

# PROTEUS

*mesečnik  
za poljudno  
naravoslovje*



Februar 2019, 6/81. letnik  
cena v redni prodaji 5,50 EUR  
naročniki 4,50 EUR  
upokojenici 3,70 EUR  
dijaki in študenti 3,50 EUR  
[www.proteus.si](http://www.proteus.si)





243 Table of Contents

244 Uvodnik  
*Tomaž Sajovic*

246 Zgodovina medicine  
**Iz anatomske učilnice Leonarda da Vincija (1452–1519)**  
*Zvonka Zupanič Slavec*

255 Nevrobiologija  
**Starševstvo – zapisano v možganih**  
*Tina Bregant*

263 Etnofarmakologija in nevrobiologija  
**Ajavaska, trta duše**  
*Petra Pavič*

271 Geologija v šoli  
**KamenCbeck – učni pripomoček za prepoznavanje in razvrščanje kamnin**  
*Rok Brajkovič, Nina Valand, Katarina Kadivec, Dominik Božič, Petra Žvab Rožič*

280 Varstvo narave  
**Tudi dvoživke imajo svojo pot**  
*Živa Bombek*

283 Ekologija  
**Bobri ob reki Pesnici**  
*Mirko Cigula*

285 Naše nebo  
**Astronomi potrdili razpadanje zvezdne kopice**  
*Mirko Kokole*

## Editorial

Tomaž Sajovic

## Table of Contents

## History of medicine

**From Leonardo da Vinci's Anatomy Class***Zvonka Zupanič Slavec*

A true universal Renaissance man and scientist Leonardo da Vinci (1452–1519) did not stop at watching the human body from the outside. His anatomical interest was sparked during his apprenticeship in Paolo Verrocchio's workshop in Florence, where apprentices were introduced to what was called *plastic anatomy* for artists. Leonardo was present at dissections, he made drawings and took notes. He began to perform dissections himself from 1488 on, first at Santa Maria Nuova hospital in Florence, followed by hospital Maggiore during his Milan period and in Rome in the hospital Santo Spirito. Leonardo was interested not only in topography, but also in the function aspect of the human body. He was fascinated by internal organs and in almost 30 years he dissected about 30 human bodies of various ages, both male and female. He collaborated with Dr. Marcantonio della Torre (1481–1512), who lived first in Florence and later in Pavia. Reportedly, they were preparing a theoretical work on anatomy. In this period Leonardo produced more than 200 very accurate and artistically accomplished drawings. Dr. della Torre died in 1512 of the plague and the book was not published until 1580, when it finally saw the light under the title *The Treatise on Painting*.

## Neurobiology

**Parenthood – Written in the Brain***Tina Bregant*

As a rule, people spend 20 to 30 years bringing up their offspring. Despite the affluent society, or perhaps because of it, concern for children is extending beyond the material aspect, often leading to »infantilisation« of society as a whole. People's concern and the responsibility they feel for their children are not only »nature-bound«, with babies much more vulnerable than offspring of any other animal species, but are also subject to legislation. Growing up has a lot to do also with the society in which a child grows up. The interesting question is therefore whether – regardless of the many aspects of childcare in different societies – there is after all also a biological basis for our concern for our offspring. After all people, and especially young women, become emotional just by watching animals take care of their young. Perhaps we are wrong in ascribing human characteristics to them because we are so self-centred and not because there is a biological basis for such behaviour.

## Ethnopharmacology and neurobiology

**Ayahuasca, Vine of the Soul***Petra Pavšič*

People are flocking to South America to try the mysterious brew – ayahuasca. Those who have tried it report that it expands consciousness. We could say that ayahuasca is one of the bridges that bring together various fields: traditional trib-

al knowledge, official medicine and the New Age movement. Peoples in the Amazon basin understand diseases differently from those of us who live in the Western world. For them, a disease occurs on different levels: physical, emotional and spiritual. The physical is what we see and is a reflection of the disorders of the spirit. To gain insight into these levels shamans traditionally used different plants with psychoactive properties in their religious, mystical and healing ceremonies. One of the most botanically, chemically and ethnographically fascinating beverages is ayahuasca (vine of the soul), most often prepared with *Banisteriopsis caapi* and *Psychotria viridis*. Ayahuasca users believe that the brew gives them insight into the cause of the illness.

## Geology at school

**KamenCheck – a Didactic Tool for the Determination and Classification of Stones***Rok Brajkovič, Nina Valand, Katarina Kadivec, Dominik Božič, Petra Žvab Rožič*

Application KamenCheck (meaning *stone check*) is the first Slovenian digital learning tool in geology. It helps in active teaching and learning of geology in a formal school system (Peck, 2001). The contents were conceived based on analyses of applicable national curricula and adapted to the needs of both teachers and students. The didactic tool *KamenCheck* employs an innovative approach to teaching and enables interactive learning both in the classroom and outdoors. The application works in Android, it is freely accessible and therefore available also for all interested civic informal education organisations as well as any other geology aficionados. For its use in formal education a new teaching approach was developed based on observation and testing of properties of mineral grains and rocks. A dichotomous rock identification key was thus created that allows users to determine 28 characteristic Slovenian rocks simply by answering yes or no questions. Questions frequently include links to new concepts and tests presented in the chapter called *Little School*. The chapter *Encyclopaedia* presents characteristics of the featured rocks, their origin and related curiosities. The article presents the process of determination of typical Slovenian rocks whose name can be determined through observation and by testing their properties. It also offers basic information on the composition of rocks and their origin. They can help us to better understand this fundamental, very important geological topic that concerns society as a whole.

## Nature Conservation

**Amphibians Have Their Own Way Too***Živa Bombek*

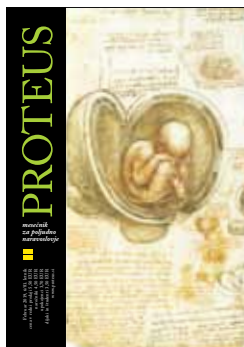
## Ecology

**Beavers along the Pesnica River***Mirko Cigula*

## Our sky

**Astronomers Confirmed the Dissolution of a Star Cluster***Mirko Kokole*





Naslovnica: *Prikaz noseče maternice*. Risba: Leonardo da Vinci.

## 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 Draškovič Pelc

<http://www.proteus.si>

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

© Prirodoslovno društvo Slovenije, 2019.

Vse pravice pridržane.

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

Lektor: dr. Tomaž Sajovic

Oblikovanje: Eda Pavletič

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 Prirodoslovno društvo Slovenije. Na leto izide 10 števil, letnik ima 480 strani. Naklada: 1.600 izvodov.

Naslov izdajatelja in uredništva: Prirodoslovno društvo Slovenije, Poljanska 6, 1000 Ljubljana, telefon: (01) 252 19 14.

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

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

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

**Proteus (tiskana izdaja) ISSN 0033-1805**

**Proteus (spletna izdaja) ISSN 2630-4147**

Uvodnik

### Varovanje sveta

V *Evangeliju po Mateju* (13: 1-23) lahko preberemo Jezusovo priliko o sejalcu: »Sejalec je šel sejati. Ko je sejal, je nekaj semena padlo ob pot. Priletele so ptice in ga pozobale. Drugo seme je padlo na kamnita tla, kjer ni imelo veliko prsti. Hitro je poginilo, ker ni imelo globoke zemlje. Ko pa je sonce vzšlo, ga je ožgalo, in ker ni imelo korenine, se je posušilo. Spet drugo je padlo med trnje in trnje je zrastle ter ga zadušilo. Druga semena pa so padla na dobro zemljo in so dajala sad: eno stoternega, drugo šestdeseternega in spet drugo trideseternega. Kdor ima ušesa, naj poslušaj!« Po Jezusu naj bi človek poslušal besedo o »božjem kraljestvu«, vendar besede ne »sliši« vsak. Kako naj sodobni človek razume »božje kraljestvo«, bo razvidno ob koncu uvodnika.

Če priliko »aktualiziramo«, nam nenadoma začne govoriti o človekovi odgovornosti do vsega ubesedenega v jeziku – preprosto: do jezika. Toda kaj jezik sploh je? Odgovor v *Evangeliju po Janezu* je osupljiv: »V začetku je bila Beseda [...]. Vse je nastalo po njej in brez nje ni nastalo nič, kar je nastalo.« Jezik naj bi »ustvaril« svet? Kako naj – ljudje »znanosti in tehnike« – to mitsko »uganko«

sploh razumemo? Bolj splošno povedano: ali mitska besedila, ki so nastala v nekih drugih časih, sploh še znamo »brati«? Morda jih »brati« več ne znamo, ker nismo sposobni »odstraniti« njihovega mitološkega »ovoja«.

Kaj pa če bi to znali? Kaj bi po »odstranitvi« mitološkega ovoja od mitološkega besedila še »ostalo«? S tem problemom se je v svojem predavanju *Nova zaveza in mitologija: problem demitologiziranja sporočila Nove zaveze* (1941) ukvarjal nemški protestantski teolog Alfred Bultmann (1884-1976). Prepričan je bil, da moderni človek ne more več verjeti v »trinadstropno« sliko sveta v *Novi zavezi*: nebesa – življenje na Zemlji – pekel, kakor tudi ne more več verjeti v Jezusa Kristusa kot Božjega sina. Odstranitev mitološkega »ovoja« pa nikakor ne pomeni, da se pod njim ne skriva nekaj dragocenega. Mit ne kaže sveta v njegovi objektivni resničnosti, vedno skuša izraziti temeljna vprašanja človeške eksistence. Bultmann je bil prepričan, da je zato tudi *Novo zavezo* treba razlagati eksistencialno.

Pri tem mu je odločilno pomagala eksistencialna analiza »človeške eksistence« nemškega filozofa Martina Heideggerja (1889-1976). Po Heideggerju se človek loči od vseh drugih bitij po tem, da

se zaveda samega sebe in svoje smrtnosti in da je sposoben izbirati način svoje eksistence. Lahko izbere neavtentični način bivanja, se »izgublja« v svetu stvari, se odpoveduje osebni odgovornosti in samostojnosti v odločitvah in raje išče varno zavetje v mnenjih in prepričanjih množic. Človek tako ne živi *svojega* življenja, ampak življenje »drugih«. Lahko pa zavrne lažno »varno zavetje« in se odloči živeti pravo, avtentično življenje. Vendar takega življenja ni brez človekove *pretresenosti*, da vse na tem svetu sploh *je*. *Pretresenost* pa je možna le ob »razkritju« tistega, kar radikalno nasprotuje *bivanju* - človekove *smrtnosti*. Šele ko človek preneha »bežati« pred svojo *smrtnostjo*, se lahko zanosno odpre življenju in svoji prihodnosti in prevzame odgovornost za *svojo* usodo in usodo *sveta*. Človek postane »varuh« vsega, kar biva. Kajti vse najprej in predvsem *biva*, vse najprej in predvsem *je*.

Bultmannu se je zdela Heideggerjeva analiza človekove eksistence osupljivo podobna sporočilu v *Novi zavezi*. V *Pismu Rimljanom* apostola Pavla (8: 12, 13) tako beremo: »Potemtakem, bratje, nisimo dolžniki mesu, da bi živeli po mesu. Če namreč živite po mesu, boste umrli, če pa z Duhom morite dela telesa, boste živeli.« Človek živi po »mesu«, kadar se pusti zaslužniti »zemeljskim stvarjem«, to pa je greh in »smrt« človeka. Pavel v *Pismu Rimljanom* (12: 2) to zapiše popolnoma jasno: »In nikar se ne prilagajajte temu svetu [...].« Pavlov opis človekovega grešnega »življenja po mesu« je očitno natanko tak, kakršnega je Heidegger uporabil, ko je opisoval neavtentično življenje. Če »križamo« svetega Pavla s Heideggerjem, lahko zapišemo: greh je živeti neavtentično življenje. To pa lahko razumejo tudi tisti, ki ne verujejo v Boga.

Zdaj se lahko vrnemo k Jezusovi priliki, vendar ne takšni, kot je navedena na začetku uvodnika, ampak k Jezusovi razlagi prilike: »[...] Na kamnita tla je vsejan tisti, ki poslušá besedo in jo takoj z veseljem sprejme, nima pa v sebi korenine, ampak je nestanovit. Ko nastane zaradi besede stiska ali preganjanje, se takoj pohujša. Med trnje vsejan je tisti, ki poslušá besedo, toda posvetna skrb in zapeljivost bogastva zadržita besedo in postane nerodovitna. V dobro zemljo vsejan pa je tisti, ki poslušá besedo in jo tudi doume. Ta zares obrodi in daje sad [...].«

Na kamnita tla in med trnje vsejana človeka sta se »prilagodila temu svetu«. Postala sta konformista. Prvi je zatajil besedo o »božjem kraljestvu« iz strahu pred posledicami, drugi je »pozabil« nanjo zaradi posvetnih, »zemeljskih« skrbi ali pa koristi. Oba »konformistična« odziva sta bila po svoje razumljiva. Okoli leta 28 je v kmetijski Galileji začel prevladovati nekakšen antični kapitalizem, prepad med revnimi in bogatimi je postajal vedno bolj neznošen, Jezusova beseda o »božjem kraljestvu« pa je

bila revolucionarna. To »kraljestvo« ni temeljilo na hierarhičnih oblastniških razmerjih in odvisnostih, ampak na solidarnosti in medsebojni naklonjenosti, to pa je bilo – kot piše Christian Schüle v posebni izdaji *Mladine* o Jezusu – »povsem v nasprotju s tem, kar so imeli v mislih rimski vladarji in kar so hotele judovske oblasti«. Ideja »božjega kraljestva« je bila za rimske oblasti skrajno nevarna, zato je z vsemi sredstvi preganjala njene neomajne »v dobro zemljo vsajene« zagovornike: Kristusa so križali, za njim pa še številne druge.

V čem natančno je bila prevratnost ideje »božjega kraljestva«? Stari Rim je temeljil na družbeni nenakosti, imperializmu in suženjstvu, Jezus pa je v »kraljestvo« pritegnil vse: »Ni ne Juda ne Grka, ni ne sužnja ne svobodnjaka, ni ne možgajne ne ženske: kajti vsi ste eden [...].« (Pavlovo *Pismo Galačanom*, 3: 28.) Tudi vse zapovedi v tem »kraljestvu« so bile zajete v eni sami: »Ljubi svojega bližnjega kakor samega sebe.« (*Pismo Rimljanom*, 13: 9.) Mimogrede: italijanskemu pisatelju in režiserju Pieru Paolu Pasoliniju (1922-1975) se je zdela ideja o »božjem kraljestvu« tako aktualna, da je o svetem Pavlu hotel posneti film, prenesen v današnji čas. Nas pa na tem mestu še posebej zanima edina zapoved v »kraljestvu«. Ta nas namreč vodi naravnost k stavku *Sem in ljubim*, ki ga je izrekel starec Zosima v romanu Fjodora Dostojevskega *Bratje Karamazovi*, in razmišljanjem o *dejavni ljubezni* v spremni študiji, ki jo je napisal Dušan Pirjevec (1921-1977), hkrati pa nas vrača k Heideggerjevemu spoznanjem. Dejavná ljubezen je takšno razmerje do ljudi in sveta, ki je »osvobodjeno prav vseh egoističnih in koristolovskih primesi«. Dejavná ljubezen ljubi človeka in svet le v njuni biti - le zato, ker *sta*. Taka ljubezen pomeni odgovornost za vse, kar *je* in ker *je*. Svet dejavne ljubezni ni nikakršna idila in po Pirjevcu tudi ni »nikakršno zanikovanje potreb in interesov ter njihovemu zadovoljevanju ustreznih delovanj, institucij in drugih socialnih tvorb« - je pa nedvomno njihova radikalna relativizacija. Dejavná ljubezen pa ne »pusti na miru« niti jezika. Tudi jezik ima namreč usodne družbene učinke (Jezus in Pavel sta svojo »revolucijo« izvajala v jeziku). Nemški filozof Hans-Georg Gadamer (1900-2002) je zapisal daljnosežno misel: jezik je prostor, v katerem se srečujeta človek in svet, zato človek tudi le v jeziku lahko »razume« svet. »Metaforično« povedano, svet se za človeka na neki način res »rodi« - kot je zapisano v *Janezovem evanđeliju* - v jeziku. V tem smislu smo zares odgovorni za ves svet. Pojem »svobode govora« bi morali zamenjati z »odgovornostjo govora«.

