

# Epikras: življenjsko okolje specializirane in bogate vodne favne

Predstavitev posebnega življenjskega prostora v kraški vodi, zelo bogatega s ceponožnimi raki in drugimi malimi zvernicami

*Anton Brancelj*

Slovenija je domovina tako krasoslovja kot tudi jamske biologije. Z izrazoma *kras* (nemško *karst*, italijansko *carso*) in *dolina* oziroma *doline* v svetovni strokovni javnosti zaznamujemo posebni kraški obliki. V svetovno zakladnico znanja pa je Slovenija veliko prispevala tudi na področju jamske biologije. V znameniti monografiji J. W. Valvasorja je bila kot »zmajev mladič« najprej opisana človeška ribica, čemur je kasneje sledil tudi njen znanstveni opis. V prvi polovici 19. stoletja je bil v Postojnski jami najden in opisan tudi hrošček drobnovratnik kot prva prava jamska kopenska žival. Temu so sledile številne najdbe drugih živali tako iz kopenskega kot tudi vodnega okolja. Na podlagi dosedanjih raziskav podzemne favne velja Slovenija – oziroma natančneje »notranjski trikotnik« – za eno od najbolj vročih točk podzemne biotske raznovrstnosti v svetu. V zadnjem desetletju so k temu slovesu nekaj prispevale tudi raziskave živalstva v epikrasu, to je delu krasa, ki je najbližji površju, a nudi življenjsko okolje zelo posebni vodni favni.

Ob misli na podzemne vode in živalstvo v njih verjetno vsak najprej pomisli na Postojnsko jamo in tam živečo človeško ribico (*Proteus anguinus* Laurenti, 1768). Vendar je to površna in poenostavljena predstava. Podrobnejši pregled razkrije, da obstaja več vrst podzemnih vod, od katerih ima vsaka svoje značilnosti. Pojem »podzemna voda« pravzaprav ni natančno določen, a označuje vse oblike vod, ki se nahajajo pod zemeljsko površino. Lahko je to kapilarna voda ali pa

so to večja, bolj ali manj sklenjena podzemna vodna telesa, imenovana vodonosniki. Najbolj splošna oznaka za vodonosnik je, da vsebuje dovolj vode za gospodarsko izrabo. Taka voda se nahaja v špranjah in razpokah v različnih kamninah ali pa med delci sedimentov, najpogosteje je to pesek oziroma prod. V Sloveniji so najpomembnejši vodonosniki kraški oziroma razpoklinski ter medzrnski. V kraških vodonosnikih se voda nahaja tako v z vodo nezasičenem kot tudi v z vodo zasičenem območju vodonosnika. Del nezasičenega območja (imenovano tudi vadozno območje) predstavljajo tudi kraške jame, ki jih turisti ali jamarji lahko obiskujejo. Obiskovalcem tam padajo s stropa drobne kapljice, intenzivnejši curki ali pa morajo obiskovalci celo preskakovati manjše ali večje potočke. Ta del je lahko debel le nekaj metrov, lahko pa celo več kot 1.500 metrov. V turističnih jamah pri nas območje obsega od nekaj metrov pa do več kot stopetdeset metrov. Drugi del vodonosnika predstavlja voda v zasičenem območju (imenovano tudi freatično območje), kjer so z vodo povsem zapolnjene vse razpoke oziroma kanali. Večji, z vodo zaliti jamski rovi so dostopni le posebej izurjenim jamskim potapljačem. Prehod med obema območjema predstavlja stalni kraški izviri, ki ležijo prav na meji med zasičenim in nezasičenim območjem.

Druga vrsta podzemnih vod so medzrnski vodonosniki v prodiščih vzdolž rek in potokov. Prodni zasipi se nahajajo bodisi vzdolž sedanjih vodotokov ali pa tistih, ki so tam tekli v preteklosti in so za seboj pu-

