

PROTEUS

oktober 2016, 2/79. 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

Antarktična prehranjevalna veriga
in podnebne spremembe

Mikrobiologija in javno zdravstvo

Bakterije z odpornostjo proti antibiotikom v okolju

Naravoslovna fotografija

Rezultati natečaja naravoslovne fotografije
za leto 2016



■ stran 54

Ekologija

Antarktična prehranjevalna veriga in podnebne spremembe

Timotej Turk Dermastia

Daleč stran na geografskem jugu našega planeta leži celina, skoraj dvakrat večja od Evrope. Na nekaterih mestih jo prekriva več kot kilometer globoki ledeni pokrov. Stalnih prebivalcev vrste *Homo sapiens* ne pozna. Antarktika je človeku najbolj neprijazen prostor na svetu. Vsakršna človeška dejavnost je omejena na nekaj raziskovalnih postaj in na razvijajoči se turizem, ki pa je zaenkrat omejen na Antarktični polotok in pa seveda na antarktično poletje. Podnebne razmere na Antarktiki so ustaljene že skoraj 35 milijonov let, odkar se je odprl Drakov prehod ter Antarktiko osamil in zavel v ledeni oklep. Organizmi so torej močno prilagojeni na tako okolje in vsakršne spremembe bi imele daljnosežne posledice. Problematika Antarktike in specifičnost antarktične ekologije bosta marsikateremu bralcu nova, saj te teme niso na dnevnem redu slovenske znanosti in novic, a so vendarle pomembne, saj prav zaradi specifičnosti in relativne nedotaknjenosti predstavljajo modelni sistem.



- 52 Uvodnik
Tomaž Sajovic
- 54 Ekologija
Antarktična prehranjevalna veriga in podnebne spremembe
Timotej Turk Dermastia
- 61 Geologija v muzejih
Popotovanje po moskovskih geoloških muzejih (drugi del)
Mihael Brenčič
- 67 Mikrobiologija in javno zdravstvo
Bakterije z odpornostjo proti antibiotikom v okolju
Urška Rozman, Jelka Helena Reberšek Gorišek, Sonja Šostar Turk
- 78 Bioakustika in računalništvo
Spletna aplikacija za prepoznavanje čmrljev na podlagi zvoka
Anton Gradišek, Gašper Slapničar, Jure Šorn, Mitja Luštrek, Matjaž Gams, Janez Grad
- 82 Paleontologija
Železnodobni zbiralci fosilov z Vač
Matija Križnar, Boštjan Labarnar
- 85 Naravoslovna fotografija
Rezultati natečaja naravoslovne fotografije za leto 2016
Petra Draškovič Pelc
- 91 Naše nebo
Jesensko nočno nebo
Mirko Kokole
- 93 Table of Contents



Naslovnica: *Pingvin gentoo*
(*Pygoscelis papua*).

Foto: Timotej Turk Dermastia.

Proteus

Izbaha 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 Draskovič Pelc

<http://www.proteus.si>

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 Pavotič

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 upokojene 3,70 EUR, za dijake in študente 3,50 EUR.

Celoletna naročnina je 45,00 EUR, za upokojene 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 je na tem svetu odgovoren za vse

Leta 1929 je v Moskvi izšla knjiga z naslovom *Problemi poetike Dostojevskega* (od leta 2007 jo lahko beremo tudi v slovenskem jeziku). Napisal jo je Mihail Mihajlovič Bahtin (1895-1975), znameniti ruski filozof in literarni kritik, ki je ustvarjal na področjih literarne teorije, etike in teorije jezika. Razmišljanje začenjam s sledečim odlomkom iz knjige:

»Samozavedanje junaka pri Dostojevskem je popolnoma dialogizirano: v vsakem aspektu je obrnjeno navzven, intenzivno nagovarja samo sebe, drugega, tretjega. Zunaj tega živega nagovarjanja samega sebe in drugega samozavedanje kot tako ne obstaja niti samo zase. V tem smislu bi lahko rekli, da je človek pri Dostojevskem *subjekt nagovora*. O njem ne moremo govoriti, lahko ga le nagovarjamo. Te 'globine človeške duše', katerih upodobitev je imel Dostojevski za glavno nalogo svojega realizma 'v višjem smislu', se razkriva samo v intenzivnem nagovoru. Ne moremo obvladati, uvideti in razumeti notranjega človeka, če

ga spremenimo v objekt hladne nevtralne analize, prav tako pa ga ne moremo obvladati, če se zlijemo z njim, če se živimo vanj. *Ne, približamo se mu lahko in ga razkrijemo – natančneje, ga prisilimo, da se razkrije sam – le prek komunikacije z njim, se pravi dialoško. Notranjega človeka, kot ga je pojmoval Dostojevski, lahko upodobimo le tako, da upodobimo njegovo komunikacijo z drugim. Samo v komunikaciji, v medsebojnem delovanju človeka s človekom, se razkriva 'človek v človeku' tako za druge kot tudi za samega sebe. / Popolnoma razumljivo je, da mora biti v središču umetniškega sveta Dostojevskega dialog, in sicer ne kot sredstvo, ampak kot cilj sam na sebi. Dialog ni preddverje dejanja, ampak samo dejanje. Prav tako ni sredstvo razkrivanja, razodevanja že izoblikovanega človekovega značaja; ne, človek se v dialogu ne samo navzven uveljavlja, ampak tudi prvič postane to, kar v resnici je, in to, ponavljamo, ne samo za druge, ampak tudi za samega sebe. Biti pomeni dialoško komunicirati. Ko se konča dialog, se konča vse. Prav zato se dialog v bistvu ne more in ne sme končati. Dostojevski na ravni svojega religiozno-utopičnega svetovnega nazora dialog prenese v*

večnost, ki jo misli kot *so-veselje, so-občudovanje, so-glasje*. Na ravni romana je vse to dano v obliki nezaključenosti dialoga, prvotno pa kot njegova slaba neskončnost. / V romanih Dostojevskega se vse steka k dialogu, k dialoški opoziciji kot k svojemu središču. *To ‚vse‘ je sredstvo, dialog je cilj. En glas ničesar ne konča, ničesar ne reši. Dva glasova sta minimum življenja, minimum obstoja.*« Misel, ki združuje Dostojevskega in Bahtina, je za privajeno umevanje človekove notranjosti oziroma duševnosti skrajno nenavadna. Trdi namreč, da človek sploh »nima« neke »izoblikovane«, »nespremenljive«, »trdne« duševnosti, kajti »notranjega človeka lahko upodobimo le tako, da upodobimo njegovo komunikacijo z drugim. Samo v komunikaciji, v medsebojnem delovanju človeka s človekom, se razkriva, človek v človeku tako za druge kot tudi za samega sebe.« Šele komunikacija, jezikovno sporazumevanje med ljudmi, torej dialog, »poraja« in »ustvarja« človekovo duševnost: »Dialog ni predčverje dejanja, ampak samo dejanje. Prav tako ni sredstvo razkrivanja, razodevanja že izoblikovanega človekovega značaja; ne, človek se v dialogu ne samo navzven uveljavlja, ampak tudi prvič postane to, kar v resnici je, in to, ponavljamo, ne samo za druge, ampak tudi za samega sebe. Biti pomeni dialoško komunicirati.«

Nekaj podobnega je v svojih *Tezah o Feuerbachu* (v slovenskem prevodu so izšle leta 1976) trdil tudi že Karl Marx (1818-1883): »Človeško bistvo ni nikakršna abstrakcija, ki prebiva v posameznem človeku. V svoji dejanskosti je skupek družbenih razmerij.« Podobnost med Bahtinom in Marxom kaže preprosto dejstvo, da se z vsakim jezikovnim sporazumevanjem, vsakim dialogom med ljudmi že vzpostavlja družbeno razmerje. Toda Marx je v *Tezah o Feuerbachu* trdil še nekaj daljnosežnejšega: »predmetov, dejanskosti, čutnosti« ni mogoče pojmovati kot nekaj, kar obstaja neodvisno od človekove zavesti – prav nasprotno, pojmovati jih je treba subjektivno, »kot čutno človeško dejavnost, prakso«. Vsako človekovo spoznavanje čutnih predmetov, čutne resničnosti »tam zunaj njega«, je delo, dejavnost, praksa. V tej svoji spoznavni praksi človek čutne predmete »tam zunaj sebe« vedno in neizogibno »deformira«, »spreminja« jih – kot pravi Marx – v »miselne predmete«. Že znameniti italijanski razsvetljenski filozof, zgodovinar in pravnik Giambattista Vico (1668-1744) je to človekovo »spoznavno usodo« izrazil presunljivo jasno: človek lahko spoznava le dejstva, dejstva

pa so stvari, ki jih je ustvaril človek sam. Z drugimi besedami: resnico človek ustvarja, do nje se ne dokoplje z opazovanjem, kot je bil prepričan René Descartes (1596-1650).

Čilski biolog Humberto Maturana (1928-) (mimogrede, njegovo sijajno knjigo z naslovom *Drevo spoznanja*, napisal jo je skupaj z biologom Franciscom Varelom, je mogoče prebrati tudi v slovenščini, v nadaljevanju se sklicujem tudi na njegovo razpravo *Ontologija opazovanja*, ki jo je mogoče najti na spletu) je vse, kar so o človekovi »spoznavni usodi« v svetu povedali Dostojevski, Bahtin, Marx in Vico, utemeljil v človekovi biološki strukturi. Izhajal je iz prepričanja, da je spoznavanje biološki pojav ter da človek biva kot samozavedajoče bitje le v jeziku in da svet lahko razlaga le z jezikom. Sklep je bil jasen: svet je neločljivo povezan z opazovalci, sleherno spoznavno dejanje *poraja svet*. Maturana je »objektivnost« sveta dal v oklepaj. Ker ima vsak opazovalec neizogibno svoj pogled na resničnost oziroma svoje védenje o njej, po Maturani tudi ni mogoče več govoriti o univerzumu (enem svetu), ampak o multiverzumih (več svetovih). To pa ima izredno pomembno posledico za humanejše bivanje človeka. V »univerzumu«, v objektivnosti brez oklepajev, kjer prevladuje prepričanje, da je resničnost ena sama in nekaj neodvisnega od ljudi, ima tisti, ki ima dostop do tako razumljene resničnosti, vedno prav, tisti, ki takega dostopa nimajo, pa nujno živijo v zmoti. Zato se morajo ljudje v »univerzumu« podrediti védenju, ki je absolutna, neprizivna resnica. V »multiverzumih«, v objektivnosti v oklepaju, kjer opazovalci s svojim opazovanjem ustvarjajo svoje resničnosti in svoje resnice, ki so med seboj enakovredne, ker so iz drugega verzuma oziroma sveta, ljudje lahko oblikujejo *skupni svet* le v *medsebojnem razumevanju*. Temelj sožitja ljudi v »multiverzumih« zahteva soglasje, to je skupno védenje. Kot smo videli, je Dostojevski *so-veselje, so-občudovanje, so-glasje* še razumel kot večnost, Maturana pa je to večnost z »neba« spustil na zemljo. V zaključku svojega besedila pa je naredil še korak dlje. Ker so čisto vse stvari na svetu spoznavne bitnosti, razlage opazovalca (Marx jih je, kot smo videli, imenoval »miselni predmeti«), je prišel namreč do skrajno etičnega zaključka: *človek je na tem svetu odgovoren za vse.*

Tomaž Sajovic

Antarktična prehranjevalna veriga in podnebne spremembe

Timotej Turk Dermastia

Daleč stran na geografskem jugu našega planeta leži celina, skoraj dvakrat večja od Evrope. Na nekaterih mestih jo prekriva več kot kilometer globoki ledeni pokrov. Stalnih prebivalcev vrste *Homo sapiens* ne pozna. Antarktika je človeku najbolj neprijazen prostor na svetu. Vsakršna človeška dejavnost je omejena na nekaj raziskovalnih postaj in na razvijajoči se turizem, ki pa je zaenkrat omejen na Antarktični polotok in pa seveda na antarktično poletje. Podnebne razmere na Antarktiki so ustaljene že skoraj 35 milijonov let, odkar se je odprl Drakov prehod ter Antarktiko osamil in zavil v ledeni oklep. Organizmi so torej močno prilagojeni na tako okolje in vsakršne spremembe bi imele daljnosežne posledice. Problematika Antarktike in specifičnost antarktične ekologije bosta marsikateremu bralcu novi, saj te teme niso na dnevnem redu slovenske znanosti in novic, a so vendarle

pomembne, saj prav zaradi specifičnosti in pa relativne nedotaknjenosti predstavljajo modelni sistem.

Antarktika vendarle ni nedotaknjena

Antarktika je zadnja odkrita celina na našem planetu. Po svoje je zanimivo, da so raziskovalci že davno odkrivali planete našega osončja in zvezde naše galaksije, in to preden so sploh odkrili to gmoto ledu na daljnem jugu. A vendar, kot je za modernega človeka značilno, so jo ljudje takoj po odkritju začeli izkoriščati in uničevati. Leta kitolova na severni polobli v 18. stoletju so izčrpala populacije kitov in lov je bil vedno manj uspešen. Kitovo olje je bilo visoko cennjeno blago, ki so ga uporabljali za kurjavo, razsvetljavo, maziva in kozmetiko. Ob koncu 18. stoletja so mornarji začeli poročati o ogromnih »zalogah« kitov in tjujnjev v antarktičnih vodah in lov, ali bolje rečeno



kar rudarjenje za kitovim oljem in tjulnjo kožo, se je lahko začel. Posledično so bili do leta 1830 antarktični kožuhasti tjulnji (*Arctocephalus gazella*) skoraj iztrebljeni. Prvi kitolovci so le s težavo predelovali kitovo maščobo na negostoljubnih otokih. A ko so se vzpostavile prve kitolovske baze na Južni Georgii in Južnih Shetlantskih otokih, se je industrijski masaker lahko začel. Ustavil se ni do leta 1986, ko je začela veljati prepoved za komercialni kitolov, čeprav je bil lov na nekatere vrste, kot so sinji kiti in grbavci, prepovedan že nekaj let prej. Leta kitolova so pustila velike posledice v antarktičnem ekosistemu, saj so sistematično zdesetkala skoraj vse višje plenilce. Ta dinamika pa se kaže še danes. Kožuhasti tjulnji in rakojedi tjulnji (*Lobodon carcinophaga*) na primer so zdaj zelo številčni, saj imajo ob pomanjkanju kitov ogromno hrane. Ta pa je sestavljena predvsem iz osrednjega lika antarktičnega ekosistema, brez katere ta prav gotovo ne bi

obstajal v obliki, kot ga poznamo - *antarktičnega krila*. Antarktični kril je kozici podoben majhen rakec vrste *Euphasia superba* in je glavni prehranjevalni element množice vrst, ki imajo Antarktiko za svoj dom – od pingvinov do tjulnjev, kitov in veličastnih albatrosov. Je vrsta z daleč največjo biomaso na svetu in njene zaloge se zdijo neizčrpne. Po različnih ocenah je krila v antarktičnih vodah od 342 do 536 milijonov ton, z letno porabo v ekosistemu od 128 do 470 milijonov ton (Atkinson, Siegel, Pakhomov, Jessopp, Loeb, 2009). Kril in njegovo olje ljudje uporabljajo predvsem kot prehranski dodatek in s petičnimi dietami ta postaja vedno bolj zaželen. Uporabljajo ga tudi v farmaciji, čedalje več pa tudi v ribogojstvu, dejavnosti, ki je v velikem porastu. Lov na kril je omejen na sever Antarktičnega polotoka in sever Weddellovega morja. Kvota za izlov krila, ki jo je predpisala Komisija za varstvo antarktičnih morskih naravnih virov

Rajski zaliv (Paradise Bay). Foto: Timotej Turk Dermastia.





Ostanki kitolovne postaje na vulkanskem Deception Islandu. Antarktika je danes v celoti zaščiten z Antarktičnim sporazumom, kar v praksi pomeni, da nič ne prinesemo in ničesar ne vzamemo. Enako velja za ostanke človeške dejavnosti pred sklenitvijo sporazuma, kot so raziskovalne in kitolovne postaje. Te so, v stanju, kot so jih ljudje zapustili, ohranile stalne temperature pod ničlo. Nekatere postaje so preoblikovane v preproste muzeje, kot je kočča kapitana Scotta, druge, kot kitolovna postaja na sliki, pa spominjajo na čase, ki jih na srečo več ni. So pa v ostankih rezervoarjev za olje in kočah za osebe »lokalci« našli novi dom. Foto: Timotej Turk Dermastia.



Antarktični kril (Euphausia superba). Ta do šest centimetrov veliki rakec je eden od glavnih virov prehrane za živalstvo v Južnem oceanu in je osrednji element prehranjevalne verige. Skupna biomasa te vrste je med največjimi na svetu (500 milijonov ton). Združuje se v jate, ki lahko dosežejo gostoto do 30.000 živali na kubični meter. Obstoj vrste je pogojen z vsakoletno formacijo zimskega morskga ledu.

Vir: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c7/Antarctic_krill_\(Euphausia_superba\).jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c7/Antarctic_krill_(Euphausia_superba).jpg).

