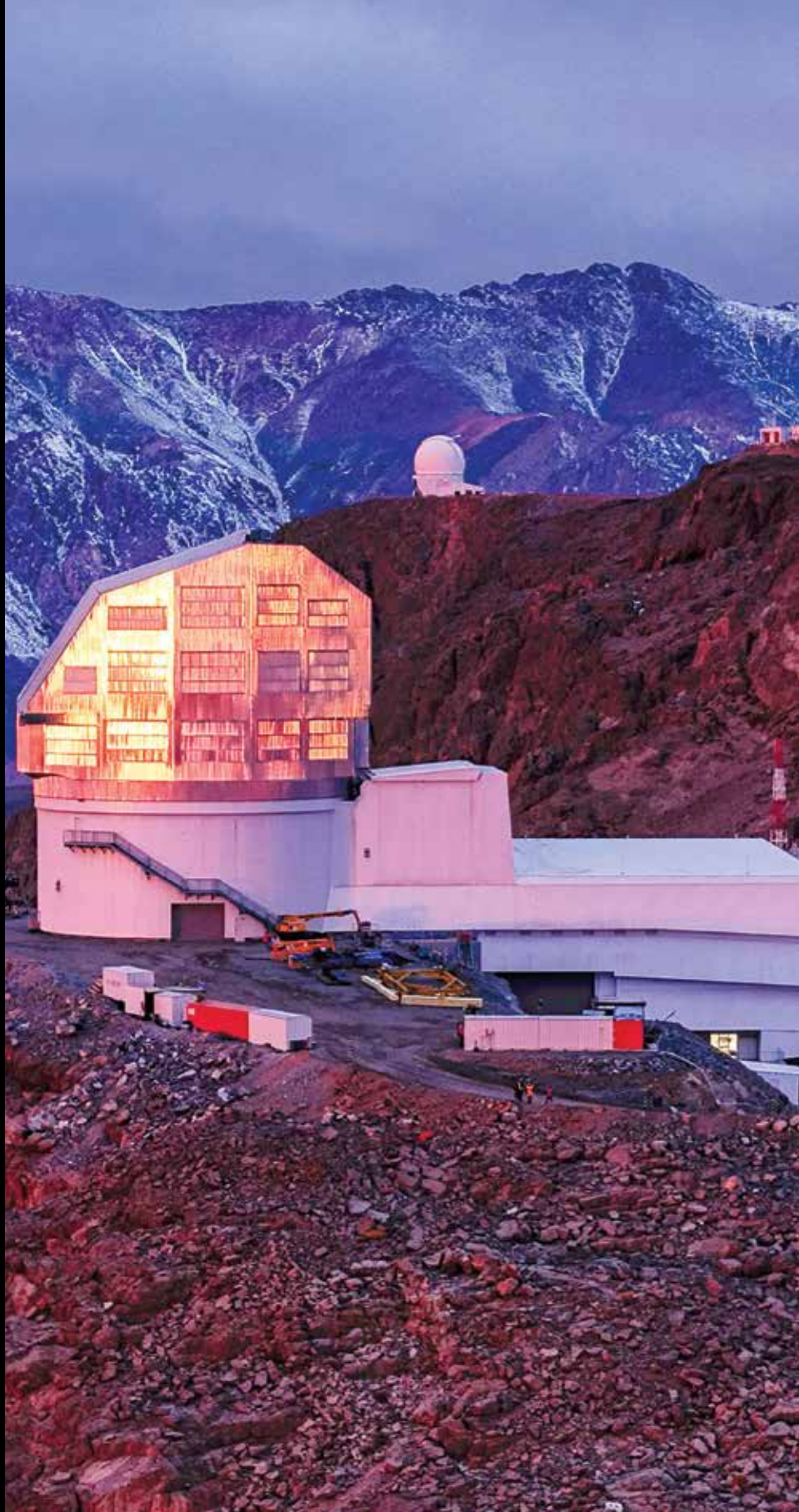


PROTEUS

*mesečnik
za poljudno
naravoslovje*



Februar, marec 2024 6-7/86. letnik
cena v redni prodaji 11,00 EUR
naročniki 8,64 EUR
upokoјenci 7,10 EUR
dijaki in študenti 6,72 EUR
www.proteus.si





244 Table of Contents

246 Uvodnik
Tomaž Sajovic

248 Botanika
Zgodba o jadranski smrdljivi kukavici
(*Himantoglossum adriaticum*) nad
Modrejcam na Tolminskem (iz
botaničnega dnevnika med desetim
marcem in dvanajstim majem leta 2024)
Igor Dakskobler, Ljudmila Dakskobler

264 Toksikologija
Strupi in toksikologija v svetu in na
Slovenskem (drugi del)
Zvonka Zupanič Slavec

275 Varstvo narave
Semenske banke – oblika varovanja
rastlinskih vrst
Blanka Ravnjak, Jože Bavcon

285 Ekologija
Odkrivanje herpesvirusov pri divjih pticah
v Sloveniji
Tomaž Granda

289 Trajnostni razvoj
Plastika in trajnostni razvoj znanosti
Mirjana Liović

294 Kemija in medicina
Razvoj, raziskave in uporaba spojin s
kovinami v medicinske namene
Iztok Turel



Naslovnica: Observatorij Vere C. Rubin ob sončnem zahodu 25. maja leta 2024. Observatorij se nahaja na gori Cerro Pachón na severu Čila. V ozadju vidimo tudi SOAR (Southern Astrophysical Research Telescope, Južni astrofizikalni raziskovalni teleskop). Rubinin observatorij bo eden od najnaprednejših observatorijev današnjega časa. V svojem predvidoma desetletnem delovanju bo v veliki ločljivosti posnel celotno južno nebo kar tisočkrat in nam tako omogočil videti, kako se naše vesolje časovno spreminja. Glavni raziskovalni cilj Observatorija je raziskovanje temne snovi in temne energije, ki sta eni od največjih znanstvenih ugank današnjega časa.

Foto: Olivier Bonin/SLAC National Accelerator Laboratory.

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:

Sebastjan Kovač

prof. dr. Milan Brumen

dr. Igor Dakskobler

dr. Andrej Godec

akad. prof. dr. Matija Gogala

dr. Matevž Novak

prof. dr. Gorazd Planinšič

prof. dr. Mihael Jožef Toman

prof. dr. Zvonka Zupanič Slavec

dr. Petra Drasković Pelc

<http://www.proteus.si>

priradoslovno.drustvo@gmail.com

© Prirodoslovno društvo Slovenije, 2024.

Vse pravice pridržane.

Razmnoževanje ali reproduciranje celote ali posameznih delov brez pismega 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: 1.200 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: Javna agencija RS za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost. Vsi objavljeni prispevki so recenzirani.

Proteus (tiskana izdaja) ISSN 0033-1805

Proteus (spletna izdaja) ISSN 2630-4147

Vsebina

301 Medicina

Koncept bolezni v času – iskanje vzrokov
in načinov širjenja

Od antike do sodobnega časa

Janko Starič

311 Paleontologija

Konodonti – verjetni predniki vretenčarjev

Tea Kolar – Jurkovšek

317 Paleontologija

Ledenodobni rosomah (*Gulo gulo*) tudi
v Ajdovski jami pri Nemški vasi

Matija Križnar

323 Zgodovina znanosti

Aristotel in začetki biologije

Gaj Kušar

330 Naše nebo

Observatorij Vere C. Rubin

Mirko Kokole

Contents

Editorial

Tomaž Sajovic

Botany

A Tale of the Adriatic Lizard Orchid (*Himantoglossum adriaticum*) from just above Modreje in the Tolmin Region (from the botanical diary, March 10 to May 12, 2024)

Igor Dakskobler, Ljudmila Dakskobler

In the spring of 2024 we found a specimen of the Adriatic lizard orchid (*Himantoglossum adriaticum*) above the village of Modreje (Tolmin, western Slovenia) in the southern foothills of the Julian Alps. We spotted the bottom (basal) leaves on 10 March and the first flowers on 12 May. The orchid occurs at the elevation of 200 m, in the forest mantel classified into the association *Fraxino orni-Ligustretum*.

Toxicology

Poisons and Toxicology in the World and in Slovenia (Part II)

Zvonka Zupanič Slavec

The most common causes of poisoning in Slovenia are alcohol, medications, drugs, and other chemicals and toxins (of natural origin). With so many toxic substances and their diverse effects the treatment of these patients can be very complicated and complex. To facilitate it, countries have set up centres that collect data on toxin activity and experience with the treatment of poisoning, and provide information on the toxicity of certain substances and related treatment.

There is one Poison Centre in Slovenia and it was set up in the Ljubljana University Medical Centre in 1973, owing to the efforts of head physician Fedor Krejči.

Toxicological work takes place also at the National Institute of Public Health (NIJZ) and the National Laboratory for Health, Environment and Food (NLZOH), whose history with environmental toxicology in the context of health ecology and hygiene goes back to 1923. An important milestone in environmental toxicology was the discovery of the contamination of the karst environment in Bela Krajina with polychlorinated biphenyls (PCB), which occurred as a result of improper disposal of Iskra Semič capacitor plant's production waste between 1962 and 1985. Despite the ban on PCBs, their concentrations in Bela Krajina, both in terms of environmental and body burden, remains higher than in the rest of Slovenia. Toxicology in Slovenia gained new momentum with the introduction of new chemical, agricultural, food, and environmental regulations at the end of the 1990s. These required the assessment of risk to human health and the environment from exposure to chemical substances in line with international guidelines of 1999. In 2004, the Department of Toxicology was established at the National Institute for Public Health with the aim to promote chemical safety and prevent acute and chronic poisoning and other harmful effects of exposure to chemicals. The Department of Toxicology developed toxicological assessments of risks associated with phytopharmaceuticals, general consumption goods, food and potable water, and public health aspects of toxicovigilance, and took an active part in the research, education, and publication of their results. They were the initiators and authors of the first national human biomonitoring programme. One of their most notable research achievements was the research into the mass poisoning with buckwheat flour con-

taminated by thorn-apple, which frequently grows with buckwheat as a weed. Their findings have become the foundations for the European Food Safety Authority's scientific opinion on tropane alkaloids in food and feed, and underpin the joint position of the Food and Agriculture Organisation and the World Health Organisation. After 2010 the National Institute for Public Health focused also on the harmonization of methodological approaches at the national level and on establishing the cross-sectoral risk assessor network. One of their main concerns is raising awareness among the general and professional public, and promoting education in this field.

Nature conservation

Seed Banks – A Way of Protecting Plant Species

Blanka Ravnjak, Jože Bavcon

Through history, people have always carried seeds. First unintentionally, when seeds stuck to people's skin or clothes without them knowing. With the onset of agriculture the value of seeds and their exchange became increasingly important. In the modern age, botanical gardens play an important role in storing and exchanging seeds, although they were originally meant to support the study of medicine and only later for botany as an independent science.

Ecology

Detection of Herpesviruses in Wild Birds in Slovenia

Tomaž Granda

Viruses are tiny pathogens that do not contain organelles and are thus parasitic, requiring a living host cell to survive and replicate. They infect all life forms, from fungi, animals and plants to archaea and others. In recent years, the spotlight has been (almost entirely) on coronaviruses in humans, but this article focuses on the group of herpesviruses in wild birds in Slovenia. Like human, bird infections with viruses have been an important concern, both in science and in terms of protection. Viruses usually propagate in healthy birds that do not show signs of illness. In stressful conditions, however, viruses can become a cause of serious diseases that can lead to death.

Sustainable development

Plastics and Sustainable Development in Science

Mirjana Liović

Many plastic objects are used in scientific research because they are versatile, durable, and easy to manipulate. On the other hand, plastic products produced from fossil fuels represent one of the most severe environmental pollutants that contribute to the destruction of ecosystems and depletion of natural resources. Like other users and consumers, scientists too should take into account the impact of the plastics they use on the environment, and seek alternative and/or sustainable practices to reduce their environmental footprint. In recent years, we have seen a substantial breakthrough in the development of biodegradable types of plastics, but we still have a long way to go before bioplastics will be accessible for general use as an alternative to fossil fuel plastics.

Chemistry and medicine

Development, Research, and Application of Metal Compounds in Medicine

Iztok Turel

Metals and their compounds have been used for medicinal purposes since time immemorial. Ancient Mesopotamians, Indians, Chinese, and Egyptians found minerals, crystals,

and native metals in nature, and began experimenting with their properties. The earliest documented examples date back to 3000 BC, when ancient Egyptians used copper sulphate to sterilize water, natron (a compound of sodium salts) as an antiseptic, and antimony compounds to treat parasitic infections. The oldest written record of the use of metals (copper) in medical treatment is the Ebers Papyrus, written in c. 1500 BC. Already more than 2000 years ago the Chinese used various compounds, some of which consisted of up to 35 different elements! Many metals and metalloids (semimetals) were later used for medicinal (and other similar) purposes. Their first uses were based on non-scientific experiments and certain metallic preparations later turned out to be highly toxic and unsuitable for medicinal use. A well-known example is elemental mercury (and mercury compounds), which was once believed to have healing properties.

Qin Shi Huang (259–210 BC) was the first emperor of the unified Chinese empire. His sudden death is alleged to be related to mercury poisoning. In his pursuit of immortality, his doctors and alchemists concocted potions for him, many of which contained mercury – something we find very strange today, when this element has a completely different reputation. Despite its toxicity, mercury and its compounds were still used for medicinal purposes much later as well, be it as diuretics, antifungal remedies, or preservatives in vaccines. And let's not forget amalgam fillings, which were ubiquitous until recently. Today, most uses of mercury have been severely restricted, if not banned.

The fact is, that the effect is proportionate to the amount, something that was known already to Swiss physician, alchemist and philosopher Paracelsus (1493–1541). Paracelsus claimed that anything can be both a poison and a cure, depending on the dose. In any case, our perspective on the use of medicinal substances is constantly changing. What we find incredible today, was commonplace and made sense in the past. After the discovery of radioactivity, for example, some people believed that small doses of radioactive substances were beneficial. Commercially produced product *Radiothor* contained radioactive radium in distilled water. Fortunately, the potion was very expensive, otherwise it would have caused even more damage.

Similar cases led to the development and an increasingly important role of national agencies overlooking food and drugs (such as American Food and Drug Administration). This is extremely important, given that the consequences of dubitable substances can be fatal. Strict conditions for the development and approval of a new drug make this an extremely long as well as expensive process. A rough estimate some time ago was that it took about ten years and about a billion dollars to develop and bring a drug to the market. In many cases, these numbers have gone up substantially since then.

Medicine

The Concept of Disease through Time – A Search for Causes and Ways of Transmission From the Antiquity to the Modern Age

Janko Starič

Disease as an abnormal functioning of the organism is an inseparable part of life. A journey through history reveals primitive beliefs in supernatural sources of diseases, but already in the Antiquity we come across natural theories on the cause of diseases as well. Together with the search for the cause changed also the understanding of how a disease is spread

and how it should be treated. Secular theories on the cause and transmission of diseases remained more or less the same until the late 19th century, when microbes were discovered to have a role in pathological processes. The understanding of the nature of diseases began to change, and scientists endeavoured to research the cause of non-communicable diseases.

Paleontology

Conodonts – Likely Ancestors of Vertebrates

Tea Kolar – Jurkovšek

The article aims to introduce readers to the recent evidence of a fascinating fossil animal group that occupies an important place in the biostratigraphy of Palaeozoic and Triassic layers in recent decades. Conodonts are classified into an independent class of chordates. The entire group became extinct because of the rapid changes in the environment associated with the breakup of the supercontinent of Pangea during the Triassic-Jurassic interval. There are very few cases across the world that have preserved fossils of entire animals, so conodont phylogeny is based on tiny, tooth-like phosphate elements obtained from marine deposits by dissolving rocks in formic or acetic acid. The elements form a distinctive feature of these animals composed with a series of oral elements arranged in a complex and bilaterally symmetric apparatus. They were first described by Heinz Christian Pander (1794–1865) from Devonian and Silurian strata by the Baltic Sea. The origin, affinity, and importance of these elements remained a mystery for a long time, but their chronostratigraphic value was discovered already in the pioneer stage of research. In the modern age of conodont research, fossils have become increasingly important for working out the relative geological age of a layer. A short chronostratigraphic and wide geographic distribution places conodonts alongside the leading fossils that facilitate the division of Palaeozoic and Triassic marine sedimentary rocks.

Paleontology

The Ice-Age Wolverine (*Gulo gulo*) in Ajdovska Jama Cave at Nemška Vas

Matija Križnar

In mid-1938, when he was excavating in the Ajdovska Jama cave near the village of Nemška Vas near Krško, Srečko Brodar had no idea that he had uncovered paleontological material that would soon be destroyed. It was a lucky coincidence that two remains, the skull of the alpine marmot (*Marmota marmota*) and a rare lower jaw of the wolverine (*Gulo gulo*), were preserved, but the wolverine remains are described for the first time. Today, both remains of these Ice Age mammals are safely stored in the paleontological collection of the Slovenian Museum of Natural History.

History of science

Aristotle and the Birth of Biology

Gaj Kušar

Aristotle opens his *Metaphysics* with the observation that “all humans by nature desire to know.” As a man of many interests, Aristotle himself was the ultimate proof of this statement. Today, he is known in the first place for his philosophy, and his *Poetics* marks the beginning of literary theory, but few people know that he was the first to systematically study biology, the scientific study of life.

The aim of the author is to shed light on this often overlooked aspect of Aristotle's work and the lessons he left behind

in the field that are still relevant today. The gap that separates classical natural sciences from humanities today is widening, making the awareness of their common roots that much more important. The comprehensive approach to the study of nature as developed in the antiquity originated in the awareness that wonder ($\theta\alpha\upsilon\mu\acute{\alpha}\zeta\epsilon\iota\nu$) was the source of knowledge, and the search for cause ($\alpha\iota\tau\iota\alpha$) its goal.

Our sky

Vera C. Rubin Observatory

Mirko Kokole

Uvodnik

»V drami bivanja na tem svetu smo vsi igralci in gledalci hkrati.« (Niels Bohr)

Proteus je revija za poljudno naravoslovje – z drugimi besedami, revija za poljudno podajanje znanstvenih spoznanj o naravi. Po takem samo po sebi umevnem prepričanju naj bi poljudna znanost bila *zgolj* »prepisovanje« iz znanstvenega jezika v jezik, ki je razumljiv (tudi) nestrokovnjakom. Poljudna znanost naj bi za znanost opravljala torej »službo za odnose z javnostmi«. Potrebo po poljudni znanosti je rodila novoveška znanost v 17. stoletju. Medtem ko je Galilejeva izhodišča nove znanosti – »knjiga sveta je napisana v jeziku matematike« –, objavljena so bila v spisu *Il Saggiatore* (1623; spis je bil napisan v toskanščini), (še) lahko prebiral širša javnost, so Newtonova še v latinščini napisana *Matematična načela naravoslovja* (*Philosophiae naturalis principia mathematica*) (1687) (že) bila nerazumljiva za večino bralcev (tudi izobraženih). Da bi spoznanja lahko ljudje sploh poznali, jih je bilo treba »prevajati« v poljudni jezik.

Ilya Prigogine (1917–2000; belgijski fizikalni kemik rusko-judovskega izvora, Nobelov nagrajenec za kemijo za leto 1977) in Isabelle Stengers (1949; belgijska filozofinja znanosti) sta v leta 1984 izdani knjigi *Red iz kaosa: Človekov nov dialog z naravo* (*Order out of Chaos: Man's new dialogue with nature*) »newtonovski« klasični novoveški znanosti namenila brezobzirno kritiko: »Znanost je začela uspešen dialog z naravo. Po drugi strani pa je bil prvi rezultat tega dialoga odkritje molčečega sveta. To je paradoks klasične znanosti. *Ljudem je razkrila mrtvo, ravnodušno naravo, naravo, ki se obnaša kot avtomat, ki, ko je enkrat programiran, še naprej sledi pravilom, vpisanim v program.* V tem smislu je dialog z naravo človeka osamil od narave, namesto da bi človeka naravi približal. Triumf človeškega razuma se je spremenil v žalostno resnico. *Zdelo se je, da je znanost razvrednotila vse, česar se je dotaknila.*« (Poševni poudarki so moji.)

Spoznanja Prigoginea in Isabelle Stengers ponazarja lanska sečnja dreves na Rožniku v Ljubljani. Direktorica Gozdarskega inštituta Slovenije Nike Kranjc, sicer doktorica gozdarstva, je v intervjuju, objavljenem 2. aprila v *Dnevnikovem Objektivu*, izjavila: »Urbani gozd ima poseben status, saj je nanj navezanih veliko ljudi. Ne moremo le gozdarji argumentirano povedati, kako bi morali z gozdom gospodariti. Treba je upoštevati tudi ljudi in njihova čustva do dreves. *S strokovnega vidika niso bile storjene napake, pozabljeno pa je bilo na ljudi, ki se na Rožniku vsak dan sprehajajo. Pravilna pot bi bila izobraževanje ljudi, njihovo ozaveščanje in bolj obiskovalcem prilagojena dinamika sečnje* [poševni poudarek je moj]. To pomeni manj intenzivno sečnjo, izvedbo nujnih del v manjšem obsegu, četudi so s tem povezani višji stroški in bi kdo rekel, da takšno ravnanje ni ekonomično. Mestna občina Ljubljana bi morala več narediti pri ozaveščanju ljudi.«

Izjava ni samo subtilna kritika sečnje dreves na Rožniku, ampak tudi gozdarske stroke/znanosti same. Nike Kranjc je prepričana, da Zavod za gozdove pri svoji strokovni/znanstveni odločitvi o sečnji dreves na Rožniku v postopku *sicer* ni storil nobene napake – stroka/znanost je torej imela prav –, »pozabljeno pa je bilo na ljudi, ki se na Rožniku vsak dan sprehajajo«. Ali kot je dejala 8. marca lani v intervjuju na Multimedijem centru RTV Slovenija z naslovom *Ljudje se na drevesa čustveno navežemo*: »Spregledali smo, da v bistvu ni pomembno le, ali so bili postopki pravilno izpeljani oziroma ali smo se strokovno pravilno odločili za posek, pomembna so tudi čustva [ljudi, ki obiskujejo Rožnik].«

Kritiko gozdarske stroke/znanosti je treba brati kot »vzorčno« kritiko »newtonovske« klasične znanosti (bodite pozorni, vsi spisi, tako Illyje Prigoginea Isabelle Stengers ter Nike Kranjc, so poljudnoznanstveni, vendar so kritični do znanosti). Človek je tako znanost ustvaril v 17. stoletju, paradoks pa je, da je sebe in naravo iz

nje »izgnal«. Novoveški znanosti je pot filozofsko tlakoval René Descartes (1596-1650) z znamenitim stavkom, da je treba dvomiti o vsem. Prastaro človekovo zaupanje, da mu njegovi čuti posredujejo dejanskost in njegov razum resnico, se je sesulo v prah. Če želimo priti do spoznanja, moramo dejansko in resnično bivajoče zdaj popolnoma ločiti od pojava, od tega torej, kako se dejansko in resnično bivajoče »kaže« našim čutom in razumu. Po Descartesu je edina gotovost, ki je ostala človeku, njegova lastna eksistenca, natančneje povedano, njegova zavest. V njej je človek razsnovil in razkrojil vso čutno predmetnost sveta. Angleški matematik in filozof Alfred North Whitehead (1861-1947) je upravičeno zapisal, da Descartesova metoda temelji na »neizrečeni predpostavki, da razum lahko spozna samo tisto, kar je proizvedel sam«. Njen spoznavni ideal je človekova iznajdba matematika. Matematično spoznavanje, kot piše Hannah Arendt (1906-1975) v *Viti activi*, se ne ukvarja niti posredno s predmetnim niti ne potrebuje »pomoči« čutov. Za zdrav človeški razum vodi Descartesov način spoznavanja neposredno v »sprevrnjeni svet«.

Spoznavna miselna podlaga newtonovske novoveške znanosti (ki jo sicer krasijo nesporni dosežki) je povzročila globoko bivanjsko krizo zahodnega človeka (Daisetsu Teitaro Suzuki, Erich Fromm: *Zen budizem in psihoanaliza*). Od Descartesa dalje je človek vse bolj ločeval misel od občutkov: samo misel je racionalna, občutki so iracionalni. Po Frommu zahodni človek vedno težje čuti in izraža občutke. Hannah Arendt je bila prepričana, da novoveškega človeka tareta neverjetna izguba izkustva in boleča odtujitev sveta. Ljudje na svojih jutranjih sprehodih ne »opazijo« več rose na cvetovih, ker taka doživetja v sodobni »racionalistični« kulturi niso več »pomembna«. Zdaj lahko razumemo, zakaj je stroka/znanost pri svoji odločitvi za posek na Rožniku »pozabila« na občutke njegovih obiskovalk in obiskovalcev, pa tudi, zakaj se jim jih ni zdelo vredno obveščati o razlogih za tak drastičen poseg. Kot da znanost ni namenjena širši javnosti. Še več: znanstvenice in znanstveniki morajo pri svojem znanstvenem delu zatirati svoja občutja in religiozna, politična, filozofska, moralna, estetska in še kakšna prepričanja.

