

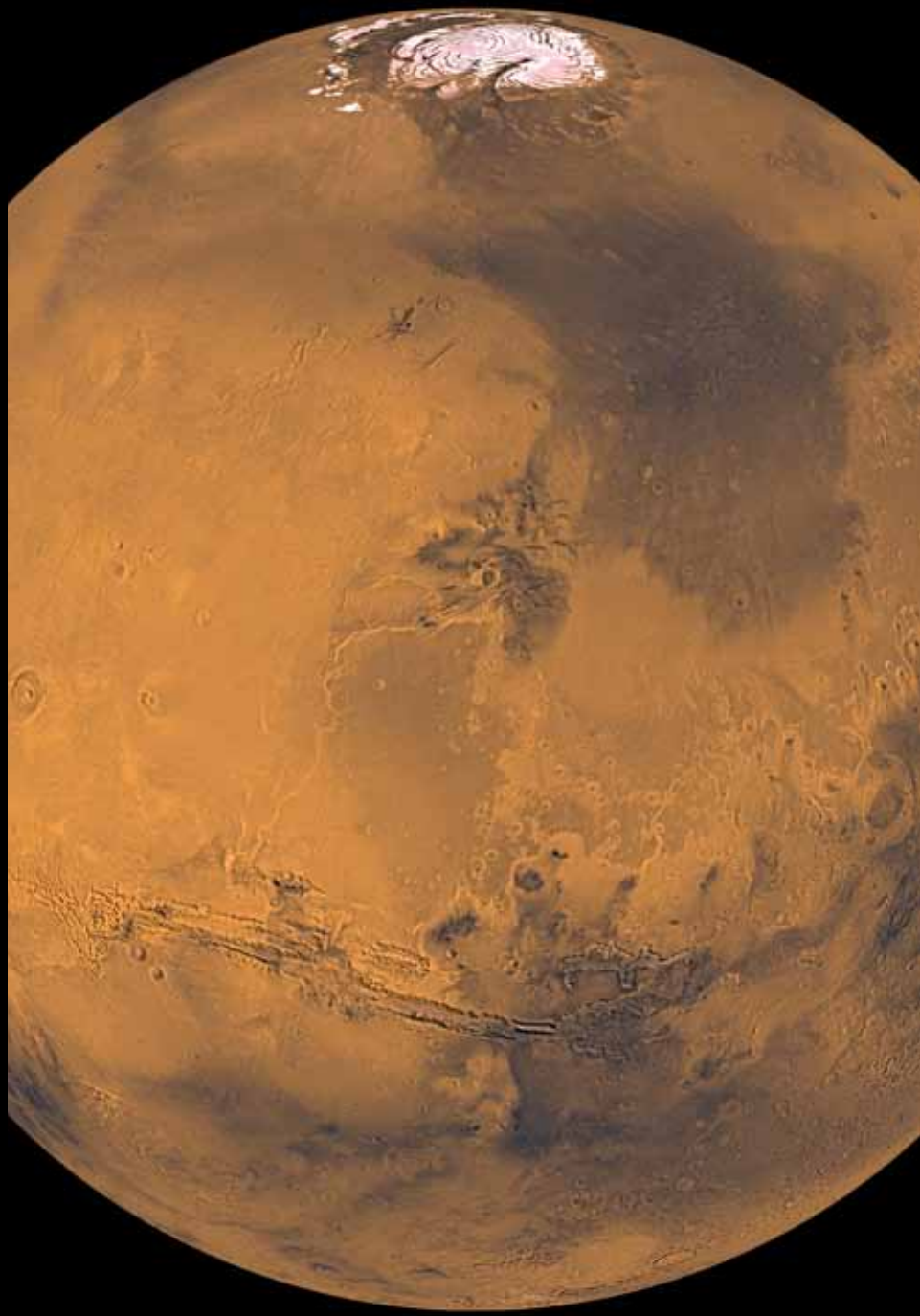
# PROTEUS

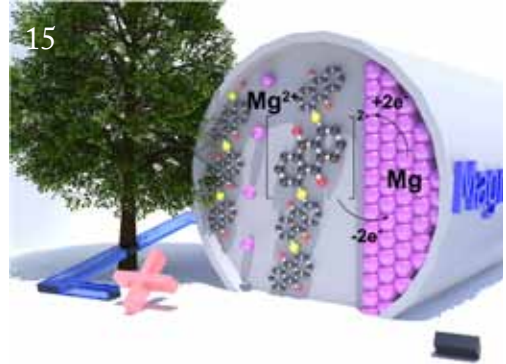
*mesečnik  
za poljudno  
naravoslovje*



September 2020, 1/83. letnik  
cena v redni prodaji 5,50 EUR  
naročniki 4,32 EUR  
upokojenci 3,55 EUR  
dijaki in študenti 3,36 EUR

[www.proteus.si](http://www.proteus.si)





3 Table of Contents

4 Uvodnik  
*Tomaž Sajovic*

6 Botanika  
**Kaj pravijo makrofiti na reki Rak?**  
*Živa Lampret, Žiga Tertinek, Larisa Vodopivec, Matic Gabor, Gregor Aljancič, Mateja Germ*

15 Kemija  
**Multivalentni akumulatorji**  
*Jan Bitenc*

22 Medicina  
**Medicinska hipnoza – zdravljenje z besedo**  
*Maks Tušak*

33 Mineralogija  
**Mineraloška dediščina rudnika Sitarjevec (drugi del)**  
*Mirjan Žorž, Igor Dolinar, Miba Jeršek, Mirjam Vrabec*

46 Naše nebo  
**Mars v opoziciji**  
*Mirko Kokole*

## Contents

## Editorial

*Tomaž Sajovic*

## Botany

### What Can We Learn from Macrophytes on the Rak River?

*Živa Lampret, Žiga Tertinek, Larisa Vodopivec, Matic Gabor, Gregor Aljančič, Mateja Germ*

Rakov Škocjan Landscape Park is a valley formed by the Rak River and is packed with karst phenomena. It shows a different face every season, always beautiful, surprising and unique. It is included in the *Natura 2000* network as part of the Notranjska Regional Park. Running through the valley is the Rak, a tributary of Lake Cerknica and a sinking karst stream, which can be seen running from Small to Big Natural Bridge. Despite its short length the river features diverse stands of aquatic plants, or aquatic macrophytes, as we scientists call them. Their presence and distribution was determined from a boat using a telescopic pole with a hook. In a 2-km stretch we found as many as 38 taxa, including mosses and vascular plants. Most of them were emergent or wetland plants, many amphibian in nature, which allows plants to survive in a stream with a changing water level such as the Rak river. The river system is natural, with negligible human impact, which is limited mainly to the central and lower course of the river, where meadows are mown.

## Chemistry

### Multivalent Batteries

*Jan Bitenc*

We all want a battery made of available, environmentally friendly materials, and we want it to store more energy in the same mass or volume than the currently available Li-ion batteries. One option is to use metals capable of exchanging more electrons per atom (magnesium, calcium, aluminium). These metals are significantly less prone to the formation of dendrites, deposits that lead to serious safety hazards. Dendrite formation is a major concern preventing the use of lithium metal, which would substantially raise the energy density of lithium ion batteries. The development of multivalent batteries, on the other hand, is often hindered by the lack of electrolytes and suitable inorganic cathodes. The development of the new generation of electrolytes along with organic cathode materials opens up new possibilities of using batteries based on available and sustainable materials.

## Medicine

### Medical Hypnosis – Healing with Words

*Maks Tušak*

It still saddens me when I hear doctors attributing the power of hypnosis to placebo effect, claiming that it should not be used in medicine. By doing that they overlook and disrespect people who have dedicated their lives researching this natural phenomenon and tried using hypnosis for healing and helping others. It is true, however, that such rejection is not entirely their fault. The negative perception of hypnosis among Slovenian and other physicians is largely the fault of amateur hypnotists, who took advantage of hypnosis to entertain and thus robbed it of its most important mission – to heal people. Many doctors reject this technique and associate it with charlatanism, something that serious doctors should not engage in. Others see it as an alternative method that has no place in serious clinical practice. Sometimes, distrust comes even from psychiatrists, which is especially sad, given that in many western countries hypnosis is recognised as a healing method by different medical and psychological associations, and has been used by many psychiatrists in the treatment of many types of neuroses and psychosomatic conditions. In some countries, hypnosis has even become a healing technique taught at medical schools. In Slovenia, on the other hand, it still has supporters only among psychologists and psychotherapists, despite its official recognition in many other countries as a healing technique in medicine and psychotherapy, and in spite of its validation in numerous research studies. Still, medical hypnosis in Slovenia goes as far back as 1962, when Prof. Dr. Marjan Pajntar, specialist in gynaecology, obstetrician and psychologist, started using hypnosis in obstetrics to relieve pain during delivery.

## Mineralogy

### Mineralogical Heritage of Sitarjevec Mine (Part II)

*Mirjan Žorž, Igor Dolinar, Miha Jeršek, Mirijam Vrabc*

In part I we remembered the old Sitarjevec mine in Litija, where ores were excavated, with intermissions, for more than four centuries. Sitarjevec is a polymetallic ore deposit with a distinct oxidation zone shaped like an iron cap, with lower lying, more or less oxidised ore veins and ore bodies. Mineral paragenesis of this ore deposit consists of primary ores, vein minerals and secondary minerals resulting from the oxidation of primary minerals. Fifty different minerals have been identified so far, most of them only in microscopic form. In this article we therefore focus only on the most common minerals and those appearing in macroscopic crystals.

## Our sky

### Mars in Opposition

*Mirko Kokole*



Naslovnica: *Mars*.

Foto: © NASA/JPL/USGS

## Proteus

Izbaja od leta 1933

Mesečnik za *poljudno naravoslovje*

Izdajatelj in založnik:

Prirodoslovno društvo Slovenije

Odgovorni urednik:

prof. dr. Radovan Komel

Glavni urednik: dr. Tomaž Sajovic

Uredniški odbor:

Janja Benedik

prof. dr. Milan Brumen

dr. Igor Daksobler

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>

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

© Prirodoslovno društvo Slovenije, 2020.

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 4,32 EUR, za upokojence 3,55 EUR, za dijake in študente 3,36 EUR.

Celoletna naročnina je 43,20 EUR, za upokojence 35,50 EUR, za študente 33,60 EUR. 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

#### Aleksander Luria: *Ustvarjanje mišljenja*

Pred leti sem na spletu naletel na izredno zanimiv prispevek z naslovom *V perspektivi: Valentin Vološinov*, ki ga je napisal John Parrington (Valentin Vološinov, 1895-1963, je bil ruski jezikoslovec, ki je vplival tudi na marksistično teorijo ideologije). Prispevek me je pritegnil že z začetkom:

»V oktobrski revoluciji leta 1917 so delavci prvič v zgodovini prevzeli nadzor nad državo. Milijonom po svetu, ki so trpeli v uničujoči in nesmiselni vojni, je revolucija pomenila upanje, da je mogoče ubežati nezaposlenosti, revščini in brutalnosti kapitalizma. V revoluciji so milijoni zavestno sodelovali pri reorganizaciji svojih življenj in družbe. Pred revolucijo je bil antisemitizem zelo razširen in stari režim je redno spodbujal pogrome proti Judom. Vendar so po revoluciji ruski delavci Leva Trockega, Juda, priznali za svojega voditelja. Prvič v zgodovini je ženska postala ministrica v vladi. Ločitev in splav sta bila uzakonjena. In prvič so bili ukinjeni zakoni, ki so diskriminirali geje. Nove in vznemirljive oblike umetnosti so zacvetele, ne samo v galerijah, ampak tudi na cestah in v tovarnah. Nove socialistične družbe pa niso gradili le delavci.

Mnogim mladim intelektualcem je oktobrski revolucija ponujala priložnost in izzive, ki so bili enkratni v dvajsetem stoletju. Želeli so si nič manj kot na novo zasnovati celotna znanstvena področja. **Njihov cilj ni bilo suho akademsko raziskovanje, ampak ustvarjanje znanstvenih teorij o človeku, ki bi lahko pomagale k izgradnji nove socialistične družbe.**« O tem je v svoji knjigi *Ustvarjanje mišljenja* (1979) sijajno pisal ruski psiholog Aleksander Luria (1902-1977):

»Svojo poklicno pot sem začel v prvih letih velike ruske revolucije. Ta edinstveni dogodek je neizbrisljivo vplival na moje življenje in življenje vsakogar, ki sem ga poznal. Če primerjam svoje izkušnje z izkušnjami zahodnih in ameriških psihologov, obstaja pomembna razlika. Mnogi evropski in ameriški psihologi so izredno nadarjeni. Kot vsi odlični znanstveniki so prispevali svoj delež pri pomembnih odkritjih. Toda večina jih živi mirno življenje. Njihovi življenjepisi popisujejo njihov poklicni razvoj ter ljudi in dogodke, ki so jih oblikovali: starše, učitelje, poklicne sodelavce, miselne dosežke, pri katerih so sodelovali. Njihovo delo je bilo sestavljeno v glavnem le iz raziskovanja in poučevanja na univerzah. **Razlika med nami je v družbenih in zgodovinskih**

**dejavnikih, ki so vplivali na nas.** Od samega začetka je bilo očitno, da bom imel malo možnosti za urejeno, sistematično izobraževanje, na katerem temelji znanstveno delovanje. **Namesto tega mi je življenje nudilo čudovito spodbudno okolje dejavne, hitro razvijajoče se družbe. Vsa moja generacija je bila prepojena z energijo revolucionarnih sprememb – osvobajajočo energijo, ki jo ljudje čutijo, ko so del družbe, ki je sposobna ustvariti ogromen napredek v zelo kratkem času.**«

Luria je jasen: znanstvenih praks nikakor ni mogoče ločiti od »druženih in zgodovinskih okoliščin«, v katerih nastajajo. Misel je samo na prvi pogled trivialna, podrobnejši razmislek pa pokaže, da je revolucionarna. Parringtonove besede velja ponoviti: cilj mladih intelektualcev v Rusiji po oktobrski revoluciji »**ni bilo suho akademsko raziskovanje, ampak ustvarjanje znanstvenih teorij o človeku, ki bi lahko pomagale k izgradnji nove socialistične družbe.**«

Znanstvene prakse v meščanskih druženih in zgodovinskih okoliščinah so se večinoma nereflektirano odvijale »mimo« in v »pozabi« teh okoliščin, kar je bila na neki način celo vrednota - v Lurievi oznaki meščanskih znanstvenikov nikakor ni mogoče spregledati prikritih kritike: »večina jih živi mirno življenje«, »njihovo delo pa je sestavljeno v glavnem le iz raziskovanja in poučevanja na univerzah«. Znanstveniki po oktobrski revoluciji so tak meščanski brezinteresi in akademski »larpurlartizem« zavrnili in se s svojimi znanstvenimi praksami zavestno in **navdušeno** vključili v *ustvarjanje* nove, socialistične družbe. In mimogrede, o **navdušenju** je razmišljal že tudi nemški filozof Immanuel Kant (1724-1804). Leta 1764 je zapisal, da navdušenje razume kot *moralni občutek*, ki samega sebe jemlje za *načelo* delovanja in »brez katerega ni bilo na svetu še nikoli doseženo nič velikega«, leta 1798 pa je v odmevnem *Sporu fakultet* (besedilo je v slovenščini izšlo leta 2006 v Kantovih *Zgodovinsko-političnih spisih*) **navdušenje** povezal z neko drugo, francosko revolucijo: »[T]rdim pa, da je ta revolucija prisotna v čudeh vseh gledalcev [tudi tistih, ki sami niso vpleteni v to igro] kot želja po *soudeležbi*, ki meji skoraj na **navdušenje** in pri katerem je bilo že njeno izražanje povezano z nevarnostjo, tako da ne more biti njen vzrok nič drugega kakor *moralna* zasnova v človeškem rodu.« Znanost po oktobrski revoluciji je postala politična, in to v širšem pomenu besede, hotela je prispevati k oblikovanju družbe, ki bi bila boljša, kot je bila meščanska, kapitalistična.

Kako se je tega lotil Luria? Oglejmo si kratak izsek iz njegovega raziskovanja, o katerem lahko beremo v poglavju *Kulturne razlike v razmišljanju* iz njegove

že omenjene avtobiografije. Lurieva ideja je bila, eksperimentalno dokazati, da med ljudmi na različni kulturni stopnji obstajajo pomembne razlike v razmišljanju. Raziskoval je po vaseh in nomadskih taboriščih v Uzbekistanu in Kirgiziji med popolnoma neizobraženimi prebivalci in tistimi, ki so bili zaradi uvajanja novega življenja v socializmu deležni manj zahtevnih oblik izobraževanja. Ena od nalog, ki so jih prebivalci morali rešiti, je bil tudi sledeči silogizem (to je sklepanje, pri katerem iz dveh trditvev, premis, izhaja določeni logični zaključek): »Na daljnem severu, kjer je sneg, so vsi medvedi beli. Nova dežela (rusko otočje v Arktičnem oceanu) je na daljnem severu. Kakšne barve so medvedi tam?« Vsebine silogizma ljudje niso poznali, zato bi morali sklepati le logično, teoretično. Vendar nepismeni ljudje sploh niso naredili sklepa. Mnogi niso sprejeli niti glavne trditve: »Nikoli nisem bil na severu in nikoli nisem videl medvedov.« Eden od njih je Lurii celo dejal: »Če želite odgovor na tako vprašanje, morate vprašati tiste, ki so bili tam in jih videli.« Skratka, nepismeni ljudje so se reševanju naloge izognili. Vzrok je bil, da vsebina silogizma ni bila povezana z njihovo nikakršno osebno praktično izkušnjo (mimogrede, ti ljudje so bili sposobni odlične presoje o dejstvih, ki so jih neposredno zadevali). Ker pa vsebina silogizma ni bila povezana s praktično izkušnjo, bi nepismeni sogovorniki morali uporabiti »zgojč« teoretično razmišljanje, tega pa jim razmišljanje, navezano le na osebne izkušnje, ni dovoljevalo: v primeru zastavljenega teoretičnega silogizma so tako ostali brez miselnega orodja. Slika pa se je korenito spremenila, ko so raziskovalci pozornost usmerili k šolanim ljudem. Ti so se na logične silogizme odzivali tako, kot raziskovalci sami. Takoj so naredili pravilni sklep iz vsakega obravnavanega silogizma, ne glede na to, ali so bile trditve povezane z osebnimi izkušnjami ali ne. Luriev sklep je bil naslednji: »V vseh primerih smo ugotovili, da so spremembe v [življenju], ki so temeljile v formalnem izobraževanju, proizvedle kvalitativne spremembe v miselnih procesih ljudi, ki smo jih preučevali. Poleg tega smo lahko dokazali, da se osnovne spremembe v organizaciji mišljenja lahko zgodijo v razmeroma kratkem času, le če pride do dovolj velikih sprememb v družbeno-zgodovinskih okoliščinah, kakršne so se zgodile po oktobrski revoluciji leta 1917.«

Danes ni navdušenja, pa tudi mišljenja se ne godi dobro. Toda zgodovina nas uči, da je družba lahko boljša le, če jo takšno ustvarimo ...

*Tomaž Sajovic*

# Kaj pravijo makrofiti na reki Rak?

Živa Lampret, Žiga Tertinek, Larisa Vodopivec, Matic Gabor, Gregor Aljančič, Mateja Germ

Krajinski park Rakov Škocjan je dolina ob reki Rak z mnogimi kraškimi pojavi. V vsakem letnem času kaže drugačno podobo, vedno lepo, presenetljivo in edinstveno. Rakov Škocjan je vključen tudi v omrežje območij *Natura 2000* in je del Notranjskega

regijskega parka. V dolini se vije reka Rak, kraška ponikalnica, ki teče na površju od Malega do Velikega naravnega mostu. Kljub kratki dolžini najdemo v njej pestre sestoje vodnih rastlin ali kot jim rečemo strokovno - vodnih makrofitov. Njihovo prisotnost in razporeditev smo določali iz čolna s pomočjo teleskopske palice s kavljasto konico. Na dobrih dveh kilometrih smo našli kar 38 taksonov, med njimi so bili mahovi, praprotnice in semenke. Največ je bilo emergentnih ali močvirskih rastlin, veliko tudi z amfibijskim značajem, ki rastlinam omogoča preživetje v vodotoku s spreminjajočim vodostajem, kot je reka Rak. Rečni sistem je naraven, z majhnim vplivom človeka, ki je omejen predvsem na osrednji in spodnji del reke, kjer ob njej kosijo travnike.

