vpliv valovanja, nudijo substrat obrasti in zaščito nevretenčarjem in ribam ter utrjujejo breg. Vodne rastline imajo pomembno vlogo pri pretoku energije in kroženju snovi, saj porabljajo velike količine raztopljenih hranil (fosforne in dušikove snovi), pri fotosintezi nastali kisik pa omogoča prezračevanje vode in usedlin, s tem pa tudi hitrejšo razgradnjo organskih snovi. Makrofiti so tudi pomembni pokazatelji kakovosti vode in sedimenta.

### **Bohinjsko jezero**

Dr. Julius Kugy je v svojem delu *Julijske Alpe v podobi* Bohinj opisal takole: »Bohinjska

*dolina – dolga odprta kotlina, skozi katero se pretaka v skalah rojena Savica s svetlo zelenimi vilinskimi vodami, sočnimi travniki z idiličnim čarom, iz tibega miru pozdravljajoče prijazne vasi, okrog gore slikovitih obrisov, zavite v temne smrekove gozdove, v višavah na oblakih praznični prestol Triglav.*«

Površina Bohinjskega jezera meri 3,28 kvadratnega kilometra, obseg je 11,35 kilometra, njegova prostornina pa znaša 92,5 milijona kubičnih metrov. Leži na nadmorski višini 525 metrov, v zahodnem, najglobljem delu Bohinjske kotline, sredi visokogorskega sveta z vrhovi, visokimi 2.000 metrov. Jezero je tektonsko-ledeniškega nastanka, saj je jezerska kotanja nastala tektonsko, preoblikoval pa jo je Bohinjski ledenik. Ob koncu zadnje poledenitve je bil vodostaj jezera višji za približno 18 metrov in je jezero segalo do zdajšnje Stare Fužine. Bohinjsko jezero meri danes od Ukanca na zahodu do izтока Jezernice oziroma Save Bohinjke pri Sv. Janezu na vzhodu približno 4,3 kilometra, široko pa je do 1,2 kilometra.

Bohinjsko jezero je izrazito pretočno jezero z glavnim dotokom Savico in kraškimi izvirov pod Komarčo ter iztokom Savo Bohinjko. Drugih večjih površinskih dotokov Bohinjsko jezero nima. Več kot tretjina vode priteka v jezero skozi kraške izvire pod jezersko gladino ob severni obali. Savica





*Pri Svetem Janezu se voda poslovi od jezera in se poda na negotovo pot v reko Savo. Foto: Alenka Gaberšičik.*

*Jezero omogoča obiskovalcem različne dejavnosti v, na in ob vodi. Foto: Alenka Gaberšičik.*



zbira vodo predvsem s Komne in Doline sedmerih jezer. Nekaj vode lahko pripišemo tudi občasnim hudournikom ter podvodnim izvirom. Zadrževalni čas vode v Bohinjskem jezeru je približno štiri mesece, kar pomeni, da se voda v jezeru zamenja dva- do trikrat na leto. V Fužinskem zalivu, na najgloblji točki, je jezero globoko 45 metrov, medtem ko je njegova povprečna globina 28 metrov. Pojezerje Bohinjskega jezera meri približno 94,3 kvadratnega kilometra. Večinoma je neposeljeno, velik del sega nad gozdno mejo, zato je tudi dotok hranilnih snovi v jezero zmeren. Količina padavin se zmanjšuje od zahodnega dela z več kot 3.000 milimetrov padavin proti vzhodnemu delu jezera z 2.000 do 2.500 milimetrov padavin na kvadratni meter. Podatki za temperaturo kažejo težnjo naraščanja. Povprečna letna temperatura vode je 8 stopinj Celzija, julijska približno 17 in februarjska samo nekaj nad 1 stopinjo Celzija. Pozimi se površinska voda ohladi in jezero lahko zamrzne za več deset dni. Navadno začne zmrzovati januarja. V obdobju od leta 1961 do 1990 je bilo zamrznjeno v povprečju dobrih 50 dni, v obdobju od leta 1991 do 2000 pa le še 42 dni. V zadnjih dveh desetletjih jezero v posameznih letih ni zamrznilo v celoti, povprečje dni z

ledenim pokrovom pa se je v desetletju od leta 1991 do 2000 zmanjšalo na 31 dni.

Bohinjsko jezero je privlačno za turiste, ki ga obiskujejo v različnih letnih časih, najpogosteje poleti.

### Vodne rastline v Bohinjskem jezeru

Raznolik substrat, dovolj svetlobe zaradi prosojne vode in dovolj hranil nudijo makrofitom ugodne razmere za naselitev. Kopalci vedo, da se je treba (razen na severni obali) do proste vode najprej sprehoditi po zeleni preprogi, šele v večjih globinah, kjer je dno strmo, rastline izginejo. Monitoring ali spremljanje stanja makrofitov poteka v Bohinjskem jezeru že od leta 1996. Z delom sta pričeli pokojna kolegica Olga Urbanc Berčič in Alenka Gaberščik (soavtorica prispevka). Pregled opravimo iz čolna.

Na stanje vodnih makrofitov in močvirsko vegetacijo v obalnem pasu Bohinjskega jezera vplivajo različni dejavniki. Najbolj ohranjen je severni del jezera, medtem ko teče vzdolž južne obale jezera cesta tik nad robom jezerske kotanje, na zahodnem robu v zalivu Ukanc pa so kamp, plaža in počitniško naselje.

Alge parožnice v Bohinjskem jezeru tvorijo obsežne podvodne travnike, katerih primar-

*Zaradi velikosti jezera za podroben pregled litorala potrebujemo čoln z električnim pogonom.*

*Foto: Mateja Germ.*





*Včasih se baterije nepričakovano izpraznijo, zato je treba poprijeti za vesla. Foto: Alenka Gaberščik.*

na proizvodnja se med leti razlikuje. To je povezano z usedanjem suspendiranih snovi in temperaturo vode, manj pa nanje vplivajo spremembe vodne gladine in valovanje. Parožnice so večinoma pionirske rastline. V usedline se pritrjajo z rizoidi. Hranila sprejemajo z nadzemnimi deli, pa tudi preko rizoidov. Ponavadi jih najdemo v vodah, ki so s hranili nizko ali srednje obremenjene. V primeru pospešene evtrofikacije lahko izginejo. Nekatere parožnice lahko preživijo tudi v slanih življenjskih prostorih (na primer v slanih jezerih v Avstraliji). Na morfologijo parožnic vpliva jakost svetlobe, kar je dobro vidno tudi v Bohinjskem jezeru. Pri visoki jakosti svetlobe v zelo plitvi ali prosojni vodi imajo steljke kratke internodije, medtem ko so pri nižji jakosti steljke daljše. Steljke so pogosto inkrustrirane z apnencem, ki se nanje odlaga zaradi rabe bikarbonatnega iona za fotosintezo. Parožnice se med makrofiti pojavljajo najgloblje, celo do globine trideset metrov. Tudi v Bohinjskem jezeru je globina uspevanja največja za parožnice. Globina razširjenosti parožnic pa tudi drugih makrofitov je povezana s svetlobnimi razmerami na rastišču, naklonom dna ter tipom substrata, v katerega se rastline pritrjajo. Mahovi se pojavljajo tam, kjer je dotok

dobro prezračene vode, na primer v predelu, kjer v jezero priteka Savica. V nasprotju z drugimi makrofiti, ki za fotosintezo večinoma uporabljajo bikarbonat, je za mahove vir ogljika ogljikov dioksid, ki ga v poraščenih stoječih vodnih telesih hitro zmanjka.

Primerjava podatkov zadnjih let kaže težnjo upadanja pestrosti makrofitov. V letu 2002 je bilo najdenih devet potopljenih vrst makrofitov, leto in dve kasneje trinajst, osem v letih 2005 in 2006, v letih 2007 in 2009 pa šest oziroma sedem vrst. Od leta 2004 v Bohinjskem jezeru nismo zabeležili lasastolistne vodne zlatice (*Ranunculus trichophyllus*) in pritlikavega dristavca (*Potamogeton pusillus*). Pritlikavi dristavec smo na naše veselje ponovno spet opazili v lanskem letu, zlatico pa v letošnjem letu. Vrste *Chara rudis* v zadnjih pregledih v jezeru nismo več zasledili. Pritlikavi dristavec (*Potamogeton pusillus*), ki je bil v preteklosti na nekaterih predelih Bohinjskega jezera pogosta vrsta, je rastlina, značilna za vode z visoko karbonatno trdoto in ravnijo hranil. Ker so v plitvih zalivih Bohinjskega jezera ustrezne razmere za ukoreninjenje te vrste, predvidevamo, da je njena manjša zastopanost posledica motenj, ki jih povzročajo kopalci. Lasastolistna vodna zlatica (*Ranunculus tri-*



*chophyllus*) in parožnica *Chara rudis* pa sta bili tudi v preteklosti razmeroma redki. Prva se je pojavljala le v zalivu Ukanc, druga pa v bližini čolnarne v bližini cerkve sv. Janeza. In katere so potopljene vrste, ki so v letu 2015 uspevale v Bohinjskem jezeru? Od višjih vodnih rastlin je najpogostejši klasasti rmanec (*Myriophyllum spicatum*). Podvodne travnike tvorita parožnici *Chara delicatula* in *Chara aspera*. Slednja se navadno pojavlja v plitvejši vodi, čeprav se ponekod pojavljata tudi skupaj. V bližini obale na zahodnem delu jezera raste bleščéči dristavec (*Potamogeton lucens*), na južni strani jezera pa alpski dristavec (*P. alpinus*). V letu 2015 se je ponovno pojavila drobna, ozkolistna vrsta dristavca *Potamogeton pusillus*.

### Vodna direktiva

Vodna direktiva je ključni dokument, ki uravnava upravljanje z vodami. Vodne rastline so skupaj s fitobentosom biološki element kakovosti, s pomočjo katerega uvrstimo jezera v enega od petih razredov ekološkega stanja: od zelo slabega do zelo dobrega. Bohinjsko jezero smo v letu 2014 na podlagi fitobentosa in makrofitov uvrstili v zelo dobro ekološko stanje ([http://www.arso.gov.si/vode/jezera/Poro%C4%8Dilo%20JEZERA%20\\_2014\\_za%20splet.pdf](http://www.arso.gov.si/vode/jezera/Poro%C4%8Dilo%20JEZERA%20_2014_za%20splet.pdf)). Torej ima jezero kljub povečanim obremenitvam še vedno dovolj veliko samočistilno sposobnost, naravni proces staranja pa ni bistveno pospešen. Tega žal ne moremo trditi za Blejsko jezero, naše drugo največje naravno jezero v Sloveniji. Vendar pa o tegobah Blejskega jezera v naslednjem članku.

### Zaključek

Vodne rastline ugodno vplivajo na razmere v Bohinjskem jezeru, saj pomenijo življenjski prostor za številne bentoške organizme in zato ugodno vplivajo na biotsko pestrost ekosistema. Hkrati pa utrujejo jezerske usedline v litoralu in prestrezajo hranila ter tako, v času največjih obremenitev v poletnem času, izboljšujejo stanje jezera.

### Literatura:

- Ocena stanja jezer v Sloveniji v letu 2014. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za hidrologijo in stanje okolja, Sektor za kakovost voda, Vojkova 1b, Ljubljana. 2015. [http://www.arso.gov.si/vode/jezera/Poro%C4%8Dilo%20JEZERA%20\\_2014\\_za%20splet.pdf](http://www.arso.gov.si/vode/jezera/Poro%C4%8Dilo%20JEZERA%20_2014_za%20splet.pdf).
- Baatrup-Pedersen, A., Riis, T., 1999: *Macrophyte diversity and composition in relation to substratum characteristics in regulated and unregulated Danish streams. Freshwater Biology*, 42: 375–385.
- Blindow, L., Hargeby, A., Andersson, G., 2002: *Seasonal changes of mechanisms maintaining clear water in a shallow lake with abundant Chara vegetation. Aquatic Botany*, 72: 315–334.
- Braendle, R., Crawford, R. M. M., 1999: *Plants as amphibians. Perspectives in Plant Ecology*, 2 (1): 56–78.
- Brancelj, A., 2007: *Kaj vemo o Bohinjskem jezeru? Svet pod Triglavom*, 8: 8.
- Hutchinson, G. E., 1975: *A Treatise on Limnology. Volume III. Limnological Botany. New York, London, Sydney, Toronto: John Wiley Sons Inc.* 660.
- Melzer, A., 1999: *Aquatic macrophytes as tools for lake management. Hydrobiologia*, 395 (396): 181–190.
- Preston, C. D., 1995: *Ponweeds of Great Britain and Ireland. London: Botanical Society of the British Isles.* 352.
- Remec – Rekar, Š., Bat, M., 2003: *Jezerca. V: Bat, M., (ur.): Vodno bogastvo Slovenije. Ljubljana: Ministrstvo za okolje, prostor in energijo. Agencija Republike Slovenije za okolje.*
- Zorn, M., 2010: *Bohinjsko jezero. DEDI – digitalna enciklopedija naravne in kulturne dediščine na Slovenskem, http://www.dedi.si/dediscina/382-bohinjsko-jezero.*
- Vrhovšek, D., Blaženčič, J., Urbanc – Berčič, O., Kosi, G., Bricelj, M., Brancelj, A., Povž, M., Remec – Rekar, Š., Dobravac, J., Ferjančič, A., Luznar, D., 1991: *Ocenitev stanja in spremljanje procesa eutrofizacije v Bohinjskem jezeru 1986–1990.*
- Wetzel, R. G., 2001: *Limnology. Lake and River Ecosystems. Third Edition. San Diego, San Francisco, New York, Boston, London Sydney, Tokyo: Academic Press.* 1006.

# Popotovanje po moskovskih geoloških muzejih (prvi del)

*Mihael Brenčič*

Današnja Ruska federacija je naslednica Sovjetske zveze in carske Rusije. Čeprav to ni več tako ogromna država, kot sta bili njeni predhodnici, še vedno sega prek celotne Azije in v velik del Evrope ter je še vedno največja država sveta. V tako veliki državi je veliko naravnih bogastev in izjemnih pojavov. Vse to je zanimivo in nenavadno, hkrati pa predstavlja podlago za intenzivno izkoriščanje naravnih bogastev. Še danes približno šestdeset odstotkov bruto domačega proizvoda Ruske federacije temelji na izkoriščanju naravnih virov. A Rusija ni znana le po naravnih bogastvih in brezmejnih prostranstvih. Kdo ne pozna pomembnih ruskih skladateljev, pisateljev in drugih umetnikov, ki so prispevali v zakladnico svetovne umetnosti? In kdo ne pozna ruskih znanstvenikov, ki so prav tako pomembno zaznamovali znanost?

Splet narave, kulture in tudi politične ter vojaške moči ima pogosto za posledico nastanek izjemnih muzejev. Mnoge med njimi bomo našli v Moskvi, ki radovednemu obiskovalcu ponuja veliko kulturnih in znanstvenih užitkov. Mnogi so že slišali za izjemne umetniške zbirke v obeh Tretjakovskih galerijah ali pa v Puškinovi galeriji. Še bolj znane so zakladnice, ki se skrivajo za zidovi Kremlja. Toda poleg vseh teh bogastev Moskva skriva še mnoge druge muzeje, nekateri med njimi so posvečeni različnim umetnikom ali pa posameznim dejavnostim in dosežkom. Poleg vseh teh zbirk Moskva skriva tudi izredno zanimive geološke muzeje. Nekateri izmed geoloških muzejev so stari in svojo tradicijo vlečejo še iz obdobja sanktpeterburške Kunstkamere Petra Velikega. Drugi so nastali v obdobju ekspanzije

sovjetskega socializma pod Stalinovim patronatom.

Ogled moskovskih geoloških muzejev je svojevrstna pustolovščina in izziv. V večmilijonski Moskvi so razdalje velike in obisk terja nekaj vztrajnosti, vzdržljivosti, pa tudi sreče. In časa. Za obisk vseh muzejev si je treba vzeti nekaj dni, pravzaprav si vse lahko ogledaš le, če bivaš v Moskvi daljši čas ali pa obisk večkrat ponoviš. Vsak od muzejev bi si zaslužil poseben in podroben opis, a je njihovo bogastvo preprosto preveliko, da bi bilo možno njihov opis strniti v en sam pregleden članek. Poleg številnih eksponatov, ob katerih le strmiš, pa ob njihovem ogledu prideš tudi do preprostega spoznanja, da je geologija pomembna.