Znameniti ameriški teoretični fizik John Archibald Wheeler (1911-2008) je na podlagi raziskovanja nenavadnega kvantnega sveta imel

popolnoma drugačne ideje. Prepričan je bil, da resničnost ustvarjajo opazovalci in da »noben pojav ni resnični pojav, dokler ga ne opazujemo«. (Nemški teoretični fizik Werner Heisenberg, 1901-1976, si je predstavljal, da elektroni ne obstajajo zdržema. Obstajajo samo, kadar jih kdo opazuje, ali bolje, kadar s čim součinkujejo.) Opazovalca moramo upoštevati pri vsakem opisu opazovanja. Rusko-ameriški fizik in kozmolog Andrej Dimitrijevič Linde (1948-) se je z Wheelerjem strinjal: »Vesolje in opazovalec sta par. Ne morem si predstavljati konsistentne teorije vesolja, ki ne bi upoštevala zavesti.« Wheeler je šel še dlje. Zasnoval je participatorno antropično načelo, ki zastavlja vprašanje: »Ali lahko svet obstaja, če ni zavesti, ki bi ga opazovala?« »Svet ne obstaja tam zunaj neodvisno od vseh dejanj opazovanja. V nekem čudnem smislu je participatorni svet.« »Ljudje nismo samo opazovalci. Ljudje smo udeleženci.« Ali kot je dejal danski fizik Niels Bohr (1885-1962): »V drami bivanja na tem svetu smo vsi igralci in gledalci hkrati.« Nič ni čudnega, da je Wheeler od znanosti zahteval mnogo več: »Minula desetletja so nas naučila, da je fizika magično okno. Pokazala nam je iluzijo, ki se skriva za resničnostjo – in resničnost, ki obstaja za iluzijo. Njen okvir je neizmerno večji, kot smo si mislili. Nismo več zadovoljni s spoznanji le o delcih, ali poljih sil, ali geometriji, ali celo o prostoru in času. Od fizike danes zahtevamo razumevanje eksistence same.« »Spet smo pri Platonu, Aristotelu in Parmenidu, ki so jih preganjala velika vprašanja: Kako je nastal svet? Kako smo nastali mi? Kako je nastalo nekaj? Na srečo imamo odgovor na ta vprašanja. To smo mi.«

Nike Kranjc ima prav: »S strokovnega vidika niso bile storjene napake, pozabljeno pa je bilo na ljudi, ki se na Rožniku vsak dan sprehajajo.« In Nike Kranjc je hči svojega očeta, Marka Pogčnika (1944-), kiparja in Unescovega umetnika za mir. Poljudna znanost je na neki način znanost prihodnosti. S pokojnim Tonetom Wraberjem sva se veliko pogovarjala. Tone je dejal, da se v poljudni znanosti jezik zave samega sebe. Sam sem dodal: v poljudni znanosti se znanost zave sama sebe. In dodajam: se tudi mora ...

Tomaž Sajovic

Besedilo je bilo prebrano na 89. rednem letnem običnem zboru Prirodoslovnega društva Slovenije 23. aprila 2024.

Zgodba o jadranski smrdljivi kukavici (*Himantoglossum adriaticum*) nad Modrejci na Tolminskem (iz botaničnega dnevnika med desetim marcem in dvanajstim majem leta 2024)

Igor Dakskobler, Ljudmila Dakskobler

V nedeljo, 10. marca 2024, sva z ženo Ljudmilo za dopoldanski sprehod izbrala pot iz Tolmina po kolesarski stezi do Modreja, ob Mostarskem jezeru do Modrej in po stezi pod Bučenico nazaj proti Volčam in Tolminu. Ta dan s seboj nisem imel fotoaparata, a v podatkovno bazo FloVegSi sem vnesel dva zapisa. Ob stezi nad Modrejci, na gozdnem robu na nadmorski višini 200 metrov, je Ljudmila opazila precej velike jajčaste pritalne liste (listno rozeto) kukavičevke in ugibal sem, katera vrsta bi to bila. Menil sem, da najbrž nobena od tistih, ki jih pogosto videvava v okolici Tolmina. Lahko bi to bila škrlatnordeča kukavica

Jadranska smrdljiva kukavica (Himantoglossum adriaticum). Modrejce, pritlični listi, 18. marca leta 2024.

Foto: Igor Dakskobler.



(*Orchis purpurea*), za katero na Tolminskem ne poznam nahajališč, pač pa v Breginjskem kotu, na Cerkljanskem, Idrijskem in Kanalskem, torej v širši okolici. S tem imenom sem jo vnesel v podatkovno bazo in dodal nekaj spremljevalnih vrst. V fotografskem arhivu so zgolj fotografije z bližnjih Mengor nekaj dni prej. Bila je še zgodnja pomlad, na prisojnih kamnitih gozdnatih pobočjih je polno cvetel dren (*Cornus mas*).

To listno rozeto sem fotografiral dober teden dni kasneje, 18. marca, in takrat sta v bližini cvetela tudi rumeni podraščec (*Aristolochia lutea*) in zimzelen (*Vinca minor*). Sivo skalovje Pod ključem (pod Senico) na drugem (levem) bregu Soče je pobelil alpski repnjak (*Arabis alpina*). Podoben sprehod kot 10. marca sva naredila v soboto, 23. marca. Pri Tolminu je že cvetela trolistna vetrnica (*Anemone trifolia*), na Modrejcah velecvetna zvezdica (*Stellaria holostea*), spodnji listi še ne zanesljivo določene kukavičevke pa so bili precej podobni kot pred tednom dni, steblo se še ni razvilo in še vedno sem jo imel za škrlatnordečo kukavico.

Toda ta dan naju je, le nekaj minut hoje navkreber, na strmih kamnitih prisojnih pobočjih, ki so porasla predvsem s cerom (*Quercus cerris*), tik ob stezi presenetilo nekaj primerkov že cvetoče blede kukavice (*Orchis pallens*). Ta ima na ožjem Tolminskem precej nahajališč, a tu pod Bučenico sem jo videl prvič. Na osojni strani tega hriba, kjer prevladuje bukov gozd, je že cvetela peterolistna konopnica (*Cardamine pentaphyllos*), nekateri beli gabri so že olistali, prav tako je zelenelo vrbovje ob Soči.

V velikonočnem tednu, v torek 2. aprila, sva opravila pot v obratni smeri. Začela sva jo na tolminskem pokopališču pri sv. Urhu, šla

Jadranska smrdljiva kukavica. Modrejce, pritlični listi, 23. marca leta 2024. Foto: Igor Dakskobler.





Bleda kukavica (*Orchis pallens*). Modrejce, 23. marca leta 2024. Foto: Igor Dakskobler.

v Volče k Andrejutu in najprej po osojnih in nato po prisojnih pobočjih Bučenice do Modrejca. Bukev je začela listati in v dneh okoli Velike noči se je prvič oglasila kukavica, pod Prvejkom med Slapom ob Idrijci (Temnikarjem) in Dolenjo Trebušo pa je zacvetel kranjski jeglič (*Primula carniolica*). V ostenju Pod ključem je belino alpskega repnjaka zamenjalo rumenilo kamnega grobeljnika (*Aurinia petraea*). Iz spodnjih listov najine kukavice se je počasi začelo kazati steblo.

4. aprila sem bil na terenu na Beki in v dolini Griže (Grižnika) na meji med Krasom in Istro in tam v lipovem sestoju fotografiral škrlatnordečo kukavico, ki je začenjala cveteti.

8. aprila sem šel s kolesom na Modrejce in tamkajšnjo kukavico, pri kateri se je že kazalo očitno olistano steblo, primerjal s sliko z Beke.

Ne more biti škrlatnordeča kukavica, saj ta nima tako očitno olistanega stebla. 15. aprila sem se o tem povsem prepričal – takrat je čisto blizu njenega nahajališča, tudi na gozdnem robu, cvetela trizoba kukavica (*Orchis tridentata*), dan prej pa sem pri Kosmačevi domačiji na Slapu (Bukovca) fotografiral tudi že cvetočo čeladasto kukavico (*Orchis militaris*).

Torej lahko izločim vse druge kukavice, ki sem jih imel v mislih, in mi ostane le še eno ime, ki bi lahko bila najina neznanka in ki je tu pod Bučenico nisem pričakoval – jadranska smrdljiva kukavica (*Himantoglossum adriaticum*). A sva kljub tej precejšnji gotovosti nadaljevala s spremljanjem njenega razvoja. 22. aprila še ni bila bistveno drugačna, takrat sta na osojni strani Bučenice cveteli črnkastovijolična orlica (*Aquilegia atrata*) in brestovolistna medvejka (*Spiraea*

Jadranska smrdljiva kukavica. Modrejce, 2. aprila leta 2024. Foto: Igor Dakskobler.





Škrlatnordeča kukavica (Orchis purpurea). Beka, 4. aprila leta 2024. Foto: Igor Dakskobler.



Jadranska smrdljiva kukavica. Modrejce, 8. aprila leta 2024. Foto: Igor Dakskobler.



Trizoba kukavica (Orchis tridentata, sin. Neotinea tridentata). Modreje, 15. aprila leta 2024.
Foto: Igor Dakskobler.



Jadranska smrdljiva kukavica. Modreje, 15. aprila leta 2024. Foto: Igor Dakskobler.

chamaedryfolia). Socvetje se je začelo malo odpirati 28. aprila, približno teden pozneje, četrtega maja, pa se je steblo kačasto zavilo, kot bi iskalo pot k boljši svetlobi.

6. maja sem šel spet na Beke in v dolino Griže in tam na različnih rastiščih, na travnikih in v gozdu, opazil več polno cvetočih primerkov škrlatnordeče kukavice.

Pozabil pa sem, da v okolici Beke poznam tudi jadransko smrdljivo kukavico, saj sem jo 17. maja leta 2018 popisal v bližnji Oci-zli, na gojenem travniku ob cesti med cerkvijo sv. Marije Magdalene in vasjo. Zaradi te pozabljivosti sem se pozno popoldne preko Kozine odpeljal na še vedno razmeroma bližnje znano nahajališče pri Rožicah, da



Jadranska smrdljiva kukavica. Modrejce, 20. aprila leta 2024. Foto: Igor Dakskobler.

preverim, v kakšni razvojni fazi je jadranska smrdljiva kukavica tam. Morda sem bil utrujen, morda premalo vztrajen, prav na nobenem od pregledanih od prejšnjega leta znanih nahajališč njenih spodnjih listov ali že pokončnih stebel nisem opazil. V soboto, 11. maja, sem si po delovnem petku v Podbrdu pri ženi izgovoril terenski dan v

Trnovskem gozdu in tudi tam deloma ostal z dolgim nosom, saj je kranjski jeglič v dolomitnih ostenjih Putriha in Špičastega vrha nad dolino Belco večinoma že odcvetel ali bil na koncu cvetenja, polno je cvetel le še na bolj hladnih apnenčastih pobočjih nad Smrekovo drago in na skrajno vzhodnem robu Govcev, v skalovju nad grapo potoka



Jadranska smrdljiva kukavica. Modrejce, 28. aprila leta 2024. Foto: Igor Dakskobler.

Ipavšek. Malo sem bil v zadregi glede nedelje, ker sem Ljudmilo v soboto pustil na cedilu. Bo, kar bo, a ona je takoj predlagala, da greva h kukavici. In sva šla, mimo vrta na Cvetju, ob Soči do jezera, mimo bogato obloženega smokvovca (fige) pri Modrejcah do nekdanjih teras, morda sadovnjakov, de-

loma pašnikov, zdaj pa z grmiščem in nizkim gozdom poraslih površin pod Bučenico. Kaj pa če se je kdo lotil čiščenja (košnje) ob stezi, ki je tudi ena izmed različic poti okoli Julijskih Alp? Na srečo je bil gozdni rob, boljši izraz v tem primeru je zastor, fitocenološko sem ga popisal in vsebuje skoraj sto



Jadranska smrdljiva kukavica. Modrejte, 4. maja leta 2024. Foto: Igor Dakskobler.

vrst, uvrščam pa ga v združbo kaline in malega jesena (*Fraxino orni-Ligustretum*), neokrnjen, v njem pa, v zelo bujnim rastju, tudi najina kukavica, tokrat že s prvimi cvetovi. Pa sva jih le dočakala! Njena sorodnica, na tem nahajališču pa le malo oddaljena sosedica, blede kukavica, je že skoraj zaključila

letni življenjski krog in jo je bilo komaj še opaziti.

Kot kažejo moji zapisi v podatkovni bazi FloVegSi, sem jadransko smrdljivo kukavico najbrž prvič videl in fotografiral v Podsabotinu v Goriških brdih, konec aprila in sredi maja leta 2008, na več krajih, predvsem na



Škrlatnordeča kukavica. Beka, 6. maja leta 2024. Foto: Igor Daksobler.

brežini in travniku ob cesti proti Šmavru, in ob robu botanikom znanega »Dolinarjevega« travnika nad to cesto. Sredi maja naslednjega leta sem jo v družbi Tineta Grebenca videl pri Ospu, v začetku maja leta 2016 pa jo opazal na vrstno bogatih travnikih in travnatih brežinah nad Sv. Katarino (Kekcem) pri Bonetovščah na jugozahodnih pobočjih

Škabrijela nad Kromberkom. Naslednje leto sem jo 8. maja fotografiral pri vasi Naklo v Regijskem parku Škocjanske jame in nekoliko pozneje, 18. maja, na prav imenitnem nahajališču v drugem krajinskem parku – Strunjanskih solinah, pri znamenitem Strunjanskem križu. Pri različnih krajih (Karli, Krkavče, Škrline, Novi Brič, Dekani, Mali-



Jadranska smrdljiva kukavica. Modrejce, 12. maja leta 2024. Foto: Igor Dakskobler.

ja, Stara Mandrija, Marezige, Rokava, Pletiči, Topolovec, Boršt) in na različnih rastiščih sva jo v Slovenski Istri v letih od 2014 do 2019 videla in fotografirala tudi z Zvonkom Sadarjem pri popisovanju tamkajšnjih zanimivih gozdnih združb. Zadnja leta pa

jo, če ne drugje, videvam na Rožicah (na robu Brkinov), kjer ima Kmetijski inštitut Slovenije poskusno (raziskovalno) travniško ploskev, na kateri Janko Verbič in Branko Vreš že vrsto let popisujeta rastje ob različnih načinih dodajanja hranil, pri čemer za-



dnja leta pomagamo tudi drugi. Jadransko smrdljivo kukavico navadno opazimo že ob dostopni poti k tej ploskvi, popisujem pa jo tudi na travnikih bolj jugozahodno od nje. V Brkinih smo jo s kraškimi gozdarji, Matejem Reščičem in Valerijo Babij sredi junija

leta 2020 videli tudi še bolj jugovzhodno, pri vasi Ritomeče. A vsa ta srečanja so se navadno zgodila, ko je rastlina že cvetela in je zaradi velikosti in značilnih cvetov skoraj ne moreš zgrešiti.

Njene podrobne opise, oznako rastišč, stopnjo ogroženosti in razširjenost v Sloveniji in drugod so med drugimi objavili Vlado Ravnik, Mitja Kaligarič in Branko Dolinar. O tej kukavici je nedavno v naši reviji pisal Igor Paušič v tematskem zvezku, posvečenem Halozam (letnik 84, št. 4–7), katerega naslovnico krasi prav fotografija te evropsko varstveno pomembne rastline. Spoznanja raziskovalcev in razmeroma veliko v zadnjih letih odkritih novih nahajališč kažejo, da je kljub razširjenosti v različnih slovenskih pokrajinah – Goriških Brdih, Vipavski dolini, Krasu, Brkinih, Pivški dolini, Istri, Notranjskem, Beli krajini, Halozah in še drugod na Štajerskem, Dolenjskem in še kje – največje število primerkov na južnem Primorskem, predvsem v Istri, in v Halozah.

Tu, na prisojnem vznožju 510 metrov visoke Bučenice, je torej njeno Julijskim Alpam najbližje nahajališče. Na severnih pobočjih tega hriba, ki pripada južnemu prigorju tega gorovja, rastejo tudi jugovzhodnoalpski endemiti ozkolistna preobjeda (*Aconitum angustifolium*), kodrasta sivica (*Tephrosia pseudocrispa*) in soška smiljka (*Cerastium subtriflorum*), prav tako v Sloveniji skoraj izključno v gozdovih alpskega sveta rastoča snežnobela bekica (*Luzula nivea*).



Prisojna pobočja so bolj topla in njihovo rastje kaže večji vpliv Sredozemlja. Razmeroma toplo (submediteransko) je tudi krajevno podnebje Mosta na Soči in njegove okolice. Nekoliko sem pregledal tudi okoliške opuščene pašnike in grmišča, teren je precej težko prehodan, in nisem opazil nobene drugega primerka jadranske smrdljive kukavice. Zdaj upava, da bo dočkala tudi polno cvetenje in lahko zaključila svoj letni življenjski krog podobno kot njena »zgornja soseda« blede kukavica.

Smiselno razlago za njeno od najbližjih nahajališč v Goriških brdih in na jugozahodnih pobočjih Škabrijela precej oddaljeno pojavljanje nad Modrejci sem prebral v

zadnji številki revije *Hladnikia*. V njej mladi biolog Matija Mlakar Medved v povezavi z več v glavnem v Sredozemlju razširjenimi kukavičevkami, ki jih v zadnjem času najdevamo tudi v notranjosti naše države, napiše, »da imajo pripadnice te družine veliko disperzijsko sposobnost. Milijoni mikroskopskih semen, ki se sproščajo s posameznih rastlin in se razširjajo stotine kilometrov daleč, namreč ustvarjajo vseprisotno zalogo semen, ki lahko v ugodnih mikroklimatskih razmerah vzklijejo in cvetijo daleč stran od jedrnih populacij posameznih vrst.« Menim pa, da je precej verjetno, da se jadranska smrdljiva kukavica pojavlja še kje na gozdnih robovih ali opuščenih traviščih na pri-

Gozdni zastor (Fraxino orni-Ligustretum) z jadransko smrdljivo kukavico, Modrejce, 12. maja leta 2024.

Foto: Igor Dakskobler.



sojnih, некоč obdelanih terasah Srednjega Posočja med Plavami in Mostom na Soči, morda tudi kje višje, v Zgornjem Posočju, na primer v Breginjskem kotu.

Z vidika botanične stroke je torej najino opažanje zgolj drobno dopolnilo k razširjenosti v Sloveniji zavarovane in tudi širše evropsko ogrožene rastlinske vrste. A na ravni osebnega doživetja so najina spomladanska romanja leta 2024 iz Tolmina ob Soči na Modrejce, pod Bučenico v Volče ter ponovno k Soči in k sv. Urhu dar, za katerega morava biti globoko hvaležna.

Literatura:

Medved Mlakar, M., 2024: *Serapias vomeracea* (Burm. f.) Briq. *Notulae ad floram Sloveniae*. Hladnikia (Ljubljana), 53: 62–64.

Dolinar, B., 2015: *Kukavičevke v Sloveniji*. Ljubljana: Pipinova knjiga, 183 str.

Kaligarič, M., 2004: *Himantoglossum adriaticum* H. Baumann – jadranska smrdljiva kukavica. V: Čušin, B. (ur.): *Natura 2000 v Sloveniji*. Rastline. Ljubljana: Založba ZRC SAZU, 102–106.

Paušič, I., 2022: *Kukavičevke in druge botanične posebnosti Haloz*. *Proteus* (Ljubljana), 84 (4–7): 218–234.

Ravnik, V., 2002: *Orhideje Slovenije*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 192 str.

Seliškar, T., Vreš, B., Seliškar, A., 2003: *FloVegSi 2.0*. Računalniški program za urejanje in analizo bioloških podatkov. Ljubljana: Biološki inštitut ZRC SAZU.

Modrejce in prisojno pobočje Bučenice, na njenem grmovnatem vznožju tik nad vasjo je nahajališče jadranske smrdljive kukavice. Foto: Igor Dakskobler.



Strupi in toksikologija v svetu in na Slovenskem (drugi del)

Zvonka Zupanič Slavec

V Sloveniji so najpogostejše zastrupitve z alkoholom, zdravili, mamili, drugimi umetnimi kemikalijami in s toksini (strupi naravnega izvora). Zaradi številnih strupenih snovi in raznolikosti njihovega učinkovanja je zdravljenje zastrupljenih zapleteno in zahtevno. Za hitro in učinkovito pomoč so se razvili centri, ki zbirajo podatke o delovanju strupov in izkušnjah pri zdravljenju zastrupitev ter posredujejo informacije o strupenosti nekaterih snovi in zdravljenju.

V Sloveniji deluje en Center za zastrupitve. Ustanovljen je bil v ljubljanskem kliničnem centru leta 1973. Za njegovo trdno postavitve in delo je zaslužen primarij Fedor Krejči.

Toksikološko delo poteka tudi na Nacionalnem inštitutu za javno zdravje (NIJZ) in v Nacionalnem laboratoriju za zdravje, okolje in hrano (NLZOH), kjer se z okoljsko toksikologijo v okviru zdravstvene ekologije in higiene ukvarjajo že od leta 1923. Pomemben mejnik na področju okoljske toksikologije je bilo odkritje onesnaženosti kraškega okolja v Beli krajini s polikloriranimi bifenili (PCB) zaradi proizvodnje kondenzatorjev v letih od 1962 do 1985 v tovarni Iskra Semič. Kljub njihovi prepovedi ostaja obremenjenost krajevnega okolja in prebivalcev z njimi večja kot drugod v Sloveniji. Toksikologija je v Sloveniji dobila dodaten zagon z uvajanjem nove kemijske, kmetijske, živilske in okoljske zakonodaje konec devetdesetih let dvajsetega stoletja. V skladu z njo je bilo treba ocenjevati tveganje pri izpostavljenosti kemičnim snovem iz okolja v skladu z mednarodnimi smernicami iz leta 1999. Leta 2004 je bil ustanovljen Oddelek za toksikologijo na Nacionalnem inštitutu za javno zdravje z namenom pospeševanja kemijske varnosti in preprečevanja akutnih in kroničnih zastrupitev ter drugih škodljivih posledic izpostavljenosti kemičnim snovem. Na Oddelku za toksikologijo so razvijali toksikološke ocene tveganja fitofarmacevtskih sredstev, predmetov splošne rabe, živil in

pitne vode, javnozdravstvene vidike toksikovigilance (spremljanja in obvladovanja zastrupitev s kemikalijami) in se udeleževali v raziskovalnih, pedagoških in publicističnih dejavnostih. Bili so pobudniki in avtorji prvega nacionalnega programa humanega nadzora kemikalij (HBM). Med pomembne raziskovalne dosežke sodi raziskava, ki ji je botrovala množična zastrupitev z ajdovo moko, onesnaženo s semeni navadnega kristavca, ki med ajdo pogosto raste kot plevel. Na izsledkih te raziskave temeljita znanstveno stališče Evropske agencije za varno hrano za tropanske alkaloide v živilih in krmi ter skupno stališče Organizacije za hrano in kmetijstvo in Svetovne zdravstvene organizacije. Po letu 2010 so se na Nacionalnem inštitutu za javno zdravje na področju toksikologije posebej ukvarjali predvsem s poenotenjem metodoloških postopkov na nacionalni ravni in vzpostavljanjem medsektorske mreže ocenjevalcev tveganja. Posebno pozornost namenjajo ozaveščanju splošne in strokovne javnosti ter izobraževanju.