## Rakov Škocjan in reka Rak

Rakov Škocjan je bil kot krajinski park na pobudo naravoslovca Pavla Kunaverja in ob prizadevanju Angele Piskernik ustanovljen že leta 1949. Sodi v Notranjski regijski park. Regijski park je bil ustanovljen leta 2002 z lokalnim *Odlokom o Notranjskem regijskem parku*. Območja *Natura 2000* Notranjskega trikotnika vključujejo tudi Rakov Škocjan. Rakov Škocjan je dva in pol kilometra dolga ozka kraška



Slika 1a: Reka Rak z okolico. Foto: Larisa Vodopivec.



Slika 1b: Vdor stropa pri Malem naravnem mostu. Foto: Živa Lampret.

dolina ob severnem vznožju Javornikov, ki je nastala z udiranjem in rušenjem stropa kraške jame (sliki 1a in 1b).

To dokazujejo 42 metrov visoki Mali naravni most, 37 metrov visoki Veliki naravni most ter soteski za njima. Prelep svet zakraselega sveta z mnogimi kraškimi pojavi so med drugimi navdihnili tudi Janeza Vajkarda Valvasorja. Reka Rak priteče iz Zelških jam na vzhodni strani doline in vijuga po dolini do Tkalca jame, kjer ponikne pri Velikem naravnem mostu. V bližini Velikega naravnega mostu najdemo tudi ostanke cerkve sv. Kancijana, po kateri je dolina dobila ime. Rakova dolina je v sušnih obdobjih povsem suha, po daljšem deževju pa se spremeni v pravo jezero (Jezernik, 2017). Rak se v Planinski jami izlije v reko Pivko ter nadaljuje kot reka Unica. Reka Rak je ena od šestih ponikalnic, ki se na koncu združijo v reko Ljubljanico v Ljubljan-

ski kotlini. V 19. stoletju so ob njej stale tri iz kamna postavljene žage na vodni pogon: Zelška, Rakova in Modčeva, ki pa so bile zaradi močnih poplav uničene in se ta dejavnost zato ni obnovila. Rakov Škocjan je poleg Cerknškega jezera in Križne jame razglašen tudi za mednarodno pomembno mokrišče, *Ramsarsko območje*.

Reka Rak nudi ugodne razmere za pestre sestoj makrofitov: od potopljenih, plavajočih in emergentnih (močvirskih). V okviru vaj pri predmetu Ekosistemi smo junija leta 2020 ugotavljali, katere vodne rastline - strokovno jim rečemo vodni makrofiti - se pojavljajo v reki Rak, kakšna sta njihova pogostost in razporeditev ter kakšno stanje rečnega ekosistema odražajo. Zanimalo nas je tudi, koliko od vrst, ki rastejo v reki Rak, je na *Rdečem seznamu ogroženih praprotnic in semenk*. Z metodo RCE (Riparian Channel and Environmental Inventory; metoda, ki omogoča oceno stanja ohranjenosti vodnega sistema na podlagi značilnosti struge, obrežnega pasu in zaledja) smo ocenili stanje rečnega ekosistema. Makrofiti (o njih je *Proteus* že pisal; 69, 9 (2007); 81, 10 (2019)) so vodne rastline, ki se pojavljajo predvsem v litoralnem pasu stoječih in tekočih voda. Glede na način pritrjanja in položaj v vodnem stolpcu jih delimo na plavajoče neukoreninjene rastline, potopljene neukoreninjene rastline, potopljene ukoreninjene rastline, plavajoče ukoreninjene rastline ter emerzne ali močvirske rastline; nekatere imajo amfibijski značaj in so prilagojene na rast v vodi in na kopnem. Vodne rastline so pomembne za vodni ekosistem. Utrjujejo breg in manjšajo erozijo, nudijo zaščito nevretenčarjem, ribam in drugim organizmom, jemljejo hranila iz vode in sedimenta in tako čistijo vodo, močvirske rastline pa predstavljajo tudi pomemben življenjski prostor za ptice. Različne vrste rastlin se različno odzivajo na razmere v okolju, zato jih uporabljamo za oceno stanja vodnega ekosistema. Po uveljavitvi *Vodne direktive* ugotavljamo ekološko stanje voda in jih razvrščamo

v razrede na podlagi bioloških elementov, ki so pokazatelji stanja vodnega ekosistema. Makrofiti so skupaj s fitobentosom (pritrjenimi algami in cianobakterijami) eden od bioloških elementov kakovosti, potrebnih za ocenitev stanja in razvrstitev vodnih teles v enega od petih razredov ekološkega stanja. Poleg makrofitov in fitobentosa, ki so skupaj en biološki element, ugotavljamo stanje vodnih teles tudi na podlagi bentoških nevretenčarjev, rib in v jezerih tudi na podlagi fitoplanktona.

Reka Rak ima različen in spremenljiv vodostaj. Pričaka nas lahko zelo nizek vodostaj, ki omeji čolnarjenje le na spodnji del reke, ali pa je stanje v reki takšno, kot je bilo v tem letu (2020), ko nam je visoka voda omogočila pregled razporeditve makrofitov

precej blizu Malega naravnega mostu. V prvem terenskem dnevu smo s kajakom veslali po reki Rak od izliva proti izviru, do koder je bila voda še dovolj globoka za veslanje. Naslednjega dne smo reko prehodili in končali popis pri Malem naravnem mostu. Reko Rak smo razdelili na dvanajst odsekov, ki smo jih določili glede na spremembe v prisotnosti in pogostosti makrofitov ter sprememb v strukturi struge, obrežnega pasu in rabi tal v zaledju. Meje med odseki smo določili z ročno satelitsko navigacijsko napravo. V vsakem odseku smo popisali vse vodne makrofite, ocenili njihovo pogostost po petstopenjski lestvici in z metrom izmerili dolžino primerkov treh najpogostejših vrst. Pri vzorčenju makrofitov smo uporabljali »makrofitolovec«, s katerim smo lažje

*Slika 2a: Z užitkom smo zaveslali po reki ter skrbno ocenjevali pogostost vodnih rastlin in stanje okoljskih dejavnikov. Foto: Mateja Germ.*





dosegli težje dostopne rastline. Na vsakem odseku smo opisali tudi značilnosti življenjskega prostora, kot so vodni tok, tip sedimenta, struktura brega in značilnosti zaledja. Z multimetrom smo izmerili kemijske in fizikalne parametre vode, kot so temperatura, električna prevodnost, nasičenost s kisikom in vsebnost kisika ter pH. Nato smo s hidrometričnim krilom izmerili še hitrost vodnega toka v posameznih odsekih. Na koncu smo vsak odsek ocenili s prirejenno metodo RCE. Ta temelji na dvanajstih (v izvirkniku šestnajstih) opisnih lastnostih, ki omogočajo oceno stanja ohranjenosti vodnega sistema na podlagi značilnosti struge, obrežnega pasu in zaledja. Pri vsakem od teh lastnosti izberemo enega od štirih opisov, ki najbolje ponazarja lastnosti vodotoka.

Vsak opis prispeva določeno število točk. Boljše kot je stanje vodotoka, večje število točk prejme določeni odsek.

### **Katere rastline uspevajo v reki in kakšno je stanje rečnega ekosistema?**

Prvi vtis v reki je nakazoval manjše število in pogostost vrst v primerjavi s prejšnjimi leti. A pregled iz čolna, pomoč »makrofitolovca«, predvsem pa navdušeno oko biologa, so odkrili bogate sestojke makrofitov (sliki 2a in 2b, slika 3).

Čeprav teče reka Rak po površini le dobra dva kilometra, smo na tej kratki razdalji našli veliko število taksonov: štiri vrste mahov, eno praprotnico in triinšestdeset semenk. Vrsta, ki se je pojavljala z največjo relativno pogostostjo, je bila prava potočarka (*Rori-*

Slika 2b: Merili smo fizikalne in kemijske parametre reke Rak. Foto: Mateja Germ.





Slika 3: Nežni cvetovi lasastolistne vodne zlatice (*Ranunculus trichophyllus*), ki z razvitimi potopljenimi in kopenskimi listi kaže svoj dvoživkasti značaj. Med zlatico so zapleteni listi preraslolistnega dristavca (*Potamogeton perfoliatus*). Foto: Mateja Germ.

*ppa amphibia*), sledili sta ji vrsti preraslolistni dristavec (*Potamogeton perfoliatus*) (slika 4) in navadna streluša (*Sagittaria sagittifolia*) (slika 4). Vrsta je postregla z izjemno heterofilijo (na isti rastlini so razviti tako vodni kot kopenski listi), saj so njeni listi popolnoma trakasti ali pa oblikovani kot kopje (od tod tudi ime), kar je odvisno od višine gladine vode. V največ pregledanih odsekih so uspevale vodna perunika (*Iris pseudacorus*), prava potočarka (*Rorippa amphibia*) in širokolistna koščica (*Sium latifolium*).

Rod *Potamogeton* (drstavci) je bil prisoten kar s šestimi taksoni: kodravim drstavcem (*Potamogeton crispus*), bleščočim drstavcem (*Potamogeton lucens*), plavajočim drstavcem (*Potamogeton natans*), češljastim drstavcem (*Potamogeton pectinatus*) in preraslolistnim drstavcem (*Potamogeton perfoliatus*). Razveselili smo se taksona *Potamogeton x zizii*, saj smo ga do sedaj našli samo v reki Rak in je križanec med bleščočim in travnatolistnim

drstavcem. Skupno smo določili prisotnost osemintridesetih taksonov vodnih makrofitov. V preglednici 1 je poleg imen zabeleženo tudi, katere izmed najdenih vrst se pojavljajo na Rdečem seznamu ogroženih praprotnic in semenk v Republiki Sloveniji (Ur. l. RS 2002b). Od vrst, ki smo jih našli, jih je na rdečem seznamu kar devet, kar kaže na pomen naravnega okolja za uspevanje vodnih makrofitov. Večina jih je na seznamu s statusom ranljivih vrst. Kot ranljive vrste označujejo tiste, za katere je verjetno, da bodo v bližnji prihodnosti prešle v kategorijo prizadete vrste. Številčnost take vrste je že upadlo ali pa še upada, saj so vrste občutljive za kakršnekoli spremembe ali pa poseljujejo življenjske prostore, ki so zelo občutljivi za vpliv človeka. V zgornjem toku pri izviru, kjer smo zaključili terensko delo, smo našli mahove, od cvetnic pa večinoma le emerzne, močvirske rastline (slika 5).

Hiter vodni tok, manj primeren substrat za



Slika 4: Levo zgoraj: preraslostni dristavec (*Potamogeton perfoliatus*). Levo spodaj: *pisana čužka* (*Phalaris arundinacea*), ki nas je spremljala na bregu v večini odsekov. Desno zgoraj: značilni, kopjasto oblikovani listi navadne streluše (*Sagittaria sagittifolia*) ob nižjem vodostaju. Desno spodaj: *kodravi dristavec* (*Potamogeton crispus*) – težko bi imel drugačno ime ... Foto: Mateja Germ, Živa Lampret in Teja Maležič.



Slika 5: Po koncu vzorčenja pri Malem naravnem mostu. Foto: Matic Gabor.

ukoreninjenje ter slabše svetlobne razmere zaradi sence, ki jo nudi obrežna vegetacija, omejujejo rast potopljenim rastlinam. V srednjem in spodnjem delu se reka razširi, hitrost vodnega toka se umiri, substrat je dovolj droben, da omogoča ukoreninjenje, reka je presvetljena in v tem delu uspevajo v reki

tudi ukoreninjene potopljene in plavajoče rastline, kot so klasasti rmanec (*Myriophyllum spicatum*) in vrste iz rodu Potamogeton. Reka Rak je na podlagi makrofitov uvrščena v kategorijo »zelo dobrega ekološkega stanja«.

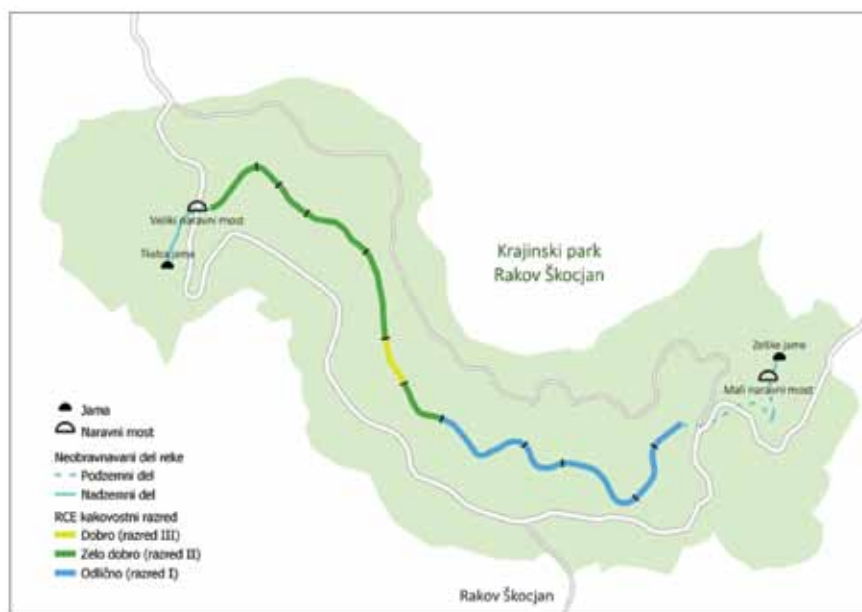
Slovensko ime	Latinsko ime	Kategorija ogroženosti
<b>Mahovi</b>		
	<i>Cinclidotus fontinaloides</i>	/
	<i>Fontinalis antipyretica</i>	/
Studenčni jetrenjak	<i>Marchantia polymorpha</i>	/
	<i>Rhynchostegium riparioides</i>	/
<b>Praprotnice</b>		
Močvirska preslica	<i>Equisetum palustre</i>	/
<b>Semenke</b>		
Plazeča šopulja	<i>Agrostis stolonifera</i>	/
Suličastolistni porečnik	<i>Alisma lanceolatum</i>	<b>Ranljiva</b>
Trpotčasti porečnik	<i>Alisma plantago-aquatica</i>	/
Kobulasta vodoljuba	<i>Butomus umbellatus</i>	<b>Ranljiva</b>
Navadna kalužnica	<i>Caltha palustris</i>	/
Šaši	<i>Carex</i> sp.	/
Vodna perunika	<i>Iris pseudacorus</i>	/
Navadni regelj	<i>Lycopus europaeus</i>	/
Okroglostna pijavčnica	<i>Lysimachia nummularia</i>	/
Navadna pijavčnica	<i>Lysimachia vulgaris</i>	/
Navadna krvenka	<i>Lythrum salicaria</i>	/
Vodna meta	<i>Mentha aquatica</i>	/
Močvirska spominčica	<i>Myosotis scorpioides</i>	/
Klasasti rmanec	<i>Myriophyllum spicatum</i>	/
Navadna vodna kreša	<i>Nasturtium officinale</i>	/
Pisana čužka	<i>Phalaris arundinacea</i>	/
Visoki trpotec	<i>Plantago altissima</i>	/
Vodna dresen	<i>Polygonum amphibium</i>	<b>Ranljiva</b>
Kodravi dristavec	<i>Potamogeton crispus</i>	/
Bleščeci dristavec	<i>Potamogeton lucens</i>	<b>Ranljiva</b>
Plavajoči dristavec	<i>Potamogeton natans</i>	/

Slovensko ime	Latinsko ime	Kategorija ogroženosti
Češljasti dristavec	<i>Potamogeton pectinatus</i>	/
Preraslolistni dristavec	<i>Potamogeton perfoliatus</i>	<b>Ranljiva</b>
	<i>Potamogeton x zizii</i>	/
Lasastolistna vodna zlatica	<i>Ranunculus trichophyllus</i>	<b>Ranljiva</b>
Prava potočarka	<i>Rorippa amphibia</i>	<b>Ranljiva</b>
Navadna strelišča	<i>Sagittaria sagittifolia</i>	<b>Ranljiva</b>
Jezerski biček	<i>Schoenoplectus lacustris</i>	/
Širokolistna koščica	<i>Sium latifolium</i>	<b>Ranljiva</b>
Enostavni ježek	<i>Sparganium emersum</i>	/
Pokončni ježek	<i>Sparganium erectum</i>	/
Vodni jetičnik	<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	/
Studenčni jetičnik	<i>Veronica beccabunga</i>	/

Preglednica 1: Seznam vseh taksonov, ki smo jih našli v reki Rak.

Makrofiti vplivajo na okolje, kjer uspevajo, tako s porabo hranilnih snovi kot z biogenim prezračevanjem, saj se pri fotosintezi sprošča kisik. Vrednosti električne prevodnosti in nasičenosti s kisikom, ki smo jih merili z multimetrom, so v vodotoku ostaja-

le bolj ali manj nespremenjene. Predvidevali smo, da bo električna prevodnost po toku navzdol nižja, saj je v srednjem in spodnjem delu več potopljenih rastlin, ki porabljajo iz vode bikarbonat in hranila, in da bo nasičenost s kisikom večja zaradi sproščanja ki-



Slika 6:  
Zemljevid  
vodotoka Rak  
z označenimi  
kakovostnimi  
razredi RCE.

sika pri fotosintezi. Vendar pa je bil v času popisa makrofitov in meritev vodostaj visok, biomasa rastlin, ki naj bi porabljale bikarbonate, je bila nizka, zato je bil njihov vpliv na električno prevodnost majhen. Zaradi nizke biomase rastlin v reki tudi nasičenost s kisikom po toku navzdol ni naraščala. Nekoliko višjo koncentracijo kisika pri izviru lahko pripišemo boljši prezračeni vodi zaradi razgibanega terena z brzicami in hitrejšemu vodnemu toku.

Z metodo RCE smo ocenili, da je rečni ekosistem v zgornjem delu odlično ohranjen in brez večjih motenj. Po reki navzdol pa se je stanje rahlo spreminjalo, ampak večinoma le za razred, kar je razvidno tudi iz slike 6, kjer so odseki barvno predstavljeni. Celotni vodotok je bil zelo dobro ocenjen, ker je vodotok naraven in je človekov vpliv na zaledje in reko majhen. Rak v preteklosti ni bil reguliran, edina posega v okolici sta košnja in občasno ribarjenje. Obrežno vegetacijo predstavljajo gozdovi in močvirski travniki.

## Zaključek

Makrofiti imajo zelo pomembno vlogo v vodnem ekosistemu, hkrati pa so dober pokazatelj stanja vodotoka. Reka Rak je primer, kjer večinoma nemoteno okolje nudi domovanje velikemu številu živali in rastlin, med njimi tudi vodnim rastlinam. Nad vodno gladino, pod njo in na njej najdemo pisano družbo rastlin, ki z različnimi cvetovi, plodovi in rastnimi oblikami krasijo reko. S svojo pristnostjo kažejo, da je vodni sistem dobro ohranjen. Tudi okoljska ocena kaže, da je rečni sistem Rak v dobrem stanju. Z različnimi metodami smo prišli do enotnega sklepa, da je Rak dobro ohranjen vodotok, človekova dejavnost pa ni zelo opazna. V nekaj zgornjih odsekih, ki so bolj osenčeni, uspevajo mahovi in emerzne ali močvirske rastline. Vegetacija je v tem delu najbolj zastopana na nekaterih manjših prodiščih, ki nudijo primeren življenjski prostor tudi favni, predvsem nevretenčarjem.

Ob reki Rak je vedno lepo: zjutraj, ko je

gladina nepremična, opoldne, ko vročina lebdi nad vodo, in zvečer, ko svetloba ugaša, ko se umirijo barve in vsa narava. Izjemen čar potovanju po reki dajejo meandri reke v zavetju krošenj dreves, ki nudijo prijetno osvežitev v poletni vročini in mirnost v času viška vode v deževnem obdobju.