Vsega skupaj bomo v Moskvi našli šest geoloških muzejev, pravzaprav le še pet, o slavi šestega priča samo še njegova mogočna zgradba. Ta je velik razstavni paviljon, ki se nahaja znotraj obsežnega razstavišnega kompleksa, imenovanega VDNKh, v severovzhodnem delu Moskve. Za nerazumljivo kratico, tako značilno za rusko poimenovanje ustanov, se skriva ime »Razstava dosežkov narodnega gospodarstva«. Razstavišče je ob lepem vremenu priljubljena izletniška točka meščanov, pred številnimi razstavnimi paviljoni se tare množica obiskovalcev, ki so si tja prišli ogledat raznovrstne razstave človekove zgodovine, dinozavrov, mamutov ali sodobnega orožja. Nekateri se tja pridejo le sprehajati ali pa kotalkat po obsežnih asfaltiranih površinah, drugi posedajo ob dveh mogočnih vodometih in se nastavljajo sončnim žarkom. V parku si lahko v naravni velikosti ogledate različna letala, nosilno rake-



*Nekdanji paviljon geologije na območju razstavišča VDNKh. Foto: Mihael Brenčič.*

to *Sojuz* ali vesoljski avtobus *Buran*. Nekdaj so bili tukaj razstavljeni dosežki sovjetskega gospodarstva. Tu so bili paviljoni, kjer so se predstavljale različne sovjetske republike in različne veje industrije. Tako se danes sprehajaš mimo zaprtih paviljonov mleka in sira ali pa mesne industrije, na vrhu katerega je velik bronasti kip mogočnega bika skupaj s pastirjem. Na obiskovalca, navajenega današnjega zahodnjaškega potrošništva, te stavbe delujejo bizarno. V veliki beli stavbi, ki se je nekoč imenovala Geološki paviljon, danes domuje Muzej znanosti. To je hiša eksperimentov, v kateri si lahko med drugim iz avtomata kupite tudi hrano, ki jo uživajo člani vesoljske posadke *Mir*, privlači pa predvsem družine z otroki. Čeprav je bila stavba zgrajena že v času Hruščova, pred nami stoji še povsem v maniri stalinskega klasicizma. Deluje orientalsko in s tem simbolizira bogata azijska prostranstva nekdanje Sovjetske zveze. Na vrhu sta postavljena ki-

pa, ki ponazarjata dejavnost geologije. Eden od kipov nad vhodom prikazuje geologa, opremljenega z geološkim klavdivom, nahrbtnikom in geološko karto. Na drugi strani mu dela družbo kip ženske, ki predstavlja alegorijo geologije.

Če o razstavi geologije v VDNKh priča le še razkošna stavba, so drugi geološki muzeji še vedno polni raznovrstnih eksponatov. Oglejmo si najprej državni geološki muzej Vernadskega, ki tako kot večina drugih geoloških muzejev v Moskvi deluje pod okriljem Ruske akademije znanosti. Ustanovljen je bil leta 1759 z donacijo plemiške družine Demidov, lastnikov številnih rudnikov in metalurških obratov na Uralu. Pred ustanovitvijo muzeja so ti rudarski tajkuni odkupili del mineraloške zbirke profesorja Henkela iz Freiberga. Muzej ima za seboj burno zgodovino. Selili so ga sem in tja, deloval je v različnih območjih Moskve in pod po-



*Vhod v državni geološki muzej Vernadskega.*

*Foto: Mihael Brenčič.*

kroviteljstvom različnih ustanov. V devetdesetih letih prejšnjega stoletja ga je država hotela ukiniti, a so uslužbenci muzeja s podporo geologov iz ostalih ustanov in podjetij na javnih demonstracijah to uspeli preprečiti. Muzej je imenovan po verjetno najpomembnejšem ruskem geologu pretekle dobe Vladimirju Ivanoviču Vernadskem (1863-1945), ki velja za enega od začetnikov geokemije ter znanstvenega preučevanja radioaktivnih mineralov in meteoritov. Vernadski je napisal tudi delo *Biosfera*, eno najvplivnejših del s področja filozofije znanosti.

Muzej bomo našli v samem središču Moskve, v manjši stranski ulici v neposredni bližini kremeljskih zidov. Ob prihodu nas pred vhomom v muzej pozdravi širokočelno podporje iz enega od številnih



*Del zbirke malahitov v geološkem muzeju Vernadskega.*

*Foto: Mihael Brenčič.*

ruskih premogovnikov. Med vsemi moskovskimi geološkimi muzeji je ta najbolj moderniziran, tudi zaradi tega, ker intenzivno sodeluje z različnimi šolami in je edini, v katerem bomo našli tudi interaktivne predstavitve. Za razliko od ostalih moskovskih geoloških muzejev so zbirke predstavljene poljudno. Zaradi pomanjkanja sredstev so kustosi muzeja prisiljeni sodelovati z industrijo, ki podpira vzdrževanje posameznih zbirk ter vzpostavitev interaktivnih predstavitev, seveda pa ima to za posledico, da se tu in tam znajde tudi kakšna reklama.

Osrednji del zbirke predstavlja sistematična in lepo urejena mineraloška zbirka, v kateri so predstavljeni primeri vseh skupin mineralov. Čeprav nobeden od eksponatov ne izstopa, so vsi kosi, vsak zase, izjemni. Morda velja omeniti kose malahita in številne različne kremenca.

Manjši del zbirke je namenjen nastanku kamnin, sledi soba, v kateri so predstavljene kamnine iz različnih obdobjev Zemljine zgodovine. Manjši razstaveni prostor je posvečen jantaru. Tu bomo našli izredno lepe primerke z najraznovrstnejšimi žuželkami, ujetimi v jantarno smolo. Velik del muzeja je namenjen geološkim razmeram v širši okolici Moskve. Vsa geološka obdobja, ki nastopajo na tem območju, so predstavljena z eksponati, a predstavitev se ne konča pri kamninah, temveč sega tudi v sedanost. V okviru te predstavitve so prikazani različni vidiki delovanja sodobnega človeka v odvisnosti od geoloških razmer. Zelo zanimiva je manjša soba z umetniško izdelanimi posodami in kosi pohištva iz malahita in ametistov. Nenevaden del muzeja je mineraloška zbirka Sergeja Mihajloviča Mironova, nekdanjega predsednika Sveta Ruske federacije, dejavnega politika in vodje politične stranke Pravična Rusija, ki je po poklicu geofizik. Muzej skrbi za njegovo zbirko, v zameno pa je ta razstavljena in dostopna javnosti. V njej najdemo predvsem eksponate z območja Daljnega vzhoda Rusije, kot so različna

okremenjena debla, kremenovi minerali in primeri samorodnih kovin. Vodič po muzeju vas popelje še v kletne prostore, kjer se nahaja muzej premogovništva. V njem je na kratko predstavljena zgodovina izkoriščanja premogov. V tem delu je obiskovalcu na voljo simulacija rudniškega jaška. Obiskovalce opremijo s čelado in zaščitnim jopičem ter jih namestijo v imitacijo rudniškega dvigala. Med navideznim spustom na stenah dvigala teče projekcija spuščanja v rudniški jašek, poleg tega pa se dvigalo še temeljito tresse. Nato te stlačijo še v manjši rov, v katerem sledi obvezno fotografiranje. Ko se zopet »dvigneš« na površje, dobiš diplomu, ki dokazuje, da si bil v rudniku, in fotografijo kot dokaz. Muzej ima lastno dvorano, v kateri občasno potekajo simfonični koncerti, na njenih stenah so vklesana imena vseh geologov akademikov, od ustanovitve akademije znanosti dalje.

Fersmanov mineraloški muzej leži v parku pod Vrabčevimi gorami na levem bregu reke Moskve. Nahaja se v palači Neskučnoye, nekdanji maneži in plesni dvorani grofov Orlovov, ki je nato z odkupom prešla v last carske družine, po revoluciji pa v roke države in nato v upravljanje Ruske akademije znanosti, ki je vanjo namestila mineraloški muzej. Ta je danes poimenovan po akademiku Aleksandru Jevgenjeviču Fersmanu (1883–1945), pomembnem mineralogu in petrologu, ki je opisal številne minerale ter odkril nekatera pomembna rudišča v Sibiriji. V svojem času je bil znan kot pomemben organizator raziskovalnih ekspedicij, ki so bile poleg raziskav rudišč namenjene tudi zbiranju eksponatov za muzej. Bil je tudi prizadeven populizator geologije in mineralogije. Napisal je številne knjige, eno od njih, *Из življenja kamnov*, imamo prevedeno tudi v slovenščino. Pred drugo svetovno vojno jo je prevedel in dopolnil asistent na tedanji Univerzi kralja Aleksandra pater Janez Žurga. To je tudi ena prvih poljudnih znanstvenih knjig s področja geologije v slo-

venščini.

Začetki zbirke muzeja segajo v leto 1716, ko je bil ustanovljen Mineraloški kabinet Kunstkamere v današnjem Sankt Peterburgu. Zbirko so leta 1934 v celoti preselili v Moskvo, v prostore, v katerih je še danes. Današnja zbirka šteje okoli 140.000 kosov, kar jo uvršča med največje mineraloške zbirke na svetu. Seveda je zaradi prostorske stiske razstavljen le del eksponatov. In zbirka z raziskovalnimi ekspedicijami, donacijami, nakupi in izmenjavami še vedno raste. Muzej ima tudi svojo lastno raziskovalno skupino, ki vsako leto opiše več deset novih mineralov.

Ko obiskovalec vstopi v dvorano, v kateri je zbirka, je nekoliko presenečen. Pred seboj zagleda dolgo enoprostorno dvorano, v kateri so druga poleg druge natlačene številne razstavne omare. Na prvi in hitri pogled dobi občutek, da je vse brez repa in glave in naloženo drugo preko drugega. Parket poklja, razstavne omare so lesene in stare, kot bi stopil za nekaj desetletij v preteklost. Vse razlage so napisane na kartončkih, razstavljene fotografije pa so črno-bele, razvite na fotografski papir. Ta vtis je posledica velike

prostorske stiske, v kateri se zbirka nahaja, in tudi velike finančne stiske, v kateri se je po razpadu Sovjetske zveze znašla skoraj celotna ruska znanost. A entuziazem kustosov muzejev je neizmeren. Prvi vtis je varljiv. Ko se zazreš v vitrine, opaziš izjemne eksponate, ki jim lahko zavidajo tudi najbogatiji muzeji. Čeprav je zunanost skromna, je vsebina izredno bogata. Le upamo lahko, da bo ob svoji tristoti obletnici muzej deležen večje pozornosti države.

Zbirka je vsebinsko razdeljena v več poglavij. Takoj za vhodom te sprejme zbirka meteoritov, ki je le del velike zbirke, s katero upravlja Inštitut za geokemijo. Večji del zbirke se nahaja drugod, v stavbi inštituta. Zbirka je imenovana po Vernadskem, ki je začel z njihovim sistematičnim zbiranjem in njihovimi sodobnimi mineraloško-petrološkimi analizami. V stavbi inštituta je zbirka - poleg kosov, ki so razstavljeni v Fresmanovem mineraloškem muzeju - občasno tudi na ogled in jo lahko uvrstimo v enega od moskovskih geoloških muzejev. Gre za eno najstarejših in največjih zbirk meteoritov na svetu, ki šteje več kot 25.000 kosov, ki izvirajo iz več kot 800 meteoritov. Takoj za temi razstavnimi eksponati sledijo vitrine,



*Fersmanov mineraloški muzej.*

*Foto: Mihael Brenčič.*





*Fersmanov mineraloški muzej. Foto: Mihael Brenčič.*

ki predstavljajo nove pridobitve, zgodovino muzeja, minerale, poimenovane po znanstvenikih, ki so ali še delujejo v muzeju, minerale, ki so bili v zadnjem času odkriti na ozemlju Rusije, in minerale, ki jih je moč najti na širšem območju Moskve.

Osrednji del zbirke predstavlja prikaz sistematike mineralov. V tem delu so razstavljeni minerali v skladu s sodobno, splošno sprejeto sistematiko, ki temelji na strukturi. Ta del zbirke šteje več kot 3.000 kosov in prikazuje vse pomembne minerale, ki večinoma izvirajo z območja nekdanje Sovjetske zveze. To sistematiko dopolnjujeta še dve sistematični predstavitvi. Prva prikazuje kemijsko sistematiko, na podlagi katere so prikazani minerali, ki vsebujejo posamezne kemijske elemente. Drugi sistematični prikaz podaja minerale z različnimi singonijami – oblikami kristalov. Poleg tega so prikazani še minerali glede na okolje svojega pojavljanja, bodisi da gre za minerale skorje bodisi plašča. V tem delu zbirke je morda najbolj atraktiven velik kos visokometamorfne kamnine skarn z vključki bleščecih se diamantov. Zelo privlačen del zbirke je imenovan *Pestrost mineralov*. Ta del ni namenjen sistematiki, temveč prikazu pestrosti

pojavljanja mineralov in vseh mogočih oblik, ki kar plenijo pogled. V posebnem delu so prikazani tudi minerali glede na svoj geografski izvor, vitrine prikazujejo najpomembnejše minerale petih celin. In ko si že skoraj na koncu dvorane, se znajdeš še pred posebnimi tematskimi zbirkami. Najprej so predstavljeni minerali glede na naravo pojavljanja. Tako lahko vidimo različne pojavne oblike kalcita, vezane predvsem na kraške pojave, nato pa prav tako z območja krasa še kristale aragonita. Prikazani so tudi minerali, ki se pojavljajo v različnih sistemih, ki so vezani na človekovo delovanje, na primer oborine v različnih ceveh. Sledi prikaz dragih in poldragih kamnov ter izdelkov umetne obrti. V navidez neuglednih vitrinah se skrivajo velike dragocenosti: nakit, kipci, broške, vaze, pohištvo, med njimi je tudi Fabergejevo jajce, ki je bilo nekoč v lasti carjev Romanovov. In čisto za konec, pred vstopom v knjižnico muzeja, še prikaz fosforescence in fluorescences mineralov. Svetloba, kot bi si jo izmislil. Pred teboj živo zažarijo cele vitrine. Za natančen ogled Fersmanovega mineraloškega muzeja bi obiskovalec potreboval nekaj dni, število razstavljenih eksponatov je preveliko, da bi si jih lahko ogledal le ob enem obisku. Prav tako je obiskovalcu ponujenih veliko informacij, ki jih je v času nekajurnega obiska nemogoče absorbirati.

*(Nadaljevanje v naslednji številki.)*

# Encimi – obetavne tarče za razvoj novih zdravil

Krištof Fortuna

Encimologija je veja biokemije, ki se ukvarja s preučevanjem encimov. Pri mnogih bolezenskih stanjih, zlasti tumorjih, je med drugimi encimi povišana tudi aktivnost encima katepsina X. Z zaviranjem aktivnosti encimov s pomočjo zaviralcev (inhibitorjev) lahko zdravimo te bolezni. Iskanje novih encimskih zaviralcev je kompleksen proces, ki zahteva inovativne pristope. S premišljenim načinom smo uspeli narediti pomemben korak na poti iskanja novih zaviralcev katepsina X kot potencialnih zdravilnih učinkovin.

Proteini so najštevilčnejše in po funkciji najbolj raznolike molekule v celicah. Sestavljeni so iz aminokislin, ki so med seboj povezane s peptidnimi oziroma amidnimi vezmi, in se razlikujejo po velikosti (največji človeški protein je titin, ki ga najdemo v mišicah, sestavljen je iz kar 27.000 aminokislin). V celicah se proteini lahko nahajajo v jedru, citoplazmi ali pa na/v celični membrani. Glede na vlogo jih razdelimo v več razredov. Strukturni proteini v celici opravljajo oporno funkcijo (na primer keratin in kolagen). Transportni proteini služijo za prenos snovi (na primer hemoglobin po krvi prenaša ki-

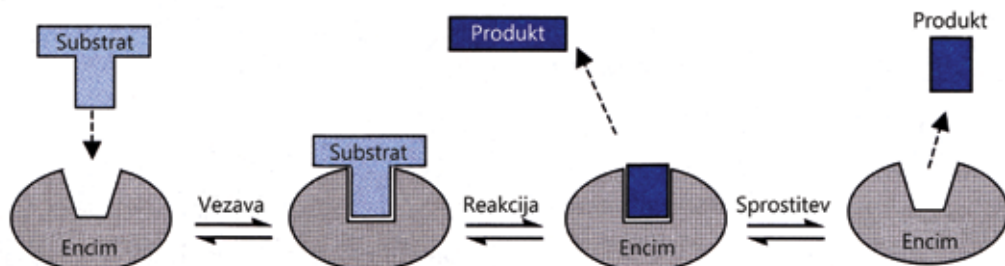
sik, lipoproteini lipide, membranski proteini prenašajo snovi preko membran). Proteini, ki se vežejo na DNA, uravnavajo izražanje genov (na primer receptorji steroidnih hormonov), proteini, udeleženi pri obrambi, so protitelesa oziroma imunoglobulini. Primera proteinov, ki s spreminjanjem kemijske energije v mehansko omogočajo gibanje, sta miozin in aktin v mišicah. Proteini za prenos signala so med drugimi tudi receptorji (na primer receptor za inzulin). Med vsemi proteinskimi molekulami pa najpomembnejšo vlogo v metabolizmu in uravnavanju procesov opravljajo encimi.

Encimi so biološki katalizatorji, ki v celicah pospešujejo biokemijske reakcije (na primer tako, da reaktante pravilno orientirajo), ki so pod fiziološkimi pogoji sicer izrazito počasne. Encimsko katalizirana reakcija se začne z vezavo substrata na encim, kjer preko vmesnega stanja poteče reakcija. Novonastali produkt se nato sprosti iz aktivnega mesta, encim pa iz reakcije izstopi nespremenjen.

Hitrosti encimskih reakcij so sicer omejene, vendar so znane reakcije, ki so celo

*Grafični prikaz encimske reakcije.*

*Povzeto po Graham, L. P., 2013: An introduction to medicinal chemistry (peta izdaja).*



$10^{11}$ -krat hitreje kot brez encima. Zaradi velike kompleksnosti metabolnih poti (zaporedij več biokemijskih reakcij) v organizmu encimi navadno delujejo v skupinah. Kot primer omenimo glikolizo, pri kateri glukoza, ki ima skelet iz šestih ogljikovih atomov, razpade v dve molekuli s skeletom iz treh ogljikovih atomov (piruvat), pri tem pa nastaja energija v obliki molekule ATP. V glikolizo je vključenih deset različnih encimov.