(CCAMLR), je 5,6 milijona ton, a je izlov dejansko veliko nižji, približno 500.000 ton (Arrigo, Thomas, 2004). Kljub temu pa zadeva kot vedno ni tako preprosta. Čeprav človeška dejavnost na celini skoraj ni omembe vredna, sta kril in z njim celotna

antarktična prehranjevalna veriga prav zaradi človeka na velikem preizkusu.

Morski led je pomemben gradnik antarktičnega ekosistema

Zaradi morskega ledu, ki se oblikuje okoli celine in njenih otokov, se v zimi na južni polobli velikost Antarktike skoraj podvoji. Morski led nastaja z zamrzovanjem morske vode, ob tem se iz vode izloči sol. Na drugi strani pa ledeniški led, ki sestavlja ledenike, ledene pokrove in ledene plošče, nastaja iz snega, ki se pod vplivom pritiska povezuje v led. Čeprav lahko marsikje preberemo, da se obseg morskega ledu na Antarktiki s segrevanjem ozračja dejansko povečuje, kar je v nasprotju z dogajanjem na Arktiki, pa je ta pojav treba vzeti pod drobnogled (Zhang, 2007). Za večanje količine morskega ledu, navzlic podnebnim spremembam, obstaja več razlag. Antarktika je skoraj v celoti pokrita z ledenim pokrovom. Ko se ozračje segreva in temperature naraščajo, se ledeni pokrov topi in v morje sprošča ogromne količine mrzle in sladke vode. Sladka voda, kot vemo, zamrzne veliko hitreje kot morska. Slednja ima s 35 delcev soli na milijon

delcev ledišče pri $-1,9$ stopinj Celzija. Posledično nastaja več morskega ledu. Drugi razlog za večanje površine morskega ledu sta večja pojavnost in moč celinskih vetrov, ki pihajo z ledene celine na morje, zaradi podnebnih sprememb. Ti vetrovi odnašajo led z obale proti odprtemu morju. S tem razgaljajo obalni pas morja, ki mu pravimo *polinij*. Polinij lahko nato na novo zamrzne in celotna površina ledu se poveča.

Morski led v antarktičnem ekosistemu ima pomembno vlogo, saj poleg tega, da nudi zatočišče številnim pticam, sesalcem in krlu, pomembno vpliva tudi na hidrodinamiko oceanov. Ob njegovem nastajanju se sol

Morski led v nastajanju. Morski led nastaja v več stopnjah. Ena od prvih stopenj je »palačinkasti led«. Ob zamrzovanju se izloča sol, ki jo v tej stopnji lahko vidimo kot grob rob »palačink«. Če morje zamrzuje naprej, se posamezne plošče povezujejo v enotno ploskev, ki pa je živa in se stalno preoblikuje. Ledene gore, ki jih vidimo v ozadju, so odkruški ledenikov.

Foto: Timotej Turk Dermastia.



izloča iz vode, nekaj pa je ostane ujete med kristali ledu. Izločena sol tvori zelo gost sloj vode pod ledom, ki potone in tako prispeva h kroženju globalnih oceanskih tokov. Spremembe v obsegu morskega ledu imajo tako daljnosežne posledice.

Ne smemo pa pozabiti, da je Antarktika ogromna celina, s pomembnimi regionalnimi razlikami v geografiji in podnebjem. To velja tudi za količino ledu. Zahodni del Antarktičnega polotoka, tako imenovani »bananin obroč«, z najmilejšim podnebjem velja za enega najbolj produktivnih delov Antarktike in doživlja obratni scenarij kot ostali del celine. Čeprav je pokrit z ledeniki in ponekod tudi z ledeniški pokrovi, so ti veliko manjši kot na primer v vzhodnem delu celine, ki je v celoti pokrit s ponekod tudi pet kilometrov debelo Vzhodno antarktično ledeno ploščo, največjo ledeno ploščo na svetu. V tem delu torej močni vetrovi in ohlajanje morja zaradi topljenja ledene plošče in ledenikov nimajo tako močnega vpliva. Obseg morskega zimskega ledu okoli Antarktičnega polotoka se je v preteklih tridesetih letih zmanjšal za trideset odstotkov (Zhang, 2007). Antarktični polotok je tudi eno od območij sveta, ki se segrevajo najhitreje, in doživlja podobno usodo kot Arktika.

Morski led – vir življenja

Kril je močno odvisen od zimskega morskega ledu, ki nastaja okoli celine. Led nudi zaščito mlademu krilu in njegovim larvalnim stadijem med prezimovanjem. Prav tako je morski led vir hrane za kril, saj je gojišče najrazličnejših mikroskopskih organizmov in alg, ki v zmrznjeni morski vodi najdejo skoncentrirane hranilne snovi (Arigo, Thomas, 2004). Spomladi, ko se led začne taliti, se v okoliško vodo sproščajo snovi, ki pospešijo primarno produkcijo in povzročijo velik porast biomase. Morski led je torej zimski rastlinjak, ki ga mladi kril izkorišča in obdeluje.

Posledice izgube ledu na Antarktičnem po-

lotoku so že danes zelo očitne. To je območje z največjo pestrostjo in številčnostjo organizmov na Antarktiki in skoraj vsi njegovi prebivalci so odvisni od krila. Raziskave kažejo, da na območjih, kjer je ledu manj in kjer je voda toplejša, kril nadomeščajo veliko manj hranljive salpe (Salpidae; glavna predstavnik *Salpa thomsoni*) (Atkinson, Siegel, Pakhomov, Rothery, 2004). Na teh območjih je opazno sistematično zmanjševanje populacij pingvinov adélie (*Pygoscelis adeliae*) in chinstrap (*Pygoscelis antarctica*), ki se prehranjujejo izključno s krilom. Na območjih, kjer je morskega ledu več, pa se njihova številčnost povečuje. Na drugi strani se populacija pingvinov gentoo (*Pygoscelis papua*), vrste, katerih prehrana ni odvisna od krila, na zahodnem Antarktičnem polotoku strmo povečuje. Še pred desetimi leti so pingvini gentoo v glavnem naseljevali le otoke severno od Antarktičnega polotoka. V le petih letih, odkar potekajo študentske raziskovalne ekspedicije, ki sem se je udeležil tudi sam, se je vrstna sestava pingvinov popolnoma spremenila in danes lahko vsaj v severnem predelu zahodnega Antarktičnega polotoka opazujemo skoraj izključno pingvine gentoo.

V celotni prehranjevalni verigi se je torej zgodila velika sprememba, ki lahko postane še bolj izrazita. Z nadaljnjim segrevanjem vode severno od celine se bo glavnina biomase krila pomikala vedno južneje (Flores in sod., 2012). Zaradi pomanjkanja svetlobe, neugodnih oceanografskih razmer in tekmovanja z drugimi vrstami krila, kot je kristalni kril (*Euphasia crystallorophias*), bo lahko to za vrsto *Euphasia superba* usodno. To ima lahko daljnosežne posledice za ekosistem, vključno s primarno produkcijo, saj kril velja za enega glavnih virov železa v Južnem oceanu, kjer železa sistematično primanjkuje; ko živali, ki se s krilom prehranjujejo, iztrebljajo, gnojijo z železom osiromašeni ocean, kar povzroča velika cvetenja fitoplanktona (Nicol in sod., 2010). Če se trenutni trend ogrevanja ozračja in z njim povezanih



Tri vrste z različnimi usodami. Od leve proti desni: pingvin gentoo, antarktični kožubasti tjuljenj, pingvin chinstrap. V primeru, da populacija krila močno upade in se morje otopli, jo bodo najbolje odnesli pingvini gentoo, kar se kaže že danes. Kožubasti tjulnji in pingvini chinstrap pa se bodo morali močno prilagoditi, saj je kril pomemben del njihove prebrane, o čemer pričajo tudi rdeči iztrebki na fotografiji. Slika je iz mešane kolonije tjulnjev in pingvinov chinstrap, gentoo je na obisku. Foto: Timotej Turk Dermastia.

procesov, kot sta zakisovanje oceanov ali izginjanje ledenega pokrova, ne ustavi, bodo marsikatera območja na Antarktiki neprimerna za razvoj in razmnoževanje antarktičnega krila. Upad biomase krila pa seveda lahko pospeši tudi človek z ribolovom, ki pa je sicer zaenkrat še dokaj omejen.

Kril je prilagodljiva, a občutljiva vrsta

Kril je prilagojen na hladne in stabilne razmere. Temperaturni razpon, v katerem najdemo kril, je le okrog 7 stopinj Celzija (Flores in sod., 2012). Zaradi vseh opisanih sprememb se lahko vloga vrste *Euphasia superba* iz osrednje spremeni v manj po-

membno, če se bo seveda novim razmeram prilagodila in se ohranila. Zaradi potrebe po specifičnih oceanografskih razmerah za uspešen razvoj so za spremembe posebno občutljivi larvalni stadiji krila. Glede na to, da se podnebne spremembe dogajajo hitro, v okviru desetletij ali stoletij, se zdijo kakšne daljnosežne evolucijske prilagoditve, ki bi omogočale larvalni razvoj v popolnoma spremenjenih razmerah, skoraj nemogoče. Kljub veliki občutljivosti larvalnih stadijev krila za spremembe pa je odrasel kril bolj prilagodljiv (Flores in sod., 2012). Ima razmeroma dolgo življenjsko dobo štiri do sedmih let; lahko živi v različnih

agregacijskih enotah, od samostojnih živali do velikanskih jat (Tarling in sod., 2009); uporablja zelo različne vire hrane (Schmidt, Venables, Pond, 2012) ter se začasno lahko umakne vodi s povečano temperaturo, tako da se premakne v globlje in hladnejše plasti (Flores in sod., 2012).

Posledice podnebnih sprememb so daljnosežne, tudi v krajih, kjer je neposredne človeške aktivnosti le za vzorec. Antarktika je modelni sistem, saj predstavlja razmeroma nedotaknjeno okolje, kjer pa globalne spremembe pridejo še bolj do izraza. Sprememba vloge krila v prehranjevalni verigi povzroča drastične spremembe v dinamiki in delovanju ekosistema. Za nekatere člene, kot so salpe, pingvini gentoo in orke, bodo te spremembe koristne, spet drugi bodo izgubili glavni vir prehrane in bodo ob nezmožnosti prilagoditve lahko tudi končali svojo evolucijsko pot.

Upravljanje z antarktičnimi morskimi viri, ki je v pristojnosti Komisije za varstvo antarktičnih morskih naravnih virov, je tako velik izziv. Pri tem moramo upoštevati tudi dejstvo, da nekateri že vidijo nove priložnosti za razvoj industrije na mestih, kjer se led umika. To bo še zlasti pomembno ob izteku Antarktičnega sporazuma leta 2048.

Ta za sedaj prepoveduje izkoriščanje danosti Antarktike za pridobitniško ali vojaško dejavnost.

Literatura:

- Atkinson, A., Siegel, V., Pakhomov, E. A., Jessopp, M. J., Loeb, V., 2009: *A re-appraisal of the total biomass and annual production of Antarctic krill. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 56: 727–740.
- Arrigo, K. R., Thomas, D. N., 2004: *Large scale importance of sea ice biology in the Southern Ocean. Antarctic Science*, 16: 471–486.
- Zhang, J., 2007: *Increasing antarctic sea ice under warming atmospheric and oceanic conditions. Journal of Climate*, 20: 2515–2529.
- Atkinson, A., Siegel, V., Pakhomov, E., Rothery, P., 2004: *Long-term decline in krill stock and increase in salps within the Southern Ocean. Nature*, 432: 100–103.
- Flores, H., in sod., 2012: *Impact of climate change on Antarctic krill. Marine Ecology Progress Series*, 458: 1–19.
- Nicol, S., in sod., 2010: *Southern Ocean iron fertilization by baleen whales and Antarctic krill. Fish and Fisheries*, 11: 203–209.
- Tarling, G. A., in sod., 2009: *Variability and predictability of Antarctic krill swarm structure. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 56: 1994–2012.
- Schmidt, K., Venables, H. J., Pond, D. W., 2012: *Early spawning of Antarctic krill in the Scotia Sea is fuelled by 'superfluous' feeding on non-ice associated phytoplankton blooms. Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 59: 159–172.

Timotej Turk Dermastia je magistriral iz ekosistemskega upravljanja z morskimi viri na Univerzi v St. Andrewsu na Škotskem in danes dela kot mladi raziskovalec na Morski biološki postaji Nacionalnega inštituta za biologijo v Piranu. Kot del študija je na krovu ladje Plancius obiskal tudi vzhodni antarktični polotok, kjer se je srečal z leptami in izzivi, s katerimi se spopada ta del Antarktike. V celino se je, kot vsak obiskovalec Antarktike, zaljubil, predvsem pa je nanj naredila globok vtis in spodbudila željo, da seznaní vsakogar z eno redkih divjin, ki so še ostale na Zemlji.



Popotovanje po moskovskih geoloških muzejih (drugi del)

Mihael Brenčič



Vhod v paleontološki muzej Orlova. Foto: Mihael Brenčič.

Nadaljujmo začeto pot po moskovskih geoloških muzejih, ki smo jo pričeli v prejšnji številki. Do sedaj smo si že ogledali geološki muzej Vernadskega in mineraloški muzej Fersmana. Pred nami pa je še ogled dveh, prav tako izjemnih zbirk, paleontološkega muzeja Ruske akademije znanosti in Muzeja ved o Zemlji, ki deluje pod okriljem Moskovske državne univerze Lomonosova.

Paleontološki muzej se nahaja na skrajno jugozahodnem obrobju Moskve, že v predmestju, kjer mesto prehaja v redke brezove in jelšine gozdove. Do tja te vodi dolga vožnja do končne postaje podzemne železni-

ce, nato pa še vožnja z avtobusom ali dolgo pešačenje. In ko že skoraj obupaš, prideš do umetno kovanih železnih vhodnih vrat, na katerih so drug za drugim nanizani stilizirani dinosavri. Za vrati se odpira pogled na modernistično zasnovano stavbo iz osemdesetih let prejšnjega stoletja. Poleg muzeja, imenovanega po pomembnem ruskem paleontologu, akademiku Juriju Aleksandroviču Orlovu (1893–1956), je v isti zgradbi še paleontološki inštitut Ruske akademije znanosti z laboratoriji.

Za razliko od muzejev, ki smo jih opisali pred tem, je bila stavba zgrajena namen-sko. V notranjosti so na stenah postavljeni

keramični murali, ki prikazujejo nekdanje življenje na Zemlji. Ob vstopu v zbirko se vzpneš ob steni, ki stilizirano prikazuje razvoj življenja, vzpenjajočega se iz morja na kopno in v vedno bolj zapletene oblike. Morje je prikazano z velikim zrcalom na dnu jaška, v katerem se zrcali celotna slika na steni. V eni od razstavnih sob je čez vso steno izdelan relief in na njem je prikazano nekdanje življenje v morju. V dvorani z okostji dinosavrov je naslikana ogromna freska, ki prikazuje življenje v tropskem gozdu v srednjem zemeljskem veku. Tudi po drugih razstavnih dvoranah so po stenah nanizani različni umetniško interpretirani reliefi in slike fosilov. Tako kot je nekdanje življenje stilizirano prikazano na kovanih vhodnih vrtatih, tako bomo podobne stilizirane prikaze zasledili tudi drugod po

stavbi. Žal se tudi temu muzeju pozna podhranjeno financiranje dejavnosti. Vse razlage eksponatov so napisane še na star način, na nekoliko porumenelih lističih, na katerih je pogosto napisano nepregledno dolgo besedilo, v celotnem muzeju pa ni niti ene same interaktivne predstavitve.

Tudi ta zbirka je obsežna, a v primerjavi s podobnimi zbirkami na zahodu zasnovana nekoliko drugače. Zbirka ni toliko všečna na oko, kot je namenjena podrobnemu in natančnemu prikazu dejstev. Temelji predvsem na odkritjih raziskovalcev paleontološkega inštituta, ki so v preteklosti vodili raziskovalne odprave v obširna prostranstva Sovjetske zveze in njenih satelitov. Postavitve je namenjena študiju in od obiskovalca terja zbranost. Skorajda nemogoče je, da bi si jo ogledal v celoti, hkrati pa sledil vsem

Pogled na razstavno dvorano paleontološkega muzeja Orlova, kjer so razstavljena okostja dinosavrov.

Foto: Mihael Brenčič.



razlagam. V začetnem delu so najprej predstavljeni namen in pomen paleontologije ter njen zgodovinski razvoj s poudarkom na ruskih dosežkih. Del začetnih vitrin je namenjen prikazu nastanka fosilov in njihovemu ohranjanju v različnih okoljih. Temu sledi obsežen in natančen prikaz postopne evolucije organizmov - vse od mikroorganizmov pa do ogromnih sesalcev kvartarja. Vsaka od družin je predstavljena s podrobnimi opisi in razlagami ter številnimi primerki, pogosto v obliki filogenetskih dreves.