*Tomaž Sajovic*

# Iz anatomske učilnice Leonarda da Vincija (1452–1519)

Zvonka Zupanič Slavc

Srednjeveška medicina predstavlja v zgodovini medicine eno najdaljših obdobij. Traja kar štirinajst stoletij, čas, v katerem se je v »beli stroki« zgodilo le malo dramatičnega. Zato postopni propad fevdalnega sistema, krepitev vloge buržoazije, rušenje avtoritet, iskanje navdiha v antični umetnosti in kulturi, pojav renesančne znanosti in umetnosti pomenijo pravo svežino po dolgem zatišju. Zdravniki se ponovno vračajo k idejam Hipokrata, opuščajo tisočletno galenistično in arabsko medicino, ki ju je podprla katoliška Cerkev. V svetlobi novih idej ni več prostora za mistično in spekulativno medicino, za astrologijo, alkimijo in druge paramedicinske vede. Gutenbergovo odkritje tiska (1440) in z njim širjenje opismenjenosti in znanja, odkritje Nove zemlje (1492) in z njim pojav novih bolezni (sifilis) in zdravil, odkritje smodnika in z njim pojav drugačnih poškodb ter še drugi vzroki so zbudili medicino iz srednjeveške dremavice. Cerkev je poudarjala, da je telo le posoda za nesmrtno dušo in je bil ves trud srednjeveške me-

dicine usmerjen v reševanje duše. Toda preporod znanosti najprej v 14. in 15. stoletju v Italiji, nato pa tudi drugod po Evropi z novimi strokovnimi in znanstvenimi spoznanji je začel rušiti preživele avtoritete. Cerkev se je z inkvizicijo in grmadami branila pred spremembami, toda toka znanosti ni mogla ustaviti. Napredek v temeljnih medicinskih vedah, anatomiji, fiziologiji in patologiji je zaznamoval medicino po 15. stoletju.

Anatomske sekcije so bile v srednjem veku strogo prepovedane. Prve humane sekcije so se začele na najstarejših evropskih univerzah in njihovih medicinskih fakultetah. Bile so posamične, zdravniki pa so od oblasti dobili truplo ali dve letno, običajno usmrčene kaznjence in hudodelce. Kar nekaj srednjeveških mojstrov čopiča je to skrivnostno vzdušje ob sekcijah tudi naslikalo. Najznamenitejše delo je gotovo Rembrandtova *Sekcija dr. Tulpa*.



Leonardo da Vinci pri anatomski sekciji.

Anatomi druge polovice 15. stoletja so bili večinoma reakcionarno galenistično usmerjeni. Na redkih sekcijah, ki so jih izvajali, so želeli predvsem potrjevati pravilnost Galenovih anatomske spoznanj, ki pa so večinoma izvirale iz sekcij prašičev. Četudi so naleteli na razlike, so jih pojasnili kot nefiziološke oziroma patološke. Prav svetskrunsko se je bilo upreti Galenovi avtoriteti ter arabskim medicinskim korifejam, kot sta bila Avicenna in Razes. A kljub temu so se postopoma porajala nova spoznanja. Da Vincijeva anatomska sodobnika sta bila profesorja anatomije Jacopo Berengario da Carpa (1470–1530) iz Bologne in Jacobus Sylvius (Jacques Dubois, 1478–1555) iz Pariza. Oba sta prišla do novih anatomske odkritij, vendar sta bila nenaklonjena spreminjanju dogme. Katera so bila njuna spoznanja?

Prva sta opisala slepič (appendix), priželjc (thymus) in sfenoidno lobanjsko kost (os sphenoidale); izvrstno sta opisala hrbtenico z vsemi podrobnostmi ter ledvica, srčne zaklopke, hrustance grla in celo venske zaklopke, ki so vodile k revolucionarnemu Harveyjevemu odkritju krvnega obtoka (1628).

Medtem ko so bili vsi predstavniki uradne znanosti dogmatsko nepopustljivi, je eden največjih renesančnih umetnikov Leonardo da Vinci začel povsem samostojno preučevati gradnjo človeškega telesa, neobremenjen s starimi anatomske besedili, polnimi napačnih trditev, kot na primer:

- da ima moški enajst parov reber, ženska pa dvanajst,
- da so v srcu tudi kosti (kot pri govedu),
- da je grodnica sestavljena iz sedmih delov in ne treh,
- da ima maternica dve do sedem votlin in ne samo eno,
- da je spodnja čeljustnica zgrajena iz dveh delov in ne samo enega in tako naprej.

### Da Vincijevo približevanje anatomiji

Univerzalni renesančni um in znanstvenik Leonardo da Vinci ni le na zunaj opazoval



*Mojstrski da Vincijev prikaz topografske anatomije.*

človeškega telesa. Sprva se je anatomije učil v Firencah v delavnici svojega slikarskega učitelja Paola Verrochia. Tam so se vajenci učili tako imenovane »plastične anatomije« za umetnike. Prisostvoval je raztelesenjem, risal skice in pisal zabeležke. Od leta 1488 je samostojno obduciral, sprva v bolnišnici Santa Maria Nuova v Firencah, nato v milanskem obdobju v tamkajšnji bolnišnici Maggiore in končno v Rimu v bolnišnici Santo Spirito. Človeško telo si je želel prikazati na topografski in funkcijski način. Zanimali so ga tudi notranji organi in njihovo delovanje. Tako je v približno tridesetih letih opravil okoli trideset humanih sekcij moških in ženskih trupel različnih starosti. Pri delu je sodeloval dr. Marcantonio della Torre (1481–1512), ki je sprva živel v Firencah, nato pa v Pavii. Domnevno sta pripravljala izdajo teoretičnega dela o



anatomiji. Da Vinci je v vsem tem obdobju zrisal več kot dvesto zelo natančnih in tudi po umetniški plati izjemnih risb. Leta 1512 je dr. della Torre umrl v epidemiji kužne bolezni in izdaja knjige je zastala vse do leta 1580, ko je v skrajšani izdaji vendarle ugledala luč sveta pod naslovom *Traktat o slikarstvu*.

### **Da Vincijeva funkcionalna anatomija oziroma zgodnja fiziologija**

Anatomskih raziskav se je da Vinci lotil kot zrel znanstvenik in umetnik. Bistroumno je opazoval in intuitivno razumel srž problemov. Bil je briljantno nadarjen in je do virtuoznosti izpopolnil anatomske ilustracije. Hkrati je bil silno discipliniran in zelo samokritičen; zato je marsikatero njegovo delo ostalo nedokončano. Bilo je preprosto premalo dobro za njegova merila.

Zagovarjal je tudi mišljenje, da morajo naslikane podobe ustrezati resničnosti in morajo ustvariti vtis gibanja. V sebi je nosil idejo po »gibanju duha«. Anatomijo – torej obliko – je vedno znova poskusil dopolniti s funkcijo. Zato je pogosto primerjal fiziologijo pri živem (človeku ali živali) in anatomijo pri kadavru. Iz oblike je sklepal na funkcijo. Bil je izreden opazovalec. S poskusi, ki jih je opravljal zaradi preučevanja funkcije, je postal zgodnji znanilec fiziologije. Ta izraz, predvsem pa sama veda, se pojavi namreč šele dve stoletji po da Vinciju. Poskušal je odgovoriti na vprašanja, kako se premikajo mišice, kako nastane v očesu slika in grlu glas, kako pride do govora. Ker se je z navedenimi vprašanji ukvarjal veliko pred časom, so se med njegovimi odgovori pojavljale tudi napake.

### **Temelji primerjalne anatomije**

Poleg človeških trupel je da Vinci seciral tudi različne živali. Preučeval je zunanjo gradnjo telesa, notranje organe, živčni sistem in gibala. Da Vinci je nameraval pripraviti knjigo o človeškem razvoju od spočetja do starosti. Zato je tudi seciral gravidne,

breje živali, predvsem krave, nikoli pa ni naletel na truplo nosečnice in videl v živo človeške gravidne maternice s plodom. Pri sekcijah je Leonardo pozorno opazoval procese staranja. S humanimi in veterinarskimi anatomskimi študijami je postavil temelje primerjalni anatomiji, ki jo je temeljito razvil dunajski anatom devetnajstega stoletja Joseph Hyrtl.

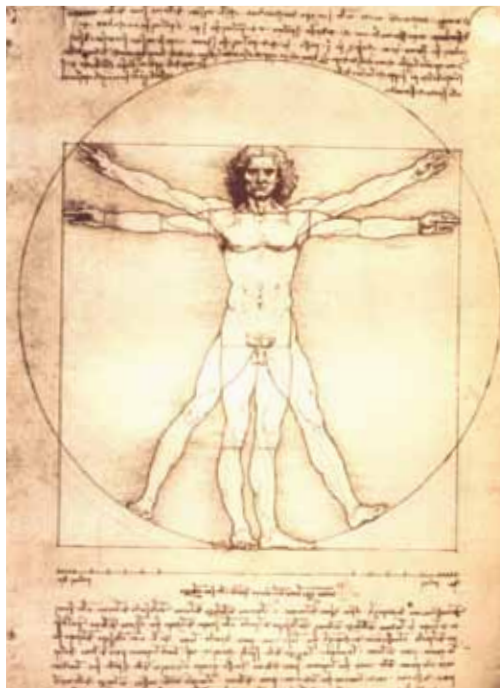
Leonardo da Vinci je uporabljal pri anatomske študijah dve metodi: obdukcijo in maceracijo; s slednjo je prišel do sklepov in kosti. Hkrati je kot znanstveno metodo uporabljal eksperimentiranje in ga imel za sredstvo dojetanja ter analizo obstoječih principov.

Za raziskave možganov je uporabljal tehniko vbrizgavanja tekočega voska v možganske prekate. Delal je preseke lobanje in dolgih kosti, da bi prikazal lobanjske votline in sinuse kakor tudi (diafizarne) kanale dolgih kosti. S shemami in diagnozami je poskušal predstaviti trodimenzionalne strukture. Pre-



*Prikaz noseče maternice.*





*Da Vincijeva razmerja človeškega telesa po Vitruviju.*

učeval je gibe mišic, zanimal ga je mehanski učinek. Preučeval je tudi čutila. Pri tem sta mu kot metoda služili opazovanje in eksperiment. Znan je da Vincijev kanon razmerij človeškega telesa in obraza. Na svojih risbah da Vinci teži k evritmiji, umetniški ubranosti med deli in celoto.

### **Govorica da Vincijeve anatomske risbe**

Da Vinci je risal celotni človeški skelet, pa tudi posamezne dele, na primer lobanjo, hrbtenico, prsni koš, medenico in okončine. Skelet je prikazoval vedno znova v funkciji, saj je raziskoval mehaniko gibanja. Pri raziskovanju lobanje je napravil frontalne, sagitalne in transverzalne reze, lobanjsko votlino je napolnil z voskom in jo odlil. Zanimali so ga tudi lobanjski sinusi.

Na hrbtenici je da Vinci opisal dvojni S in nagib medenice ter križnice. Poudaril je, da je križnica sestavljena iz petih zraščениh vretenc, dotlej je namreč veljalo, da je celovita kost. Pri prsnem košu, ki ga je zelo



*Raziskovanje lobanjske votline.*

natančno zrisal in tudi temeljito opisal, je želel spoznati mehaniko dihanja. Skeletne risbe okončin štejejo med njegove najboljše anatomske risbe. Te je za roke in noge zrisal v celoti, pa tudi posamično. Zelo natančno in odlično je predstavil dlan in roko, pa lopatico in ključnico. Sklepe je opisoval posamič, njihova funkcija pa je bila objavljena v *Traktatu o slikarstvu* (1580).

Da Vinci se je resno lotil tudi preučevanja mišic in njihove funkcije. Predlagal je celo klasifikacijo mišic človeškega telesa po njihovi obliki, tetivah, pripenjanju na kosti (origo, insertio). Poznal je mišične sinergiste in antagoniste. Opisal in narisal je celo pronacijo in supinacijo mišic rok. Mišice je risal shematsko, manjše v obliki traku, da se je videl njihov izvor in narastišče oziroma mesto pripenjanja.

Mišice obraza. Zelo ga je zanimala fiziognomija obraza, zato je skrbno študiral mišice obraza. Prvi je tudi narisal grlo, spoznal je oživčenje glasilk – *nervus laryngealis*,



*Risbe skeleta.*

ki je neobhodno za nastanek glasu. Pri da Vinciju ne smemo vedno iskati stoo odstotne natančnosti njegovih risb, ker je mnoge anatomske risbe gledal na mehanski način. Celo sam je napisal: »Naj ne poskušajo tolmačiti mojih risb tisti, ki se ne spoznajo na mehaniko in matematiko.« Mišice vratu in ramen je pogosto risal, še zlasti *musculus trapesius*, *musculus sternocleidomastoideus*, *musculus deltoideus*. Temeljito je zrisal tudi hrbtnne mišice, od površinskih do globokih. Prav tako je zelo natančno zrisal mišice nadlahti in podlahti *musculus biceps brachii*, njegovo origo in insertio. Zrisal je tudi vse tetive prstnih fleksorjev. Mišice nog, stegen in zadnjice (*regio glutealis*) je zrisal iz raznih perspektiv. Za medicince bi bilo zanimivo, da je odlično narisal mišice *musculus tensor fasciae latae*, *musculus sartorius* (krojaško mišico), *musculus triceps surae*, *musculi peronei*. Prikazal je tudi ekstenzorne mišice prstov nog, posebej palca.



*Tetive vratnih mišic.*

Mišice prsnega koša. Mišici *serratus anterior* je pripisoval pomembno vlogo pri dihanju. Preučeval je medrebrne mišice, še posebej skupno z njihovo funkcijo. Poznal je tudi vlogo prepone, ki ločuje prsno votlino od trebušne. Opisal jo je kot tetivno mišično formacijo, vezano na konce reber in na rebrne hrustance.

Oživčenje mišic ter način njihovega delovanja da Vinciju nista bili popolnoma jasni. Nič čudnega. Zato so tudi njegove anatomske risbe veliko natančnejše kot pa opisi in interpretacije.

### **Notranji organi, srce in velike žile**

Da Vinci je podrobno prikazal zgradbo srca in si prizadeval razložiti gibanje krvi. Z opazovanjem, seciranjem in eksperimentiranjem na živalih je poskušal priti do odgovora. Uganko je šele leta 1628 rešil angleški zdravnik William Harvey (1578–1657).

Da Vinci je goveje srce podobno kot lobanjsko votlino napolnil s tekočim voskom in prikazal odtis srčnih votlin.

Sapnik in pljuča. Da bi preučil funkcijo dihanja in mehanizem nastanka glasu, je seciral sapnik in pljuča kadavrov ter živali. Pljuča je poskušal polniti z zrakom. Kot fonetika ga dolgo niso poznali, bil pa je med prvimi, ki je temeljito zrisal in preučil vse anatomske prvine, pomembne za glas in govor.

Trebušni organi. Ohranjene so njegove risbe želodca, črevesa, jeter, ledvic, sečnega mehurja, mezenterija, moških in ženskih spolovil ter celo coitusa.

Živčevje. Delal je poskuse na žabah in na njih preizkušal delovanje živčnega sistema. Možganske ventrikle je prikazal v različnih projekcijah in jih je imel za središče življenjskih funkcij. Poskuse na možganih je delal na primer pri žabah in zapisal, da te živijo še nekaj ur po dekapitaciji. Zelo ga je zanimal prenos impulzov po živcih do mišic in nazaj. Sprepariral je tudi vseh dvanajst možganskih živcev.