## Viri:

- ARSO okolje. Ocena ekološkega stanja vodotokov za obdobje 2009–2015. 2016. ARSO. [https://www.arso.gov.si/vode/reke/publikacije%20in%20poroc4%8dila/Ekolo%5a1ko%20stanje\\_NUV2\\_reke.pdf](https://www.arso.gov.si/vode/reke/publikacije%20in%20poroc4%8dila/Ekolo%5a1ko%20stanje_NUV2_reke.pdf). (10. avgusta 2020.)
- Direktiva Evropskega parlamenta in Sveta 2000/60/ES z dne 23. oktobra 2000 o določitvi okvira za ukrepe Skupnosti na področju vodne politike.
- Jezernik, N., 2017: *Krajinski park Rakov Škocjan. Seminarška naloga.*
- Life Stržen. Projektno območje. Notranjski regijski park. <https://life.notranjski-park.si/sl/projektno-območje/>. (10. avgusta 2020.)
- Notranjski regijski park. 2016. Rakov Škocjan. Notranjski regijski park. <https://www.notranjski-park.si/narava/naravne-znamenitosti/rakov-skocjan>. (25. junija 2020.)
- Pall, K., in Janauer, G. A., 1995: *Die Makrophytenvegetation von Flußstauen am Beispiel der Donau zwischen Fluß-km 2552,0 und 2511,8 in der Bundesrepublik Deutschland. Archiv Hydrobiologie/Suppl. 101. Large Rivers, 9: 91–109.*
- Pataky, N., 2010: *Ena od sedmih Ljubljanic – reka Rak. Dnevnik. Družba medijskih vsebin, d. d. https://www.dnevnik.si/1042393218.* (28. julija 2020.)
- Petersen R. C. Jr., 1992: *The RCE: a Riparian, Channel, and Environmental Inventory for small streams in the agricultural landscape. Freshwater Biology, 27: 295–306.*
- Pravilnik o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam. *Uradni list Republike Slovenije. 82/2002: 8893.*
- Slapnik, R., 2010: *Rakov Škocjan. DEDI – digitalna enciklopedija naravne in kulturne dediščine na Slovenskem. http://www.dedi.si/dediscina/221-rakov-skocjan.* (28. julija 2020.)

# Multivalentni akumulatorji

Jan Bitenc

Vsi si želimo akumulatorjev, ki bi bili narejeni iz dostopnih in okolju prijaznih surovin ter bi hkrati v enaki masi oziroma volumnu shranili več energije kot trenutni Li-ionski akumulatorji. Ena izmed možnosti je uporaba kovin, ki so sposobne izmenjati več elektronov na en atom (magnezij, kalcij, aluminij). Omenjene kovine imajo bistveno manjšo nagnjenost k tvorbi dendritov, ki predstavljajo varnostno tveganje. Tvorba dendritov preprečuje uporabo kovinskega litija, ki bi bistveno zvišal energijsko gostoto litijevih akumulatorjev. Težavo pri razvoju multivalentnih akumulatorjev predstavlja pomanjkanje elektrolitov in primernih anorganskih katod. Razvoj nove generacije elektrolitov skupaj z organskimi katodnimi materiali odpira nove možnosti uporabe akumulatorjev, osnovanih na dostopnih in okolju prijaznih materialih.

## Pot k obnovljivim virom vodi preko shranjevanja električne energije

Naraščajoče energetske potrebe človeštva, zmanjševanje zalog fosilnih goriv in z njihovo uporabo povezano onesnaževanje našo družbo spodbujajo k čim hitrejšemu prehodu na obnovljive vire energije. Pri tem prehodu zaradi časovne odvisnosti obnovljivih virov energije (dnevno-nočni cikel, vremenska nihanja) imajo ključno vlogo sistemi za shranjevanje energije, ki bodo omogočili vzdrževanje ravnovesja med proizvedeno in porabljeno električno energijo. Tu imamo na voljo različne načine shranjevanja električne energije: mehansko (črpalne hidroelektrarne, stiskanje zraka, visokofrekvenčni vztrajniki), električno (superprevodne tuljave, kondenzatorji), elektrokemijsko (različni akumulatorji, baterije) in kemijsko (elektroliza vodika, sinteza metanola ...). Vse te tehnologije imajo nekatere prednosti in pomanjkljivosti

(cena, odzivni čas, specifična moč, energijska gostota, izkoristek ...). Večino trenutnih zmogljivosti za shranjevanje električne energije predstavljajo črpalne hidroelektrarne, ki imajo veliko pomanjkljivost. Zahtevajo ogromno prostora in primerno višinsko razliko med spodnjim in zgornjim rezervoarjem ter tudi zelo visoko začetno naložbo. Zato se v prihodnosti predvideva predvsem povečana uporaba akumulatorjev, kajti ti zahtevajo bistveno manj prostora in jih je možno namestiti neposredno ob mestu, kjer potrebujemo izravnavo med ponudbo in povpraševanjem po električni energiji. To je izjemnega pomena zaradi cene prenosa električne energije, ki je lahko izjemno visoka. Hkrati imajo akumulatorji tudi zelo dober izkoristek in hiter odzivni čas.

Trenutno so prevladujoča akumulatorska tehnologija Li-ionski akumulatorji. Zaradi velike količine akumulatorjev, ki bodo potrebni pri hitrem razvoju električne mobilnosti in shranjevanju energije iz obnovljivih virov, raziskovalci intenzivno preiskujemo uporabo sistemov, osnovanih na okolju prijaznih in cenovno dostopnih materialih. Tu se nam ponuja ogromno možnosti, saj nov akumulatorski sistem lahko oblikujemo s poljubnim parom reverzibilnih redukcijsko-oksidacijskih reakcij (redoks reakcij), kar ponuja ogromno različnih kombinacij. Praktično mora biti potencialna razlika med reakcijama dovolj velika, da nam celica daje primerno napetost, saj produkt napetosti skupaj s kapaciteto določa energijo celice. Elektrodi morata biti v stiku s primernim elektrolitom, ki ne reagira z elektrodama ali pa v stiku z njima tvori stabilno pasivno plast. Prednost pri uporabi je, če reakciji na elektrodi vključujeta izmenjavo skupnega iona, saj moramo drugače potrebne ione za redukcijsko-oksidacijsko reakcijo zajemati iz

elektrolita, kar lahko bistveno poveča potrebno količino elektrolita in zniža energijsko gostoto celice. Pri snovanju novega akumulatorskega sistema ne smemo pozabiti na ostale lastnosti, kot so cena, varnost, predvidena življenjska doba, moč in podobno. V trenutno najbolj pogostih Li-ionskih akumulatorjih je anoda grafit (potencial blizu kovinskemu litiju), v katerega se vgrajujejo litijevi ioni med polnjenjem, katoda pa je anorganski material, v katerega se litijevi ioni vgrajujejo med praznjenjem. Elektroliti so različne anorganske litijeve soli, raztopljene v organskih polipih.

### Multivalentni akumulatorji kot okolju prijazna alternativa Li-ionskim akumulatorjem

Med alternativnimi anodnimi materiali (tistimi z nizkim redukcijsko-oksidacijskim potencialom) so posebej zanimive kovine natrij, kalij, magnezij, kalcij in aluminij. Uporaba čistih kovin kot anodnih materialov ima tudi veliko prednost, saj je njihova gravimetrična kapaciteta bistveno višja kot kapaciteta grafitne anode. Pomanjkljivost kovinskih anod alkalijskih kovin (litija, natrija, kalija) je rast dendritov, ki med delovanjem tvorijo strukture z visoko površino. Te strukture so izjemno reaktivne in

predstavljajo varnostno tveganje za nastanek požara. Zato v trenutnih Li-ionskih akumulatorjih uporabljamo grafitno anodo, ki omogoča varno reverzibilno delovanje anode z vgrajevanjem in izgrajevanjem litijevih ionov med grafitne plasti. Cena, ki jo plačamo pri uporabi grafitne anode, je desetkrat nižja gravimetrična kapaciteta anode (tabela 1), kar se seveda kaže tudi v energijski gostoti končne celice.

Alternativna možnost je uporaba multivalentnih kovin (magnezija, kalcija in aluminija) kot anod, saj ponujajo nekajkrat višjo gravimetrično in volumetrično kapaciteto kot grafitne anode. Zaradi višje gostote in izmenjave dveh ali treh elektronov na atom kovine imajo tudi izjemno visoke volumetrične kapacitete. V primeru aluminija je volumetrična kapaciteta skoraj desetkrat višja od grafitne anode. Takoj vidna pomanjkljivost so višji redukcijsko-oksidacijski potenciali, kar pomeni ob katodah z enako napetostjo precej nižjo napetost celic. Velika razlika je predvsem v primeru aluminija, ki ima približno 1,4 V višji potencial, medtem ko je razlika v primeru magnezija (0,7 V) in kalcija (0,2 V) že bistveno nižja. Ključna prednost je količina teh kovin v Zemljini skorji. Medtem ko je litija le 0,002 odstotka, so aluminij, kalcij in magnezij med desetimi

Tabela 1: Primerjava različnih kovinskih anodnih materialov s praktično uporabljeno grafitno anodo iz Li-ionskih akumulatorjev. \*SHE označuje standardno vodikovo elektrodo.

Material	Gravimetrična kapaciteta (mAh/g)	Volumetrična kapaciteta (mAh/ml)	Potencial proti SHE* (V)
litij	3862	2063	-3.05
natrij	1166	1128	-2.71
kalij	685	591	-2.93
magnezij	2206	3834	-2.36
kalcij	1337	2073	-2.87
aluminij	2981	8048	-1.66
grafit (C <sub>6</sub> )	372	837	-3.00



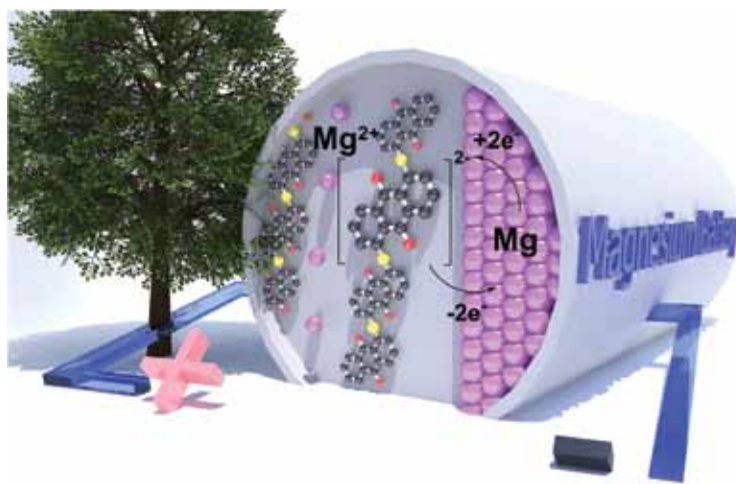
najpogostejšimi elementi, hkrati pa njihova nahajališča niso zemljepisno omejena.

### Izzivi, povezani z uporabo multivalentnih elektrolitov in katod

Bistvena razlika med anodami alkalijskih ter multivalentnih kovin je tudi razlika pri nastanku pasivnih plasti, ki nastanejo ob reakciji elektrolita na površini kovine. Te so v večini primerov alkalijskih kovin prevodne za alkalijske ione, medtem ko so pasivne plasti v primeru multivalentnih kovin pogosto ionsko neprevodne. To pomeni veliko omejitev pri pripravi elektrolitov, ki morajo biti stabilni pri nizkem redukcijsko-oksidaacijskem potencialu. V primeru magnezija to pomeni, da smo večinoma omejeni na topila na osnovi etrov, za razliko od litija, kjer je ta nabor možnih topil bistveno širši, saj imamo na voljo še karbonate, nitrile, ionske tekočine ... Podobno je v primeru kalcija in aluminija, kjer le nekaj elektrolitov omogoča reverzibilno odlaganje kovin. V primeru magnezija so bili prvi elektroliti osnovani na kombinaciji organsko-kovinskih spojin (spojin, kjer imamo kovalentno vez med kovino in ogljikovim atomom) z različnimi Lewisovimi kislinami. Težava organsko-kovinskih elektrolitov je nezdržljivost s številnimi katodami, zato je razvoj vodil v smeri kom-

binacije magnezijevega klorida z različnimi solmi. Takšni elektroliti so še vedno problematični zaradi korozije kloridov, vendar so različne skupine v zadnjih letih razvile elektrolite brez korozivnih sestavin, kar bistveno olajša praktično uporabo celic in poenostavlja sestavljanje celic.

Druga pomembna omejitev je vgrajevanje multivalentnih ionov v anorganske strukture. Bistvene težave tu ne predstavlja velikost ionov, ampak njihov velik naboj. Velika gostota naboja povzroči močno interakcijo z okoljem in hkrati tudi izrazitejšo težnjo k ireverzibilnim stranskim reakcijam. Zato je na voljo le nekaj materialov, ki so sposobni vgraditi multivalentne ione. Ti materiali večinoma vsebujejo žveplove ali selenove anione, saj imajo veliki anioni oslABLJENE interakcije z multivalentnimi kationi. Na žalost nam ti ioni zaradi precej večje atomske mase bistveno znižajo specifično kapaciteto v primerjavi z oksidi. Primer take spojine je molibdenov sulfid ( $\text{Mo}_6\text{S}_8$ ), ki ima tudi relativno nizko praktično napetost, okrog 1 V. Nizek potencial ga kljub razmeroma dobremu elektrokemijskemu delovanju dela nezanimivega za praktično uporabo. Alternativna možnost so različni plastoviti materiali, kjer pa pogosto naletimo na hiter upad kapacitete z naraščajočim številom polnjenj oziroma praznjenj.



*Slika 1: Shematska predstavitev magnezij-organskega akumulatorja, ki za anodo uporablja kovinski magnezij in kot katodo organski polimer na osnovi antrakinonske skupine. Koncept organskega akumulatorja s kovinsko anodo predstavlja možnost akumulatorja nove generacije z visoko energijsko gostoto na osnovi okolju prijaznih materialov. Reproduciran iz vira 1 z dovoljenjem John Wiley and Sons (Bitenc, Pirnat, Bancič, Gaberšček, Genorio, Randon-Vitanova, Dominko, 2015).*

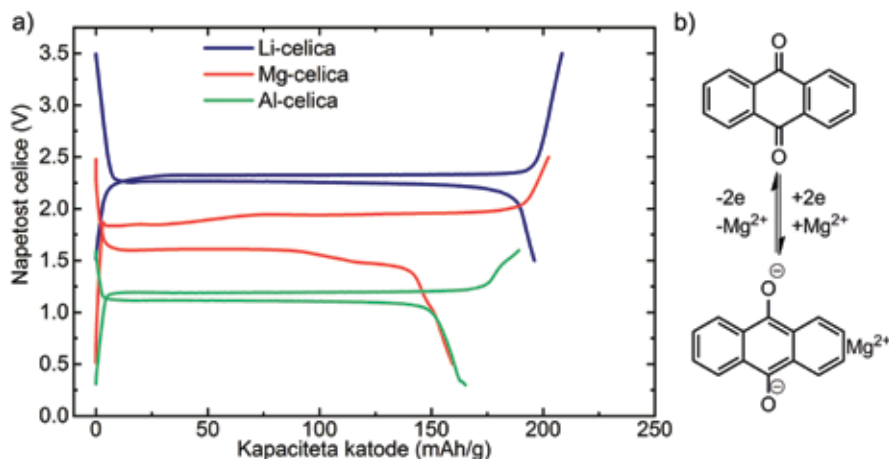
Rešitev predstavljajo organski materiali, saj omogočajo bistveno večjo prožnost pri interakciji z različnimi kationi. Te materiale je možno pripraviti tudi iz različnih organskih surovin. Pri njihovi sintezi običajno uporabljamo precej nižje temperature, kar bi v prihodnosti lahko znižalo ogljični odtis sinteze materialov (slika 1). Organski katodni materiali so bili do sedaj že uspešno uporabljeni z različnimi multivalentnimi kovinami. Kljub temu imajo pomembno pomanjkljivost, saj so preproste organske molekule pogosto zelo topne v raztopinah elektrolitov, kar povzroči hiter upad kapacitete. Topnost lahko zmanjšamo s pripravo polimerov, ki odapljanje preprečijo. To pogosto pomeni zvišanje molske mase, kar pri enakem številu izmenjanih elektronov pomeni zmanjšanje gravimetrične kapacitete. Če pa so vmesne enote razmeroma majhne, je tudi zmanjšanje kapacitete razmeroma majhno, z neposrednim povezovanjem elektroaktivnih skupin pa se mu je možno popolnoma izogniti. Nižja gostota organskih spojin pomeni nižjo volumetrično kapaciteto, vendar to lahko nadomestimo z izjemno visoki-

mi volumetričnimi kapacitetami kovinskih anod. Trenutne primerjave med delovanjem organskih katod v mono- in multivalentnih sistemih kažejo določeno znižanje kapacitet ter tudi malce hitrejši upad kapacitet v večini primerov. A z izbiro primernih polimernih materialov je te razlike mogoče bistveno zmanjšati in doseči primerljive rezultate med mono- in multivalentnimi akumulatorji. Organski materiali nam ponujajo tudi možnost sinteze izjemno raznolikih spojin z različnimi redukcijsko-oksidacijskimi potenciali, ki jih lahko po potrebi prilagodimo, da ustrezajo stabilnostnemu oknu uporabljanih elektrolitov. Pri modifikaciji organskih spojin moramo biti pozorni, da ohranjamo čim manjšo maso elektroaktivne skupine, saj drugače bistveno zmanjšamo specifično kapaciteto katode.

### Delovanje multivalentnih organskih akumulatorjev

Pri našem delu uporabljamo modelne katode iz razreda antrakinonov, ki imajo napetost 2,25, 1,60 in 1,10 V proti litijeви, magnezijevi in aluminijevi anodi (slika 2a). Te vre-

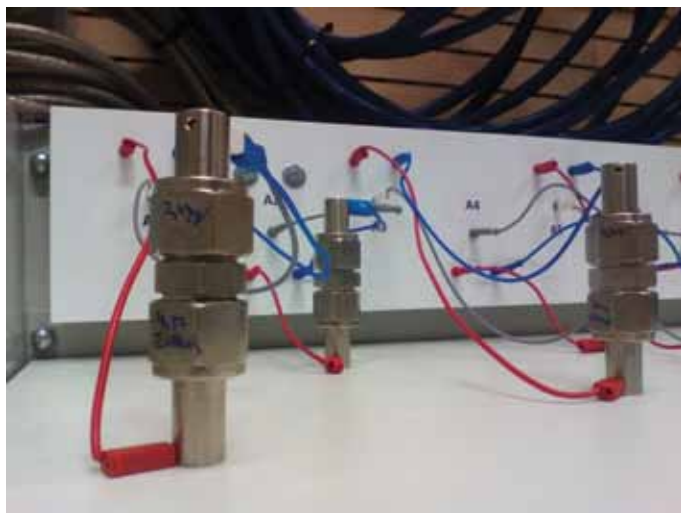
Slika 2: a) Napetost celic z antrakinonsko katodo ter litijevo (modra), magnezijevo (rdeča) in aluminijevo (zelená) anodo. Spodnja krivulja prikazuje potek napetosti pri praznjenju, zgornja pa pri polnjenju. Povprečna napetost praznjenja v litijevi celici znaša 2,25 V, v magnezijevi celici 1,60 V in aluminijevi celici 1,10 V. Najvišjo kapaciteto dosežemo v litijevi celici, medtem ko je kapaciteta v magnezijevi in aluminijevi celici nekoliko nižja. b) Shema prikazuje delovanje katode v primeru magnezijevega akumulatorja.