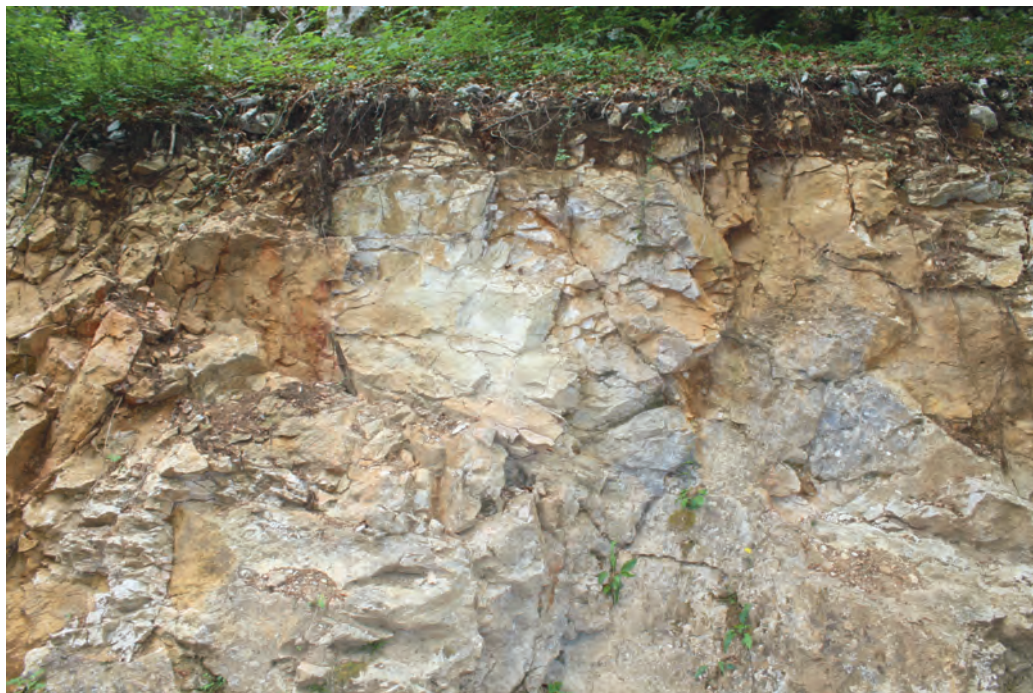
stili obsežne prodne nanose. Taki nanosi so na Ljubljanskem polju, južnem delu Ljubljanskega barja, v Celjski kotlini, vzdolž Soče, Drave in nekaterih drugih slovenskih rek. Debelina prodnih nanosov je lahko tudi nekaj deset ali celo več kot sto metrov. Tudi pri teh vodonosnikih ločimo dve območji. Tik pod rečno strugo je hiporeično območje, ki sega nekako do dveh metrov v globino. Določena je kot globina, do katere še segajo dnevni oziroma sezonski vplivi površinskih voda. Hiporeično območje je sicer stalno zalito z vodo, a ima nekaj skupnih značilnosti z nezasičenim območjem v krasu. V neposredni bližini brega vodna gladina tudi v prodišču niha, in sicer v odvisnosti od vodostaja v reki. Pod hiporeičnim območjem je freatično območje, ki je stalno zalito z vodo. To območje predstavlja v Sloveniji pomemben vir pitne vode, saj jo vsa večja mesta črpajo iz prodišč.

Obe vrsti vodonosnikov imata nekaj skupnih značilnosti, nekaj pa je tudi pomembnih razlik. Te tudi določajo sestavo živalstva, ki prebivajo v njih. Za obe vrsti vodonosnikov so značilni odsotnost svetlobe, razmeroma majhne količine hrane in njena neenakomerna porazdelitev ter tudi majhna nihanja v temperaturi. Bistvena razlika med njima pa je velikost prostorov in s tem tudi hitrost pretakanja vode. Medtem ko so v kraških vodonosnikih prostori veliki od nekaj desetink milimetra pa do nekaj metrov v premeru in nekaj tisoč metrov v dolžino, so v medzrnskih vodonosnikih prostori bistveno manjši – nekajmilimetrski prostori so že zelo veliki. Temu primerna je tudi hitrost vode, ki se tam pretaka: v kraških vodonosnikih se meri v kilometrih na uro, medtem ko je v medzrnskih hitrost nekaj centimetrov in le izjemoma nekaj decimetrov na uro. Posledično imajo zato kraške vode nekoliko višje koncentracije kisika kot vode v prodiščih. Vendar je kisik načelno navzoč povsod, celo globoko v prodiščih. Globoko v tem primeru pomeni sto metrov! Razlike med obema vodonosnikoma so tu-

di v lastnostih vode. Medtem ko v kraških vodonosnikih fizikalne in kemijske lastnosti vode določa predvsem apnenec oziroma dolomit, jo v medzrnskih določajo tudi druge kamnine, ki so lahko vulkanske, metamorfne, lahko so sedimenti ter celo prsti.

Obstaja pa tudi razlika »po vertikali«, torej med nezasičenim in zasičenim območjem v kraškem oziroma medzrnskem vodonosniku. Tudi tam so glavni skupni dejavniki odsotnost svetlobe, količina razpoložljive hrane in nihanje temperature. V nezasičenem kraškem območju in hiporeičnem območju vzdolž rek tako temperatura kot količina hrane nihata dnevno, tedensko ali sezonsko. Nihanja so zelo podobna nihanjem njihovih vrednosti na površju. Obseg temperaturnih nihanj se z globino zmanjšuje. Po definiciji se freatično območje tako v medzrnskih kot v kraških vodonosnikih začne tam, kjer so nihanja minimalna in neodvisna od sezone. Zlasti temperatura se v freatičnem območju čez leto le minimalno spreminja, in sicer največ za eno stopinjo Celzija.

Čeprav navidezno negostoljubno okolje, za katerega so značilne večna tema, nizka, a stabilna temperatura, malo oziroma neenakomerno razporejena hrana, občasno tudi nizke vrednosti nasičenosti s kisikom, kljub vsemu nudi domovanje kar velikemu številu pravih podzemnih vodnih prebivalcev – *stigobiontov*. Ti so na take razmere dobro prilagojeni, saj morajo vse življenje preživeti v podzemlju. V takem okolju se morajo tudi uspešno razmnoževati, da lahko preživi generacija za generacijo, in to nekaj stotisočletij in več. Zadnja »inventura« (Deharveng in sod., 2009) je pokazala, da imamo v Sloveniji približno 190 taksonov stigobiontov, po ocenah pa naj bi jih bilo vsaj približno 250. Med njimi po številu taksonov (največkrat so to vrste oziroma podvrste) izstopajo raki, kjer so pogoste postranice (Amphipoda), ceponožci (Copepoda), enakonožci (Isopoda) in polži (Mollusca), sledijo pa jim dvoklopniki (Ostracoda) in maloščetinci (Oligochaeta). Njihove predstavnike najde-