Posebej velja opozoriti na nekaj skupin izjemnih eksponatov. Sem sodijo številni fosili rib paleozoika in prikaz njihovih različnih evolucionjskih stopenj. Izredno bogata je zbirka permskih kopenskih fosilov, tako plazilcev kot dvoživk. Pomemben del vsakega paleontološkega muzeja so dinosavri iz

srednjega zemeljskega veka. Tudi v tem muzeju bomo našli nekaj zanimivih okostij, ki najbolj privlačijo najmlajše obiskovalce, za geologa pa so največja poslastica fosilizirana gnezda dinosavrov iz Mongolije. Kar nekaj gnezd je razstavljenih v celoti, z razporedom jajc, kakor so bila odložena med valjenjem. Iz oblike jajc in njihovega razporeda v gnezdu je mogoče razbrati, da gre za zelo različne vrste. Poleg jajc je izredno zanimiv tudi odtis dinosavrove kože. Zelo pomemben sklop predstavljajo tudi fosili iz zgornjega dela terciarja. Predstavljeni so številni deli okostij velikih rastlinojedih sesalcev, tako iz toplega obdobja v terciarju kot tudi kasnejšega hladnega pleistocena.

Morda najbolj izjemen in tudi največji med vsem moskovskimi geološkimi muzeji

Osrednji kompleks Moskvske državne univerze Lomonosova – Muzej ved o Zemlji – se nahaja v zgornjem delu osrednjega stolpa. Foto: Mihael Brenič.



je Muzej ved o Zemlji, ki deluje v okviru Moskovske državne univerze Lomonosova (Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, MGU). To je edini od moskovskih geoloških muzejev, ki ne deluje pod okriljem Akademije znanosti. Takšnega muzeja v svetovnem merilu zlepa ne bomo srečali. Žal je muzej za širšo javnost zaprt. Vanj je mogoče priti le kot gost Geološke ali Geografske fakultete Moskovske državne univerze ali pa ob redkih dnevih odprtih vrat, in še to le ob vodstvu muzejskih kustosov, prost ogled razstavljenih eksponatov ni mogoč. Gre za muzej, ki je namenjen študiju in znanstvenim raziskavam. Dostop do zbirk imajo le člani Moskovske državne univerze, študentje pa le občasno do delov zbirk, ko se pripravljajo na posamezne kolokvije ali izpite. Muzej domuje v sektorju A v osrednjem stolpu mogočne univerzitetne stavbe, ki stoji nad reko Moskvo na vrhu Vrabčevih gor in je bila dolga desetletja najvišja stavba Moskve. Ogmorni kolos osrednje Sovjetske univerze, ki še danes velja za prestižno izobraževalno ustanovo, je takoj po koncu druge svetovne vojne ukazal zgraditi Stalin v zanj značilnem neoklasicističnem sorealističnem slogu. Muzej ved o Zemlji je bil načrtovan od vsega začetka skupaj s celotno zgradbo. Tako je zgornji del zgradbe osrednjega stolpa, v katerem je muzej, zasnovan namensko.

Muzej se nahaja v vrhnjem delu stolpa, od koder je izjemen razgled na celotno Moskvo. Segaj od enaintridesetega do štiriindvajsetega nadstropja. Vsako nadstropje ima natančno določeno vsebino, muzej pa je razporejen tako, da si vsebine sledijo od zgoraj navzdol. Vsebinsko muzej temelji na konceptu Zemlje kot enotnega planeta, ki je skupaj z življenjem obravnavan kot celota. Takšno razumevanje Zemlje in življenja na njej je v enem od svojih del opredelil akademik Aleksej Petrovič Pavlov (1854–1929) in prav njegova teorija naj bi bila izhodišče postavitve muzeja. Podoben koncept je v za-

hodni znanosti postavil angleški biokemik James Lovelock s hipotezo o Gaji, o Zemlji kot živem organizmu. V najvišjem nadstropju je predstavljen prikaz zgodovine razvoja znanosti na Moskovski državni univerzi, sledi mu nadstropje, ki je namenjeno prikazu nastanka vesolja in Zemlje. Žal sta ti dve nadstropji zaradi težav pri vzdrževanju povsem zaprti. Za obiskovalce ter znanstvenoraziskovalno in pedagoško delo so zbirke odprte le v nižjih nadstropjih. Tudi tem zbirkam se kljub veliki zavzetosti kustosov in pedagogov pozna, da niso deležne ustrezne finančne podpore.

Obiskovalec se z dvigalom popelje do osemindvajsetega nadstropja, kjer vstopi skozi rešetkasta vrata v tisti del zbirke, ki je namenjen endogenim procesom, to je procesom, ki oblikujejo notranjost Zemlje. Od tod dalje nas pot vodi v spirali navzdol. Ko se obiskovalec zasuka za 360 stopinj okoli glavnega stebra stavbe, kjer so razvrščene razstavne dvorane, odide po ozkih stopnicah navzdol v spodnje nadstropje. Naslednje nadstropje je namenjeno mineralogiji in nastanku rudišč. V vitrinah se nahaja na tisoče kosov različnih mineralov, vzorcev kamnin in rud. Ekspoziti so razvrščeni po različnih klasifikacijskih shemah. V šestindvajsetem nadstropju si ogledamo eksponate, ki osvetljujejo razvoj življenja na Zemlji. Ta del je bolj kot izjemnim primerkom namenjen prikazu sistematike in razvoju življenja. S spustom do naslednjega nadstropja smo prišli do predstavitve eksogenih ali zunanjih procesov, ki oblikujejo površje Zemlje. Velik del tega nadstropja je namenjen pedologiji. Raznovrstna tla širokega prostranstva Rusije so prikazana z reprezentativnimi naravnimi profili, kjer lahko pred seboj opazujemo konzervirana tla. Zadnje, štiriindvajseto nadstropje muzeja je namenjeno fizikalnogeografskim značilnostim Rusije. To nadstropje je tudi najrazkošnejše, z visokimi stropovi in umetno izdelanim pohištvom. Vsaki od pomembnih ruskih pokrajin je namenjen del zbirke. Kot ekspoziti

so prikazane za pokrajino značilne kamnine in minerali, ponekod tudi fosili in nagačene živali ter tudi značilni profili tal.

Zbirka je nenavadna tudi po svoji postavitvi. Ker gre za študijsko zbirko, je veliko prostora namenjenega razlagi pojavov: iz zbirke na vsakem koraku veje sistematični ter didaktični pristop. Ekspoziti so razvršeni po različnih klasifikacijskih shemah. Neredko so vgrajeni v razlagalne panoje ali skice. Tako je na primer Bowenov niz, ki prikazuje kristalizacijski niz mineralov v ohlajajoči se magmi, prikazan kot diagram, v katerem so nanizani pravi kosi značilnih mineralov.

V muzeju skorajda ni fotografij, a je kljub temu bogato ilustriran. Najprej je tukaj bogata in izredno nazorna znanstvena ilu-

stracija. Več kot očitno je, da so slikarji in risarji, ki so te podobe ustvarili, geologijo dobro poznali. Skoraj ob vsaki vitrini stoji pano, na katerem so podane različne ilustracije, ki razlagajo nastanek posameznega geološkega pojava, podani so shematski diagrami, ki kažejo prostorske ali časovne razvoje po korakih. Še zanimivejši so panoji, kjer so prikazani posamezni prerezi. Na listih, ki so vpeti drug poleg drugega in jih listaš drugega za drugim, opazuješ bodisi prostorske značilnosti pojava bodisi njegov časovni razvoj. Na enem od takšnih panojev so nanizane geološke razglednice z nacionalnimi geološkimi kartami in med njimi je tudi razglednica z geološko karto Slovenije. Posebnost muzeja so oljne slike in vitraji – slike na steklu. V vsem muzeju so pod stropom vpete oljne slike, ki prikazujejo števil-

Prizor iz Muzeja ved o Zemlji na Moskovski državni univerzi. Foto: Mihael Brenčič.



ne pokrajine, različne dejavnosti, povezane z rudarstvom, ali pa ponazarjajo različne dogodke iz geološke zgodovine Zemlje, naj gre za različne izbruhe vulkanov ali pa za živali pradavnine. Vitraji so postavljeni na okna in skozi njih preseva sončna svetloba, na njih pa so prav tako upodobljeni najrazličnejši geološki prizori, od živali pradavnine do posebnih geomorfoloških pojavov, kot so kraške jame ali erozijski stolpi. Nekatere od razstavljenih slik so prava umetniška dela, vse slike muzeja pa naj bi se nahajale tudi na popisu Tretjakovske galerije, ki je osrednja državna galerija ruske umetnosti. Tudi drugod po stavbi univerze bi našli številne oljne slike različnih naravnih pojavov ali znanstvenih dejavnosti. Vse te slike, izdelane v slogu socialističnega realizma, so bile naslikane po naročilu. Slikarji so nekatere oddaljene kraje, upodobljene na slikah, obiskali le zato, da so lahko verno ilustrirali geološki pojav ali pokrajine. V muzeju, ki po svojem nastanku sega v sredino dvajsetega stoletja in tudi vizualno učinkuje nekoliko starinsko, bi pričakovali, da so se po kotih zataknila še kakšne zastarele geološke teorije. Toda temu ni tako, vse razlage so tam, kjer je bilo to potrebno, ustrezno obnovljene ter ilustrirane, prav tako s pomočjo znanstvene ilustracije.

Posebnost muzeja so številni doprsni kipi pomembnih geologov in drugih znanstvenikov, ki so prispevali k napredku geološke znanosti. Skoraj ob vsakem tematskem sklopu je postavljen kip tistega raziskovalca, ki je k temu področju prispeval največ. Seveda močno prevladujejo ruski znanstveniki, kljub temu je med njimi nekaj pomembnih tujcev. Ti kipi na posreden način nakazujejo naravnost in metodo ruske znanosti. V vseh muzejih, ki smo jih obiskali, naletimo vsaj na kratek prikaz zgodovine razvoja znanosti, ki ji je muzej namenjen. S tem je doseženo dvoje. Na korekten način so prikazani znanstveni dosežki preteklosti in reference, hkrati pa, ker gre predvsem za

prikaz ruske znanosti, v prikazano vnašajo bolj ali manj izrazit ideološki naboj.

Poleg osrednjega Muzeja ved o Zemlji v starem delu Moskovske državne univerze bomo v novem stavbnem kompleksu univerze našli še eno izredno in nenavadno zbirko mineralov, ki je razstavljena v dveh razstavnih dvoranah. Italijanski veletrgovec s kavo, Primo Rovis iz Trsta, je svojo zbirko mineralov zapustil Moskovski državni univerzi. Ta zbirka je povsem drugačna od običajnih muzejskih mineraloških zbirk, je namreč zbirka čarobnih mineralov, ki se bleščijo v vsej svoji lepoti. V prvi dvorani se pred našimi očmi pokaže več deset izjemnih, za odraslo postavo visokih geod zelo raznolikih paragenez iz Minas Gerais v Braziliji, ki so umetelno osvetljene. Geode iz te zapuščine bomo našli še v arhivu Moskovske državne univerze in v državnem geološkem muzeju Vernadskega. V drugi dvorani so razstavljeni številni različki, predvsem kremenca.

Z odhodom iz zadnje dvorane Muzeja ved o Zemlji se je naše popotovanje po moskovskih geoloških muzejih končalo. Za nami je nenavadna in zanimiva izkušnja, ki jo v drugih svetovnih metropolah le stežka doživimo. To ne pomeni, da druga glavna mesta držav sveta nimajo mineraloških, paleontoloških ali geoloških zbirk. Imajo, toda pogosto so te zbirke del velikih naravoslovnih zbirk, le redko pa samostojni muzeji. Za ogled vseh geoloških muzejev v Moskvi je dan prekratek, toda če vas pot kdaj zanese tja, vam časa za obisk vsaj enega od opisanih ustanov ne bo žal.

Bakterije z odpornostjo proti antibiotikom v okolju

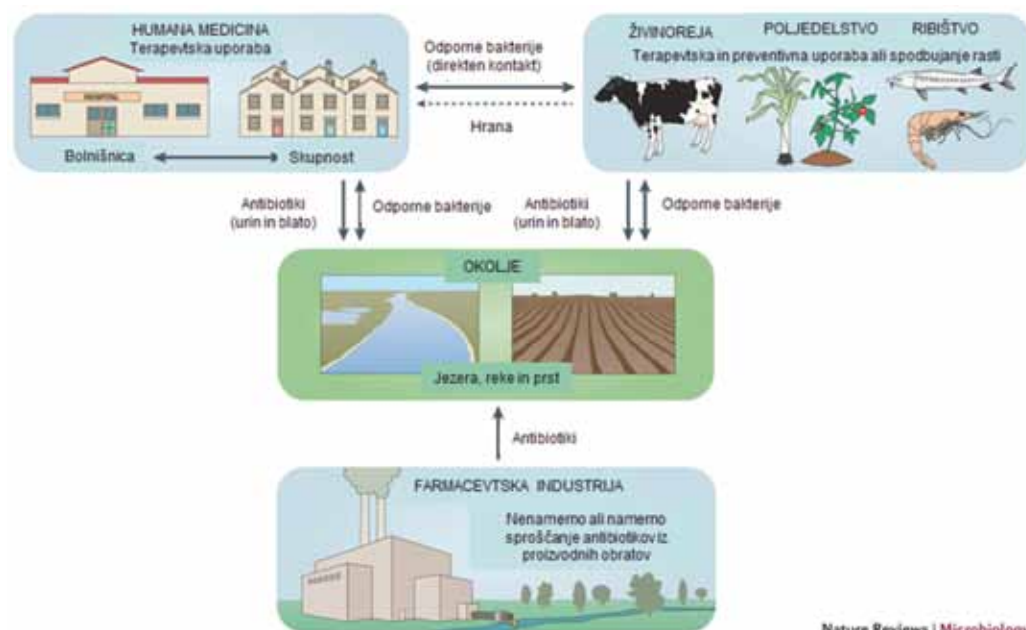
Urška Rozman, Jelka Helena Reberšek Gorišek, Sonja Šostar Turk

Od prvega primera odpornosti bakterij proti antibiotikom leta 1947 sta se pogostost in obseg okužb, ki jih povzročijo proti antibiotikom odporni mikroorganizmi, znatno povečala v Združenih državah Amerike, Evropi in državah v razvoju. Odpornost mikroorganizmov proti antibiotikom je velik svetovni zdravstveni problem, ki ga lahko pripišemo kombinaciji naravne odpornosti mikroorganizmov, selektivnega pritiska zaradi pogoste rabe antibiotikov, prenosa odpornih bakterij in prenosa genov za odpor-

nost med bakterijami. Predvsem pretirana in večkrat neustrezna uporaba antibiotikov spodbuja pojavljanje večkratno odpornih mikroorganizmov v bolnišničnem okolju na področju humane medicine ter v naravnem okolju na področjih kmetijstva, živinoreje in ribištva.

Večkratno odporne bakterije v bolnišnici kot tudi zunaj nje (v domačem okolju) povzročajo precejšnjo skrb zdravnikom in pomenijo velik izziv za farmacevtsko industrijo, saj

Poti razširjanja ter kroženja antibiotikov in bakterij, odpornih proti antibiotikom, med različnimi okolji, kot so medicinsko okolje, kmetijske in vodne površine, farmacevtska industrija in širše družbeno okolje. Namerno ali nenamerno sproščanje antibiotikov v okolje ustvarja selekcijski pritisk za bakterije, kar vodi k izbiri in večji uspešnosti odpornih sevov, ki z razširjanjem v različnih okoljih ustvarjajo razmere za razširjanje genov za odpornost proti antibiotikom po svetu (Dan I. Andersson in Diarmaid Hughes @ Nature Reviews Microbiology).



so glavni vzrok za neuspeh pri zdravljenju in preprečevanju nalezljivih bolezni. Da bi se lahko soočili s tem naraščajočim problemom, je treba razumeti ekologijo odpornosti bakterij proti antibiotikom, skupaj z njihovim izvorom in širjenjem.