Razvoj toksikologije na Slovenskem

Med toksikološko problematiko ima na Slovenskem najdaljšo zgodovino velika zgodba o kroničnih **zastrupitvah z živim srebrom** – kroničnem merkurializmu – iz **rudnika**

živega srebra v Idriji. Rudo so kopali in jo predelovali že od konca petnajstega stoletja. Zaradi izjemnega rudnega bogastva, ki je pripadalo neposredno avstrijskemu dvoru, so rudnik intenzivno izkoriščali. Zaposlenih je bilo tudi po tisoč rudarjev in več naenkrat, izpostavljeni pa so bili hudo toksičnim živosrebrnim hlapom, in to v rudniških jaških, še v večji meri pa ob rudniških pečeh retortah. Zato so bili rudarji kronično zastrupljeni in potrebni zdravstvene oskrbe, kar je opisal že Paracelsus ob svojem obisku idrijskega rudnika. Najbolj znana rudniška zdravnik Tirolec **Joannes Antonio Scopoli** (1723–1788) (Pintar, I., 1954) in Bretonec **Balthasar Hacquet** (1739/1740–1815) sta temeljito popisala hude znake živosrebrne zastrupitve in priporočila preventivo z vsakodnevnim kopanjem delavcev po delu v topli vodi, s preoblačenjem in dnevnim pranjem rudniške delovne obleke, s pitjem polovice litra mleka dnevno na rudarja in s čim boljšim zračenjem rudniških jaškov. Vsega tega pa oblasti v glavnem niso upoštevale, saj so presodile, da bi bil to prevelik denarni vložek (Zupanič Slavec, Z., Slavec, K., 2008). Scopoli je to leta **1761** popisal v pomembnem delu *De Hydrargyro Idriensi. Tentamina physico-chemico-medica* (*Fizikalno-kemijska medicinska razprava o idrijskem živem srebru*).

Z zdravstvenimi posledicami dela v rudniku živega srebra v Idriji se je med zadnjimi strokovnjaki pri nas veliko ukvarjal specialist medicine dela dr. **Alfred Bogomir Kobal** (1934–2021), ki je svojo poklicno pot posvetil zdravljenju idrijskih rudarjev in raziskovanju posledic izpostavljenosti živemu srebru (Kobal, 1975; Kobal in sod., 2017). Zaradi izčrpanja rude je rudnik v dvajsetem stoletju prenehal delovati, zaradi izjemne zgodovine pa je bil leta 2012 vpisan v Unescovo zakladnico svetovne kulturne dediščine. Zgodovina obravnave kroničnih zastrupitev delavcev je popisana v poglavju o razvoju medicine dela, prometa in športa. (Glej javnozdravstveno (1.) knjigo *Zgodovina*

zdravstva in medicine na Slovenskem.)

Toksikološko problematiko obravnavajo tudi na področju **medicine dela, prometa in športa** ter na ustanovi **Nacionalni inštitut za javno zdravje (NIJZ)** in pri njegovih predhodnikih. Klinična toksikologija se prepleta tudi z **okoljsko toksikologijo**. S **poklicno toksikologijo** se ukvarjata **Zavod za varstvo pri delu** z dolgoletnim predstojnikom prof. dr. **Marjanom Bilbanom** in **Klinični inštitut za medicino dela, prometa in športa** Univerzitetnega kliničnega centra Ljubljana, na katerem med drugimi prof. dr. **Metoda Dodič Fikfak** vrsto let prodorno spremlja posledice **izpostavljanja azbestu**, ki pa strogo gledano ne sodi med kemikalije, saj gre za vlakna, torej fizikalne delce, ki lahko povzročajo azbestozo in mezoteliom. (Glej javnozdravstveno (1.) knjigo *Zgodovina zdravstva in medicine na Slovenskem*, poglavje o razvoju medicine dela, prometa in športa.)

Okoljska toksikologija se primarno ukvarja s preučevanjem in zmanjševanjem vplivov kemikalij iz okolja na zdravje.

Sodelavci **Nacionalnega inštituta za javno zdravje (NIJZ)** in njegovih predhodnikov se z okoljsko toksikologijo v okviru zdravstvene ekologije in higiene ukvarjajo že sto let. **Higienski zavod** v Ljubljani, ustanovljen leta **1923**, sedaj NIJZ in **Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano (NL-ZOH)**, je sodeloval pri obsežnih akcijah sanacije okolja in pri higiensko-preventivnih delih ter dezinfekcijah (razkuževanjih) in dezinsekcijah (uničevanjih mrčesa). Posebna pozornost je bila namenjena nadzoru kakovosti živil, njihovi proizvodnji in distribuciji, nadzoru pitne vode, higienskimi razmeram za delo in higienskimi okoliščinam stavbnih, rekreacijskih in drugih površin (Zupanič Slavec, 2005).

Pomemben mejnik na področju okoljske toksikologije je bilo odkritje onesnaženosti kraškega okolja v Beli krajini s **polikloriranimi bifenili** (angleško *polychlorinated biphenyls*, PCB). V obdobju proizvodnje kondenzator-

jev v letih od 1962 do 1985 v tovarni Iskra Semič so podzemne in površinske vode povodja reke Krpe in zrak onesnažili izpusti polikloriranih bifenilov iz tovarne. Ugotovljene so bile precej visoke koncentracije polikloriranih bifenilov v okolju, živalih in ljudeh in tudi nekoliko povečana obolevnost in smrtnost. Zaradi majhnega števila primerov in množice begavih spremenljivk vzročna povezanost z izpostavljenostjo polikloriranim bifenilom vseeno ni bila dokazana, razen pri vplivu na razvoj zob. Poliklorirani bifenili se razgrajujejo zelo počasi in so razvrščeni v dvanajst za okolje najbolj škodljivih obstojnih organskih onesnaževalcev. Čeprav so poliklorirani bifenili že dobra tri desetletja prepovedani, ostaja obremenjenost okolja in prebivalcev s polikloriranimi bifenili v občini Semič večja kot drugod v Sloveniji (Harlander, Miljavac, 2013; Jan, Vrbič, 2000).

Toksikologija je v Sloveniji dobila dodaten zagon z uvajanjem nove kemijske, kmetijske, živilske in okoljske **zakonodaje konec** devetdesetih let dvajsetega stoletja. V skladu z njo je bilo treba ocenjevati tveganje pri izpostavljenosti kemičnim snovem iz širšega in ožjega fizičnega okolja. **Ocena tveganja** je proces, s katerim ovrednotijo verjetnost za nastanek škodljivih posledic na zdravje pri znani oziroma predvideni izpostavljenosti. Na tedanjem **Inštitutu za varovanje zdravja (IVZ)** so začeli **ocenjevati škodljivost kemijskih snovi** v skladu z mednarodnimi smernicami leta 1999. Poleg sodelavcev z Inštituta za varovanje zdravja so sodelovali še strokovnjaki iz Centra za zastrupitve, z Inštituta za farmakologijo in eksperimentalno toksikologijo in Inštituta za sodno medicino Medicinske fakultete Univerze v Ljubljani, s Kemijskega inštituta ter z Ura-

Neoluščeno ajdovo zrnje, pomešano s srčastimi semeni navadnega kristavca. Foto: Lovro Stanovnik.



da Republike Slovenije za kemikalije. Leta **2004** je bil **ustanovljen Oddelek za toksikologijo** z namenom **pospeševanja kemijske varnosti in preprečevanja akutnih in kroničnih zastrupitev** ter drugih škodljivih posledic izpostavljenosti kemičnim snovem. Sodelavci Oddelka za toksikologijo so razvijali toksikološke **ocene tveganja zaradi fitofarmaceutskih sredstev**, predmetov splošne rabe, živil in pitne vode, javnozdravstvene vidike toksikovigilance in se udeleževali v raziskovalnih, pedagoških in publicističnih dejavnostih (Perharič, 2012). Da bi pripomogli k boljšemu razumevanju širše javnosti o koristnih in škodljivih učinkih različnih kemikalij ter posledično k širjenju zavesti o pomenu kemijske varnosti, so iz angleščine prevedli in leta 2008 izdali knjigo ***Paradoks strupa: kemikalije kot prijatelji in sovražniki*** priznanega britanskega toksikologa prof. **Johna Timbrella**, namenjeno širokemu krogu bralcev (Timbrell, 2008). Oddelek za toksikologijo je uspešno deloval do reorganizacije inštituta leta **2010**. **Ukinitev oddelka** je prispevala k zmanjšanju učinkovitosti in upočasnila nadaljnji razvoj.

Med pomembne raziskovalne dosežke Oddelka za toksikologijo sodi raziskava, ki ji je botrovala množična **zastrupitev z ajdovo moko, onesnaženo s semeni navadnega krstavca**, ki med ajdo pogosto raste kot plevel. Iz prvotne ocene tveganja po naročilu Zdravstvenega inšpektorata leta 2003 so v naslednjih letih na podlagi poskusov na zdravih prostovoljcih določili akutni referenčni odmerki za mešanico atropina in skopolamina v živilih. Akutni referenčni odmerek za navedena alkaloida do tedaj namreč ni bil določen. Na izsledkih te raziskave temeljita znanstveno stališče Evropske agencije za varno hrano za tropanske alkaloida v živilih in krmi ter skupno stališče Organizacije za hrano in kmetijstvo in Svetovne zdravstvene organizacije (Scientific Opinion on Tropane alkaloids in food and feed. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), 2013; Joint FAO/WHO Expert

Meeting on Tropane Alkaloids, 2020).

Na nekdanjem **Inštitutu za varovanje zdravja** (1992–2014) sta nekaj časa uspešno delovala tudi **Laboratorij za genotoksičnost in ekotoksikologijo**¹ ter **Laboratorij za sanitarno kemijo**. Prvi je bil zaradi ekonomskih razlogov ukinjen leta 2003. Laboratorij za sanitarno kemijo se je uspešno akreditiral in je za potrebe presoje varnosti (ocene tveganja) izvajal analitsko sledenje pitne vode, živil in predmetov splošne rabe. Razvijali so tudi nove metode in sodelovali v raziskovalnih projektih. Leta **2012** je bil **priključen** Zavodu za zdravstveno varstvo Maribor, leta **2014** pa novoustanovljenemu **Nacionalnemu laboratoriju za zdravje, okolje in hrano** s sedežem v Mariboru, vendar zaradi racionalizacije poslovanja ljubljanska enota laboratorija postopoma ugaša.

V drugem desetletju enaindvajsetega stoletja so se na Nacionalnem inštitutu za javno zdravje (NIJZ) na področju toksikologije poleg rutinskih **ocen tveganja fitofarmaceutskih sredstev** ter ostankov kemikalij v živilih in pitni vodi posvečali predvsem nadaljnjemu razvoju ocenjevanja tveganja, poenotenju metodoloških postopkov na nacionalni ravni, prenašanju novih metodoloških pristopov v slovenski prostor in vzpostavljanju mreže strokovnjakov iz drugih ustanov in resorjev, da bi tako učinkoviteje analizirali okoljska tveganja za zdravje ljudi ter prispevali k varnejšemu bivanju v okolju (Ciraj, Vračko, ur., 2016; Pollak, Perharič, ur., 2017). Vse večjo pozornost so namenjali **humanemu nadzoru** (HBM), to je določanju ravni kemikalij v telesnih tekočinah in tkivih, ugotavljanju škodljivih učinkov kemikalij in z razvojem genetike ugotavljanju razlik v občutljivosti glede nastanka škodljivih učinkov (Perharič, 2013; Perharič in sod., 2018). Primer dobre prakse na področju **toksikovigilance** so dejavnosti v

1 Ustanovila ga je živilska tehnologinja prof. dr. Metka Filipič.

zvezi z **izpostavljenostjo svincu v Zgornji Mežiški dolini**. Čeprav rudnik svinca že vrsto let ne obratuje, se preostala jalovina predeluje in prodaja kot gradbeni material. Mletje in transport jalovine še vedno pomembno prispevata k izpostavljenosti svincu pri krajevnih prebivalcih, posebej otrocih (Ivartnik, Pavlič, Hudopisk, 2016). Od leta 2017 je Nacionalni inštitut za javno zdravje tudi nacionalno vozlišče za **humani nadzor** v sklopu evropskega raziskovalnega projekta Evropska pobuda za humani nadzor (About us. HBM4EU, 2023) in od leta 2022 nacionalno vozlišče Partnerstva za oceno tveganja zaradi izpostavljenosti kemikalijam. Posebno pozornost namenjajo **ozaveščanju splošne in strokovne javnosti**. V sodelovanju z Uradom Republike Slovenije za kemikalije in Zavodom Republike Slovenije za šolstvo organizirajo redna letna srečanja *Kemijska varnost* in predavanja o varni uporabi kemikalij na osnovnih in srednjih šolah.² Učijo tudi na številnih nacionalnih in mednarodnih strokovnih tečajih in v sklopu dodiplomskih in podiplomskih programov na slovenskih visokih šolah in univerzah.

Toksikovigilanca pomeni zaznavanje in spremljanje toksikoloških nevarnosti in tveganj. O teh je treba ozaveščati in uvajati ukrepe za zmanjševanje tveganj.

Na tem področju na Nacionalnem inštitutu za javno zdravje deluje prim. dr. **Lucija Perharič**, zdravnica, internistka, pri EU-ROTOX registrirana toksikologinja – ERT³ in sodelavka kraljevega kolegijskega zdravnikov



Navodila za izdelavo ocene tveganja za zdravje ljudi zaradi izpostavljenosti kemijskim in mikrobiološkim dejavnikom iz okolja, 2017.

(FRCP-UK)⁴ s petintridesetletnimi kliničnimi, strokovnimi, raziskovalnimi in pedagoškimi izkušnjami na področjih splošne, interne in urgentne medicine, klinične toksikologije in klinične farmakologije ter preučevanja vplivov fizičnega okolja na zdravje.⁵ Leta **1999** se je po vrnitvi iz Anglije zaposlila na Centru za zdravstveno ekologijo Inštituta za varovanje zdravja, kjer je vzpo-

² Začetek te dejavnosti je v začetku enaindvajsetega stoletja usklajevala biologinja izr. prof. dr. Katarina Černe z Inštituta za farmakologijo in eksperimentalno toksikologijo na Medicinski fakulteti Univerze v Ljubljani.

³ Angleško: European Registered Toxicologist.

⁴ Angleško: Fellow of the Royal College of Physicians-UK.

⁵ Za delo na projektu Toxicological problems resulting from exposure to traditional remedies and food supplements (Posledične toksikološke težave zaradi izpostavljenosti tradicionalnim zdravilom in prehranskim dodatkom) pod vodstvom prof. Virginie Murray je 1993 prejela nagrado fundacije Rank Prize.

stavila in razvijala ocenjevanje škodljivosti kemijskih dejavnikov iz okolja in javnozdravstvene vidike toksikovigilance. Bila je pobudnica in soavtorica prvotnega predloga nacionalnega humanega nadzora kemikalij. Prim. dr. Perharič je nacionalna predstavnica v globalni mreži za oceno tveganja ravnanja s kemikalijami, ki deluje pri Svetovni zdravstveni organizaciji (Perharič, L., 2022).

Zanimivosti iz toksikologije

Pesticidi

Industrijska proizvodnja pesticidov se je razmahnila v dvajsetem stoletju. Pesticidi naj bi bili selektivno strupeni za ciljne vrste, vendar imajo lahko škodljive učinke tudi na neciljne organizme, rastline, živali in ljudi. Uporaba pesticidov je pri sodobnem načinu življenja nujna, vendar v javnosti zaradi primerov naključnih in namernih zastrupitev ter nepravilne uporabe in nekritičnega

sprejemanja pogosto zavajajočih in napačnih informacij o škodljivosti pesticidov vzbujajo veliko zaskrbljenost. Ob **pravilni uporabi** je večina sodobnih pesticidov razmeroma neškodljiva.

Da bi omogočili varno uporabo in zmanjšali verjetnost nastanka škodljivih posledic na neciljne organizme, je potreben **nadzor prodaje, uporabe in ostankov pesticidov** v pitni vodi, živilih in predmetih splošne rabe. Pred prvo registracijo se določijo nevarne lastnosti za ljudi, druge neciljne organizme in okolje, oceni se tveganje in določi največja dovoljena količina ostankov. Po pridobitvi dovoljenja za uporabo potekajo toksikovigilancijske dejavnosti. Za zagotavljanje varnosti ob predvideni uporabi pesticidov so po zakonu odgovorni proizvajalci. Novejša sprememba zakonodaje na področju pesticidov, ki je v veljavo stopila v letih 2017 in 2018, je **nadzor kemičnih motilcev endokrinega sistema** (KMES) (Perharič, 2018).

Za varno uporabo pesticidov je potreben nadzor prodaje, uporabe in ostankov pesticidov v pitni vodi, živilih in predmetih splošne rabe.



Insekticid Zacherlin in arhitekt Jože Plečnik

V avstrijski monarhiji je od sredine devetnajstega stoletja podjetnik **Johann Zacherl** (1814–1888) tržil in kasneje proizvajal **insekticidni prašek Zacherlin**. Z insekticidom se je seznanil že v štiridesetih letih devetnajstega stoletja na svojem potovanju po Kavkazu. Navdušil ga je **naravni repelent**, prašek iz posušenih in zmletih **cvetov krizantem** (*Chrysanthemum cinerariifolium* in *Chrysanthemum coccineum*), ki je vseboval kasneje, leta 1924, odkrite **piretrine**. Sprva je rastlinski material uvažal iz gruzijskega Tiflisa (Tbilisija) na Dunaj, nato je začel rastline gojiti sam in jih predelovati v preparat, s katerim je obogatel (Johann Zacherl. Wikipedija, 2022).

Zacherlov sin Johann je, ko je družina obogatela, v začetku dvajsetega stoletja na Dunaju naročil pri **arhitektu Jožetu Plečniku** načrt za veliko **poslovno stavbo** v nepo-

sredni bližini Štefanove cerkve, ki jo je naš veliki arhitekt znotraj na več mestih okrasil s stiliziranimi žuželkami, predvsem na stopnišču in lestencih. Tako je bil tudi Plečnik deležen slave na račun Zacherlovega insekticida.

Ogenj sv. Antona: zastрупitev z rženimi rožički

Ergotizem (tudi **žitna kuga**) je kronična zastрупitev z rženimi rožički oziroma njihovimi alkoholi, predvsem ergotaminom. Prvi je pravi vzrok zastрупitve opisal leta 1676 francoski zdravnik Denis Dodert (1634–1707). Rženi rožiček je kompakten micelij glive škrlatnordeča glavica (*Claviceps purpurea*) in raste predvsem na klasih

Detajl stopnišča Zacherlove hiše (Zacherlhaus) na Dunaju, delo slovenskega arhitekta Jožeta Plečnika, kjer je uporabil žuželke kot dekorativni element. Vir: Wikimedia Common.



rži, pa tudi na drugih žitih. Izraz **ergotizem** je torej nastal v osemnajstem stoletju in izvira iz francoske besede *ergot*, petelinja ostroga, ki ji je rožiček podoben. Kadar so bili rožički pomešani z žitnim zrnjem, je bila moka kontaminirana z njihovimi alkaloidi. Zgodovinsko so znane **epidemije ergotizma** že od antičnega časa, znana so pa tudi poročila o epidemijah iz srednjega in novega veka, pri katerih je prihajalo do **množičnega umiranja**. V Evropi so se epidemije pojavljale v deželah, kjer je bila rž glavni vir prehrane. Z uvedbo krompirja v prehrano v obdobju od šestnajstega do osemnajstega stoletja so postale epidemije ergotizma redkejšje. Zastrupitev je povzročala vztrajajoče žilne spazme z **ulcerogangrenoznimi spremembami na udih**, psihotične reakcije in konvulzije, podobne epileptičnim, drisko, bruhanje, pri nosečnicah pa splav zaradi uterotoničnega delovanja. Zaradi kožnih sprememb in pekočih bolečin so zastrupitev nekdanj imenovali **oganj sv. Antona** ali tudi »sveti oganj« (*ignis sacer*). Poimenovanje izvira iz katoliškega reda sv. Antona, ustanovljenega leta 1095 v

Franciji za zdravljenje te bolezni. Ti menihi so ustanavljali **svoje bolnišnice** in v štirinajstem stoletju skrbeli tudi za bolnike, ki jih je prizadela črna kuga. Na višku svoje moči so v petnajstem stoletju v osrednji Evropi imeli tristo sedemdeset bolnišnic. Zaradi



Bolnik z ergotizmom na sliki Matthiasa Grünewalda Skušnjave svetega Antona (1516-1519). Slika je del Isenheimskega oltarja, ki se danes nabaja v muzeju v Colmarju v Alzaciji. Vir: Wikimedia Commons.

nepoznavanja vzroka bolezni so ergotizem povezovali tudi s čarovništvom. Po odkritju pravega vzroka bolezni so začeli rožičke odstranjevati iz žitnega zrnja pred mletjem v mlinu, vendar so se epidemije zastrupitev z drugimi vrstami glive (*Claviceps sorghi*, *Claviceps africana*) pojavljale v deželah tretjega sveta še v dvajsetem stoletju (Ergotizem. Wikipedija, 2022; Gelmetti, C., 2010).

V medicini se **ergotamin** in dihidroergotamin v zelo omejenem odmerjanju v nekaterih državah še vedno uporabljata **kot zdravilo proti migreni**, ker povečujeta na-

petost (tonus) lobanjskih (kranialnih) arterij in s tem lajšata bolečino tako pri migreni kot tudi glavobolu v skupkih. V Sloveniji pripravate z alkaloidi rženih rožičkov ali njihovimi dihidroderivati ne uporabljajo več. Izjema je derivat ergokriptina bromokriptin, dopaminski agonist in zaviralec izločanja prolaktina, ki ga uporabljajo pri hiperprolaktinemiji in parkinsonizmu.

Droge in čarovništvo

Na **prehodu iz srednjega v novi vek** so imele v čarovništvu pomembno vlogo nekatere



Zajedavski rženi rožiček (črno) na pšenici, ki povzroča zastrupitev, imenovano ergotizem. Vir: Wikimedia Commons.

halucinogene rastline. V tem obdobju so po Evropi pustošile kuga, lakota in vojne, za kar naj bi v ljudskih predstavah bilo mnogo krivcev, med njimi čarovnice in čarovniki. Navadno so bile žrtve ljudskih predstav ženske. Čarovnice in čarovniki so bili posamezniki, ki naj bi letali po zraku in se zbirali na odročnih krajih, kjer naj bi izvajali pregrešne orgije. Za čarovništvo so bili obtoženi na podlagi pričevanj »očividcev«. Priznanja so bila največkrat izsiljena z mučenjem inkvizicije, možna razlaga za nenavadno vedenje in tovrstna pričevanja pa je uporaba psihoaktivnih snovi. **Valvasor** je v IV. knjigi *Slave vojvodine Kranjske* zapisal, da povsod po Kranjskem rastejo **petoprstnik potočnik, kolmež, zelena** in **volčji koren**, ki jih uporabljajo čarovnice, da se povežejo s hudičem. Iz njih naj bi izdelovale čarobno mast, s katero naj bi poletele na čarovniški ples. Že pred Valvasorjem so opisali sestavo čarobne masti, ki je vsebovala petoprstnik

(*Potentilla carniolica*), omej (*Aconitum variegatum*) in razhudnikovko (*Solanum somniferum*), lahko pa tudi volčjo češnjo (*Atropa belladonna*), črni zobnik (*Hyoscyamus niger*), mandragoro (*Mandragora officinalis*) in kristavec (*Datura stramonium*). Giovanni Batista della Porta (1535–1615) je leta 1562 poročal o »čarovnici«, ki se je prostovoljno pred pričami slekla do golega in namazala s čarobno mastjo. Zatem je utonila v globok spanec, iz katerega se ni zbudila tudi ob udarcih prič. Ko se je prebudila, je pripovedovala, kako je letela prek jezer in gora, in se kljub modricam, pridobljenim med tepežem prič, ni pustila prepričati, da gre le za utvaro, privid (Milčinski, 1978).

V letih od 1997 do 2007 je svet zajel nov val zanimanja za čarovništvo (in botaniko), saj so v tistem času izhajale izredno priljubljene knjige o mladem čarovniku Harryju Potterju.



Podlišček ali Mandragora officinarum je ena izmed čarovniških rastlin, ki jo spremlja zelo star, dolg in nenavaden seznam učinkovin ter načinov uporabe. Ker korenine mandragore spominjajo na človeško telo, so upodobljene kot žensko ali moško telo, ki ima namesto las zelene liste. Ilustracija iz knjige De Materia Medica grškega zdravnika Dioskorida iz leta 1460. Vir: Science Photo Library.