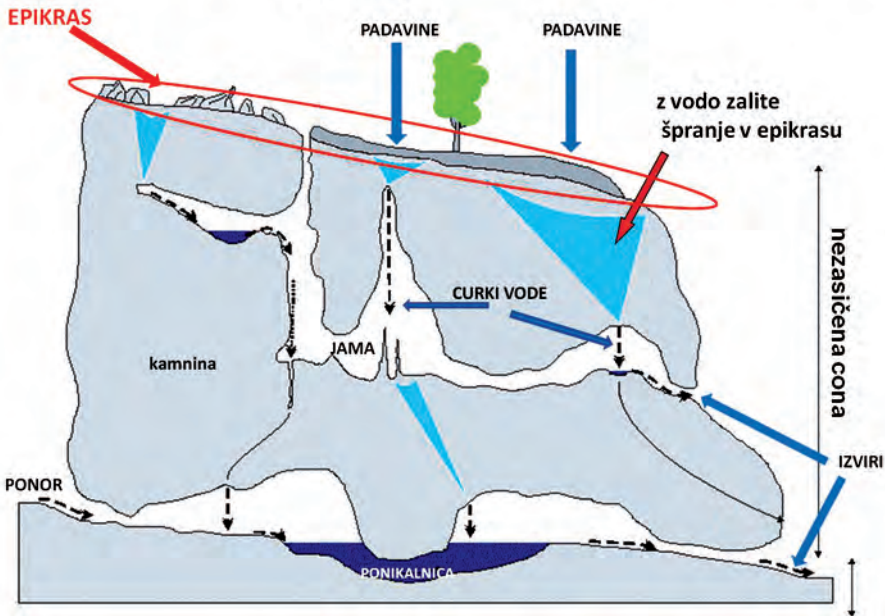
Presek skozi epikras, kot ga lahko vidimo ob cestnih usekih. Plast prsti je pogosto tanka, vendar omogoča rast ne samo travi, ampak tudi grmovju in drevesom, katerih korenine segajo tudi v območje epikrasa. Foto: Anton Brancelj.

mo tako v kraških kot medzrnskih vodonosnikih, vendar je le malo vrst, ki živijo v obeh vrstah vodonosnikov. Največkrat je to samo tam, kjer sta obe vrsti vodonosnikov v neposrednem stiku in živali »pomotoma« zaidejo v drugega ali pa jih močnejši vodni tok zanese vanj. Da živali iz enega tipa vodonosnika težko preživijo v drugem, je razlog predvsem v velikosti razpoložljivega prostora in tudi tekmovalnosti oziroma plenilstvu med živalmi. Seveda se obseg prostorov kaže tudi v drugih ekoloških razmerah, zlasti v hitrosti in obsegu pretakanja vode in s tem povezanim prenašanjem hrane in kisika.

Tik pod prstjo obstaja na krasu okolje, ki ga raziskovalci podzemnih živali poznajo kot posebno okolje. Že pred več kot stoletjem so ga zlasti dobro spoznali raziskovalci kopenskih jamskih živali, ki pa niso bili povsem enotni pri njegovem poimenovanju.

Še najpogosteje so uporabljali francoski izraz *milieu souterrain superficiel*, ki označuje razmeroma tanko plast dobro razpokane kamnine tik pod prstjo. Šele mnogo kasneje so biologi tam odkrili tudi zelo posebno vodno okolje, kateremu pa so več zanimanja posvetili komaj v zadnjem desetletju. Za to okolje se sedaj najpogosteje uporablja izraz *epikras*. Leži tik pod bolj ali manj tanko plastjo prsti in sega le nekaj metrov v globino, kjer se lahko konča tudi v kraški jami. Po ekoloških značilnostih je to *ekoton*, saj predstavlja prehod med prstjo na površini in pravim kraškim podzemljem. Fizično to predstavlja tridimenzionalni splet razpok in majhnih votlinic, velikih komaj kak milimeter ali nekaj več. Prostorčki so nastali s kombinacijo fizičnega drobljenja kamnine in njenega kemijskega raztapljanja. Delno so zapolnjeni z zrakom, delno pa z vodo. Že v obdobju nekaj ur se lahko v tem okolju

## Poenostavljena shema pretakanja vode v kraškem vodonosniku (presek)



*Epikras predstavlja le nekaj metrov debela plast razpokanega apnenca ali dolomita, vendar je zelo pomembna pri določanju kakovosti vode in njenega pretakanja v nižje predele kraškega vodonosnika, hkrati pa nudi življenjski prostor različnim živalim, tako kopenskimi kot tudi vodnim. Po vstopu padavinske vode v epikras se ta začne pretakati po manjših ali večjih kanalih globlje v skalni masiv. Pot na površino si najde skozi izvire ali pa se odceja neposredno v reke oziroma prodišča.*