Antibiotiki in odporne bakterije

Nekatere bakterije so naravno odporne proti antibiotikom, kar je posledica njihovih fizioloških ali biokemijskih lastnosti. Bakterije pa lahko odpornost proti antibiotikom pridobijo tudi z mutacijo ali prenosom genske informacije, ki nosi zapis za odpornost. Bakterijski sev, ki je odporen proti antibiotikom, se od občutljivih (neodpornih) sevov po navadi razlikuje po zmožnosti tvorbe specifičnih proteinov (enostavnih beljakovin), ki lahko deaktivirajo zdravilno učinkovino ali kako drugače preprečijo njen škodljiv vpliv na bakterijo. Tvorba takšnega specifičnega proteina je odvisna od gena z informacijo za odpornost. Odporni bakterijski sev ima veliko prednost pred ostalimi. Občutljivi sevi v prisotnosti protimikrobne učinkovine namreč ne preživijo, medtem ko se odporni sevi razširijo v vse ekološke niše. Antibiotiki so ključnega pomena pri spodbujanju in prenosu odpornosti med bakterijami. Glavni viri onesnaženja z antibiotiki v okolju so bolnišnični odpadki in odpadne vode, čistilne naprave ter neprimerno odložena zdravila, ki jih uporabljajo v veterinarstvu in poljedelstvu. Med zdravljenjem izpostavljenost bakterijskih patogenov visokim koncentracijam antibiotikov v daljšem časovnem obdobju ustvarja močan selekcijski pritisk, kar vodi k njihovi večji odpornosti. Po drugi strani pa lahko antibiotiki v subinhibitornih koncentracijah (koncentracijah, ki bakterij ne uničijo oziroma ubijejo, lahko pa spremenijo njihove fizikalno-kemijske lastnosti in lahko motijo delovanje in funkcijo bakterijskih celic) olajšajo proces razvoja odpornosti proti antibiotikom. Nepravilni izbor antibiotika, nizki odmerki, dolgotrajna, nepotrebna in široka uporaba

predvsem klinično pomembnih antibiotikov (kinolonov, cefalosporinov, karbapenemov) pospešujejo nastanek odpornih bakterij. Bolnišnice, kmetije in kanalizacijski sistemi so tako okolja z idealnimi razmerami za pogost prenos odpornosti. Posebej problematične so države z neustreznimi predpisi glede nadzora in pretirane uporabe antibiotikov (na primer tiste v Jugovzhodni Aziji). Čeprav je problematika odpornosti proti antibiotikom vključena v obsežne raziskave klinično pomembnih človeških patogenov, so bili okoljski rezervoarji odpornosti proti antibiotikom in njihov prispevek k odpornosti v bolnišničnih okoljih upoštevani le v zadnjem desetletju. Zaradi potencialne nevarnosti sta v zadnjih dveh desetletjih pojavljanje antibiotikov v vodah in nadaljnji razvoj odpornosti mikroorganizmov postala pomembno družbeno in znanstveno vprašanje.

Pridobljena odpornost proti antibiotikom in horizontalni prenos genov

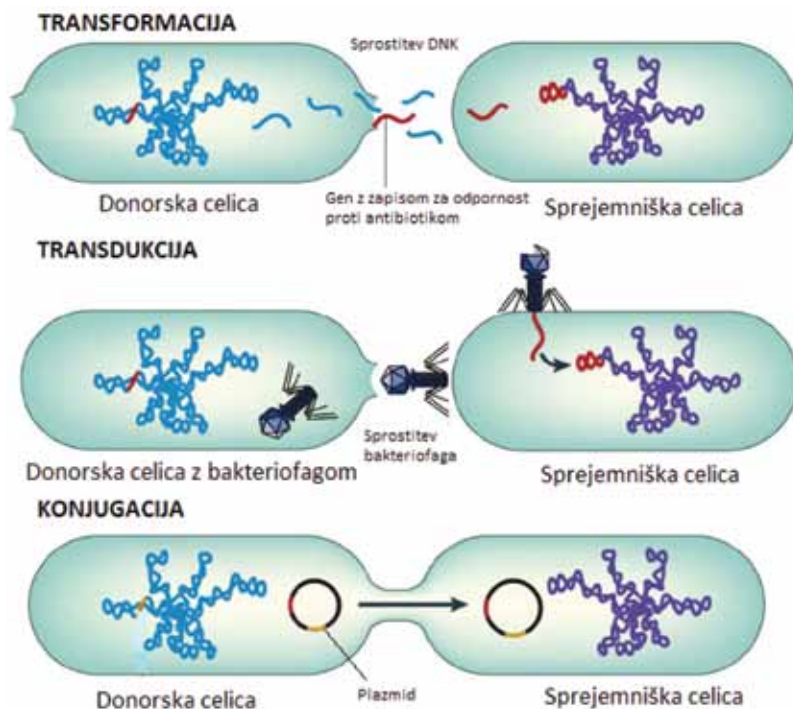
Znanje o tem, kako bakterije pridobijo odpornost proti antibiotikom, kako se odporni sevi in geni za odpornost razširjajo v naravi in kakšen pomen ima vse to za ljudi in naravo, je še daleč od popolnosti. Odpornost proti antibiotikom se ne prenaša le med bakterijami iste populacije, ampak tudi med bakterijskimi rodovi. Mikroorganizmi imajo široko mrežo mehanizmov, s katerimi se lahko izognejo učinkom protimikrobnih učinkovin. Najpogostejši mehanizmi bakterijske odpornosti so povečana tvorba encimov, ki razgrajujejo protimikrobno zdravilo, spremembe presnovnih poti, ki jih povzročajo protimikrobno zdravilo, sprememba tarčnih beljakovin, na katere se protimikrobno zdravilo veže (na primer penicilin), ali sprememba drugih tarčnih mest na celični steni, spremenjena tarčna mesta zaradi mutacije DNA-giraze (encima, ki je tarča za delovanje protibakterijskih učinkovin), zmanjšanje prepustnosti celične stene, povečanje aktivnosti črpalk, ki odstranjujejo zdravilo iz celice, in sprememba tarčnega mesta za

antibiotike na ribosomih. Pridobljena odpornost proti antibiotikom tako nastane zaradi mutacij v bakterijskem genomu ali kot posledica vključitve genske informacije, ki nosi zapis za odpornost. Prenos ali prehajanje genskega materiala med bakterijami – natančneje povedano: horizontalni prenos genov, lociranih na različnih vrstah mobilnih elementov DNA - se v evolucijski zgodovini bakterij loči predvsem po dveh ključnih dejavnikih: časovnem obdobju in moči selekcijskega pritiska. Kar se je zgodilo v času razvoja bakterij in drugih mikroorganizmov v nekaj milijardah let, se ne more primerjati s pojavom razvoja odpornosti proti antibiotikom in prenosom odpornosti, kar se je pojavilo v zadnjem stoletju. Sodobni selekcijski pritisk gre v glavnem v smeri preživetja v neugodnem okolju in ne v smeri razvoja lastnosti, ki zagotavljajo dobro pripravljenost in prilagojenost v počasi

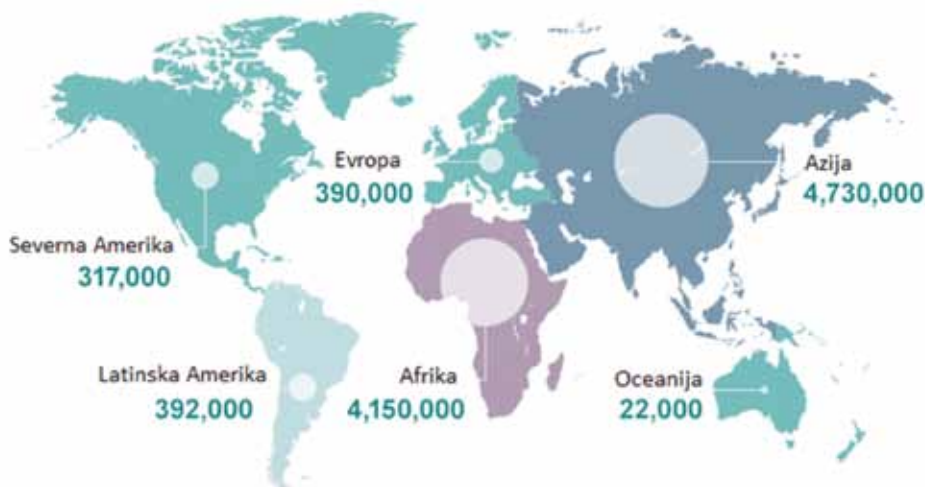
razvijajoči se populaciji. Ti stari mehanizmi genske rekombinacije za prenos genov pri bakterijah so se prilagodili okolju, v katerem se nahajajo antibiotiki, vzrok za to pa je neustrezna raba antibiotikov v humani medicini, kmetijstvu, ribištvu in živinoreji. Prenos genov pri bakterijah poteka po treh mehanizmih: transformaciji, ki pomeni prevzem in vključitev proste DNA; transdukciji, kjer se DNA prenaša s pomočjo bakteriofagov (virusov), ki delujejo kot sredstvo za prenos in vključitev v sprejemno celico; konjugaciji, za katero je potreben celični stik. Geni z zapisom za odpornost proti antibiotikom so pogosto vključeni v plazmide, ki se lahko prenašajo neodvisno od bakterijske DNA.

Trenutno stanje na področju odpornih bakterij

Odpornost proti antibiotikom je pomemben javnozdravstveni problem po vsem svetu.



TRANSFORMACIJA: sprostitvev DNA pri razpadu celice in prevzem proste DNA v drugo celico; **TRANSDUKCIJA:** prenos DNA z bakteriofagi (virusi), ki delujejo kot sredstvo za prenos in vključitev v sprejemno celico; **KONJUGACIJA:** ob neposrednem stiku med dvema bakterijama se DNA prenese preko organela, imenovanega spolni pilus (E. Yoko Furuya in Franklin D. Lowy @ Nature Reviews Microbiology).



Predvideno letno število smrtnih primerov zaradi mikrobne odpornosti proti antibiotikom v primeru neukrepanja do leta 2050. V Evropi in Združenih državah Amerike zaradi mikrobne odpornosti proti antibiotikom umre najmanj 50.000 ljudi. Brez reševanja te problematike se lahko številka do leta 2050 poveča kar za desetkrat (Review on Antimicrobial Resistance. Antimicrobial Resistance: Tackling a Crisis for the Health and Wealth of Nations. 2014).

V Evropi obstajajo precejšnje zemljepisne razlike v deležu odpornosti proti različnim skupinam antibiotikov. Delež odpornih bakterij proti antibiotikom je v severnih evropskih državah nizek, medtem ko je njihov delež v državah južne in srednje Evrope zaskrbljujoč. Po podatkih Evropske agencije za zdravila (European Medicines Agency) in Evropskega centra za preprečevanje in obvladovanje bolezni (European Centre for Disease Prevention and Control) v Evropi zaradi okužb z bakterijami, odpornimi proti antibiotikom, letno umre 25.000 bolnikov. Približno dve tretjini teh smrti je posledica okužb z Gram negativnimi bakterijami. Neposredni in posredni stroški, nastali zaradi teh okužb, so ocenjeni na približno 1,5 milijarde evrov letno.

Rezultati, ki jih je zbrala Evropska mreža sledenja odpornosti bakterij proti antibiotikom (European Antimicrobial Resistance Surveillance Network (EARS-Net)) v 30 evropskih državah v letu 2013, in rezultati iz analiz trenda podatkov, ki jih je zbral Evropski sistem sledenja odpornosti bakterij

proti antibiotikom (European Antimicrobial Resistance Surveillance System) v obdobju od leta 2009 do 2012, opozarjajo na tri velike probleme. Prvič, narašča odpornost proti antibiotikom in število pozitivnih bakterijskih izolatov z laktamazami beta z razširjenim spektrom delovanja (angleško: **extended spectrum beta-lactamase, ESBL**). Poleg tega je večina izolatov bakterij *Escherichia coli* in *Klebsiella pneumoniae* odpornih proti vsaj enemu antibiotiku. Drugič, tudi odstotek odpornosti proti karbapenemskim antibiotikom pri bakteriji *Klebsiella pneumoniae* z leti narašča. Odpornost proti karbapenemskim antibiotikom se pogosto pojavlja v kombinaciji z odpornostjo proti drugim skupinam antibiotikov in je pogosta tudi pri bakterijah *Pseudomonas aeruginosa* in bakterijah iz rodu *Acinetobacter* spp. Tretji problem je bakterija *Staphylococcus aureus*, ki je odporna proti antibiotiku meticilin (angleško **methicillin-resistant Staphylococcus aureus, MRSA**); ta ostaja prednostni problem javnega zdravstva, njena pojavnost pa je v 7 od 30 držav še vedno 25-odstotna.

Odstotek odpornosti



■ Liechtensten
 ■ Luxembourg
 ■ Malta

(© ECDC/Univ/TSE)



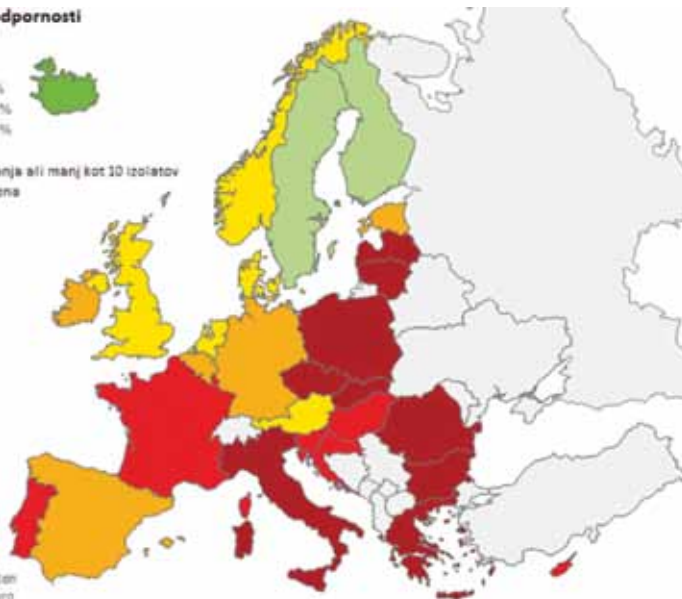
Delež izolatov bakterije Escherichia coli, odpornih proti antibiotiku aminopenicilinu, v državah Evropske unije v letu 2014 (Evropski center za preprečevanje in nadzor bolezni - European Centre for Disease Prevention and Control, ECDC, 2005–2016).

Odstotek odpornosti



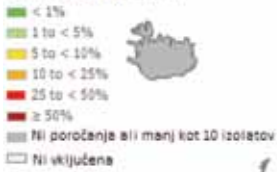
■ Liechtensten
 ■ Luxembourg
 ■ Malta

(© ECDC/Univ/TSE)

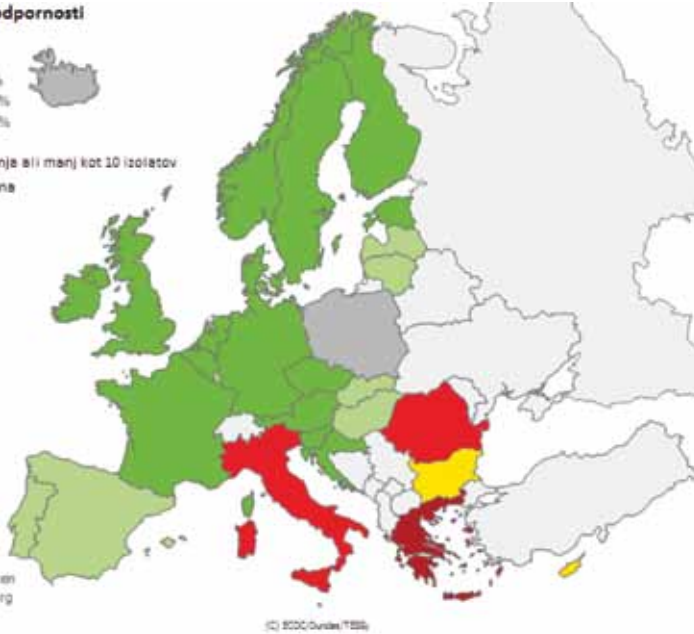


Delež izolatov bakterije Klebsiella pneumoniae, odpornih proti cefalosporinom tretje generacije, v državah Evropske unije v letu 2014 (Evropski center za preprečevanje in nadzor bolezni - European Centre for Disease Prevention and Control, ECDC, 2005–2016).

Odstotek odpornosti



Liechtensten
 Luxembourg
 Malta

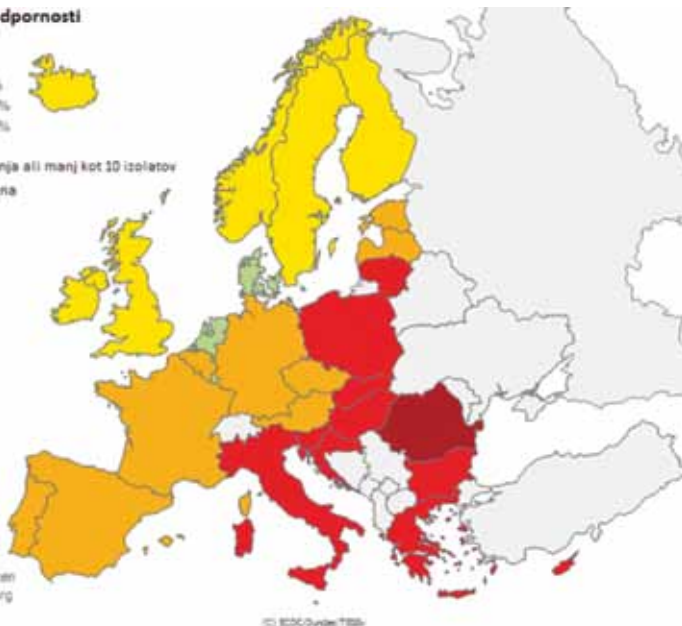


Delež izolatov bakterije Klebsiella pneumoniae, odpornih proti karbapenemskim antibiotikom, v državah Evropske unije v letu 2014 (Evropski center za preprečevanje in nadzor bolezni - European Centre for Disease Prevention and Control, ECDC, 2005–2016).