Encime lahko glede na vrsto reakcije, ki jo katalizirajo, razdelimo v šest skupin. Oksidoreduktaze katalizirajo oksidacije in redukcije – reakcije, pri katerih se prenašajo elektroni (na primer laktat dehidrogenaza), transferaze katalizirajo prenos funkcionalne skupine iz ene molekule na drugo (na primer protein kinaze), hidrolaze katalizirajo

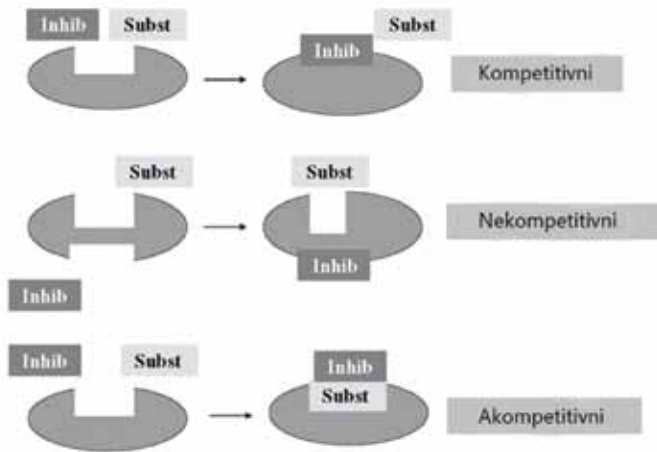
hidrolitični razcep vezi – hidrolizo (na primer ATPaze), izomeraze pa pretvorbo enega izomera v drugega s prenosom skupin znotraj molekule (na primer fosfoglukomutaza). Liaze oziroma sintaze katalizirajo tvorbo različnih vezi brez potrebne dodatne kemijske energije (na primer karboanhidraza), ligaze oziroma sintetaze pa pri tem porabljajo kemijsko energijo v obliki ATP (na primer glutamin sintetaza).

Encimi za svoje delovanje pogosto potrebujejo tudi neaminokislinske sestavine. To so kofaktorji – organske molekule ali kovinski ioni, ki s svojimi kemijskimi lastnostmi sodelujejo pri kataliziranju različnih reakcij. Prostetične skupine so v aktivnem mestu prisotne stalno, koencimi pa se tja vežejo le začasno, ko poteka reakcija. Med kovinskimi ioni so najpogostejši železovi, magnezijevi, cinkovi in še nekateri drugi.

Aktivno mesto je žep ali vdolbina na encimu, kjer poteka kataliza vezanega(-ih) substrata(-ov). Ponavadi kaže bolj hidrofobne lastnosti kot površje encima, saj mnoge reakcije ne bi mogle potekati ob prisotnosti vode. Aminokisliline, ki sestavljajo aktivno mesto, s šibkimi interakcijami vežejo molekulo substrata ali pa so vključene v sam mehanizem katalize. Aktivno

Skupina	Tip reakcije
1 Oksidoreduktaze	<p>○ = Redukcijski ekvivalent</p> <p>Ared + Box ⇌ Aox + Bred</p>
2 Transferaze	<p>A-B + C ⇌ A + B-C</p>
3 Hidrolaze	<p>A-B + H<sub>2</sub>O ⇌ A-H + B-OH</p>
4 Liaze (sintaze)	<p>A + B ⇌ A-B</p>
5 Izomeraze	<p>A ⇌ Iso-A</p>
6 Ligaze (sintetaze)	<p>A + B + XTP ⇌ A-B + XDP</p> <p>X = A, G, U, C</p>

*Šest skupin encimov s shematsko prikazanimi reakcijami. Povzeto po Koolman, J., in sod., 2005: Color Atlas of Biochemistry.*



*Prikaz delovanja glavnih tipov encimskih zaviralcev (inhibitorjev). Povzeto po [http://what-when-how.com/wp-content/uploads/2012/08/tmp9db750\\_thumb.png](http://what-when-how.com/wp-content/uploads/2012/08/tmp9db750_thumb.png) dne 10. julija 2016.*

mesto je selektivno (prepozna skupino podobnih substratov) ali specifično (prepozna le eno vrsto substrata).

Med substrate, na katere delujejo encimi, sodijo hranila, ki jih encimi najprej razgradijo na manjše gradbene enote. Te celica nato uporabi za izgradnjo snovi, ki jih potrebuje. To so lahko ogljikovi hidrati, lipidi, proteini ali nukleinske kisline. Z oksidacijo hranil, pri kateri prav tako sodelujejo encimi, pa celica pridobiva energijo.

Dobro poznavanje delovanja encimov omogoča njihovo najrazličnejšo uporabo na različnih področjih, na primer v živilstvu in industriji. Aktualna je na primer uporaba proteaz, ki jih dodajajo pralnim praškom, da razgradijo madeže trave in krvi. Zares pomembna pa je uporabnost encimov pri odkrivanju in zdravljenju različnih bolezni. Pri mnogih rakavih obolenjih (ter drugih boleznih) so namreč odkrili občutno povečano koncentracijo nekaterih encimov. Pri boleznih, kjer je delovanje encimov prekomerno, lahko encimsko aktivnost uravnavamo z zaviralci. Encimski zaviralci so spojine, ki znižajo hitrost encimsko kataliziranih reakcij in so lahko reverzibilni ali ireverzibilni. Podobno kot substrati so tudi zaviralci lahko specifični ali selektivni. Ireverzibilni zaviralci tvorijo kovalentne vezi v aktivnem mestu encima, s čimer ga trajno inaktivirajo. Primer takega zaviralca je acetilsalicilna

kislina, ki se kot glavna zdravilna učinkovina nahaja na primer v aspirinu. Reverzibilni zaviralci se na encim vežejo s šibkimi interakcijami in koncentracijsko odvisno zmanjšujejo encimsko aktivnost, saj ne ostanejo v aktivnem mestu, temveč se iz njega stalno umikajo. V terapiji so zaželeni močni reverzibilni zaviralci, saj z njihovo množino lahko vplivamo na moč zaviralnega (inhibitornega) delovanja. V splošnem poznamo tri glavne tipe reverzibilnih zaviralcev: kompetitivne, nekompetitivne in akompetitivne zaviralce. Kompetitivni zaviralec je strukturno podoben substratu in z njim tekmuje za aktivno mesto encima, nekompetitivni zaviralec se veže na drugem (alosteričnem) delu encima in preko verižnega premika kemijskih vezi vpliva na katalitično delovanje encima, akompetitivni zaviralec pa se na encim veže, ko je substrat že v aktivnem mestu encima (veže se na kompleks encim-substrat), s tem pa upočasni encimsko reakcijo.

### Raziskovanje zaviralcev katepsina X

Razvoj novih zdravil je zahteven in dolgotrajen proces, v katerem je po določitvi biološke tarče za določeno bolezen treba razviti primerno metodo za iskanje zdravilne učinkovine in to tudi najti. Naše raziskovanje, ki smo ga opravljali v laboratorijih Fakultete za farmacijo Univerze v Ljubljani, je temeljilo

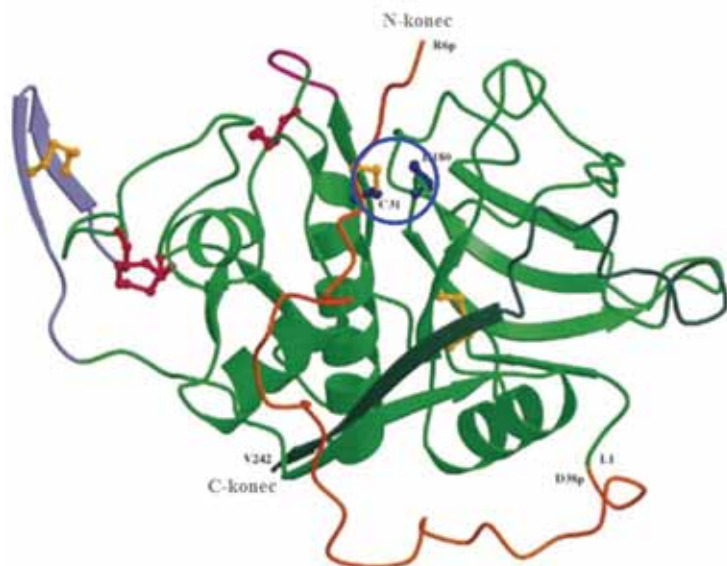


na preučevanju zaviralcev encima katepsina X, ki sodi v družino proteaz.

Proteaze so encimi, ki katalizirajo hidrolizo peptidne vezi v polipeptidni verigi. Udeležene so pri uravnavanju pomembnih bioloških procesov, kot so preoblikovanje tkiv, angiogeneza (nastajanje novih žil), imunski odziv, oploditev, razvoj zarodka, rast in staranje. Sodelujejo tudi pri delitvi, selitvi in vstopanju v tkiva (invazija) tako pri normalnih kot rakavih celicah, njihova aktivnost v zdravih celicah pa je skrbno nadzorovana z aktivatorji in zaviralci. Pri številnih boleznih, kot so ateroskleroza, revmatoidni artritis, multipla skleroza, diabetes, Alzheimerjeva bolezen, mišična distrofija, nevrološke motnje, osteoporozna, alergične reakcije in rak, pa je delovanje proteaz prekomerno ali nepravilno. Njihova povečana prisotnost v tkivih ali serumu bolnikov zato predstavlja pomemben diagnostični in prognostični potencial. V primerih povečane aktivnosti proteaz – predvsem pri nekaterih rakavih obolenjih – intenzivno iščejo nove specifične proteazne zaviralce.

Katepsini so skupina lizosomskih proteaz, ki jih delimo glede na aminokislino v njihovi

vem aktivnem mestu. Katepsin X v aktivnem mestu vsebuje aminokislino cistein, zato ga uvrščamo v razred cisteinskih proteaz. Sodeluje predvsem pri razgradnji telesu lastnih in tujih proteinov v kislem okolju lizosomov. V višjih koncentracijah je katepsin X prisoten v pljučih, jetrih, ledvicah, trebušni slinavki, debelem črevesju, maternici, jajčnikih, perifernih levkocitih, prostati, tankem črevesju in vranici. Izražen je tudi v celicah imunskega sistema, predvsem v monocitih, makrofagih in dendritičnih celicah, kar kaže na njegovo pomembno vlogo v procesih vnetja in imunskega odgovora. V povišanih koncentracijah je prisoten pri raku prostate, želodca, dojke, ledvic, in melanomu, kjer je vpleten pri rasti in napredovanju tumorjev. Kljub temu, da mehanizem delovanja katepsina X pri rakavih obolenjih še ni pojasnjen, je znano, da ta ne vključuje razgradnje proteinov zunajceličnega okolja, kar je značilno za ostale katepsine. Pri tumorjih so kot substrat katepsina X do sedaj odkrili tumorski zaviralec profilin-1, protein, ki sodeluje pri vezavi na aktin in vpliva na zgradbo citoskeleta. Z odcepljenimi aminokisljinami profilin-1 ni več sposoben zavirati rasti tu-



*Shematski prikaz strukture prokatepsina X. Legenda: proregija (svetlo rjava barva), aktivni encim (zelena barva), končnih 25 AK (temno zelena barva). Z modro barvo je obkroženo aktivno mesto. Povzeto po Sivaraman, J., in sod., 2000: Crystal Structure of Human Procathepsin X: A Cysteine Protease with the Proregion Covalently Linked to the Active Site Cysteine.*

morskih celic. Povečana aktivnost katepsina X je prisotna tudi v osrednjem živčnem sistemu pri bolnikih z živčnodegenerativnimi obolenji, kot je Alzheimerjeva bolezen.

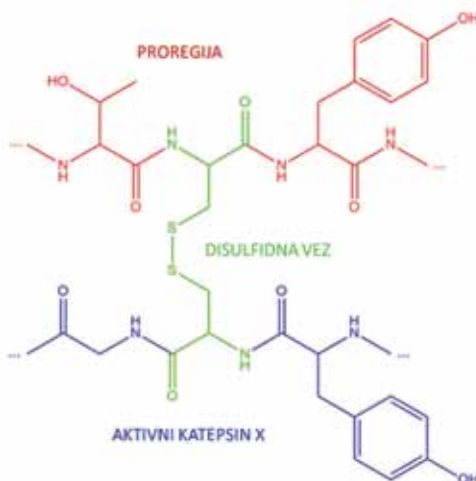
Človeški katepsin X ima zanimive strukturne in funkcionalne lastnosti, ki ga razlikujejo od ostalih cisteinskih katepsinov. Aktivni (zreli) encim predstavlja 242 aminokislin. Edinstvenost katepsina X v primerjavi z ostalimi katepsini je v končnih 25 aminokislinah, ki se ne ujemajo z nobenim do sedaj znanim proteinskim zaporedjem. Proregija katepsina X je najkrajša med vsemi proregijami cisteinskih katepsinov, saj jo sestavlja le 38 aminokislin. Prokatepsin X je neaktivna oblika encima, ki ima v aktivnem mestu vezano proregijo, ki prav tako vsebuje cistein. Ta se z disulfidno vezjo poveže s cisteinom v aktivnem mestu encima. Proteinska disulfidna vez (tudi S-S vez ali disulfidni most) je kovalentna vez med tiolnima skupinama (-SH) dveh cisteinov.

Najbolj znani zaviralec cisteinskih proteaz, in s tem tudi katepsina X, je E64 (trans-epoksikuscinil-L-levcilamido-(4-gvanidino)butan). Ta se v lizosomih z zelo reaktivno epoksi skupino kovalentno, selektivno in

ireverzibilno veže v aktivno mesto katepsina X. AMS36 je specifični zaviralec katepsina X, ki se prav tako kot E64 v aktivno mesto katepsina X veže kovalentno in ireverzibilno z epoksi skupino. Tako E64 kot AMS36 sta modelna zaviralca katepsina X, ki ju uporabljamo zgolj v raziskovalne namene v biokemiji. V terapiji pa se zaviralci katepsina X še ne uporabljajo. Z modeliranjem *in silico* sta bila na Fakulteti za Farmacijo Univerze v Ljubljani tripeptida Thr-Cys-Ser (TCS) in Thr-Cys-Thr (TCT) zasnovana kot potencialna reverzibilna zaviralca katepsina X. Za osnovo je bila vzeta proregija prokatepsina X. S tem ko slednja prekriva aktivno mesto encima, onemogoči dostop substratom. Z modeliranjem krajših peptidov, ki vsebujejo cistein, bi poleg tvorbe disulfidne vezi dosegli tudi popolno prileganje v aktivno mesto katepsina X. Slabost krajših peptidov v primerjavi s proregijo je v manjšem številu interakcij z encimom, prednost pa v tem, da se v aktivno mesto bolj prilegajo.

### Pristop k iskanju novih zaviralcev

Z uporabo substrata, ki ga katepsin X razgradi na merljivi produkt, smo optimizirali encimsko metodo za preizkušanje novih



*Disulfidna vez (zelena barva) med cisteinom v aktivnem mestu (modra barva) in cisteinom v proregiji (rdeča barva). Narisano s programom ChemBio3D Ultra - različica 12.0, CambridgeSoft.*

potencialnih encimskih zaviralcev. Optimizirana metoda pomeni uporabo najmanjših možnih množin encima in substrata, torej znižanje stroškov raziskav, in omogoča reševanje visokih zmogljivosti, s čimer lahko izmed več deset tisoč spojin identificiramo aktivne molekule. Z optimizirano metodo smo preizkušali dva potrjena zaviralca katepsina X, AMS36 in E64, ter ugotavljali, ali je encimska metoda primerna. Izračunali smo relativne zaviralne aktivnosti omenjenih zaviralcev glede na različne reakcijske parametre. Ker je znano, da sta zaviralca AMS36 in E64 ireverzibilna, saj vsebujeta reaktivno epoksi skupino, smo pričakovali dobre zaviralne aktivnosti pri obeh. Prvič smo tudi določili zaviralni aktivnosti dveh novih potencialnih zaviralcev – tripeptidov TCS in TCT. Disulfidna vez, ki jo tripeptida tvorita s cisteinom v aktivnem mestu

encima, je v reducirajočih pogojih (preprečujejo ponovno vezavo prorengije z aktivnim mestom) reverzibilna, zato smo pričakovali nižje zaviralne aktivnosti kot pri AMS36 in E64.

Naše raziskovanje je temeljilo na pipetiranju raztopin encima, substrata in zaviralcev na vdolbinice na mikrotitrski ploščici, na kateri je potekala analiza. Ker katepsin X za svoje delovanje potrebuje reducirajoče okolje, smo delovnim raztopinam dodali tudi L-cistein. Med optimizacijo metode smo preizkušali različna razmerja med encimom in substratom.