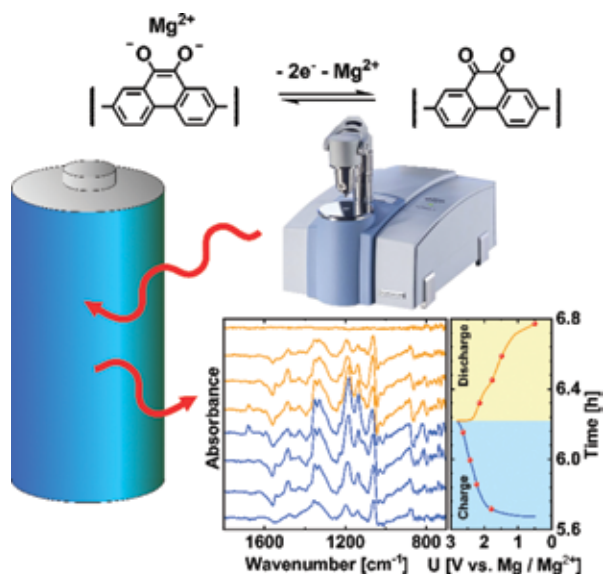
dnosti ne sledijo popolnoma pričakovanim razlikam v potencialu kovin, saj je razlika med potencialom litija in aluminija 1,4 V. Razlog je interakcija med aluminijevimi ioni in organsko spojino, ki zviša njen redukcijsko-oksidacijski potencial za približno 0,3 V. Teoretična kapaciteta antrakinona je 257 mAh/g, kar je precej več od anorganskih katod. Kljub temu si zaradi nižjih napetosti organskih spojin prizadevamo za uporabo spojin, osnovanih na benzokinonu, ki nam ponuja še bistveno višjo kapaciteto (496 mAh/g) ter tudi precej višjo napetost, 2,7 V, proti litiju. Z uporabo nekaterih spojin, ki imajo več elektroaktivnih skupin na enem obroču, je to kapaciteto možno še povečati. Vendar je v primeru spojin z izjemno visokimi kapacitetami pogosta težava stabilnost delovanja ter tudi realna izkoriščenost visoke teoretične kapacitete. Pri uporabi organskih materialov se osredotočamo na tako imenovane materiale n-tipa, ki v svojem nevtralnem stanju prejmejo elektron, se reducirajo in tvorijo negativno nabiti ion (slika 2b). Takšni materiali lahko enostavno koordinirajo pozitivno nabite kovinske ione, ki nastanejo pri odtapljanju kovin. Druga možnost so materiali p-tipa, ki potrebujejo v nabitem (pozitivno) stanju anione za kompenzacijo naboja. Anioni običajno izvirajo

iz elektrolita, kar pomeni, da potrebujemo veliko količino elektrolita, ki bistveno zniža energijsko gostoto celic.

Ključni korak pri raziskovanju teh organskih materialov je tudi preiskovanje elektrokemijskega mehanizma. Znan mehanizem je potreben pogoj za izračun energijske gostote sistema ter tudi potrditev, ali imamo opravke z materialom tipa p ali n. Za preiskovanje mehanizma smo razvili posebno celico s silicijevim oknom, ki prepušča infrardečo svetlobo in nam tako omogoča meritve infrardečih spektrov elektrode med elektrokemijskim delovanjem. Takšne meritve imenujemo *operando*, saj elektrodo spektroskopsko analiziramo med polnjenjem in praznjenjem. Seveda imajo vse komponente celice (aktivni material, vezivo, prevodni ogljik ter elektrolit) svoje infrardeče spektre, ki se do določene mere prekrivajo. Vendar lahko z odštevanjem spektrov med različnimi točkami elektrokemijskega delovanja izločimo tiste komponente, ki se med delovanjem ne spreminjajo (vezivo, prevodni ogljik, elektrolit). Odšteti infrardeči spektri katode nam zelo natančno pokažejo, kaj se dogaja z organsko katodo med polnjenjem in praznjenjem, do katerih sprememb pride pri sprejemanju in oddajanju naboja ter ali so te spremembe ponovljive. Glavne spremembe se dogajajo



Slika 3: Laboratorijske elektrokemijske celice med testiranjem.



*Slika 4: Prikaz koncepta operando ATR-IR (attenuated total reflectance infrared spectroscopy, infrardeča spektroskopija oslabiljenega totalnega odboja) spektroskopije med elektrochemijskim delovanjem celice. Med delovanjem celice merimo infrardeče spektre elektrode, ki nam po odštevanju prikažejo spremembe v elektrodi, ki se zgodijo med praznjenjem in polnjenjem. S spektri lahko potrdimo mehanizem delovanja ter odkrijemo stranske reakcije. Reproducivano iz vira 2 pod licenco CC BY (Vizintin, Bitenc, Kopač Lautar, Grdadolnik, Randon-Vitanova, Pirnat, 2020).*

znotraj molekul aktivnega materiala, kjer gre za prerazporejanje elektronskega naboja in koordinacijo s kationi. Hkrati nam spektri lahko pokažejo tudi formiranje pasivnih plasti, ki nastanejo pri reakciji elektrolita z elektrodo. Formacija pasivnih plasti je lahko tudi znak razpada elektrolita, kar lahko pomeni veliko težavo pri dolgotrajnem delovanju akumulatorja.

### **Pogled naprej in bodoči izzivi**

Za doseganje visoke energijske gostote je pomembno, da naše organske spojine koordinira multivalentni kation, ki ni koordiniran z anioni. Koordinirani (usklajeni) kation bistveno zniža energijsko gostoto, saj anion izvira iz soli in ne anode, kar bi pomenilo, da moramo za popolno izkoriščanje kapacitete organske molekule v celici raztopiti ogromne količine soli, kar bi vodilo do bistvenega znižanja praktične energijske gostote. Tu ima pomembno vlogo sestava elektrolita, tako sol kot topilo, vendar smo v primeru topil omejeni predvsem na etrska topila. Pri solih je v idealnem primeru kovinski kation šibko koordiniran z anionom in za njegovo desolvatcijo ni treba vložiti preveč energije, kar olajša transport katio-

nov ter zniža prenapetost pri delovanju celic. Nekaj takšnih elektrolitov že obstaja, vendar pogosto še ne zagotavljajo optimalnega delovanja z obema elektrodama. Kljub temu je bil v zadnjih letih dosežen bistven napredek in se združljivost z obema elektrodama izboljšuje in odpira pot k praktično uporabnim akumulatorjem.

Multivalentni akumulatorji so izjemno zanimivi tip akumulatorjev, ki ponujajo številne prednosti s stališča dostopnosti uporabljenih materialov in tudi možnosti uporabe kovinskih anod. Vendar zaradi različnih lastnosti nastalih pasivnih plasti in bistveno močnejših interakcij multivalentnih kationov z anorganskimi katodami onemogočajo uporabo elektrolitov in katod, ki jih poznamo iz že uveljavljenih Li-ionskih akumulatorjev. Uporaba novih pristopov z organskimi katodami in novo razvitimi multivalentnimi elektroliti omogoča dolgotrajno delovanje teh akumulatorjev. Njihovo delovanje je bilo preiskovano in potrjeno z različnimi analitskimi tehnikami. Kljub temu nas v prihodnjih letih čaka še kar nekaj izzivov, da njihovo delovanje še izboljšamo in jih s tem približamo praktični uporabi.

**Slovarček:**

**Elektroda.** Del elektrokemijske celice, ki vsebuje aktivni material in med delovanjem sprejema in oddaja elektrone. Elektroda je v akumulatorjih običajno sestavljena iz delcev aktivnega materiala (običajno vsaj 90 masnih odstotkov) in prevodnega ogljika, ki ju povezuje vezivo. Ta kompozit je v tanki plasti nanesen na kovinsko folijo, ki omogoča električni stik.

**Anoda.** Elektroda, ki ima nižji redukcijsko-oksidiacijski potencial (redoks potencial) in pri praznjenju oddaja elektrone. Pri polnjenju se proces obrne. V Li-ionskem akumulatorju je to običajno grafit.

**Katoda.** Elektroda, ki ima višji redukcijsko-oksidiacijski potencial in pri praznjenju sprejema elektrone. V Li-ionskem akumulatorju je to običajno anorganski material (na primer litijev kobaltat,  $\text{LiCoO}_2$ ).

**Elektrolit.** Snov, ki omogoča prenos ionov med elektrodama in onemogoča njun elektronski stik. Najpogosteje je to raztopina različnih soli, vendar poznamo tudi trdne elektrolite.

**Dendriti.** Visokopovršinske strukture, ki nastanejo pri odlaganju določenih kovin. Zaradi velike površine so visoko reaktivne in predstavljajo tveganje za požar.

**Gravimetrična kapaciteta.** Kapaciteta materiala, deljena z maso aktivnega materiala. Pove nam količino naboja, ki ga lahko shranimo na enoto mase.

**Volumetrična kapaciteta.** Kapaciteta materiala, deljena z volumnom aktivnega materiala. Pove nam količino naboja, ki ga lahko shranimo na enoto volumna.

**Pasivna plast.** Plast na elektrodah, ki nastane zaradi razpada elektrolita. Plast je lahko stabilna in zaščiti elektrodo pred nadaljnjimi reakcijami ter omogoča nemoteno delovanje, primer grafitna anoda v Li-ionskih akumulatorjih. V primeru magnezijeve kovinske anode plast popolnoma blokira prehod magnezijevih ionov.

**Desolvatacija.** Proces odstranitve molekul topila, ki obdajajo kovinski ion v elektrolitu. Proces desolvatacije se zgodi, ko ion iz elektrolita preide v strukturo katode.

**Zahvala**

Za finančno podporo bi se avtor rad zahvalil Javni agenciji za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije v okviru projektov Z2-1864 in J2-1867 ter podjetju Honda R&D Europe GmbH. Za prispevke k raziskovalnem delu in diskusije bi se rad zahvalil sodelavcem na odseku za Kemijo materialov na Kemijskem inštitutu, predvsem prof. dr. Robertu Dominku in dr. Klemnu Pirnatu.

*Literatura:*

Bitenc, J., Pirnat, K., Bančič, T., Gabersček, M., Genorio, B., Randon-Vitanova, A., Dominko, R., 2015: *Anthraquinone-Based Polymer as Cathode in Rechargeable Magnesium Batteries*. *ChemSusChem*, 8 (24): 4128–4132.

Vizintin, A., Bitenc, J., Kopač Lautar, A., Grdadolnik, J., Randon-Vitanova, A., Pirnat, K., 2020: *Poly(Phenanthrene Quinone)/Graphene Cathode Material and Investigation of Its Redox Mechanism through Operando ATR-IR Spectroscopy in Li- and Mg-Batteries*. *ChemSusChem*, 13 (9): 2328–2336.



*Jan Bitenc je znanstveni sodelavec na Kemijskem inštitutu na Odseku za kemijo materialov, kjer se ukvarja z razvojem organskih katodnih materialov za različne multivalentne organske akumulatorje. Doktoriral je na temo magnezijevih akumulatorjev, v zadnjih letih je svoje delo razširil tudi na področje aluminijevih in kalcijevih akumulatorjev, kjer z uporabo različnih organskih materialov razvija akumulatorje nove generacije. S podjetjem Honda R&D Europe že več let sodeluje pri razvoju magnezij-organskih akumulatorjev.*

# Medicinska hipnoza – zdravljenje z besedo

*Maks Tušak*

Vedno znova sem užaloščen, ko vidim zdravnika, ki zamahne z roko in reče: »Hipnoza tako ali tako sloni zgolj na učinku placebo in je predvsem nekaj, česar ne bi smeli uporabljati v medicini!«. S tem prezre in ne spoštuje ljudi, ki so vse svoje življenje posvetili raziskovanju tega naravnega pojava in hipnozo poskušali uporabljati za zdravljenje in pomoč drugim. Res pa je, da zdravniki sami niso krivi – ali pa vsaj

niso popolnoma krivi – za tako odklonilno mnenje. Za negativni prizvok hipnoze med slovenskimi in tudi tujimi zdravniki so predvsem zaslužni laični hipnotizerji, ki so hipnozo izkoristili za zabavljaštvo in jo tako oropali njenega najpomembnejšega poslanstva – zdravljenja ljudi. Veliko zdravnikov ima odklonilno mnenje do te tehnike zdravljenja in se ji izogiba, češ da je hipnoza šarlatanstvo, predvsem pa nekaj, s čimer se resen zdravnik ne ukvarja. Spet drugi jo dojemajo kot alternativno metodo, ki nima mesta v resni klinični praksi. Včasih podobno nezaupanje pride celo iz ust psihiatra, kar je žalostno, saj je hipnoza v mnogih zahodnih državah priznana metoda zdravljenja različnih zdravniških in psiholoških združenj, že vrsto let pa jo pri zdravljenju premnogih nevroz in psihosomatskih obolenj uporablja tudi veliko psihiatrov. V tujini je hipnoza postala celo tehnika zdravljenja, ki jo poučujejo na medicinskih fakultetah. V Slove-



*Zdravnik Abdón Sánchez Herrero izvaja hitro fiksacijsko tehniko indukcije hipnoze. Vir: Herrero, A. S., 1891: *El hipnotismo y la sugestión*. Valladolid: Establecimiento Tipográfico de Hijos de J. Pastor.*

niji pa uporabo hipnoze pri zdravljenju kljub temu, da jo v tujini že zdavnaj priznavajo kot tehniko zdravljenja v medicini in psihoterapiji in da njeno uporabnost lahko podprejo številne strokovne raziskave, še vedno najbolj podpirajo zgolj psihologi in psihoterapevti. Ne nazadnje pa se je medicinska hipnoza na Slovenskem začela uporabljati v zdravstvu že leta 1962, ko je prof. dr. Marjan Pajntar, specialist ginekologije in porodničarstva ter psiholog, začel s klinično uporabo hipnoze v porodništvu, in sicer za zmanjševanje bolečin pri porodu.

### Kaj je hipnoza?

Hipnoza je, v nasprotju s prepričanjem mnogih nestrokovnjakov, budno stanje zavesti z usmerjeno pozornostjo, zmanjšano zunanjo zavestnostjo in povečano sugestibilnostjo, kot jo opredeljuje Ameriško psihološko združenje (American Psychological Association). Najbolj znani učbenik psihiatrije avtorjev Kaplana in Saddocka (1998) definira hipnozo kot stanje povečane osredotočene koncentracije in sposobnosti sprejemanja sugestij druge osebe. Hipnoza je definirana tudi kot spremenjeno stanje zavesti, stanje disociacije (ločitve od realnosti) in regresije (vračanja v preteklost oziroma spominjanja preteklih dogodkov, regresije je ugotovitev vzroka za neko psihično stisko) (Kaplan in Saddock, 1998). Medicinska hipnoza pa je psihoterapevtski pristop za premagovanje psihičnih in telesnih težav. Obvezno jo izvaja strokovno usposobljeni terapevt, običajno zdravnik ali psiholog. Pomembno je še poudariti, da je hipnoza stanje popolne sprostitve tako telesa in uma, saj napetost v mišičnem tkivu popusti (to je najlepše vidno na obrazu), predvsem pa misli ne begajo več sem ter tja, pač pa se osredotočijo samo na terapevtove sugestije. V tem sproščenem stanju privre na dan podzavest z najglobljimi kotički superega in ida ter tako ustvarjalno odgovarja na dane sugestije z razvijanjem domišljije, želja, fantazij, pozitivnega mišljenja in tako dalje. Pacient se tako bolj osredotoči na stvari, ki jih želi spremeniti, in na načine, kako bo to naredil, brez odvečnega analitičnega, logičnega in tesnobnega mišljenja. Pri mnogih pacientih opazimo, da sta globina hipnotičnega stanja in sposobnost

kakovostnega sprejemanja sugestij pogojeni s pacientovo domišljijo in vidno predstavljenostjo. V hipnotičnem stanju se lahko pacient telesno in umsko sprosti veliko globlje kot v normalnem budnem stanju. Hipnotično stanje omogoča tudi vrsto spremenjenih sposobnosti, kot so povečana koncentracija, spremenjeno zaznavanje, povečanje ali zmanjšanje zmožnosti spominjanja in drugo. Pomembno je tudi dejstvo, da v hipnozi človek pridobi nadzor nad življenjskimi funkcijami, ki niso pod vplivom zavestnega mišljenja, oziroma da v hipnozi zmoremo nadzirati tudi vegetativno oživčena tkiva. Te življenjske funkcije pa so na primer bitje srca, krvni tlak, delovanje votlih organov, pri želodcu na primer izločanje želodčne kisline, in tako dalje.

Stanje hipnoze vpeljemo s hipnotično indukcijo (postopek vpeljave v hipnotično stanje), ki ji sledi poglobljanje. S poglobljanjem povečamo jakost hipnotičnega transa. Poznamo veliko vrst hipnotičnih indukcij in poglobljanja. Vrste hipnotičnih indukcij lahko v grobem razdelimo na počasne in hitre tehnike. Počasni tehniki indukcije sta na primer progresivna mišična relaksacija, kjer postopoma sproščamo pacientove mišice, in vizualizacija (vidna predstavitev) prijetnega kraja. Poznamo pa še cel niz hitrejših oziroma fiksacijskih tehnik, kakor jih poimenuje veliko hipnotizerjev. Te pa so na primer tehnika gledanja konice pisala ali točke na steni, s katero na razmeroma hiter način pridobimo pozornost pacienta, in pa konfuzijske tehnike, kjer pacienta z različnimi besednimi vzorci in trditvami tako zmedemo, da ni sposoben kakovostno slediti našim trditvam in besednim zvezam, zato se raje umakne v prijetno hipnotično stanje. Zadnje so veliko uporabljali odrski hipnotizerji.

### Problem laičnih hipnotizerjev

V Sloveniji se je v zadnjih dvajsetih letih pojavilo ogromno laičnih in samooklicanih hipnoterapevtov, ki oglašujejo zdravljenje različnih psihičnih težav s hipnozo, pa se ob tem ne zavedajo, da marsičesa ne poznajo in ne razumejo in da stvari mnogo preveč ponostavljajo. Hipnoza sama po sebi ni način

zdravljenja. Je le orodje, ki nam pomaga, da lažje izvajamo psihoterapijo, saj so sugestije v hipnotičnem stanju v primerjavi z navadnim budnim stanjem tudi do petnajstkrat močnejše. Laični hipnotizerji tudi velikokrat ne razumejo, da doseči hipnotični trans pri nekem bolniku ali pacientu sicer ni problem, zdravljenje s pomočjo tega transa pa seveda zahteva znanje zdravnika, psihologa ali psihoterapevta. Tega laični hipnotizerji ne znajo, saj običajno nimajo ustreznega medicinskega znanja o delovanju človeškega telesa ali znanja psihologije, kaj šele psihoterapije. Seveda pa laičnim hipnotizerjem pogosto primanjkuje tudi etičnosti, neredko pa tudi samokritičnosti. Če česa ne veš, se pogosto tudi ne zavedaš, da tega ne veš. V Sloveniji prav zato izobraževanja hipnoze, ki jih akreditira zdravniška zbornica, izvaja le Društvo za medicinsko hipnozo Slovenije pod vodstvom prof. dr. Marjana Pajntarja, ki prepoveduje učenje hipnoze laikom in se zavzema za prepoved izvajanja hipnoze brez zdravniških ali psiholoških akreditacij. Seveda pravno to ni urejeno, kakor tudi ni še dorečen in sprejet zakon o psihoterapevtski praksi, zato so možnosti za laično delo pri nas velike. Tak položaj seveda ustvarja mnoge težave vsebinske in zdravstvene narave, dodatno pa tudi nikjer ni opredeljena odgovornost, povezana z izvajanjem hipnoze. Res je, da se laični hipnotizerji neredko sploh ne zavedajo tovrstnih težav in odgovornosti. Zaradi nepoznavanja medicine in psihologije tudi težko razumejo, kaj lahko hipnotični trans povzroči nekemu, ki je na primer na meji, da zdrsne v akutno stanje shizofrenije ali v kako drugo čustveno ali osebno motnjo. Problematični so predvsem tisti bolniki, ki imajo moteni stik z resničnostjo, pa na primer odvisniki od halucinogenih drog in še bi lahko naštevali. Prav zato je odgovorno ravnanje in izobraževanje hipnotizerjev specialistov psihoterapije pomembna strokovna naloga društva.