Literatura:

- About us. HBM4EU, 2023. (Internet.) Dosegljivo na: <https://www.hbm4eu.eu/>. (Citirano 12. 2. 2023.)
- Ball, P., 2006: *The Devil's Doctor – Paracelsus and the World of Renaissance Magic and Science*. London: William Heinemann, 98.
- Ciraj, M., Vračko, P., ur., 2016: *Chemical safety and protection of human health: the Slovenian experience*. Copenhagen: World Health Organization, 1–69.
- Ergotizem. Wikipedia (internet), 2022. Dosegljivo na: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Ergotizem>. (Citirano 17. 5. 2022.)
- Gallo, M. A., 2008: *History and Scope of Toxicology*. V: Klaassen, C. D., ur.: *Casarett and Doull's Toxicology. The Basic Science of Poison*. 7th ed. Kansas City: McGraw-Hill, 3–10.
- Gallo, M. A., 2010: *Chapter 1. History and Scope of Toxicology*. V: Klaassen, C. D., Watkins, J. B., ur.: *Casarett & Doull's Essentials of Toxicology*. 2e. McGraw Hill. Dosegljivo na: <https://accesspharmacy.mhmedical.com/content.aspx?bookid=449§ionid=39910766>.
- Gelmetti, C., 2010: *Il fuoco di Sant'Antonio. Dai Misteri Eleusini all'LSD*. Milano: Springer.
- Harlander, D., Miljavac, B., 2013: Ocena tveganja za zdravje ljudi v Beli krajini zaradi uživanja s polikloriranimi bifenili onesaženih doma pridelanih živil (jajca, mleko, kokoši) ter rib iz rek Krpe in Labinje. E-NBOZ, 3 (2): 7–15.
- Ivartnik, M., Pavlič, H., Hudopisk, N., 2016: *Vsebnost svineca v krvi otrok na območju Zgornje Mežiške doline*. Ljubljana: ARSO.
- Jan, J., Vrbič, V., 2000: *Polychlorinated biphenyls cause developmental enamel defects in children*. Caries Research, 34: 469–473.
- Johann Zacherl. Wikipedia (internet), 2022. Dosegljivo na: https://en.wikipedia.org/wiki/Johann_Zacherl. (Citirano 17. 2. 2023.)
- Joint FAO/WHO Expert Meeting on Tropane Alkaloids, 2020. Rim: FAO/WHO.
- Kobal, A. B., 1975: *Profesionalna ekspozicija anorganskemu živemu srebru in spremembe v serumskih proteinih*. Magistrsko delo. Zagreb.
- Kobal, A. B., in sod., 2017: *Exposure to mercury in susceptible population groups living in the former mercury mining town of Idrija, Slovenia*. Environmental Research, 152: 434–45.
- Krejčič, F., 1999: Toksikologija. V: *Enciklopedija Slovenije*. Zv. 13. Ljubljana: Mladinska knjiga, 269–270.
- Krimsky, S., 2017: *The unsteady state and inertia of chemical regulation under the US Toxic Substances Control Act*. PLoS Biology, 15 (12): e2002404.
- Mathieu Joseph Bonaventure Orfila (1787–1853). *Visible Proofs – Forensic Views of the body* (internet), 2014. Dosegljivo na: <https://www.nlm.nih.gov/visibleproofs/galleries/biographies/orfila.html>. (Citirano 12. 8. 2021.)
- Milčinski, L., 1978: *Droge in čarovništvo*. Proteus, 41 (2): 88–92.
- Perbarič, L., 2012: *Ocena tveganja dejavnikov iz okolja na Inštitutu za varovanje zdravja*. Isis, 21 (1): 25–28.
- Perbarič, L., 2013: *Vsebnost dioksinov v materinem mleku*. Ljubljana: ARSO.
- Perbarič, L., 2018: *Kemični motilci endokrinega sistema*. Isis, 27 (5): 35–41.
- Perbarič, L., in sod., 2018: *Risk assessment for children health from environmental exposure to inorganic arsenic*. European Journal of Public Health, 28 (Suppl. 4): 109.
- Perbarič, L., 2022: *Curriculum vitae*. Osební arhiv.
- Perbarič, L., 2023: *O toksikologiji* [internet]. Slovensko toksikološko društvo. Dosegljivo na: <https://www.tox.si/sl/o-toksikologiji/>. (1. 2. 2023.)
- Pintar, I., 1954: *Johannes Antonius Scopoli in njegovo prizadevanje za obrtno higieno*. Arhiv za higijeno rada i toksikologiju, 5 (3–4): 309–320. Glej tudi: Petkovšek, V., 1977: *J. A. Scopoli, njegovo življenje in delo v slovenskem prostoru*. Razprave, XX (2). Ljubljana: SAZU.
- Pollak, P., Perbarič, L., ur., 2017: *Navodila za izdelavo ocene tveganja za zdravje ljudi zaradi izpostavljenosti kemijskim in mikrobiološkim dejavnikom iz okolja z izbranimi poglavji in praktičnimi primeri*. I. del. Ljubljana: NIJZ.
- Scientific Opinion on Tropane alkaloids in food and feed. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). 2013. EFSA Journal, 11 (10): 3386.
- Timbrell, J., 2008: *Paradoks strupa: kemikalije kot prijatelji in sovražniki*. Ljubljana: IVZ RS.
- Timbrell, J., 2008: *Strupi – stara večina nova znanost*. V: Timbrell, J., ur.: *Kemikalije kot prijatelji in sovražniki*. Ljubljana: IVZ RS, 1–10.
- Timbrell, J., 2008: *Zdravila in mamila – varnih zdravil ni, so samo varni načini uporabe*. V: Timbrell, J., ur.: *Paradoks strupa: kemikalije kot prijatelji in sovražniki*. Ljubljana: IVZ RS, 49–90.
- Zupanič Slavec, Z., 2005: *Razvoj javnega zdravstva na Slovenskem med prvo in drugo svetovno vojno in njegov utemeljitelj dr. Ivo Pirc (1981–1967)*. Ljubljana: Inštitut za varovanje zdravja RS.
- Zupanič Slavec, Z., 2013: *Strupi in toksini skozi čas*. Gea, 23: 24–35.
- Zupanič Slavec, Z., Slavec, K., 2008: *J. A. Scopoli – zdravnik idrijskih rudarjev*. Idrijski razgledi, 53 (1/2): 31–34.

Semenske banke – oblika varovanja rastlinskih vrst

Blanka Ravnjak, Jože Barvon

Človek je v vseh obdobjih svojega razvoja prenašal semena. Sprva seveda nevede, ko so se mu prijala na kožo ali oblačila. Z začetki poljedelstva pa sta vrednost semen in njihova izmenjava postajali vse bolj pomembni. Pri shranjevanju in izmenjavi rastlinskih semen imajo v novem veku pomembno vlogo botanični vrtovi, ki so nastali zaradi potreb študija medicine in šele pozneje botanike.

V šestnajstem stoletju so v okviru evropskih univerz nastali prvi botanični vrtovi, in sicer kot njihovi sestavni deli. Prvi je nastal v Pisi leta 1543, nato v Padovi (leta 1545), Leipzigu (leta 1580), Leidnu (leta 1590), Montpellieru (leta 1593), Oxfordu (leta 1621) in tako naprej. Pri vzgoji rastlinskih vrst za njihovo zasajanje sta bili ključnega pomena vsakoletno zbiranje in shranjevanje semen, najprej le za lastno potrebo, a kmalu tudi za izmenjavo med vrtovi. Sprva je šlo le za vljudnostno izmenjavo ob obiskih vodij vrtov, ki je z leti prerasla v uradno izmenjavo. Za potrebe sistematičnega zbiranja rastlinskih semen, pravilnega skladiščenja in njihovega popisovanja so pričele nastajati tako imenovane semenske banke. Semenska banka rastlinskih vrst varuje rastlinske vrste in njihovo pestrost *ex situ* (na nadomestnem rastišču). Semenska banka dodatno varuje rastline in deluje kot varovalka varstva rastlin *in situ* (na naravnem rastišču). Pomen semenskih bank vključuje tudi Konvencija o biološki raznovrstnosti (sprejeta je bila v Nairobiu 22. maja leta 1992). Za podpise so jo predstavili na Konferenci Združenih narodov za okolje in razvoj (UNCED) v Rio de Janeiru 5. junija leta 1992. V veljavo je stopila 29. decembra leta 1993. Slovenija je konvencijo ratificirala leta 1996. Globalna strategija ohranjanja rastlinskih vrst (GSPC) je eden izmed izvedbenih delov. Vključuje tudi pomen semenskih bank. Točka 8 Globalne strategije govori o ohr-

njanju rastlinskih vrst na nadomestnih rastiščih: vsaj petinsedemdeset odstotkov ogroženih rastlinskih vrst naj bo v zbirkah *ex situ*, po možnosti v državi izvora, vsaj dvajset odstotkov pa naj jih bo na voljo za programe okrevanja in obnovitve. Botanični vrtovi so v današnjem času glavne ustanove, ki se ukvarjajo z varovanjem rastlin tako na nadomestnih kot naravnih rastiščih. Semena, shranjena v njihovih semenskih bankah, naj bi tako služila kot rezerva za potrebe reintrodukcije (ponovne naselitve) rastlinskih vrst ob morebitnem zmanjšanju ali celo izginotju naravnih populacij.

Iz Kranjske so rastlinska semena in rastline potovale v različne evropske dežele že zgodaj. Slavni Linné je dobival semena od Giovannija Antonia Scopolija, ki je deloval v Idriji v letih od 1754 do 1769 kot prvi nameščeni zdravnik idrijskih rudarjev in je med drugim raziskoval floro Kranjske. Scopoli (1723-1788) si je v letih od 1760 do 1775 za tedanje čase dokaj intenzivno dopisoval s slavnim švedskim botanikom Carlom Linnéjem (1707-1778). (Pisma je obdelala in prevedla dr. Darinka Soban - 1995, 2004 - ter izdalo Prirodoslovno društvo Slovenije.) Scopoli mu je poslal semena še neopisane vrste, kasneje imenovane *Scopolia carniolica*. Jezuit Franc Xaver Wulfen, ki je deloval v Gorici leta 1755 in leta 1761 in od leta 1762 do leta 1763 v Ljubljani, je sodeloval s Scopolijem. Prav Wulfen je kot botanični mentor Scopolijevo znanje prenašal tudi na Hla-

dnika, kasnejšega ustanovitelja botaničnega vrta – Vrta domovinske flore v Ljubljani (vrt je bil ustanovljen leta 1810). Hladnik je na liceju poučeval botaniko in nato postal tudi prvi docent za botaniko na Visokih šolah. Prvi vrt je imel že na območju današnje tržnice. S prihodom francoske oblasti leta 1809 pa je dobil novo zemljišče ob Ižanski cesti. Hladnik je začel z intenzivnim zbiranjem rastlin za nov vrt. Hkrati pa je semena, nabrana v ljubljanskem Botaničnem vrtu

in na svojih ekskurzijah po deželi Kranjski, pošiljal različnim vrtovom po Evropi, največ na Dunaj botaniku in cesarskem zdravniku Tomažu Nikolaju Hostu. Takrat niso vsi vrtovi tako intenzivno izmenjevali semena. A Hladnik je bil zelo odvisen prav od tovrstne izmenjave. Če je v izmenjavo ponudil zanimive rastlinske vrste, je tudi sam prav tako prejel zelo zanimive in njemu nedostopne vrste za zbirko. Zbirka in védenje o rastlinah sta v Ljubljani zelo hitro napredovala.

S Hladnikovo tradicijo je nadaljeval slovaški zdravnik Ivan Nepomuk Biatzóvszky (1801–1863). Škoda je le v tem, da je prehitro odšel iz Ljubljane, saj je že po letu 1850, ko se je preselil v Salzburg, izdal leta 1857 prvi natisnjeni seznam semen *Index seminum*. Vendar je kljub temu tradicijo izmenjave semen v ljubljanskem botaničnem vrtu nadaljeval Andrej Fleischmann (1804–1867). Še kot vrtnar v času Hladnikovega vodenja vrta je zbiral semena za botanični vrt. O tem obstajajo tudi zapisi, ko je Welden pozval Hladnika, če bi mu lahko njegov vrtnar priskrbel semena nekaterih rastlinskih vrst. Vrt domovinske flore je bil tako od samih začetkov zelo sodoben, če lahko temu tako rečemo, saj je vedno zbiral tudi redke in ogrožene rastlinske vrste in jih potem pošiljal drugim vrtovom po Evropi.



Ena izmed najstarejših omar, kjer so shranjena semena rastlin za vsakoletno izmenjavo.

Foto: Jože Bavcon.



Desiderata for the Royal Botanic Garden
Edinburgh marked *

J. 247
J. 20/2 90

INDEX SEMINUM

IN

HORTO BOTANICO C. R. LABACENSI

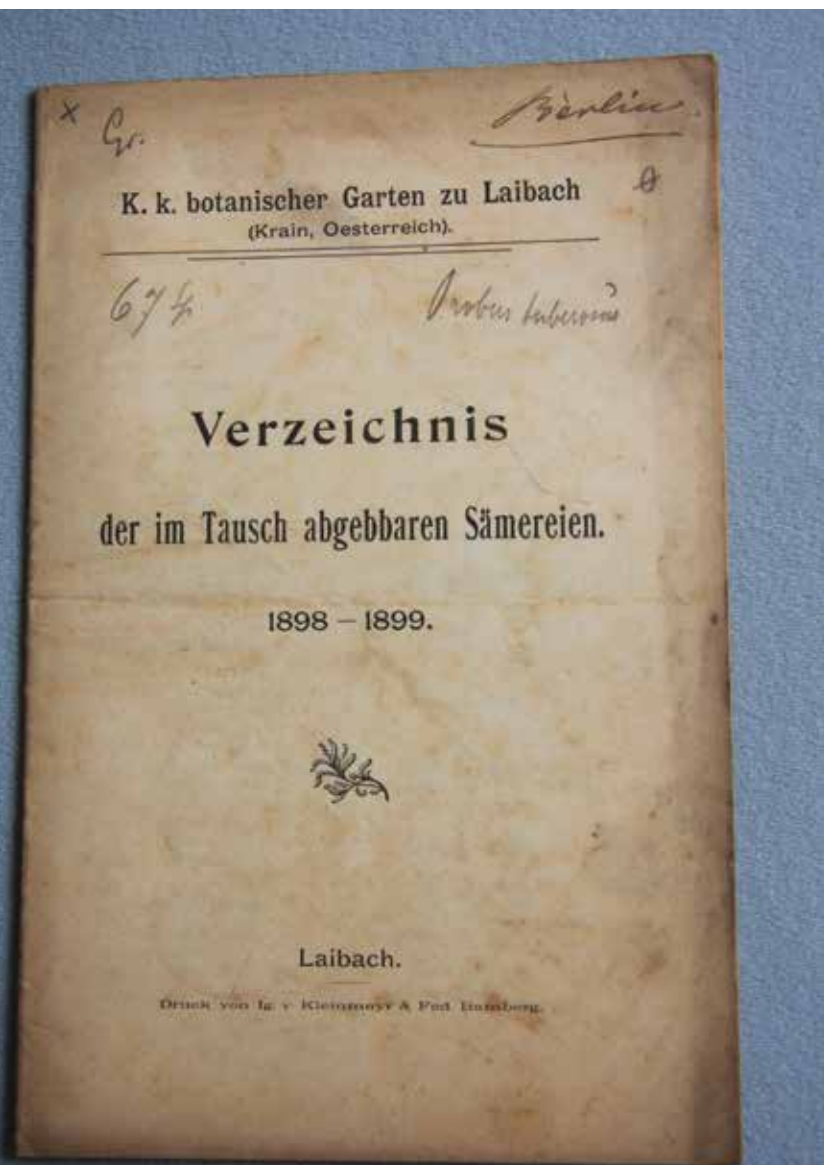
ANNO 1889 COLLECTORUM.

I. Cryptogamae.	<i>Juniperus communis</i> L. — <i>virginiana</i> L.	<i>Carex</i> <i>horridula</i> Willd. — <i>lasiocarpa</i> L.	<i>Bromus commutatus</i> Schrad. — <i>terrestris</i> Huds.
Filices.	<i>Lacina europaea</i> DC. <i>Pilea Genivra</i> L.	— <i>maxima</i> Desimp. — <i>nervosa</i> L.	— <i>sigillata</i> L. — <i>inermis</i> L.
<i>Aspidium latifolium</i> Sw. — <i>lanceolatum</i> Sw.	— <i>Lacina Poir.</i> var. <i>argyræa</i> Host. — <i>montana</i> Mill. var. <i>Maghts</i> Desimp.	— <i>Oederi</i> Ehrh. — <i>palustris</i> L.	— <i>monticola</i> L. — <i>ovata</i> L.
<i>Asplenium Adiantum vulgatum</i> L. — <i>Breton</i> Kütz.	— <i>strobilata</i> L. — <i>strobilata</i> L.	— <i>penicillata</i> L. — <i>parvifolia</i> Willd.	— <i>potulus</i> Mert. Koch. — <i>racemosa</i> L.
— <i>septentrionale</i> Hoffm. — <i>Trochilanthus</i> L.	— <i>strobilata</i> L. — <i>strobilata</i> L.	— <i>vulpina</i> L. — <i>glaucostoma</i> L.	— <i>scutellata</i> L. — <i>strobilata</i> L.
<i>Adiantum Filix femina</i> L. Willd. — <i>charitabile</i> L.	<i>Thaps occidentalis</i> L.	<i>Cyperus flavescens</i> L. — <i>glaucostoma</i> L.	— <i>umbrosum</i> L. — <i>umbrosum</i> L.
<i>Rhizanthus Spicatum</i> Rich. — <i>Catantia officinarum</i> Benth.	III. Monocotyleae.	<i>Rhyncholopha alta</i> Vahl. — <i>Scirpus rivularis</i> L.	<i>Calamagrostis canadensis</i> DC. — <i>Chloris barbatula</i> Desimp.
<i>Cystopteris alpinus</i> L. — <i>fragilis</i> Berch.	Alismaceae.	Dioscoreae.	— <i>Cyperus aculeatus</i> Ait. — <i>schweinfurthii</i> Lam.
<i>Phlegmaria Dryopteris</i> Fie. — <i>polytrichoides</i> Fie.	<i>Alisma Plantago</i> L. — <i>hagittaria sagittifolia</i> L.	<i>Tamus communis</i> L.	<i>Cyperus cristatus</i> L. — <i>Dactylis glomerata</i> L.
<i>Polypodium vulgare</i> L. — <i>polypodioides</i> Fie.	Amaryllidaceae.	Gramineae.	<i>Dactylis glomerata</i> L. — <i>seguetaria</i> Nees
<i>Polytrichum strictum</i> Kütz. — <i>Filix mas</i> Rich.	<i>Galanthus nivalis</i> L. — <i>Lewiniana aestivum</i> L.	— <i>Agropyron acutum</i> R. et Sch. — <i>caespitum</i> R. et Sch.	<i>Echinochloa Crux galli</i> P. B. — <i>Elymus arenarius</i> L.
— <i>montanum</i> Rich. — <i>spinosum</i> DC.	— <i>versum</i> L. — <i>Saxifraga portulaca</i> L.	— <i>junceum</i> R. et Sch. — <i>repens</i> P. B.	— <i>canadensis</i> L. — <i>europaea</i> L.
<i>Poa alpina</i> L. — <i>Scirpus cespitosus</i> L.	— <i>p. pl.</i> — <i>Pseudocrocus</i> L.	<i>Agrostis canina</i> L. — <i>vulgaris</i> Willd.	— <i>hyemalis</i> L. — <i>Eragrostis agrostis</i> Nees
<i>Scirpus cespitosus</i> L. — <i>Scirpus cespitosus</i> W.	— <i>Pseudocrocus</i> L.	— <i>Beauvoisii</i> L. — <i>Agrostis agrostis</i> L.	— <i>elegantis</i> Nees. — <i>glauca</i> P. B.
Lycopodiaceae.	Araceae.	— <i>pratincola</i> L. — <i>Andropogon Ischaemum</i> L.	<i>Echinochloa ciliolata</i> Led. — <i>Festuca alpina</i> Desimp.
<i>Lycopodium complanatum</i> L.	<i>Arisaema</i> <i>Callitriche</i> L.	— <i>Andropogon Ischaemum</i> L.	— <i>arvensis</i> Schrad.
Chamaedryaceae.	<i>Arisaema</i> <i>Callitriche</i> L.	— <i>Andropogon Ischaemum</i> L.	— <i>arvensis</i> Schrad.
— <i>classica</i> L.	<i>Callitriche</i> L.	— <i>Andropogon Ischaemum</i> L.	— <i>arvensis</i> Schrad.
— <i>complanatum</i> L.	Cannaceae.	— <i>Andropogon Ischaemum</i> L.	— <i>arvensis</i> Schrad.
— <i>montanum</i> L.	<i>Canna indica</i> L.	— <i>Andropogon Ischaemum</i> L.	— <i>arvensis</i> Schrad.
— <i>solap</i> L.	Commelinaceae.	— <i>Andropogon Ischaemum</i> L.	— <i>arvensis</i> Schrad.
<i>Sedum album</i> L.	<i>Tradescantia virginica</i> L.	— <i>Andropogon Ischaemum</i> L.	— <i>arvensis</i> Schrad.
II. Gymnospermae.	Cyperaceae.	— <i>Andropogon Ischaemum</i> L.	— <i>arvensis</i> Schrad.
Coniferae.	<i>Cyperus</i> <i>flavescens</i> L.	— <i>Andropogon Ischaemum</i> L.	— <i>arvensis</i> Schrad.
<i>Abies balsamea</i> (Mill.) B.S.	<i>Cyperus</i> <i>flavescens</i> L.	— <i>Andropogon Ischaemum</i> L.	— <i>arvensis</i> Schrad.
— <i>concolor</i> DC.	<i>Cyperus</i> <i>flavescens</i> L.	— <i>Andropogon Ischaemum</i> L.	— <i>arvensis</i> Schrad.
— <i>pectinata</i> DC.	<i>Cyperus</i> <i>flavescens</i> L.	— <i>Andropogon Ischaemum</i> L.	— <i>arvensis</i> Schrad.
— <i>pectinata</i> DC.	<i>Cyperus</i> <i>flavescens</i> L.	— <i>Andropogon Ischaemum</i> L.	— <i>arvensis</i> Schrad.
— <i>pectinata</i> DC.	<i>Cyperus</i> <i>flavescens</i> L.	— <i>Andropogon Ischaemum</i> L.	— <i>arvensis</i> Schrad.
— <i>pectinata</i> DC.	<i>Cyperus</i> <i>flavescens</i> L.	— <i>Andropogon Ischaemum</i> L.	— <i>arvensis</i> Schrad.

Prav zbiranje semen redkih in ogroženih rastlinskih vrst je sedaj ena izmed glavnih nalog botaničnih vrtov. So se pa torej že nekoč zavedali pomena ohranjanja naših naravnih vrst. Prav ohranjanje lastne flore je danes naloga vseh nacionalnih botaničnih vrtov, tudi Botaničnega vrta Univerze v Ljubljani. Nekoč je izmenjava rastlin in semen med vrtovi večinoma potekala s pisnimi stiki, ki so jih imeli Hladnik, Biatzówsky in Fleischmann z botaniki v srednji Evropi. Vod-

ja vrta Alfonz Paulin je januarja leta 1889 pri nas izdal prvi natisnjeni seznam semen *Index seminum*, v njem so zbrana imena rastlin, katerih semena so bila nabrana v letu 1888: *Index seminum in horto botanico c. r. Labacensi anno 1888 collectorum*. Gre za znanstveno publikacijo, ki je tedaj vsebovala devetsto devet vrst, razporejenih po abecednem seznamu znanstvenih imen. Seznam so tedaj poslali tridesetim, kasneje pa osemindesetim vrtovom po Evropi.

V botaničnem vrtu še sedaj hranimo sezname semen vrtov, ki so tedaj naročili semena iz Ljubljane. Med njimi so danes zelo znameniti vrtovi iz evropskih prestolnic ali drugih pomembnih središč, kot na primer Kraljevi botanični vrtovi Kew v Londonu, Kraljevi botanični vrt v Edinburghu ter botanični vrtovi v Amsterdamu, Berlinu, Parizu, Uppsali in drugod. *Index seminum* je z leti spreminjal zunanjo podobo. Že leta 1892 je latinski naslov zamenjal nemški. Kasneje je spremenil obliko in postal manjša siva knjižica z nemškim napisom *Verzeichnis*.



Seznam semen, nabranih v letih 1898 in 1899 z naročili iz Berlina.

Z razpadom Avstro-Ogrske je format ostal enak, vendar se je prvič pojavil slovenski napis Botanični vrt Univerze v Ljubljani. Zopet pa se je uveljavilo latinsko ime za publikacijo – *Index seminum*. Leta 1929 je najprej naveden napis v francoščini (Jardin Botanique de l'Université de Ljubljana), sledi pa slovenski ob prav tako latinskem imenu publikacije. Ne glede na obliko in napis na naslovnici je z vsakim letom vsebina naraščala in dosegla že dvajset ali več strani, pa čeprav manjšega formata. Znanstvena publikacija *Index seminum* tako izhaja že 135 let, od leta 1998 tudi v elektronski obliki ter od leta 2009 v razširjeni knjižni obliki z različnimi prispevki, ki so vezani na avtohtono floro. Od leta 2013 izhaja izključno le kot elektronska knjiga, ki je prosto dostopna.