Za preizkušanje novih potencialnih zaviralcev se uporabljajo sintezni substrati, ki jih katepsin X cepi podobno kot druge polipeptidne substrate. Njihov sestavni del je fluoroformna skupina, ki po vzbuditvi cepljenega produkta oddaja svetlobo. Specifičen

*Shematski prikaz sestavnih delov encimske metode. Narisano s programom Microsoft Office Powerpoint.*

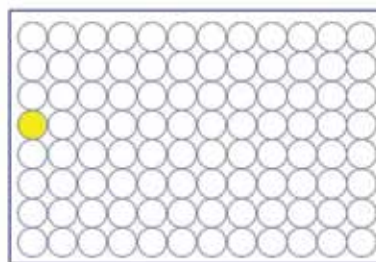
### katepsin X:

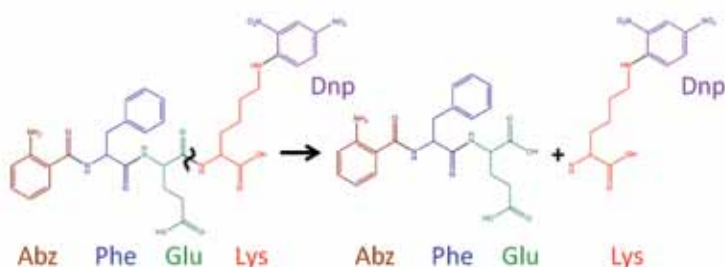


### potencialni inhibitor:

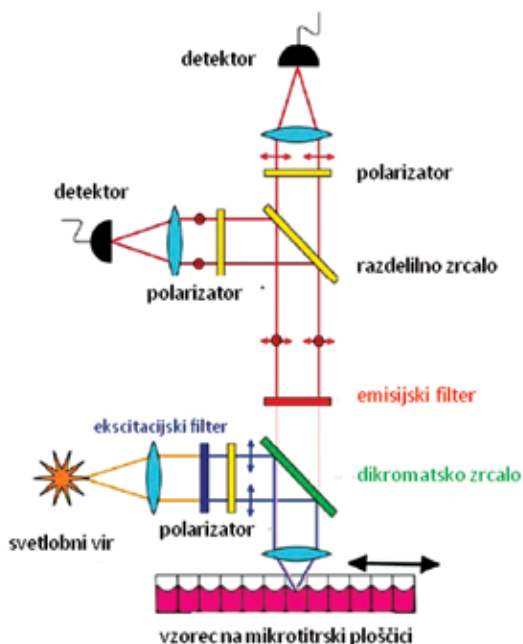


### substrat:





Grafični prikaz encimske cepitve substrata; črna krivulja prikazuje vez, ki jo cepi katepsin X. Narisano s programom ChemBio3D Ultra - različica 12.0, CambridgeSoft.



Princip merjenja fluorescence. Povzeto po [https://www.semrock.com/Data/Sites/1/semrockpdfs/whitepaper\\_fluorescencepolarizationinlifesciences.pdf](https://www.semrock.com/Data/Sites/1/semrockpdfs/whitepaper_fluorescencepolarizationinlifesciences.pdf) dne 10. julija 2016.

substrat katepsina X je spremenjen tripeptid Abz-Fenilalanin-Glutamat-Lizin(Dnp)-OH (Abz = orto-aminobenzojska kislina; Dnp = 2,4-dinitrofenilni ostanek). Ta vsebuje Abz, ki oddaja energijo v obliki svetlobe (fluorescence) po vzburjanju (ekscitaciji) s svetlobo valovne dolžine 320 nanometrov. Substrat vsebuje tudi dušilec fluorescence – Dnp, ki absorbira energijo, ki jo oddaja Abz. Absorpcija je mogoča, ko sta Abz in Dnp na pravi razdalji. Ko katepsin X cepi substrat med Glu in Lys, Dnp ni več na pravi razdalji in zato ne absorbira oddane svetlobe in to lahko izmerimo spektrofotometrično, izrazimo pa jo z relativno fluorescenčno enoto (RFU).

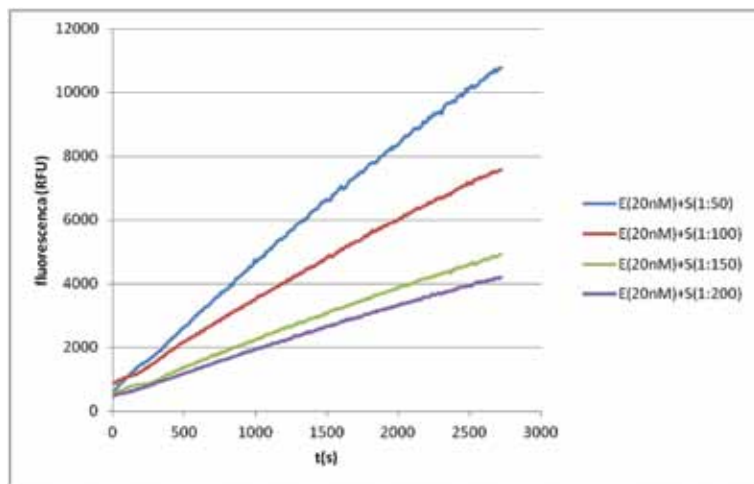
Za določitev aktivnosti katepsina X smo uporabili spektrofotometrični čitalec mikrotitrskih ploščic. Ta pošlje svetlobo z valovno dolžino 320 nanometrov skozi vzorec, nato pa izmeri količino oddane svetlobe pri valovni dolžini 420 nanometrov.

### Rezultati raziskovanja

Določitev optimalnih razmerij med encimom in substratom za določanje zaviralcev in izračun relativne zaviralne aktivnosti sta temeljila na naraščanju fluorescence v odvisnosti od časa. Primer je prikazan na grafu spodaj.

Osnovno raztopino substrata s koncentracijo 8,34 mikromola ( $\mu\text{M}$ ) na liter smo redčili v



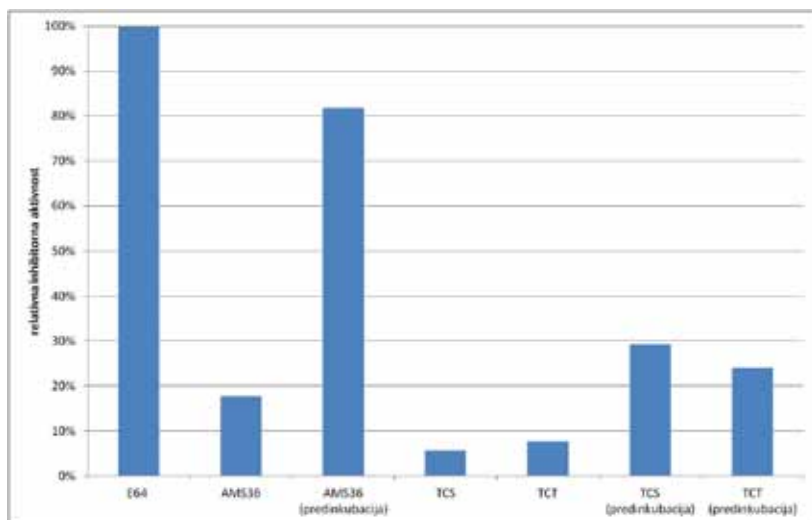


*Encimska aktivnost 20 nM katepsina X.*

razmerjih 1 : 50, 1 : 100, 1 : 150 in 1 : 200. Pri vseh prikazanih kombinacijah so bile kinetične krivulje na grafu linearne, kar pomeni, da bi bile potencialno vse primerne za določanje zaviralne aktivnosti (pogoj za to je namreč dovolj dolg linearni del). Naklon vsake krivulje predstavlja hitrost reakcije – manjši kot je naklon, manjša je hitrost. Pri nižjih koncentracijah substrata so nakloni premic manjši. Kljub temu, da vse krivulje vsebujejo dovolj dolg linearni del, pa hitrosti reakcij še vseeno ne smejo biti prenizke, da ne pride do napačno določene zaviralne aktivnosti. Zato smo kot kombinaciji z op-

timalnim razmerjem med encimom in substratom določili 30 nM raztopino encima z redčenjem osnovne raztopine substrata 1 : 50 in 20 nM raztopino encima z redčenjem osnovne raztopine substrata 1 : 100. Določanje zaviralne aktivnosti je temeljilo na teh dveh kombinacijah.

V nadaljevanju smo potrdili ustreznost encimske metode in dokazali, da zaviralec E64 popolnoma zavre (99,9-odstotno) delovanje katepsina X. Nepričakovano pa smo ugotovili slabo zaviralno aktivnost (17,6-odstotno) zaviralca AMS36. Dokazali smo, da je problem najverjetneje predstavljal



*Prikaz izračunanih zaviralnih (inhibitorskih) aktivnosti za že znana ireverzibilna inhibitorja E64 in AMS36 ter tripeptida TCS in TCT.*

L-cistein, ki tekmuje z zaviralcem za aktivno mesto encima. Metodo smo zatorej še dodatno optimizirali tako, da smo L-cistein v delovno raztopino dodali čisto na koncu, da je imel zaviralec dovolj časa, da se je vezal v aktivno mesto encima – temu pravimo predinkubacija encima z zaviralcem. Zatem je tudi AMS36 pokazal zelo dobro (81,1-odstotno) zaviralno aktivnost.

Pokazalo se je, da L-cistein tekmuje tudi s tripeptidoma TCS in TCT, saj smo najprej določili šibke zaviralne aktivnosti (5,6-odstotno za TCS in 7,6-odstotno za TCT). Po uporabi predinkubacije encima z zaviralcem pa sta bili izračunani obetavni zaviralni aktivnosti – 29,2-odstotna za TCS in 24,0-odstotna za TCT.

### Zaključek

Optimizirana metoda je sedaj primerna za izvedbo rešetanja visokih zmogljivosti velikih molekulskih zbirk. Zatorej lahko predstavlja uporabno in racionalno orodje pri iskanju novih učinkovin, ki bi zmanjšale aktivnost katepsina X, kar je tudi cilj raziskovalcev v farmacevtski industriji. Izmerjeni zaviralni aktivnosti tripeptidov TCS in TCT vsekakor predstavljata dobro začetno točko za nadaljnji razvoj in optimizacijo njune strukture, s čimer bi lahko dosegli reverzibilne zaviralce katepsina X z visoko zaviralno aktivnostjo. Namesto že znanih ireverzibilnih zaviralcev, ki v terapiji niso uporabni, bi bili tako primernejši za terapijo različnih bolezni, predvsem rakavih in nevrodgenerativnih obolenj.

### Zahvala

Iskreno se zahvaljujem dr. Bojanu Doljaku s Fakultete za farmacijo Univerze v Ljubljani za prijazno mentorstvo v celotnem procesu pisanja raziskovalne naloge, pomoč, uvajanje v delo ter strokovni pregled naloge. S tem mi je omogočil, da sem docela izkusil, kako poteka delo znanstvenika v laboratoriju. Iskreno se zahvaljujem tudi somentorici mag. Tončki Požek – Novak.

### Slovar manj znanih besed:

**Aminokislina.** Osnovna gradbena enota beljakovin (lahko je v L- ali pa D-konfiguraciji; v telesu najdemo le L-aminokislino).

**Epoksi skupina.** Zelo reaktivna skupina, ki vsebuje kisik, vezan na dva ogljikova atoma.

**Lizosom.** Celični organel s kislno vsebino, kjer poteka razgradnja proteinov.

**Modeliranje in silico.** Iskanje interakcij med encimi in molekulami s pomočjo računalnika.

**Okrajšave Thr, Cys, Ser.** Aminokislino treonin, cistein, serin.

**Proregija.** Začetni del encima, ki onemogoča dostop substrata v aktivno mesto.

**Relativna zaviralna (inhibitorna) aktivnost.** Odstotek zmanjšanja hitrosti encimske reakcije z zaviralcem v primerjavi z reakcijo brez zaviralca.

**Tripeptid.** Kratka beljakovina, sestavljena iz treh aminokislin.

### Viri in literatura:

Graham, L. P., 2013: *An introduction to medicinal chemistry (fifth edition)*. Oxford: Oxford University Press.

Boyer, R. F., 2005: *Temelji biokemije*. Ljubljana: Študentska založba.

Aeble, W., 2007: *Enzymes in Industry*. Weinheim: WILEY-VCH.

Devlin, T. M., 2011: *Textbook of biochemistry: with clinical correlations (seventh edition)*. ZDA: WILEY-VCH.

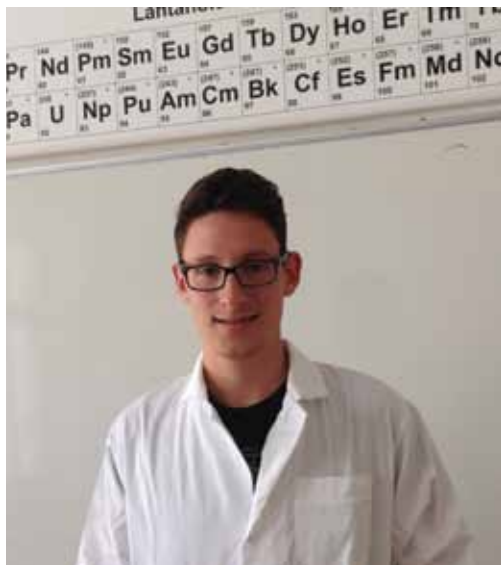
Price, N. C., in sod., 2009: *Fundamentals of enzymology: the cell and molecular biology of catalytic proteins (third edition)*. Oxford: Oxford University Press.

Koolman, J., in sod., 2005: *Color Atlas of Biochemistry*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.

Kos, J., in sod., 2009: *The role of cathepsin X in cell signalling*. *Cell Adhesion&Migration* 3. 2: 1–3.

Sivaraman, J., in sod., 2000: *Crystal Structure of Human Procathepsin X: A Cysteine Protease with the Proregion Covalently Linked to the Active Site Cysteine*. *Journal of Molecular Biology*, 295: 939–951.

Kos, J., in sod., 2014: *Intracellular signalling by cathepsin X: Molecular mechanisms and diagnostic and therapeutic opportunities in cancer*. *Seminars in Cancer Biology*, 1044–579X.



### Predstavitev avtorja

Krištof Fortuna je že v osnovnošolskih klopetih spoznal, kako zelo ga privlačijo naravoslovne znanosti, med njimi predvsem kemija. Šolanje je nadaljeval na Škofijski klasični gimnaziji v Šentvidu, tretji in četrti letnik pa je končal na Mednarodni šoli Gimnazije Bežigrad, kjer je opravil mednarodno maturo. V okviru slednje je nastalo tudi pričujoče raziskovalno delo s področja farmacije – vede, ki Krištofu z vidika raziskovanja in izboljševanja življenja pomeni velik izziv za prihodnost. Trenutno je študent drugega letnika Medicinske fakultete v Ljubljani, zelo pa ga zanima kirurgija. V prostem času se ukvarja s tenisom in plezanjem, igra pa tudi klavir in orgle.

*Analizna kemija in medicina • Akutna promielocitna levkemija in arzenov trioksid*

## Akutna promielocitna levkemija in arzenov trioksid

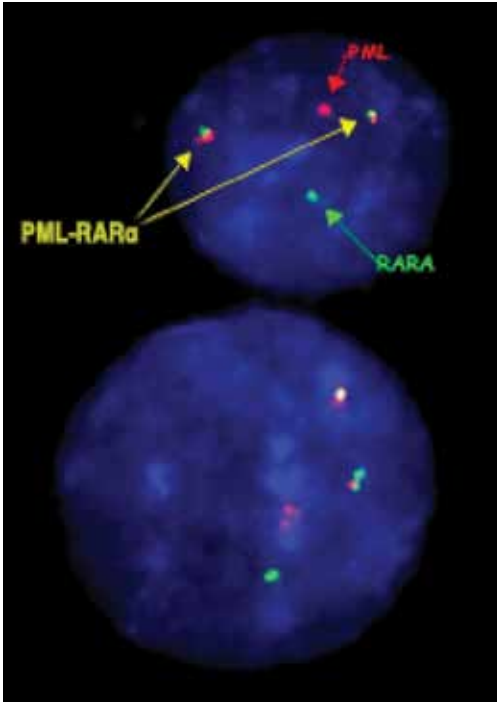
*Luka Petravič, Jon Škerlj in Špela Turk*

V okviru srednješolske raziskovalne naloge smo se trije dijaki z Gimnazije Novo mesto vključili v raziskovalno delo na področju zdravljenja akutne promielocitne levkemije z arzenovim trioksidom (ATO), ki poteka v sodelovanju Instituta Jožef Stefan in Univerzitetnega kliničnega centra v Ljubljani. Pridobili smo veliko znanja o medicini in analizni kemiji. Akutna promielocitna levkemija je rakava bolezen krvotvornega tkiva, kjer pride do razraščanja nezrelih belih krvnih celic – promielocitov. Iz znanstvene literature je znano, da je arzenov trioksid učinkovito zdravilo v boju proti akutni promielocitni levkemiji in da se v telesu pretvori ter izloči z urinom v obliki arzenita (As(III)), arzenata (As(V)), monometil ar-

zenove kisline (MMA) in dimetil arzenove kisline (DMA) (Šlejkovec in sod., 2016). V naši raziskovalni nalogi smo zato želeli potrditi prisotnost teh metabolitov v urinu pacientke, zdravljene z arzenom, in njihove koncentracije glede na čas odvzema vzorca, torej pred infuzijo zdravila in po njej. Ker so lahko povišane koncentracije arzena prisotne tudi v hrani, smo pri kontrolnih vzorcih prostovoljcev določili koncentracije celokupnega arzena in arzenobetaina.