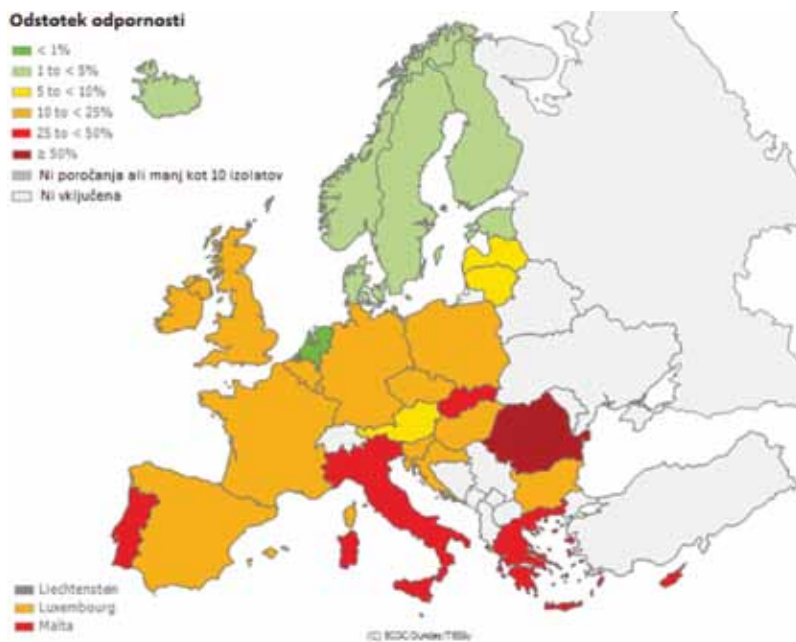
Odstotek odpornosti



Liechtensten
 Luxembourg
 Malta



Delež izolatov bakterije Pseudomonas aeruginosa, odpornih proti karbapenemskim antibiotikom, v državah Evropske unije v letu 2014 (Evropski center za preprečevanje in nadzor bolezni - European Centre for Disease Prevention and Control, ECDC, 2005–2016).



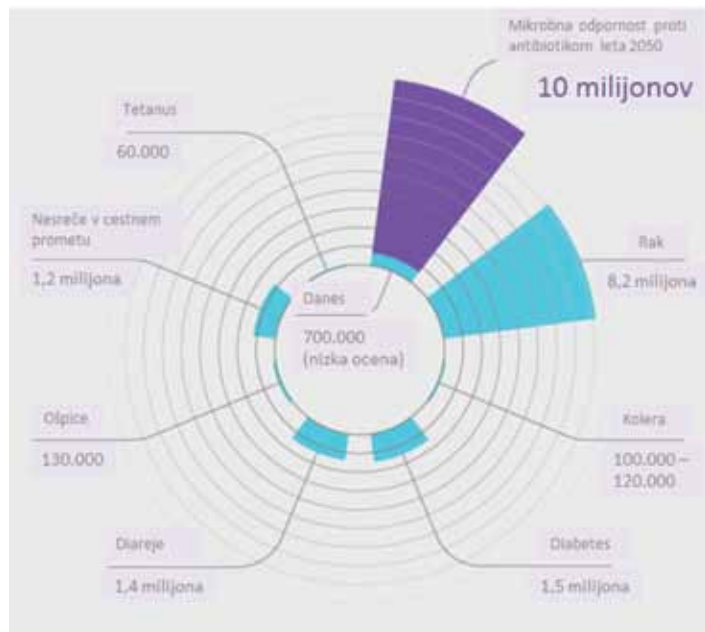
Delež izolatov bakterije Staphylococcus aureus, odpornih proti antibiotiku meticilin, v državah Evropske unije v letu 2014 (Evropski center za preprečevanje in nadzor bolezni - European Centre for Disease Prevention and Control, ECDC, 2005–2016).

V Združenih državah Amerike mikroorganizmi, ki so odporni proti vsaj eni skupini antibiotikov, povzročijo 70 odstotkov vseh bolnišničnih okužb. O nevarnostih odpornosti proti antibiotikom v Združenih državah Amerike poročajo ameriški Centri za nadzor bolezni in preventivo (Centers for Disease Control and Prevention). Glede na stopnjo nevarnosti razvrščajo bakterije v tri kategorije: urgentno, resno in zaskrbljujoče. Mikroorganizmi s stopnjo nevarnosti »urgentno« (nujno, neodložljivo) predstavljajo takojšna nevarnost za javno zdravje in zahtevajo takojšni odziv. Sem sodijo bakterija *Clostridium difficile*, bakterije iz družine Enterobacteriaceae z odpornostjo proti karbapenemskim antibiotikom in *Neisseria gonorrhoeae*. V skupino mikroorganizmov s stopnjo nevarnosti »resno«, ki zahtevajo hitre in trajnostne ukrepe, da se problem ne bo povečal in razširil, sodijo večkratno odporne bakterije iz rodu *Acinetobacter* spp., bakterija *Pseudomonas aeruginosa*, bakterije iz rodov *Campylobacter* spp. in *Shigella* spp., bakterije *Streptococcus pneumoniae*, *Mycobac-*

terium tuberculosis in *Salmonella typhi*, glive iz rodu *Candida* spp., odporne proti flukonazolu, bakterije iz družine Enterobacteriaceae z betalaktamazami z razširjenim spektrom delovanja (ESBL), bakterije iz rodu *Enterococcus* spp., odporne proti vankomicinu (VRE), in bakterija *Staphylococcus aureus*, odporna proti meticilinu (MRSA). Bakterije, pri katerih je potreben skrben in natančen nadzor, so uvrščene v skupino s stopnjo nevarnosti »zaskrbljujoče«. To so bakterija *Staphylococcus aureus*, odporna proti vankomicinu (VRSA), bakterije iz rodu *Streptococcus* spp., odporne proti eritromicinu, in bakterije iz rodu *Streptococcus* spp., odporne proti klindamicinu.

Bakterije, odporne proti antibiotikom v okolju

Pokazalo se je, da imajo geni za odpornost proti antibiotikom okoljske izvore. Odlaganje in kopičenje antibiotikov v okolju namreč pospešujeta njihovo razširjanje. Gene za odpornost proti antibiotikom zato najdemo v skoraj vseh okoljih (v odplakah, površinskih vodah, oceanih, sedimentih in



Povprečno letno število smrtnih primerov zaradi mikrobne odpornosti proti antibiotikom v primerjavi z drugimi glavnimi vzroki smrti na svetu (Review on Antimicrobial Resistance. Antimicrobial Resistance: Tackling a Crisis for the Health and Wealth of Nations. 2014).

tleh, v prsti na Aljaski, globokih kopenskih plasteh, v ledenih jedrih na Grenlandiji in v vodah Antarktičnega oceana). Trenutno so obravnavani kot okoljsko onesnaževalo. Pot prenosa okoljskega gena do klinično odpornega gena ni znana, vendar pa se v nekaterih primerih očitno pojavlja. Zato so prepoznavanje izvorov genov za odpornost, njihovo razširjanje v okolju in vplivi človeških dejavnikov nanj ključnega pomena za oblikovanje strategij v boju zoper bakterijsko odpornost proti antibiotikom. Da bi se lahko soočili s tem naraščajočim problemom, moramo razumeti ekologijo odpornosti proti antibiotikom, vključno z izvorom, razvojem, izbiro in razširjanjem odpornosti proti antibiotikom. Prav tako ni dovolj podatkov, s pomočjo katerih bi lahko podali zaključke o tem, kako vnos odpornih bakterij vpliva na okolje. To je seveda posledica premajhnega nadzora odpadnih voda, od katerih se na svetu kar 80 odstotkov neprečiščenih izpusti v okolje. Prav tako ne nadzorujejo koncentracij bakterij, odpornih proti antibiotikom, na vstopu in izstopu iz komunalnih čistilnih naprav. Premajhen je tudi nadzor pitne vode, kljub temu, da se soočamo z izredno

velikimi demografskimi in gospodarskimi pritiski na vodne vire, podnebni spremembami, slabim upravljanjem z vodami in njihovim onesnaževanjem. Pozitivne spremembe prinaša predlog spremembe ustave za vpis neodtujljive pravice do vode, pri čemer se bo vzporedno vzpostavil neodvisni javni nadzor nad črpanjem pitne vode.

Zaključek

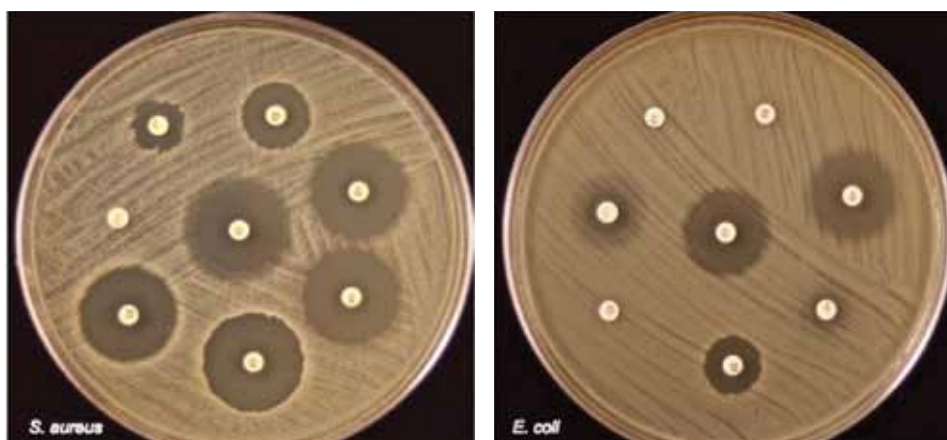
Teoretično je lahko le en in izjemno redek dogodek (transformacija) dovolj, da se sproži verižna reakcija z ekološkimi posledicami. Obstaja dovolj dokazov za domnevo, da je ena od največjih nevarnosti za javno zdravje obsežno razširjanje večkratno odpornih patogenov v okolju, povezanem z zdravstveno oskrbo (bolnišnice, negovalne bolnišnice, domovi starejših občanov), med prebivalstvom in širše. Hitre demografske spremembe (staranje prebivalstva in migracije), okoljske spremembe (onesnaženost okolja) in spremembe v kmetijstvu so prispevale k svetovni krizi zaradi odpornosti proti antibiotikom. Če se ta ne bo zmanjšala, bo postala eden od glavnih vzrokov smrti v prihodnjih desetletjih. Strategije za ublažitev

so že izdelane in za reševanje tega problema je potreben interdisciplinarni pristop, ki temelji na zdravstvenih, okoljskih in kmetijskih vidikih. Glede na povečanje znanja o okoljskih rezervoarjih za odpornost bi bilo zdaj možno pospešiti zgodnje opozarjanje na potencialne mehanizme za odpornost proti starim ali novim antibiotikom in se tako pripraviti na težave v kliničnem okolju. Mehanizmi odpornosti so v obsegu pandemije in ustvarjajo ogromno klinično in finančno breme za zdravje. Odpornost proti antibiotikom povečuje obolevnost in smrtnost ter vpliva na evolucijo patogenih bakterij. Povečan pojav večkratno odpornih bakterij in naraščajoča prisotnost prenosov odpornosti med organizmi lahko vodita k nastanku patogenih bakterij, za katere ne

poznamo nobenih učinkovitih antibiotikov. Naša dolžnost in dolžnost države so izobraževanje, ozaveščanje, obveščanje in dosledno izvajanje strateških ukrepov. Tako prispevamo k strategiji, ki bo v celoti izkoristila nova tehnološka spoznanja (na primer uporabo molekularne biologije). Če tega ne bomo dosledno izvajali, se bodo naši potomci »vrnili« v čase pred odkritjem antibiotikov. Določiti je treba tudi pogoje, ki podpirajo izbor in prenos genov za odpornost med različnimi vrstami. Glede na to, da je zdravljenje z antibiotiki naša najpomembnejša in v mnogih primerih edina metoda zdravljenja okužb, sklepamo, da so bolj podrobne raziskave ključnega pomena za našo prihodnjo sposobnost za boj proti okužbam.

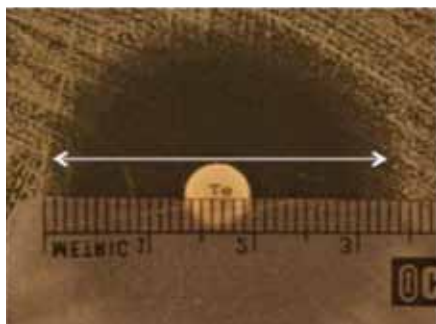
Dokazovanje bakterijske odpornosti proti antibiotikom

Najpogosteje uporabljena metoda za dokazovanje bakterijske odpornosti proti antibiotikom je test z uporabo antibiogramov, kjer določamo občutljivost določenega mikroorganizma za izbrani antibiotik. Ločimo dilucijski antibiogram, s katerim določamo najmanjšo količino antibiotika, ki je potrebna za zaustavitev razmnoževanja mikroorganizma, in difuzijski antibiogram, s katerim določamo, na katere antibiotike in v kolikšni meri je mikroorganizem občutljiv (imenovan tudi test Kirby-Bauer).



Razmaz bakterij *Staphylococcus aureus* (levo) in *Escherichia coli* (desno) na gojišču Mueller-Hinton, na katerega so namešeni diski z antibiotiki tetraciklin (30 mikrogramov), cefalotin (30 mikrogramov), eritromicin (15 mikrogramov), kloramfenikol (30 mikrogramov), vankomicin (30 mikrogramov), penicilin (10 mikrogramov), streptomycin (10 mikrogramov) in novobiocin (30 mikrogramov). Območje zaviranja (inhibicije) se izmeri v milimetrib (spodaj) in predstavlja območje okoli diska z antibiotikom, kjer se zaradi sproščanja antibiotika iz diska niso razrastle bakterijske kolonije (Tasha Sturm, Cabrillo College @ American Society for Microbiology).

Z razvojem molekularne biologije so se pojavile tudi tehnike dokazovanja prisotnosti genov, ki nosijo zapis za odpornost proti antibiotikom. Ena izmed najpogosteje uporabljenih metod je verižna reakcija s polimerazo (polymerase chain reaction - PCR), pri čemer izbrani odsek molekule DNA pomnožimo s pomočjo encima polimeraze, namnožene produkte pa lahko analiziramo.



Območje zaviranja (inhibicije) se izmeri v milimetrih in predstavlja območje okoli diska z antibiotikom, kjer se zaradi sproščanja antibiotika iz diska niso razrastle bakterijske kolonije (Tasba Sturm, Cabrillo College @ American Society for Microbiology).



Reakcija PCR poteka v natančnih termostatih (spodaj), v volumnih od 20 mikrolitrov do 100 mikrolitrov (zgoraj), kjer v ciklih pri različnih temperaturah potekajo različni procesi. Foto: Urška Rozman.

Slovarček:

Antibiotik. Kemična spojina, ki selektivno zavira rast bakterij ali povzroči njihov propad. Lahko so naravnega izvora (proizvajajo jih nekateri mikroorganizmi), novejši pa so tudi polysintetični oziroma večinoma sintetični.

Betalaktamaze z razširjenim spektrom delovanja.

Encimi, ki jih proizvajajo nekatere bakterije in so odgovorni za bakterijsko odpornost proti betalaktamskim antibiotikom.

Gen. Odsek DNA, ki nosi zapis za sintezo proteinov (beljakovin), s čimer vpliva na lastnosti organizma (na primer barvo oči) in je osnovna enota dedovanja. Celotni zbir genov v organizmu ali celici imenujemo genom.

Okoljski rezervoarji. Okoljski viri genov z zapisom za odpornost proti antibiotikom (komunalne čistilne naprave, voda, prst).

Plazmid. Krožna (lahko tudi linearna) dvovijajčna molekula DNA, sposobna samostojnega podvajanja, ki pogosto vsebuje gene z zapisom za odpornost proti antibiotikom.

Literatura:

Allen, H. K., Donato, J., Huimi Wang, H., Cloud-Hansen, K. A., Davies, J., Handelsman, J., 2010:

Call of the wild: antibiotic resistance genes in natural environments. Nature Reviews Microbiology, doi:10.1038/nrmicro2312.

Aminov, R. I., Mackie, R. I., 2007: *Evolution and ecology of antibiotic resistance genes. FEMS Microbiology Letters*, 271: 147–161. doi:10.1111/j.1574-6968.2007.00757.x. PubMed: 17490428.

CDC – Centres for Disease Control and Prevention, 2013: *Antibiotic Resistance Threats in the United States. U.S. Department of Health and Human Services.*

Davies, J., Davies, D., 2010: *Origins and Evolution of Antibiotic Resistance. Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 74 (3): 417–433.

ECDC - European Centre for Disease Prevention and Control, 2013: *Antimicrobial resistance surveillance in Europe 2012. Annual Report of the European Antimicrobial Resistance Surveillance Network (EARS-Net). Stockholm: ECDC.*

Harris, S. J., Cormican, M., Cummins, E., 2012:

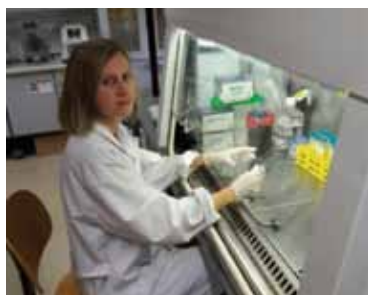
Antimicrobial Residues and Antimicrobial-Resistant Bacteria: Impact on the Microbial Environment and Risk to Human Health – A Review. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, 18 (4): 767–809.