### **Miti o hipnozi**

Odrski hipnotizerji in čarodeji so s svojimi nastopi hipnoze ustvarili ogromno mitov o hipnozi. Eno izmed najbolj pogostih mišljenj

o hipnozi je, da ima hipnotizer skoraj popolno moč nad subjektom. Človek v hipnotičnem stanju ne izgubi pregleda nad zavestjo in nadzora nad samim seboj (Yapko, 2003). Hipnotizer nikakor nima skoraj popolne moči nad subjektom (Yapko, 2003). Ljudi je tudi pogosto strah, da ne bodo dosegli dovolj globokega transa in da ne bodo hipnotizirani. Velikokrat se obremenjujejo, kakšen vpliv bo to imelo na zdravljenje. Pričakujejo, da bo izkušnja hipnotičnega stanja nekaj popolnoma drugačnega kot pa normalno budno stanje. Hipnotizerji moramo zato pred vsako terapijo pacienta z opisanimi dvomi poučiti, da bo v hipnotičnem stanju v bistvu slišal vse, le da bodo šumi, ki ne bodo deležni usmerjene pozornosti, potisnjeni nekoliko v ozadje zaznavanja (Yapko, 2003). Pacientu moramo pojasniti, da bo le v stanju globoke sprostitve, da je hipnoza nekaj čisto naravnega in da je to stanje, s katerim se je v preteklosti gotovo tudi nevede že kdaj srečal. Pogosto napačno mišljenje je tudi, da hipnotizirani subjekt prizna najgloblje skrite skrivnosti (Yapko, 2003). Res pa je, da se hipnotizirani subjekt v hipnozi zaveda, kaj govori, in da ne reče, pa tudi ne naredi ničesar, kar ne želi (Yapko, 2003). Ali subjekt prizna svoje globoke skrivnosti, je odvisno le od zaupanja med subjektom in hipnotizerjem (Yapko, 2003). Načeloma jih prizna, če je zaupanje v hipnotizerja močno in če verjame, da mu bo to lahko pomagalo oziroma nima nobenih drugih zadržkov, da bi to priznal. Pomembno pa je, da se pacient zaveda, da hipnoza ni kak čudežni detektor laži, kjer bi pacient priznal vse, česar sicer noče priznati.

### **Sugestibilnost**

Pomembno je poudariti, da stanje hipnotičnega transa lahko s primerno motivacijo in s primerним znanjem doseže skoraj vsak. Hipnoza je namreč zelo pogost in naraven pojav. Vsakdo se je že srečal s hipnotičnim transom, na primer ob gledanju televizije ali poslušanju glasbe, ki nas razveseljuje in sprošča. Morda pa ste se vozili z avtom in bili tako osredotočeni na eno idejo, da ste zgrešili pravičen odcep. Ob takih situacijah



rado pride do zožene in usmerjene pozornosti oziroma do nekakšnega hipnotičnega transa. Čeprav je sposobnost razvijanja hipnotičnega transa prirojena, pa raziskave kažejo, da nismo vsi ljudje enako dojemljivi za razvijanje hipnotičnega stanja (Spiegel in King, 1992). V strokovnih krogih bi rekli, da nismo zadošti sugestibilni ali hipnotizabilni. Nekaterim skorajda ne uspe zmanjšati zunanje zavestnosti, spet drugi pa jo lahko zmanjšajo tudi na deset odstotkov (Spiegel in King, 1992). Večja hipnotizabilnost naj bi bila povezana z večjimi koncentracijami metabolita dopamina – homovanilične kisline v možganski tekočini (Spiegel in King, 1992).

### Zgodovina hipnoze

Da je hipnoza naravni pojav, potrjujejo tudi zgodovinska dejstva. Hipnozo in njene zdravilne učinke je poznalo že najstarejše poznano ljudstvo – Sumerci v četrtem tisočletju pred našim štetjem na jugu Mezopotamije (Rosen, 1953). V znameniti svečeniški šoli v Erehu še sedaj hranijo prastari rokopis, ki vsebuje neovrgljive dokaze o tem, da so svečeniki – zdravniki v tistih časih – zdravili bolnike v snu (Rosen, 1953). Zgodnje zapise o hipnozi najdemo tudi v Manuovem zakoniku, najstarejšem v sanskrtu napisanem delu v Indiji, kjer je hipnoza opisana kot budni sen (Rosen, 1953). V enem od najbolj znanih staroegiptovskih medicinskih besedil, Ebersovem papirusu, iz leta okoli 1550 pred našim štetjem so opisane sodobne tehnike uporabe hipnoze takratnih zdravilcev (Rosen, 1953). Hipnozo so uporabljali torej tudi Egipčani. Ne smemo pozabiti na stare Grke in njihove templje, kjer so svečeniki zdravili ljudi s pomočjo sugestij znotraj hipnotičnega stanja (Rosen, 1953). Tudi krščanski redovniki in menihi so tako ozdravljali bolnike do nastopa inkvizicije (Rosen, 1953). Ne nazadnje imajo že mnoge molitve oziroma ponavljanja različnih pozitivnih besed in želja zdravilni sugestibilni učinek. Moderna hipnoza se je začela z avstrijskim zdravnikom Franzem Mesmerjem, škotskim zdravnikom Jamesom Braidom,

škotskim kirurgom Jamesom Esdailom, ki je operiral številne bolnike v posebnem brezbolečinskem hipnotičnem stanju, avstrijskim zdravnikom Sigmundom Freudom in drugimi. Leta 1955 je Britansko zdravniško združenje priznalo hipnozo kot medicinsko terapijo. Tri leta kasneje jo je kot medicinsko terapijo priznalo še Ameriško zdravniško združenje in leta 1962 še Ameriško združenje psihiatrov.

### Fiziologija hipnoze

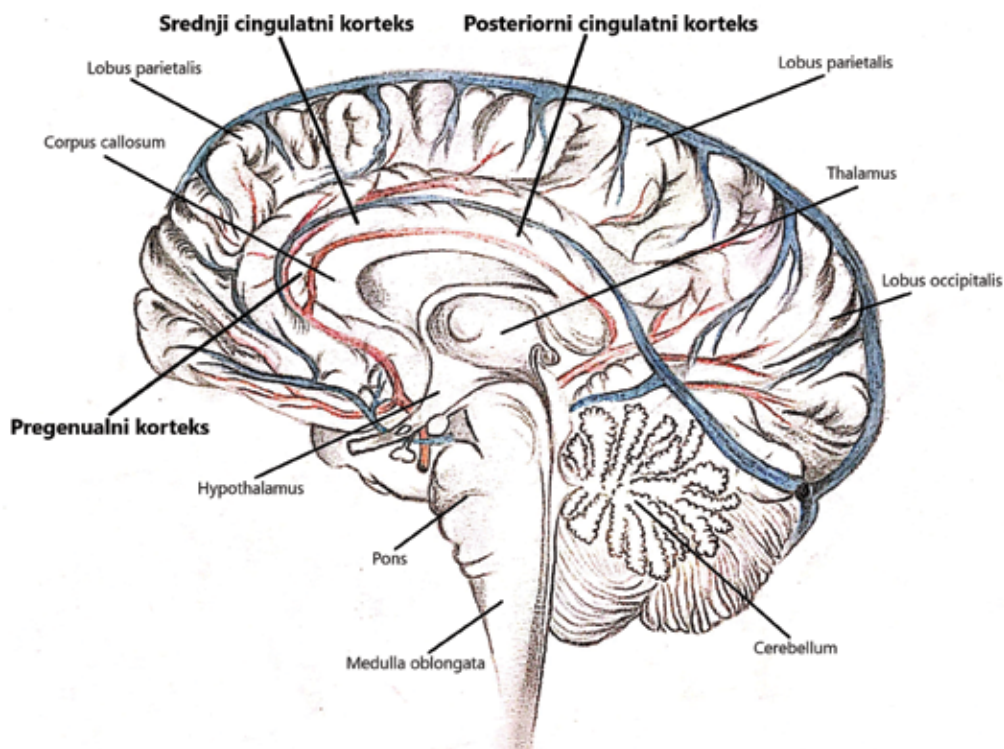
Ni presenetljivo, da veliko laikov misli, da je hipnoza spanje, saj laični odrski hipnotizerji s svojimi predstavami stalno dajejo napačen vtis o tem, kaj hipnoza sploh je. Raziskave encefalografskih posnetkov možganskih valov so pokazale, da je hipnoza bolj podobna budnemu stanju kot pa spanju, spremenjeno pa je na primer delovanje alfa valov (Graffin, Ray in Lundy, 1995). Pomembno je tudi dejstvo, da v hipnotičnem stanju pride do sinhronizacije drugih predelov možganov kot med budnim stanjem (Fingelkurts, Fingelkurts, Kallio in Revonsuo, 2007), prav tako pa so s pozitronsko emisijsko tomografijo ugotovili, da je tudi pretok krvi v možganih spremenjen (Faymonville, Boly in Laureys, 2006). V hipnotičnem stanju se aktivirajo mnogi predeli korteksa, vključujoč okcipitalni, parietalni, premotorični, precentralni in ventrolateralni prefrontalni ter anteriorni cingulatni korteks (Faymonville, Boly in Laureys, 2006).

Z uporabo pozitronske emisijske tomografije so Faymonville, Boly in Laureys (2006) prvič opisali porazdelitev cerebralnega pretoka krvi v hipnotičnem stanju, ki je predstavljala indeks nevronske aktivnosti. Uporabili so tehniko radioaktivnega razpada  $H_2^{15}O$ . Seveda je bilo treba izbrati kontrolno stanje, kar pa ni bila enostavna izbira, saj nobeno cerebralno stanje ni podobno hipnotičnemu. Ker sta indukcija in vzdrževanje hipnotičnega stanja bili opravljeni z obujanjem prijetnega in lastnega dogodka pacienta, so avtorji za kontrolno stanje izbrali spominjanje na prijeten in lasten dogodek pacienta v odsotnosti hipnotičnega stanja in ga primerjali s hipno-

tičnim stanjem. Da bi bolje razumeli primerjave, so najprej preučili cerebralno kontrolno stanje. Rezultati so pokazali, da poslušanje avtobiografskega spomina aktivira oba temporalna lobula, bazalne sprednje možganske strukture in nekatere leve mesiotemporalne predele. To potrjuje tudi raziskava avtobiografskega spomina s pozitronsko emisijsko tomografijo iz leta 1996 (Fink, Markowitsch, Reinkemeier, Bruckbauer, Kessler in Heiss, 1996). V raziskavi Faymonville, Bolyja in Laureysa (2006) pa se je v hipnozi v primerjavi s kontrolnim stanjem aktiviralo veliko večje območje možganov – okcipitalni, parietalni, premotorični, precentralni in ventrolateralni prefrontalni ter anteriorni cinguladni korteks. Ta vzorec aktivacije je podoben mentalni predstavljivosti (Faymonville, Boly

in Laureys, 2006). Od nje se razlikuje v relativni deaktivaciji precuneusa – dela zgornjega parietalnega lobula možganov (Faymonville, Boly in Laureys, 2006). Hipnotično stanje torej aktivira tudi druge dele možganov kot pa samo priklic epizodičnega spomina v normalnem cerebralnem stanju (Faymonville, Boly in Laureys, 2006). Faymonville, Boly in Laureys (2006) pa so raziskali tudi pojav zmanjšanja bolečine v hipnozi. V primerjavi z normalnim stanjem je hipnotično stanje zmanjšalo percepcijo bolečine zaradi toplotne stimulacije za približno 50 odstotkov, kar je povezano z aktivnostjo sprednjega cingulatnega korteksa, natančneje Brodmannovega območja 24'a (Rainville, Duncan, Price, Carrier in Bushnell, 1997). Sprednji cinguladni korteks (ACC) je sprednji del cingulatnega korteksa,

*Shematski prikaz pregenualnega, srednjega in posteriornega cingulatnega korteksa ter nekaterih drugih pomembnih struktur možganov.*



ki je kot nekakšen plašč, ki obdaja corpus callosum. Sestavljen je iz Brodmannovih območij 24, 32 in 33. Sprednji cingulatni korteks naj bi uravnaval neposredne vplive med kognicijo, senzorično percepcijo in motoričnim nadzorom v kontekstu sprememb motivacijskih in čustvenih stanj ter sprememb pozornosti (Devinsky, Morrell in Vogt, 1995). V raziskavi Faymonville, Bolyja in Laureysa (2006) so ugotovili, da hipnotično stanje pomembno izboljša uravnavanje med srednjim cingulatnim korteksom (natančneje območjem 24'a) in velikim nevronskega omrežjem, vključenim v zaznavne, kognitivne in vedenjske vidike nocicepcije normalnega odziva živčnega sistema na boleče dražljaje). Faymonville, Boly in Laureys (2006) in še pred tem Rainville, Duncan, Price, Carrier in Bushnell (1997) so dokazali, da cerebralno omrežje, ki je zaslužno za nocicepcijo, ne uravnavajo le farmakološka sredstva za nadzor bolečine, temveč tudi psihološke strategije posredovanja za nadzorovanje bolečine.

Sprednji cingulatni korteks na podlagi anatomskih in novo odkritih funkcionalnih značilnosti razdelimo v pregenualni in srednji cingulatni korteks (Vogt, Hof in Vogt, 2004). Je bogato oživčen z nevromodulatornimi potmi, vključujoč opiodske, dopamin energične, noradrenergične in serotonin adrenergične sisteme (Paus, 2001). Vsebuje tudi visoko mero substance P – neuropeptida, ki deluje kot živčni prenašalec in je povezan z zaznavanjem bolečine (Paus, 2001). Znanstveniki skoraj ne verjamejo, da je opiodni živčni sistem osnova aktivacije srednjega cingulatnega korteksa v hipnozi, čeprav sprednji cingulatni korteks vsebuje veliko opiodnih receptorjev (Moret, Forster in Laverrière, 1991). To potrjujejo psihofarmakološke raziskave, ki so pokazale, da hipnotična analgezija (neobčutljivost za bolečinske dražljaje pri ohranjeni zavesti) ne more biti spremenjena ali prekinjena z vnosom naloxona – zdravila, ki blokira (preprečuje) učinke opiodov (Moret, Forster in Laverrière, 1991). Prav tako tudi ni možno, da bi srednji cingulatni korteks spremenil zaznavo bolečine zaradi mehanizmov pozornosti

(Derbyshire, Vogt in Jones, 1998). Aktivirano območje iz omenjene raziskave se razlikuje od območja anteriornega cingulatnega korteksa, aktiviranega med opravi, ki zahtevajo popolno zbranost (Derbyshire, Vogt in Jones, 1998). Bolečina je večrazsežnostno doživetje, vključujoč senzorično, afektivno oziroma čustveno, vedenjsko in kognitivno komponento (Faymonville, Boly in Laureys, 2006). Strokovnjaki je ne pojmujejo kot posledico nekakšnega nevronskega središča v možganih, pač pa kot mrežo nevronskega povezav, prepredeno v skoraj celotnem možganskem tkivu (Jones, Brown, Friston, Qi in Frackowiak, 1991). Z namenom, da bi bolje raziskali antinocipativni učinek hipnoze, so Faymonville, Boly in Laureys (2006) ocenili spremembe v funkcionalni povezanosti sprednjega cingulatnega korteksa (natančneje srednjega cingulatnega korteksa) z velikim nevronskega mrežjem, povezanim z različnimi vidiki nocicepcije v hipnotičnem stanju. Prišli so do zaključka, da je srednji cingulatni korteks, ki uravnava hipnotično inducirano zmanjšanje zaznave bolečine, v induciranjem hipnotičnem stanju in s sugestijami za zmanjšanje bolečine bolj funkcionalno povezan z velikim nevronskega mrežjem kortikalnih in subkortikalnih možganskih struktur, ki so vključene v različne vidike procesiranja bolečine. Faymonville, Boly in Laureys (2006) so tako dokazali, da na percepcijo zmanjšanja bolečine ne vplivajo le farmakološka sredstva, temveč tudi psihološke strategije.

### **Klinična uporaba hipnoze**

Zdi se, da zdravniki vseeno pre pogosto zagovarjajo uporabo kemičnih učinkovin pri raznih psihosomatskih in psihičnih obolenjih, čeprav bi se veliko tovrstnih obolenj dalo pozdraviti z besedo. Še več, velikokrat blažimo le simptome, samega izvora boleznih pa sploh ne zdravimo, ker ga velikokrat ne najdemo, saj je povezan z našo preteklostjo ali pa načinom življenja, soočanjem s stresom in tako dalje. Pri psihosomatskih obolenjih je izvor boleznih distres (stres z negativnimi učinki na zdravje), pri raznih

psihičnih obolenjih pa na primer naučeni vzorci iz našega otroštva. Psihoterapija v hipnozi je tako učinkovita metoda ne le blaženja simptomov, temveč tudi zdravljenja izvora bolezni in pa odkrivanja tega izvora, saj se s pomočjo hipersugestij (sugestij v hipnotičnem stanju) psihoterapije v regresiji velikokrat odkrijejo naučeni nezavedni patološki vzorci iz posameznikovega otroštva. Regresija v tem primeru je terapevtski pristop v hipnozi, ko posameznika v mislih odpeljemo v preteklost, na primer v mladost, in poskušamo razkriti in podoživeti neko travmatično izkušnjo, ki jo je pacient potlačil, da bi lažje ugotovili, kaj je vplivalo na razvoj neke bolezni ali simptomatike. Še vedno pa na primer veliko psihiatrov predpisuje antidepresive za psihična stanja, ki bi se jih s preprosto psihoterapijo v hipnotičnem stanju dalo pozdraviti. Prav tako nekateri dermatologi preveč oziroma pre pogosto predpisujejo kortikosteroidna mazila za razna kožna obolenja, za katera imamo trdne dokaze, da so plod psihosomatike in bi njihove simptome lahko s hipnoterapijo precej uspešno blazili ali pa obolenje celo pozdravili.

### **Psihiatrija in psihologija**

Psihologom in psihiatrom je medicinska hipnoza v veliko pomoč pri izvajanju psiho-

terapije za zdravljenje psihosomatskih motenj in nevroz, kot so depresija, anksioznost (bojaznost, tesnoba) in različne fobije ter širok sklop odvisnosti, na primer motnje hranjenja (anoreksija, bulimija, prenajedanje, ortoreksija) in odvajanje od kajenja, alkohola in drugega. Medicinsko hipnozo uporabljajo tudi pri zdravljenju govornih motenj, na primer jecljanja, govornih tikov in razvad. Hipnoza ima svoje mesto tudi v športu. Psihologi jo uporabljajo na primer preprosto za dvig samozavesti, za dvig učinkovitosti in motivacije pri športnikih ter pri pripravi športnika na nastop oziroma pri pripravi na stresne situacije. V Sloveniji jo v športu uporabljamo že od leta 1974, ko sta klinični psiholog prof. dr. Maks Tušak in kasneje športni psiholog prof. dr. Matej Tušak postavila temelje psihologije športa v Sloveniji.

### **Operativni posegi**

Zdravniki kirurgi in anesteziologi medicinsko hipnozo uporabljajo predvsem za zmanjševanje bolečine. Proces imenujemo hipnoanestezija in hipnoanalgezija. Bolečino s hipnoterapijo zdravniki blazijo med porodom, pri opeklinah in med različnimi operativnimi posegi. Največkrat se s pomočjo hipnoterapije izvajajo možganske operacije in dentalni posegi. Operativni posegi povzročajo distress, ki povzroča bolečino, utrujenost, slabost, slabše celjenje ran



*Hipnoterapevtska priprava Slovenske odbojarske reprezentance na tekmo za vstop v finale evropskega prvenstva v odbojki leta 2019.*

*Foto: Matej Tušak.*

*Hipnoterapevtska anestezija med dentalnim posegom. Foto: Maks Tušak*



in drugo (Schnur, Bovbjerg, David, Tatrow, Goldfarb, Silverstein in drugi, 2008; Schnur, Kafer, Marcus in Montgomery, 2008). Hipnoza ima kot nefarmakološka metoda številne prednosti pri zmanjševanju kirurškega stresa in nima stranskih učinkov (Schnur, Bovbjerg, David, Tatrow, Goldfarb, Silverstein in drugi, 2008; Schnur, Kafer, Marcus in Montgomery, 2008). Prva dokumentirana uporaba medicinske hipnoze kot tehnike hipnoanalgezije sega v leto 1830, ko sta Jules Cloquet in John Elliotson izvajala večje operacije pod hipnozo (Rosen, 1953). Z odkritjem anestetikov se je uporaba hipnoze med kirurškimi posegi zmanjšala, kasneje pa se je spet pojavila kot dopolnilna metoda pri splošni in lokalni anesteziji. Hipnozo tako uporabljajo pred operacijo, med njo ter po njej kot dopolnilno metodo za zmanjšanje bolečine, tesnobe, bolečine, slabosti, utrujenosti, vnetnega odziva in tako dalje (Faymonville, Fissette, Mambourg in drugi, 1995). Hipnoterapevtska anestezija med operacijo poveča udobje bolnika, zmanjša zaznavo bolečine, zmanjša kognitivno in somatsko anksioznost, pa tudi poraba anestetikov in kasneje analgetikov po operaciji je manjša (Faymonville, Fissette, Mambourg in drugi, 1995). Tako so omogočeni boljši pogoji za operacijo in hitrejšo okrevanje bolnika (Faymonville, Fissette, Mambourg in drugi, 1995). Medicinska hipnoza je tako dodana vrednost standardnih anestezioloških protokolov, seveda pa je zaenkrat primerna samo za nekatere operacije in samo za skrbno iz-

brane bolnike.