### Akutna promielocitna levkemija

Akutna promielocitna levkemija je maligna rakava bolezen krvotvornega tkiva, kjer pride do razraščanja nezrelih belih krvnih celic – promielocitov. Njihova prekomerna razrast



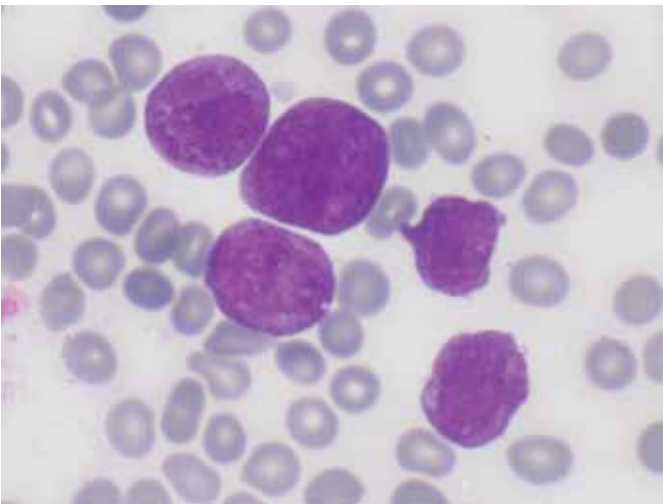
*Slika 1: FISH: slika interfaznih jeder z označenimi fuziranimi signali (rumeni), ki potrjujejo prisotnost fuzijskega gena in translokacije t(15;17). Fotografija: Helena Podgornik, Klinični oddelek za hematologijo, Univerzitetni klinični center Ljubljana.*

povzroči primanjkljaj normalnih krvničk. Akutno promielocitno levkemijo označuje specifična kromosomska translokacija t(15;17), katere posledica je nastanek fuzijskega gena PML-RAR $\alpha$  (slika 1).

### **Zdravljenje akutne promielocitne levkemije**

Ker gre za akutni tip levkemije, akutna promielocitna levkemija zahteva takojšnjo potrditev diagnoze ter hitro in specifično zdravljenje. V zadnjih nekaj desetletjih se je akutna promielocitna levkemija spremenila iz ene najbolj malignih levkemij v eno najbolj ozdravljivih. Ugotovili so, da so levkemične celice pri akutni promielocitni levkemiji zaradi prej omenjene specifične genske spremembe občutljive za tako imenovana diferenciacijska zdravila. Ta signalizirajo levkemičnim promielocitom, naj dozori v zrele celice mieloidne vrste, in se navadno uporabljajo v kombinaciji s klasičnimi kemoterapevtskimi učinkovinami. Obstajata dve zdravili s takim učinkom, in sicer ATRA (All Trans Retinoic Acid - Tretinoin® ali Vesanoid®) in ATO (arzenov trioksid - Trisenox®).

*Slika 2: Venska kri bolnika z akutno promielocitno levkemijo z levkemičnimi promielociti. Fotografija: Helena Podgornik, Klinični oddelek za hematologijo, Univerzitetni klinični center Ljubljana.*





## Arzenov trioksid

Arzen je eno od najstarejših poznanih zdravil, tako v zahodni medicini kot tudi v tradicionalni kitajski medicini. Arzenov trioksid ( $\text{As}_2\text{O}_3$ ) je strupena arzenova spojina, ki je v vodnih raztopinah prisotna v obliki  $\text{H}_3\text{AsO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{AsO}_3^-$ ,  $\text{HAsO}_3^{2-}$  in/ali  $\text{AsO}_3^{3-}$ . S skupnim imenom jih poimenujemo arzenit. V levkemičnih celicah lahko razgradi nastali fuzijski protein PML - RAR $\alpha$ . Najpogosteje se uporablja pri zdravljenju bolnikov, ki doživijo ponovitev bolezni, lahko pa tudi v kombinaciji z zdravilom ATRA že ob začetku zdravljenja. Zdravljenje z zdravilom ATO je dolgotrajno, prejeti odmerki arzena pa zelo visoki.

ATO je bil pri bolnikih z akutno promielocitno levkemijo prvič uporabljen v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja na Kitajskem in v zgodnjih devetdesetih na zahodu. Vodil je k doseganju velikega deleža popolnega izboljšanja bolezni (complete remission, CR) in razmeroma dolgega trajanja izboljšanja, ko je bil uporabljen kot samostojni agent. Kombinacija zdravil ATRA in ATO pa je pokazala izjemni sinergizem ter omogočila ciljno zdravljenje brez dodane kemoterapije. Sledilo je še mnogo študij po svetu, ki so spodbujale uporabo zdravila ATO kot prvovrstno zdravljenje zaradi njegove učinkovitosti ter razmeroma blage toksičnosti.

S sodobnim zdravljenjem je ponovitev akutne promielocitne levkemije redek pojav, saj devetdeset odstotkov pacientov doseže popolno ozdravljenje po začetnem zdravljenju, osemdeset odstotkov pa jih je popolnoma ozdravljenih po zaključenem zdravljenju. Večino pacientov, ki ne dosežejo popolnega ozdravljenja, predstavljajo tisti, pri katerih zdravilo ATRA povzroči hude stranske učinke ali pa so neodzivni na zdravljenje. Najuspešnejša učinkovina za zdravljenje teh pacientov je zdravilo ATO, zato je leta 2000 ameriška administracija za hrano in zdravila (United States Food and Drug Administration, US FDA) odobrila zdravilo ATO za zdravljenje bolnikov z akutno promielocitno

levkemijo v primerih ponovitve bolezni ali pri neodzivnosti na standardno zdravljenje.

Citotoksičnost arzenovih spojin je odvisna od oksidacijskega stanja in kemijske sestave. Spojine, ki vsebujejo trivalentni arzen (arzenit), so bolj strupene od petvalentnih spojin. Arzenit neposredno deluje tako, da napade -SH in -SeH skupine aminokislin. Za levkemične promielocite so isti odmerki arzenita bolj strupeni kot za zdrave celice. Eden izmed vzrokov je, da imajo levkemične celice precej slabše antioksidativne sposobnosti zaradi nizke vsebnosti antioksidativnih encimov (glutation peroksidaza, katalaza) in molekul, kot je reducirani glutation (GSH). Prav tako vsebujejo nižje količine GSH-S-transferaze, to je encim, ki je odgovoren za odstranjevanje arzena iz celic. Arzen v živih organizmih reagira tudi z metalotioneini, ki imajo prav tako antioksidativno vlogo. To so s cisteinom bogati nizkomolekularni proteini, ki preko cisteinskih -SH skupin lahko vežejo (in sproščajo) kovine ter različne radikale. Njihove naloge v telesu so vzdrževanje homeostaze cinka in bakra, ohranjanje celičnega oksido-reduktivnega ravnotežja ter detoksifikacija kovin.

## Metabolizem arzena

Ker je anorganski arzen strupena snov, se telo na povišane količine odzove z indukcijo zaščitnih spojin, kot so glutation in metalotioneini, in hkrati s posebnim mehanizmom metilacije arzena. Gre za niz ponavljajočih se reduktivnih in oksidativnih procesov z vezavo  $\text{CH}_3^+$  skupin. Tako se anorganski arzen pretvori v oblike, ki se iz telesa predvsem z urinom hitreje izločajo (Aposhian, Aposhian, 2006). Proces metilacije poteka tako med zastrupitvami kot tudi med zdravljenjem z zdravilom ATO ter ob izpostavljenosti nizkim koncentracijam arzena preko hrane ali vode, v kateri se anorganski arzen lahko nahaja v tri- in petvalentni obliki (arzenit, As(III), in arzenat, As(V)). Tako arzenit kot tudi arzenat se v

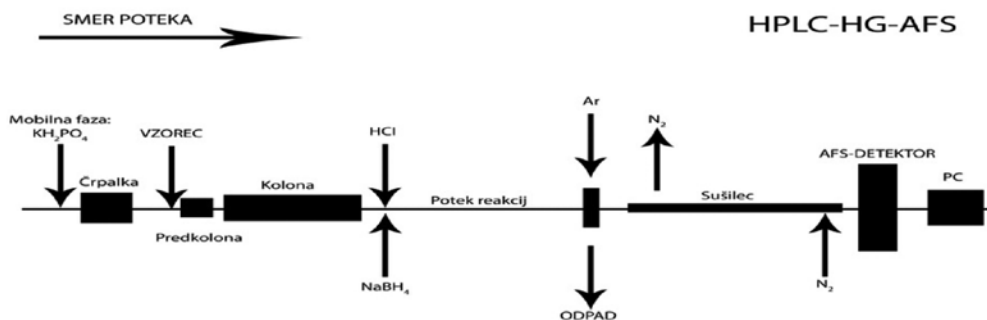
človeškem telesu metilirata do mono- in dimetil arzenove kisline ter se nato izločita z urinom. Obe vsebujeta petvalentni arzen. Toksičnost anorganskih in organskih oblik arzena v petvalentnem stanju je zelo majhna, zato je pri zdravljenju treba ohranjati visoko koncentracijo trivalentne spojine.

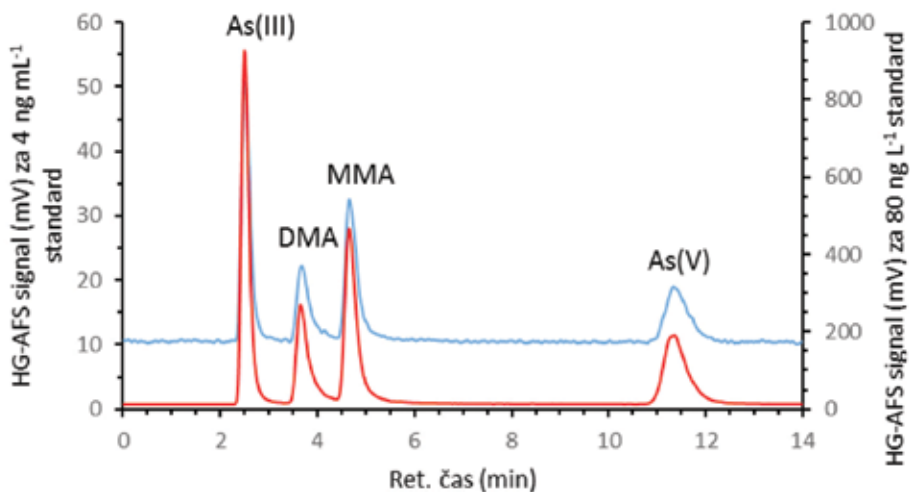
### Določanje arzena in njegovih spojin

Za spremljanje koncentracije arzenita in njegovih pretvorb v telesu je treba določiti koncentracije arzenita, arzenata ter mono- in dimetil arzenove kisline v urinu obolelih. Tekočinska kromatografija z visoko ločljivostjo (High Performance Liquid Chromatography, HPLC) je tehnika za ločevanje različnih snovi v tekočih vzorcih. Ločitev temelji na različnem potovalnem času snovi, raztopljenih v mobilni fazi, skozi stacionarno fazo. Za ločevanje anionov uporabljamo anionske kolone. Te imajo pozitivno nabite funkcionalne skupine, na katerih se najbolj negativni ioni zadržijo najdlje in tako iz kolone pridejo nazadnje, manj negativni ioni potujejo hitreje, nenabite molekule pa iz kolone pridejo najhitreje. V primeru arzenovih spojin najhitreje potuje arzenit, sledijo pa mu dimetil arzenova kislina, monometil arzenova kislina in najpočasneje arzenat. Po ločitvi arzenovih spojin te s hidridno tehniko (Hydride Generation, HG) pretvorimo

v njihove hlapne analoge (arzin, monometil arzin in dimetil arzin), njihovo koncentracijo pa določimo z atomsko fluorescenčno spektrometrijo (AFS). V AFS-detektorju arzenovi hidridi zgorijo v plamenu, pri čemer nastanejo prosti atomi arzena. Žarek ultravijolične svetlobe jih vzbudi tako, da elektroni preidejo na višje energijske nivoje, pri prehodu nazaj v osnovno stanje pa oddajo energijo v obliki fluorescence. Z atomsko fluorescenčno spektrometrijo lahko določimo arzenove spojine v koncentraciji od 0,1 do nekaj 100 ng ml<sup>-1</sup> vzorca. Vse omenjene tehnike - tekočinska kromatografija z visoko ločljivostjo, hidridna tehnika in atomska fluorescenčna spektrometrija - so medsebojno povezane v tako imenovani sistem HPLC-HG-AFS (Šlejkovec, van Elteren, 1999) in celotna analiza od injiciranja vzorca, ločitve spojin, tvorbe njihovih hidridov in njihove določitve poteka v tem sklopu aparaturne (slika 3). Sistem je nato povezan še z računalnikom, ki riše višino signala v odvisnosti od časa, ki ga imenujemo kromatogram (slika 4).

Slika 3: Shematski prikaz sistema HPLC-HG-AFS.





Slika 4: Kromatogram standardov arzenovih metabolitov pri koncentraciji 80 in 4 ng As mL<sup>-1</sup>. Kromatografski pogoji: kolona Hamilton PRP-X100, mobilna faza 20 mM KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, pH 6.1.

### Raziskovalno delo in rezultati

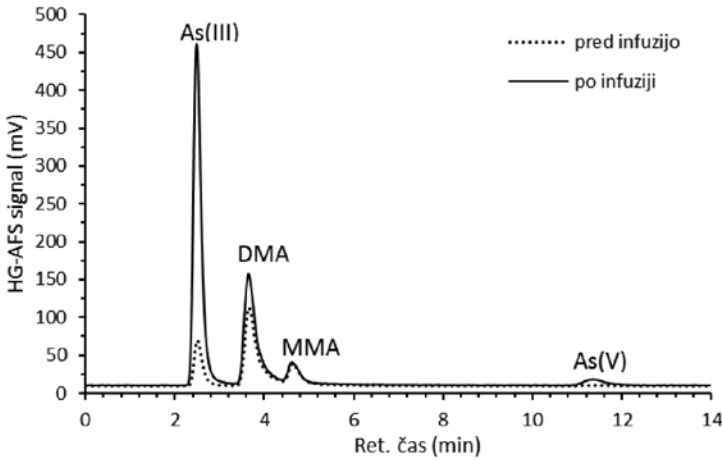
#### Arzen in njegovi metaboliti v urinu pacientke z akutno promielocitno levkemijo, zdravljene z zdravilom ATO

V vzorcih urina pacientke z akutno promielocitno levkemijo, ki je dnevno približno dve uri prejela intravensko infuzijo arzenovega trioksida (0,15 mg kg<sup>-1</sup> na dan), smo določili celotne koncentracije arzena. Prisotnost arzena smo preverili tudi v urinu pred prvim terapevtskim odmerkom zdravila in zaznali normalno vsebnost arzena, ki je pri ljudeh lahko prisotna zaradi arzena iz hrane ali vode (pod 10 ng mL<sup>-1</sup> urina). Jutranji vzorci, vzeti pred infuzijo, so predstavljali najnižje dnevne vrednosti arzenita, vzorci po končani infuziji pa najvišje.

Ker celotne koncentracije arzena v urinu niso dober pokazatelj njegovih učinkov, smo v urinu pacientke določili tudi vsebnost posameznih arzenovih spojin (slika 5). Vsebnost arzenita se takoj po prvem intravenoznem doziranju močno poveša (323 ng mmol<sup>-1</sup> kreatinina, slika 6). To je tudi optimalno stanje, saj so trivalentne oblike arzena najbolj toksične v boju proti malignim celicam.

Vendar pa je to lahko tudi negativno z vidika možnih stranskih učinkov, kadar imajo tudi zdrave celice nizke zaloge glutaciona, metalotioneinov in predvsem endogenega selena. Selen pomembno vpliva na izločanje arzena iz telesa, hkrati pa je v obliki selenocisteina gradnik glutationperoksidaze. Vsi trije, glutation, metalotioneini in glutationperoksidaza, so znižani v levkemičnih celicah in hkrati nujni za normalno delovanje zdravih celic. Arzenit začne upadati takoj po končani infuziji, kar pomeni, da se takoj začne vezati na proteine po celem telesu, pretvarjati v druge arzenove spojine in predvsem z njimi tudi izločati iz telesa. Zato bi bilo idealno čas infuzije podaljšati na približno štiri ure, da bi tako dosegli zamik metilacije in čim daljšo prisotnost aktivne učinkovine in s tem bolj učinkovito delovanja arzena ob istem odmerku.