Kümmerer, K., 2004: *Resistance in the environment. Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 54: 311–320.

Levy, S. B., Marshall, B., 2004: *Antibacterial resistance worldwide: causes, challenges and responses. Nature Medicine*, 10 (12) S: S122–S129.

Normark, B. H., Normark, S., 2002: *Evolution and spread of antibiotic resistance. Journal of Internal Medicine*, 252: 91–106.

O'Brien, T. F., 2002: *Emergence, Spread, and Environmental Effect of Antimicrobial Resistance: How Use of an Antimicrobial Anywhere Can Increase Resistance to Any Antimicrobial Anywhere Else. Clinical Infectious Diseases*, 34 (Suppl. 3): S78–84.



Asistentka dr. Urška Rozman, profesorica biologije in kemije, je leta 2010 magistrirala iz biologije in leta 2014 doktorirala iz ekoloških znanosti na Fakulteti za naravoslovje in matematiko Univerze v Mariboru. Zaposlena je kot asistentka za predmetno področje biologije na Fakulteti za zdravstvene vede iste univerze. Njeno raziskovalno delo je usmerjeno v preučevanje mikroorganizmov, ki povzročajo okužbe, in je povezano z zdravstvom oziroma zdravstveno oskrbo.



Višja predavateljica Jelka Helena Reberšek Gorišek, doktorica medicine, je infektologinja in članica Nacionalne komisije za smotno rabo antibiotikov pri Ministrstvu za zdravje Slovenije.



Redna profesorica dr. Sonja Šostar Turk je prodekanica za podiplomski študij na Fakulteti za zdravstvene vede Univerze v Mariboru in vodja raziskovalne skupine Interdisciplinarne raziskave v zdravstvu. Njeno raziskovalno delo je usmerjeno v okoljevarstveno inženirstvo, predvsem na področju čiščenja bolnišničnih odpadnih voda, ter v preučevanje okoljskih dejavnikov, ki vplivajo na zdravje ljudi.

Spletna aplikacija za prepoznavanje čmrljev na podlagi zvoka

Anton Gradišek, Gasper Slapničar, Jure Šorn, Mitja Luštrek,
Matjaž Gams, Janez Grad

Čmrlji (rod *Bombus* iz družine čebel – Apidae, ki sodi v red kožekrilcev – Hymenoptera) so pomembni opraševalci rastlin in imajo kot taki ključno vlogo v ekosistemu. Pri tem se razlikujejo od drugih čebel, saj so zaradi drugačne telesne zgradbe lahko dejavni tudi v slabem vremenu. Nekatere rastlinske vrste oprašujejo izključno čmrlji, med njimi pa najdemo tudi take, ki so vezane le na eno samo vrsto čmrlja. Poleg tega čmrlji oprašujejo tudi vrsto kulturnih rastlin, uporabljajo jih denimo v rastlinjakih za opraševanje paradiznika. Zaradi intenzivnega kmetijstva in uničevanja življenjskega okolja je veliko vrst čmrljev ogroženih. Nedavna študija Evropske unije je ugotovila, da skoraj četrtini od triinšestdesetih evropskih vrst grozi izumrtje, če ne bomo poskrbeli za njih. Tudi marsikatero druge vrste rastlin in živali v Sloveniji in po svetu so izjemno ogrožene (Gams, 2015). Poleg znanih težav z domačimi in tujimi čebelami (pesticidi, okolje, paraziti, glivice) so raziskave pokazale, da se čmrlji tudi težje prilagajajo na spremembe okolja zaradi globalnega segrevanja ozračja, kar vpliva predvsem na vrste, ki so omejene na specifične življenjske prostore. Pomemben korak za zaščito teh pomembnih žuželk je spremljanje njihove biotske raznolikosti, kar omogoča v prispevku predstavljena aplikacija za prepoznavanje vrst čmrljev na podlagi zvoka brenčanja.

V Sloveniji je bilo do sedaj dokumentiranih 35 vrst čmrljev (Grad in drugi, 2010), od tega je nekaj vrst maloštevilnih, nekaj pa jih je znanih le iz starejših virov. Bolj realistično gledano lahko pri nas tako srečamo

približno 20 različnih vrst. Čmrlje lahko med seboj najenostavneje ločimo po barvnih vzorcih dlačic, s katerimi so poraščeni. Tipične barvne kombinacije so črna-rumena-bela, črna-rumena-rdeča, črna-rdeča oziroma oranžna, svetlo/temno rjava, siva in črna. Določene vrste imajo tri različne tipe osebkov – matice, delavke in samčke –, nekatere pa samo dva tipa – matice in samčke (to so zajedavski ali kukavičji čmrlji). Tudi tipi osebkov se med seboj razlikujejo, na primer po velikosti telesa, dolžini rilčka, dolžini tipalnic in barvi. Čmrlje lahko torej prepoznamo vizualno – čmrlja fotografiramo in skušamo kasneje na spletu ugotoviti vrsto in tip. Na spletnih straneh Prirodoslovnega muzeja Slovenije najdemo *Ključ za določanje pogostih vrst čmrljev* (Trilar, 2014), ki nam pri tem pomaga. Je pa ta postopek kar zamuden, poleg tega na podlagi fotografij hitro naletimo na probleme, kot so neenakomerna osvetlitev, kot, pod katerim je čmrlj slikan, ozadje in druge motnje (kar predstavlja težave tudi, ko uporabljamo programe za avtomatsko prepoznavanje slik).

Vrste in tipi čmrljev se razlikujejo tudi po brenčanju. To je odvisno od velikosti in strukture kril, pa tudi od obnašanja – čmrlj, ki leta od cveta do cveta in nabira med, bo brenčal drugače kot tak, ki je razdražen in se brani pred vsiljivci. Redki strokovnjaki so po zaslugi dolgoletnih izkušenj sposobni razpoznavati čmrlje na podlagi zvoka brenčanja, vendar je za povprečnega državljana to pretežka naloga. Zato smo se na Institutu Jožef Stefan lotili razvoja aplikacije, ki na podlagi zvočnega posnetka lahko prepozna, za katero vrsto čmrlja gre ter ali ima-

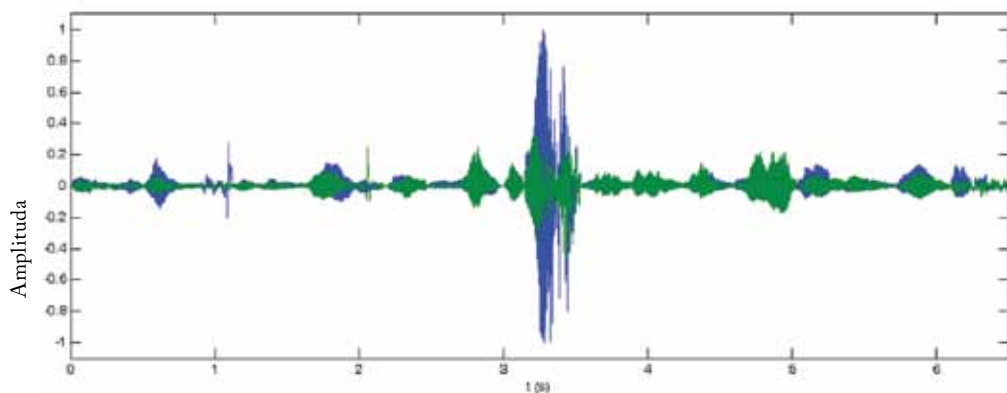
mo opraviti z matico ali z delavko (Gradišek in drugi, 2016). Naloga je torej preprosta: z mobilnim telefonom posnamemo zvok in ga prenesemo v spletno aplikacijo, ki posnetek avtomatsko razvrsti in za dodatno varovalko prikaže tudi slike najbolj verjetnih drugih možnosti. Torej imamo sliko in posnetek in lahko na dva načina preverimo skladnost oziroma pravilnost razvrstitve (ali slika najbolj verjetnih vrst ustreza posneti sliki neznanega čmrlja). Če določitev s pomočjo zvoka ne pokaže primernih kandidatov, imamo morda opravka z redko vrsto, za katero še nimamo posnetka v bazi. Ta posnetek lahko kasneje v spletno bazo dodamo sami, opažanje neznanе vrste pa lahko sporočimo strokovnjakom. Aplikacija nam tudi pomaga, da primerno reagiramo z namenom varovanja redke vrste, če denimo na travniku pred košnjo opazimo gnezdo čmrljev in bi radi ugotovili, koliko truda je smotrno vložiti v njegovo varovanje.

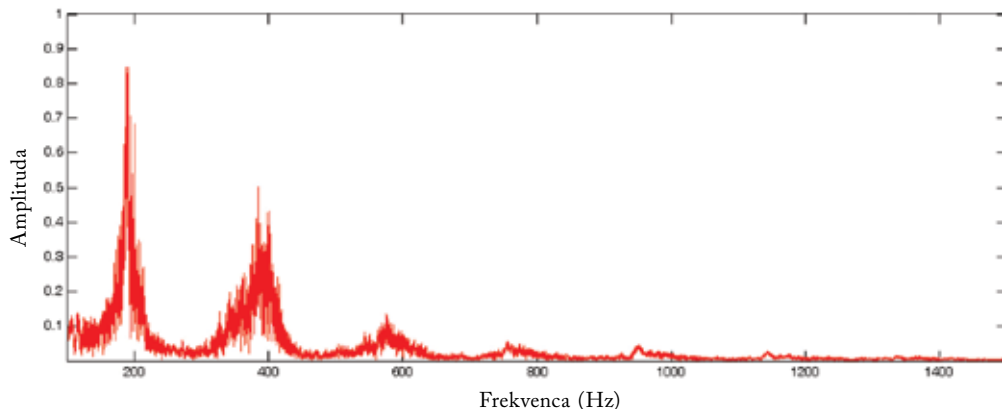
Aplikacija temelji na metodi strojnega učenja, najuspešnejšem področju umetne inteligence (Russel in Norvig, 2003), kjer se računalniški program na podlagi posnetkov znanih vrst čmrljev nauči prepoznavati vrsto na novem posnetku, ki ga vnese uporabnik. Prva koraka pri gradnji aplikacije sta bila

zbiranje in obdelava posnetkov znanih vrst čmrljev. Zbrali smo posnetke čmrljev dvanajstih najpogostejših vrst, in sicer: *Bombus hortorum*, *B. humilis*, *B. hypnorum*, *B. jonellus*, *B. lapidarius*, *B. lucorum*, *B. pascuorum*, *B. pratorum*, *B. sylvarum*, *B. argillaceus*, *B. terrestris* in *B. ruderarius*. Pri večini vrst smo uspeli dobiti posnetke tako matic kot delavk. Posnetki so bili najprej ročno obdelani. Z visokopasovnim in nizkopasovnim filtrom smo odstranili šume s frekvencami, bistveno nižjimi in višjimi od tipičnih frekvenc brenčanj, ter izrezali dele posnetkov, na katerih ni bilo brenčanja. Potem smo prečiščene posnetke razbili na nekajsekundne segmente, ki so nam služili kot učna množica. Na tem mestu je treba poudariti, da smo se osredotočili le na brenčanje, kot ga pričakujemo od čmrljev na travniku – ko se torej čmrlj pase na cvetlicah in ne, ko se brani pred vsiljivci. Na ta način se hkrati tudi izognemo morebitnim sistemskim motnjam, denimo odmevu, ki bi ga dobili, če bi snemali čmrlja v kozarcu.

Za uspešno delovanje algoritma je pomembno, da imamo na razpolago večje število učnih primerov v vsakem razredu (kjer razred predstavlja denimo »matica *Bombus humilis*«). Če se učimo le na majhnem

Zvočni posnetek delavke Bombus humilis, ki se pase na cvetlicah (posneto v stereo tehniki, modra in zelena predstavljata dva kanala mikrofona).





*Fourierjeva transformacija (frekvenčni spekter) zvočnega posnetka delavke *Bombus humilis* (absolutna vrednost kompleksnega signala). Dobro so vidne osnovna frekvenca brenčanja in višje harmonske frekvence.*

številu primerov, se bo namreč algoritem naučil zelo dobro prepoznavati te konkretne primere, pri novih primerih pa bo lahko hitro odpovedal. Za učno množico smo tako uporabili več kot tisoč primerov v skupno 20 razredih.

Sledeči korak je strojno učenje na učni množici. To, kot smo že omenili, predstavljajo nekajsekundni posnetki, ki so urejeni glede na vrsto in tip čmrlja. Za pravilno razvrščanje je poskrbel avtor posnetkov, ki je poznavalec čmrljev. Pri strojnem učenju računalniški program za vsak posnetek izračuna vrsto značilik (atributov), torej določenih lastnosti vsakega zvočnega posnetka. Pri tem si med drugim pomagamo z metodo MFCC (Mel-frequency cepstrum coefficients), ki s pomočjo Fourierjeve transformacije predela posnetek v porazdelitev signalov pri različnih frekvencah in to porazdelitev pretvori v številčno vrednost. Takih značilik je lahko več kot tisoč. Razvrščevalni algoritem nato pregleda, v katerih značilikah se posamezne vrste in tipi čmrljev najbolj razlikujejo, in na podlagi teh podatkov zgradi model za prepoznavanje čmrljev. Za najboljši razvrščevalni algoritem se je pokazal Random Forest (naključni gozd). Ta algoritem na naključno izbranih podmnožicah učne množice zgradi

več odločitvenih dreves in z vsakim od njih poskuša razvrstiti nov posnetek. Končni rezultat je tisti, ki ga izbere največ dreves.

Zadnji korak je bil razvoj spletne aplikacije. Ta deluje takole: ko naložimo posnetek neznanе vrste, algoritem najprej prefiltrira signal in izlušči le brenčanje, nato pa izračuna značilke in na podlagi odločitvenega drevesa določi, za katero vrsto in tip čmrlja gre.

Seveda je bilo treba delovanje aplikacije tudi testirati. V ta namen smo zbrane podatke razdelili v dve skupini, in sicer 80 odstotkov primerov v učno, ostalih 20 odstotkov pa v testno množico. Paziti je bilo treba, da se noben posnetek ni pojavil v obeh množicah, saj tak test ne bi bil verodostojen. Z metodo navzkrižnega preverjanja smo tudi ugotovili, katere tipe čmrljev algoritem včasih zameša med seboj. Da bi izboljšali prepoznavanje, poleg končnega rezultata ponudimo še eno ali dve s fotografijami opremljeni možnosti, ker iz prejšnjih testiranj vemo, da aplikacija nekatere vrste pogosto zameša med seboj. Pokazalo se je, da je pravilno razvrstila 86 odstotkov posnetkov v učni množici. Nekatere vrste smo določili z izredno visoko natančnostjo, delavke *Bombus hypnorum* de-

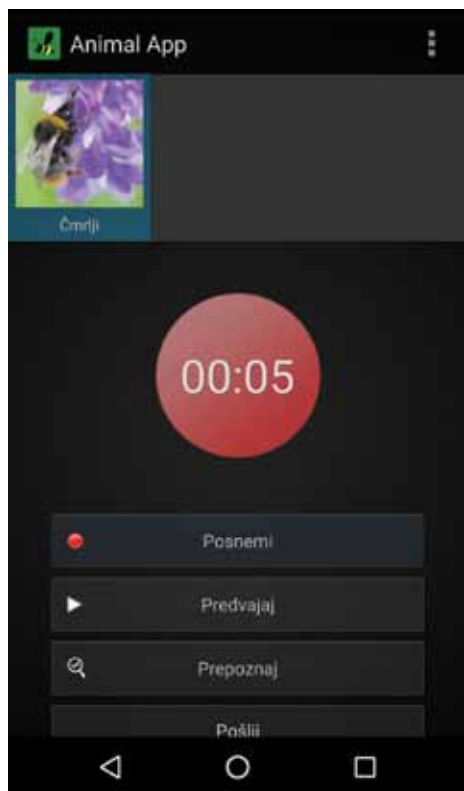
Opomnik: zvočni posnetek mora biti v .wav formatu

NOV POSNETEK...

<p>1. najbolj verjeten rezultat je:</p> <p><i>Sylvarum-delavka</i> (90.0%)</p> 	<p>2. najbolj verjeten rezultat je:</p> <p><i>Pratorum-delavka</i> (3.00%)</p> 	<p>3. najbolj verjeten rezultat je:</p> <p><i>Pascuorum-delavka</i> (2.00%)</p> 
--	--	--

Primer rezultata razvrščanja novega posnetka. Program je pravilno določil, da gre za delavko vrste *B. sylvarum*.

Mobilna različica aplikacije za prepoznavanje čmrljev nam omogoča, da čmrlja posnamemo, posnetek predvajamo, ga prepoznamo ali naložimo v bazo čmrljev.



nimo kar v 100 odstotkih in delavke *Bombus sylvarum* v 98 odstotkih primerov. Metoda se je, pravzaprav pričakovano, slabše odrezala pri razredih, kjer smo v učni množici imeli le majhno število posnetkov, saj se algoritem ni mogel dobro naučiti prepoznavati teh primerov.