Oko je študiral kot pravi znanstvenik. Da bi preučil njegovo zgradbo, ga je fiksiral v jajčni beljakovini, ga koaguliral s toploto in delal prereze. Da bi se dokopal do spoznanja, kako nastane slika, je skonstruiral tudi model očesa, a mu je to vendarle ostalo nerazkrito. Vid je preučeval tudi na nekaterih pticah in mačkah. Spotoma je opazoval patološke spremembe oči.

### Študije človeških likov Leonarda da Vincija

Med številnimi deli, ki jih je genialni da Vinci ustvaril v svojem plodovitem življenju, prav posebno mesto zavzemajo risbe človeških likov, moških in žensk različne starosti. Kaže, da je te risbe risal neprestano, ko je študiral in izpopolnjeval razmerja človeškega telesa, še posebej mimike in izraza. Obraze je obravnaval kot umetnik in znanstvenik. Bil je izjemen opazovalec človeške fiziognomije, iskal je vzroke za drugačen videz posameznika. Na obrazih je prikazoval nasprotje med mladostjo in starostjo, spremljal fiziognomijo obraza ob boleznih in nasploh pogosto risal starostno spremenjene obraze.



Zlasti risbe starostnikov predstavljajo pravo zbirko posebnežev, predvsem moških, ki po družbenih normah veljajo za grde. Zdi se, da da Vinci ni bil naklonjen starosti. Na teh obrazih so zarisane poteze močnih življenjskih strasti in bolezni, ki so se z leti poglabljale in razorale ter iznakazile obraz.

Številni strokovnjaki menijo, da so te karikature bolj realistične, kot so videti na prvi pogled. Verjetno je, da je da Vinci tudi sam iskal posebneže. Taki ljudje so mu spontano padli v oči. Iz teh karikatur izstopajo nekateri poudarki in bi narisane lahko poimenovali »človek-usta«, »človek-nos« in tako dalje. Risal je obraze s pretirano poudarjenimi ličnicami, zobmi ali spodnjimi čeljustnicami. Nič ni smešnega na teh karikiranih obrazih; bolj gre za umetnikovo iskanje priložnosti, da nariše vse možne prototipe obrazov glede na različne anatomske danosti. Nekatere risbe so pospremljene z avtorjevim komentarjem: »Vsi delci živega telesa mora-





jo ustrezati svoji celoti.« Ali: »Figura mora predstavljati skladnost posameznih delov.« Očitno je da Vinci iskal evritmijo, umetniško ubranost, lepoto, pravilno razmerje med deli in celoto. Tudi pri tako drugačnih obrazih je znal videti tako imenovane »pravilne nepravilnosti« in jih spraviti v neki zakon, ritem.

Pri tem je poskušal, kako vpliva na videz obraza, če premakne čelo ali brado naprej ali nazaj. Narisal je recimo trikrat po tri obraze s takimi spremembami oziroma veliko takih obrazov.

Da Vinci je ves čas iskal pravilna razmerja med posameznimi deli človeškega telesa; hotel je spoznati zakone narave, kanon, ki bi držal za vse večne čase. Zato so v toliko obrazih vrisani mreža, kvadrati, diagonale in drugo. Karikirani obrazi so tako dobro zrisani, ker je umetnik odlično poznal anatomijo. Da Vincijeve risbe starcev in posebej nosijo v sebi toliko svežine, govorijo s tako prepričljivo likovno govorico, da je njihovo sporočilo brezčasno.

Kot kontrast prikazanim karikaturam »grdunov« pa pogledjmo še prelepe slike žensk in otrok. Tu je čistost linije tako neizmerna, da fascinira s svojo preprostostjo in večno lepoto.

Da Vincijeva anatomska spoznanja so bila objavljena v knjigi *Traktat o slikarstvu* šele šestdeset let po njegovi smrti. Slikarjem je



*Študije različnih človeških likov Leonarda da Vincija.*

knjiga prinesla številne dragocene napotke, zlata pravila slikanja človeške figure. Samo kot zgled pogledjmo, kaj je da Vinci napisal o upodabljanju žensk, otrok in starih ljudi: »Ženska naj bo upodobljena s sramežljivimi kretnjami, s stisnjenimi nogami, s sklenjenimi rokami, s sklonjenimi in nagnjenimi glavami na eno stran.« Za risanje otrok je priporočal: »Majhni otroci, kadar sedijo, naj bodo narisani s hitrimi, nerodnimi, nepravilnimi gibi, če stojijo, pa s plašnimi in prestrašenimi gibi.« Za stare lju-



*Brezčasna Mona Lisa.*

di je napisal, da naj bodo narisani okornih, počasnih kretenj, z nogami, ki so v kolenih upognjene, kadar stojijo, s stopali, ki stojijo vzporedno, pa vendar ločeno drugo od drugega. Njihovi hrbti naj bodo upognjeni, glava naj bo sklonjena naprej in roke naj ne bodo preveč iztegnjene od telesa.

Dal pa je tudi navodilo slikarjem, kako naj slikajo in rišejo mišice: »Slikar, opozarjam te, da pri upodabljanju gibov oseb, ki jih rišeš, poudariš samo mišice, ki imajo funkcijo pri gibanju in hoji tvoje osebe, tako da je mišica, ki je v takem primeru najbolj obremenjena, najbolj poudarjena, tista, ki ni obremenjena, pa ostane sproščena ter mehka in komajda opazna. Zato te rotim, študiraj anatomijo mišic, kit in kosti, saj boš brez tega znanja naredil bore malo. Če rišeš na osnovi živih bitij, se lahko zgodi, da model, ki si ga izbral, ne bo imel dobro raz-



*Družina.*

vitih mišic v položaju, ki naj bi ga zavzel. Ni vselej lahko dobiti dobrih golih modelov in vselej se jih ne da narisati. Bolje in koristneje je za tebe, da vadiš risanje raznolikosti in si jo vtisneš v spomin.«

Da Vincijeva umetnost je brezčasna, kakor je večna narava, ki mu je bila osrednje vodilo. V njegovem primeru navdušuje »očarljiva vzajemnost med znanostjo, izumiteljstvom in umetnostjo«. Le kdo bi da Vincijevemu delu prisodil že petsto let?

### **Sklep**

Če se torej po tem razmišljanju vprašamo, kako je renesančna anatomija vplivala na likovni izraz Leonarda da Vincija, moramo reči, da je bil on tisti, ki je neobremenjen s srednjeveško anatomsko dogmo pri humanih sekcijah risal tisto, kar so videle njegove oči, in ne, kar je trdila dogmatska srednjeveška medicina. Kot nemedicinec je neobremenjen demistificiral številne zablode anatomije preteklega časa, vendar njegova

spoznanja niso vplivala na renesančno anatomijo (šestnajstega stoletja), ker so ji ostala prikrita. Da Vincijeva anatomska odkritja so morali ponovno odkriti renesančni anatomi. Da Vincijevega genialnega duha je gnala neustavljiva želja, da pogleda stvarjem v oči, da si razodene skrite resnice, da razume govorico in gibanje živih bitij ter vse to prenese v likovno upodobitev, v umetnino. Njegov neponovljivi čut za opazovanje, izjemna sposobnost intuitivnega dojetja in silna samokritičnost so pripomogli k rojevanju večnih lepot.

Žal je bila povezanost znanstvenikov pred pol tisočletja še slaba, knjiga šele dobro uveljavljena, zato pretok novic počasen. V tem tiči tudi razlog, da so ostala da Vincijeva revolucionarna anatomska spoznanja po kužni smrti njegovega sodelavca zdravnika Marcantonija della Torreja (1481–1512) in skorajšnji da Vincijevi kapi in kasnejši smrti neobjavljena vse do leta 1580. Med tem pa se je pojavil danes priznani osrednji reformator renesančne medicine Belgijec Andreas Vesalius (1514–1564) in z epohalnim anatomskim delom *De humani corporis fabrica libri septem* leta 1543 zadal smrtni udarec galenistični medicini. Tristo imenitnih lesorezov Tizianovega učenca Stephana van Calcarja je naredilo to knjigo z dvesto novimi spoznanji ne le znanstveno napredno, ampak tudi estetsko in likovno dopadljivo.

Leonardo da Vinci bi lahko vsaj za trideset let pospešil razvoj renesančne anatomije, vendar je naključje hotelo, da so njegova spoznanja ostala medicini nepoznana še šestdeset let po njegovi smrti. Ker pa da Vinci ni imel namena tekmovati z medicino, ta tekma zanj ni mogla biti izgubljena. S približno dvesto nesmrtnimi anatomskimi risbami je začrtal pot novi eri upodablajočih umetnosti. Slikarstvo in kiparstvo sta s poglo-

bljenim poznavanjem anatomskih struktur pri živih bitjih pridobili na svoji izrazni moči ter obogatili realnost in plastičnost upodobitev. In za da Vincijem so prihajali novi in novi rodovi umetnikov, ki so se zgledovali po njegovih delih, jemali v roke njegove slikarske kanone, ki jih je črpal iz narave. Ta je bila njegova večna učiteljica. Otroška zvedavost, neminljiva umetnikova spremljevalka, ga je spodbujala vse življenje in ga gnala v pionirsko delo na mnogih področjih. Zato medicina da Vincija upravičeno šteje med renesančne anatome, saj perfekcionizem njegovih risb po umetniški plati presega vse dotlej narisano.

*Autoportret.*





# Starševstvo – zapisano v možganih

Tina Bregant

Ljudje namenimo vzgoji svojih potomcev praviloma dvajset do trideset let. V zadnjem času se kljub družbi izobilja ali pa morda prav zato skrb za potomce podaljšuje, pri čemer pa ne gre le za materialno skrb, pač pa v nekaterih primerih celo za »infantilizacijo«, »pootročenje« celotne družbe. Skrb in obveznost ljudi do otrok izvirata ne le iz »narave«, saj so otroci ob prihodu na svet bolj nezreli od ostalih živalih vrst, pač pa tudi iz zakonodaje. Na odraščanje pomembno vpliva tudi družba, v kateri otrok odrašča. Zato je zanimivo vprašanje, ali - ne glede na raznolikost skrbi za otroka v različnih družbah - vendar ne obstaja tudi biološka podlaga za skrb za potomce. Nena zadnje se ljudje, zlasti pa mlade ženske, že z opazovanjem narave raznežimo ob skrbi živali za mladiče. Morda smo pa le ljudje tako zaverovani vase, da živalim pripisujemo človeške lastnosti?

## Skrb za potomce

Skrb za potomce je družbenovednjska, evolucijska strategija, ki jo imajo nekatere živali, pa tudi človek. Če se izrazim bolj ekonomsko: gre za starševsko naložbo v razvojno sposobnost potomcev. Kljub povečani razvojni sposobnosti potomcev, včasih tudi celotne vrste, pa ima ta skrb svojo ceno. Starši izdatno trošijo energijo za potomce in skrb zanje ter tako »izgubljajo« oziroma »zapravljajo« lastno razvojno sposobnost, zlasti možnost razmnoževanja (Clutton-Brock, 1991). Zato se je strategija skrbi za potomce ohranila le pri tistih vrstah, pri katerih so evolucijsko gledano koristi za potomce večje od »žrtve« staršev (Gross, 2005). Skrb za potomce lahko opazujemo pri različnih vrstah. Zanimiva je skrb za potomce pri družbenih žuželkah, kot so mravlje in čebele, opazujemo pa jo tudi pri ribah, pticah in seveda sesalcih. Strategija



*Štoklje so v skrbi za svoje mladiče zelo prizadevne. Mladiči pojedjo ogromno hrane, v prvih nekaj tednih lahko dnevno za polovico svoje teže, kar pomeni, da starša stalno lovita in prinašata hrano. Celo potem, ko se mladiči že naučijo leteti, so še vedno nekaj tednov odvisni od staršev. Foto: Davorin Tome.*

skrbi za potomce je odvisna tudi od okolja (Carlisle, 1982). Tako lahko ob pomanjkanju hrane v okolju opazimo, da se skrb za potomce zmanjša, saj zahteva precejšen vložek staršev (Carlisle, 1982); v obdobju obilja pa lahko opazimo, kako starši najbolj pogosto hranijo tistega mladiča, ki najbolj prosi za hrano, v obdobju »revščine« pa se za mladiča s podobnim vedanjem ne menijo (Davis, Todd, Bullock, 1999).

Po nekaterih ocenah je skrb za vzgojo »človekovega mladiča«, otroka, izjemno zahtevna: neprestana pozornost, ki zahteva trinajst milijonov kalorij vložka in sposobnost odpovedovanja lastnim potrebam: od spanca do prostega časa, in to brez takojšnjega učinka (Capital group. American funds, 2018). Svoj vložek in napor lahko starši ocenjujemo šele kasneje, ko z vlažnimi očmi opazujemo svojega otroka na maturantskem plesu ali ob prejemu diplome. Skrb za otroka tudi stane. Tako celo v Sloveniji poznamo okvirne stroške za otroka, ki znašajo glede na evropsko povprečje približno četrtnino celotnega družinskega proračuna (Bratanič,

Košir, 2018). Seveda pa denar ni vse in pri skrbi za potomce izjemno štejejo stvari, ki se ne dajo prešteti: skrb, ljubezen, navezanost.

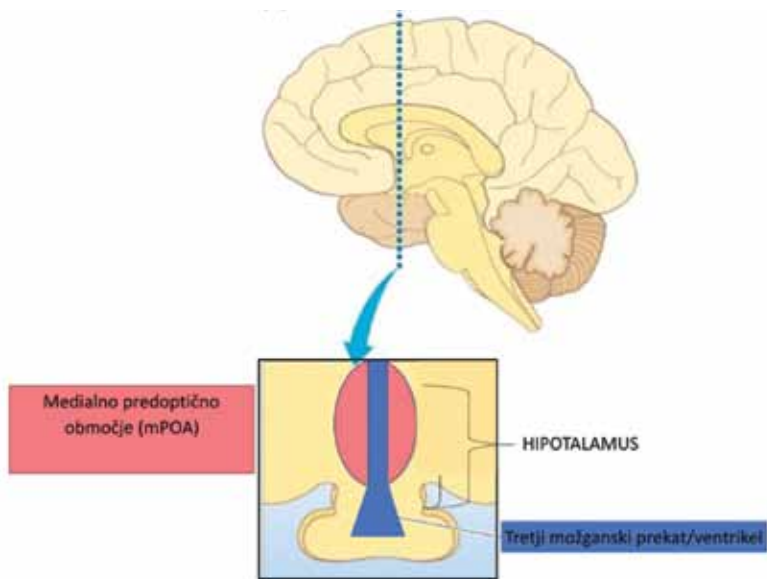
### Ali je starševstvo zapisano v možganih?

V evoluciji so se izoblikovali in ohranili mehanizmi, ki omogočajo krepitev in izvedbo vedenj, ki na prvi pogled niso gospodarna ali smotrna za posameznika. Kako se vêdemo, določajo naši možgani. Zato je smiselno vprašanje, ali imamo morda kakšno nevrološko podlago za takšna vedenja, ki na prvi pogled niso gospodarna, kot je na primer skrb za potomce.

### Ključna možganska območja za starševsko vedenje

Možganska regija, ki je dosledno opredeljena kot bistvena pri skrbi za potomce, je medialno predoptično območje (angleško *medial preoptic area, mPOA*). Najdemo ga globoko v evolucijsko starem delu možganov, v hipotalamusu.

Ker raziskave temeljijo na modelu lezij (to-rej induciranih oziroma umetno povzročene-



*Shematični prikaz ključnega možganskega območja pri ljudeh (sagitalni prerez, pogled z leve strani), ki vpliva na starševsko vedenje. Vir: Tina Bregant.*

nih specifičnih možganskih okvarah), so narejene le pri glodalcih. Območje hipotalamusa, ki se imenuje medialno predoptično območje, je bogato z oksitocinom, ki ga pogovorno poznamo tudi kot hormon ljubezni, s progesteronom, ki ga imenujemo tudi hormon nosečnosti, in z receptorji ter nevroni, ki izločajo prolaktin, ki je znan kot hormon dojenja in je imenovan po svoji vlogi pri proizvodnji mleka. Nič čudnega torej ni, da to območje velja za najpomembnejše pri starševskem (materinskem) vedenju.