Arzenova metabolita mono- in dimetil arzenova kislina se v urinu pojavita šele drugi dan po infuziji. Koncentracija dimetil arzenove kisline postopoma narašča vsak dan, medtem ko je koncentracija monometil ar-

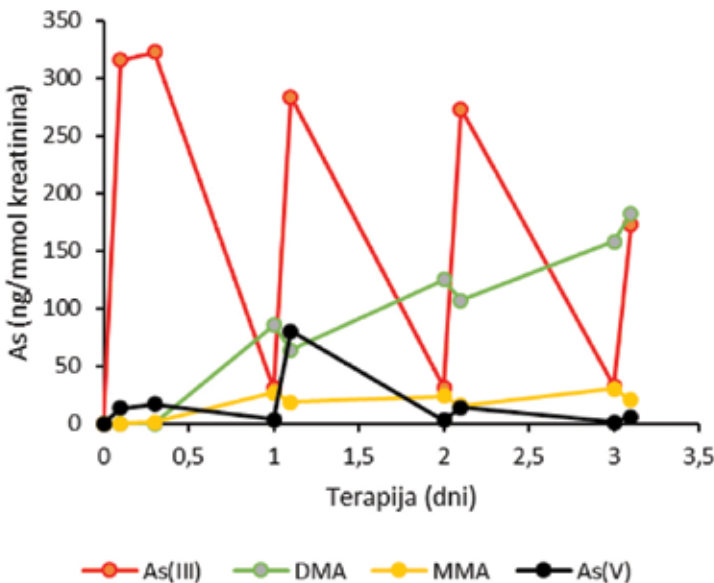


Slika 5: Kromatogram vzorcev urina pacientke, razredčenih v razmerju 1 : 50, odvzetih četrty dan zdravljenja, pred infuzijo ATO in po njej. Kromatografski pogoji so enaki kot na sliki 4.

zenove kisline skoraj nespremenjena v prvih dneh zdravljenja (slika 6). Višje koncentracije dimetil arzenove kisline v primerjavi z monometil arzenovo kislino so pokazatelj zmožnosti telesa, da zelo učinkovito metilira anorganski arzen. V urinah pred infuzijo nismo zaznali skoraj nič arzenata, v vzorcih po infuziji pa je prisoten v majhnih količinah.

V vzorcih urina pred infuzijo se v povprečju nahaja 17,6 odstotka arzenita, 65,8 odstotka dimetil arzenove kisline, 15,0 odstotka

monometil arzenove kisline in 1,6 odstotka arzenata. Deleži arzenovih spojin se nekoliko razlikujejo od predvidenih deležev, objavljenih v strokovni literaturi: 15 do 25 odstotkov arzenita, 35 do 55 odstotkov dimetil arzenove kisline, 25 do 30 odstotkov monometil arzenove kisline in 1 do 5 odstotkov arzenata. Od povprečnih vrednosti bistveno odstopa predvsem dimetil arzenova kislina, kar kaže na individualne razlike med sposobnostjo metilacije arzena pri posameznikih.



Slika 6: Arzenit (As(III)) in njegovi metaboliti arzenat (As(V)), monometil arzenova kislina (MMA) in dimetil arzenova kislina (DMA) v urinu pacientke z akutno promielocitno levkemijo v prvih dneh zdravljenja.



### Celotni arzen in selen v urinu pacientke

Iz slike 7 je vzporedno z izločanjem (vsega) arzena razvidno tudi izločanje selena. Če imajo bolniki normalne vrednosti selena pred začetkom zdravljenja z arzenom, so njihove zaloge selena običajno dovolj visoke, da njegovo izločanje skupaj z arzenom ne pomeni večje grožnje za organizem.

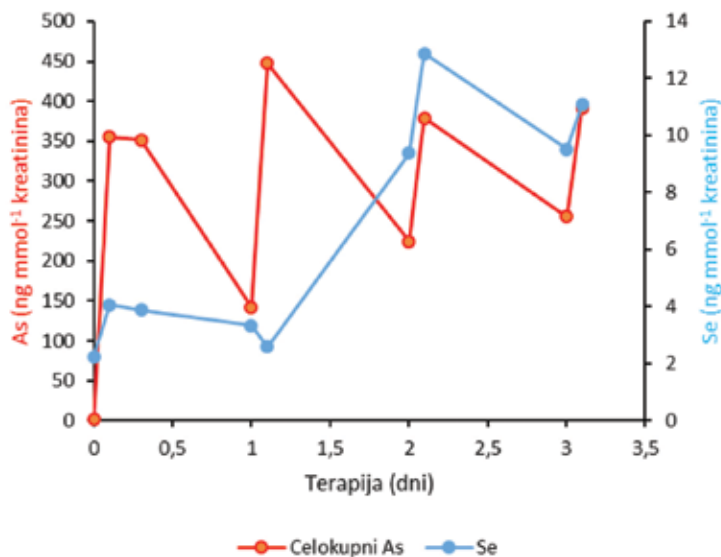
### Arzen in njegovi metaboliti v urinu zdravih prostovoljcev

Arzen se v urinu lahko pojavi v večjih količinah ne le zaradi zdravljenja ali zastrupitve, ampak tudi zaradi uživanja hrane, ki je bogata z arzenom. Gre predvsem za morskoro hrano ter nekatere gobe, ki lahko vsebujejo zelo visoke koncentracije arzena. V taki hrani med arzenovimi spojinami običajno prevladuje arzenobetain (AsB), ki pa je za razliko od večine arzenovih spojin povsem nestrupen, ker v organizmu ne vstopa v reakcije s proteini, ampak se z urinom hitro izloči iz telesa v nespremenjeni obliki. Zato celotne koncentracije arzena v urinu ne povedo ničesar o možnih negativnih učinkih na zdravje. Za ponazoritev tega problema smo v naši raziskavi analizirali tudi vzorce urina osmih zdravih prostovoljcev. Pro-

stovoljci 1-3 so v tednu pred odvzemom vzorca urina uživali hrano brez rib in gob in zato so imeli v urinu pričakovane nizke koncentracije vsega arzena in tudi nizke koncentracije arzenobetaina; vrednosti so bile primerljive tistim, ki smo jih določili pri bolnici pred začetkom zdravljenja. Prostovoljci 4-8 (slika 8) z obalnega območja so v tednu pred oddajo vzorca očitno uživali hrano, bogato z arzenom (morska hrana). Tako smo pri njih zaznali močno povišane koncentracije vsega arzena, ki pa so bile posledica povišanih koncentracij arzenobetaina. Če primerjamo urine prostovoljcev z urini pacientke med zdravljenjem, lahko ugotovimo, da pri prostovoljcih prevladuje arzenobetain s približno 90 odstotki, le 10 odstotkov pa je ostalih arzenovih spojin, medtem ko pacientkin urin ne vsebuje arzenobetaina, prevladuje pa dimetil arzenova kislina s 66 odstotki.

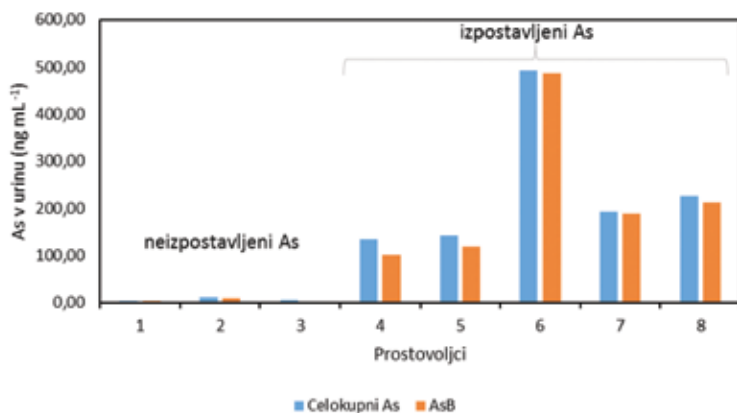
#### Literatura:

Aposhian, H. V., Aposhian, M. M., 2006: *Arsenic toxicology: five questions. Chemical Research in Toxicology*, 19: 1-15.  
Šlejkovec, Z., Podgornik, H., Černelc, P., Falnoga, I., 2016: *Exceptions in patterns of arsenic compounds in urine of acute promyelocyte leukemia patients treated with*



Slika 7:

Koncentracije celokupnega arzena in selena v urinu.



Slika 8: Koncentracija vsega arzena in arzenobetaina v kontrolnih urinih v ng mL<sup>-1</sup> urina.

*As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. BioMetals, 29: 107-118.*

Šlejkovec, Z., van Elteren, J. T., 1999: *Determination of arsenic compounds in reference materials by HPLC-UV-HG-AFS. Talanta, 49: 619-627.*

Trisenox. <http://www.trisenox.com/bcp/default.aspx>.

(Dostop 11. decembra 2015).

Raziskovalno delo je bilo opravljeno pod mentorskim vodstvom doc. dr. Zdenke Šlejkovec in doc. dr. Ingrid Falnoga z Instituta Jožef Stefan (Odsek za znanosti o okolju), doc. dr. Helene Podgornik (Univerzitetni klinični center Ljubljana, Klinični

oddelek za hematologijo) in profesorice na Gimnaziji Novo mesto Branke Klemenčič.

Raziskave pri bolnikih so potekale v okviru projektov ARRS J3-0161 (Vpliv metabolitov arzenovega trioksida na zdravljenje akutne promielocitne levkemije in multiplega mieloma) in J3-6104 (Biotransformacija As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> in njen vpliv na učinkovitost zdravljenja APL), raziskave pri zdravi populaciji pa v okviru projekta PHIME (6. okvirni program Evropske unije).



## Predstavitev avtorjev

*Avtorji naloge.*

*Z leve proti desni: Jon Škerlj, Špela Turk, Zdenka Šlejkovec in Luka Petravič.*

*Foto: Luka Petravič, osebni arhiv.*

### **Luka Petravič, Jon Škerlj in Špela Turk**

*so dijaki Gimnazije Novo mesto in so v času raziskovalnega dela obiskovali 3. letnik. Vsi si želijo v prihodnosti študirati naravoslovje. Špela se je odločila za medicino, Luka izbira med medicino in biokemijo, Jon pa se bo vpisal na elektrotehniško fakulteto. Vsi se v prostem času ukvarjajo z glasbo in športom, kar jim je pomagalo pri poglobljanju medsebojnih vezi ter organizaciji dela. Pri raziskovalnem delu jim je močno pomagala*

*tudi njihova mentorica doc. dr. Zdenka Šlejkovec, ki jih je podpirala ter učila novih stvari med celotnim raziskovanjem. Vsi trije mladi raziskovalci se strinjajo, da je raziskovalno delo zanimivo, nekoliko naporno, saj zahteva veliko časa, vendar hkrati polno novih odkritij in poučnih vsebin, ki širijo njihova obzorja.*

# Odgovorni naravoslovni turizem je naložba v nas same

*Petra Draškovič Pelc*

Medved je prav gotovo ena od najbolj karizmatičnih živali. Ne samo pri nas, ampak tudi v Evropi. Je tudi žival, katere navzočnost vzbuja močna čustva: čustva občudovanja, a tudi čustva sovraštva. Prepletajo se seveda tudi vse različice vmes, od strahu do spoštovanja.

Mnogi, ki me poznajo, vedo, da sem z medvedi tudi sama precej povezana. Ne le s krščeniimi, kar je del moje dediščine maminih staršev (ki se pišejo Medved), ampak zaradi mojih osebnih zanimanj in poslovnih poti tudi s takimi, ki živijo v naravi. Največ na Kočevskem, ki je sedaj moj dom in kjer se redno srečujem z njihovo navzočnostjo v prostoru. Čeprav mnogokrat velja, da je medved nekakšen neuradni simbol kočevskega prostora, pa velja opozoriti, da medvedi poseljujejo precej širši prostor dinarskega območja, njihovo območje razširjenosti se pri nas razteza tudi do alpskega sveta. Formalno so del alpsko-dinarsko-pindske populacije, torej so del vrste, ki poseljuje območje od vzhodnih Alp v Avstriji in severovzhodni Italiji pa vse do gorovja Pindos v Grčiji.

Slovenija leži na severozahodnem robu strnjenegega območja dinarske populacije medveda in je s tem najbolj zahodni del območja razširjenosti rjavega medveda v srednji Evropi. V Sloveniji v to sodita območje visokega zahodnega krasa s Postojno in območjem Razdrtega ter območje Notranjske in Kočevske regije z belokranjskim delom. Seg a pa tudi do



*Medvedji mladič. Foto: Petra Draškovič Pelc.*

Alp in pomeni pomemben vezni člen med deželami srednje in južne Evrope. Torej ni nič nenavadnega, da se medvedi pojavijo tudi v Alpah, čeprav tedaj dvignejo največ prahu. Pa ne le tedaj, ko se pojavijo gobe na Pokljuki, da bi z njim strašili morebitne gobarske navdušence.

*Mogočno telo, gracioznost gibanja, eleganca. Skoraj neslišno drsi skozi gozd, največkrat ponoči, in se spretno izogiba ljudem, saj ima prirojeni strah pred njimi. Foto: Petra Draškovič Pelc.*



V zadnjem času si vedno več ljudi želi videti medveda v naravnem okolju. Opazovanje medveda marsikje vključujejo tudi že v turistično ponudbo. Skrbno načrtovane turistične dejavnosti, povezane z medvedi, lahko pomenijo prednost tako za lokalno skupnost in turizem kot tudi za medvede. Ne nazadnje odgovorni medvedji turizem lahko pripomore tudi k izboljšanju odnosa do te vrste.

Ne bom zankala, prej bi poudarila, da je to nepozabno in izjemno doživetje. Sama sem svoja prva srečanja imela prej z aljaškimi grizliji kot s kočevskimi medvedi. A ko ga vendarle uzreš, z varne razdalje, tega mogočnega kosmatinca, je občutek edinstven. Nepozaben. Že sam sprehod v njegovem okolju te obda z drugačnim občutkom. Zame je privilegij, biti v gozdu, kjer veš, da je doma tudi medved. Včasih se razveseliš od-tisa njegove stopinje v blatu, včasih iztrebka na poti. A še bolj, ko ga uzreš. Mogočno telo, gracioznost gibanja, eleganca. Skoraj neslišno drsi skozi gozd, največkrat ponoči, in se spretno izogiba ljudem, saj ima prirojeni strah pred njimi.

Pa vendarle, stiki se zgodijo večkrat, veliko je prijetnih, lepih srečanj z medvedi, žal pa tudi manj prijetnih, a medijsko bistveno bolj

odmevnih. Ranjena pašna živina, poškodovani čebelnjaki, (sicer zelo redki) napadi na človeka. Ne bom se tokrat spuščala v analizo napadov, saj to ni namen mojega pisanja. Vsi, ki delujemo na tem področju, se zavedamo, da je sobivanje z medvedom, kot tudi z drugimi velikimi zvermi, zelo kompleksno in velik izziv za vse in je pri tem potrebno veliko preudarnosti, veliko strpnosti in tudi razuma. Medved ravna nagonsko, človek pa ima možnost uporabljati razum in s tem posredno vplivati na svoja dejanja.

Zakaj sploh pišem o tem, zakaj se ponovno lotevam medvedjih zgodb? K temu me je spodbudil zapis na spletni strani naravovarstvene organizacije *Serengeti Watch* (<https://wolfganghthome.wordpress.com/2016/09/01/what-is-the-next-big-threat-to-the-serengeti/>), kjer opisujejo dve nedavni nesreči v času velikih migracij, ko se več milijonov divjih živali zaradi suše vsako leto seli iz Serengetija v Maro (Serengeti in Mara sta nacionalna parka na območju med Tanzanijo in Kenijo). Nekatere živali dosežejo reko Maro, ki je največja in zelo resna ovira v času migracije, že v začetku avgusta, nekatere pa se podajo proti rezervatu Maasai Mara šele septembra in oktobra. V zapisu poročajo o dogodkih, ki se ne bi smeli zgoditi: brez-



umno divjanje voznikov do reke, ogrožanje živali pri prečkanju reke ter boj za najboljši položaj za opazovanje tega veličastnega dogodka – prečkanja. Verjetno je takih zgodb še več. Verjamem, da so številni fotografi za dober posnetek pripravljani položiti svojo glavo na levji krožnik, pa vendarle mora vsak ohraniti osnovno spoštovanje in etično držo do živega bitja, mu ne škoditi ali ga zavestno ne vznemirjati.

Kljub temu, da so omenjene selitve izjemni dogodki in zagotovo doživetje, ki močno prevzame tako turiste kot fotografe, ne smemo pozabiti, da je to za živali življenjska pot, pot preživetja. Številni gnuji, ki se komaj skotijo, se morajo v dobrih petnajstih minutah naučiti tekati, da preživijo. Nanje prežijo vse vrste plenilcev, od levov in gepardov do krokodilov. Če ne najdejo vode in hrane, so izčrpani in smrtnost se poveča. Ja, zakoni narave niso prizanesljivi, čeprav ima vsa ta smrtnost svoj pomen tudi v življenjskih krogih ravnice Serengetija. A ko k temu doda svoj pečat še človek, je to lahko že korak preveč. Govorim seveda o divjanju safari vozil, ki poskušajo turiste pripeljati do najbolj zanimivih točk, kjer živali prečkajo reko. Namesto lažje dostopnih delov, se pravi takih, kjer je voda plitvejša, morajo živali zabresti v globoko vodo, kar jih še dodatno izčrpa. Da ne omenjam voznikov, ki brez nadzora divjajo in med katerimi se vnamajo prave vojne. V divjanju za dobro izhodiščno točko se dogajajo nesreče, k sreči tokrat ni bil poškodovan nihče izmed potnikov.

Pri tem se seveda pojavljajo ključna vprašanja: Kdaj je gostov preveč? Kdaj je njihov vpliv na življenje živali v določenem življenjskem prostoru tako moteč, da je lahko že škodljiv? Kdaj je turizma preveč? In seveda, kako ga ustrezno omejiti oziroma urediti?