Vedno je dvojezična (slovensko-angleška) in tako dostopna najširši javnosti. Od leta 2009 je naš seznam semen tudi v skupnem indeksu Evropskega konzorcija botaničnih vrtov, kar pomeni, da sedaj vsebina ni dosegljiva le nekdanjim tristo vrtovom, s katerimi je vrt dolga leta izmenjeval semena, ampak kar vsem, več kot tri tisoč sedemsto vrtovom po vsem svetu. Izdajanje publikacije *Index seminum* torej potrjuje, da je Botanični vrt Univerze v Ljubljani že od samih začetkov zbiral semena rastlinskih vrst, jih shranjeval v semenski banki in jih izmenjeval z drugimi botaničnimi vrtovi. Kot rezultat dolgoletne tradicije ima danes največjo semensko banko avtohtonih rastlinskih vrst v Sloveniji in eno izmed večjih v srednjeevropskem prostoru. Botanični vrt ima bogato arhivsko gradivo

Nabiranje semen v naravi. Foto: Jože Bavcon.



publikacij *Index seminum*, kar je redkost v Evropi. Od sedemindvajset držav Evropske unije, članic Konzorcija botaničnih vrtov, imajo tovrstne arhivske dokumente ohranjene le še v Parizu in Meisu. Z današnjega gledišča so takšni arhivi zelo pomembni, saj omogočajo sledljivost rastlinskega materiala po botaničnih vrtovih. Sledimo lahko, katere vrste so na primer leta 1889 naročili sloviti Kraljevi botanični vrtovi Kew v Londonu ali pa Kraljevi botanični vrt v Edinburghu in botanični vrt v Uppsali ter kaj smo mi naročili pri njih.

Vsa semena rastlinskih vrst, nabrana tako v botaničnem vrtu kot na naravnih rastiščih,

Botanični vrt Univerze v Ljubljani skladišči v suhi in trajni semenski banki. Pri nabiranju semen je potrebno veliko strokovnega znanja, saj so rastline v semenečem stanju lahko videti precej drugačne in so zaradi tega posamezne vrste težje prepoznavne. Najbolje je torej, da posamezne življenjske prostore obiščemo večkrat letno in sproti pobiramo dozorela semena. Vsa nabrana semena se nato sušijo in posušena sčistijo do te mere, da se zmanjša njihova velikost (volumen). V suhem delu semenske banke so semena shranjena v papirnatih vrečkah in skladiščena v lesenih omarah v dovolj suhem prostoru. V suhi semenski banki so

skladiščena predvsem semena rastlin, ki rastejo v botaničnem vrtu in so namenjena izmenjavi med botaničnimi vrtovi. Semena avtohtonih rastlinskih vrst, rastočih na naravnih rastiščih, pa so skladiščena v zamrzovalnih skrinjah pri -20 stopinjah Celzija, v tako imenovani trajni semenski banki.

Semena posamezne rastlinske vrste so shranjena v stekleničkah z dodatkom silikagela, ki preprečuje njihovo navlažitev. Vsaka steklenička je opremljena z etiketo, na kateri so poleg imena rastlinske vrste še podatki, kdaj in v katerem habitatnem tipu so bila semena nabrana, ter natančne koordinate rastišča. Semena več kot devetsto vrst iz narave se nahajajo v trajni semenski banki, kar pomeni več kot šestindvajset odstotkov naše flore.



Ena izmed hladilnih omar (temperatura v njih je -20 stopinj Celzija), kjer so shranjena semena, nabrana v naravi.

Foto: Blanka Ravnjak.

V suhi semenski banki pa so shranjena semena več kot 3.500 vrst tako iz narave kot iz vrta. Vseh enot v trajni semenki banki je 1.680, v suhi pa 16.837, skupaj torej 18.517, kar samo semensko banko uvršča v sam vrh semenskih bank botaničnih vrtov v Evropi. Zaradi svoje velikosti in kakovosti je bila semenska banka Botaničnega vrta Univerze v Ljubljani leta 2016 na svetovnem kongresu v Ženevi uvrščena v evropsko mrežo semenskih bank (natančneje, Evropsko mrežo za ohranjanje avtohtonih semen, ENSCOT-NET). V mrežo je vključenih le osemnajst držav in Slovenijo predstavlja Botanični vrt Univerze v Ljubljani. Ostali člani omenjene mreže imajo skupaj le nekaj več kot 36.000 enot.

S hrambo semen šestindvajset odstotkov naše flore smo že dosegli točko 8 Globalne strategije ohranjanja rastlinskih vrst, ki pravi, da mora vsaka država do leta 2020 v svojih semenskih bankah imeti shranjena

semena vsaj dvajset odstotkov svojih rastlinskih vrst.

Pomembno je namreč, da semena rastlinskih vrst, rastočih na določenem ozemlju oziroma državi, zbirajo tamkajšnje za to delo usposobljene ustanove – navadno prav botanični vrtovi –, saj lokalni strokovnjaki najbolje poznajo tamkajšnjo floro in življenjske prostore, v katerih rastejo specifične rastlinske vrste, hkrati pa seveda najbolje poznajo tudi stopnjo ogroženosti posameznih rastlinskih vrst. V evropski mreži semenskih bank skrbniki semenskih bank izmenjujejo semena rastlinskih vrst, ki imajo posebno botanično vrednost, in na ta način prispevamo k njihovemu varovanju in ponovni naselitvi. Za ponovno naselitev vrste na določeno območje vedno najprej uporabijo semena, ki so bila nabrana na tem območju. Osebkite vrste so bili na to okolje najbolj prilagojeni in je to zapisano v genetskem materialu, ki ga vsebuje seme. S tem je tudi verjetnost

V trajni semenski banki v zamrzovalnikih so shranjena semena že približno šestindvajset odstotkov naše flore iz narave z znanim izvorom. Foto: Blanka Ravnjak.



uspešne ponovne naselitve večja. Šele takrat, ko semen določene vrste iz tega okolja ni več, pa semena te vrste prispevajo semenske banke drugih botaničnih vrtov. S tem, ko je genetski material rastlinske vrste (v obliki semen), rastoče na določenem rastišču, razpršen po različnih semenskih bankah, ga je po potrebi mogoče ponovno vrniti v izvirno okolje.

V naši trajni semenski banki so tako prednostno shranjena semena naših ogroženih vrst, endemitov, vrst s klasičnim nahajališčem na območju Slovenije ali kako drugače pomembnih vrst. V naravi vsako leto nabereмо semena sto petdeset do več kot dvesto rastlinskih vrst, v rastlinski zbirki botaničnega vrta pa semena od tristo petdeset do štiristo rastlinskih vrst. Od leta 1967 so v vsakoletni seznam semen vključena tudi semena, ki

jih vsako leto nabere v alpskem botaničnem vrtu Juliana tamkajšnje osebje.

Botanični vrt Univerze v Ljubljani letno izmenja semena z več kot sto dvajsetimi botaničnimi vrtovi v svetu, kamor pošlje od tisoč dvesto do dva tisoč zavojčkov različnih semen za raziskave, predstavitve flore Slovenije in v pedagoške namene. Posamezni botanični vrtovi povprečno naročijo semena od pet do največ petindvajset rastlinskih vrst, kar je zgornja dovoljena meja za naročilo. Botanični vrt Univerze v Ljubljani se vključuje tudi v mednarodna prizadevanja za ohranjanje rastlinskih vrst v obliki semenskih bank. Sodeloval je v projektu Tisočletne semenske banke v Kraljevih botaničnih vrtovih Kew, ki ima pomembno vlogo pri strategiji Globalne strategije ohranjanja rastlinskih vrst (www.kew.org). Botanični vrt

V Botaničnem vrtu Univerze v Ljubljani vsako leto nabereмо več kot tisoč dvesto vrst semen iz narave in vrta. Slika kaže sušenje semen preko poletja. Foto: Jože Bavcon.



se je v ta projekt vključil leta 2013. Nabrali smo semena sto naših redkih in ogroženih rastlinskih vrst in od vsake vrste pet tisoč semen poslali v Tisočletno semensko banko. Iz iste serije nabranih semen pa smo vzorce shranili tudi v naši trajni semenski banki. Tako so ta semena kar dvakrat zavarovana. S Tisočletno semensko banko smo v trajnih stikih in lansko leto smo jo zopet obiskali ter sprejeli njihovo pobudo, da bi postali povezava s semenskimi bankami na Balkanu. Podobno smo leta 2018 sodelovali tudi s semensko banko Kraljevega botaničnega vrta v Edinburghu. S kolegi iz omenjenega botaničnega vrta smo skupaj nabrali semena več kot sto šestdeset avtohtonih slovenskih rastlinskih vrst. Na ta način bo slovenska flora predstavljena tudi v Kraljevem botaničnem vrtu v Edinburghu. Poleg semen rastlinskih vrst pa si v Botaničnem vrtu Univerze v Ljubljani prizadevamo tudi za shranjevanje senenega drobirja z različnih tipov travnikov, drugače povedano, prizadevamo si shranjevati naravne mešanice vrst določenega življenjskega prostora. Tako varujemo tudi naravno raznolikost življenjskih prostorov. V ta namen ima Botanični vrt Univerze v Ljubljani v Rojah za Savo že od leta 2000 najeti travnik s površino dveh hektarov. Gre za sušni travnik, na katerem je bilo do sedaj evidentiranih sto dvainšestdeset različnih rastlinskih vrst. Na travniku izvajamo varovanje rastlinskih vrst na naravnem rastišču ter nabiramo semena posameznih vrst in seneni drobir. Kosimo le enkrat letno, in to šele takrat, ko večina rastlin odcveti in semeni. Semena padejo na tla in v tleh se tvori naravna semenska banka. Nekaj kvadratnih metrov pokošene rastlinskega materiala pa na soncu posušimo in ta seneni drobir nato v celoti shranimo. Seneni drobir vsebuje mešanico semen z omenjenega travnika in je primeren za ozelenitev večjih površin oziroma za njihovo renaturacijo. Da je Botanični vrt Univerze v Ljubljani res že nekoč bil izvor redkih in ogroženih vrst, potrjuje izmenjava semen Fleischmannovega

rebrinca (*Pastinaca sativa* var. *fleischmanni*), mutanta navadnega rebrinca, ki se v vrtu na nadomestnem rastišču ohranja že skoraj dvesto let. Gre za rastlino, ki so jo našli na griču Ljubljanskega gradu in je od tam izginila okrog leta 1850. Ohranila se je le na nadomestnem rastišču v Botaničnem vrtu Univerze v Ljubljani. Kako pomemben je bil že takrat naš vrt, kaže preprosto dejstvo, da so to rastlino po nekaj letih v svoj seznam semen za izmenjavo vključili kar mnogi poznani vrtovi v Evropi, ki so semena dobili prav iz botaničnega vrta v Ljubljani. Izmenjava in gojenje vrste sta bila torej v vrtni kulturi zelo uspešna. Semena Fleischmannovega rebrinca še danes vsako leto skrbno nabereмо in jih shranimo v trajni semenski banki. Kaljivost semen preverjamo tudi s testi kaljivosti. Ohranjanje tako majhne populacije mutanta na nadomestnem rastišču zahteva veliko pozornosti in ustrezno vrtnarsko nego, da rastlina obstane. Da bi povečali njeno možnost za nadaljnje preživetje, smo rastlino iz botaničnega vrta v letu 2011 znova naselili na Grajski grič v Ljubljani. Podobno že od samih začetkov vrta v njem še danes rastejo potomci rumene različice kranjskega volčiča, imenovane Hladnikov volčič (*Scopolia carniolica* f. *hladnikiana*), ki sta ga Biatzóvszky in Flesichmann opisala Hladniku v čast. Hladnik ga je namreč našel v okolici Turjaka. Hladnikov volčič raste samo v Sloveniji in je naš endemit. Vsako leto na njenem naravnem rastišču nabereмо tudi semena hladnikovke (*Hladnikia pastinacifolia*), ki prav tako nosi ime po ustanovitelju vrta Francu Hladniku. Najdena je bila na Čavnu in gre za edini rodovni slovenski endemit. Ima zelo ozko razširjenost, in sicer le na obronkih Trnovskega gozda. V botaničnem vrtu posebno pozornost namenjamo še enemu endemitu, kranjskemu jegliču (*Primula carniolica*), in njegovemu križancu z avrikljem (*Primula auricula*), idrijskemu jegliču (*Primula x venusta*). Hostu, ki ga je tudi opisal, ga je Dunajskemu botaničnemu vrtu poslal prav Franc

Hladnik. Kranjski jeglič naravno raste le v delu Notranjske, na Primorskem in na enem samem rastišču na Gorenjskem. Obsega zahodni predalpski svet in severno obrobje Dinarskega gorstva. Zanimivo je, da je ta endemit našel že Scopoli, a ga je napačno opisal. Kot kranjski jeglič (*Primula carniolica*) ga je leta 1778 opisal dunajski botanik Nikolaus Joseph von Jacquin. Čeprav je Scopoli poročal, da ta jeglič raste v okolici Divjega jezera pri Idriji, kjer ga je moč videti še danes, je Jacquin zapisal, da raste v kranjskih Alpah. Botanični vrt redno spremlja stabilnost naravnih populacij kranjskega jegliča in njegova semena, prav tako njegova semena shranjuje v semenski banki. Enako bdi tudi nad njegovim križancem idrijskim jegličem, ki raste v okolici Idrije, tam, kjer se stikata populaciji kranjskega jegliča in avriklja. Njegova semena so navadno slabo razvita in sterilna. Skoraj sto let so raziskovali kaljivost njegovih semen in vedno se je potrdila sterilnost. Šele leta 2007 pa so v našem botaničnem vrtu prvič iz semena vzkalile tudi rastline idrijskega jegliča. Včasih tudi izjeme potrjujejo pravilo in prav zaradi tega v naši semenski banki kljub predpostavljeni sterilnosti shranjujemo tudi semena idrijskega jegliča. V naravi populacija idrijskega jegliča ostaja predvsem zaradi vsakokratnega križanja obeh vrst in vegetativnega razmnoževanja.

V kolikor posamezna država nima svoje lastne semenske banke avtohtonih rastlinskih vrst, se seveda pokaže nujnost meddržavnega sodelovanja med skrbnicami semenskih bank. Tovrsten projekt je že konec sedemdesetih let prejšnjega stoletja izvedel Botanični vrt Univerze v Ljubljani. V svoji semenski banki je hranil semena velebitske degenije (*Degenia velebitica*). Iz semen je vzgojil njene sadike in takrat imel največjo populacijo omenjene vrste, ki je bila namenjena za ponovno naselitev na naravno nahajališče. Ponovna naselitev vrste je bila uspešna in sedaj je skrb zanjo prevzel Botanični vrt v Zagrebu. Iz naše semenske

banke smo prispevali tudi semena rdeče naglavke (*Cephalanthera rubra*) za program njene ponovne naselitve v Angliji, ki jo izvajajo Kraljevi botanični vrtovi Kew v Londonu. Po njihovih podatkih so uspešno kalila le naša semena. V prispevku je orisanih le nekaj primerov pomena semenskih bank avtohtonih rastlinskih vrst pri ohranjanju narave. Seveda jih je še mnogo več, ki so se zvrstili v skorajšni dvestoštirinajstletni tradiciji Botaničnega vrta Univerze v Ljubljani. Prav zaradi znanja, izkušenj in uspehov pri varovanju vrst je botaničnemu vrtu Botanic Garden Conservation International izdal certifikat Strokovnjaka za ohranjanje narave. Za svoje delovanje na področju varovanja rastlinskih vrst pa nam je ista organizacija podelila tudi nagrado Marsh.

Odkrivanje herpesvirusov pri divjih pticah v Sloveniji

Tomaž Granda

Virusi so zelo majhni patogeni, ki zaradi odsotnosti organelov parazitirajo v živih celicah in se v njih tudi razmnožujejo. Okužijo lahko vse vrste živih celic gliv, živali, rastlin, arhej in drugih. Medtem ko v zadnjih letih namenjamo pozornost (skoraj) samo skupini koronavirusov pri človeku, se v članku osredotočam na skupino herpesvirusov pri divjih pticah v Sloveniji. Tako kot pri človeku so tudi okužbe ptic z virusi pomembna tematika, tako z varstvenega kot znanstvenega vidika. Načeloma se virusi razmnožujejo v zdravih pticah, ki ne kažejo znakov bolezni. V stresnih razmerah pa se lahko iz njih razvijejo težke bolezni, ki povzročijo tudi pogin ptic.

Zgodovina

Viruse so znanstveniki začeli preučevati šele leta 1886, ko je Adolf Eduard Mayer niz podobnih nalezljivih bolezni tobaka poimenoval »Mosaikkrankheit des Tabakas«, kar v prevodu pomeni »mozaična bolezen tobaka«. V naslednjih letih so tudi ostali raziskovalci raziskovali to bolezen. Odkrili so, da je sok iz okuženih rastlin tobaka kužen tudi po finem filtriranju, ki zadrži bakterije. Kar pomeni, da bakterije ne prenašajo te bolezni. Zato so takšne snovi poimenovali »ultrafiltrabilne« oziroma nebakterijske snovi. Sčasoma se je izraz virus (v latinščini pomeni strup), ki se je prej uporabljal za kakršnega koli povzročitelja okužbe, začel uporabljati samo za žive delce, ki so kljub filtriranju prenašali bolezen. Tako se je beseda virus začela uporabljati tudi za živalske in človeške virusne bolezni. Prve objavljene fotografije virusnih delcev so nastale leta 1939 z elektronskim mikroskopom. Virusi na fotografijah pa so bili prav tisti, ki povzročajo tobačno mozaično bolezen.

Kako so virusi zgrajeni?

Raziskovanje strukture in zgradbe virusa je zelo zahteven in drag proces, predvsem zaradi njihove majhnosti. Virusi so vsaj stokrat manjši od bakterijskih celic, kar pomeni, da jih lahko opazimo zgolj z zelo specializira-

nimi in visoko tehnološkimi napravami.

Zgrajeni so iz proteinskega plašča, imenovanega kapsida, in notranjosti, ki je iz nukleinskih kislin. Nukleinske kisline predstavljajo dedni material virusa, pri čemer so lahko sestavljene v dvoverižne molekule DNA ali enoverižne molekule RNA. Zaradi odsotnosti organelov (saj je delec, ne celica) potrebuje za razmnoževanje žive gostiteljske celice. V dedni material gostiteljske celice vgradi virus svojo DNA ali RNA, kar omogoča njihovo razmnoževanje. Od tod posledično izvira tudi ovojnica iz fosfolipidnega dvosloja, ki jo imajo nekateri virusi kot posledico parazitiranja v celicah.

Kako zaznati virus pri pticah?

Začetna težava pri raziskovanju virusov je, da se nahajajo in razmnožujejo v notranjosti organizma. Raziskovalci morajo zato odvzeti brisne vzorce iz notranjega okolja posameznih osebkov. Ornitologi najpogosteje jemljejo žrelne (faringealne) in zadnjične (kloakalne) brise. V do sedaj opravljenih raziskavah v Sloveniji so ptice lovili z lovilnimi mrežami, ki jih nastavijo v koridorje, kjer ptice letijo. Da bi zmanjšali vpliv (predvsem stres) na zdrave ptice, so v Sloveniji raziskovalci uporabili živali, ki so bile bolne ali poškodovane. Ptice, ki so bile vzorčene v drugi slovenski raziskavi, so se zdravile v

Kliniki za ptice, male sesalce in plazilce. Da bi preprečili stres pri jemanju vzorcev, brise vzorce jemljemo pri že poginulih pticah. Brise kasneje pripravimo za obdelavo v laboratoriju, kjer delo prevzamejo mikrobiologi. Laboratorijske analize vzorcev so pokazale, da je lahko ptica okužena z virusom, vendar ga ne zaznamo na vseh vzorčnih mestih. Največ vzorcev, pozitivnih na herpesvirus, so ornitologi pridobili iz žrela. Takšni rezultati nam vzbudijo nadaljnji vprašanje: Zakaj se herpesvirus pojavlja samo na nekaterih delih telesa? In, ali je mogoče, da herpesvirusa nismo zaznali, čeprav je bila ptica z njim okužena?

Odgovor moramo iskati v ekoloških značilnostih različnih vrst virusov. Genetska pestrost omogoča prilagojenost na različna notranja okolja gostitelja. Ker je večina pozitivnih vzorcev bila vzeta iz žrela, lahko to nakazuje slabo razmnoževanje virusa v prebavnem traktu in v ledvicah. Tako je pov-

sem možno, da je ptica bila z virusom okužena, vendar okužbe nismo zaznali. Kljub temu smo nekatere okužbe zaznali samo v zadku, torej je mogoče, da se prebije skozi prebavila in ga lahko zaznamo v izločalih. Prikazani rezultati kažejo pomembnost jemanja brisov tako iz žrelnih predelov kot iz zadka, saj s tem povečamo možnost zaznavanja virusov nasploh. Z odkritjem novih sekvenc herpesvirusa pri divjih pticah se pojavlja vprašanje njegovih lastnosti in mest, kjer se razmnožuje.

Prenos virusa in genetska raznovrstnost virusa

Do zdaj opravljene raziskave so pokazale visoko genetsko raznovrstnost v skupini alfa herpesvirusov. Sicer so iz drugih raziskav ptičev in sesalcev znani alfa-, beta- in gamma herpesvirusi. Prav tako so se pojavile nekatere genetske podobnosti virusov pri različnih vrstah ptic. Raziskovalci so ugotovili,

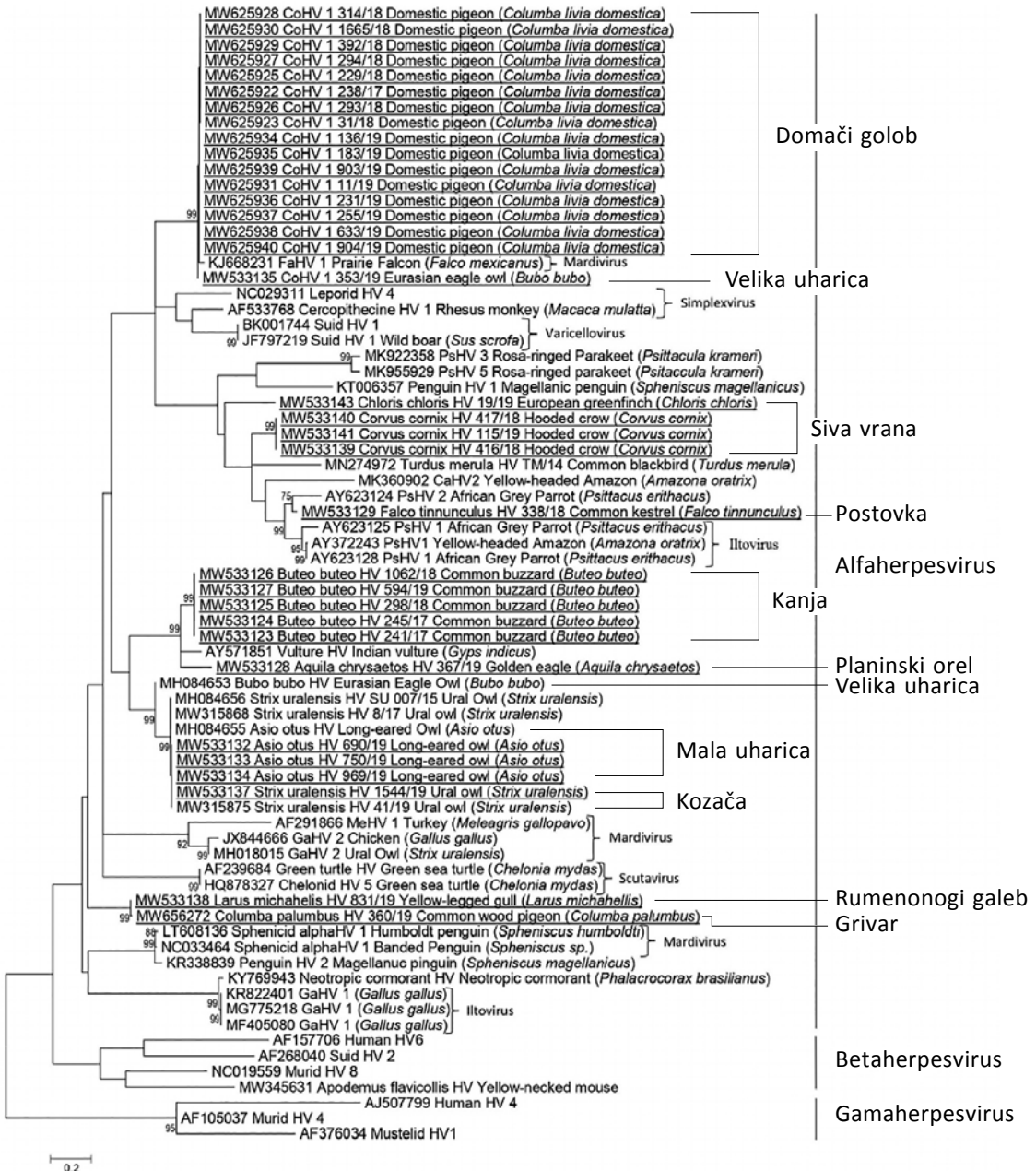
Jemanje faringealnih (žrelnih) brisov.



da imajo nekatere skupine ptičev herpesvirus z bolj podobnim genetskim materialom. V nadaljevanju so opisani nekateri zanimivi

primeri, ki so posledica genetske pestrosti virusa ter posledično različnega načina prenosa.