*Risba: Anton Brancelj.*

temperatura spremeni celo za 2 do 3 stopinje Celzija, medtem ko so sezonska nihanja tudi dva- do trikrat večja. Hrane je zaradi bližine prsti razmeroma veliko, le prostori so razmeroma majhni. Voda je zaradi majhnih razsežnosti razpok pogosto celo kapilarno vezana, kar omogoča, da se dlje časa zadrži v tem območju, saj bi sicer zaradi sile težnosti razmeroma hitro odtekla. Kar dela epikras tako enkrat, je dejstvo, da kljub pomanjkanju površinske vode tam živi zelo bogata združba *vodnih organizmov*. Ena od značilnosti krasa je namreč ta, da na površini ni vode. Večji del padavin skozi razpoke v nezasičenem območju hitro ponikne nekaj metrov ali celo več sto metrov globoko, kjer se voda zbere v večjih količinah šele v zasičenem območju. Le na območju kraških

polj, kjer je dno neprepustno, pride v obliki ponikalnic oziroma izvirov na površino. Epikras je torej pri preskrbi z vodo popolnoma odvisen od padavin, naj bo to dež ali snežnica. Z drugimi besedami to pomeni, da so ob močnejšem deževju tam »poplave«, ki jih lahko že čez kratek čas zamenja »suša«, ki lahko traja tudi nekaj tednov. To velja za kras v zmernem podnebjju, kamor sodi Evropa, in tudi za subtropski kras, kjer epikras prav tako obstaja. V sušnem obdobju se nekaj zgornjih metrov krasa tako osuši, da v jamah, ki so tik pod površjem, le vsakih nekaj ur s stropa kane kakšna kapljica vode. Preživetje v poplavljeni kraški »kleti« torej ni prav velika »umetnost« v primerjavi s preživetjem na njegovi »podstrehi« (epikraško območje). Vsaj dosedanje izkušnje kaže-



*Prenikajoča voda iz epikrasa se zbira v večjih ali manjših lužah na dnu jamskih rovov (slikano v jami Velika Pasica).*

*Foto: Davorin Tome.*

jo, da vodne živali v epikrasu niso sposobne tvorbe neprepustnih ovojev, s katerimi bi se obdale v času pomanjkanja vode, in bi tako v bolj ali manj mirujočem stanju preživele neugodno obdobje. Imajo pa druge prilagoditve, ki preprečujejo, da bi jih povečan vodni tok ob deževju odplaval globlje v kraški masiv. A o tem nekoliko kasneje.

Prvi stik raziskovalcev z živalmi iz epikrasa se je zgodil v dvajsetih letih preteklega stoletja, ko je francoski raziskovalec P. A. Chappuis v jami v Franciji našel in opisal vrsto ceponožca *Speocyclops racovitzai* (Chappuis, 1923). Leta 1930 je nemški raziskovalec F. Kiefer v Škocjanskih jamah našel in opisal še vrsti *Morariopsis scotenophila* (Kiefer, 1930) in *Speocyclops infernus* (Kiefer, 1930). Število novoopisanih vrst je počasi naraščalo, vendar raziskovalcem ni bilo povsem jasno, od kod te živali prihajajo. Večino so jih namreč

našli v lužah na dnu jamskih rovov, ki jih je polnila kapljajoča voda s stropa, občasno pa tudi narasle podzemne vode. Uganko sta rešila šele francoska raziskovalca R. Rouch in F. Lescher – Moutoué v šestdesetih letih prejšnjega stoletja, ko sta skozi planktonsko mrežico precejala penikajočo vodo, ki je pritekala skozi jamski strop. V njej sta odkrila celo vrsto živali, med njimi za znanost tudi nove vrste. Rouch je bil tudi prvi biolog, ki je leta 1968 opredelil pojem epikrasa z ekološkega vidika, medtem ko sta ga s hidrogeološkega naknadno opredelila Mangin (1973) in Williams (1983, 1985). Vendar je bila ugotovitev Roucha in Lescher – Moutouéjeve s strani biologov dolga leta nekako spregledana. Raziskovalci so še vedno odkrivali v lužah nove vrste živali, zlasti ceponožce, vendar penikajoči vodi niso namenjali posebne pozornosti. Tudi sicer je bila večina

preiskanih luž (izjemoma celo curkov) razmeroma globoko pod površjem. Največkrat je bilo to več deset metrov globoko, kar je daleč od pravega epikrasa in po definiciji pripada območju vadoznega območja. Med bolj odmevne tovrstne najdbe lahko prištevamo najdbo nove vrste podzemeljske postranice »izpod domačega praga« *Niphargobates orophobata* Sket, 1981, ki jo je prof. B. Sket našel v Planinski jami. Osebkki so bili ulovljeni v curku vode, ki priteka iz stropa po oceni približno 60 metrov pod površjem in zato verjetno ne izvirajo prav iz območja epikrasa. V podobnih, sosednjih curkih sta bili istočasno najdeni in opisani še dve vrsti ceponožcev, *Elaphoidella cvetkae* Petkovski, 1983, in *E. franci* Petkovski, 1983. Vrsti *N. orophobata* in *E. franci* sta zaenkrat znani le s teh nahajališč, medtem ko je bila *E. cvetkae* doslej najdena že na več nahajališčih v Sloveniji in sosednji Italiji. Od sredine devetdesetih let 20. stoletja dalje

je epikraško območje raziskoval predvsem italijanski specialist za ceponožce F. Stoch, ki je vzorčeval tako v italijanskih jamah v okolici Trsta kot tudi v nekaterih slovenskih jamah. Vzorce je nabiral v več kot 50 jamah na obeh straneh meje in jih po njihovih značilnostih lahko prištevamo med epikraške.