Zagotovo ni preprosto odgovoriti na vsa ta zapletena vprašanja. Turizem je predvsem gospodarska panoga in ne naravovarstvo. Je pa pomembno, da se vseh teh vprašanj zavedamo, da se zavedamo, da dolgoročno takega turizma ne bomo mogli graditi, če

ne bo temeljil na trajnosti. Nekoč, še v študijskih časih, sem skoraj vsak konec tedna zahajala v Križno jamo. Zame je to eden najlepših biserov jamskega sveta s številnimi podvodnimi jezери, krhkimi sigastimi pregradami in kostmi jamskega medveda. Tedanji oskrbnik je večkrat poudarjal, da bi lahko imeli vsak dan tristo gostov v vodnem (najbolj občutljivem) delu, »pa se zavestno omejujemo na največ eno do dve skupini na dan. Zavestno. Ker želimo jamo ohraniti.«

Res, pri nas ni velikih selitev gnujev, so pa medvedi tisti, ki pritegnejo turiste. V nedavni oddaji *Fokus* na POP TV so sicer predstavili nekatere vidike tega tako imenovanega »medvedjega« turizma oziroma fotolova. Privlačna dejavnost, tržna niša in velik magnet. Mnogokrat slišimo, da nas tujci učijo in opozarjajo, kako lepo je pri nas, kakšne neverjetne možnosti in danosti imamo. Pa ti tujci dejansko tudi kaj pripomorejo k ohranjanju tega izjemnega življenjskega prostora?

Številne zgodbe na terenu mi včasih dvignejo pritisk, ko slišim, kako »vsi ti tuji fotolovci« vsevprek opazujejo medveda, se hvalijo, da postavljajo kamere pred medvedje brloge, drvijo za medvedi po prašnih gozdnih cestah, nastavljajo jabolka, krofe in ne vem kaj še vse, da bi ga fotografirali, videli. Prvič, postavljanje kamer in fotoaparatorov v bližini brlogov je seveda zavestno vznemirjanje živali. Vse od leta 1993 je medved v Sloveniji na rdečem seznamu ogroženih vrst, varuje pa ga tudi Bernska konvencija. Še raziskovalci morajo za svoje nekoliko bolj invazivne dejavnosti, kot sta odlov in telemetrija, pridobiti posebno dovoljenje Agencije Republike Slovenije za okolje.

Hranjenje medvedov je seveda sporno in celo kaznivo, če ni predpisano v okviru lovsko-upravljaljskih načrtov (lovskih družin oziroma lovišč s posebnim namenom). Nema lokrat lahko v bližnji gozd zavržena jabolka, odpadki gospodinjstev ali bognedaj kakšni klavniški odpadki povzročijo konflikte, saj se medved v svojem oportunističnem vede-



*Do jeseni medvedji pridobijo tudi na teži. Foto: Petra Draškovič Pelc.*

nju začne približevati naselju, ker pač tam lažje najde hrano. Da ne bo pomote, tja jo je nastavil človek. In rezultat – konfliktnega medveda je, če se njegovo vedenje ponavlja in stopnjuje, nemalokrat treba odstreliti. Pojavljanje medvedov v bližini naselij, za kar je praviloma kriv človek, znižuje strpnost do njih in pomeni eno najbolj perečih groženj za dolgoročno varstvo medveda. Nedavno je v okviru projekta LIFE DINALP BEAR izšla priročna zloženka o tem, kako preprečimo medvedom dostop do hrane človeškega izvora (<http://dinalpbear.eu/izdali-smo-novo-zlozenko-z-naslovom-preprecimo-medvedom-dostop-do-hrane-cloveskega-izvora/>).

V oddaji *Fokus* je manjkalo tisto ključno sporočilo, ki pa ga ne bi smeli spregledati. Pa ne zato, ker novinarki o tem ne bi govo-

rila, pač pa zato, ker morda ta plat ni toliko zanimiva za javnost, ker morda predstavlja določene omejitve. To je odgovorno ravnanje, ki je povezano s tem, da poskušamo ohraniti naravno plašnost medveda pred človekom, da ga ne navajamo na bližino ljudi. Da je odgovorno opazovanje te naše najbolj karizmatične živali urejeno tako, da ga opazujemo iz posebej za to namenjenih opazovalnic s primernim vodnikom, v časovnem obdobju, predvidljivem za medveda, da poskušamo preprečiti morebitna presenečenja, da se v okolju obnašamo spoštljivo in da si končno spet prikličemo v zavest tisto, kar se pozablja na vsakem koraku. *Etičnost*. Da vemo, kdaj je treba odnehati, kdaj stopiti korak nazaj. Kdaj fotoaparati pospraviti, ker s tem lahko vrsti škodujemo. Tudi sama



*Ne le živali, tudi gozd je lahko fantastičen. Foto: Petra Draškovič Pelc.*

sem fotografinja in vem, kako močna je želja po novem, drugačnem posnetku, a v sebi se trudim ohraniti tisto najpomembnejše - *spoštovanje* do vseh živih bitij. In se kdaj tudi zavestno vrniti domov brez »tistega posnetka«, ki bi lahko bil škodljiv in moteč za vrsto.

Za vse tiste, ki se srečujete z medvedjimi zgodbami v turizmu, je osnovno (in nujno) čtivo o odgovornem ravnanju pri opazovanju medvedov pri nas nastalo tudi v okviru projekta LIFE DINALP BEAR, kjer so strokovnjaki podali smernice, kako peljati te zgodbe tako, da bo vpliv na medvede najmanjši. To vse je dostopno tudi na spletni povezavi [http://dinalpbear.eu/wp-content/uploads/Odgovorno-opazovanje-medvedov-v-severnih-Dinaridih\\_SI\\_web.pdf](http://dinalpbear.eu/wp-content/uploads/Odgovorno-opazovanje-medvedov-v-severnih-Dinaridih_SI_web.pdf).

Za tiste, ki vas je strah gobarjenja, sprehodov v gozdu in se bojite srečati medveda, tudi zloženska s ključnimi napotki, kako ravnati ob srečanju z medvedom, ne bo odveč ([http://dinalpbear.eu/wp-content/uploads/2015/02/ZLO%C5%BDEENKA\\_\\_\\_SLO-WWW.pdf](http://dinalpbear.eu/wp-content/uploads/2015/02/ZLO%C5%BDEENKA___SLO-WWW.pdf)). Na kratko povzemam sledeče: ko ste v gozdu, imejte pse na povodcih, ne

približujte se medvedjim mladičem in nikar ne hodite v bližino brlogov!

Pa da ne bo pomote, želim si, da bi čim več ljudi imelo priložnost videti to veličastno žival in navsezadnje našo dediščino v živo v naravi. Jo občudovati, spoznati njeno življenje, ekologijo, razumeti njeno vlogo v okolju. S krovnimi vrstami, kar medved nedvomno je, varujemo tudi vse druge vrste kot tudi njihov življenjski prostor. Da bi imeli možnost spoznati, kako krhke in kako soodvisne so vezi v naravi in kako pomemben člen v tej zgodbi smo tudi ljudje.

In če se vrnem nazaj k zgodbam migracij iz Serengetija ali medvedjim pri nas – seveda je po toči zvoniti prepozno, lahko pa poskušamo takšne in podobne turistične dejavnosti čim prej nadgraditi z *odgovornimi* praksami. Da, zeleni turizem sta tudi opazovanje in doživljanje narave in fotolov pri tem seveda ni nobena izjema. Le naj bo v duhu trajnosti in spoštovanja. Ohranjena narava je dragocenost, je mogočno darilo naših prednikov in velika odgovornost prav nas, da jo vsaj takšno predamo našim zanamcem.

# Ljudevit Kuščer na poštni znamki

Mitja Jančar

Pojasnilo. Po duši sem filatelist, zato je ta prispevek filatelistično obarvan. Še besedica o Piranu in okolici. V zavesti Slovencev je to prijetno malo mesto ob morju, ki vsaj poleti vrvi ob obilici turistov oziroma enodnevnih obiskovalcev. Mesto ima kaj pokazati. Del tega bo pojasnil ta prispevek. Manj znano je tudi, da smo leta 1894 v Piranu doživeli »revolucijo«. Vsaj tako so poimenovali upor italijanskega prebivalstva, ki je nasprotovalo uvedbi dvojezičnih tabel na sodišču. To pomeni, da Slovenci takrat nismo bili obrobna manjšina v Piranu. In še zadnje pojasnilo. Za ta prispevek je kriv prav *Proteus*.

Leta 1991 (*Proteus*, 54: 123) je bil objavljen prispevek ob stoletnici rojstva prof. dr. Ljudevita Kuščerja. Ljudevit Kuščer je bil biolog in zlasti malakolog. Večino svojega raziskovalnega dela je posvetil preučevanju mehkužcev, zlasti podvodnih in podzemeljskih vrst. Preučeval je tudi podzemni svet Krasa in po njem je bilo poimenovanih veliko novo odkritih živalskih zvrst. Seveda sem zastrigel z ušesi, ko sem prebral, da je bil rojen v Piranu. V šoli in tudi drugače so nas prepričevali, da so v obmorskih mestih živeli samo Italijani, in prav zaradi tega je bila ta informacija tako zanimiva. V poštnem prometu so datumi pomemben element, posledično tudi za nas filateliste. Leta 2011 smo se v Filatelistično–numizmatičnem društvu Piran odločili, da obeležimo 125–letnico Kuščerjevega rojstva.

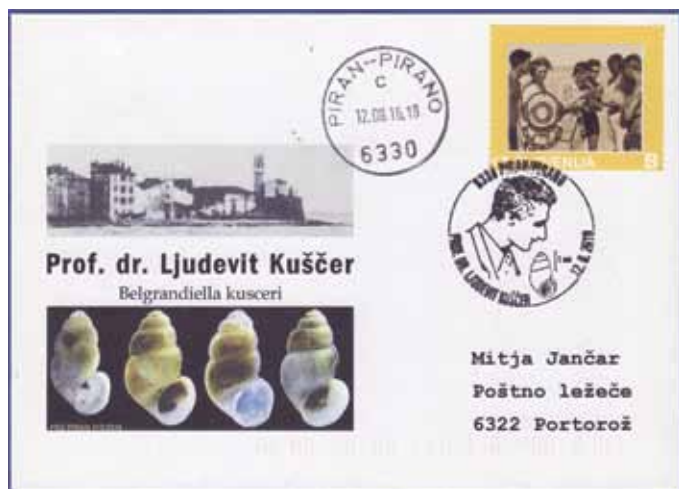
Naslednja težava je bila, da razen Boletovega prispevka drugih člankov o njem ni oziroma drugi povzemajo ta prispevek. Očitno ni bilo v njegovem značaju, da bi se izpostavljaval v javnosti. In tudi njegovo področje ustvarjanja še danes ni medijsko zanimivo. Seveda tudi slik nisem našel in šele zadnji trenutek me je rešil Marjan Richter, sopo-



Ljudevit Kuščer (1891–1944).

tnik njegovih sinov Dušana in Ivana. Skupaj z Muzejem podvodnih dejavnosti, ki ohranja zapuščino Kuščerjev, povezano s športnim potapljanjem, smo se lotili obeležitve 125–letnice rojstva. V ta namen smo pripravili osebno znamko s portretom družine Kuščer, priložnostni žig, v katerem sta portret Ljudevita Kuščerja in polž *Belgrandiella kusceri*. V spominski ovitek smo vključili motiv piranske Punte in primerke polžev. Danes sicer vemo, da se je Ljudevit Kuščer rodil na naslovu Piran 734, vendar moramo mesto te hiše še najti. Na prireditvi, ki je bila 12. avgusta leta 2016 v Muzeju podvodnih dejavnosti v Piranu, smo predstavili žig, znamko in ovitek. Žarko Sajič iz Muzeja podvodnih dejavnosti je predstavil Ljudevita Kuščerja, Marjan Richter pa je s projekcijo fotografij prikazal začetek športnega potapljanja.





Z leve proti desni Dušan, Marjeta in Ljudevit Kušcer. Rača 1939.



Dogodka se je udeležil tudi njegov vnuk Samo (Ivan) Kušcer. Med drugim je povedal, da se v družini nikoli niso pogovarjali, da je bil ded rojen v Piranu.

Nekoliko starejši projekt, ki je na žalost zamrl, je imel naslov *Slovensko morje*. V tem projektu smo sodelovali z Akvarijem. Pri prvi spominski izdaji smo uporabili morskega konjička, potem ko smo ugotovili, da so ga ustanovitelji uporabili kot maskoto.

Če smo v prejšnji državi imeli veliko znamk, vezanih na morje, smo pri Pošti Slovenije opazili, da ni tako. Sedež pošte je daleč od morja. Poleg tega, da živimo ob morju, so nekateri kolegi bili tako ali drugače povezani z njim. Ideja, da redno pripravljamo društvene izdaje na to temo, je hitro postala rdeča nit našega delovanja. Seveda smo ostali v grški mitologiji, zato je bila naslednja riba kovač (*Zeus faber*), okoli katere se je spletlo kar nekaj legend (slika na naslednji strani zgoraj). Sledila sta dve izdaji, ki sta obeležili začetek in konec obnove akvarija. Pri kovaču nam je s fotografijami pomagal Marjan Richter, vendar smo kmalu ugotovili, da bi potrebovali ilustratorja. Z ilustracijo lahko prikažemo podrobnosti, ki se na fotografiji lahko izgubijo. Na srečo se je projektu pridružil Matjaž Učakar, ki je za Pošto Slovenije ustvaril že veliko



znamk. Njegova priljubljena tehnika je ustvarjanje z zračno pršilko. Danes ustvarja z računalnikom.

Pri prvem skupnem projektu, sicer pa že petem zaporednem pod imenom *Slovensko morje*, smo prikazali kavalala. Žig prvega dne in izid znamke s tem motivom je bil 1. aprila 2010, tudi sicer smo se tega datuma držali pri naslednjih izdajah. Datum ni bil izbran naključno. Tega dne se začne ribolovna sezona v rekah. Dan norcev in ribištvo sta zelo povezana in v italijanščini se na primer prvoaprilski šali reče »pesce d'aprile«.

Jeseni so za datum izbrali obrnjeno letnico, tokrat je bil na vrsti črv cevkar, perjaničar, Spalanzanijev spirograf (*Sabella spallanzani*). Tega smo uvrstili v program na mojo posebno željo in je za ilustratorja pomenil poseben izziv, ki ga je opravil z odliko, kot tudi sicer pri vseh ostalih. Nemalo zaslug ima Marjan Richter, ki je pomagal s svojimi fotografijami, predvsem pa bdel nad končno oblikovano ilustracijo. S spirografom je Akvarij Piran dobil svoj poštne nabiralnik in ilustrirani dnevni žig (ribje luske). Filatelisti smo sicer želeli nekaj več, to je poštne nabiralnico s svojo poštne številko, ki bi delovala kot pogodbeni pošta. Vendar smo tudi ilustriranega dnevnega žiga zelo veseli.

Tem projektom so sledili frater, kanoča, kot v narečju

imenujejo morsko bogomoljko (*Squilla mantis*), špar, morska vetrnica, orada in ribon. Pri vseh izdajah smo pripravili žig osebno znamko in razglednico in iz vseh teh treh izdelali maksimum karto. Znamka, požigosana, je na prednji strani razglednice. Zaradi usklajenosti motivov ji pravijo maksimum karta.

Kmalu je Pošta Slovenije ugotovila, da je naš projekt zanimiv, zato je uvrstila v program za leto 2013 štiri ribe. Črniko, sipo, želvo in ciplja je izbral vodja akvarija Valter Žiža. Ko sem sedel z Valterjem in Matjažem, smo razglabljali, kaj narediti, da bi bile znamke privlačne. Vonj po rožah na znamkah poznamo, vendar ribe lahko samo smrdijo. Kaj, če jih posujemo s soljo, saj imamo soline. Valter je sicer podvomil zaradi higroskopnosti soli, vendar je Matjaž dejal, da bo ta problem pač rešil tiskar. Potem smo samo upali, da bo izbor za oblikovanje znamk padel na Matjaža. In ko je Matjaž dobil dodatno naročilo, da izdela šablono, kje naj bo posuta sol, smo vedeli, da

bomo dobili prve znamke, posute s soljo, na svetu. Ko sem ob predstavitvi orade omenil, da septembra dobimo »slane« znamke, je Janez Mužič to objavil v nedeljski izdaji *Slovenskih novic*. V času kislih kumaric so to informacijo povzeli mediji v naših nekdanjih bratskih republikah. Opaziti je bilo, da nam Hrvatje ta »izum« zavidajo, saj so edini imeli pikre pripombe.

Matjažu sem pomagal z motivom izlova cipljev, ki ga je uporabil kot okvir znamke na bloku, in z motivoma dvojbornega topa (po piransko batelon) in bizarko (italijansko bisarca). Z dvema bizarkama so položili trato okoli jate cipljev in jo potem vlekli na obalo.

In ker se železo kuje vroče, Pošta Slovenije za letošnji september načrtuje izid štirih znamk, tokrat z motivi delfinov in kitov. Tudi te je oblikoval Matjaž Učakar in tudi te so oblikovno (fosforni nanos okostja) in tehnološko (digitalna aplikacija za pametni telefon) zanimive.

Vabljeni v Piran, staro mesto s sodobno dušo.