Do aplikacije lahko dostopamo prek spletne strani *animal-sounds.ijs.si* ali pa si jo naložimo na pametni telefon. Mobilna aplikacija nam omogoča, da čmrlja posnamemo kar s telefonom in posnetek prek podatkovne povezave pošljemo na inštitutski strežnik, ta pa nam pove, za katero vrsto in tip čmrlja gre.

Da bi aplikacijo naredili čim bolj uporabno za ljubitelje čmrljev, smo poleg prepoznavanja posnetkov na spletni strani dodali tudi možnost, da (ekspertni) uporabniki sami dodajajo svoje posnetke. Na ta način bomo lahko aplikacijo razširili, tako da bo, denimo, vsebovala tudi druge evropske vrste čmrljev (Rasmond in drugi, 2010), ki jih ni v Sloveniji in jih v naši raziskavi nismo zajeli. Poleg tega bomo lahko dodali več posnetkov za vrste, ki jih algoritem trenutno

slabše prepoznavna. Ko se bo nabralo dovolj dodatnih posnetkov, bomo algoritem naučili na izboljšani učni množici in tako povečali natančnost prepoznavanja.

Pri našem pristopu pa seveda nismo omejeni le na čmrlje, s to metodo bi lahko prepoznali tudi druge žuželke. Nekoliko večji izziv, ki pa se ga tudi nameravamo lotiti, je prepoznavanje živali z bolj strukturiranim oglašanjem. V naslednjem koraku se bomo lotili prepoznavanja ptic in žab, že sedaj pa vabimo zainteresirane, ki lahko pridobijo posnetke oglašanja živali, da z našo pomočjo zgradijo bazo za prepoznavanje čedalje več vrst slovenskih živali. Na ta način bomo omogočili preprosto avtomatsko prepoznavanje skupin živali na podlagi zvoka vsem prebivalcem Slovenije, s tem pa povečali zanimanje za živalski svet in morda kaj pripomogli k njegovemu varovanju.

Literatura:

Aplikacija je dosegljiva na animal-sounds.ijs.si in na Google Play Store kot »Animal App«.

Gams, M., 2015: Slovence izumirajo. <http://dis.ijs.si/Mezi/>.

Grad, J., Gogala, A., Kozmus, P., Jenič, A., Bevk, D., 2010: Pomembni in ogroženi opravevalci – Čmrlji v Sloveniji. Lukovica: Čebelarstva zveza Slovenije.

Gradišek, A., Slapničar, G., Šorn, J., Luštrek, M., Gams, M., Grad, J., 2016:

Predicting species identity of bumblebees through analysis of flight buzzing sounds. Bioacoustics, <http://dx.doi.org/10.1080/09524622.2016.1190946>.

Rasmont, P., Iserbyt, S., 2010: *Atlas of the European Bees: genus Bombus, Project STEP Status and Trends of European Pollinators*. <http://www.zoologie.umh.ac.be/hymenoptera/page.asp?ID=169>.

Russel, S., Norvig, P., 2003: *Artificial intelligence: A Modern Approach*. Englewood Cliffs, New Jersey: Hall.

Trilar, T., 2014: Ključ za določanje pogostih vrst čmrljev. <http://www2.pms-lj.si/kljuci/cmrlji/>.

Paleontologija • Železnodobni zbiralci fosilov iz Vač

Železnodobni zbiralci fosilov z Vač

Matija Križnar, Boštjan Labarnar

Odkrivanje in zbiranje fosilov nista samo področji delovanja današnjih paleontologov, ampak so na njihove ostanke naleteli tudi že naši človeški predniki, na primer neandertalci in kasneje tudi prva ljudstva oziroma civilizacije. V svetu je znanih več primerkov, ko na grobiščih ali drugih arheoloških najdiščih, od paleolitika do srednjega veka, odkrivajo različne okamnele morske ježke, belemnite, amonite, kosti in zobe morskih psov. V Sloveniji, če izvzamemo jantar, so najdbe fosilnih ostankov na arheoloških najdiščih¹ nepoznane. Paleontologi smo za zanimiv primer izvedeli povsem po na-

ključju, čeprav je bila najdba fosilnega zoba morskega psa že objavljena. Zato je prav, da jo predstavimo tudi z naravoslovnega vidika in jo prikazemo tudi kot paleontološko dediščino.

Nenavadni arheološki predmet

Prazgodovinskih arheoloških najdišč pri Vačah gotovo ni treba posebej predstavljati, saj gre za eno od najbogatejših arheoloških območij v Sloveniji. Vače so bile posebej pomembne v starejši železni dobi, to je med 8. in 4. stoletjem pred našim štetjem. Takrat je bila zgrajena velika utrjena naselbina na Zgornji kroni. Njeni prebivalci so umrle pokopavali na več grobiščih, ki so ležala

¹ Tukaj so mišljena najdišča po pleistocenu, predvsem v kovinski dobi in kasneje.



vzhodno, zahodno in južno od naselja. Z arheološkimi najdbami z vaških grobišč sta svoje vitrine že v drugi polovici 19. stoletja napolnila tako tedanji Deželni muzej za Kranjsko kot dunajski Naravoslovni muzej. Od tu izvira slovita bronasta situla s tremi figuralnimi frizi, katerih motive najdemo na naših osebnih izkaznicah in v potnih listih. V 5. stoletju pred našim štetjem je bila last vojščaka, ki je bil oborožen z bronasto čelado, sulicama in sekiro. V letih 1934 in 1935 je na Vačah izkopaval Walter Schmid (1875-1951), arheolog, ki je v tistem času služboval v avstrijskem Gradcu. Nekaj let po njegovi smrti je France Stare v svoji monografiji o prazgodovinskih Vačah, v kateri je objavil vse arheološko gradivo, hranjeno v Narodnem muzeju Slovenije, predstavil tudi najdbe Schmidovih izkopavanj. Med opisi predmetov najdemo zapis o ribjem zobu oziroma v oklepaju zobu morskega psa, dolgem 7,5 centimetra. Nesrečni angleški prevod istega zapisa pa je fosilno najdbo krstil kar za zob delfina. Zob naj bi bil izkopen nad grobovi z oznakami 12-24, na žalost brez natančnejših podatkov, razen da je ležal na najdišču, imenovanem Apno. Na zob so postali bolj pozorni arheologi šele lani, ko so

Situla z Vač velja za najlepši spomenik situlske umetnosti v Sloveniji in naš najlepši prazgodovinski likovni izdelek. Situla je imeniten dokument časa in pripoveduje zgodbe o tedanjem vladarskem sloju. Spodnji friz upodablja sprevod kozorogov in košut, ki jim sledi zver, morda volk, s človeško nogo v gobcu. O simboliki teh podob lahko le ugibamo, brez dvoma pa so v življenju in mitskih predstavah tistega časa pomembno vlogo igrale tudi divje živali. Fotografija: Tomaž Lauko.

raziskovali okras na keramiki koliščarjev z Ljubljanskega barja in preverjali možnost uporabe raznih naravnih orodij pri izdelavi značilnih vrezanih in vtisnjenih vzorcev. Zob je bil tokrat tudi prvič fotografiran in predstavljen na manjši priložnostni razstavi.

Zob miocenskega morskega psa

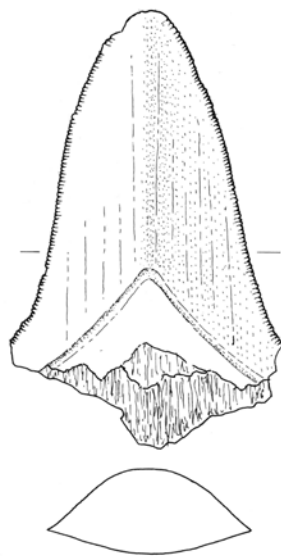
Zagotovo je omenjena najdba zoba pomembna tudi za paleontologe. Že ob prvem ogledu smo zob pripisali vrsti *Carcharocles megalodon* oziroma po najnovejši terminologiji *Megasetachus megalodon*. Sama najdba ni presenečenje, saj imamo prav v okolici Vač znanih kar nekaj najdišč podobnih zob. Najbližja nahajališča omenjene vrste so v okolici Moravč in Drtije ter pri Izlakah (Križnar, 2011; Križnar in Mikuž, 2014). O teh fosilnih zobeh je pisal že Janez Vajkard Valvasor (Križnar, 2012). Zob je dokaj dobro ohranjen, toda brez korenine in s poškodovanim vrhom krone. Najbolj verjetno je bil fosilni zob odkrit v srednjemiocenskih plasteh nekje v Moravški dolini, od koder poznamo več najdb. Najdišča podobnih zob se razprostirajo vse od Tunjiškega gričevja proti vzhodu čez Zasavje proti Dolenjski in Štajerski. Ob tem ne smemo pozabiti še na eno geološko zanimivost z Vač, to je fosilna obala, ki je nastala v času miocena.

Naključje, obred, orodje ali kaj drugega

Vprašanje izvora zoba gotovo zasenči vprašanje o namenu zoba. Prva razlaga bi lahko bila, da gre zgolj za naključje, da se je zob znašel na železnodobnem grobišču, menda nad grobovi, in sicer skupaj z odlomki lon-



*Fosilni zob morskega psa Megaselachus megalodon, izkopan na gomili pri Vačah.
Fotografija: Matija Križnar.*



*Risba miocenskega zoba morskega psa z Vač.
Risba: Ida Murgelj.*

čenih posod, železnim obročem in govejimi kostmi. Železnodobno pogrebno obredje je pogosto izpričano z žrtvovanjem živali, raznimi žgalnimi in pivskimi daritvami. Ne nazadnje je tudi Schmid v sklopu istega grobišča odkril območje z veliko pepela, žganino in številnimi odlomki keramike, ki ga je Stare razlagal kot mesto pogrebne pojedine. Morda je v tem primeru neko obredno vlogo imel tudi fosilni zob, ki je prav gotovo moral buriti domišljijo takratnih ljudi. Ni nemogoče, da so zob uporabljali kot orodje ali celo orožje. V prid temu morda govori nekoliko »patinirana« poškodba na vrhu zoba.

Kljub različnim razlagam je izkopani zob paleontološko zelo dobrodošel. Bodisi da so ga našli ali celo uporabljali železnodobni prebivalci današnjih Vač ali pa da ga je v neдрje zemeljskih plasti prinesla narava s pomočjo ljudi.

Literatura:

- Božič, D., 2013: *Vaško situlo je imel vojščak s čelado. Delo*, 19. 9. 2013.
- Križnar, M., 2011: *Zanimivi zobje megalodona iz okolice Moravč. Društvene novice*, 44. Tržič: Društvo prijateljev mineralov in fosilov Slovenije. Str. 51.
- Križnar, M., 2012: *Valvasorjevi zapisi o fosilih Kranjske. Proteus*, 74 (8): 367–373.
- Križnar, M., Mikuž, V., 2014: *Kamnolom Lipovica in njegove paleontološke zanimivosti. Scopolia*, 82: 1–120.
- Stare, F., 1955: *Vače. Katalogi in monografije 1. Ljubljana.*
- Leghissa, E., 2015: *Način okraševanja keramike ljubljanske kulture in premenaste keramike – eksperimentalna arheologija. Arheološki vestnik*, 66: 275–292.

Rezultati natečaja naravoslovne fotografije za leto 2016

Petra Draškovič Pelc

V Prirodoslovnem društvu Slovenije že vrsto let razpisujemo natečaj naravoslovne fotografije za mlade avtorje. Tudi tokrat smo pozvali mlade fotografe do starosti 25 let, da raziskujejo naravo v družbi fotografskega aparata in beležijo motive iz narave, kar je bila osrednja tema natečaja.

Na fotografski natečaj se je v letu 2016 odzvalo 41 avtorjev s 273 fotografijami v štirih starostnih kategorijah. Tako je komisija v sestavi dr. Tomaž Sajovic, urednik revije *Proteus*, Janja Benedik, direktorica uprave Prirodoslovnega društva Slovenije, Marjan Richter, urednik fotografije v reviji *Proteus*, Stane Draškovič Pelc, fotograf, in dr. Petra Draškovič Pelc, referentka za naravoslovno fotografijo v Prirodoslovnem društvu Slovenije, imela zahtevno delo pri izbiri najboljših.

V kategoriji do 10 let je sodelovala le ena avtorica s štirimi fotografijami. Priznanje tako dobi Eva Eržen za fotografijo *Rdeči prvak poletja*.

V kategoriji od 11 do 14 let je sodelovalo 27 avtorjev s skupaj prispelimi 188 fotografijami. Prvo nagrado je za fotografiji *Mi slediš* in *Ujeta* dobil Gal Žvab. Drugo nagrado je prejela Maruša Stergar za fotografijo *Dotik*. Tretjo nagrado pa si delita Hana Aleksić s fotografijo *Modri helikopter* in Blaž Zver s fotografijo *Trdoživost*. Priznanja dobijo še Gal Žvab za fotografiji *Mlečna cesta* in *Jaz šef*, Lovro Zakrajšek, Maša Škafar za fotografijo *Zima*, Hana Aleksić za fotografijo *Jutranja rosa*, Maruša Stergar za fotografijo *Nikoli nisi popolnoma sam* ter Žan Eržen za fotografijo *Obožujem skrivalnice*.

V kategoriji od 15 do 17 let je sodelovalo 12 avtorjev z 88 fotografijami. Prvo nagrado prejme Janez Leskošek za fotografijo *Ljubezen*, drugo nagrado si je prislužil Alex Kotnik za fotografiji *Kristalne oči* in *Kristalnost zelenonogega martinca* in tretjo nagrado Tina Verhnjak za fotografijo *Belin*. Priznanja smo podelili sledečim avtorjem: Alexu Kotniku



Kategorija do 10 let

Eva Eržen: Rdeči prvak poletja. Priznanje v kategoriji do 10 let.

za fotografiji *Lepota narave* in *Iskrenost narave*, Tini Verhnjak za fotografiji *Pestrost* in *Izpostavljenost* ter Vanesi Bezljaj za fotografiji *Veliki detel* in *Pogumni skuštrani mladič polojnika*.

V kategoriji od 18 do 25 let je sodelovala le ena avtorica z desetimi fotografijami. Priznanje dobi Živa Bombek za fotografijo *Pogled iz megle*.

Vsem dobitnikom nagrad in priznanj iskreno čestitamo in se veselimo vaših novih prispevkov v naslednjem letu!

Izbrane in nagrajene fotografije bodo razstavljene na priložnostni razstavi v Taborjevi (mali) galeriji Kliničnega centra v Ljubljani od 15. novembra do 12. decembra leta 2016. Vljudno vabljeni k ogledu.

Do tedaj pa obilo užitkov pri odkrivanju narave skozi objektiv!

Kategorija od 11 do 14 let



Gal Žvab: Ujeta. Prva nagrada v kategoriji od 11 do 14 let.



Gal Žvab: Mi slediš. Prva nagrada v kategoriji od 11 do 14 let.

Maruša Stergar: Dotik. Druga nagrada v kategoriji od 11 do 14 let.





Hana Aleksić: Modri helikopter. Tretja nagrada v kategoriji od 11 do 14 let.

Blaž Zver: Trdoživost. Tretja nagrada v kategoriji od 11 do 14 let.



Kategorija od 15 do 17 let



Janez Leskošek: Ljubezen. Prva nagrada v kategoriji od 15 do 17 let.

Alex Kotnik: Kristalne oči. Druga nagrada v kategoriji od 15 do 17 let.





Alex Kotnik: Kristalnost zelenonovega martinca. Druga nagrada v kategoriji od 15 do 17 let.

Tina Verbnjak: Belin. Tretja nagrada v kategoriji od 15 do 17 let.



Kategorija od 18 do 25 let



Živa Bombek: Pogled iz megle. Priznanje v kategoriji od 18 do 25 let.