»Renesansa« raziskav epikrasa v Sloveniji sega v leto 2000. Takrat je avtor tega sestavka po naključju obiskal majhno jamo blizu Ljubljane v času močne odjuge. Jama, imenovana Velika Pasica, je značilna jama v epikrasu, katere strop je ponekod debel le 3 do 5 metrov. Iz lužic na dnu rovvov je vzel nekaj vzorcev. Pod lupo v laboratoriju se je naslednjega dne pokazalo, da je v jami kar nekaj vrst, ki do tedaj še niso bile znane iz jame. Po literaturnih zapiskih je bila do takrat iz lužic v jami znana le ena vrsta ceponožcev - *Speocyclops infernus* (Kiefer, 1930) - ter kapniška slepa postranica *Niphargus*

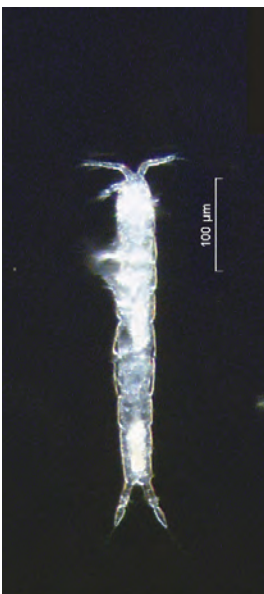
*Trije predstavniki epikraške favne iz Slovenije.*

*Predstavniki rodu Parastenocaris so med najmanjšimi iz skupine ceponožcev (levo).*

*Vrsta Morariopsis scotenophila je bila opisana po primerkih iz Škocjanskih jam in je ena od prvih opisanih vrst iz epikrasa (sredina).*

*Raki peščinariji (Bathynellaceae) so sicer razširjeni v podzemnih vodah po celem svetu, a so v epikrasu manj pogosti (desno).*

Foto: Anton Brancelj.



*stygius* (Schiödte, 1847). Najdbe so vzbudile radovednost. Redna in bolj podrobna vzorčenja v letu 2000 in delu leta 2001 so pokazala, da je samo ceponožcev v jami 12 vrst, od katerih so se tri kmalu pokazale kot nove za znanost (Brancelj, 2002). Vrste so bile opisane kot *Morariopsis dumonti* Brancelj, 2000, *Elaphoidella millennii* Brancelj, 2009, in *E. tarmani* Brancelj, 2009.

Takoj za raziskavami v epikraški jami Velika Pasica je T. Pipan začela v okviru svoje doktorske naloge (obdobje od leta 2000 do 2001) raziskovati vrstno sestavo in razširjenost vrst ceponožcev v šestih turističnih jamah v Sloveniji. Vendar je njena naloga zajemala tudi favno v vadoznem območju, ki se nahaja pod epikraškim območjem, saj je bil strop nad vzorčevanimi mesti debel nekaj deset metrov (najpogosteje od 40 do 60 metrov), kar je veliko več, kot je definicija za epikras.

Da bi ugotovili sestavo favne in razširjenost posameznih vrst po Sloveniji, je bilo v obdobju od leta 2006 do 2007 na ozemlju Slovenije vzorčevanih še dodatnih 90 »epikraških« jam. Ti podatki so bili analizirani v posebni študiji skupaj s podatki, ki jih je posredoval F. Stoch. Skupaj sta avtorja (A. Brancelj in F. Stoch) ugotovila v epikraškem območju kar 71 vrst ceponožcev, od tega kar 46 pravih jamskih prebivalcev, torej stigobiontov. Vsaj šest (s tremi prej omenjenimi vrstami iz Velike Pasice) jih je novih za znanost in so (zaenkrat) omejeni le na epikraško območje.

Kasnejša raziskovanja favne v prenikajoči vodi iz jamskih stropov (bodisi izključno iz epikrasa ali iz širšega vadoznega območja) so pokazale, da ta pojav ni omejen le na slovenski in italijanski kras, ampak je bil ugotovljen tudi drugod po svetu, v Južni Ameriki (Braziliji), Severni Ameriki (Združenih državah Amerike) in Aziji (Tajski). Zlasti na Tajskem je bilo nedavno odkritih več nenavadnih in specializiranih vrst ceponožcev in rakov peščinarjev (Syncarida: Bathynellaceae), ki pripadajo tako znanim

kot tudi povsem novim rodovom. Doslej so bile iz epikrasa zbrane že številne vrste kopenskih in vodnih živali. Velja poudariti, da med njimi ni značilnih prebivalcev prsti. V lužicah, ki nastajajo v jamah pod curki prenikle vode, praviloma ni najti kopenskih predstavnikov. V posebnih pasteh (opisanih spodaj) so bili doslej sicer najdeni številni predstavniki kopenskih jamskih živali (stonoge, dvojnonoge, paščipalci, skakači in celo polži). Večinoma so to »nerode«, ki so lazile po jamskem stropu in so jih curki ali kapljice odplaknile od tam. Obstaja pa specializirana vodna favna, ki obsega praživali (migetalkarji), kotačnike, maloščetince, rake dvoklopnike in ceponožce. Med bolj redkimi so še raki peščinarji, polži in postrance. Zanimivost so plenilski migetalkarji iz skupine *Suctorina*, ki kot zunanji paraziti (epibionti) živijo pritrjeni na površini nekaterih vrst ceponožcev iz rodov *Moraria*, *Morariopsis* in *Bryocampus*.