Dendrogram herpesvirusov in njihovi gostitelji.



Virusne sekvence, ugotovljene pri domačem golobu (*Columba livia domestica*), veliki uharici (*Bubo bubo*) in prerijskem sokolu (*Falco mexicanus*), so bile skoraj stoddostno podobne. Vzrok za takšno podobnost je smiselno iskati v prehrani velike uharice in prerijskega sokola, saj je njun plen tudi domači golob. V kolikor so uplenjene ptice okužene z virusom, ga lahko prenesejo tudi na plenilce (ujede). Po drugi strani so znane nasprotujoče analize, ki govorijo o možnosti prenosa virusa s plena na plenilca samo pri bližje sorodnih taksonih. Sekvence virusa, odkrite pri pticah pevkah, se močno razlikujejo od tistih, odkritih pri ujedah. Prenos virusa bi naj bil možen do taksonomskega nivoja redu. Takšen primer je plenjenje kosač, ki ujame malo uharico in se pri tem okuži z virusom. To tezo potrjuje tudi ugotovitev, da prenos virusa na sove ne poteka preko svojega najpogostejšega plena - malih sesalcev. Po mnenju ornitologov je vzrok v okužbah treba iskati v znotrajvrstni interakciji osebkov. Gre torej za horizontalni prenos virusa med vrstniki.

Presenetljivo so večje genetske razlike herpesvirusov opazne pri blizu sorodnima vrstama: grivarju (*Columba palumbus*) in domačem golobu (*Columba livia domestica*). Vzorci so si podobni zgolj v približno šestdesetih odstotkih. Glede na podatek, da sta vrsti sorodni na taksonomskem nivoju rodu, bi pričakovali večjo podobnost v sekvencah herpesvirusa, saj so virusi velikokrat značilni za enak red.

Vpliv na ptice

Okužba z virusom nedvomno vpliva na fitnes in vitalnost ptic. Fitnes pomeni relativno konkurenčno sposobnost določenega genotipa, ki jo določa celota prilagoditev na ravni morfoloških, fizioloških, razmnoževalnih, fitogeografskih znakov, kaže pa se v povprečnem številu preživelih potomcev tega genotipa glede na druge. Virus zaradi oslabljenega imunskega sistema ptic pogosto izbruhne, kadar so ptice poškodovane,

v stresu ali prebolevajo kakšno drugo bolezen oziroma okužbo. Navedene motnje lahko sprožajo asimptomatske okužbe (okužbe brez znakov bolezni) ali ponovne izbruhe virusnih bolezni, ki so posledice okužbe. Okužbe s herpesvirusi so lahko vzrok za obolenja z drugimi boleznimi. Bolezen herpesvirusni hepatitis je smrtna bolezen pri sokolih, jastrebih in sovah, smrtnost se približuje stotim odstotkom.

Slovenski raziskovalci pa so odkrili tudi redke osebkje ujed in sov, ki so bili za okužbo s herpesvirusom odporni. Takšna koevolucija med pticami in virusi ni v biologiji prav nič posebnega. Vrste se zaradi okolja v evoluciji spreminjajo, s tem pa vplivajo na vrste v posredni ali neposredni bližini. Takšno parazitsko koevolucijsko razmerje pa pogosto vodi tudi v mutualistično razmerje (koristno razmerje za oba sodelujoča v odnosu). To je dokaz, da se vrste razvijajo, spreminjajo in prilagajajo na biotske in abiotske dejavnike.

Ali lahko virusi tudi pozitivno vplivajo na ptice?

V družbi virusne okužbe veljajo za nekaj slabega, za nekaj, kar bi vsak zdravnik ali veterinar skušal zatreti. Vendar pa so virusi, tako kot ostale živalske, rastlinske, glivne in druge vrste, del obstoječih združb. V teh združbah pa imajo tudi svojevrstno vlogo, ki je včasih bolj ali manj izražena. Virusi so po svoji osnovni biologiji paraziti, ki zmanjšujejo fitnes osebkja in povzročajo njegovo hitrejšo smrt. Z abstraktnega vidika evolucije imajo lahko virusi pozitiven učinek na vitalnost populacij, vrst in združb. Ta učinek je sicer težje viden, je posreden in ga nepoznavalci pogosto spregledajo.

Herpesvirusi pri pticah so zagotovo pomembni pri evolutijskem razvoju ptičjih vrst, saj se ptiči na svoje parazite prilagajajo z naključnimi mutacijami. Bolje prilagojeni bodo imeli večji fitnes in večjo razmnoževalno uspešnost, kar vodi v razvoj neke vrste, v razvoj novih vrst in izumiranje manj

prilagojenih. Posledično prihaja do čistke slabotnih, bolnih in poškodovanih osebkov. Ti porabljajo vire zdravim in močnim sovrsnikom in zmanjšujejo vitalnost populacije. Po drugi strani pa tudi visoka raznovrstnost v genomu herpesvirusov ne pomeni nič slabega, prej obratno. Antropocentrični pogled in čustvena navezanost na smrt osebkov, ki sta nam zaradi simpatičnega videza ali drugih lastnosti všeč, nam preprečujeta objektivni pogled na naravo in njene zakonitosti.

Literatura:

Žlabravec, Z., Slavec, B., Vrezec, A., Kuhar, U., Zorman Rejs, O., Golob, Z., Račnik, J., 2022: *Detection of Herpesviruses in Wild birds Casualties in Slovenia*. *Frontiers in Veterinary Science*, 9.

Žlabravec, Z., Krapež, U., Slavec, B., Vrezec, A., Zorman Rejs, O., Račnik, J., 2018: *Detection and Phylogenetic Analysis of Herpesviruses Detected in Wild Owls in Slovenia*. *Avian diseases*, 62.

Žlabravec, Z., Trilar, T., Slavec, B., Krapež, U., Vrezec, A., Zorman Rejs, O., Račnik, J., 2021: *Detection of herpesviruses in passerine birds captured during autumn migration in Slovenia*. *Wildlife diseases*, 57.

Kuhn, J. K., 2021: *Virus Taxonomy*. *Encyclopedia of Virology*, 28–37.

Anand, C., 2021: *Jemanje žrelnih (faringealnih brisov)*. *Boston Herald* [online]. Mar. 2022 [Citirano dne: 22.3.2023, 17:30] dostopno na spletnem naslovu: <https://www.bostonherald.com/2022/03/13/keeping-an-eye-on-bird-flu-outbreak/>

Žlabravec, Z., Slavec, B., Vrezec, A., Kuhar, U., Zorman Rejs, O., Golob, Z., Račnik, J., 2022: *Detection of Herpesviruses in Wild birds Casualties in Slovenia*. *Frontiers in Veterinary Science*, 9.

Plastika in trajnostni razvoj znanosti

Mirjana Liović

Količina potrošne plastike, ki jo vsak dan porabimo v znanstvenoraziskovalnem laboratoriju, je velika. V naših raziskavah, ki temeljijo predvsem na celični in molekularni biologiji, smo pri delu s celičnimi kulturami v zadnjih dvajsetih letih prešli z uporabe steklenih seroloških pipet na vsesplošno uporabo različne sterilne potrošne plastike za enkratno uporabo. Grobi izračuni kažejo, da le en laboratorij za delo s celičnimi kulturami, v katerem vsakodnevno po več ur delajo vsaj štirje raziskovalci, lahko na letni ravni »proizvede« tudi do petsto kilogramov odpadne plastike. Glede na to, da gre za trdne odpadke, ki so bili v stiku z biološkim materialom, se njihova pot zaključí s sežigom.

Evropska komisija je leta 2018 objavila Evropsko strategijo za plastiko v krožnem gospodarstvu. Ta zavezuje, da se zmanjša količina plastičnih odpadkov in zagotovi, da bo bodoče plastične proizvode mogoče reciklirati. Poleg tega direktiva o plastiki za enkratno uporabo iz leta 2019 omejuje vstop na trg Evropske unije nekaterim plastičnim proizvodom za enkratno uporabo in zahteva zmanjšanje potrošnje številnih drugih proizvodov. Plastični izdelki za enkratno uporabo predstavljajo sedemdeset odstotkov vseh

odpadkov v Evropski uniji, številni končajo v vodotokih in oceanih. Na svetovni ravni se vsako leto ustvari okoli 380 milijonov ton plastičnih odpadkov. Od tega šest milijonov ton plastičnih odpadkov izvira iz znanstvenoraziskovalne dejavnosti. To pomeni, da desetinka (0,1) odstotka prebivalcev našega planeta ustvari skoraj dva odstotka vseh plastičnih odpadkov.

Večina laboratorijske plastike se kljub naraščajočemu se zmanjševanju uporabe plastičnih izdelkov, še posebej ko gre za izdelke



Potrošna plastika v sodobnem laboratoriju za delo s celičnimi kulturami. Zaradi narave dela le posamezno pakirani plastični izdelki zagotavljajo potrebno čistost in sterilnost pri delu. Težava pa je, da se s tem ustvarja velika količina odpadne plastike, od ovitkov do seroloških pipet, tubic ter plastičnih steklenič in plošč.

za enkratno uporabo, še vedno pridobiva iz fosilnih goriv. Najpogosteje laboratorijsko plastiko izdelujejo iz polistirena (PS), polietilena (PE), polikarbonata (PC) in polipropilena (PP). Ker takšen odpad uničujejo s sežigom, se pri tem v okolje sprošča veliko strupenih plinov.

Polistiren je eden od najbolj pogosto uporabljenih vrst plastike v znanstvenih laboratorijih. Običajno ga uporabljajo za laboratorijsko potrošno plastiko za enkratno uporabo, kot so pipete, petrijevke, stekleničke, mikroplošče za celične kulture in podobno. Polistiren je prozoren, ima dobre kemične lastnosti, vendar je krhek.

Polietilen se v raziskovalnih laboratorijih najde v različnih izdelkih, najbolj pogosto pa v rokavicah za enkratno uporabo. Poznamo polietilen visoke (HDPE) in nizke gostote (LDPE). Razlikujeta se po svojih fizikalnih lastnostih in sta primerna za različne namene.

Polikarbonat je prozoren in zelo odporen. Uporabljajo ga v različne namene, še pose-

bej, ko sta potrebni visoka trdnost in optična čistost (zaščitna očala, potrošna plastika za celični laboratorij, deli za mikroskope). Polipropilen je znan po visoki toplotni odpornosti in kemični inertnosti. Najdemo ga v izdelkih, ki zahtevajo visoko kemično odpornost in/ali se lahko avtoklavirajo (avoklav je neprodušno zaprta posoda za segrevanje snovi pod zvišanim tlakom in pri zvišani temperaturi). V takšne izdelke se uvrščajo konice za mikropipete, centrifugirke in različne posode za shranjevanje.

To so le nekatere izmed številnih vrst plastike, ki se uporabljajo v znanstvenem okolju. Izbira plastike je odvisna od namena uporabe in potrebe po prosojnosti, kemični odpornosti in prožnosti. V zadnjih letih narašča zanimanje za zmanjšanje vpliva na okolje, zato so se pojavile različne alternativne snovi iz obnovljivih virov. Žal se stroški proizvodnje polietilena/polistirena/polikarbonata in plastike iz biorazgradljivih polimerov zelo razlikujejo, saj so ti veliko višji pri alternativnih snoveh iz bioplastike.

Bioplastika

Plastični izdelki iz biorazgradljivih polimerov, kot sta polilaktična oziroma polimlečna kislina (PLA) ali polihidroksialkanoat (PHA), imajo kljub visoki ceni izdelave prednost zaradi svoje biološke razgradljivosti. Polimlečna kislina je izdelana iz trajnostnega sladkornega trsa, pese ali koruze. Pridobivajo jo s fermentacijo sladkorja in kondenzacijo tako nastale mlečne kisline. Kljub temu razgradnja polimlečne kisline trenutno še vedno zahteva posebne razmere in je biološko razgradljiva samo pri industrijskem kompostiranju. Njena razgradnja v zemlji ali domačem kompostu je zanemarljiva. Vsekakor je pomembno, da med sežigom izdelkov iz polimlečne kisline ne pride do oddajanja strupenih hlapov kot pri klasičnih plastičnih proizvodih iz fosilnih goriv. Steklenice za prehrabeno industrijo, industrijo zdravil in kozmetično industrijo že izdelujejo iz polimlečne kisline.

Kristalizirana polimlečna kislina (CPLA) je različica polimlečne kisline. Kristalizacija zagotavlja močnejšo strukturo tovrstne bioplastike, zato kristalizirano polimlečno kislino uporabljajo pri izdelkih, kjer so potrebne višje temperature ali nižja prožnost: na primer pri kavnih skodelicah, jedilnem priboru in posodi. Kot polimlečna kislina tudi kristalizirana mlečna kislina zahteva industrijske razmere kompostiranja.

Polihidroksialkanoat je biološko razgradljiv poliestar, proizveden z bakterijsko fermentacijo rastlinskih sladkorjev in olj. Po svojih značilnostih je podoben celulozi in škrobu in je popolnoma biorazgradljiv. Obstaja devet vrst polihidroksialkanoata, ki se razlikujejo po dolžini polimernih verig. Plastični izdelki, ki so izdelani iz polihidroksialkanoata, imajo različne lastnosti (visoko ali nizko odpornost, elastičnost). Uporabljajo jih v gradbeništvu, prehrabeni industriji in medicini. Petinosemdeset odstotkov plastičnih izdelkov iz polihidroksialkanoata se razgradi v le sedmih tednih in pri tem ne oddaja mikroplastike. Bakterije in glive v okolju ga

razgradijo v ogljikov dioksid, vodo in biomaso. Polihidroksialkanoat je primeren tudi za kompostiranje v domačem okolju, kar je velika prednost.

V zadnjem času razvijajo tudi različne vrste plastike iz morskih alg, pridobljenih s trajnostno akvakulturo. Bioplastika iz morskih alg vsebuje polisaharide alginat, agar in karagenan. Alginat že uporabljajo pri izdelavi kozmetičnih proizvodov in oblog za rane ter v različne druge namene, medtem ko agar uporabljajo v farmacevtski in prehrabeni industriji, karagenan pa je znan prehranski aditiv (E407). Vsi trije imajo visoko sposobnost želiranja, kar je primerno predvsem za izdelavo biofilmov. Vsi trije so zato najbolj primerni za izdelavo biorazgradljivih kozmetičnih vrečk in živilsko embalažo. Tovrstna industrija je v tem trenutku še vedno v povoju.

Opisane različice bioplastike ponujajo nove vire za proizvodnjo laboratorijske potrošne plastike. Njihov namen je zmanjšanje ogljičnega odtisa in negativnega vpliva na okolje, vendar je v tem trenutku, poleg visoke cene izdelave tovrstnih plastičnih izdelkov, poseben izziv združljivost teh plastičnih proizvodov s strogimi znanstvenimi zahtevami glede sterilnosti in učinkovitosti. Medtem ko je možno zamenjati izdelke za enkratno uporabo v prehrabeni industriji, je to bistveno težje narediti v znanstveni dejavnosti. Da bi zmanjšali količine odpadne laboratorijske plastike, so v tem trenutku najbolj učinkoviti trije pristopi: 1) zmanjševanje količine uporabljenih plastike, 2) ponovna uporaba in 3) recikliranje.

1) Zmanjševanje količine uporabljenih plastike se nanaša na zamenjavo plastičnih laboratorijskih izdelkov s steklenimi, kjer je to mogoče. Plastične serološke pipete je mogoče zamenjati s steklenimi, plastične petrijevke s steklenimi in podobno. Žal je strošek zagotavljanja čistosti in sterilnosti steklenih laboratorijskih posod in pripomočkov zelo visok, saj zahteva učinkovito pranje in sterilizacijo pred ponovno uporabo. Količino

uporabljene plastike je mogoče zmanjšati tudi z nakupom večje količine posameznih izdelkov v enotni embalaži.

2) Embalažo lahko ponovno uporabimo, izdelke za enkratno uporabo bi lahko prali in sterilizirali (na primer plastične serološke pipete in konice za mikropipete bi načeloma lahko uporabili več desetkrat), plastične izdelke pa bi lahko uporabljali v drugačne namene.

3) Recikliranje pomeni uporabo potrošne plastike od proizvajalcev, ki reciklirajo plastične proizvode. Da bi potrošno plastiko lahko reciklirali, jo moramo najprej dekontaminirati, postopkov pa je še več.

Pobuda My Green Lab (<https://www.mygre->

enlab.org) je nepridobitna organizacija, ki si prizadeva za trajnost znanstvenih raziskav. Namen je združiti znanstvenike, proizvajalce, oblikovalce, ponudnike energije in druge akterje pri doseganju najvišjih standardov trajnostnega razvoja in odgovornosti do družbe in okolja. V tem desetletju je pomemben cilj trajnostni razvoj znanosti. K temu bi prispevali »zeleni« laboratoriji. Z njimi bi zmanjšali vpliv na okolje in vzpostavili pregledne dobavne verige. Zato poleg porabe potrošne laboratorijske plastike spodbujajo tudi dobro prakso pri uporabi laboratorijskih skrinj, ki lahko vzdržujejo zelo nizko temperaturo (tudi do -150 stopinj Celzija). Ta je potrebna za shranjevanje



bioloških vzorcev, pri tem pa žal porabijo veliko električne energije.

Trajnostni razvoj pomeni zadovoljevanje potreb sedanje družbe brez ogrožanja možnosti prihodnjih generacij, da zadovoljijo svoje potrebe. To se predvsem nanaša na spodbujanje trajnostnega upravljanja z naravnimi viri in je neposredno povezano s pravično gospodarsko rastjo in izkoreninjanjem revščine. K temu lahko prispevamo vsi, tako v vsakdanjem življenju kot pri delu. Posebej pomembno je, da se vsak posameznik zaveda svoje vloge in razume, kako izbira ponudnikov in izdelkov lahko prispeva k trajnostnemu razvoju in zmanjševanju našega vpliva na okolje. Podobno velja tudi za

nas znanstvenike, ki z izbiro izdelkov in načinom izvajanja določenih postopkov lahko pomembno prispevamo k trajnostnemu razvoju znanosti.



Mirjana Liović je višja znanstvena sodelavka in vodja raziskovalne skupine Medicinskega centra za molekularno biologijo (MCMB) na Inštitutu za biokemijo in molekularno genetiko na Medicinski fakulteti Univerze v Ljubljani. S svojim znanjem in raziskovalnimi izkušnjami na mednarodni ravni je do sedaj raziskovala na Oddelku za dermatologijo Splošne bolnice v Cardiffu na Univerzi v Walesu v Združenem kraljestvu Velike Britanije in Severne Irske, na Oddelku za dermatologijo na Univerzi v New Yorku v Združenih državah Amerike, v Šoli za vede o življenju na Univerzi v Dundeeju na Škotskem in na Oddelku za umetno oploditev na Kraljevem kolidžu v Londonu. Njeno raziskovalno področje zajema delovanje citoskeleta in zunajceličnega matriksa pri razvoju bolezni epiteljskih tkiv, predvsem kože, ter delovanje in tehnologija induciranih pluripotentnih matičnih celic, ne le kot model za preučevanje mehanizmov bolezni in testiranje spojin za razvoj novih pristopov za zdravljenje, temveč tudi kot podlaga za razvoj avtomatiziranih in alogeničnih celičnih terapij.



V sodobnem znanstvenoraziskovalnem laboratoriju vzorce in kemikalije shranjujejo v hladilnikih in skrinjah. Pobuda My Green Lab spodbuja k zviševanju temperature shranjevanja za vsaj 1 ali 2 stopinji Celzija, kar bi lahko pomembno prispevalo k znižanju letne porabe električne energije posamezne ustanove.

Razvoj, raziskave in uporaba spojin s kovinami v medicinske namene

Iztok Turel

Kovine in njihove spojine so se od nekdaj uporabljale v medicinske namene. Že starodavni Mezopotamci, Indijci, Kitajci in Egipčani so v naravi našli številne minerale, kristale in samorodne kovine ter začeli preizkušati njihove lastnosti. Nekateri najzgodnejši dokumentirani primeri segajo v leto 3.000 pred našim štetjem, ko so stari Egipčani uporabljali na primer bakrov sulfat za sterilizacijo vode, natron (mešanico natrijevih spojin) kot antiseptik in antimonove spojine za zdravljenje okužb s paraziti. Ebersov papirus iz leta 1.500 pred našim štetjem je prvo pisno poročilo o uporabi kovin (bakra) za zdravljenje bolezni. Kitajci so že pred 2.000 leti uporabljali razne zmesi, nekatere so vsebovale celo do petintrideset različnih elementov! Številne kovine in metaloidi (polkovine) so bili kasneje uporabljeni v medicinske (in druge podobne) namene. Uporabljati so jih začeli na podlagi neznanstvenih poskusov in včasih se je kasneje pokazalo, da so bili nekateri uporabljeni kovinski pripravki močno strupeni in neprimerni za medicinsko uporabo. Znani primer je elementarno živo srebro (pa tudi spojine živega srebra), za katerega so včasih verjeli, da ima zdravilno moč.

Čin Ši Huang (Qin Shi Huang; 259-210 pred našim štetjem) je bil prvi kitajski cesar združene Kitajske. Ena od podmen o vzroku njegove smrti je tudi zastripitev z živim srebrom. V želji po večnem življenju so mu njegovi zdravniki predpisovali tudi eliksirje, ki naj bi vsebovali živo srebro. Danes se nam zdi to čudno in seveda na ta element gledamo povsem drugače. Kljub njegovi strupenosti so se živo srebro in njegove spojine tudi precej kasneje precej uporabljali tudi v medicini (kot diuretiki, protiglivična sredstva, konzervansi v cepivih in drugo). Ne pozabimo tudi na »nepogrešljive« zobne zalivke iz amalgama. Uporaba živega srebra je danes marsikje močno omejena, če že ne popolnoma prepovedana.

Dejstvo je, da je učinek snovi močno odvisen od količine, kar je ugotovil že švicarski zdravnik, alkimist in filozof Paracelsus (1493-1541). Trdil je, da je vsaka snov lahko strup ali pa zdravilo, učinek je odvisen od količine. Vsekakor se pogled človeka tudi na uporabo snovi za zdravljenje polagoma spreminja. Tako se nam uporaba nekaterih snovi danes zdi kar neverjetna, včasih pa se je zdela smiselna in nenevarna. Po odkritju

radioaktivnosti so recimo nekateri verjeli, da so majhne zaužite doze radioaktivnih snovi dobre za zdravje. Komercialni izdelek *Radiothor* je vseboval radioaktivni radij v destilirani vodi. K sreči je bil napitek drag, saj je bil nedvomno škodljiv.

Taki in drugačni primeri so povzročili razvoj in krepitev nacionalnih agencij, ki bdijo nad hrano in zdravili (recimo ameriška Uprava za hrano in zdravila, Food and Drug Administration, FDA). To je gotovo smiselno, saj so posledice uporabe nepreverjenih snovi lahko izjemno hude. Pogoji za uvedbo zdravila so tako strogi, da traja razvoj zdravila zelo dolgo, celotni postopek pa je tudi izjemno drag. Groba ocena, ki je pred časom veljala, je bila, da je od nastanka zdravila do njegove uporabe minilo okrog deset let, celotni razvoj zdravila pa stane približno milijardo evrov. V mnogih primerih so takšne številke v zadnjem času še bistveno višje.