Hipnoterapija naj bi imela tudi vpliv na ugodnejšo prognozo rakavih bolezni (Potié, Roelants, Pospiech, Momeni in Watremez, 2016).

### **Psihosomatska obolenja**

Medicinska hipnoza se je pokazala za izjemno uspešno pri zdravljenju psihosomatskih obolenj. Učinkovita je za odpravljanje migren, če je njihov izvor psihosomatski, predvsem pa je izredno uspešna metoda pri zdravljenju kožnih obolenj (Kaplan in Saddock, 1998). Učinki distresa se namreč pogosto pokažejo v obliki kožnih obolenj (Kaplan in Saddock, 1998). Nekateri psihiatri si prizadevajo dokazati, da je hipnoza uspešna metoda tudi pri zdravljenju nevrodermatitisa, virusnih bradavic in aken (Kaplan in Saddock, 1998). V zadnjih dvajsetih letih smo našli tudi raziskave, kjer poskušajo zdravniki ugotoviti, kakšen vpliv ima hipnoza na zdravljenje psoriaze (Tausk in Whitmore, 1998). Res je, da je raziskav zdravljenja luskavice s hipnozo malo, vendar pa se je tudi pri tem hipnoza pokazala za uspešno, saj je tudi izvor luskavice tako kot veliko ostalih kožnih bolezni velikokrat v stresni preobremenljivosti oziroma psihosomatiki (Tausk in Whitmore, 1998; Rousset in Halioua, 2018). Ne smemo pozabiti tudi drugih obolenj, ki poleg kožnih obolenj lahko nastanejo kot posledica distresa, na primer ulkus želodca in dvanajstnika,

kardiospazem, kronična bolečina, koronarna bolezen, sakroiliakalna bolečina, tahikardija, spastični kolitis, urtikarija, pilorospazem, iritabilni kolon, alergične reakcije, angina pectoris, aritmija, boleča menstruacija, revmatoidni artritis, bronhialna astma, diabetes melitus, glavobol, herpes, hipertiroidizem, hipoglikemija in drugo. Tudi Kaplan in Saddock (1998) v najpomembnejšem psihiatričnem učbeniku opredeljujeta vsa omenjena obolenja kot psihosomatska in kot tehniko zdravljenja navajata med drugim tudi hipnozo. Ždi se, da hipnoterapevti med psihosomatskimi kožnimi boleznimi še največ časa namenjajo raziskavam o pozitivnih učinkih hipnoterapije na virusne bradavice. Prvi članki raziskav na to temo (Ullman in Dudek, 1960; Seeman, 1960) so bili objavljeni že v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja. Lep primer je tudi raziskava ameriške zdravnice Ewin (1992) z medicinske fakultete v Louisiani, ki je izvajala hipnoterapijo na 41 bolnikih z virusnimi bradavicami. Kar 33 bolnikov je bilo v celoti pozdravljenih, dva deloma, šest pa se jih ni odzvalo na zdravljenje. S študijo so tudi ugotovili, da so se na neposredne sugestije najboljše in skoraj brez izjem odzivali otroci. Pri odraslih pa je bilo potrebna vizualizacija obolelega območja in procesov imunskega sistema na celični ravni (vizualizacijo definiramo kot mentalno predstavljalnost). Veliko pa raziskujejo tudi vpliv hipnoterapije na avtoimune bolezni, predvsem na astmo in revmatoidni artritis. Raziskava Hortonove, Mitzdorfa in Melcharta (2000), kliničnih psihologov z inštituta medicinske psihologije Univerze Ludwig-Maximilian v Münchnu na primer je potekala na večjem številu ljudi in pokazala klinično pomembne pozitivne učinke hipnoze na zdravljenje na podlagi nekaterih subjektivnih (na primer percepcije bolečine in okorelosti sklepov) in objektivnih spremenljivk (na primer sedimentacije eritrocitov). Terapija s hipnozo je potekala na način vizualizacije (mentalne predstavljalnosti) celičnih procesov, ki so vključeni v zmanjšanje avtoimune aktivno-

sti, v izboljšanje stanja revmatoidnega artritisa in v zmanjšanje bolečine ter okorelosti sklepov ter otekline. Zanimiva je tudi raziskava Aronoffa, Aronoffa in Pecka (1975), ki so ocenjevali vpliv hipnotičnega zdravljenja astme pri sedemnajstih otrocih. Pljučne funkcije so bile izmerjene pred hipnotično intervencijo in po njej. Povprečno izboljšanje vseh bolnikov je bilo petdesetodstotno, glede na meritve, kot so spirometrija, subjektivne samoocene bolnikov in merjenje dispneje. Aronoff, Aronoff in Peck (1975) navajajo, da je hipnoza z ustrezno terapijo za avtoimuno bolezen astme pomembna tehnika za izboljšanje astme, saj izboljša ventilatorno kapaciteto pljuč. Takojšnji učinek je predvsem sprostitvev mišičnega tkiva pljuč ter tako zmanjšanje krčenja alveolov (Aronoff, Aronoff in Peck, 1975). Pomembna pa je še tudi ena od najstarejših zabeleženih raziskav učinkov psihoterapije s hipnozo na simptome in zdravljenje astme, ki jo je opravil komite Britanskega združenja za tuberkulozo (Med, 1968). Omenjena raziskava je zajela 252 bolnikov. 127 bolnikov je bilo hipnotiziranih, 125 pa je bilo v relaksacijski skupini. Rezultati so bili izmerjeni z dnevnim beleženjem napadov sopihanja in uporabe bronhodilatatorjev ter mesečnim merjenjem forsirane vitalne kapacitete (FVC) oziroma prostornine zraka, ki ga človek izdihne iz pljuč po maksimalnem vdihu, in pa forsiranega izdihanega volumna zraka v prvi sekundi (FEV1). Rezultati so pri obeh skupinah pokazali izboljšanje astmatičnih simptomov in upad uporabe zdravil ter pogostosti napadov. Hipnotična skupina je tudi poročala o manjšem številu napadov sopenja, še zlasti pri ženskah. Tudi meritve forsiranega izdihanega volumna v prvi sekundi so bile v hipnotizirani skupini veliko boljše kot v relaksacijski skupini.

### **Hipnoza in nevromišična dejavnost**

Zdravniki pa s terapijo v hipnozi zdravijo tudi paretične mišice. Pajntar, Jeglič, Štefančič in Vodovnik (1980) so raziskovali vpliv hipersu-

gestije na nevro-mišično dejavnost oziroma na spontano in električno spodbujano delovanje motoričnih živcev in mišic pri zdravih ljudeh in pri bolnikih z različnimi lokomotornimi težavami. Napravili so raziskavo o izboljšanju motoričnega odziva z uporabo hipnoze pri bolnikih z lezijami perifernega živčevja. Zdravnik je bolnika v hipnotičnem stanju spodbujal, da bi premaknil mišice s slabim oživčenjem. Z meritvijo sile, ki jo proizvede mišica, in vzdržljivosti mišice ter s spremljanjem električne aktivnosti mišice so ugotovili izboljšanje aktivnosti mišic, ki so bile deležne rehabilitacije v hipnozi. Z elektromiografijo (diagnostično metodo za opredelitev okvare mišic in živcev, ki nadzorujejo delovanje mišic) ter raziskovanjem mišične sile so ugotovili, da lahko z uporabo sugestij v hipnozi spremenimo jakost spontanega in električno izzvanega krčenja pri zdravih ljudeh in pri bolnikih s paretičnimi mišicami. S sugestijo v hipnozi so uspeli do 37-krat povečati mišično moč paretične okončine. Ugotavljali so tudi vpliv hipersugestije na dejavnost ponovno oživčenih mišic. Uspelo jim je namreč izzvati pozabljeni motorični odgovor mišice po območjih različnih perifernih živčnih lezij, ki so bila ponovno oživčena.

### Zaključek

V zadnjih letih je empiričnih raziskav, ki potrjujejo učinkovitost hipnoze pri zdravljenju, vedno več. Je pa seveda treba razumeti, da bodo omenjena spoznanja postala pomemben del zdravljenja takrat, ko bodo učinki hipnoze potrjeni v mnogih raziskavah in ko bodo procesi zdravljenja imeli tudi več odgovorov, kot jih imajo sedaj. Praksa v medicini pa potrjuje, da je mogoče hipnozo že danes s pridom uporabljati za doseganje najrazličnejših ciljev pri zdravljenju. Seveda ne poznamo odgovora na vprašanje, zakaj lahko z ustrezno terapijo v hipnozi pozdravimo virusne bradavice oziroma zakaj se s hipnoterapijo izboljša imunski sistem. Ne vemo tudi na primer, zakaj lahko s hipnoterapijo dosežemo, da imunski sistem ne uničuje več lastnega tkiva. Dejstvo pa je, da zdravljenje

in blaženje simptomov s hipnoterapijo deluje pri nekaterih obolenjih. Uveljaviti moramo najpomembnejšo vrednoto zdravnika, to je pomagati in zdraviti bolnika. In če je hipnoterapija uspešna pri zdravljenju mnogih obolenj, zakaj je ne bi uporabljali, pa čeprav še ne poznamo vseh mehanizmov vpliva na potek bolezni ali lajšanja simptomov? Seveda pa je ključnega pomena tudi zmožnost biti kritičen in razumeti, da ima tudi hipnoza omejene učinke. Na nekaterih področjih so njene možnosti in koristnost uporabe večje, drugje pač manjše. Skrbno moramo beležiti praktične izkušnje pri delu in zdravljenju s hipnozo ter tovrstne učinke tudi raziskovalno na večjem številu pacientov preveriti, če želimo, da bo pogostost njene uporabe čim večja in njeno priznanje med zdravniki veliko. Seveda pa bi k temu veliko prispevala tudi novejša spoznanja o fiziologiji možganskega in na splošno živčnega tkiva v hipnotičnem stanju ter procesih, ki jih hipnoza spodbuja ali zavira. Vsekakor je maneverskega prostora za različne raziskave v prihodnosti torej več kot dovolj.

Želim si, da zdravniki in laiki hipnoze ne bi razumeli kot posebne vrste terapije, pač pa prej kot koristni pripomoček, s katerim lahko ostale medicinsko najbolj priznane vrste terapije v posameznih primerih naredimo močnejše, do petnajstkrat bolj učinkovite ali pa vsaj bolj prijazne bolniku. Nema lokrat terapija v medicini usmerja zdravnika le v zdravljenje bolezni ali vsaj ublažitev simptomov, ob tem pa se pogosto izgubi stik s človekom. Hipnoza je strategija, ki zahteva intenziven odnos s človekom. Zdravnik hipnoterapevt mora pri bolniku doseči visoko stopnjo zaupanja, kar zahteva vzpostavitev intenzivnega terapevtskega odnosa. Takega običajno dosegajo psihoterapevti. Pri organizaciji zdravstva, kot ga imamo v Sloveniji, je tak odnos precej težko vzpostaviti, ker je časa za pacienta premalo. Seveda je pa tudi res, da v praksi nekateri zdravniki pozabijo na pomen zaupnega terapevtskega odnosa. Preprosto pozabijo gojiti ustrezno empatijo do trpljenja bolnika in ga obravnavajo kot številko. Hipnoza tak zaupni odnos izrecno zahteva. Ko pa tak odnos vzpostavimo, je mogoče s hipnozo oziroma

vsaj pri nekaterih oblikah zdravljenja doseči velik uspeh. Kadar znamo tehniko hipnoze vključiti v ostale oblike terapije, je lahko uspešnost zdravljenja bistveno višja in zdravljenje bistveno bolj prijetno. Seveda pa se je treba zavedati tudi omejitve hipnoze in ne iskati v njej čudežnega sredstva, pač pa realno dokazljive koristi. Medicinska hipnoza je področje, ki bo v prihodnosti zahtevalo še veliko več raziskovanih potrditev.

O fiziologiji hipnotičnega stanja in o mehanizmi njenih pozitivnih učinkov vemo odločno premalo, zato upam, da bodo mnogi zdravniki, ki imajo odklonilno mnenje do te strategije pomoči pri psihoterapiji, uvideli, kakšne pozitivne učinke lahko z njeno uporabo dosežemo pri ljudeh in da lahko mnogim bolnikom, katerim življenje otežujejo razne psihosomatske in psihične bolezni, spremenimo življenje na bolje.

#### Viri:

- Aronoff, G. M., Aronoff, S., Peck, L. W., 1975: *Hypnotherapy in the treatment of bronchial asthma. Annals of Allergy, Asthma, & Immunology*, 34(6): 356–362.
- Derbyshire, S. W., Vogt, B. A., Jones, A. K., 1998: *Pain and Stroop interference tasks activate separate processing modules in anterior cingulate cortex. Experimental Brain Research*, 118 (1): 52–60.
- Devinsky, O., Morrell, M. J., Vogt B. A., 1995: *Contributions of anterior cingulate cortex to behaviour. Brain*, 118 (1): 279–306.
- Ewin, D. M., 1992: *Hypnotherapy for warts (verruca vulgaris): 41 consecutive cases with 33 cures. American Journal of Clinical Hypnosis*, 35 (1): 1–10.
- Faymonville, M. E., Boly, M., Laureys, S., 2006: *Functional neuroanatomy of the hypnotic state. Journal of Physiology (Paris)*, 99 (4–6): 463–469.
- Faymonville, M. E., Fissette, J., Mambourg, P. H., in dr., 1995: *Hypnosis as adjunct therapy in conscious sedation for plastic surgery. Regional Anesthesia & Pain Medicine*, 20 (1): 145–51.
- Fink, G. R., Markowitsch, H. J., Reinkemeier, M., Bruckbauer, T., Kessler, J., Heiss, W. D., 1996: *Cerebral representation of one's own past: Neural networks involved in autobiographical memory. Journal of Neuroscience*, 16 (13): 4275–4282.
- Herrero, A. S., 1891: *El hipnotismo y la sugestión. Valladolid: Establecimiento Tipográfico de Hijos de J. Pastor.*
- Horton-Hausknecht, J. R., Mitzdorf, U., Melchart, D., 2000: *The effect of hypnosis therapy on the symptoms and disease activity in Rheumatoid Arthritis. Journal of Health Psychology*, 14 (6): 1089–1104.
- Jones, A. K., Brown, W. D., Friston, K. J., Qi, L. Y., Frackowiak, R. S., 1991: *Cortical and subcortical localization of response to pain in man using positron emission tomography. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 244 (1309): 39–44.
- Kaplan, H. I., Saddock, B. J., 1998: *Synopsis of Psychiatry. 8th edition. Philadelphia, Baltimore, New York, London, Buenos Aires, Hong Kong, Sydney, Tokyo: Lippincott Williams & Wilkins.*
- Med, J., 1968: *Hypnosis for asthma, a controlled trial. A report to the Research Committee of the British Tuberculosis Association. British Journal of Tuberculosis*, 4 (5623): 71–6.
- Montenegro, G., Alves, L., Zaninotto, A. L., Falcão, D. P., de Amorim, R. F. B., 2017: *Hypnosis as a Valuable Tool for Surgical Procedures in the Oral and Maxillofacial Area. American Journal of Clinical Hypnosis*, 59 (4): 414–421.
- Moret, V., Forster, A., Laverrière, M. C., 1991: *Mechanism of analgesia induced by hypnosis and acupuncture: is there a difference? Pain*, 45 (2), 135–140.
- Pajntar, M., Jeglic, A., Stefancic, M., Vodovnik, L., 1980: *Improvements of motor response by means of hypnosis in patients with peripheral nerve lesions. International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, 28 (1): 16–26.
- Paus, T., 2001: *Primate anterior cingulate cortex: where motor control, drive and cognition interface. Nature Reviews Neuroscience*, 2 (6): 417–424.
- Potié, A., Roelants, F., Pospiech, A., Momeni, M., Watremez, C., 2016: *Hypnosis in the Perioperative Management of Breast Cancer Surgery: Clinical Benefits and Potential Implications. Anesthesiology Research and Practice*, 2942416.
- Rainville, P., Duncan, G. H., Price, D. D., Carrier, B., Bushnell, M. C., 1997: *Pain affect encoded in human anterior cingulate but not somatosensory cortex. Science*, 277 (5328): 968–971.
- Rosen, G., 1953: *History of hypnosis. V: Schneck, J. M., (ur.): Hypnosis in modern medicine. Springfield: Charles C. Thomas, 3–27.*
- Rousset, L., Halioua, B., 2018: *Stress and psoriasis. International Journal of Dermatology*, 57 (10): 1165–1172.
- Schnur, J. B., Bovbjerg, D. H., David, D., Tatro, K., Goldfarb, A. B., Silverstein, J. H., in dr., 2008: *Hypnosis decreases presurgical distress in excisional breast biopsy patients. Anesthesia and Analgesia*, 106 (2): 440–4.
- Schnur, J. B., Kafer, I., Marcus, C., Montgomery, G. H., 2008: *Hypnosis to manage distress related to medical procedures: A meta-analysis. Contemporary Hypnosis*, 25 (3–4): 114–28.



Seeman, W., 1960: *Hypnotic wart treatment: a report of treatment of warts in an eleven year old child. Journal of the Kansas Medical Society*, 61 (1): 151.

Spiegel, D., King, R., 1992: *Hypnotizability and CSF HVA levels among psychiatric patients. Biological Psychiatry*, 31 (1): 95–8.

Tausk, F., Whitmore, S. E., 1998: *A pilot study of hypnosis in the treatment of patients with psoriasis. Psychotherapy and Psychosomatics*, 68 (4): 221–225.

Ullman, M., Dudgek, S., 1960: *On the psyche and warts. II. Hypnotic suggestion and warts. Psychosomatic Medicine*, 22 (1): 68–76.

Vogt, B. A., Hof, P. R., Vogt, L., 2004: *Cingulate gyrus. V: Mai, J., Paxinos, G., (ur.): The Human Nervous System. San Diego: Academic Press.*

Yapko, M. D., 2003: *Trancework. 3rd edition. New York: Brunner-Routledge.*



**Maks Tušak**, rojen leta 1999, pribaja iz Ljubljane in je študent drugega letnika medicine na Medicinski fakulteti v Ljubljani. Predosem ga zanima kirurgija in psihiatrija. Zanima ga preučevanje psihičnih procesov človeka, saj ima njegova družina tradicijo v psihološkem poklicu in je tako že veliko prej neformalno spoznaval značilnosti vedenja, dejavnikov, ki so povezani z različnimi boleznimi psihične narave, same psihične bolezni in procese njihovega zdravljenja. Človeška duševnost in vedenje ga še vedno zanimata, vendar pa je prevladala želja biti zdravnik kirurg. Vseeno pa poskuša svoje znanje o človeški duševnosti vkomponirati v spretnosti, ki jih pridobiva v okviru študija medicine. Zanima pa ga tudi medicinska hipnoza, zato se izobražuje pri prof. dr. Marjanu Pajntarju, pionirju medicinske hipnoze v Sloveniji. Tam postopno odkriva, kako lahko z vključevanjem hipnoze svojo pot v medicini tlakuje v smeri še večje učinkovitosti in usmerjenosti k bolniku.

## Mineraloška dediščina rudnika Sitarjevec (drugi del)

Mirjan Žorž, Igor Dolinar, Miha Jeršek, Mirijam Vrabec

V prejšnji številki smo začeli obupati spomin na rudnik Sitarjevec v Litiji, v katerem je pridobivanje rude s prekinitvami trajalo več kot štiri stoletja. Sitarjevec je polimetalno rudno nahajališče z izrazito oksidacijsko cono v obliki železovega klobuka in z nižje ležečimi, bolj ali manj oksidiranimi rudnimi žilami in rudnimi telesi. Mineralno paragenozo tega rudišča sestavljajo primarne rude in žilni minerali ter sekundarni minerali, ki nastajajo zaradi oksidacije primarnih mineralov. Trenutno je določenih petdeset raz-

ličnih mineralov, vendar večina le v mikroskopski obliki. Zaradi tega se v prispevku osredotočamo le na najbolj pogoste minerale in na tiste, ki nastopajo v makroskopskih kristalih.