Nepoznavanje epikraške favne je po eni strani posledica prepričanja speleobiologov, da »tam zgoraj« pač ne more biti vodnega živalstva. Po drugi strani pa je za to potrebna posebna tehnika vzorčenja, med drugim tudi dovolj goste mrežice z odprtini, manjšimi kot 100 mikrometrov ( $\mu\text{m}$ ). K slabemu poznavanju favne prispeva tudi dejstvo, da veliko živali, ki iz epikrasa »prikaplajo« v lužice na tleh jamskih rogov, tam razmeroma kmalu poginejo ali pa jih pojedo druge živali. Ostanajo le najbolj odporni osebki oziroma vrste. V Sloveniji je to vrsta *Speocyclops infernus*. Za popolnejšo sliko o tovrstni favni je zato treba jamo obiskati večkrat. Na primeru Velike Pasice se je pokazalo, da so bile šele po več kot desetih vzorčenjih nabrane res vse vrste ceponožcev, saj po tem število novih vrst ni več naraščalo.

Za jemanje vzorcev v epikrasu, bodisi iz lužic ali pa neposredno iz curkov, klasične planktonske ali ročne mreže niso primerne. To je tudi razlog za razmeroma majhen uspeh pri nabiranju epikraške favne v prete-



*Prenikajoča voda iz stropa se steka na plastično ponjavo. Od tod voda odteka v filtrirne plastenke, kjer gosta mrežica preprečuje, da bi živali, ki jih voda nosi s seboj, pobegnile naprej v jamska tla.*

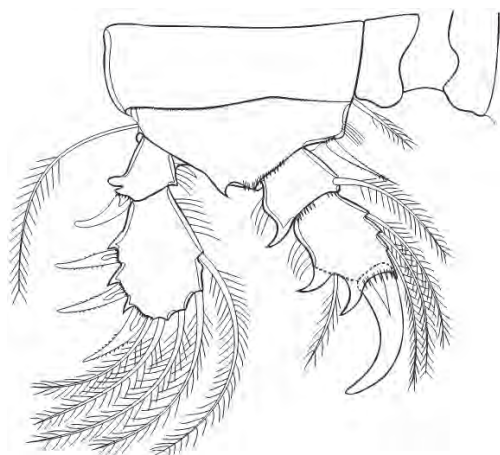
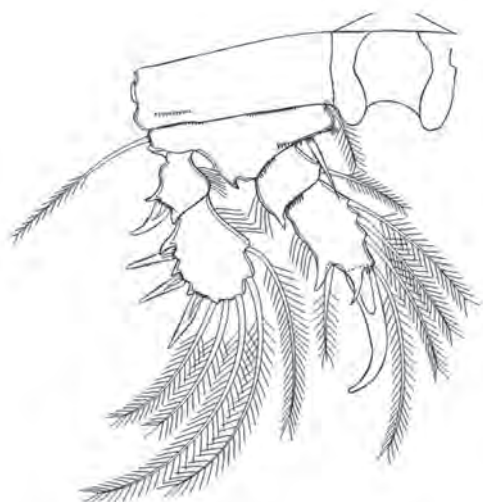
*Foto: Davorin Tome. Risba: M. Šiško.*

klosti. Potrebno je bilo razviti nove metode. Doslej so se kot najbolj uspešne pokazale posebej oblikovane filtrirne plastenke, ki omogočajo jemanje vzorcev iz zelo majhnih lužic (Brancelj, 2004). Oblikovane pa so tako, da jih lahko pod curki pustimo tudi nekaj tednov, tako da se ves ta čas vanje lovijo živali iz epikrasa, ki jih kasneje pobereemo. S tem se je »lovni« uspeh močno povečal – tako po številu vrst kot po številu osebkov. Vrste, ki so nekoč veljale za redke, so nenadoma postale pogoste.

In kako so živali v tem okolju prilagojene, da tam lahko preživijo? Meritve so pokazale, da se lahko pretok skozi razpoke že v eni uri poveča za sto- do tisočkrat. Hkrati se spremeni tudi temperatura vode, in sicer kar za nekaj stopinj, kar lahko za živali, prilagojene na razmeroma stalno temperaturo, pomeni temperaturni šok. To jih lahko začasno omrtvi ali vsaj naredi manj gibljive

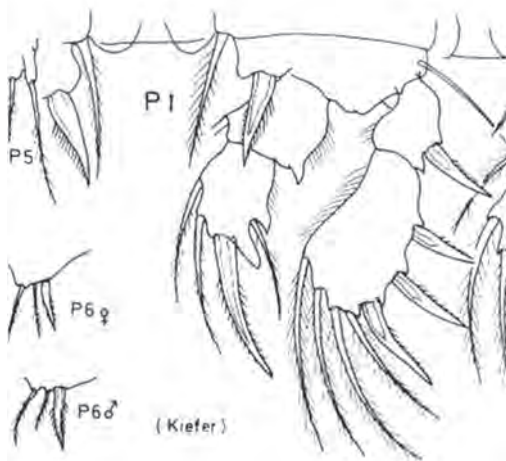
in jih zato voda lažje odplavi iz epikrasa. Spremembe pretoka in temperature tako za prebivalce razpok pomenijo problem, saj se morajo upirati temu, da jih vodni tok ne odnese s seboj in ne končajo v kakšni lužici na dnu jamskih rovov, kjer jih na koncu čaka naravna smrt ali pa jih poje kakšen močnejši sorodnik. Ti osebki so za prebivalce epikrasa izgubljeni, ker v lužicah pač ne prispevajo k ohranjanju oziroma povečevanju populacije v epikraškem območju, ki je njihov prvotni življenjski prostor. Pojavu prenašanja organizmov z vodnim tokom se reče drift in je pogost v rekah. Tam vodni tok prenaša pesek, odmrle organske delce in tudi žive organizme po reki navzdol. Res je sicer, da je drift iz epikrasa razmeroma redek. Vendar lahko predvidevamo, da tudi živali tam ni ravno veliko in je zato izguba vsakega osebkov pomembna za tam živečo populacijo. Ena od prilogitev za preživetje v epikra-