Nekateri primeri kovinskih spojin, ki se uporabljajo v klinični rabi

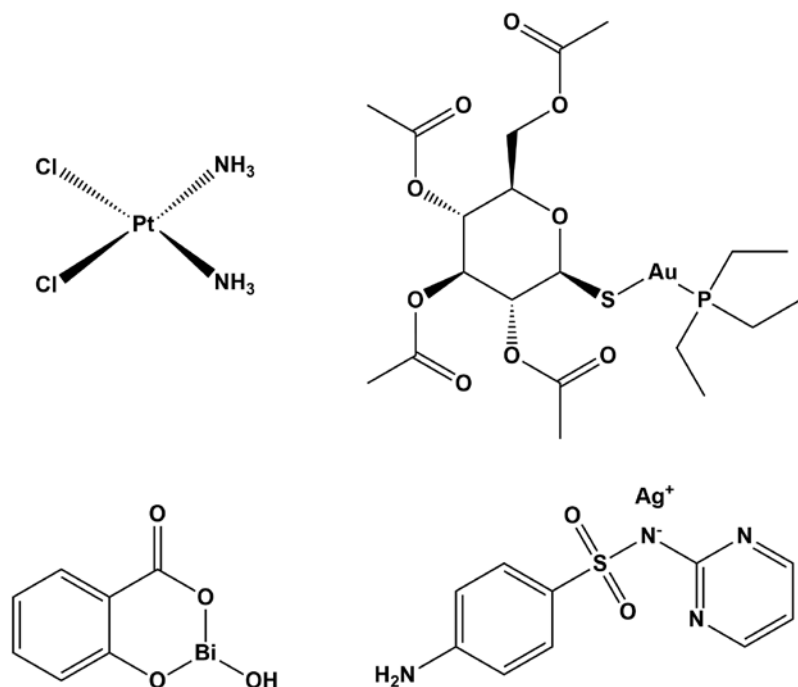
Zdravila, ki jih danes uporabljamo v praksi, so večinoma organske spojine. Vendar pa vseeno obstaja kar nekaj zdravil, ki vsebuje-

jo kovinske ione. Tovrstne spojine pa precej uporabljajo tudi pri ugotavljanju in določanju bolezni, v dodatkih v prehrani in drugod. Dejstvo je, da kovine predstavljajo pretežni del periodnega sistema in da kovinske spojine kažejo raznolike koristne lastnosti, zato so možnosti za njihovo uporabo tudi v prihodnje velike. V nadaljevanju bom na kratko opisal nekatere uspešne primere kovinskih spojin, ki so v klinični uporabi (slika 1).

Spojino *cis*-[Pt(NH₃)₂Cl₂] (cisplatin) je prvi pripravil in opisal italijanski kemik Michele Peyrone že leta 1845. Šele precej kasneje, leta 1965, je Barnett Rosenberg s sodelavci odkril izjemne biološke lastnosti te spojine. Lahko bi nekako rekli, da je bila ta spojina speča Trnuljčica. Dolgo časa je spala in potreben je bil sposoben znanstvenik, da jo je zbudil. Zgodba o tem je tudi sicer zelo zanimiva in jasno kaže, da v znanosti nikoli vnaprej natančno ne vemo, kaj bomo odkrili, oziroma da pogosto odkrijemo nekaj popolnoma drugega, kot

smo nameravali. Rosenberg je želel preučiti, kako vpliva električni tok na rast celic. Pri poskusih je opazil, da nekaj zavira običajno delitev in rast bakterij (*E. coli*) in da se te razvijejo v neobičajne »špagetaste« oblike (Rosenberg, VanCamp, Krigas, 1965). Kmalu je pravilno ugotovil, da je med elektrolizo platinskih elektrod, ki jih je uporabil pri poskusu, v rahlo amoniakalnem mediju nastal kompleks platine - cisplatin, ki je povzročal nenavadno obnašanje bakterij. V nadaljnjih poskusih so ugotovili, da ta spojina zelo učinkovito zmanjša velikost sarkomov pri podganah, in že leta 1978 je ameriška Uprava za hrano in zdravila odobrila uporabo cisplatina pri zdravljenju raka testisov in jajčnikov. Čeprav je cisplatin daleč od idealnega zdravila, ga še danes zelo uspešno in pogosto uporabljajo pri zdravljenju nekaterih vrst raka.

Avranofin je kovinski kompleks, ki vsebuje zlato. Že več desetletij ga uporabljajo kot zdravilo proti revmatoidnem artritisu (Kean, Hart, Buchanan, 1997), vendar v zadnjem



Slika 1: Nekatere kovinske spojine, ki so v klinični uporabi (cisplatin, avranofin, bizmutov subsalicilat in srebrev sulfadiazin).

času manj, saj se pri dolgotrajnem zdravljenju te kronične bolezni pojavijo neželeni stranski učinki. Zanimivo pa je, da v zadnjih letih to spojino precej raziskujejo tudi kot možno zdravilo za zdravljenje različnih drugih bolezni (določenih vrst raka, celo covid-19, ...). Uporaba starih zdravil pri novih načinih zdravljenja (angleško *drug repositioning*, tudi *drug repurposing*) je sicer danes precej aktualna.

Različne bizmutove spojine so za zdravljenje raznih bolezni, predvsem različnih prebavnih težav, uporabljali že od osemnajstega stoletja naprej. Med bolj poznanimi spojinami bizmuta, ki jih uporabljajo še danes, je bizmutov subsalicilat. Pogosta težava pri bizmutovih spojinah je določitev natančne formule, saj spojine zelo rade hidrolizirajo in so strukture zelo kompleksne. Formule se zato pogosto napišejo kar v poenostavljeni ali domnevni obliki, kot je prikazano na primeru na sliki 1. Tako so tudi natančno kristalno strukturo bizmutovega subsalicilata določili šele pred kratkim (Svensson Grape, Rooth, Nero, Willhammar, Inge, 2022). Pomembna je tudi uporaba bizmutovih spojin pri zdravljenju okužb z bakterijo *Helicobacter pylori*, nekatere spojine pa so učinkovite tudi proti virusu *SARS-CoV-2*.

Obstaja vrsta tako imenovanih zapostavljenih bolezni, ki jim namenjamo mnogo manj pozornosti in tudi denarja za uspešen razvoj zdravil. Terjajo visok davek, predvsem v manj razvitih državah. Ena od takih bolezni je lišmanioza (tudi leishmanioza). Povzročajo jo bičkarji, ki jih prenašajo predvsem peščene muhe. Lišmanioza je druga najpogostejša parazitska bolezen (za malarijo), za njo na leto umre od dvajset do trideset tisoč ljudi. Idealnih zdravil za to bolezen ni, precej pa uporabljajo razne antimonove spojine, kot na primer natrijev stibogluconat (Frézard, Demicheli, Ribeiro, 2009).

Zelo dolgo je že poznan tudi protimikrobni učinek srebrovih spojin. Še danes nekatere spojine, na primer srebrov sulfadiazin, uporabljajo pri preprečevanju okužb, predvsem

pri opeklinah (Heyneman, Hoeksema, Vandekerckhove, Pirayesh, Monstrey, 2016). Je pa danes uporaba takšnih spojin manjša kot v preteklosti, predvsem zaradi nekaterih stranskih učinkov. Srebro zaradi protimikrobne učinkovitosti sicer dodajajo tudi v nekatere povoje, katetre in druge medicinske instrumente.

Nekaj primerov raziskav iz naših laboratorijev

Zaradi dolgotrajnosti in visoke cene razvoja je precej popularno odkrivanje zdravljenja novih bolezni z že znanimi zdravili. Med bolj poznanimi primeri je gotovo aspirin. Že od devetnajstega stoletja naprej ga uporabljajo predvsem kot sredstvo za blaženje bolečin in za zniževanje telesne temperature, mnogo kasneje pa so ugotovili, da v določeni meri preprečuje tudi nastanek krvnih strdkov. Zato se v majhnih odmerkih uporablja tudi za preprečevanje srčnega infarkta in možganske kapi.

Druga možna uporaba znanih zdravil pa je pretvorba v drugačno obliko. To je tudi ena od pomembnih raziskovalnih strategij našega laboratorija. Veliko se ukvarjamo z vezavo zdravil, ki so v klinični uporabi, na različne kovinske ione. Pri tem dobimo tako imenovane koordinacijske spojine (imenovane tudi kovinski kompleksi). Nove spojine natančno opredelimo z različnimi fizikalno-kemijskimi metodami, v sodelovanju z drugimi raziskovalnimi skupinami pa raziščemo še njihove biološke lastnosti. Predvsem nas zanima, če je pri nastanku spojine prišlo do sinergijskega učinka. Pogosto namreč lahko kombinacija sestavnih delov, ki imajo neko (biološko ali drugo) lastnost, izraža takšno lastnost še močnejše. V nadaljevanju bom za lažjo predstavbo nekoliko podrobneje predstavil nekaj tovrstnih sistemov.

Razni substituirani kinoloni so sintetične protibakterijske učinkovine, ki jih veliko uporabljajo pri zdravljenju različnih bakterijskih okužb (slika 2). Znane so že štiri

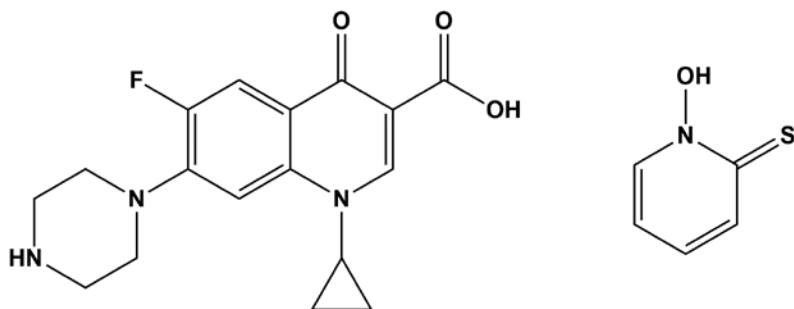
generacije tovrstnih spojin. Že od uvedbe v klinično uporabo (nekaj po letu 1960) so vedeli, da kinoloni reagirajo s kovinskimi ioni, kar je zmanjševalo njihovo učinkovitost. Zato je odsvetovana hkratna uporaba kinolonov in raznih pripravkov, ki vsebujejo kovinske ione (recimo železo). Na drugi strani pa so odkrili, da so magnezijevi ioni (v telesu imamo okrog 25 gramov magnezija) nujno potrebni za delovanje kinolonov. Torej lahko rečemo, da ima medsebojno vplivanje med kovinami in kinoloni dva obraza - pozitivnega in negativnega. Tudi zato je bilo zaželeno, da se takšni sistemi natančno raziščejo.

V naših laboratorijih smo pripravili večje število kovinskih kompleksov kinolonov z zelo različnimi kovinskimi ioni (magnezijevimi, bakrovimi, vanadijevimi, borovimi, evropijevimi, rutenijevimi ...). V začetku smo se veliko ukvarjali s pripravo magnezijevih kompleksov, ki so se pokazali za zelo težavne. Spojine so slabo topne, nastajajo zelo kompleksne zmesi, ki jih je težko analizirati. Vseeno smo uspeli pripraviti nekaj spojin in jim tudi določiti strukturo v trdnem stanju. Te rezultate smo objavili v mednarodnih znanstvenih revijah (Turel, 2002; Drevenšek, Košmrlj, Giester, Skauge, Sletten, Sepčič, Turel, 2006) in kasneje z zadovoljstvom ugotovili, da so naše ugotovitve s pridom uporabili drugi raziskovalci, ki so se ukvarjali z razlagami mehanizma delovanja teh spojin (Wohlkonig, Chan,

Fosberry, Homes, Huang, Kranz, Leydon, Miles, Pearson, Perera, Shillings, Gwynn, Bax, 2010). Struktura magnezijevih kompleksov s kinoloni je bila pomembna informacija pri razlagi povezave kinolona, encima in DNA. Znanost je pogosto podobna sestavljanju (»puzzle«), kjer več posameznih raziskav pomaga sestaviti večjo sliko.

Omenil bi še naše raziskave rutenijevih spojin s kinoloni. Razne rutenijeve spojine so v zadnjih desetletjih zelo priljubljene, predvsem zaradi svojih citotoksičnih lastnosti. To pa je predvsem zanimivo pri razvoju novih protirakavih spojin. Pripravili smo vrsto rutenijevih spojin s kinoloni in si predvsem prizadevali poiskati povezavo med strukturo in učinkovitostjo spojin (*structure activity relationship*). Rutenijeve spojine so bile v nasprotju z drugimi kovinskimi spojinami kinolonov tudi dobro topne, kar je zelo zaželeno lastnost potencialnih zdravil. Prav tako so bili nekateri biološki rezultati zanimivi. Ugotovili smo na primer, da je ena od možnih tarč takšnih spojin tudi DNA (slika 3) (Kljun, Bratsos, Alessio, Psomas, Repnik, Butinar, Turk, Turel, 2013). Žal pa ostale lastnosti niso bile take, da bi upravičile nadaljnje, največkrat zelo drage raziskave.

Pirition (slika 2) je spojina, ki se nahaja v rastlinah (perzijski šalotki), lahko pa se pripravi tudi v laboratoriju. V Aziji, kjer ta šalotka uspeva, so jo od nekdaj uporabljali v kuhinjski, pa tudi v tradicionalni medicini, saj zatira rast mnogih mikroorganiz-

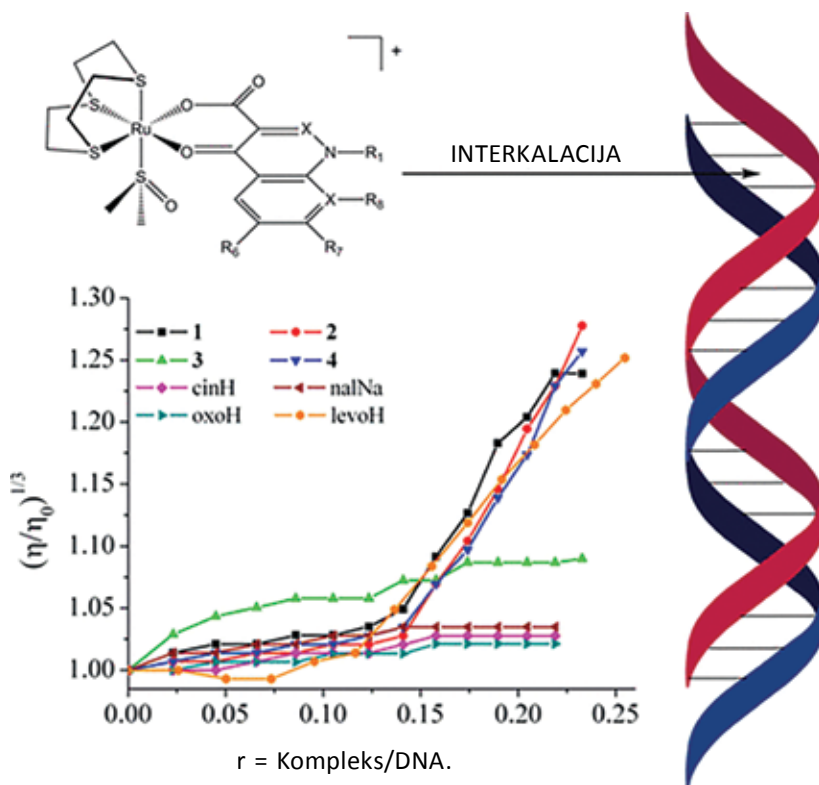


Slika 2: Formuli predstavnikov kinolonov - ciprofloksacina (levo) in piritiona (desno).

mov. Še bolj poznan je cinkov kompleks s piritiomom (»cinkov pirition«), ki so ga zelo pogosto dodajali šamponom proti prhljaju, prav tako pa tudi premazom, ki preprečujejo gnitje lesa. Pred kratkim so v Evropi njegovo uporabo v kozmetiki zaradi okoljskih vzrokov prepovedali. Pirition je zelo dober ligand in raziskovalci so z njim pripravili kovinske spojine s skoraj vsemi kovinskimi ioni. V začetku naših raziskav smo prvi pripravili nekaj rutenijevih kompleksov s piritiomom, v sodelovanju s kolegi z Medicinske fakultete v Ljubljani pa smo ugotovili, da so nekatere tovrstne spojine močno citotoksične proti določenim tumorskim celicam in da tudi dobro zavirajo delovanje nekaterih encimov, ki so pomembni za rakave celice (Kljun, Anko, Traven, Sinreih, Pavlič, Peršič, Ude, Codina, Stojan, Lanišnik Rižner, Turel, 2016). Na podlagi tega smo se odločili za pripravo večjega nabora tovrstnih

spojin in še bolj poglobljene raziskave, ki še vedno potekajo (Kladnik, Kljun, Burmeister, Ott, Romero Canelon, Turel, 2019). Kot zanimivost bi omenil tudi, da smo se v času epidemije SARS-CoV-2 (covid-19) odločili, da preizkusimo učinkovitost različnih piritionov in njihovih kompleksov na ta virus oziroma na encime, ki so za virus pomembni. Ugotovili smo, da predvsem cinkove spojine odlično zavirajo encima katepsin L in PLPro, ki sta pomembna za vstop virusa v gostiteljske celice oziroma za njegovo podvojevanje. Na podlagi teh spodbudnih rezultatov je nato sodelujoča španska skupina s testi na človeškem pljučnem tkivu potrdila zelo dobro protivirusno delovanje cinkovega piritiona (slika 4) (Kladnik, Dolinar, Kljun, Perea, Grau-Expósito, Genescà, Novinec, Buzon, Turel, 2022).

Kot vemo, smo sicer za zdravljenje koronavirusne bolezni covid-19 zelo hitro dobili



Slika 3: Prikaz medsebojnega vplivanja med rutenijevimi kompleksi in molekulami DNA. Pridobljeno iz članka, ki so ga Kljun, Bratsos, Alessio, Psomas, Repnik, Butinar, Turk in Turel objavili leta 2013 v reviji *Inorganic Chemistry*, z dovoljenjem Copyright © 2013, American Chemical Society.

odobritev različnih cepiv, hkrati pa so ves čas raziskovali tudi druge možnosti zdravljenja. Naše raziskave (ki sicer deloma še potekajo) sicer niso pripeljale do uvedbe spojin v klinično uporabo, smo pa gotovo prišli do zanimivih spoznanj o vlogi cinka in cinkovih spojin pri morebitnem zdravljenju okužb s tem neugodnim virusom.

Sklenem lahko, da nekatere kovinske spojine tudi v današnjem času pomenijo močno orožje v boju z različnimi boleznimi. Kljub nekaterim slabostim (predvsem stranskim učinkom) se zaradi njihove raznovrstnosti in lastnosti, ki jih organske spojine nimajo, za njihovo prihodnost v medicini ni treba bati.

Zahvala

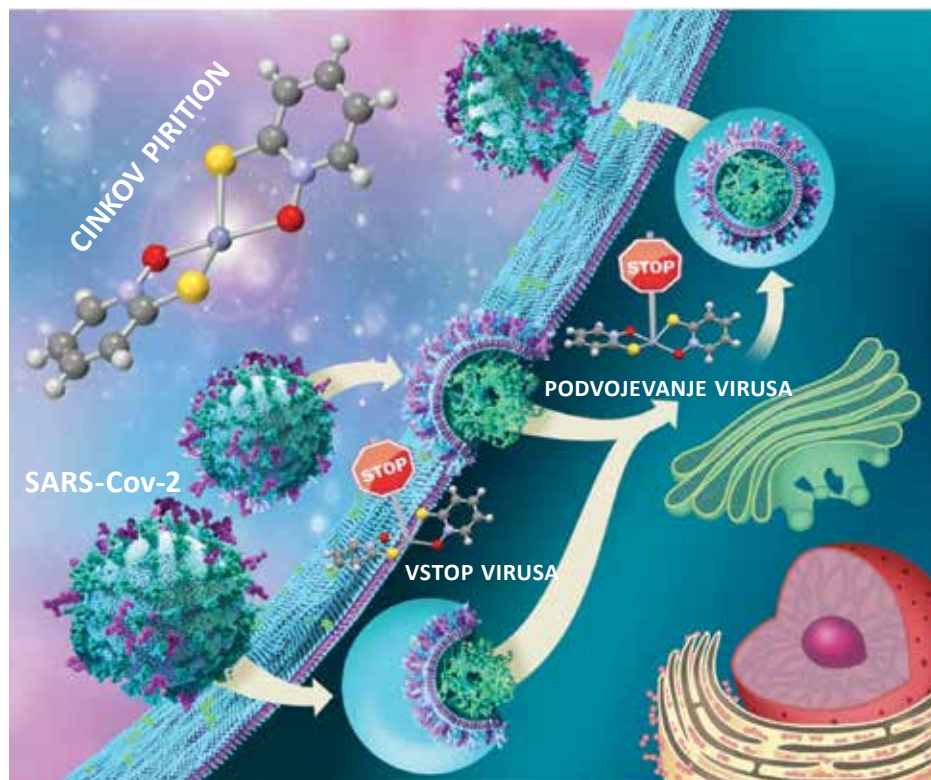
Doktorskemu študentu Urošu Rapušu se zahvaljujem za pripravo slik 1 in 2.

Slovarček:

Citotoksičnost. Podatek, ki pove, kako strupena je kaka snov za celice. Raziskovalci iščejo citotoksične substance tudi pri razvijanju zdravil (predvsem za zdravljenje rakavih bolezni). Idealno je, da je delovanje snovi čim bolj selektivno. To pa pomeni, da snov čim bolj učinkuje na hitro deleče se rakave celice in čim manj škoduje normalnim celicam.

Sarkom. Rakava bolezen, ki se lahko pojavi v različnih tkivih. Delijo se v dve glavni skupini (kostne in mehko tkivne sarkome).

Slika 4: Cinkova spojina s piritionom zavira vstop virusa SARS-CoV-2 v celico in njegovo podvojevanje. Ilustracijo izdelal Simon Kajtna. Pridobljeno iz članka, ki so ga Kladnik, Dolinar, Kljun, Perea, Grau-Expósito, Genescà, Novinec, Buzon in Turel objavili leta 2022 v reviji Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry, z dovoljenjem Copyright © 2022, Taylor & Francis Group.



Koordinacijske spojine (tudi: kompleksne spojine, kovinski kompleksi). Kemijske spojine, ki so običajno sestavljene iz osrednjega atoma ali iona, na katerega so vezani ligandi (molekule ali anioni). Ligand navadno donira (daje) osrednjemu atomu ali ionu najmanj en elektronski par.

Literatura:

Drevenšek, P., Košmrlj, J., Giester, G., Skauge, T., Sletten, E., Sepčić, K., Turel, I., 2006: *X-Ray crystallographic, NMR and antimicrobial activity studies of magnesium complexes of fluoroquinolones – racemic ofloxacin and its S-form, levofloxacin. Journal of Inorganic Biochemistry, 100: 1755–1763.*

Frézard, F., Demicheli, C., Ribeiro, R. R., 2009: *Pentavalent antimonials: new perspectives for old drugs. Molecules, 14: 2317–2336.*

Heyneman, A., Hoeksema, H., Vandekerckhove, D., Pirayesh, A., Monstrey, S., 2016: *The role of silver sulphadiazine in the conservative treatment of partial thickness burn wounds: A systematic review. Burns, 42: 1377–1386.*

Kean, W. F., Hart, L., Buchanan, W. W., 1997: *Auranofin. British Journal of Rheumatology, 36: 560–572.*

Kladnik, J., Kljun, J., Burmeister, H., Ott, I., Romero Canelon, I., Turel, I., 2019: *Towards Identification of Essential Structural Elements of Organoruthenium(II)-Pyridylthione Complexes for Anticancer Activity. Chemistry: A European Journal, 25: 14169–14182.*

Kladnik, J., Dolinar, A., Kljun, J., Perea, D., Grau-Expósito, J., Genescà, M., Novinec, M., Buzon, M. J., Turel, I., 2022: *Zinc pyridylthione is a potent inhibitor of PLPro and cathepsin L enzymes with ex vivo inhibition of SARS-CoV-2 entry and replication. Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry, 37: 2158–2168.*

Kljun, J., Bratsos, I., Alessio, E., Psomas, G., Repnik, U., Butinar, M., Turk, B., Turel, I., 2013: *New Uses for Old Drugs: Attempts to Convert Quinolone Antibacterials into Potential Anticancer Agents Containing Ruthenium. Inorganic Chemistry, 52: 9039–9052.*

Kljun, J., Anko, M., Traven, K., Sinreih, M., Pavlič, R., Peršič, Š., Ude, Ž., Codina, E., Stojan, J., Lanišnik Rižner, T., Turel, I., 2016: *Pyridylthione-based ruthenium complexes as inhibitors of aldo-keto reductase 1C enzymes and anticancer agents. Dalton Transactions, 45: 11791–11800.*

Rosenberg, B., VanCamp, L., Krigas, T., 1965: *Inhibition of Cell Division in Escherichia coli by Electrolysis Products from a Platinum Electrode. Nature, 205: 698–699.*

Svensson Grape, E., Rooth, V., Nero, M., Willhammar, T., Inge, A. K., 2022: *Structure of the active pharmaceutical ingredient bismuth subsalicylate. Nature Communications, 13: 1984.*

Turel, I., 2002: *The interactions of metal ions with quinolone antibacterial agents. Coordination Chemistry Reviews, 232: 27–47.*

Wohlkonig, A., Chan, P., Fosberry, A. P., Homes, P., Huang, J., Kranz, M., Leydon, V. R., Miles, T. J., Pearson, N. D., Perera, R. L., Shillings, A. J., Gwynn, M. N., Bax, B. D., 2010: *Structural basis of quinolone inhibition of type IIA topoisomerases and target-mediated resistance. Nature Structural & Molecular Biology, 17: 1152–1153.*



Iztok Turel je redni profesor za anorgansko kemijo na Fakulteti za kemijo in kemijsko tehnologijo Univerze v Ljubljani. Je strokovnjak za koordinacijsko kemijo. Skupaj s sodelavci raziskuje predvsem interakcije kovinskih ionov in kompleksov z biološko pomembnimi snovmi in farmacevtskimi učinkovinami ter tudi uporabo kovinskih kompleksov v katalizi. Rezultati tovrstnih raziskav so pomembni za boljše razumevanje načinov in pomena interakcij kovinskih ionov z biološko pomembnimi molekulami. Leta 2016 je za svoje delo prejel Zoisovo priznanje za pomembne znanstvene dosežke v kemiji.