Jesensko nočno nebo • Naše nebo

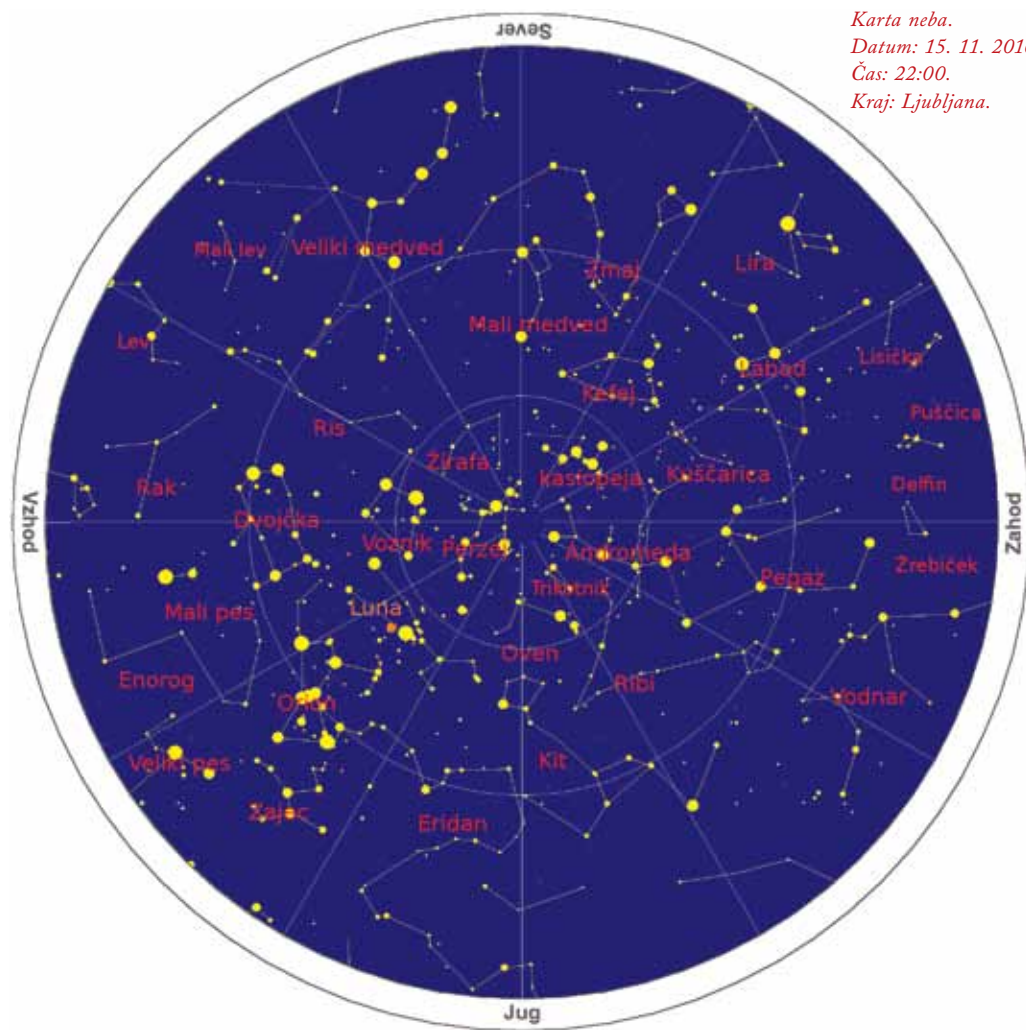
Jesensko nočno nebo

Mirko Kokole

S prihodom jeseni in vedno daljših noči prihajajo na nočno nebo ozvezdja nebesnega oceana. Tako jih imenujemo zato, ker jih je večina povezanih z vodo in morjem. Začnimo kar pri Kozorogu, ki je na starih kartah največkrat upodobljen kot pol koza, pol riba. To ozvezdje so z deževno dobo povezovali že starodavni Kitajci, Babilonci in Egipčani, Azteki pa so ga upodabljali kot rogatega kita. Ozvezdje na nebu ni izstopajoče, saj ga sestavljajo zelo šibke zvezde, le pet jih je namreč svetlejših od magnitude 4. Najsvetlejša α Kozoroga je zelo zanimiva

zvezda. S prostim očesom vidimo dve zvezdi, ki sta razmaknjeni približno 6 ločnih minut in med seboj nista gravitacijsko povezani. Vsaki od obeh zvezd sta v resnici tudi četrrozvezdji. α Kozoroga je tako eden najbolj kompleksnih večzvezdij. Poleg tega zanimivega večzvezdja v Kozorogu najdemo tudi čudovito zvezdno kopico M30, ki je velika 11 ločnih minut in jo zlahka vidimo že skozi malo večji daljnogled, če le nebo ni preveč svetlobno onesnaženo.

Vzhodno od Kozoroga najdemo še eno zodiakalno ozvezdje. To je ozvezdje Vodnarja,



Karta neba.

Datum: 15. 11. 2016.

Čas: 22:00.

Kraj: Ljubljana.

ki je tudi pri večini kultur povezano z vodo. V starih evropskih kartah je ponavadi upodobljeno kot moški, ki iz vrča ali amfore izliva vodo. Tudi egipčanski hieroglif, ki predstavlja ozvezdje Vodnarja, je hkrati tudi hieroglif za vodo. Vodnar je zelo veliko ozvezdje, ki tako kot Kozorog tudi ne vsebuje svetlih zvezd in zato tudi ni zelo značilno, kljub vsemu pa vsebuje približno sto zvezd, vidnih s prostim očesom. Najsvetlejšje zvezde so α Vodnarja ali Saldamelik, ki je zvezda rahlo rumene barve z magnitudo 3,0, β Vodnarja ali Sadalsuud, ki je rumene barve in ima magnitudo 2,9, ter δ

Vodnarja ali Skat, ki je zvezda z magnitudo 3,3. V Vodnarju se nahaja tudi zelo veliko galaksij, a nobena od njih ni vidna brez večjega teleskopa. Vidimo pa lahko lepo zvezdno kopico M2.

Če se od Vodnarja spustimo proti obzorju, pridemo do ozvezdja Južne ribe. Tudi to ozvezdje je že starodavno in so ga imeli za starša zodiakalnih Rib. Južna riba vsebuje le eno svetlo zvezdo, Fomalhaut, ki ima magnitudo 1,2 in je svetlejša od Regula. Poleg Fomalhauta lahko v tem ozvezdju najdemo še zanimivo zvezdo Lacaille 9325. Ta zvezda ima zelo veliko hitrost lastnega gibanja,

kar pomeni, da zelo hitro spreminja svojo lego glede na druge zvezde. Razliko v legi lahko tako vidimo že na fotografijah, ki sta bili posneti v razmiku enega leta. V 260 letih spremeni svojo lego za približno polmer Lune, se pravi za pol ločne stopinje.

Če pogledamo sedaj proti jugu in nekoliko vzhodno od Vodnarja, najdemo Ribi. Tudi to starodavno ozvezdje je bilo že od nekdanj povezano s vodo. V rimsko-grški mitologiji naj bi predstavljalo Venero in Kupida, ki sta skočila v Evfrat in se tam spremenila v ribi. V Ribah se sedaj nahaja »prva točka Ovna« ali pomladišče, ki se je zaradi precesije preselilo iz Ovna v Ribi. Ko to točko prečka Sonce na svoji navidezni poti po nebu, nastopi pomladansko enakonočje. Od te točke merimo tudi ekliptično ali nebesno dolžino. Nekoliko proti vzhodu in proti obzorju od Rib najdemo ozvezdje Kita. Kit je še eno od vodnih ozvezdij jesenskega neba. Predsta-

vljal naj bi morsko pošast, ki sta ji Kasiopeja in Kefej žrtvovala svojo hčer Andromedo. Vendar Andromedo reši pogumni Perzej. Najbolj znana zvezda v ozvezdju Kita je seveda Mira ali o Kita. Mira je spremenljivka z dolgo periodo, ki jo opazujejo že od leta 1638 dalje. Njena povprečna perioda je 331 dni, njena magnituda pa se spreminja od 2,9 do 9,3, kar pomeni, da je ne moremo videti vedno s prostim očesom.

Zadnje ozvezdje našega oceana je Eridan, ki ga najdemo vzhodno od Kita. Eridan naj bi predstavljal reko Nil ali Evfrat. Ozvezdje sega od Orionovega pasu globoko v južno nebesno poloblo in ga lahko iz naših krajev vidimo le delno. V njem najdemo kar lepo število galaksij, vendar na žalost nobena ni vidna skozi daljnogled. Če jih želimo opazovati, potrebujemo zato teleskop.

Table of Contents

Editorial

Tomaz Sajovic

Ecology

Antarctic Food Chain and Climate Change

Timotej Turk Dermastia

Far away in the Geographic South Pole of our planet lies a continent nearly double the size of Europe. It is covered by a sheet of ice more than a kilometre deep. There are no permanent residents of the *Homo sapiens* species there. Antarctica is also the most naturally hostile place on Earth. Any human activity is limited to a few research stations and to developing tourism, which is still confined to the Antarctic Peninsula and, of course, the Antarctic summer. Climatic conditions in the Antarctica have been more or less the same for nearly 35 million years since the opening of the Drake Passage which left Antarctica surrounded by water and covered it in a shield of ice. Organisms there are therefore highly adapted to such an environment and any change could have far-reaching effects. Although it is not something we read about in daily papers or science journals Antarctica and its specific ecology are nevertheless important as it is this very specificity and relatively pristine nature that make it a model system.

Geology in museums

Visiting Moscow's Geological Museums (Part II)

Mihael Brenčič

In this article we continue the journey through Moscow's geological museums that we embarked on in the previous issue. Having visited the Vernadsky State Geological Museum and Fersman Mineralogical Museum we still have two exceptional collections to see: the one in the Museum of the Paleontological Institute of the Russian Academy of Science and in the Earth Science Museum of the Lomonosov Moscow State University.

Microbiology and public healthcare

Antibiotic Resistant Bacteria

Urška Rozman, Jelka Helena Reberšek Gorišek, Sonja Šostar Turk

Antibiotic resistance has become one of the world's most pressing public health problems. Recent reports on antibiotic resistance in Europe and the United States refer to positive isolates of extended-spectrum beta-lactamase, carbapenem-resistant enterobacteriaceae and methicilline-resistant *Staphylococcus aureus*. Antibiotic resistant bacteria have the potential to spread rapidly through different mechanisms that combat the effect of antimicrobial drugs, be it through mutations

or horizontal gene transfer. Release and accumulation of antimicrobial drugs in the environment is a key factor in the frequency of genetic exchange through transformation, conjugation and transduction. Understanding the environmental factors behind resistance genes and their arrangement is the key to solving the antibiotic resistance problem, which represents a huge burden on healthcare systems across the world.

Bioacoustics and computer science

Web Application for Identification of Bumblebees Based on the Flight Buzzing Sound

Anton Gradišek, Gašper Slapničar, Jure Šorn, Mitja Luštrek, Matjaž Gams, Janez Grad

Bumblebees are important pollinators and as such provide a key ecosystem service. Unlike bees bumblebees have bodies that allow them to retain heat and can therefore remain active in bad weather as well. Some plant species are pollinated exclusively by bumblebees, sometimes by a particular species of bumblebee. In addition, bumblebees pollinate a number of crop plants and are used, for example, in greenhouses to pollinate tomatoes. Intense agriculture and the loss of natural environment represent a serious threat to many bumblebees. Many other plant and animal species in Slovenia and worldwide are also extremely endangered. In addition to the already familiar issues with domestic and alien bees (pesticides, environment, parasites, fungi) research has shown that bumblebees are finding it increasingly difficult to adapt to the changes in the environment due to global warming, which affects especially the species that are confined to specific habitats. An important step toward protecting these precious insects is monitoring their biodiversity and

the application for identification of bumblebee species based on the buzzing sound, which we present in this article, allows us to do just that.

Paleontology

Iron-Age Fossil Collectors from Vače

Matija Križnar, Boštjan Labarnar

Discovering and collecting fossils is not limited to contemporary palaeontologists alone; fossil remains were found already by our human ancestors, Neanderthals and later the first peoples and civilisations. There are several sites known in the world today where gravesites and other archaeological sites, from Palaeolithic to the Middle Ages, uncover various fossilised sea urchins, belemnites, ammonites, shark bones and teeth. Except for amber, fossil finds in archaeological sites in Slovenia are virtually unknown. Palaeontologists came across a fascinating example completely by accident, even though a find of a fossil shark tooth had already been published. It is therefore only right that we should present it from a scientist's perspective, as a palaeontological heritage.

Nature photography

Result of the Nature Photography Competition 2016

Petra Draškovič Pelc

Our sky

Night Sky in Autumn

Mirko Kokole

Table of Contents

STROKOVNE EKSURZIJE V LETU 2017



SEVERNI CIPER

Od 2. do 11. marca 2017

Medtem ko bo pri nas še vedno zima in bomo le slutili prihajajočo pomlad, se lahko z nami podate na raziskovanje neokrnjene narave Severnega Cipra, kjer si bomo ogledali več zavarovanih območij in spoznavali različna življenjska okolja rastlin in živali, od katerih so mnogi endemiti otoka. Ravno v tem času se bodo razcveteli divje rastoči tulipani in številne orhideje, ob morskih lagunah bomo opazovali vodne ptice, spoznavali slanljubno vegetacijo obalnih sipin, gorovij in starih oljčnih nasadov ter se sprehajali med prostoživečimi osli na skrajnem severovzhodu otoka. Bogate vtise bo popestrila odlična krajevna kulinarika.

DALMACIJA – ZGODBE DINARSKIH REK

Od 27. aprila do 2. maja 2017



Ob besedi Dalmacija vsi najprej pomislimo na čudovite plaže, morje, otoke, morsko hrano in počitek v poletnih mesecih. Dalmacija pa ob obali in predvsem v notranjosti skriva še marsikaj, kar je vredno ogleda. Od bogate zgodovine, kjer so pustili pečat staroselci, Rimljani, vdori Turkov iz bližnje Bosne, do kulturnih običajev, ki so se oblikovali v zadnjih stoletjih, pa seveda tudi kulinarika, ki je vezana na življenje tamkajšnjih domačinov. V osrčju dinarskega krasa se skrivajo številna kraška polja, udornice, še posebej pa so čudovite dinarske reke, ki so sooblikovale zaledje Dalmacije.

ARMENIJA

Od 4. do 18. avgusta 2017



Prva država, ki je sprejela krščanstvo za svojo uradno vero, skriva v sebi neprecenljiva naravna in kulturna bogastva. Dežela, ki so jo oblikovali vulkani, leži na območju Spodnjega Kavkaza in popotniku ponuja čudovite razglede na gorovja, reke, soteske, jezera, slapove, stepe in kamnite polpuščave. Starodavno armensko ljudstvo, ki se je v dolgi zgodovini svojega obstoja na svileni poti ohranilo s pomočjo kulture, v sebi izžareva ponos in neizmerno

gostoljubnost, prepredeno s trgovsko iznajdljivostjo in sposobnostjo preživetja. Vse to je dežela, ki vsakemu obiskovalcu pusti trajni in nepozabni pečat.

Ceno potovanj in podrobnejše programe si lahko ogledate na spletni strani www.proteus.si, več informacij dobite v upravi društva na telefonski številki 01 252 19 14 ali na elektronskem naslovu narodoslovno.drustvo@gmail.com.



■ *Geologija v muzejih*

Popotovanje po moskovskih geoloških muzejih (drugi del)

V prispevku nadaljujemo začeto pot po moskovskih geoloških muzejih, ki smo jo pričeli v prejšnji številki. Do sedaj smo si že ogledali geološki muzej Vernadskega in mineraloški muzej Fersmana. Pred nami pa je še ogled dveh, prav tako izjemnih zbirk, paleontološkega muzeja Ruske akademije znanosti in Muzeja ved o Zemlji, ki deluje pod okriljem Moskovske državne univerze Lomonosova.



■ *Bioakustika in računalništvo*

Spletna aplikacija za prepoznavanje čmrcljev na podlagi zvoka

Čmrli so pomembni opraeševalci rastlin in imajo kot taki ključno vlogo v ekosistemu. Pri tem se razlikujejo od drugih čebel, saj so zaradi drugačne telesne zgradbe lahko dejavni tudi v slabem vremenu. Nekatere rastlinske vrste opraešujejo izključno čmrli, med njimi pa najdemo tudi take, ki so vezane le na eno samo vrsto čmrlja. Poleg tega čmrli opraešujejo tudi vrsto kulturnih rastlin, uporabljajo jih denimo v rastlinjakih za opraeševanje paradiznika. Zaradi intenzivnega kmetijstva in uničevanja življenjskega okolja je veliko vrst čmrcljev ogroženih. Tudi marsikatero drugo vrsto rasilin in živali v Sloveniji in po svetu so izjemno ogrožene. Poleg znanih težav z domačimi in tujimi čebelami (pesticidi, okolje, paraziti, glivice) so raziskave pokazale, da se čmrli tudi težje prilagajajo na spremembe okolja zaradi globalnega segrevanja ozračja, kar vpliva predvsem na vrste, ki so omejene na specifične življenjske prostore. Pomemben korak za zaščito teh pomembnih žuželk je spremljanje njihove biotske raznolikosti, kar omogoča v prispevku predstavljena aplikacija za prepoznavanje vrst čmrcljev na podlagi zvoka brenčanja.



■ *Paleontologija*

Železnodobni zbiralci fosilov z Vač

Odkrivanje in zbiranje fosilov ni samo področje delovanja današnjih paleontologov, ampak so na njihove ostanke naleteli tudi že naši človeški predniki, na primer neandertalci in kasneje tudi prva ljudstva oziroma civilizacije. V svetu je znanih več primerkov, ko na grobiščih ali drugih arheoloških najdiščih, od paleolitika do srednjega veka, odkrivajo različne okamnele morske ježke, belebnite, amonite, kosti in zobe morskih psov. V Sloveniji, če izvzamemo jantar, so najdbe fosilnih ostankov na arheoloških najdiščih nepoznane. Paleontologi smo za zanimiv primer izvedeli povsem po naključju, čeprav je bila najdba fosilnega zoba morskega psa že objavljena. Zato je prav, da jo predstavimo tudi z naravoslovnega vidika in jo prikazemo tudi kot paleontološko dediščino.

ISSN 0033-1805