Ceponoži raki iz skupne Cyclopoida, ki živijo v epikrasu, imajo na notranji veji prvega para plavalnih nog (P1Endp) močne trne, kar preprečuje njihovo odplavljanje iz epikrasa. Predstavnike rodu Speocyclops najdemo po jamah v Evropi, medtem ko živijo predstavniki rodov Bryocyclops (levo zgoraj) in novega, še ne opisanega roda v subtropskih jamah Azije (Tajska) (levo spodaj).

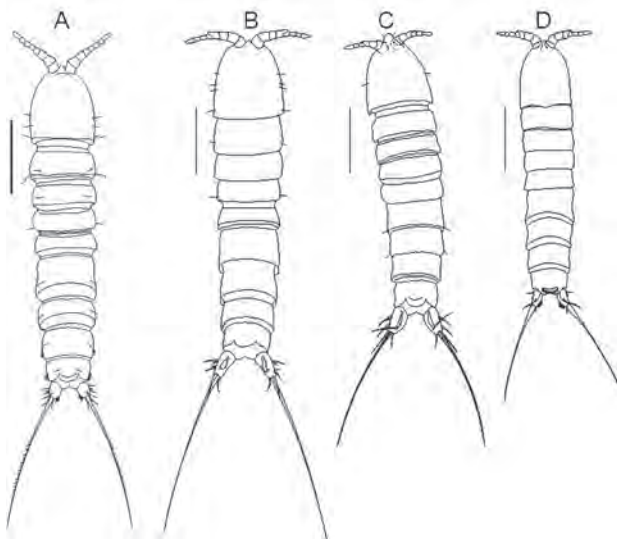
Skica: C. Boonyanusith.



škem okolju je vedenjska in se izraža kot gibanje proti toku. S tem, da se pomikajo proti toku, živali preprečujejo, da bi jih ta odnesel. Tega obnašanja pri epikraških organizmih sicer ni še nihče preučeval, vendar je po primerjavi z rečnimi organizmi dokaj verjetno.

Podrobnejše analize njihovih telesnih značilnosti so pokazale, da imajo še druge prilagoditve, ki tovrstne »nesreče« omilijo ali jih celo preprečijo. Prilagoditve so v obliki močno poudarjenih zobcev in trnov na do-

ločenih delih telesa, kar živalim omogoča boljši oprijem s podlago. Še zlasti trni na prvem paru nog so pri nekaterih vrstah spremenjeni v prave kavljce, ki pa imajo zaobljene konice. Zaenkrat sicer samo ceponožci »vedo«, zakaj so boljše zaobljene kot zašiljene konice trnov. Prilagoditve so tudi na prvem paru anten, ki so - v nasprotju z drugimi površinskimi vrstami - kratke, močne in ne segajo veliko čez prečni prerez ostalega telesa. To je še zlasti očitno pri skupini harpakticidov. To je vsekakor kori-



Primerjava ceponožnih rakov iz epikrasa (B, C, D) s tistimi iz prodišč (A). Razlika je opazna zlasti na zadnjem delu telesa (imenovanem furka), kjer so pri epikraških vrstah močne ščetine, ki spominjajo na trne, medtem ko so pri prebivalcih prodišč ščetine manj robustne (A: *Paramorariopsis brigatae* Brancelj, 2011; B: *Elaphoidella millennii* Brancelj, 2009; C: *Morariopsis dumonti* Brancelj, 2000; D: *Paramorariopsis irenae* Brancelj, 2006).

Slike pozvete iz *Hydrobiologia*, 2009/621: 85–104, ter *Studies on Freshwater Copepoda*, 2011: 85–104.  
Risba: Anton Brancelj.

stno pri premikanju skozi ozke špranje. Še posebej pa so očitne prilagoditve pri hapaktidnih na zadnjem delu telesa, imenovanem furka oziroma vilice. Pri večini površinskih in tudi jamskih vrst iz zasičenega območja so številne ščetine, ki tam izraščajo, nežne in pokrite s številnimi laski. Pri epikraških vrstah pa so ščetine spremenjene v trdne ščetine, ki močno spominjajo na trne in so gole. Tudi obe veji vilic so pri epikraških vrstah precej bolj razmaknjene kot pri drugih, kjer so skoraj ali povsem vzporedne. Obe prilagoditvi imata prav tako vlogo pri preprečevanju tega, da bi vodni tok odnesel živali iz epikraškega območja.