### Vplivi na prosocialno vedenje

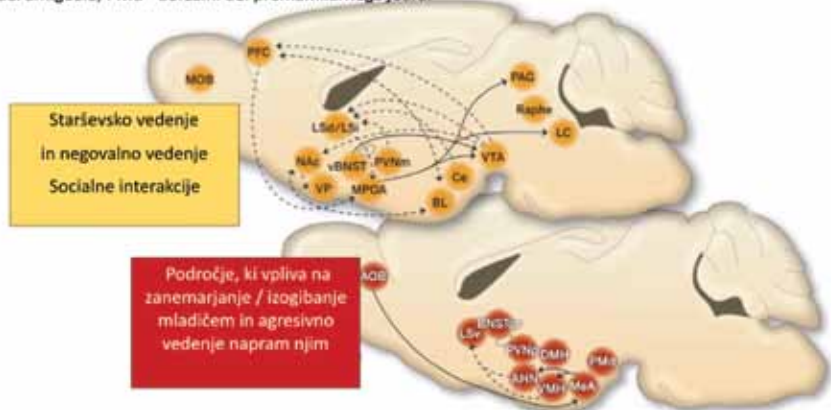
Kaj je prosocialno vedenje? To je pozitivno vedenje, ki vključuje altruistični, empatični in prijateljski odnos z drugimi ljudmi ter pomoč drugim. Sem sodi tudi starševsko vedenje. Vedenje, ki vodi v razmnoževanje, zahteva kompleksno dejavnost nevronskega omrežja. Za uspešno prosocialno vedenje je ključno prepoznavanje socialnih signalov, kar zahteva senzorično usklajenost. Možgani tako vedenje, ki sodi med uspešnejše preživet-

vene strategije, nagrajujejo z dodatnimi spodbudami prek omrežja nagrajevanja in motivacije. Strategije družbene komunikacije so pogosto specifične za posamezne vrste, zato se socialni namigi (na primer potencialnega partnerja ali dojenčka) prenašajo prek več senzoričnih načinov, pri glodalcih je pri tem zelo pomemben voh (Dulac, O'Connell, Wu, 2014; McHenry, Rubinow, Stuber, 2015). Poleg tega se gonadni steroidi, vključno z estradiolom pri ženskah, spreminjajo kot funkcija razmnoževalnega statusa in spreminjajo procesiranje socialnih namigov. Tako socialni in hormonski signali vplivajo na nevronske omrežje ter prilagajajo motivacijska stanja in konkurenčne potrebe po uveljavljanju samega sebe v prid razmnoževalnemu vedenju (Yost, Cummings, Becker, 2014; Rilling, Young, 2014; Petrulis, 2013).

### Podskupine nevronov, ki vplivajo na prosocialno vedenje

Nevronske mreže, ki nadzoruje razmnoževanje, je občutljivo za hormonske signale;

Okrajšave: MOB – glavni olfaktorni bulbus; PFC – prefrontalna skorja; Nac - nucleus accumbens; VP - ventralni palidum; LSd - lateralni septum, dorzalni del; LSl - lateralni septum, intermediarni del; vBNST - ventralni del jedra strije terminalis; mPOA – medialno predoptično področje; PVNm – velikocelični del paraventrikularnega jedra; BL – bazolateralni del amigdale; Ce – centralni del amigdale; VTA – ventralno tegmentalno področje; PAG – perikveduktalna sivina; Raphe – jedro Raphe; LC - locus coeruleus; AOB – akcesorni olfaktorni bulbus; LSV – ventralni del lateralnega septuma; BNSTpr – glavno jedro strije terminalis; PVNp – malocelični del paraventrikularnega jedra; DMH – dorzomedialno hipotalamično jedro; VMH – ventromedialno hipotalamično jedro; MeA - medialni del amigdale; PMd - dorzalni del premamilarnega jedra.



*Shematični prikaz možganskih območij podganic, ki vplivajo na starševsko vedenje. Priredila Tina Bregant po Dulac, C., O'Connell, L. Z., Wu, Z., 2014: Neural control of maternal and paternal behaviors. Science, 345 (6198): 765-770.*



nanj vpliva nitje za motivacijo in nitje, ki se aktivira pri družbenih odnosih. Vendar pa mehanizmi živčnega nadzorovanja teh procesov ostajajo nerešeni. Medialno predoptično območje (mPOA), bistveno vozlišče za družbeno vedenje, je sestavljeno iz molekularno raznolikih nevronov z razširjenimi projekcijami. V tem območju se nahajajo sledeče podskupine nevronov, ki imajo na membranah izražene različne receptorje, hkrati pa tudi izražajo različne neuropeptide oziroma hormone:

mPOA<sup>PrLr</sup>, ki izražajo hormon prolaktin in so nanj tudi odzivni;

mPOA<sup>Nts</sup>, ki izražajo nevrotenzin (Nts); odzivajo se na steroide in se povezujejo z ventralnim tegmentnim območjem (VTA) ter tako tvorijo socialno angažirani krog nagrajevanja (McHenry, Otis, Rossi, Robinson, Kosyk, Miller, in sod., 2017);

mPOA<sup>Gal</sup>, ki izražajo neuropeptid galanin in imajo hkrati tudi receptorje zanj, kar pomeni, da je delovanje galanina na neki način »avtokrino«. Te nevrone imata oba spola in so ključni za starševsko obnašanje (Dulac, O'Connell, Wu, 2014). Vendar pa je teh nevronov zelo malo - 10.000 od skupaj 100 milijonov v mišjih možganih. Zato domnevamo, da delujejo kot dirigent v orkestru, ki usklajuje različna vedenja, oziroma delujejo kot vozlišča, saj je starševstvo tudi pri glodalcih precej kompleksno. Sestavljeno je iz stereotipnih motoričnih opravil, kot je na primer urejanje (lizanje in gladenje) mladičev, njihovo nameščanje v gnezdu in tudi dojenje. Glodanci starši se takó védejo precej dlje časa kot pa drugi, ki se ta čas ukvarjajo na primer s parjenjem (Dulac, O'Connell, Wu, 2014; 13).

### **Nevroni mPOA<sup>Gal</sup> in njihove povezave**

Nevroni mPOA<sup>Gal</sup> izražajo galanin in imajo hkrati receptorje zanj. Te nevrone imata oba spola in so ključni za starševsko obnašanje. Galanin je sicer peptid, sestavljen iz več aminokislin. Njegova struktura je relativno ohranjena pri vseh živalskih vrstah,

kar kaže njegov evlucijski pomen, vendar pa imamo več različno dolgih oblik tega peptida: pri ljudeh je lahko sestavljen iz 19 ali 30 aminokislin, pri drugih sesalcih iz 29. Najdemo ga tako pri živalih kot ljudeh. Prvotno je bil odkrit v črevesju, saj galaninska živčna vlakna sestavljajo enterični živčni sistem. Poleg tega pa galanin najdemo tudi drugod – v ščitnici, trebušni slinavki in nadledvičnici ter v živčevju: možganih, hrbtenjači, pa tudi v perifernem živčevju. V možganih so določena območja, kot so amigdala – jedro, ključno za občutke strahu; hipotalamus – pomaga pri uravnavanju hranjenja; paraventricularno jedro – se aktivira ob fizioloških spremembah, tudi stresu; in arkuatno jedro – ključno za vzdrževanje homeostaze. Vsa vsebujejo večje količine galanina. Ta peptid – imenujemo ga tudi neuropeptid – je sestavni del številnih fizioloških in psiholoških procesov, vključno z uravnavanjem bolečine, spanja in hranjenja. Njegova vloga pri razvoju epilepsije in nižanja vzdražnega praga za razvoj možganskih paroksizmov (krčev) ter pri depresiji in tudi Alzheimerjevi demenci za zdaj še ni pojasnjena, čeprav galanin očitno vpliva tudi na te procese. Ima pa vlogo tudi pri odvisniškem vedenju, zlasti uživanju alkohola in nekaterih drog, ter nekoliko drugačno vlogo v črevesju, kjer zavira izločanje želodčne kisline in sproščanje glukagonu podobnega peptida 1 ter vpliva na občutljivost vagalnega (parasimpatičnega) nitja.

Majhno število nevronov mPOA<sup>Gal</sup> kaže na njihovo vlogo kot vozlišča. To potrjujejo številne povezave nevronov mPOA<sup>Gal</sup> z ostalimi možganskimi območji, saj ti nevroni prejmejo vnose iz približno dvajsetih drugih možganskih območij ter odpošljejo podobno število projekcij drugam (Kohl, Autry, Dulac, 2017). Nekaj teh povezav je shematično predstavljenih na sliki 2. Nevroni mPOA<sup>Gal</sup> so organizirani v ločene skupine - subpopulacije, od katerih vsaka pošilja povezave na drugo območje možganov, pri čemer ima vsaka skupina dostop do vhod-

nih informacij iz vseh dvajsetih možganskih območij (Kohl, 2018). Poznamo posamezne, ločene nevronske svežnje oziroma skupine (angleško *cluster*), ki so posebej dejavne na primer med porodom. So pa vsa območja, kamor nevroni mPOA<sup>Gal</sup> pošiljajo povezave, pomembna pri starševstvu (Dulac, O'Connell, Wu, 2014; Kohl, Autry, Dulac, 2017; Kohl, 2018).

Najbolj dejavna so bila sledeča tri območja: periakveduktalna sivina (PAG), ventralno tegmentalno območje (VTA) in medialno amigdaloidno jedro (MeA) (Kohl, Autry, Dulac, 2017). Z uporabo optične fotometrije, ki svetlobno beleži dejavnost genetsko določenih oziroma označenih nevronov v živalih, so raziskovalci ugotovili, da je celotna populacija mPOA<sup>Gal</sup> aktivirana med vsemi fazami starševstva. Presenetljivo pa so bile posamezne podskupine prilagojene na posamezne dogodke v obdobju starševstva (Kohl, Autry, Dulac, 2017). To bi lahko pomenilo funkcionalno ločene skupine sicer enakih nevronov.

Spolno neizkušeni samci miši in tudi posamezne neizkušene samice običajno napadajo mladiče, medtem ko večina spolno neizkušenih samic ter spolno izkušeni samci in samice kažejo starševsko skrb za mladiče (Kohl, Autry, Dulac, 2017). Zanimivo pa je, da spolno neizkušeni samci, ki so genetsko oškodovani za vomeronazalne zaznave (poenostavljeno voh), v svojem vedenju do mladičev niso napadalni, pač pa starševsko skrbni. Pri tem ima vlogo skupina galaninskih nevronov v medialnem preoptičnem območju (mPOA). Genetska ablacija oziroma uničenje nevronov mPOA<sup>Gal</sup> ima za posledico izrazito poslabšanje starševskih odzivov pri samcih in samicah ter vpliva tudi na dovzetnost za parjenje pri samcih. Optogenetska aktivacija teh nevronov pri spolno neizkušenih samcih pa nasprotno zavira medsebojno napadalnost ter spodbuja skrb za mladiče. Optogenetika je sodobna metoda, ki omogoča, da s svetlobnim draženjem gensko spremenjenih živčnih celic

usmerjamo njihovo delovanje. S svetlobo spodbujamo izbrano vrsto nevronov, ki smo jih predhodno genetsko spremenili tako, da v svojih membranah začnejo izražati za svetlobo občutljive membranske beljakovine – opsine. Najbolj poznana beljakovina, ki je občutljiva za svetlobo, je rodopsin. Nahaja se v vidnih čutilnicah v očesu.

Starševsko vedenje pri spolno neizkušenih samcih se izrazi šele nekaj tednov po parjenju (Wu, Autry, Bergan, Watabe-Uchida, Dulac, 2014). Aktivacija nevronov mPOA<sup>Gal</sup>, ki pošiljajo povezave v območje ob ventriklih (PAG), zavira siceršnjo napadalnost do mladičev. Ob aktivaciji te skupine nevronov pride tudi do povečanega negovalnega vedenja do mladičev pri obeh spolih. Nasprotno velja za aktiviranje nevronskega bazena, ki pošilja nitje v ventralno tegmentalno območje (VTA), ki sicer velja za pomembno območje pri motiviranju in nagrajevanju (McHenry, Otis, Rossi, Robinson, Kosyk, Miller in sod., 2017; Salamone, Correa, 2012). Ker so starši posebej motivirani za odnose z dojenčki, so raziskovalci vstavili prehodno pregrado med preskusno živaljo in mladiči. V tem preprostem testu z omejevanjem je aktivacija skupine nevronov, ki pošilja povezave v ventralno tegmentalno območje (VTA), znatno povečala pogostost, s katero so odrasle živali prešle v predelek za mladiče, kar kaže, da ta veja kroga dejansko nadzoruje motivacijo za interakcijo z mladički. Zanimivo pa je bilo, da aktiviranje tistih nevronov mPOA<sup>Gal</sup>, ki pošiljajo povezave v območje amigdale, ni vplivalo na odnose med mladiči niti na motivacijo za odnose z njimi, je pa zavrlo odnose z odraslimi mišmi tako pri samcih kot samicah. Ta skupina nevronov bi torej lahko imela posredno vlogo pri spodbujanju starševstva z zatajevanjem socialnega vedenja, ki bi lahko vodilo v parjenje.

Tako lahko iz nekaterih raziskav sklepano, da obstajajo posebne skupine nevronov mPOA<sup>Gal</sup>, ki glede na projekcijsko mesto določajo specifične vidike starševstva. Eden

od zanimivih mehanizmov starševskega vedenja je vezan na videz otrok oziroma na vidne zaznave staršev (Kringelbach, Stark, Alexander, Bornstein, Stein, 2016). Mladički se nam zdijo zelo privlačni, kar povežemo z njihovim videzom: velike oči, visoko čelo, gladka, mehka in napeta koža, okrogla lica. Raziskave to prisrčnost mladičkov in dojenčkov povezujejo z zgodnjimi etološkimi idejami »Kindchenscheme« (sheme za dojenčke). Dojenčkov obraz in njegove grimase delujejo na odrasle kot »vrojeni mehanizem sproščanja«, ki nehote oziroma instinktivno v nas vzbudi skrbno, starševsko vedenje. Poleg videza sta ob tem zelo močna dejavnika tudi njihov vonj in specifični način oglašanja. Nevronsko mrežje, ki sodeluje v teh kompleksnih vidikih obnašanja, pa je dejavno tudi ob empatiji in igri (Kringelbach, Stark, Alexander, Bornstein, Stein, 2016).

### Druga skrajnost: detomor

#### Detomor

Ob izraženi skrbi za potomce ne moremo mimo druge skrajnosti - detomora. Detomor poznajo skoraj vse živalske vrste, pri pticah poznamo ovidic - uničenje jajc. Praksa je bila opažena pri številnih živalskih vrstah, zlasti pri prvakih (primatih). Pri ljudeh je detomor ali infanticid umor novorojenčka oziroma dojenčka: ponavadi gre za izpostavljenost, saj novorojenček brez odrasle osebe ne zmore preživeti - praviloma se podhladi. Pri nas v Sloveniji gre za dejanje, ki ga stori mati takoj po porodu oziroma med porodom, ko je še pod vplivom hormonov (Uradni list Republike Slovenije, 119. člen). V Sloveniji je kaznivo dejanje detomora opredeljeno v 119. členu *Kazenskega zakonika*. V večini primerov gre za tragedije in k sreči je teh primerov malo. V svetu je teh primerov več, storilci so bolj očetje kot matere. Je pa bilo teh primerov v preteklosti tudi v Sloveniji več, vzroki so bili revščina in neugodnosti nezakonskega stanu matere. Uboji in umori malih otrok se dogajajo, žal

jih poznajo vse kulture. Ne moremo mimo dejstva, da večina kultur pozna ženski infanticid – »ginocid« ali »femicide«. Tega za spol selektivnega detomora druge vrste ne poznajo, značilen je le za ljudi. Razlog za to je lahko tudi državna politika: na primer na Kitajskem (s politiko enega otroka na družino leta 1979 in tihim soglasjem skupnosti za nadzor rasti prebivalstva) ali pod ultrazvočnimi nadzorom opravljene feticidi v Indiji. Po nekaterih ocenah pogrešamo 100 milijonov nerojenih deklet v Aziji: 50 milijonov na Kitajskem, 40 milijonov v Indiji, 10 milijonov v drugih azijskih državah, po vsem svetu pa 126 milijonov nerojenih deklet (United Nations Population Fund).