### Aragonit

Ta mineral je tukaj dokaj redek. Pojavlja se v do 2 centimetra debelih prevlekah, ki jih sestavljajo igličasti kristali. Prevleke imajo žametasti sijaj ob ustrezni osvetlitvi, kar je posledica tisočerihi odsevov na mikroskop-



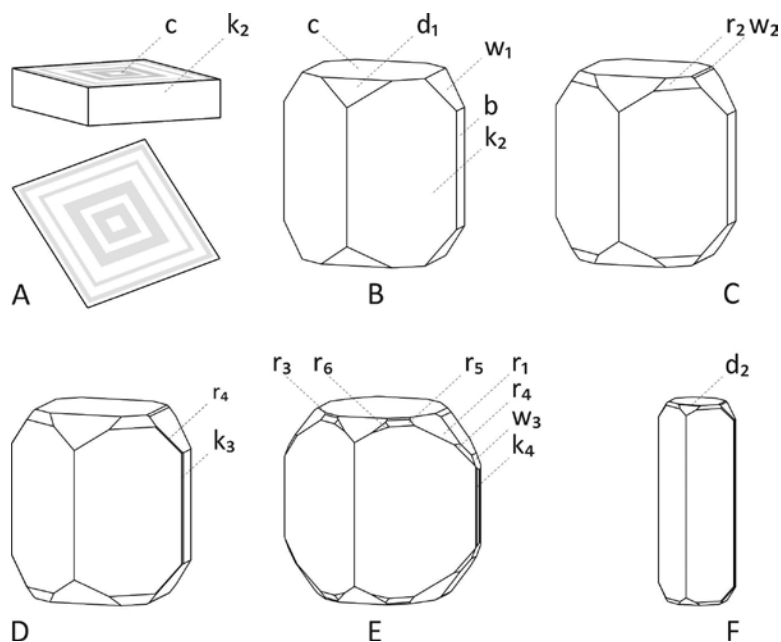
*Prevleke in drobne rozete aragonita na limonitni podlagi. Velikost primerka iz zbirke D. Preisingerja je 62 milimetrov x 55 milimetrov. Foto: Igor Dolinar.*

sko majhnih terminacijah kristalov. Precej redki so posamezni kristali, ki so do 3 milimetre dolgi.

### **Barit**

Barit je najpogostejši makroskopsko kristalizirani mineral v Sitarjevcu. V plasteh limonita in kremenovega peščenjaka v gornjih delih rudnika so dokaj pogosti enostavni kristali, ki so kombinacija le dveh kristalnih likov. To sta kratka prizma  $k_2\{210\}$  in široki pinakoid  $c\{001\}$ . Večina kristalov tega tipa je zato sploščenih po ploskvi pinakoida in ne presežejo velikosti enega centimetra. Redkejši so prizmatski kristali, ki lahko dosežejo do 2 centimetra v dolžino. Včasih lahko na kristalih iz tega dela rudnika opazimo majhne ploskve drugih kristalografskih likov. Beli in rumenkasto beli kristali barita so pritrjeni na rjavi limonitni podlagi,

kar poskrbi za lep barvni kontrast in s tem za atraktivnost teh primerkov. Ti kristali so pogosto barvno conirani vzporedno s ploskvami prizme  $k_2$ . Na njih se izmenjujejo vzporedne prozorne in mlečno bele cone, kar odraža ponavljajoče se spremembe kristalizacije iz bolj ali manj nasičenih raztopin. Kristali iz spodnjih delov rudnika so bolj čokati, vendar mnogo bogatejši s kristalografskimi liki. Tudi pri teh so prevladujoče ploskve prizme  $k_2$ , ki pa jih občutno modificirajo ploskve prizem  $d_1\{101\}$  in  $w_1\{011\}$ . Ploskve pinakoida  $c$  so še vedno dobro razvite. Ti kristali so bele do rumenkasto bele ali sive barve. Brezbarvni in prozorni kristali so redki. Najpogosteje jih najdemo v masivnih žilah barita, pogosto pa v družbi s kristaliziranim kremenom ali cibaritom.



*Oblike sitarjevskih kristalov barita. Kristali iz zgornjih nivojev so enostavne nizke prizme (A in (001)-projekcija spodaj) z izrazito coniranostjo. Kristali iz nižjih nivojev pa so čokati, z bolj razvitimi ploskvami prizme in dokaj močno modificirani s ploskvami prizem  $d_1$  in  $w_1$  (B - E). Dolgoprizmatski kristali (F) so precej redkejši. Kristalni liki:  $b\{010\}$ ,  $c\{001\}$ ,  $d_1\{101\}$ ,  $d_2\{102\}$ ,  $k_2\{210\}$ ,  $k_3\{120\}$ ,  $k_4\{130\}$ ,  $r_1\{111\}$ ,  $r_2\{211\}$ ,  $r_3\{212\}$ ,  $r_4\{221\}$ ,  $r_5\{211\}$ ,  $r_6\{522\}$ ,  $w_1\{011\}$ ,  $w_2\{012\}$  in  $w_3\{021\}$ .*

*Coniranost je značilna lastnost kristalov barita iz limonitnih plasti v zgornjih delih rudnika. Kristali so enostavne sploščene oblike, ki jo definirajo le ploskve širokega pinakoida  $c$  in ozke prizme  $k_2$ . Premer skupka na fotografiji je 4 milimetre. Zbirka: Igor Dolinar. Foto: Igor Dolinar.*





*Dolgoprizmatski kristali barita so nekoliko redkejši. Največji kristal na posnetku meri 12 milimetrov v dolžino in je kombinacija pinakoida c ter izrazito razpotegnjene prizme  $k_2$ . Zunanje plasti kristalov so prosojne in brezbarvne. Pod njimi je plast železovih oksidov, ki sicer snežno bela jedra obarvajo rumenkasto. Zbirka: G. Schmidt. Foto: Igor Dolinar.*

### Kalcit

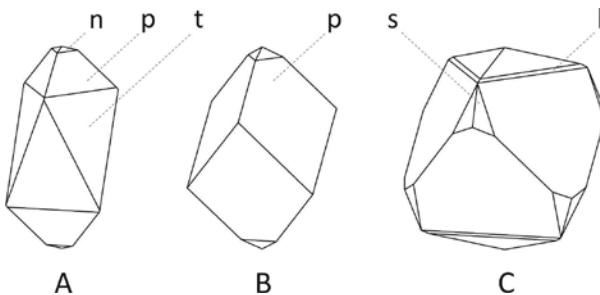
Kristalizirani kalcit smo opazili le na nekaj primerkih. Kristali imajo večinoma prevladujoče motne ploskve strmega negativnega romboedra {021} in so rjavo-rumenkasto obarvani zaradi vključkov oziroma prevlek železovih oksidov. Največji so veliki do 6 milimetrov.

### Cerisit

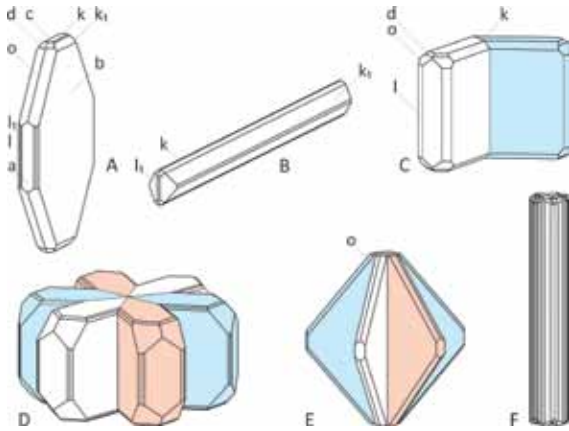
V obdobju od leta 1880 do leta 1895 so našli večje število velikih primerkov kristaliziranega cerusita v velikih stebričastih kristalih svilnatega sijaja, kar je vzbudilo veliko zanimanje med naravoslovci tistega časa. Primerki iz zgornjih rudniških horizontov so merili do 20 centimetrov. Sestavljali so



*Večji čokati kristali barita na podlagi kristaliziranega kremenca. Največja motna ploskev na posnetku pripada pinakoidu c. Nekaj kristalov je na robovih pokritih z manganovimi oksidi. Premer kristala na sredini je 6 milimetrov. Zbirka Priradoslovnega muzeja Slovenije v Ljubljani. Foto: Igor Dolinar.*



*Obliko kalcitovih kristalov iz Sitarjevca najbolj določajo ploskve negativnih romboedrov. Risba A predstavlja kristal s prevladujočimi ploskvami negativnega romboedra t. Pogostejši so kristali (B), pri katerih prevladujejo ploskve negativnega romboedra p. V zadnjih kristalizacijskih fazah pa se razvijejo še ploskve skalenoedra s in negativnega položnega romboedra l ter posledično bolj čokata oblika (C). Kristalni liki: n{101}, l{011}, p{021}, s{211} in t{041}.*



Nezdvojeni kristali cerusita so splošeni po prevladujočih ploskvah pinakoida **b** in precej bogati s kristalno liki (**A**). Igljasti kristali mlajše generacije so podaljšani v smeri njihove kristalografske **a**-osi (**B**). Pogosti so kontaktni dvojčki po (110) (**C**) in po pinakoidu **c** splošeni trojčki preraščanja (**D**). Trojčki, pri katerih so bolj razvite ploskve bipiramide **o**, pa so bipiramidalne oblike (**E**). Veliki kristali slamnatega cerusita so podaljšani vzdolž (110) dvojčičnih ravnin in sestavljeni iz množice zdvojenih kristalov (**F**). Kristalografski liki: **a**{100}, **b**{010}, **c**{001}, **d**{112}, **k**{011}, **k**<sub>1</sub>{021}, **l**{110}, **l**<sub>1</sub>{120} in **o**{111}.

To je značilni primerek slamnatega cerusita, kakršni so bili najdeni v Sitarjevcu v obdobju med letoma 1880 in 1925. Kristali preraščajo plasti kremenovega peščenjaka, v katerem je tudi precej manjših kristalov pirita. Oksidacija pirita je povzročila razpad peščenjaka in s tem celotnega primerka. Ta na posnetku meri 8 centimetrov x 7 centimetrov in je bil nekoč del mnogo večjega kosa. Zbirka Naravoslovnotehniške fakultete v Ljubljani. Foto: Igor Dolinar.



jih preraščeni kristali tako imenovanega slamnatega cerusita. Ta različica je dobila ime po izdolženi obliki kristalov, ki zaradi značilnega leska spominjajo na slamnate bilke. Cerusitovi kristali so bili priraščeni na galenitu, na tektonsko zdrobljenemu baritu ali pa na kremenovem peščenjaku in v njem. Kristali so bili dolgoprizmatski in praviloma zdvojnjeni po (110). Nastali so kontaktni dvojčki, trojčki in najpogosteje večkratno zdvojnjeni kristali. Druga generacija cerusita je bila v manjših igličastih in stebričastih kristalih, ki so pogosto prozorni (Brunnelchner, 1885; Zepharovich, 1885). Cerusitovi primerki iz tega časa, ki so shranjeni v inštitucijskih zbirkah, so pogosto razpadli v

več manjših kosov. To lahko pripišemo tako mehansko nestabilni peščenjakovi podlagi, ki z izsušitvijo razpade, kakor tudi vključkom železovih sulfidov, ki razpadajo zaradi oksidacije. Kristali cerusita sicer v tem procesu niso poškodovani, zato obdržijo svojo obliko in značilni sijaj. Docela podobne primerke so našli še v obdobju med letoma 1919 in 1924, ko je rudnik ponovno zaživel, zato jih skoraj ni mogoče ločiti od prvih. Zanimivo je tudi, da so na primerkih iz obeh obdobjih enako oblikovani in obarvani kristali piromorfita. Na tej podlagi lahko zaključimo, da so oboje našli v istih predelih rudnika.

*Podlaga tega primerka je satasti kremen, ki pa je mehansko in kemično stabilen. Na tej podlagi so se razvili kristali slamnatega cerusita. Nekateri so rumenkasto obarvani zaradi vključkov železovih oksidov. Primerek je velik 20 centimetrov x 17 centimetrov. Zbirka Naravoslovnotehniške fakultete v Ljubljani. Foto: Igor Dolinar.*





*Lepo oblikovani stebričasti kristali cerusita z značilnim svilnatim sijajem na kristalnih ploskvah. Vsi kristali so večkratni prevaščeni dvojčki po (110). Dvojčenje je dobro opazno v obliki tako imenovanih vpadnih kotov oziroma zarez na terminaciji osrednjega kristala. Kristali piromorfita deloma prevaščajo kristale cerusita, kar je dokaj redek slučaj na sitarjevskih primerkih. Izrez na posnetku meri 17 milimetrov x 17 milimetrov. Zbirka Prirodoslovnega muzeja Slovenije v Ljubljani. Foto: Igor Dolinar.*

*Majhni, a lepo razviti enostavni in zdvojeni kristali cerusita na kremenu. Skupek na posnetku meri 13 milimetrov x 9 milimetrov. Zbirka: Igor Dolinar. Foto: Igor Dolinar.*





Kristali slamnatega cerusita so stebričasti. V dolžino dosežejo do 4 centimetre, v premeru pa do 1 centimetra. Prizemske cone imajo izraziti svilnati sijaj, ki je odraz večkratnega dvojčenja. Kristale sestavlja množica ozkih ploskev, ki pripadajo pinakoidom  $a\{100\}$  in  $b\{010\}$  ter prizmama  $l\{110\}$  in  $l_1\{120\}$ , na katerih se odbija svetloba. Ploskve pinakoida  $c\{001\}$  odrežejo terminacije, na katerih je dobro viden vzorec dvojčenja. Novejše najdbe so osredotočene na rov Alma in njegove limonitne plasti, ki gostijo majhne, toda kristalografsko lepo razvite kristale. Ti so prozorni do beli z izrazitim diamantnim sijajem. Pojavljajo se v obliki enostavnih ozkih prizem, sploščenih do čokatih prizmatskih dvojčkov, preraščenih trojčkov in agregatov večkratno zdvojenih kristalov, ki spominjajo na snežinke. Največji dosežejo do 20 milimetrov v premeru in so do 5 milimetrov debeli.

### Cinabarit

Cinabaritna ruda je leta 1874 omogočila začetno dobičkonosnost rudnika. Danes lahko le ugibamo, ali je bil v rudnih žilah, ki so bile odkrite na Alminem obzorju, prisoten cinabarit v lepih kristalih ali pa so vsebovale le masivno rudo. Cinabarit lahko še vedno najdemo v poroznih limonitnih plasteh v zgornjih delih rudišča Alma. Večina cinabaritovih primerkov, ki smo jih preučili med pripravo tega članka, so masivni vzorci rude brez makroskopskih kristalov. Samo nekaj primerkov je pokritih z drobnimi kristali, ki niso večji od 2 milimetrov. Mikroskopski kristali prekrivajo limonitno podlago, včasih pa jih opazimo kot vključke v kristalih barita. Cinabarit se na Sitarjencu redko pojavlja v do 5 milimetrov velikih radialnih agregatih. Poleg cinabarita se je pogosto pojavljalo kapljičasto samorodno živo srebro v žilah barita, v manjših geodah in v žilah v kremenovem peščenjaku.

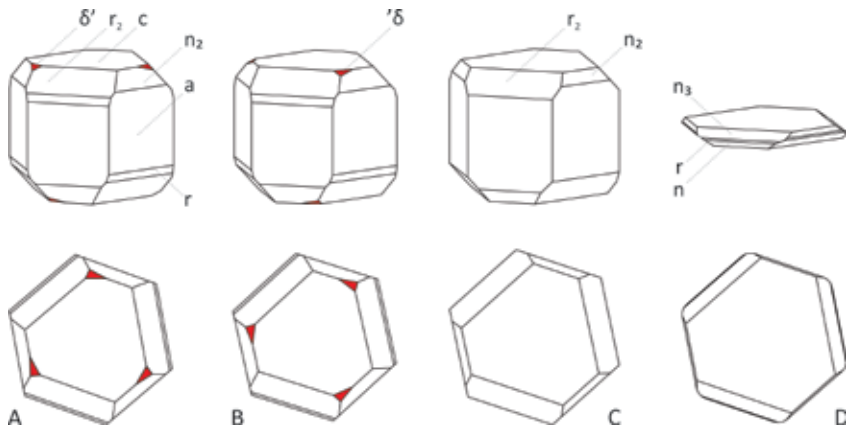
Dejstvo je, da bi bil cinabarit iz Sitarjevca dokaj vsakdanji pojav, če se ne bi ohranilo nekaj primerkov z velikimi in zelo lepo

razvitimi kristali, ki postavijo sitarjevške kristale cinabarita v docela drugo luč. Povsem mirno lahko zatrdimo, kar bomo v nadaljevanju tudi pokazali, da je kristalizirani cinabarit iz Sitarjevca po razvitosti, velikosti in redkih kristalografskih likih, ki se pojavljajo na njih, nekaj posebnega v svetovnem merilu.

Brunnlechner je že leta 1885 zapisal, da je bil kristalizirani cinabarit v tem nahajališču redek, toda njegovi kristali so bili omembe vrednih velikosti, poleg tega pa so bile na njih prisotne ploskve redkih kristalnih likov! Voss je imel leta 1889 v Ljubljani predavanje, ki je bilo kasneje objavljeno v obliki članka. Ob tej priložnosti je navedel, da je videl v zbirki Rudarske akademije (Bergakademie) v Leobnu 3 centimetre x 2 centimetre x 1 centimeter veliki kristal cinabarita. V naslednjem članku iz leta 1895 je omenil še 1 centimeter velik kristal z debelino 2 milimetra. To so bili v tistih časih med največjimi znanimi kristali tega minerala in povsem primerljivimi s kristali iz Idrije in španskega Almadena. Naslednica takratne akademije je Montanistična univerza v Leobnu, ki še danes hrani kristal sitarjevškega cinabarita, ki meri 15 milimetrov x 8 milimetrov, in enega manjšega na kremenovi podlagi, ki meri 7 milimetrov. Oba sta razstavljena v javnosti dostopni zbirki. Usoda primerka, o katerem je leta 1889 poročal Voss, pa ni znana.

Obliko kristalov cinabarita določajo ploskve prizme  $a\{100\}$  in pinakoida  $c\{001\}$ , ki jih modificirajo ozke ploskve različnih romboedrov. Kristali so večinoma čokate prizme z ravnimi terminacijami. Manj pogosti so tanki kristali z ozkimi ploskvami prizme  $a$ , ki pa je na posameznih kristalih lahko sploh ni.

Cinabarit ima enako simetrijo kot kremen. To simetrijo opredeljuje kristalografska točkovna skupina 32, za katero je značilna glavna trištevna os in tri dvoštevne osi, ki so pravokotne nanjo. Kristali te točkovne skupine nimajo nobene ravnine simetrije,



Kristali cinabarita iz Sitarjevca so čokati. Njihovo obliko določajo ploskve prizme  $a$  in pinakoida  $c$ . Najbolj značilne so ploskve trapezoedra  $\delta'$  z desno (A) in levo (B) orientacijo. Te ploskve so na risbah rdeče obarvane. Večina cinabaritov iz tega nahajališča ima manj kristalografskih likov (C). Manjši kristali so sploščeni zaradi popolne prevlade ploskev pinakoida  $c$ ; njihovi robovi pa so nekoliko prisekani z ozkimi ploskvami romboedrov (D). Spodnja vrsta prikazuje kristale v (001)-projekciji. Kristalografski liki:  $a\{100\}$ ,  $c\{001\}$ ,  $n\{011\}$ ,  $n_2\{012\}$ ,  $n_3\{105\}$ ,  $r\{101\}$ ,  $r_2\{103\}$ ,  $\delta'\{1.3.14\}$  in  $\delta\{1.2.14\}$ .