In zakaj je epikraška favna pomembna oziroma zanimiva? Z evolucijskega vidika predstavlja posebno favno, ki je zaradi prevladovanja navpičnega odtekanja vode že stotisočletja oziroma milijonletja izolirana na razmeroma ozkem območju. Epikras se po nekaterih lastnostih namreč lahko primerja z množico majhnih otočkov v velikem oceanu. Posledica je veliko število endemnih vrst, omejenih le na zelo majhna ozemlja, ki merijo le nekaj sto ali tisoč kvadratnih kilometrov. Veliko število endemitov predstavlja tudi posebno kategorijo tako v okviru biotske raznovrstnosti kot tudi naravne dedišči-

ne, kar vsekakor zasluži posebno pozornost. Z ekološkega stališča je to robni ekosistem, kjer vladajo zelo svojevrstne razmere, ki pa so ugodne za življenje specializirane skupine vrst živali. Epikras predstavlja tudi vstopno točko za pitno vodo v kraških vodonosnikih. Hkrati je tudi regulator prevajanja padavinske vode v podzemlje. S svojo veliko zmožnostjo zadrževanja vode v drobnih razpokah in kapilarah upočasnjuje odtekanje vode v nižje dele krasa, s tem pa podaljšuje čas napajanja izvirov, ki so marsikje vir pitne vode. Organizmi, ki živijo v epikraškem območju, skrbijo za učinkovito mineralizacijo organske snovi, ki jo deževnica izpira iz površinskih plasti. Ta bi bila brez delovanja teh večceličnih organizmov podvržena zgolj gnitju, s tem pa bi se poslabšala kakovost vode v podzemlju. Čeprav so epikraški organizmi majhni in ne prav številni, so v tem okolju navzoči ves čas in s svojo dejavnostjo pospešujejo mineralizacijo organske snovi in s tem prispevajo h kakovosti vode. In mnogi med njimi sodijo med endemične vrste, kar samo še povečuje pomen epikraškega okolja z vidika preučevanja biotske raznovrstnosti, ohranjanja naravne dediščine in tudi razumevanja evolucijskih procesov.

## Literatura:

- Brancelj, A., 2002: *Microdistribution and high diversity of Copepoda (Crustacea) in a small cave in central Slovenia*. *Hydrobiologia*, 477: 59–72.
- Brancelj, A., 2004: *Biological sampling methods for epikarst water*. *Karst Waters Institute Special Publication 9*. Epikarst. Jones, W. K., Culver, D. C., Herman, J. S., (uredniki). *Proceedings of the symposium held October 1-4, 2003*. Shepredstown, West Virginia, USA. 99-103 pp.
- Brancelj, A., Culver, D. C., 2005: *Epikarstic communities*. V: Culver, D. C. (ur.), White, W. B. (ur.): *Encyclopedia of caves*. Amsterdam, Boston: Elsevier, Academic Press. 223-229 pp.
- Deharveng, L., Stoch, F., Gibert, J., Bedos, A., Galassi, D., Zagmajster, M., Brancelj, A., Camacho, A., Fiers, F., Martin, P., Giani, N., Magniez, G., Marmonier, P., 2009: *Groundwater biodiversity in Europe*. *Freshwater Biology*, 54: 709-726.
- Rouch, R., 1968: *Contribution à la connaissance des Harpacticides hypogèes (Crustacés ; Copépodes)*. *Annales de Spéléologie*, 23: 5–167.
- Mangin, A., 1973: *Sur la dynamique des transferts en aquifer karstique*. *Proceeding of the 6th international congress of*

*speleology, Olomouc, vol. 4: 157-162.*

Williams, P. W., 1983: *The role of the subcutaneous zone in karst hydrology*. *Journal of Hydrology*, 61: 45-67.

Williams, P. W., 1985: *Subcutaneous hydrology and the development of doline and cockpit karst*. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 29: 463-482.

*Ali je matematika doma le v človekovih možganih? • Nevrobiologija*

## Ali je matematika doma le v človekovih možganih?

Tina Bregant

Pred približno sto leti so se v Evropi navduševali nad Bistrim Hansom – konjem, ki je znal šteti in računati. V resnici je ta konjiček zelo dobro ubogal navodila svojega trenerja in, ne, ni znal računati enačb. Vendar pa se znanstveniki še vedno sprašujejo, ali znamo šteti res samo ljudje?

Irene Pepperberg iz Tehnološkega inštituta v Massachusettsu (Massachusetts Institute of Technology), ki je znana po svojem več kot tridesetletnem raziskovalnem delu s papigo Alex, je prepričana, da živali razlikujejo manjše količine. Meni celo, da nekateri navretničarji zmorejo oceniti preproste in manjše količine. Sposobnost določanja količine naj bi bila določena s strukturami

preprostega živčevja, ki jih najdemo že pri navretničarjih. Kaj pa pravijo raziskave?

### Živali in koncept količine

Glede na raziskave imajo delfini, šimpanzi in makaki ter nekatere ptice: papige, golobi, kokoši in tudi taščice, vrojeni občutek za količino. V Centru za raziskave delfinov na Floridi (Dolphin Research Center) menijo, da delfini poznajo številčne koncepte ter da prepoznajo in znajo predstaviti številčne vrednosti na ordinalni lestvici. Pomembni sta vrstni red številčnih vrednosti in primerjava več – manj.

Profesor za sonografijo Leighton je s sodelavci z Univerze v Southamptonu modeliral