Pri ljudeh je družinska struktura najpomembnejši dejavnik tveganja pri zlorabi otrok in detomoru (Sedlak, Mettenburg, Basena, Petta, McPherson, Greene in sod., 2010). Otroci, ki živijo s svojimi naravnimi (biološkimi) starši, so izpostavljeni nizkemu tveganju za zlorabo. Tveganje se poveča, če otroci živijo s staršem ali samo enim od staršev. Otroci, ki živijo brez enega od staršev, imajo desetkrat večjo verjetnost zlorabe kot otroci, ki živijo z obema biološkima staršema. Otroci, ki živijo z enim samim staršem, ki ima novega partnerja, pa so v največji nevarnosti: dvajsetkrat bolj je verjetno, da so žrtve zlorabe, kot otroci, ki živijo z obema biološkima staršema.

### Spolni konflikt

Tako imenovani spolni konflikt poznajo tudi druge vrste. Ko drug samec postane novi spolni partner matere, se verjetnost za napadalnost proti njenim mladičem znatno poveča. Gre za neke vrste evlucijski boj, saj s tem novi partner poveča lastni genski bazen, saj matere ubitega mladiča prenehajo dojeti, vzpostavi se ovulacija, mati se lahko ponovno razmnožuje (Hausfater, 1984).

Pri glodalcih poznamo tako imenovani Bruceov učinek ali prekinitve nosečnosti (Bruce, 1959). Učinek je prvič opazila leta 1959 Hilda M. Bruce pri laboratorijskih miših.



Nosečnost se pri njih prekine po izpostavitvi vonju neznanega samca, saj aktiviranje vomeronazalnih nevronskih receptorjev s strani moških feromonov sproži kompleksno neuroendokrino pot. Feromonske informacije potujejo do olfaktornega bulbosa, nato pa v kortikomedialno amigdalno, spodbujajo hipotalamus, da poveča sproščanje dopamina, kar preprečuje izločanje prolaktina iz sprednjega dela hipofize. V odsotnosti prolaktina, bistvenega hormona za vzdrževanje rumenega telesa, pa pride do luteolize, raven progesterona upade in nosečnost se prekine. Svojo vlogo imajo tudi androgeni in estrogeni, zlasti estradiol. Kastirani samci na primer niso sposobni prekiniti ženskih nosečnosti, razen če prejmejo testosteron. Estradiol, sicer metabolni proizvod testosterona, moti nosečnost pri ženskah. Prisoten je v moškem urinu ter tako prepreči ugnezdenje zarodka.

### Materinska napadalnost

Spolni konflikti pa niso brez nevarnosti za napadalca. Samice matere praviloma neizprosno branijo svoje mladiče. Materinska napadalnost je povezana z oksitocinom in evlucijsko pomeni neke vrste zaščito materine naložbe v potomce (Bosch, 2013). Običajno samice ne izražamo telesne napadalnosti v tolikšni meri kot samci. Izjema je materinska zaščita potomcev - tu pa smo primerljive samcem. Ker samci pri več kot 95 odstotkih vrst sesalcev zagotovijo malo ali nič starševskih naložb v potomce, ni presenetljivo, da je očetovska napadalnost manj pogosta kot materinska. Jo pa poznamo na primer pritlikavi Campbellov hrček (*Phodopus campbelli*), kanadska gos (*Branta canadensis*) ter pasjeglavi ali rumeni pavijan (*Papio cynocephalus*). Razlike med spoloma so pojasnjene s tem, da je razmnoževalni uspeh samcev pogosto omejen z dostopom do partnerk, medtem ko je razmnoževalni uspeh samic omejen z možnostjo zagotavljanja virov za preživetje, kot je hrana. Samica v nosečnosti in dojenju investira v

mladiče tudi metabolno, zato je njena napadalnost v tem obdobju evlucijsko razumljiva.

Testosteron ima pozitivne korelacije z napadalnostjo in negativne korelacije s kontekstom starševstva (Gray, Anderson, 2012). Praviloma imajo očetje nižjo izhodiščno vrednost testosterona kot moški neočetje. Le malo raziskav je primerjalo izhodiščne ravni testosterona pri materah in samicah, ki to niso, vendar nekaj študij kaže, da velja podobno: matere imajo nižje vrednosti testosterona kot samice, ki niso matere.

### Zaključek

Za ljudi je, podobno kot za ostale prvake, poleg skrbi staršev značilna tudi skrb skupnosti za mladiče. Za njih skrbijo torej tudi »drugi starši«, in sicer negenetsko sorodni odrasli (Hrdy, 2016). Zaradi energetske zahtevnih potomcev, predvsem zaradi njihovih energetske potratnih možganov in kompleksnega, počasnega zorenja, se pri prvakah in ljudeh dodatno odpirajo vprašanja, povezana z vedênjem do potomcev. To vedênje je zelo raznoliko in sega od zaščitniškega in permisivnega do celo infanticidnega.

Kot pri mnogih sesalcih tudi pri materah prvakov na njihovo odzivnost vplivajo fizično stanje, endokrinološka stanja in motnje, predhodne izkušnje in krajevno okolje, ki pride do izraza zlasti v povezavi z občutkom varnosti. Ker pa družba deluje po nekoliko drugačnih zakonitostih kot narava, ne pozabimo, da se pri ljudeh naložbe staršev v potomce kažejo na zelo različne, morda celo zelo nenavadne načine: od polnega hladilnika, učenja smučanja do menjave plenice in delanja domače naloge ter spodbujanja k treniranju vrhunskih športov, kar otroku in njegovemu zdravju lahko škoduje. Z raziskovanjem starševskega vedênja drugih živali lahko pridobimo globlji vpogled tudi v lastno delovanje in tako poskušamo razumeti izjemno spremenljivo odzivnost človeških staršev.

## Literatura:

- Bosch, O. J., 2013: *Maternal aggression in rodents: brain oxytocin and vasopressin mediate pup defence. Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences Royal Society*, 368 (1631): 20130085. Dostopno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3826214/>. (12. 2. 2019.)
- Bratanič, J., Košir, K., 2018: *100.000 evrov od zibke do srednje šole. Za enega otroka! Ljubljana: Delo, Svet kapitala*. 28. september 2018. Dostopno na: <https://svetkapitala.delo.si/trendi/100-000-evrov-od-zibke-do-srednje-sole-za-enea-otroka-6583>. (7. 1. 2019.)
- Bruce, H. M., 1959: *An exteroceptive block to pregnancy in the mouse. Nature*, 184 (4680): 105.
- Capital group. American funds. 2018. *How Much Does It Cost to Raise a Child. Dostopno na: https://www.americanfunds.com/individual/planning/college-savings/cost-of-raising-a-child.html*. (7. 1. 2019.)
- Carlisle, T. R., 1982: *Brood success in variable environments: implications for parental care allocation. Animal Behaviour*, 30: 824–836.
- Clutton-Brock, T. H., 1991: *The Evolution of Parental Care. Princeton, New Jersey: Princeton University Press*.
- Davis, J. N., Todd, P. M., Bullock, S., 1999: *Environment quality predicts parental provisioning decisions. Proceedings Of The Royal Society Of London. Series B: Biological Sciences*, 266: 1791–1797.
- Dulac, C., O'Connell, L. Z., Wu, Z., 2014: *Neural control of maternal and paternal behaviors. Science*, 345 (6198): 765–770. Dostopno na: doi: 10.1126/science.1253291. (7.1.2019.)
- Glasiło Uradni List Republike Slovenije. 119. člen kazenskega zakonika. Dostopno na: <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina?urlid=201250&stevilka=2065#119.%20%C4%8Dlen>. (12. 2. 2019.)
- Gray, P. B., Anderson, K. G., 2012: *Fatherhood. Evolution and Human Paternal Behavior. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, USA*.
- Gross, M. R., 2005: *The evolution of parental care. The Quarterly Review in Biology*, 80: 37–45.
- Hausfater, G., 1984: *Infanticide: Comparative and Evolutionary Perspectives. Current Anthropology*, 25 (4): 500–502.
- Hrdy, S. B., 2016: *Variable postpartum responsiveness among humans and other primates with «cooperative breeding»: A comparative and evolutionary perspective. Hormones and Behavior*, 77: 272–283. Dostopno na: doi: 10.1016/j.yhbeh.2015.10.016. (7. 1. 2019.)
- Kohl, J., Autry, A. E., Dulac, C., 2017: *Bioessays*, 39(1): 1–11. Dostopno na: doi:10.1002/bies.201600159. (7. 1. 2019.)
- Kohl, J., 2018: *Circuits for care: A small population of hypothalamic neurons orchestrates parenting behaviors. Science*, 362 (6411): 168–169. Dostopno na: DOI: 10.1126/science.aav1249. (7. 1. 2019.)
- Kringelbach, M. L., Stark, E. A., Alexander, C., Bornstein, M. H., Stein, A., 2016: *On Cuteness: Unlocking the Parental Brain and Beyond. Trends in Cognitive Science*, 20, 7: P545–558.
- McHenry, J. A., Otis, J. M., Rossi, M. A., Robinson, J. E., Kosyk, O., Miller, N. W., in sod., 2017: *Hormonal gain control of a medial preoptic area social reward circuit. Nature Neuroscience*, 20 (3): 449–458.
- McHenry, J. A., Rubinow, D. R., Stuber, G. D., 2015: *Maternally responsive neurons in the bed nucleus of the stria terminalis and medial preoptic area: Putative circuits for regulating anxiety and reward. Frontiers in Neuroendocrinology*, 38: 65–72.
- Petrulis, A., 2013: *Chemicals and hormones in the neural control of mammalian sexual behavior. Frontiers in Neuroendocrinology*, 34: 255–267.
- Rilling, J. K., Young, L. J., 2014: *The biology of mammalian parenting and its effect on offspring social development. Science*, 345: 771–776.
- Salamone, J. D., Correa, M., 2012: *The mysterious motivational functions of mesolimbic dopamine. Neuron*, 76 (3): 470–485.
- Sedlak, A. J., Mettenberg, J., Basena, M., Petta, I., McPherson, K., Greene, A., in sod., 2010: *Fourth National Incidence Study of Child Abuse and Neglect (NIS-4): Report to Congress, Executive Summary. Washington, DC: U. S. Department of Health and Human Services, Administration for Children and Families*.
- United Nations Population Fund. Dostopno na: <https://www.unfpa.org/gender-biased-sex-selection>. (12. 2. 2019.)
- Wu, Z., Autry, A. E., Bergan, J. F., Watabe-Uchida, M., Dulac, C. G., 2014: *Galanin neurons in the medial preoptic area govern parental behaviour. Nature*, 509: 325–330.
- Yoest, K. E., Cummings, J. A., Becker, J. B., 2014: *Estradiol, dopamine and motivation. Central Nervous System Agents in Medicinal Chemistry*, 14: 83–89.

# Ajavaska, trta duše

Petra Pavšič

Vse več ljudi odhaja v Južno Ameriko, da bi preizkusili skrivnostni napitek - ajavasko. Tisti, ki so se že srečali z njo, pravijo, da premika meje poznanega. Lahko bi rekli, da je ajavaska eden tistih mostov, ki povezujejo različna področja: tradicionalno znanje plemen, uradno medicino ter novodobno »new age« gibanje.

Ljudstva v porečju Amazonke bolezen pojmujejo nekoliko drugače kot pripadniki zahodne kulture. Verjamejo, da ima bolezen več ravni: fizično, čustveno in duhovno. Fizična raven bolezni je tista, ki je očem vidna in je nastala kot odraz motenj v duhovnih ravneh. Za vpogled v te ravni so šamani v verskih, mističnih in zdravilskih obredih tradicionalno uporabljali številne rastline s psihoaktivnim učinkom (Gorman, 2010). Eden izmed najbolj botanično, kemijsko in etnografsko zanimivih pripravkov je ajavas-

ka, izvorno ayahuasca (trta duše), najpogosteje narejena iz kombinacije vrst rastlin *Banisteriopsis caapi* in *Psychotria viridis* (McKenna, 2008). Ajavaskerji verjamejo, da jim pripravek da uvid v vzrok bolezni.

## Dejstva s časovnega traku

V drugi polovici 19. stoletja je botanik Richard Spruce prvi znanstveno zabeležil uporabo ajavaske. Raziskoval je rastlinstvo in ljudsko rabo rastlin v porečju Amazonke in Orinoka (Schultes, Hofmann, Ratsch, 2001).

Glede časa, ko naj bi plemena začela uporabljati ajavasko, raziskovalci niso enotni. Obstajale naj bi 4000 let stare slikarije, navdahnjene z izkušnjo z ajavasko (Stafford, 1992), po drugi strani pa so znana krajevna izročila o tem, da so se jo plemena naučila uporabljati od sosednjih plemen šele pred nekaj generacijami (Brabec de Mori, 2011).



*Banisteriopsis caapi* (levo). Foto: Tempelj poti do luči. Dostopno na naslovu: [https://templeofthewayoflight.org/wp-content/uploads/2015/06/Healing\\_with\\_Ayahuasca\\_2.jpg](https://templeofthewayoflight.org/wp-content/uploads/2015/06/Healing_with_Ayahuasca_2.jpg). Citirano 2. 2. 2019.

*Psychotria viridis* (spodaj). Foto: Društvo psihedelikov Slovenije.



Zanimivo je, da so imeli znanstveniki, ki so ajavasko preučevali, na začetku dvajsetega stoletja težave z doseganjem zamaknjene stanja. Takratna ajavaska verjetno ni vsebovala ene od glavnih učinkovin (dimetiltriptamina). Ljudstva danes uporabljajo drugačne pripravke. Ajavasko pripravljajo s kuhanjem zdrobljenega lubja oziroma debla ovijalke *Banisteriopsis caapi* in listov vrste *Psychotria viridis*. Po kuhanju sledita filtriranje in uparvanje (koncentriranje napitka). Napitek je rjavordeče barve in grenkega okusa (Callaway, Grob, 1998). Po zadnji oceni jo sedaj uporablja 72 staroselskih ljudstev, mestici na območju Peruja, Kolumbije in Ekvadorja ter tri organizirane religije iz Južne Amerike (Caiuby Labate, MacRae, 2010).

#### Katere so skrivnostne učinkovine?

Pri delovanju ajavaske je pomemben si-

nergijski učinek več bioaktivnih snovi:  **$\beta$ -karbolinov** (harmina, tetrahidroharmina in harmalina), pridobljenih iz lubja *B. caapi*, in **dimetiltriptamina (DMT)**, ki je prisoten v listih *P. viridis*.  $\beta$ -karbolini zavrejo delovanje encima MAO-A (monaminoksidaza), ki bi sicer razgradil psihoaktivno snov dimetiltriptamin. Namesto *P. viridis* se kot vir dimetiltriptamin lahko uporabljajo tudi listi vrst *P. leiocarpa* ali *P. carthaginensis* iz istega rodu ali pa listi vrste *Diplopterys cabrerana*. Ta farmakološko kompleksni mehanizem delovanja ajavaske je leta 1984 opisal etnofarmakolog Dennis McKenna (McKenna, 2008).

Včasih k mešanici dodajajo še vrsto *Nicotiana rustica*, ki vsebuje nikotin, ali rastline rodov *Brugmansia* in *Brunfelsia*, ki vsebujejo skopolamin in atropin. Te snovi namreč učinkujejo na parasimpatični in simpatični



*Izločanje učinkovin iz rastlinskega materiala v vodo. Foto: Barbara Bedenk iz Psihedeličnega društva Slovenije.*



živčni sistem – okrepijo halucinogeno delovanje ajavaske ter omilijo slabost in neprijetne fiziološke stranske učinke. Uporaba teh dodatkov je odvisna od namena zaužitja ajavaske.