*Naše nebo • Astronomi odkrili planet okoli Proksime Kentavra*

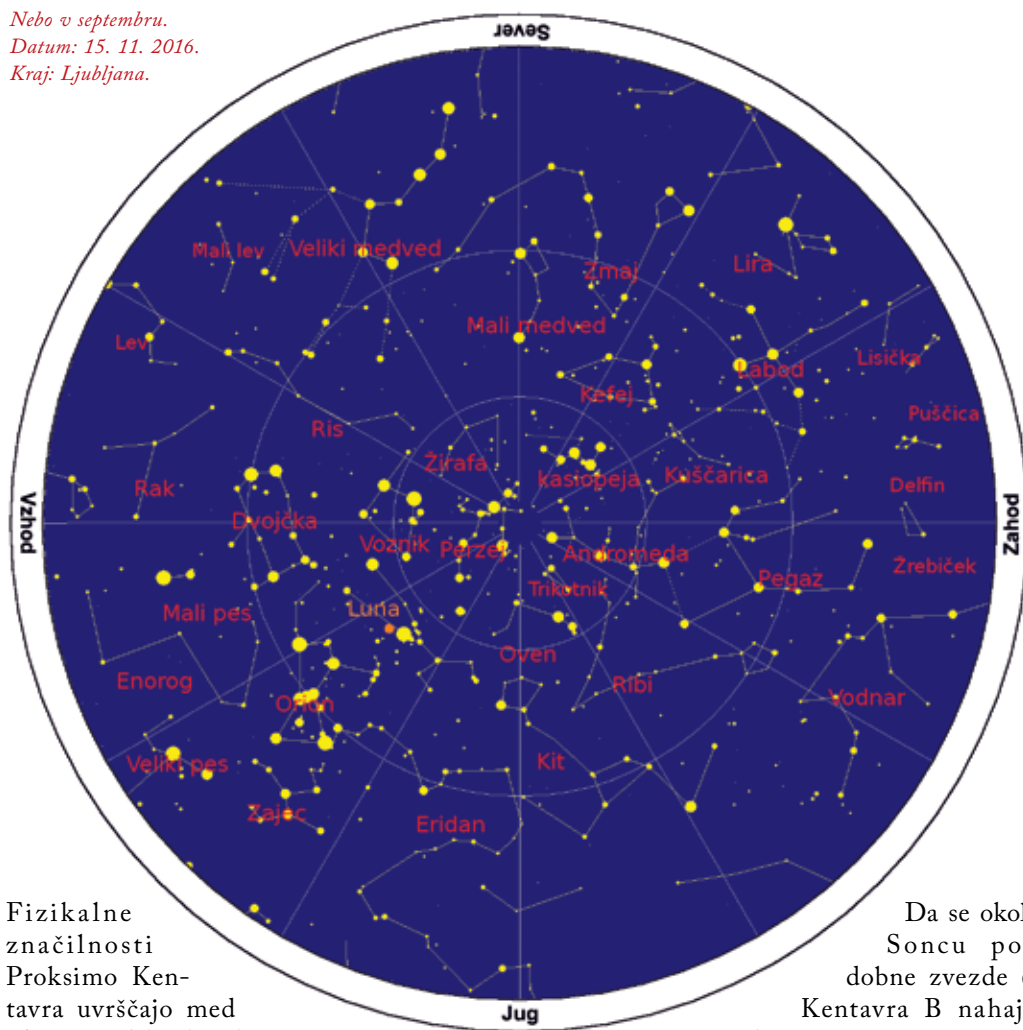
## Astronomi odkrili planet okoli Proksime Kentavra

*Mirko Kokole*

Od odkritja prvega planeta zunaj našega Osončja sta minili dobri dve desetletji in v tem času so astronomi odkrili že lepo število takšnih planetov. Trenutno jih poznamo 3.518 in so vseh vrst in velikosti, od majhnih Zemlji podobnih planetov do velikanov, skoraj stokrat večjih od Jupitra. Prav tako kot njihova raznolikost je velika tudi raznolikost zvezd, okoli katerih se gibljejo. In zato odkritje planeta okoli zvezde HIP 70890 ne bi bilo nič posebnega, če ne bi bila ta zvezda nam najbližja. Zvezdo poznamo bolj po imenu Proksima Kentavra.

Proksima Kentavra (Proxima Centauri) je nam najbližja zvezda. Odkrili so jo leta 1915. Na nebu se nahaja v ozvezdju Kentavra približno dve ločni stopinji proč od zvezde  $\alpha$  Kentavra. Trenutno je od nas oddaljena le 4,24 svetlobnega leta - to je razdalja, ki jo svetloba prepotuje v 4,24 leta. Proksima je gravitacijsko povezana z zvezdo  $\alpha$  Kentavra, ki je tudi sama dvojna zvezda. Od  $\alpha$  Kentavra je oddaljena 15 tisoč astronomskih enot. Za obhod potrebuje približno pol milijona leta.

Nebo v septembru.  
Datum: 15. 11. 2016.  
Kraj: Ljubljana.



Fizikalne značilnosti Proksimo Kentavra uvrščajo med rdeče pritlikavke, ki so v vsej zvezdni populaciji najštevilnejše. Njen spektralni tip je M6, kar pomeni, da je zvezda z manjšo maso in površinsko temperaturo približno tri tisoč kelvinov. Ima majhen izsev, ki znaša le 0,15 odstotka Sončevega izseva. Proksima je tudi zelo majhna. Njen premer je 0,14 Sončevega premera, njena masa pa znaša le 0,12 mase Sonca. Za take zvezde je značilno, da v svojem življenju porabijo tako rekoč celotno zalogo vodika, ki jo vsebujejo, in so zato zelo dolgožive. Njihova življenjska doba je približno tristokrat daljša od trenutne starosti celotnega vesolja.

Da se okoli Soncu podobne zvezde  $\alpha$  Kentavra B nahaja planet, so astronomi naznanili leta 2012, a so kasnejša opazovanja pokazala, da je prišlo do napake pri obdelavi podatkov in da se okoli te zvezde ne giblje noben planet. Je pa to vzbudilo dovolj veliko pozornost tako strokovnjakov kot javnosti, da so astronomi letos januarja začeli zelo natančno opazovati Proksimo Kentavra, in to prav z namenom, da bi ugotovili, ali se okoli nje nahaja kakšen planet. Pri raziskovanju so uporabili več različnih metod, od fotometričnih meritev do opazovanja Dopplerjevega premika. Zvezdo so vsak dan med januarjem in aprilom posneli tudi z enim najzmogljivejših



spektrografov za opazovanje Dopplerjevega premika. S statistično obdelavo vseh podatkov so tako lahko 25. avgusta letos naznanili potrditev odkritja planeta okoli Proksime. Planet je majhen, njegova masa je 1,3 Zemljine mase in okoli Proksime kroži na oddaljenosti 0,05 astronomske enote z obhodnim časom 11,2 dneva. Ker je Proksima rdeča pritlikavka in ima majhen izsev, se ta planet tako nahaja v njenem »bivalnem« območju. To je območje okoli zvezde, kjer bi lahko na planetu obstajala tekoča voda in s tem tudi življenje.

Kakšen je pravzaprav planet, še ne vemo. Ali je Zemlji podoben kamniti planet ali miniaturni Neptun, ne moremo povedati. Prav tako ne znamo povedati, ali ima pla-

net ozračje, in še manj, ali na njem obstaja tekoča voda. Ker je Proksima aktivna zvezda, ima močne izbruhe ultravijoličnih in rentgenskih žarkov. Obstoj življenja na planetu, tudi ob izpolnitvi vseh potrebnih pogojev, je le malo verjeten - oziroma bolj natančno, vsaj takega življenja, kot ga poznamo na Zemlji, tam verjetno ne bi našli. Po drugi strani pa je Proksima zvezda z zelo dolgo življenjsko dobo, v tako dolgem času pa se lahko zgodijo tudi najbolj redke kemijske reakcije, kar pomeni, da obstoja življenja na planetu ne moremo izključiti. Pustimo se torej presenetiti in morda bomo odkrili življenje na planetu, ki kroži okoli nam prav najbližje zvezde.

## Table of Contents

### Editorial

*Tomaž Sajovic*

### Ecology

#### Macrophytes of Lake Bohinj

*Mateja Germ, Alenka Gaberšič*

Aquatic plants or macrophytes, if we use a more technical term, have lived in Lake Bohinj since time immemorial. They can be seen in clear water as far as ten metres deep. We can observe aquatic mosses, stonewort meadows and seed plants that occur in shallow areas, brushing up against swimmers who are looking for refreshment in the cool water. The species diversity of aquatic plants and the depth of their occurrence differ from year to year. This can be attributed to different water transparency conditions, rainfall distribution and temperature conditions. These changes, however, have no bearing on the serene beauty of lake that continues to enchant its visitors.

### Geology in museums

#### Visiting Moscow's Geological Museums (Part I)

*Mihael Brenčič*

The Russian Federation that we know today is the successor of the Soviet Union and Tsarist Russia before it. Although it is no longer as vast a country as its predecessors it still extends across Asia and a large part of Europe and remains the largest country in the world. A country this big abounds with natural riches and extraordinary phenomena. Fascinating and remarkable as this is it also provides grounds for intensive

exploitation of natural resources. A blend of nature, culture as well as political and military power often results in the birth of exceptional museums. Many of such can be seen in Moscow, a city that has plenty to offer to visitors hungry for cultural and scientific delights. It also hides fascinating geological museums. Some of those are very old, with tradition that goes back to the period of Peter the Great's *Kunstkamera* in Saint Petersburg. Others were founded in the period of expansion of Soviet socialism under Stalin's patronage.

### Applied biochemistry and pharmacy

#### Enzymes – Promising Targets for the Development of New Drugs

*Kristof Fortuna*

In the last decade, a lot of scientific interest has been devoted to cathepsin X, a lysosomal cysteine protease, present in increased concentrations in various diseases, especially in the growth and progression of tumours. In these cases, reduction of the activity of cathepsin X with inhibitors is still the primary therapeutic goal to be achieved. During the research and development of new inhibitors, appropriate tests for determination of inhibitory activity have to be established. The first objective of the research was to optimize an enzymatic assay for testing inhibitors by varying enzyme and substrate concentrations and ratios. The optimized enzymatic assay, based on the measurement of fluorescence, was then used to verify the inhibitory activity of known irreversible inhibitors, AMS36 and E64. As expected, E64 straightforwardly showed complete

inhibition (99.9%), while AMS36 showed strong inhibitory activity (81.1%) only after preincubation without L-cysteine. Finally, two new potential reversible inhibitors, tripeptides TCS and TCT, were tested with the optimized assay. They showed promising inhibitory activities (29.2 and 24.0%, respectively) after preincubation without L-cysteine. The two tripeptides that probably act inhibitory by forming a disulfide bond with cysteine of the active site of cathepsin X represent a good starting point for the development of new specific and reversible inhibitors that may one day be used as medicines.

Analytical chemistry and medicine

### **Acute Promyelocytic Leukemia and Arsenic Trioxide**

*Luka Petravić, Jon Škerlj in Špela Turk*

As part of our high school research project three student researchers from Gimnazija Novo Mesto took part in the research into the treatment of acute promyelocytic leukemia with arsenic trioxide (ATO), which is conducted in collaboration with the Jožef Stefan Institute and the University Medical Centre in Ljubljana. Acute promyelocytic leukemia is a cancer of the blood-forming tissue in which immature white blood cells called promyelocytes accumulate in the bone marrow. Arsenic trioxide has been reported as successful in the treatment of acute promyelocytic leukemia. It is excreted with urine as arsenite (As(III)), arsenate (As(V)), methylarsonic acid (MMA) and dimethylarsinic acid (DMA) (Šlejkovec in sod., 2016). In our research project we wanted to confirm the presence of these metabolites in urine of the patient treated with arsenic and their concentrations in the urine sample before and after drug infusion. As elevated levels of arsenic can be found in food as well we determined concentrations of total arsenic and arsenobetaine in control urine samples collected from volunteers.

Ethics and nature tourism

### **Responsible Nature Tourism Is an Investment in Ourselves**

*Petra Draškovič Pelc*

Increasingly many people want to see bears in their natural environment. So many people in fact that bear watching has even become part of tourist offering. Carefully planned tourist activities involving bears can

become an advantage both for the local community and tourism as well as for bears. Last but not least, responsible bear tourism can contribute to a more favourable attitude to this species. This brings up several important questions: When do visitors become too many? When is their influence on the life of animals in a specific habitat so disturbing that it can become harmful? How much tourism is too much? And finally, how can we regulate and restrict it? There is no easy answer to these complex questions. Tourism is first of all an economic activity, not nature conservation. Nevertheless, we should be aware of the implications of these questions, namely that such tourism cannot last if it is not built on sustainability. Preserved nature is precious; it is both a magnificent gift passed on to us by our ancestors and a great responsibility, for it is us who have to pass it on to our descendants.

Natural science and philately

### **Ljudevit Kuščer on a Postage Stamp**

*Mitja Jančar*

Ljudevit Kuščer (1891-1944) was a biologist and most of all a malacologist. He devoted most of his research to the study of molluscs, especially species that live underwater and underground. He studied the subterranean world of the Karst and lent his name to many newly discovered animal species. In cooperation with the Museum of Underwater Activities in Piran, which continues the diving legacy of the Kuščer brothers, the Philatelic and Numismatic Association of Piran commemorated the 125<sup>th</sup> anniversary of Kuščer's birth. For this occasion they created a personal stamp with a portrait of the Kuščer family, a commemorative postmark with the portrait of Ljudevit Kuščer and the snail *Belgrandiella kuscerei*. The commemorative cover includes the motif of the Piran Punta and snail specimens.

Our sky

### **Astronomers Discovered a Planet around Proxima Centauri**

*Mirko Kokole*

Table of Contents

## **Metuljasta kukavica (*Anacamptis papilionacea*) tudi na Goričkem**

Glede na članek o metuljasti kukavici v 10. številki lanskega letnika *Proteusa* nas je Kristjan Malačič obvestil, da so tudi v Krajinskem parku Goričko blizu naselja Fokovci našli primerek metuljaste kukavice. Po znanih podatkih je to verjetno najbolj severna lokacija na vsem območju razširjenosti te vrste. Več podatkov lahko dobite v reviji *Annales* (26/2016).

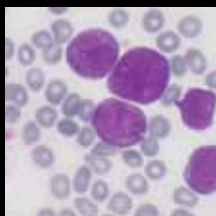
*Uredništvo*



## ■ *Geologija v muzejih*

### Popotovanje po moskovskih geoloških muzejih

Današnja Ruska federacija je naslednica Sovjetske zveze in carske Rusije. Čeprav to ni več tako ogromna država, kot sta bili njeni predhodnici, še vedno sega prek celotne Azije in v velik del Evrope ter je še vedno največja država sveta. V tako veliki državi je veliko naravnih bogastev in izjemnih pojavov. Vse to je zanimivo in nenavadno, hkrati pa predstavlja podlago za intenzivno izkoriščanje naravnih bogastev. Splet narave, kulture in tudi politične ter vojaške moči ima pogosto za posledico nastanek izjemnih muzejev. Mnoge med njimi bomo našli v Moskvi, ki radovednemu obiskovalcu ponuja veliko kulturnih in znanstvenih užitkov. Poleg vseh teh zbirk Moskva skriva tudi izredno zanimive geološke muzeje. Nekateri izmed geoloških muzejev so stari in svojo tradicijo vlečejo še iz obdobja sanktpeterburške Kunstkamere Petra Velikega. Drugi so nastali v obdobju ekspanzije sovjetskega socializma pod Stalinovim patronatom.



## ■ *Analizna kemija in medicina*

### Akutna promielocitna levkemija in arzenov trioksid

V okviru srednješolske raziskovalne naloge so se trije dijaki raziskovalci z Gimnazije Novo mesto vključili v raziskovalno delo na področju zdravljenja akutne promielocitne levkemije z arzenovim trioksidom, ki poteka v sodelovanju Instituta Jožef Stefan in Univerzitetnega kliničnega centra v Ljubljani. Akutna promielocitna levkemija je rakava bolezen krvotvornega tkiva, kjer pride do razraščanja nezrelih belih krvnih celic – promielocitov. Iz znanstvene literature je znano, da je arzenov trioksid učinkovito zdravilo v boju proti akutni promielocitni levkemiji in da se v telesu pretvori ter izloči z urinom v obliki arzenita, arzenata ter mono- in dimetil arzenove kisline. V raziskovalni nalogi so zato želeli potrditi prisotnost teh metabolitov v urinu pacientke, zdravljene z arzenom, in njihove koncentracije glede na čas odvzema vzorca, torej pred infuzijo zdravila in po njej. Ker so lahko povišane koncentracije arzena prisotne tudi v hrani, smo pri kontrolnih vzorcih prostovoljcev določili koncentracije celokupnega arzena in arzenobetaina.



## ■ *Naravoslovje in filatelija*

### Ljudevit Kuščer na poštni znamki

Filatelistično-numizmatično društvo iz Pirana je skupaj z Muzejem podvodnih dejavnosti v Piranu, ki ohranja zapuščino Kuščerjev, povezano s športnim potapljanjem, obeležilo 125-letnico rojstva biolog in malakologa Ljudevita Kuščerja (1891-1944). V ta namen so pripravili osebno znamko s portretom družine Kuščer, priložnostni žig, v katerem sta portret Ljudevita Kuščerja in polž Belgrandiella kusceri. V spominski ovitek so vključili motiv piranske Punte in primerke polžev.

ISSN 0033-1805