Kristalizirani cinabarit ni redkost v rudniku Sitarjevec. Drobni, živo rdeče obarvani in preraščeni kristali so pritrjeni na podlagi kristaliziranega kremenca. Kristali so kombinacija kristalnih likov pinakoida in romboedrov, zaradi česar imajo terasasto obliko. Izrez: 12 milimetrov  $\times$  9 milimetrov. Zbirka Naravoslovnotehniške fakultete v Ljubljani. Foto: Igor Dolinar.





*To je repatriirani primerek z najlepše razvitimi znanimi kristali cinabarita iz Sitarjevca. Našli so ga v obdobju med letoma 1880 in 1895. Ne vemo, kdo je bil njegov prvi lastnik, vemo pa, kod se je gibal zadnjih šestdeset let. Dunajski zbiralec R. Metzger ga je leta 1970 prodal nemškemu zbiralcu G. Schwelthelmu. Od njegove vdove ga je leta 1997 kupil dunajski zbiralec P. Huber in ga kasneje prodal znani angleški firmi Crystal Classics. Od slednje ga je leta 2015 odkupil slovenski zbiralec J. Lenič. Kristali cinabarita, ki merijo do 8 milimetrov, so priraščeni na podlagi kristaliziranega kremenca. Na primerku so tudi kristali barita, ki so za to nahajališče tako značilni, da smo lahko na tej podlagi zanesljivo potrdili Sitarjevec kot izvorno nahajališče. Primerek meri 86 milimetrov x 62 milimetrov. Zbirka: J. Lenič. Foto: Igor Dolinar.*

zato pri njih razlikujemo levo- in desnoučne oblike. Za potrditev tega dejstva morajo biti na kristalih razvite ploskve levih oziroma desnih trapezodrov, ki pa jih na kristalih cinabarita iz večine svetovnih nahajališč ni opaziti. Če so prisotne, pokažejo na sučnost posameznega kristala cinabarita. In ravno to loči nekatere sitarjevške kristale cinabarita od vseh ostalih. Na teh so namreč razvite ploskve trapezodra  $\delta\{1.2.14\}$  v obli-

ki majhnih trikotnikov, ki jih opazimo na terminacijah in imajo dve tako imenovani kiralnospecifični konfiguraciji, ki določata njihovo levo oziroma desno orientacijo. Edino drugo znano nahajališče, v katerem lahko makroskopsko ločimo levo- in desnoučne kristale cinabarita, je bil rudnik živega srebra Avala v Srbiji, le da so bili tamkajšnji kristali mnogo manjši (Schmidt, 1888).



*Idealna oblika kristalov cinabarita z značilnim ploskvami trapezoedrov je razvidna na tem posnetku. Široke ploskve trikotne oblike pripadajo pinakoidu  $c$ , ki ga omejujejo ozje poševne ploskve romboedrov. Majhne, svetleče trikotne ploskve, ki odrežejo oglišča med ploskvami pinakoida in romboedrov, so kiralnospecifični trapezoedri  $\delta$ . Njihove pozicije razkrijejo, da sta kristala na sredini in tisti na njegovi levi levosučna, medtem ko je kristal na desni strani desnosučen. Največji kristal meri v premeru 8 milimetrov. Foto: Igor Dolinar.*

## Galenit

Preseneča, da galenit v Sitarjevcu ni bil nikoli najden v makroskopsko razvitih kristalih. Vedno se je pojavljal v masivni obliki, ki zapolnjuje rudne žile, ki ne presegajo 10 centimetrov v debelino. Ker pa ima odlično razkolnost po ploskvah kocke  $\{100\}$ , ga včasih najdemo v obliki aglomeratov, ki jih sestavljajo kocke, ki merijo do 2 centimetra in so prekrite s cerusitom. V takih primerih ne gre za kristale, temveč za razkolne fragmente, ki so nastali zaradi tektonskih premikov. Pri tem je prihajalo do drobljenja kristalizirane masivne rude. Nastali razkolki so se ob mehanskem transportu vzdolž rudnih žil sprijeli zaradi oksidacije galenita do cerusita in tako so nastali primerki, ki samo na videz spominajo na kristalizirani galenit v obliki kockastih kristalov. Sitarjevski galenit

vsebuje do 25 ppm (delov na milijon) srebra, kar je ugodno vplivalo na dobičkonosnost rudnika.

### Viri:

- Brunnlechner, A., 1885: *Beiträge zur Charakteristik der Erzlagerstätte von Littai in Krain. Wien: Jahrbuch der k.k. geol. Reichsanstalt, 35. Band, Heft 2: 387-396.*
- Dolinar, I., Zrnc, M., 2011: *Minerali rudnika Sitarjevca v Litiji. Društvene novice, 44: 17-22. Tržič: Društvo prijateljev mineralov in fosilov Tržič.*
- Fabjančič, M., 1972: *Kronika Litijskega rudnika. Tipkopis, 854 str. Arhiv Geološkega zavoda Ljubljana.*
- Grafenauer, S., 1963: *O mineralnih paragenzah Litije in drugih polimetalnih nahajališč v posavskih gubah. Ljubljana: Rudarsko-metalurški zbornik, 3: 245-260.*
- Grošelj, F., 2011: *Čebelarska pravda. 300 str. Litija: Čebelarsko društvo Litija.*
- Herlec, U., Dolinšek, M., Geršak, A., Jemec, M., Kramar, S., 2006: *Minerali žilnih rudišč v Posavskih gubah in rudnika Sitarjevca pri Litiji. Scopolia – Supplementum, 3: 52-65. Ljubljana: Prirodoslovni muzej Slovenije.*



*To je značilni skupek sprjetih razkolkov galenita. Na ploskvah so dobro vidni sledovi raztapljanja v obliki značilnih zajed in vzdolž razkolinosti po ploskvah kocke {100}. Galenitni odlomki so sprjeti s cerusitom, ki je nastal ob oksidaciji galenita. Velikost primerka: 44 milimetrov x 37 milimetrov. Zbirka: D. Preisinger.*

*Foto: Igor Dolinar.*

Kolar - Jurkovšek, T., Jurkovšek, B., 2007: Zgornjekarbonska flora Grajskega hriba v Ljubljani. *Geologija*, 50: 8–19.

Mrak, I., 1987: Prispevek k poznavanju geološke zgradbe Posavskih gub in njihovega južnega obrobja. *Geologija*, 28/29: 157–182.

Mrak, I., 1994: O problematiki Litijskega rudnega polja. *Geologija*, 36: 247–338.

Mohorič, I., 1978: Problemi in dosežki rudarjenja na Slovenskem. 1. Knjiga. Ljubljana: Založba Obzorja.

Müllner, A., 1903: Das Bergwessen in Krain. Laibach: Argo, No. 6.

Peskar, J., 1976: Dolenjski odred. 573 str. Ljubljana: Knjižnica NOV in POS.

Preisinger, D., 2010: Opuščeni rudniki v Sloveniji. 149 str. Golnik: Založba Turistika.

Ravnateljstvo, 1905: Kranj: Izvestje mestne nižje realke v Idriji.

Rečnik, A., Daneu, N., Herlec, U., 2014: Die Blei- und Zinkerzlagerstätte Sitarjevec bei Littai, Slowenien. *Mineralien Welt*, 25 (3): 56–69. Salzburg: Bode Verlag.

Riedl, E., 1886: Littai. *Wien: Oesterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen*, No. 21: 333–343.

Schmidt, A. 1888: Zinnober von Serbien. *Zeitschrift für Kristallographie*, 14: 433–448.

Tornquist, A., 1929: Die Blei-Zinklagerstätte der Savenfalten vom Typus Littai. *Wien: Berg und Hüttenmännische Jahrbuch*, 71.

Valvasor, J. V., 1689: Die Ehre des Herzogthums Krain. Cap. XXVII, 189–190. Laybach.

Voss, W., 1889: Das Mineralvorkommen von Littai in Krain. Laibach: Mitteilungen des Musealvereins für Krain, 351–357.

Voss, W., 1895: Die Mineralien des Herzogthums Krain, 101 p. p. Verlag von Ig. Laibach: V. Kleinmayr & Fed. Bamberg.

Weiss, A., 2015: Die Mineraliensammlung der ehemaligen Berghauptmannschaft Klagenfurt und ihre Bestände. *Der steirische Mineralog*, 30–35. Graz: Vereinigung Steirischer Mineralien und Fossiliensammler.

Wiesthaller, F., 1893: Izvestje c. kr. Državne nižje gimnazije v Ljubljani.

Zepharovich, V. v., 1880: Baryt von Littai in Krain.

Prag: *Lotos – Zeitschrift für Naturwissenschaften*, 30: 67–68.

Zepharovich, V. v., 1885: *Cerussit von Littai in Krain*.

Prag: *Lotos – Zeitschrift für Naturwissenschaften*, 34: 81–85.

Zepharovich, V. v., 1893: *Mineralogisches Lexicon für das Kaiserthum Österreich, Band III., 478 p. p. Wien*.

Žorž, M., Jeršek, M., Dolinar, I., 2018: *Oblike kristalov nekaterih mineralov s Sitarjevca, 26–33. I. strokovni simpozij o rudniku Sitarjevca in srečanje rudarskih mest, Litija*.

Žorž, M., Jeršek, M., Dolinar, I., Vrabc, M.: *Sitarjevca – ein fast vergessener Bergwerk bei Litija in Slowenien. München: Lapis. V tisku*.

## Zahvala

Mnogo ustanov, strokovnjakov in zbiralcev nam je pomagalo s podatki o zgodovini rudnika, z dokumentacijo in s primerki mineralov. Na tem mestu se zato prisrčno zahvaljujemo Claudiji Dojen (Landesmuseum Kärnten v Celovcu), Moniki Feichter, Franku Melcherju in Johannu Raithu (Montau-

niversität v Leobnu), Uweju Kolitschu (Naturhistorisches Museum na Dunaju), Berndu Moserju (Joanneum v Gradcu), Biserki Radanović - Gužvica (Hrvatski prirodoslovni muzej v Zagrebu), Jiriju Sejkori (Národní Museum v Pragi), Mateji Golež (Zavod za gradbeništvo v Ljubljani), Francu Habiču (Ljubljana), Matjažu Kirmu (Litija), Gregorju Koblerju (Ljubljana), Ivanu Kramžarju (Litija), Francu Krivogradu (Prevalje), Matiji Križnarju (Prirodoslovni muzej Slovenije v Ljubljani), Jožetu Leniču (Ihan), Davorinu Preisingerju (Kranj), Viliju Rakovcu (Kranj), Goranu Schmidtu (Ljubljana), Tini Šušteršič (Mestni muzej v Litiji), družini Vidrih (Studeno) in Blažu Zarniku (Občina Litija).

Članek se bo nadaljeval.

Naše nebo • Mars v opoziciji

# Mars v opoziciji

Mirko Kokole

Mars doseže opozicijo približno vsaki dve leti. Letos se je to zgodilo 13. oktobra. Mars je tokrat še posebej svetel, saj doseže magnitudo -2,62. To pomeni, da je med najsvetlejšimi objekti na nebu. Tako ugodne razmere, kot so letos, se bodo ponovile šele leta 2035.

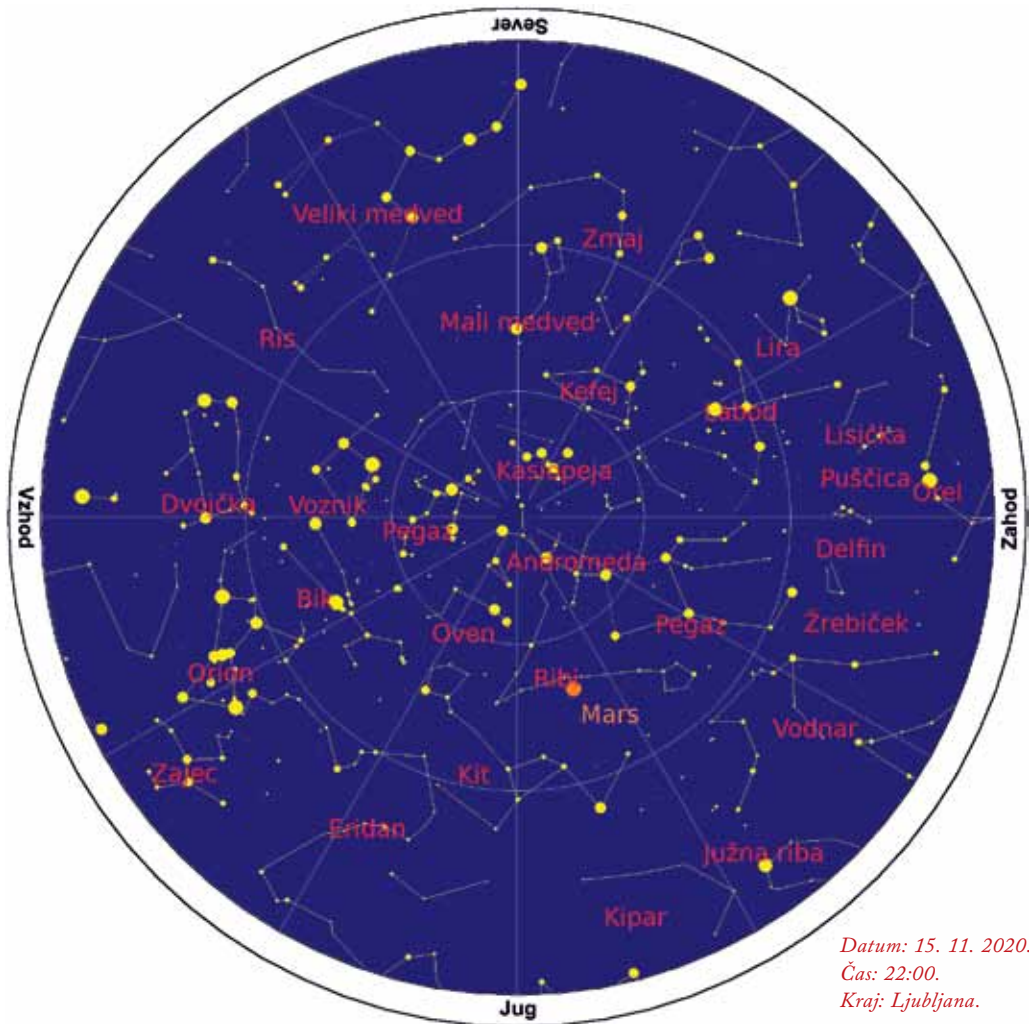
Planet je v opoziciji takrat, kadar se nahaja na nasprotni strani neba kot Sonce, zato je to tudi najboljši čas za njegovo opazovanje. V času, ko je planet v opoziciji, je nam tudi najbližje. Se pa ta čas, ko je planet Zemlji najbližje, po navadi ne ujema natančno z opozicijo. Če je planet bližje Zemlji, ga vidimo večjega in svetlejšega.

Letošnja opozicija Marsa je resnično vredna opazovanja. Mars je 6. oktobra dosegel Zemlji najbližjo točko, od nje je bil oddaljen le 62,07 milijona kilometrov. Najbližje je bil Zemlji leta 2003, ko je bil od nje oddaljen le 55,7 milijona kilometrov. V opoziciji se je letos nahajal 13. oktobra, takrat je bil tudi najsvetlejši in je njegova magnituda znašala kar -2,62.

Letos Mars najdemo v ozvezdju Rib. Noveembra vzhaja v popoldanskem času in ga lahko opazujemo vso noč. Na nebu ga je tokrat resnično skoraj nemogoče zgrešiti, saj je izjemno svetel in izrazito oranžne barve. Mars je približno pol manjši od Zemlje. Ima zanimivo in razgibano površje, ki je se-

stavljeno predvsem iz bazaltnih kamnin. Je poleg Zemlje edini planet, ki ima vse štiri letne čase. Na obeh tečajih ima polarne kapice iz zmrznjenega ogljikovega dioksida. Mars ima tudi razgibano vreme z oblaki iz ogljikovega dioksida in vode ter močnimi vetrovi, ki so pogosto pomešani s prahom.

Kljub temu, da je Mars že dosegel opozicijo, je še vedno v izjemno ugodnem položaju za opazovanje in ga lahko opazujemo vse do spomladi prihodnjega leta. Najboljši čas za opazovanje pa bo do konca leta. V tem času bo magnituda počasi upadala, do konca leta približno za eno magnitudo vsak mesec.

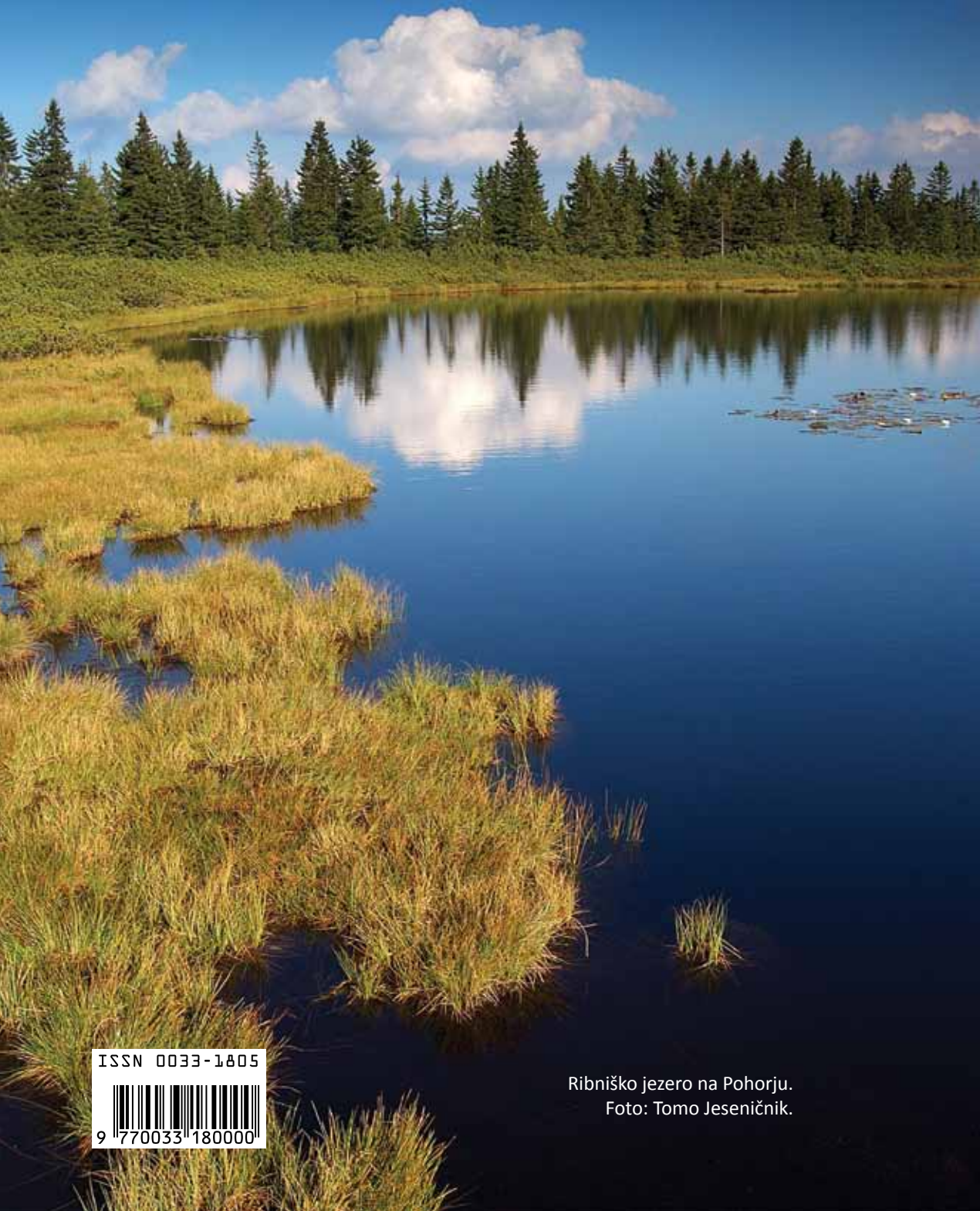


*Datum: 15. 11. 2020.*

*Čas: 22:00.*

*Kraj: Ljubljana.*

Sledečo trojno številko *Proteusa*  
bomo posvetili naravnim, kulturnim  
in zgodovinskim značilnostim Pohorja.



ISSN 0033-1805



9 770033 180000

Ribniško jezero na Pohorju.  
Foto: Tomo Jeseničnik.