Koncentracija alkaloidov v uporabljenih delih rastline *B. caapi* variira od 0,05 do 1,95 odstotka suhe teže, pri vrstah rodu *Psychotria* pa od 0,1 to 0,66 odstotka suhe teže (McKenna, 1984, in Lindgren, 1972). Količine alkaloidov v napitku se razlikujejo med posameznimi plemeni, predvsem zaradi različnega načina priprave. Pri perujskih plemenih so izmerili precej višjo vsebnost alkaloidov kot pri plemenih v zgornjem delu reke Purcoes v Braziliji (McKenna, 2008).

### Priprava na obred in vnos v telo

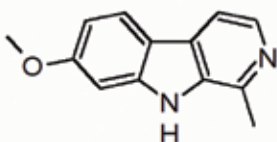
Pred obredom z ajavasko se je treba fizično in psihično pripraviti. Tradicionalna upora-

ba ajavaske je vključevala manj zahteven post: skromen zajtrk na dan zaužitja. Napitek je namreč treba uživati na prazen želodec. Z razvojem turistične ponudbe obredov z ajavasko se je razvila tudi zapletena priprava na obred (Ray in Lassiter, 2016; Kavenská in Simonová, 2015). Takrat se ima človek čas obrniti navznoter in se umiriti. Priprava vključuje tudi stroge predpise hranjenja pred obredom.

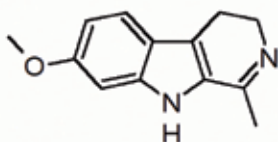
Pripravek za peroralno uporabo začne učinkovati 35 do 40 minut po zaužitju in traja približno štiri ure. Nekateri namesto uživanja tekočega pripravka kadijo sintetični dimetiltriptamin ali njuhajo rastlinske pripravke, kar povzroči intenzivne kratkotrajajoče od 5 do 15 minut dolge epizode (McKenna, 2008).



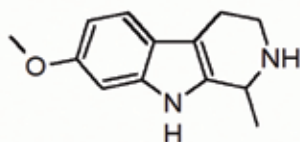
Filtriranje napitka po kuhanju. Foto: Barbara Bedenk iz Psihedeličnega društva Slovenije.

*Banisteriopsis caapi, Banisteriopsis inebrians, Banisteriopsis quitensis*

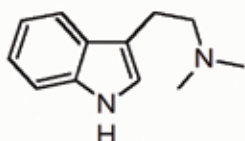
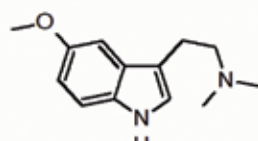
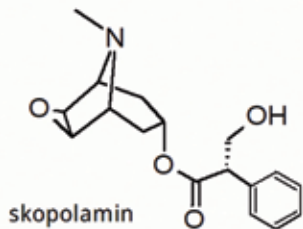
harmin



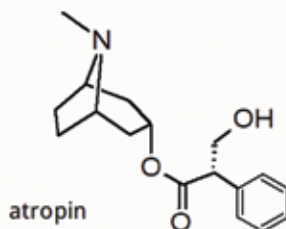
harmalin



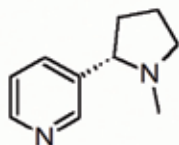
tetrahydroharmin

*Psychotria viridis, Psychotria carthagenensis, Virola theiodora ...  
Diplopterys cabrerana**N,N*-dimetiltryptamin  
(DMT)5-metoksi-*N,N*-dimetiltryptamin  
(5-MeO-DMT)*Brugmansia suaveolens, Brunfelsia chiricaspí, Brunfelsia grandiflora ...*

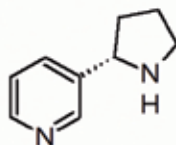
skopolamin



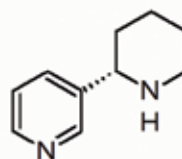
atropin

*Nicotiana rustica*

nikotin



nornikotin



anabazin

*Biokemijska struktura alkaloidov ajavaskе. Vir: Psibedelično društvo Slovenije.  
Dostopno na naslovu: <http://psibonavot.si/index.php/2016/11/26/ajavaska1>.*

### Učinki ajavaskе na telo in zavest po zaužitju napitka

V prehodnem stanju se pojavijo neprijetni fizični simptomi, kot so vrtoglavica, nemirnost, potenje in slabost, ataksija, tresavica, bruhanje, driska. Te simptome je mogoče olajšati z dodatkom nekaterih drugih rast-

lin. Nato se pojavijo videnja barvnih vzorcev (z zaprtimi očmi), preteklih dogodkov iz posameznikovega življenja in občutek čuječnosti (McKenna, 2008).

Doživetja ob zaužitju ajavaskе si vsak posameznik razlaga na podlagi lastnih življenjskih izkušenj in prepričanj. Ajavaskerji

velikokrat poročajo o videnju kače ali množice prepletenih kač, ki so lahko realistične ali psihedelično obarvane in imajo velike in pernate luske. Nekateri se s kačo, ki se jim prikaže, tudi poistovetijo ali pa jo razumejo kot zavetnika. Nekateri uporabniki poročajo tudi o letenju v oddaljene, a dejansko obstoječe kraje (na primer mesta na drugih celinah), o potovanju skozi vesolje ali v onostranstvo (Gorman, 2010).

Psihiater Claudio Naranjo je pri preučevanju harmina in harmalina opazil, da tudi ljudje, ki nikoli niso bili v pragozdu, pogosto videvajo kače, jaguarje in druge živali. Iz tega je sklepal, da ajavaska prikazuje biološko pogojene nezavedne arhetipe in ne zgolj doživljajev iz posameznikovega življenja (Stafford, 1992). Jeremy Narby pa je v devetdesetih letih na podlagi svojih doživetij in preučevanj razvil špekulacijo, ki pravi, da so ajavaskerjem prikazuje molekula DNA, ki pa si jo razlagajo kot kače (Narby, 2012).

### Skozi oči medicine

Psihedeliki (med drugimi ajavaska) so v splošnem nevarni predvsem zaradi dramatičnih učinkov na zavest. Povzročijo, da se človek znajde v tako imenovanem stanju razširjene zavesti, v katerem smo soočeni z neskončnostjo in neomejenostjo. Tega stanja, v katerem vlada kaos, ljudje nismo vajeni, zato se lahko počutimo ogrožene, doživimo napad tesnobe, panike ali psihotične epizode. Po drugi strani pa lahko ustvarjamo, če smo dovolj odprti za nova izkustva in se jim prepustimo, iz kaosa nov pomen. Odmeven dogodek, ki se je zgodil pod vplivom psihedelika LSD, je bila nesreča sina glasbenika Nicka Cavea. Na podlagi znanih dejstev ne moremo sklepati, kaj je takrat razmišljal in kako je videl svet, kot tudi ne tega, ali je padel ali skočil s pečine (Gayle, 2015). Da bi se izognili takim nesrečam, je pri delu s psihedeliki treba imeti varno okolje in zanesljivega vodiča.

Po drugi strani raziskave kažejo, da ima nadzorovana uporaba psihedelikov pozitivne

učinke na zdravljenje bolezni. Pri dolgotrajnih bolezenskih stanjih, kot je denimo depresija, gre za to, da bolnik stalno preleva iste vzorce razmišljanja. Na ravni živčnega sistema se dogaja, da so nevrnske mreže v možganih zelo dolgo fiksirane v enem stanju. Psihedelik (naj bo to ajavaska ali kateri drug) to mrežo zrahlja in vzpostavi druge povezave, kar se kaže v spremembi mišljenja in obnašanja. Človek dobi vpogled v stvari, rešitve, ki jih drugače ne vidi, in na podlagi tega naredi premik. Uvid v to, da obstaja rešitev za trenutne težave v posameznikovem življenju, je ključen tudi pri zdravljenju odvisnosti od alkohola in drog. Z zdravljenjem odvisnosti in travm s pomočjo psihedelikov se ukvarja psihedelična psihoterapija (Lukič, 2016). Odsvetujejo pa sočasno uporabo ajavaske in antidepresivov tipa SSRI (Callaway, Grob, 1998).

### Kaj pa s stališča zakonov?

Ajavaska je v sivem območju zakonodaje. V Sloveniji promet z ajavasko omejujeta 183. in 184. člen kazenskega zakonika. Ne gre za izrecno prepoved, ker ne gre za dimetil-triptamin, ampak pripravek, v katerega dimetil-triptamin ni bil dodan kot tak, temveč izvira iz sestave zelišča. V Sloveniji je ajavaska legalna, legalna je tudi uporaba, ne sme pa se je prodajati za humano uporabo ali ponujati kot zdravilo. Trgovanje z *B. caapi* pa je v skladu z zakonodajo.

Ponekod po svetu so si organizirane religije Santo Daime, União do Vegetal in Barquinha priborile dovoljenje za uporabo ajavaske kot zakramenta (med drugim v Združenih državah Amerike, v Nemčiji in na Nizozemskem) (McKenna, 2008; Caiuby Labate in MacRae, 2010).

### Za konec

Človek si že od nekdaj prizadeva, da bi razumel svojo transcendentno naravo. Nekatera ljudstva v ta namen že dolgo uporabljajo različne (rastlinske) pripravke, ki jih ponesejo v drugo stanje zavesti, vzbudijo



*Obred z ajavasko, ki ga izvajajo v enem izmed šamanskih centrov v amazonskem deževnem gozdu v Peruju – v Templju poti do svetlobe. Dostopno na naslovu: [https://templeofthewayoflight.org/wp-content/uploads/2015/08/Ayahuasca\\_ceremony.jpg](https://templeofthewayoflight.org/wp-content/uploads/2015/08/Ayahuasca_ceremony.jpg). Citirano 4. 1. 2019.*

v njih nenavadne in prej nezavedne občutke, jih dvignejo v ekstazo, ustvarjajo občutek medsebojne povezanosti ... Mnogo je tudi takih, ki danes v naravnih drogah iščejo spiritualnost, povezavo z bogom ali z vesoljem. Poleg duševnih uvidov, o katerih poročajo uporabniki, so opravili tudi znanstvene raziskave, ki pričajo o ajavaskini zmožnosti zdravljenja telesa.

Področje vpliva psihoaktivnih drog na telo ponuja še veliko možnosti za znanstvene raziskave – treba pa je seveda znati zastavljati prava vprašanja.

V Sloveniji obstaja Psihedelično društvo Slovenije, ki na spletni strani <http://psiho-navt.si/> ponuja verodostojne informacije o ajavaski, ki se ujemajo z informacijami iz pregledanih primarnih virov. Poslanstvo društva je, da bi se družba s pomočjo odgovorne in varne uporabe rastlin, gob in psihedelčnih tehnik podala na pot iz »duhovnega mrtvila, v katerem smo se znašli«.

#### **Slovarček:**

**Arhetip.** Univerzalni, podzavestni vzorec obnašanja in delovanja.

**Transcendenten.** Tisti, ki presega naravno, zemeljsko, meje zavesti.

**Serotonin.** Hormon in živčni prenašalec. Veže se na različne receptorje, med drugim sodeluje pri mehanizmu krčenja in širjenja krvnih žil.

#### Literatura:

Brabec de Mori, B., 2011: *Tracing Hallucinations: Contributing to a Critical Ethnohistory of Ayahuasca Usage in the Peruvian Amazon*.

Callaway, J. C., Grob, C. S., 1998: *Ayahuasca preparations and serotonin reuptake inhibitors: a potential combination for severe adverse interactions. Journal of Psychoactive Drugs*, 30: 367–369.

Gayle, D., 2015: *Nick Cave's son took LSD before cliff fall death, inquest hear. The Guardian (Culture)*, 10. 11. 2015.

Gorman, P., 2010: *Ayahuasca in my blood: 25 years of medicine dreaming. Gorman Bench Press*.

Labate, H., B. C., 2011: *The Internationalization of Ayahuasca. Zürich: LIT Verlag*, 23–47.

Lindgren, J., Rivier, L., 1972: *Ayahuasca, the South American hallucinogenic drink: Ethnobotanical and chemical investigations. Economic Botany*, 29: 101–129.

Lukič, L.: *Terapija s psihedeliki: Človek mora priti do svojega koščka teme, da ga lahko predela. Dostopno na naslovu: <https://www.rtvslvo.si/zdravje/novice/terapija-s-psihedeliki-clovek-mora-priti-do-svojega-koscka-teme-da-ga-labko-predela/406008>. Citirano 4. 1. 2019.*



MacRae, E., 2010: *Ayahuasca, Ritual and Religion in Brazil*. London: Routledge.

McKenna, D. J., Callaway, J. C., Grob, C. S., 2008: *The Scientific Investigation of Ayahuasca – A Review of Past and Current Research*. Dostopno na naslovu: <http://www.ayahuasca.com/science/the-scientific-investigation-of-ayahuasca-a-review-of-past-and-current-research/#comments>. Citirano 10. 3. 2017.

McKenna, D. J., Towers, G. H. N., 1984: *Biochemistry and pharmacology of tryptamines and  $\beta$ -carbolines: A minireview*. *Journal of Psychoactive Drugs*, 16: 347-358.

Narby, J., 1999: *The Cosmic Serpent, DNA and Origins of Knowledge*. London: Orion Books Ltd.

Ray, R. R., Lassiter, K. S., Ayahuasca Treatment Center (2016): *Safety for the Western Seeker*. *Anthropology of Consciousness*, 27: 121–150.

Schultes, R. E., Hofmann, A., Rätsch, C., 2001: *Plants of the gods: Their sacred, healing, and hallucinogenic powers*. Rochester: Healing Arts Press, 124-139.

Stafford P., 1992: *Psychedelics encyclopedia*. 3<sup>rd</sup> ed. California: Ronin Publishing, 333–358.



**Petra Pavšič** je absolventka biologije na Biotehniški fakulteti v Ljubljani. Narava in njene skrivnosti jo od nekdanj privlačijo, zato rada preživlja čas v gozdu, v hribih, ob reki in drugod, kjer opazuje življenje okoli sebe. Je tudi aktivna jamarka v Jamarskem klubu Železničar, kjer letos spomladi vodi jamarsko šolo. V prostem času se posveča glasbi, piše poezijo in ustvarja z barvami.

# KamenCheck – učni pripomoček za prepoznavanje in razvrščanje kamnin

Rok Brajkovič, Nina Valand, Katarina Kadivec, Dominik Božič, Petra Žvab Rožič

Aplikacija *KamenCheck* je prvi slovenski digitalni učni pripomoček s področja geologije. Pomaga pri aktivnem poučevanju in učenju geoloških vsebin v formalnem šolskem sistemu (Peck, 2001). Vsebine so zasnovane na podlagi analiz veljavnih nacionalnih učnih načrtov ter prilagojene potrebam učiteljev in učencev. Učni pripomoček *KamenCheck* uporablja inovativni pristop k

poučevanju in omogoča možnost interaktivnega učenja tako v učilnici kot v naravi. Aplikacija deluje v sistemu Android in je prosto dostopna ter tako uporabna tudi za vse zainteresirane družbene organizacije v neformalnem izobraževanju in ostale navdušence za geologijo.

Za uporabo aplikacije v formalnem izobraževanju je bil izdelan tudi nov pristop poučevanja, ki temelji na opazovanju in preizkušanju lastnosti mineralnih zrn in kamnin. Ustvarjen je bil dihonomni *Kamninski ključ*, s katerim lahko le z odgovarjanjem na vprašanja (da/ne) določimo 28 značilnih slovenskih kamnin. Vprašanja pogosto vključujejo povezave do novih pojmov in poskusov, ki so predstavljeni v poglavju aplikacije, imenovanem *Mala šola*. V poglavju *Enciklopedija* so predstavljene značilnosti vključenih kamnin, njihov nastanek in zanimivosti (slika 1). V članku je predstavljena pot do določitve značilnih slovenskih kamnin, katerih ime lahko določimo le z opazovanjem in preizkušanjem njihovih lastnosti. Podane so tudi osnovne informacije o sestavi kamnin in njihovem nastanku. Z njimi je mogoče izboljšati razumevanje te osnovne, za družbo pomembne geološke tematike.

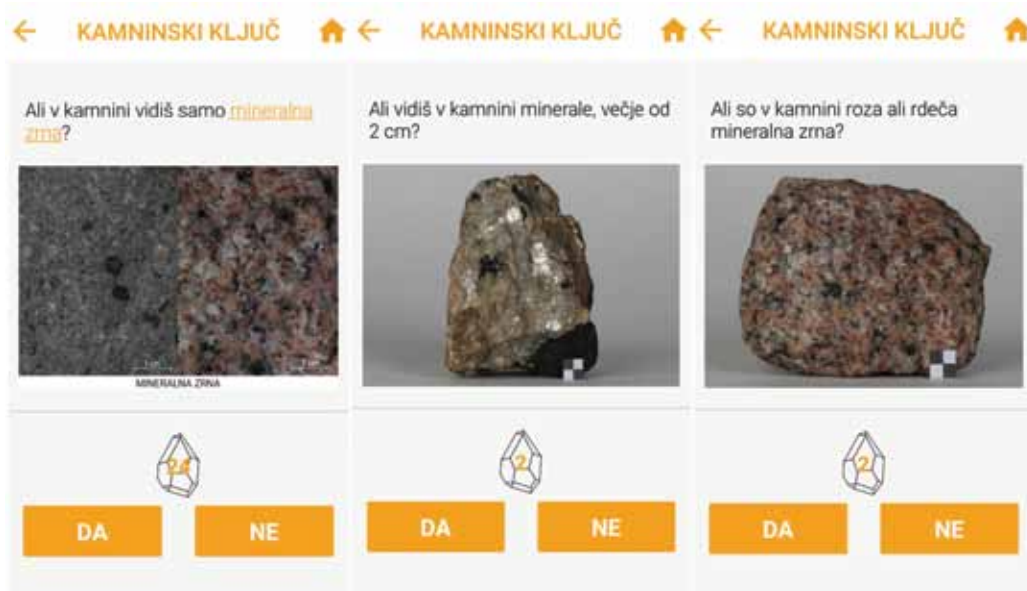
## Lastnosti mineralnih zrn in kamnin, pomembne za razumevanje *Kamninskega ključa* – *KamenCheck*

### Kaj so mineralna zrna (minerali)?























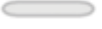






Mineralna zrna so osnovni gradniki kamnin, zato je njihovo poznavanje pri določevanju kamnin zelo pomembno. V osnovni in srednji šoli tematiko poučujejo zelo sko-



Slika 1: Začetni zaslon aplikacije KamenCheck z glavnimi poglavji in informacijami.



Slika 2: Prepoznavanje mineralov v aplikaciji s preprostimi vprašanji.

 KAMENCHECK	POMEMBNE ZNAČILNOSTI	BARVA MINERALNEGA ZRNA	BARVA ČRTE	TRDOTA	KAMNINOTVORNA MINERALNA ZRNA
<b>KREMEN</b>	Eno najpogostejših mineralnih zrn v kamninah. Opazimo ga kot prozorne minerale, s steklastim sijajem.			7: razi steklo 	
<b>MUSKOVIT in BIOTIT</b>	Lističasta mineralna zrna, ki ju na pogled ločimo po barvi; muskovit je srebrn, biotit je črn.			2-3: kovanec ga razi 	
<b>GLINENEC</b>	Rožnata mineralna zrna pogosto pravokotne oblike, bela nepravilnih oblik.			6: razi steklo 	
<b>AMFIBOL in PIROKSEN</b>	Med seboj ju samo z opazovanjem težko ločimo.			5-6: razi kovanec (5) ali steklo (6) 	
<b>OLIVIN</b>	Olivno zelena mineralna zrna s steklastim sijajem.			6,5-7: razi steklo 	
<b>GRANAT</b>	Kroglast mineral, običajno rdeče barve			6,5-7,5: razi steklo 	
<b>KALCIT in DOLOMIT</b>	V Sloveniji večino kamnin sestavljata kalcit in dolomit. Kalcit hitro reagira s hladno razredčeno HCl, dolomit ne.			3-4: kovanec ga razi 	

Slika 3: Osnovne lastnosti glavnih kamninotvornih mineralov, uporabljene v aplikaciji.

po, zato so vprašanja v kamninskem ključu vezana le na osnovne in lahko razumljive lastnosti mineralnih zrn.

### Kako opišemo in prepoznamo mineralna zrna v kamnini?

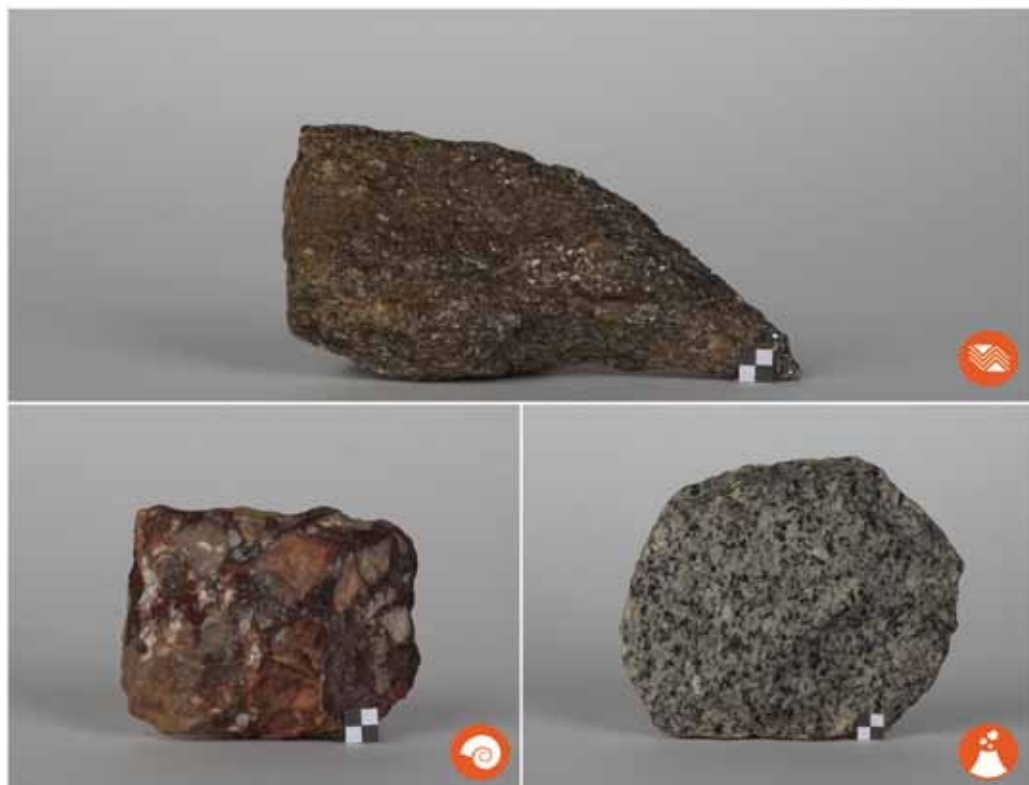
Mineralna zrna v kamnini z učnim pripomočkom *KamenCheck* uporabnik posredno prepozna z opazovanjem pri vprašanjih v *Kamninskem ključu* (slika 2).

V ključu za mineralna zrna določamo njihovo barvo, obliko, trdoto in reakcijo z razredčeno klorovodikovo kislino (HCl). Te lastnosti mineralnih zrn se kažejo tudi v lastnostih kamnine, ki jo sestavljajo, zato je natančnost pri opazovanju zelo pomembna. Pri opazovanju in preizkušanju lastnosti si uporabnik lahko pomaga s slikami, grafikami in poskusi.

Tovrstni način opisovanja in prepoznavanja mineralnih zrn v kamnini ima veliko omejitev. V prid uporabljenemu načinu preiskovanja govori dejstvo, da je le približno trideset mineralov tako zelo pogostih, da jim rečemo kamninotvorni, in samo deset je takih, ki gradijo kar 90 odstotkov mase Zemljine skorje. Ta mineralna zrna se z načelom, ki smo ga predstavili, da ločiti le z osnovnimi preiskovalnimi tehnikami ter opazovanjem njihovih lastnosti (slika 3).

### Kaj so kamnine?

Kamnine so tisto, kar sestavlja Zemljino skorjo. Gradijo kopno in oceansko dno. Prisotne so povsod na Zemlji, vendar jih pogosto prekrivajo tla. Na njih živimo in nam nevede sooblikujejo življenje. Večina kamnin je sestavljenih iz več različnih mineralnih



Slika 4: Metamorfna, sedimentna in magmatska kamnina.



zrn, obstaja pa tudi nekaj kamnin, ki jih sestavljajo mineralna zrna enega minerala. Glede na nastanek poznamo tri skupine kamnin, in sicer magmatske, sedimentne in metamorfne (slika 4).

Kamnine se v naravi zaradi zunanjih in notranjih dejavnikov neprestano preoblikujejo. Iz kamnin ene skupine lahko kasneje nastanejo kamnine drugih dveh skupin. Vse vrste kamnin s časom postanejo sediment, ki je nevezana kamnina (na primer pesek). Po eroziji, transportu in sedimentaciji je sediment polagoma zakopan pod površje, kjer je stisnjen, mineralne snovi, ki so raztopljene

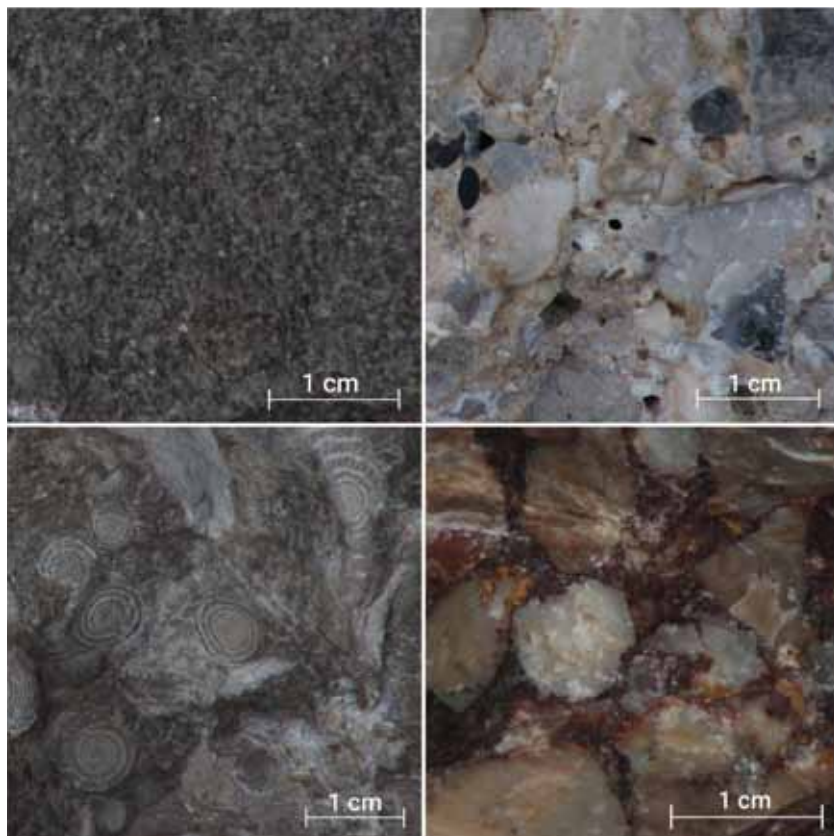
v podzemni vodi, pa nesprijete delce zacementirajo v sedimentno kamnino. Kadar na kamnino delujejo procesi metamorfoze, se preoblikuje v metamorfno kamnino. Če pa se kamnina globoko pod Zemljinim površjem ponovno stali, novo nastalo snov imenujemo magma. Ko se magma (ali lava) ohladi in kristalizira, iz nje nastanejo magmatske kamnine (slika 5).

*Magmatske kamnine* nastajajo s kristalizacijo magme v notranjosti Zemlje ali iz lave na površju Zemlje. Magma se deli na globočnine in predornine. Globočni-



Slika 5: Kamninski krog.





Slika 8: Različna sedimentna zrna.

ne z aplikacijo *KamenCheck* prepoznamo na podlagi mineralne sestave in strukture (slika 7) (Gillespie, 1999).

**Sedimentne kamnine** so sestavljene iz sedimentnih in mineralnih zrn. Sedimentna zrna so koščki kamnin, nastali s preperevanjem, preperela in prenesena mineralna zrna in fosili (slika 8).

V aplikaciji *KamenCheck* opisujemo njihovo velikost in obliko. Zrna so po velikosti ločena od največjih do najmanjših na grušč oziroma prod, pesek, melj in glino. Zrna po obliki, ki je odvisna od dolžine transporta in trdote zrn, delimo na zaobljena in nezaobljena ali ostroroba.

Klastične sedimentne kamnine nastanejo iz sedimentnih zrn. Prepoznamo jih po prevladujoči velikosti in obliki sedimentnih zrn. Kemične sedimentne kamnine nastanejo z izločanjem mineralov iz prenasičene

vodne raztopine. Med seboj jih razlikujemo na podlagi mineralnih zrn, ki jih sestavljajo. Biokemične sedimentne kamnine nastanejo s pomočjo organizmov, ki v procesu nastanka sodelujejo na dva načina: s svojim delovanjem pospešijo izločanje mineralov iz raztopine ali pa tvorijo mineralne skelete. Različne biokemične sedimentne kamnine prepoznamo na podlagi mineralne sestave (slika 9) (Hallsworth in Knox, 1999).

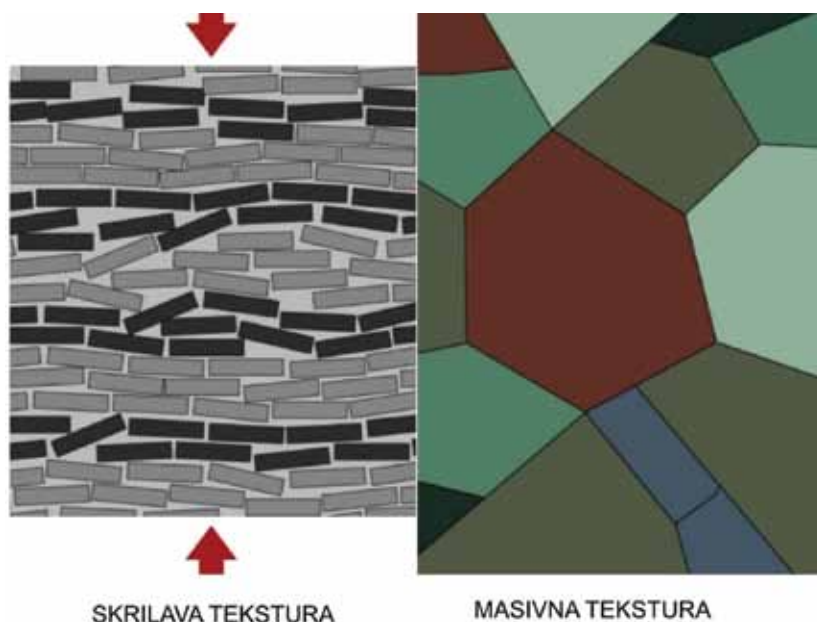
**Metamorfne kamnine** nastanejo z metamorfozo magmatskih, sedimentnih ali že obstoječih metamorfnihih kamnin pri povišanih temperaturah in tlakih ter ob prisotnosti tekočin in plinov. Pri procesu metamorfoze se lahko spremenita mineralna sestava in tekstura kamnine. Do metamorfoze običajno prihaja globoko v Zemlji na stikih tektonskih plošč, kjer ena plošča tone pod



Slika 9: Kamninski ključ za sedimentne kamnine, vključene v aplikacijo (z rumeno barvo so označene povezave na Malo Solo).

drugo, ali zaradi vtiskanja magme v trdno Zemljino skorjo. Metamorfne kamnine so, tako kot magmatske, v celoti sestavljene iz mineralnih zrn. Njihova sestava je odvisna

od izvirne kamnine, značilne teksture pa nastajajo pod vplivi temperature in različne usmerjenosti tlaka. Tako poznamo dve značilni teksturi metamorfnih kamnin, ma-



Slika 10: Značilni teksturi metamorfnih kamnin.



sivno in skrilavo (slika 10).

Značilnost masivne teksture je, da jo sestavljajo mineralna zrna podobne velikosti, ki ne kažejo usmerjenosti, kot je to opazno pri skrilavi teksturi. Za skrilavo teksturo metamorfne kamnine so poleg usmerjenosti mineralnih zrn značilne tanke in ravne, nekaj milimetrov do nekaj centimetrov debele plasti. Skrilava kamnina se zato lahko razlomi v plošče. Metamorfne kamnine z aplikacijo *KamenCheck* prepoznamo na podlagi teksture ter velikosti in sestavi mineralnih zrn (slika 11) (Robertson, 1999).

### Zakaj uporabljati aplikacijo *KamenCheck*?

Učni pripomoček *KamenCheck* pomaga učiteljem pri podajanju in učencem pri razumevanju snovi. Uporaba je priporočljiva že v 4. razredu osnovne šole pri predmetu Družba, najbolj pa pri predmetih Naravoslovje in Geografija v osnovni šoli ter pri predmetu Geografija v srednji šoli. Z uporabo učnega pripomočka *KamenCheck* se odmaknemo od reproduktivnega načina učenja, saj načelo učenja z aplikacijo temelji na opazovanju in preizkušanju lastnosti mineralnih zrn in

kamnin ter tako uporabniku z izkustvenim učenjem omogoča razumevanje tematike na višji ravni. Da bi povečali trajnost znanja osnovne geološke tematike in dosegli razumevanje pomena kamnin za družbo, priporočamo uporabo aplikacije *KamenCheck* kot učnega pripomočka na vseh stopnjah formalnega in tudi neformalnega izobraževanja skupaj z metodami za aktivno poučevanje.

### O projektu

Aplikacija je bila narejena v okviru študentskega projekta, ki je bil sofinanciran s strani javnega Štipendijskega, razvojnega, invalidskega in preživninskega sklada Republike Slovenije, Ministrstva za izobraževanje, znanost in šport ter sredstev iz Evropskega socialnega sklada Evropske unije. V projektno skupino so bili vključeni študenti in mentorji treh študijskih smeri, in sicer Geologije, Grafičnih in interaktivnih komunikacij ter Elektrotehnike in multimedije, pri razvoju aplikacije pa smo sodelovali s podjetjem DigiEd d.o.o. Več o aplikaciji in ekipi si lahko preberete na spletni strani projekta <http://kamencheck.digied.si/>, spremljate pa



Slika 11: Kamninski ključ za metamorfne kamnine, vključene v aplikacijo (z rumeno barvo so označene povezave na Malo šolo).

nas lahko tudi na Facebook in Instagram profilih *KamenCheck* ali pišete na elektronski naslov [kamen-check@geo.ntf.uni-lj.si](mailto:kamen-check@geo.ntf.uni-lj.si). Nadaljnje razvijanje aplikacije poteka v okviru Evropskega inštituta za inovacije in tehnologijo – projekta Geološkega zavoda Slovenije RM@SCHOOL 3.0 ter Oddelka za geologijo Naravoslovnotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Literatura:

- Peck, D., 2001: *The Rock Identification Key*. Warren, New Jersey.
- Gillespie, M. R., Styles, M. T., 1999: *BGS Rock Classification Scheme - Volume 1: Classification of igneous rocks*. (99 str.) *British Geological Survey Research Report, (2nd edition)*.
- Hallsworth, C. R., Knox, R. W. O'B., 1999: *BGS Rock Classification Scheme - Volume 3: Classification of sediments and sedimentary rocks*. (99 str.) *British Geological Survey Research Report*.
- Robertson, S., 1999: *BGS Rock Classification Scheme - Volume 2: Classification of metamorphic rocks*. (99 str.) *British Geological Survey Research Report*.

*Ampleksus.*



# Tudi dvoživke imajo svojo pot

*Živa Bombek*





Dvoživkam po vsem svetu grozi izumrtje. Na njihov upad vpliva mnogo dejavnikov: krčenje njihovega življenjskega prostora, zasipavanje mlak, vse gostejši promet in bolezni.

Vsako pomlad, ko se nočna temperatura dvigne nad 5 stopinj Celzija in je v zraku dovolj vlage, se dvoživke selijo od sončnega zahoda do poznega večera iz svojih prezi-

movališč, ki so v gozdovih, v mokrišča. Živali se namreč ne morejo razmnoževati, če ni vode. V mokriščih potem odlagajo jajčeca v vodo in se razmnožujejo. Na žalost se te selitve za mnoge dvoživke mnogokrat prekinajo, saj se selijo pogosto preko prometnih cest, tu pa prihaja do množičnih povozov.

Pred štirimi leti sem izvedela za prevoz dvoživk v Orešju. Odločila sem se, da pomagam. Vzela sem vedro, odbojni jopič,







*Znak za dvoživke.*



svetilko in začela. Na cesti je bilo toliko povozenih žab, da asfalta skoraj ni bilo videti. Za pomoč sem prosila Herpetološko društvo Slovenije, katerega članica sem. Z veseljem so mi pomagali z znanjem, ki ga imajo na tem področju. Prvo leto sem žabice pobirala sama, pomagala mi je le mama. Sedaj, ko oskrbujem to mesto že četrto leto, se nama je pridružilo še nekaj ljudi, ki jim ni vseeno za naše dvoživke.

V Sloveniji je takih črnih točk še mnogo in v kar nekaj predelih so dvoživke izumrle, ker jim niso pravočasno pomagali.

Povozene dvoživke so popolnoma nepotrebne žrtve in moramo jim pomagati, saj so dvoživke podobno kot čebele zelo pomembne za zdravi ekosistem.

Na območju Orešja, kjer pomagam dvoživkam, populacija dvoživk narašča in vem, da v naslednjih letih brez denarne pomoči Mestne občine Ptuj ne bom zmogla vzdrževati ograje ob cesti v obdobju selitve dvoživk.

Reševanje dvoživk poteka namreč tako, da vsak večer od mraka do osme ure zvečer nosim dvoživke z vedrom z ene strani ceste na drugo stran, območje pa je veliko približno 600 metrov. Počasi se med letom dvoživke vrnejo nazaj v gozdove in naslednje leto se življenjski krog ponovi.

*Zelena rega ali božja žabica (Hyla arborea) je v Sloveniji ena in edina vrsta od skupaj 218 vrst iz rodu reg (Hyla), ki živijo na Zemlji.*



*Rosnica ali sivka (Rana dalmatina) je razširjena po vsej Sloveniji.*



*Veliki pupek (Triturus carnifex) je vrsta pupka iz družine Salamandridae, ki je domorodna tudi v Sloveniji.*



# Bobri ob reki Pesnici

*Mirko Cigula*

Na sprehodu ob strugi reke Pesnice v bližini Dornave, na izlivu stare v novo strugo, sem naletel na manjšo fizično zaporo čez vodno strugo. Sestavljena je bila iz polomljenih vej, da sem lahko po njej brez težav prečkal potok. Najprej sem pomislil, da je izvajalec del, ki ravno v tem času obrezuje vegetacijo ob strugi reke, pozabil na polomljene veje in jih je voda naplavila skupaj. Ker pa je bilo v bližini podrtih še več dreves, ki rastejo tik ob vodi, in to precej debelih, sem stopil bliže vodni strugi in opazil, da so vsa debla oglodana do take globine, da so sama padla. Na odstranjenem lubju se lepo vidijo sledi zobovja glodavcev. Naredil sem nekaj

posnetkov, da sem lahko doma pobrskal po spletu in primerjal, če so to res povzročili bobri. Kot otrok sem tu namreč pasel krave, lovil ribe, že dlje časa se ob Pesnici sprehajam, pa tega do sedaj še nikoli nisem opazil.

Ob prebiranju na spletu sem ugotovil, da so se bobri iz sosednje Hrvaške po strugi Drave res preselili k nam in tudi v pritoke reke Drave. Od nas do izliva reke Pesnice v Dravo pa je samo deset kilometrov. Upajmo, da izvajalci del ravno zdaj ne bodo posekali vsega gradbenega materiala za naše nove stanovalce, ki so po pripovedovanju ljubitelji čiste oziroma manj onesnažene vode. Želim



*Bobri zopet puščajo sledove ob Pesnici. Foto: Mirko Cigula.*



*Bobri nam spet lepšajo dan. Foto: Mirko Cigula.*

jim prijetno bivanje v našem okolju.

Pa še nekaj. Ko sem kot otrok z očetom ribaril v stari strugi Pesnice, je bila voda tako bistra in čista, da smo jo lahko pili, ribe pa smo opazovali kot danes v akvariju. In ne boste verjeli, to zimo, kot sem opazil danes, je voda v Pesnici čista, kot je bila nekdaj. Še posebej v stari strugi, kjer sta flora in favna zelo bogati. Bojim pa se, da bodo uničili ta naravni čistilni vrt z deli, ki jih to zimo izvajajo ob regulaciji brežin stare struge Pesnice, kjer odstranjujejo z izkopavanjem vso obstoječo vegetacijo. Upajmo, da vedo, kaj delajo, v nasprotnem primeru jim je treba pomagati. Tudi živali nam lahko polepšajo dan, zato jih pustimo tam, kamor sodijo.



# Astronomi potrdili razpadanje zvezdne kopice

*Mirko Kokole*

Plejade ali Gostosevci so nedvomno najbolj znana razsuta zvezdna kopica, ki jo poznajo tudi tisti, ki z očesom le bežno preletijo nočno nebo. Plejade, ki se nahajajo v ozvezdju Bika, lahko v pomladanskih večernih urah vidimo nad zahodnim obzorjem. V ozvezdju Bika pa se nahaja še ena razsuta zvezdna kopica, ki jo le malokdo opazi, saj so njene zvezde po nebu bolj razpršene. To je zvezdna kopica Hijade, ki jo najdemo okoli najsvetlejših zvezd v ozvezdju Bika Aldebaran.

Hijade so razsuta zvezdna kopica, ki je od nas oddaljena le 151 svetlobnih let (svetlobno leto je razdalja, ki jo svetloba prepotuje v enem letu) in je tako nam najbližja zvezdna kopica. S prostim očesom vidimo približno šest svetlih zvezd modre barve, ki so raztresene okoli Aldebarana. Aldebaran je izrazito oranžne barve in ni član zvezdne kopice. Mitološko so Hijade hčere Atlasa in Ètre, so torej polsestre Plejad. Zanimivo je, da so ne samo v naši kulturi, temveč tudi v drugih kulturah povezane s pričetkom in kon-

*Aldebaran in Hijade. Foto: NASA, ESA, STScI.*



cem deževnega obdobja. Nekateri domneva-  
jo, da tudi njihovo ime izvira iz grške bese-  
de za dež (ὕετός).

Hijade so najsvetlejša razsuta zvezdna ko-  
pica in vsebujejo kar nekaj dvojnih zvezd,  
ki jih lahko razločimo s prostim očesom.  
Najbolj zanimive so  $\theta^{1,2}$ , njuni sestavini  
imata magnitudi 3,8 in 3,4 in sta razmakn-  
jeni za 5,6 ločne minute. Najdemo ju desno  
od Aldebarana. Naslednja dvojnica je  $\delta^{1,2}$ ,  
katere sestavini imata magnitudi 3,8 in sta  
razmaknjeni za 18 ločnih minut. Zadnja  
svetlejša dvojnica je  $\sigma^{1,2}$ , njuni sestavini pa  
imata magnitudi 5,0 in 4,7 ter sta razmakn-  
jeni za 7,2 ločne minute. Če bomo uporabili  
daljnogled, bomo lahko videli še kakih dva-  
najst dodatnih zvezd Hijad, ki sicer vsebu-  
jejo skupaj približno štiristo zvezd.

Razsute zvezdne kopice so skupine med se-  
boj povezanih mladih zvezd, ki so skupaj  
nastale iz istega oblaka plinov in prahu.  
Ponavadi jih sestavlja nekaj sto zvezd. Za  
astronome so še posebej zanimive, ker so  
vse nastale ob približno istem času, iz is-  
tega materiala in na istem mestu. Hija-  
de so prav zaradi svoje bližine ena najbolj  
preučevanih zvezdnih kopic, kljub temu pa

še vedno prinašajo nova spoznanja oziroma  
vsaj potrditve teoretičnih predvidevanj. Prav  
zadnje se je zgodilo pred nedavnim, ko sta  
skupini nemških in avstrijskih astronomov s  
pomočjo podatkov, ki jih je zbral vesoljski  
teleskop *Gaia*, prvič potrdili, da zvezdna  
kopica počasi razpada. To so dokazali tako,  
da so poiskali vse zvezde, ki pripadajo tej  
zvezdni kopici, tudi tiste, ki niso navidezno  
blizu na nebu. Rezultati so pokazali, da ima  
kopica dva značilna repa, enega pred seboj  
in enega za seboj, če gledamo njen položaj  
v galaksiji. Takšna struktura je značilna za  
zvezdne kopice, na katere vplivajo plimske  
sile galaksije, ki so jih do sedaj predvide-  
vali le teoretično. S izjemno veliko količino  
in natančnostjo podatkov, ki jih je prinesla  
*Gaia*, pa so lahko ta teoretična predvidevan-  
ja tudi potrdili. To je velik uspeh in prav  
gotovo bodo podatki, ki jih je zbrala *Gaia*,  
pripomogli še k mnogim drugim odkritjem  
in potrditvam teoretičnih predvidevanj.  
Medtem ko astronomi in njihovi računal-  
niki pridno prečesavajo podatke, pa lahko  
mi v vedno bolj toplih nočeh uživamo ob  
opazovanju Hijad ter drugih lepot nočnega  
neba.

## Popravek

V dvojni številki 3–4 lanskega, 80. letnika revije *Proteus* smo na straneh od 166 do 179 objavili prispevek z naslovom *Rezultati natečaja naravoslovne fotografije za leto 2017* avtorice Petre Draškovič Pelc. Na strani 170 smo objavili fotografijo z naslovom *Skrbna in previdna mamica na Blokah*, kot avtorica je zapisana Lana Trtnik. Pred kratkim se

je izkazalo, da je dejanski avtor fotografije Janez Papež, zato 2. nagrado v starostni skupini od 11 do 14 let Lani Trtnik preklicujemo. Prav tako preklicujemo priznanje za ostale tri fotografije istega avtorja, ki ga je prejela Lana Trtnik.

Ponovno objavljamo fotografije s pravilno navedenimi naslovi in imenom avtorja.



*Košuta pri dojenju. Avtor: Janez Papež.*



*Mama medvedka. Avtor: Janez Papež.*



*Srna z mladičem. Avtor: Janez Papež.*



*Divji prašiči. Avtor: Janez Papež.*

# DIVJI ZAHOD - SRBIJA

29. junij – 5. julij 2019



Zahodna Srbija se še vedno lahko ponaša z divjo in neokrnjeno naravo. Številna gorovja, planote, reke, ki so vanje vrezale globoke soteske, slapovi, kraške jame in prostrani gozdovi nam ponujajo široko paleto naravnih bogastev. Odlične destinacije, okusna domača hrana pri prijaznih in gostoljubnih domačinih, ohranjena bogata kulturna in naravna dediščina ter vrhunsko vodstvo krajevnega vodnika – več kot dovolj

razlogov, da Zahodno Srbijo obiščete z nami.

# ARMENIJA IN GORSKI KARABAH

19. julij – 2. avgust 2019



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 Armenski visoki planoti 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 z iznajdljivostjo in sposobnostjo preživetja. Vse to je dežela, ki vsakemu obiskovalcu pusti trajen in nepozaben pečat.

ISSN 0033-1805



9 770033 180000

Ceno potovanj in podrobnejše programe si lahko ogledate na spletni strani [www.proteus.si](http://www.proteus.si), več informacij dobite v upravi društva na telefonski številki **01 252 19 14** ali na elektronskem naslovu [prirodoslovno.drustvo@gmail.com](mailto:prirodoslovno.drustvo@gmail.com).