Koncept bolezni v času – iskanje vzrokov in načinov širjenja Od antike do sodobnega časa

Janko Starič

Bolezen, ki jo v grobem razumemo kot nenormalno delovanje organizma, je neločljivi del posameznikovega življenja. Na sprehodu po zgodovini bomo sprva srečali primitivne teorije o izvoru bolezni, ki njihov pojav razlagajo z nadnaravnimi silami, v antiki pa se tem razlagam postavijo ob bok že posvetne teorije nastanka bolezni. Hkrati z iskanjem izvora sta se spreminjali tudi razumevanje načinov širjenja bolezni in ukrepanje proti njej. Posvetne teorije o izvoru in širjenju bolezni se v večji meri nespremenjene obdržijo do konca devetnajstega stoletja, ko odkrijejo vlogo mikrobov v patoloških procesih. Razumevanje, kaj bolezen sploh je, se začne spreminjati, poskuša pa se raziskati tudi izvor nenalezljivih bolezni.

Razlage izvora in širjenja bolezni do srednjega veka

Prve razlage izvora bolezni so bile povezane z razumevanjem nadnaravnih sil. Bolezen je bila kazen za kršenje tabujev ali religioznih načel – v antični Perziji so težave in bolezen prinašali demoni, v Mezopotamiji božanstvo Nergal, ki so ga povezovali z vojno, smrtjo in kužnimi boleznimi, v starem Rimu pa je boginja Febris (latinsko *febris*, vročica, od koder izvira tudi angleški izraz *fever*) utelešala vročice in malarije (Karamanov, Panayiotakopoulos, Tsoucalas, Kousoulis, Androutsos, 2012).

Vzporedno z nadnaravnimi razlagami bolezni se je v petem stoletju pred našim štetjem v antični Grčiji pojavila posvetna razlaga bolezni – vzrok bolezni leži v naravnih pojavih, na katere ne vpliva višja sila. Omenjene teorije naj bi prvi zasnoval Hipokrat, ki ga imamo za začetnika zahodne medicine, kakršno poznamo danes (Custers, 2018).

Hipokrat je razvil teorijo izvora bolezni, ki se je ohranila kar do devetnajstega stoletja – Hipokrat je bil prepričan, da vzrok za nastanek bolezni ni odvisen od volje bogov. Pojav bolezni je utemeljil z neravnovesjem štirih telesnih sokov oziroma humorjev: rumenega žolča, črnega žolča, krvi in sluzi (flegme),

ki so sorodni štirim osnovnim elementom: ognju, zraku, vodi in zemlji ter suhosti, vlažnosti, toploti in mrazu (Nam, 2014). Ta teorija se je imenovala *humorizem* oziroma *humoralna teorija* in po Lexicu (2020) izvira iz latinske besede *hūmor*, ki v osnovi pomeni vlago, mokroto ali tekočino, v srednjem veku pa je prvotni pomen (življenjske) tekočine začel dobivati pomen, podoben današnjemu – »dobro razpoloženje«, in to zaradi srednjeveških predstav, izvirajočih iz grških, da sta dobro razpoloženje in človekovo zdravje odvisni od razmerja omenjenih življenjskih tekočin (Nam, 2014). Da bi človeka ozdravili, so morali odstraniti ali dodati določeno tekočino – predvsem kri. Od tod izvira puščanje krvi kot način zdravljenja, ki ga lahko opazimo še v devetnajstem stoletju.

V drugem stoletju našega štetja pride do nadgradnje Hipokratove humoralne teorije – ravnesje telesnih tekočin naj bi vplivalo tudi na človekov temperament. Od tod izvira tudi ime teorije – *teorija temperamenta* oziroma *osebnosti*, ki jo je v drugem stoletju našega štetja osnoval rimski zdravnik Galen. Vsako od omenjenih telesnih tekočin je povezal z določenim organom (vranico, možganom, jetrom in žolčnikom), njegov najpomembnejši prispevek pa je povezava

tekočin s štirimi človeškimi temperamenti: sangvinikom, kolerikom, melanholikom in flegmatikom. Vsak posameznik je imel enkratno razmerje telesnih sokov – eden izmed njih je bil prevladujoč, kar se je navzven izrazilo kot človekov temperament. Ljudje, pri katerih je izmed telesnih sokov prevladala

kri, so bili srčni, ljubeznivi in komunikativni – označili so jih za sangvinike (latinsko *sanguin*, kri), tisti, pri katerih je prevladoval črni žolč, pa so bili malodušni in brezvoljni – melanholiki (latinsko *melan*, črn, *khole*, žolč). Po teoriji temperamenta so na posameznikovo osebnost in zdravje vplivali tudi

starost, spol in podnebje. S staranjem postane telo po lastnostih bolj suho in hladno, žensko telo pa ima že na splošno bolj hladne in vlažne lastnosti, kar naj bi bil razlog za njihovo omahljivost in menstruacijo. Podnebje na pojav bolezni še ni imelo večjega pomena. Kot bomo videli, tega dobi šele v srednjem veku, se pa predvideva, da podnebje vpliva na lastnosti človeka, te pa seveda na osebnost in zdravje (Nam, 2014).



Puščanje krvi leta 1918 na Švedskem kot zdravilo za epilepsijo. Vir: https://www.researchgate.net/figure/Bloodletting-in-Vaermland-Sweden-1918-Bloodletting-was-used-as-a-cure-for-epilepsy_fig2_269337092.

Humor	Element	Organ	Letni čas	Starost	Lastnost	Temperament
kri	zrak	jetra	pomlad	otročstvo	toplo in vlažno	sangvinik
rumeni žolč	oganj	žolčnik	poletje	mladost	toplo in suho	kolerik
črni žolč	zemlja	vranica	jesen	odraslost	hladno in suho	melanholik
sluz (flegma)	voda	možgani	zima	starost	hladno in vlažno	flegmatik

Preglednica prikazuje osnovne življenjske tekočine (humorje) in razumevanje njihovih vlog.

Hipokrat in Galen sta s teorijo humorjev in temperamentov razložila izvor bolezni, ki prizadene posameznika. Manjkala pa je še razlaga, ki bi pojasnila hitro širjenje bolezni med prebivalstvom. Epidemije so se začele pojavljati skupaj s prvimi oblikami skupnega bivanja. Na njihovo širjenje je vplivala visoka gostota poseljenosti prebivalstva, kar je s seboj prineslo tudi slabše higienske razmere. Hipokrat je spet postavil temelje razumevanja širjenja bolezni za svoje naslednike. Bolezen se je po njegovem pojavila zaradi zemljepisnih in meteoroloških značilnosti določenega ozemlja, v mislih pa je imel predvsem bližino stoječih voda in močvirij. To naj bi botrovalo pojavu malarije, katarja (nabiranje sluzi v dihalnih poteh zaradi vnetja sluznice) in diareje. Galen je naredil korak naprej ter močvirja in stoječe vode povezal s slabim (smrdečim) zrakom, ta pa naj bi bil krivec za širjenje kuge, tuberkuloze in kožnih bolezni. Vpliv smrdečega zraka je opisal tudi rimski arhitekt Marcus Vitruvius Pollio približno šeststo let po Hipokratu v svojem delu *De architectura*, v katerem je kraje v bližini močvirij označil kot neprimerna za gradnjo, saj lahko smrdeči hlapi, ki jih spuščajo močvirska bitja, ob jutrih pripotujejo do mesta in se naselijo v prebivalcih ter jih tako okužijo. Tako se je razvila teorija prenosa bolezni s smrdečim zrakom, ki je okužen s tako imenovanimi *miazmami* – strupenimi hlapi, ki jih povzroča razkrajanje, ti pa lahko napadejo telo in povzročijo obolenja. Vzrok za razmišljanje v

tej smeri je bilo najverjetno povezano s pojavom epidemij v vročih poletnih mesecih, ko je bil zrak bolj vlažen, hkrati pa poln neprijetnih vonjev zaradi razkrajanja odpadkov in človeških fekalij. Razumevanje širjenja bolezni je bilo primitivno, opazimo pa lahko vsaj pravilno smer razmišljanja – bolezni se lažje širijo v nehiigijskih razmerah in v razmerah, ko je možnih prenašalcev okužbe več (Karamanou in sod., 2012).

Obdobje do konca 19. stoletja

Humoralna teorija in teorija temperamenta v srednjem veku ohranita svojo mesto kot glavna krivca za pojav bolezni pri posamezniku, izpopolnjuje pa ju teorija o miazmah. Obe teoriji sta si utrlji pot v muslimanski del sveta, kjer so ju dopolnili (Nam, 2014). Najvidnejši predstavnik muslimanske medicine je bil učenjak in zdravnik Avicenna (poznani tudi kot Ibn Sina), ki je v svojem obširnem delu *Kanon medicine* razpravljal o zdravilnih učinkovinah, njihovih lastnostih in načinu odmerjanja. Pod vplivom teorij Hipokrata in Galena je zdravilne učinkovine razvrstil po lastnostih na hladne, tople, suhe ali vlažne, s čimer se je določila njihova učinkovitost (Nasser, Tibi, Savage-Smith, 2009). Delo *Kanon medicine* si je v enajstem stoletju utrla pot v Evropo, saj je bilo prevedeno v latinščino in v dvanajstem stoletju vključeno v študijski program na univerzi v Parizu in Bologni. Pod vplivom *Kanona medicine*, pa tudi teorije miazem, so kot zdravilne učinkovine veljale tudi azijske začimbe. Pri

bolezni, ki je nastala zaradi neravnovesja humorjev (telesnih tekočin), je bilo treba humorje, ki jih je bilo preveč, odstraniti ali pa nevtralizirati njihov učinek. To so dosegli tako, da so uporabljali zdravilne učinkovine (predvsem azijske začimbe), ki so imele nasprotno lastnosti kot humor, ki ga je bilo v telesu preveč. Črni poper, ki so mu po humoralni teoriji pripisovali suhe in tople lastnosti, so tako uporabljali za zdravljenje bolezni, ki jih je povzročil presežek sluzi (flegme) v telesu, ki ima hladne in vlažne lastnosti. Na priljubljenost azijskih začimb je poleg višje cene in s tem ugleda vplivala tudi ideja, da ima evropsko podnebje

bolj hladne in vlažne lastnosti, kar je lahko vzrok za pojav bolezni, ki bi jih lahko zdravili z azijskimi začimbami, ki izvirajo iz toplejšega in bolj suhega podnebja, kar jim daje tudi enake lastnosti. Poleg popra, ki je bil najpogostejše uporabljena začimba pri zdravljenju, so veliko uporabljali še cimet, ingver, klinčke in muškatni orešček (Nam, 2014).

Azijskih začimb in dišečih zelišč pa niso uporabljali samo proti humoralnim boleznim, ampak tudi proti miazmam. Teorija izvora in prenašanja bolezni z miazmami – slabega, okuženega zraka, je doživela le manjše dopolnilo od antičnih časov. Izvor



Ženska, ki v roki nosi pomme d'ambre kot sredstvo za odišavljanje in preprečevanje okužb z miazmami. Vir: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pourbus_lady_pomander.jpg.

miazem po njihovem prepričanju ni bil več odvisen samo od neugodne zemljepisne lege in razkrajajoče organske snovi, ampak je bil povezan tudi z astrološkimi pojavi, kot so kometi, mrki in lege planetov (Berche, 2012). Leta 1348 je zahodno Evropo opustošila druga pandemija kuge (Spyrou in sod., 2019). Njen pojav je univerza v Parizu pripisala prekrivanju položajev Jupitra, Saturna in Marsa, kar naj bi povzročilo nastanek miazem, te pa epidemijo. Osnovni ukrepi, ki so bili predlagani za zaščito pred kugo, so bili izogibanje miazmam, odpravljanje smrdečega zraka s kurjenjem aromatskih rastlin, njihova uporaba v prehrani ter redno puščanje krvi. Med premožnejšimi se je kot zaščita pred kugo uveljavilo tudi nošenje mošnjičkov, tako imenovanih *pommes d'ambre* (jantarjevih jabolk), napolnjenih z začimbami, kot so bili poper, ingver, kurkuma in cimet (Nam, 2014).

Prvi premik k novemu pogledu na prenašanje bolezni se je zgodil v renesansi. Italijanski fiziolog, pesnik in matematik Girolamo Fracastoro je v šestnajstem stoletju na podlagi opazovanj epidemičnega širjenja kuge, sifilisa in tifusa na današnjem območju Italije v svojem znanstvenem delu *De contagione et contagiosis morbis* (*O okužbi, kužnih boleznih in njihovem zdravljenju*) predvidel tri načine epidemičnega širjenja bolezni. Bolezen naj bi se širila s tako imenovanimi semeni (v angleščini *germs*), ki se lahko širijo z neposrednim stikom kot na primer sifilis in gonoreja, s predmeti, ki so bili v stiku z obolelim, ali pa z zrakom, kot naj bi se širile tuberkuloza in črne koze. Fracastoro semen, ki jih je opisal kot način prenašanja bolezni, ni dojemal kot žive organizme, ampak kot kemične snovi, ki lahko na svojvrsten način izhlapijo in se širijo po ozračju, velja pa poudariti, da je že predvidel, da so za vsako bolezen značilna druga semena (Karamanou in sod., 2012).

Fracastro je tako že predvidel osnovne načine širjenja nalezljivih bolezni, ki veljajo še danes, minilo pa je še tristo let, preden je

Pasteur potrdil njegova opažanja in »semena« prepoznal kot žive organizme. Razlog za to je bil, da so izobraženi krogi tedanjega časa podpirali idejo spontanega nastanka žive materije – šlo je za Aristotelovo teorijo o abiogenezi. V svojih delih je pisal, da živa bitja spontano nastanejo iz nežive narave, saj naj bi ta vsebovala tako imenovano življenjsko silo. Tako naj bi miši spontano nastale iz pšeničnih zrn, muhe pa iz pokvarjenega mesa. Ta teorija je še po obdobju renesanse obdržala svoj pomen, kljub Leeuwenhoekovemu izumu mikroskopa ter poskusih Francesca Redija, da bi teorijo ovrzel. V svojih eksperimentih je skušal dokazati, da mušje ličinke (živa narava) ne nastanejo spontano iz pokvarjenega mesa (nežive narave), kot so takrat verjeli. V svojem prvem poskusu je en kos mesa pustil na odprtem, drugega pa je zaprl v kozarec. V nezaščitenem kosu mesa je prišlo do razkroja, kmalu so se zaredile mušje ličinke, kos mesa, ki je bil zaprt, pa se je prav tako začel razkrajati, niso pa se pojavile ličinke muh. Zagovorniki teorije abiogeneze so trdili, da je z zaprtjem kozarca onemogočil dostop tako imenovane življenjske sile, ki bi omogočila nastanek ličink iz mesa. Poskus je ponovil, le da je namesto s pokrovom zaprl kozarec z mrežico, da bi življenjska sila lahko prišla do mesa. Poskus je imel enak izid kot tisti brez mrežice. Kljub njegovim dognanjem sta se teorija o abiogenezi in prepričanje, da živa bitja nastanejo iz nežive narave, ohranili (Karamanou in sod., 2012).

V osemnajstem stoletju ni bilo napredka pri iskanju izvora in širjenja bolezni. Skokoviti preboj se je zgodil šele sredi devetnajstega stoletja s poskusi francoskega kemika Louisa Pasteurja, s katerimi je bila dokončno ovržena teorija o abiogenezi. Pasteur se je ukvarjal s preučevanjem fermentacije mleka, vina in piva. V njegovem času je bila sprejeta teza, da fermentacijo povzročajo tako imenovani fermenti. K fermentom so štel različne vrste kvasa, ki so ga tudi že opazovali pod mikroskopom, a ga niso imeli za živ mi-

kroorganizem, ampak zgolj za kompleksno kemično snov, ki je izvirala iz piva samega in tako povzročila njegovo fermentacijo. Pasteur je razširil svoja raziskovanja. Sodeloval je pri preučevanju piva, ki ni fermentiralo, ampak se je pokvarilo. Pod mikroskopom je takrat opazil »globule« (videl je bakterije), ki so bile še manjše od prej opaženega kvasa. Previdel je, da gre za žive mikroorganizme, ki pokvarijo pivo in preprečijo fermentacijo. Svoje prepričanje o kvasu in »globulah« kot živih organizmih je skušal potrditi z opazovanjem kvasov pod mikroskopom – več kot jih je bilo, hitreje je fermentacija potekala, ko pa so se nehali množiti, je bil postopek fermentacije končan. Sklepal je, da gre za žive organizme, ki se razmnožujejo, uničil pa bi jih lahko z visoko temperaturo, čemur danes pravimo pasterizacija. Njegova predvidevanja so bila pravilna – mešanica, ki so jo segreli, ni fermentirala ali pa se pokvarila, kar je pomenilo, da kvas in »globule« ne morejo izvirati iz piva samega, ampak gre za živ organizem, ki pride od drugod. Z nadaljnjimi poskusi v letih od 1857 do 1873 je potrdil obstoj mikroskopsko majhnih živih organizmov in tako osnoval teorijo mikrobov, poznano pod izrazom *the germ theory*, in hkrati ovrgel dva tisoč let staro teorijo o abiogenezi. S svojo teorijo je potrdil obstoj mikroorganizmov, ki povzročajo fermentacijo. Kmalu zatem je po raziskovanju bolezni ličink sviloprejk in glivičnih okužb poljščin začel iskati še analogijo med fermentacijo in nastankom bolezni. Predvidel je, da bolezni povzročajo mikroorganizmi. Bolezen bi potemtakem z uničenjem mikroorganizmov lahko preprečili, podobno kot se prepreči fermentacija. Težava je bila v tem, da je za uničenje mikrobov potrebna visoka temperatura, ki pa za zdravljenje okuženega človeka seveda ne pride v poštev (Berche, 2012). To težavo je s pomočjo Pasteurjevih dognanj premostil škotski kirurg Joseph Lister. Veliko njegovih bolnikov je po operacijah umrlo zaradi gangrene, ker so se rane okužile. Po Pasteurjevih izsledkih pa za okužene rane

ni bil kriv zrak sam, ampak mikroorganizmi v njem. Če bi torej uničil te mikroorganizme, bi lahko preprečil vnetja. Leta 1867 je za negovanje ran in razkuževanje kirurškega orodja začel uporabljati karbolično kislino (fenol), ki se je pred tem začela uporabljati v kanalizacijskih odtokih za preprečevanje smradu razpadajočih organskih snovi. S tem je postal pionir antiseptične kirurgije (Thagard, 1996).

Sledila je zlata doba bakteriologije. V dvajsetletnem obdobju so odkrili večino bakterij, ki so bile povzročiteljice nalezljivih bolezni. Glavno vlogo je imel nemški znanstvenik Robert Koch, ki je potrdil sume, da lahko izbrano bolezen povzroča le natančno določena vrsta mikroba in ne več vrst, kot se je sprva verjelo. Koch je izoliral in prepoznal vibrio kolere ter bacila antraksa in tuberkuloze (Karamanou, 2012).

Prehod v 20. stoletje

Prepoznava povzročiteljev nalezljivih bolezni je povzročila revolucijo v medicini. Po odkritju in uporabi antibiotikov v tridesetih letih se je smrtnost zaradi okužb zmanjšala, uporaba elektronskih mikroskopov pa je konec tridesetih let prejšnjega stoletja potrdila obstoj virusov, ki so še manjši od tedaj poznanih bakterij in gliv. Človekova pričakovana življenjska doba je skokovito narasla. Z napredkom znanosti in odkritjem diagnostičnih metod so poleg izvora nalezljivih bolezni odkrili dedne bolezni, ki izvirajo iz genskih napak, avtoimunske bolezni, ki izvirajo iz napačnega delovanja imunskega sistema, ter potrdili obstoj bolezni zaradi pomanjkanja hranilnih snovi (Thagard, 1996).

Razvoj industrije in koncepta bolezni

Kolera in tuberkuloza, ki ju je prepoznal Koch, sta bili značilni za obdobje od srede devetnajstega do začetka dvajsetega stoletja, saj sta bili povezani s slabimi razmerami delavcev v industrijski kapitalistični proizvodnji (Jaunig, Zupanič Slavec, 2012). Širjenje obeh bolezni je povezano z nastankom

moderne družbe po industrijski revoluciji v devetnajstem stoletju. Pojav kapitala narekuje čim večjo produktivnost in ustvarjanje dobička. Nastajati začnejo velika industrijska mesta in nov družbeni razred – delavski razred. Družbena ureditev s tem postane bolj zapletena, povečuje se potreba po njenem nadzoru in urejanju, predvsem pa po institucionaliziranem nadziranju širjenja bolezni, saj so bile slabe delovne razmere (celodnevno delo, malo počitka, neustrezna prehrana in higiena) eden od glavnih razlogov za širjenje kolere in tuberkuloze. Tako se je konec devetnajstega stoletja začela razvijati družbena medicina, ki pa ni poudarjala več samo posameznika, ampak institucionalizirano preprečevanje bolezni predvsem znotraj nekaterih družbenih slojev. Začel se je razcvet preventivne (preprečevalne) medicine, ki je začela opozarjati na pomen higiene za preprečevanje bolezni, uvajati so začeli obvezno cepljenje, za nadzor širjenja tuberkuloze pa ustanavljati posebne sanatorije, ki so omogočali zdravljenje obolelih, hkrati pa njihovo izolacijo, da bi preprečili širjenje takrat še neozdravljive bolezni. Z institucionaliziranim preprečevanjem bolezni se začne pojavljati tudi nov koncept bolezni. Bolezen ni bila več samo nenormalno delovanje organizma posameznika – čedalje bolj se kaže njena povezava z družbenimi razmerami in družbeno ureditvijo. Bolezen začnejo razumevati kot vrsto odklonskosti (odstopanja od družbenih norm), saj oboleli posameznik ne more opravljati svojih družbenih vlog - industrijski delavec na primer ne more opravljati svojega dela (Jaunig, Zupanič Slavec, 2012). Medicina je tako dobila vlogo določanja norm in odklonov od norm, diagnosticiranje (prepoznavanje) bolezni pa tako dobi poseben pomen – nakazuje, kaj je družba v določeni kulturi pripravljena sprejeti kot normalno in kaj ima za deviantno oziroma bolezensko, kar naj bi bilo treba zdraviti (Jutel, 2009). Za primer lahko vzamemo spremembo dožemanja hazarderstva, promiskuitete (menjavanja spolnih partner-

jev) in alkoholizma. Če so bili to do tedaj samo moralni prekrški ali uživaštvo, jih konec devetnajstega stoletja začnejo obravnavati kot patološka nagnjenja, kot bolezni, ki jih je treba zdraviti in omejiti (Rosenberg, 2002).

Glede na razumevanje koncepta bolezni sta se ustvarila dva glavna pogleda – naturalistični in normativni. Po naturalističnem pogledu je koncept bolezni in zdravja mogoče določiti zgolj na podlagi biološkega delovanja organizma določene vrste, kar mu prinese največje možnosti za preživetje in razmnoževanje, normativni pogled pa zagovarja tezo, da je razmejitev med boleznijo in zdravjem nerazdružljivo povezana tudi z družbenimi normami in vrednotami določenega obdobja (Khushf, 2007). Svetovna zdravstvena organizacija (WHO, 2020) od leta 1948 razlaga zdravje kot stanje popolne telesne, psihične in socialne blaginje in ne zgolj kot odsotnost bolezni. Na podlagi te opredelitve lahko vidimo, da je razumevanje koncepta bolezni dinamično, opredelitev pa leži nekje med normativno in naturalistično teorijo.

Da je koncept bolezni res dinamičen in hkrati odvisen od biološkega delovanja organizma, pa tudi od družbenega okvira, dokazujejo na primer spreminjajoče se diagnoze bolezni. Odvisnost koncepta bolezni od biološkega delovanja organizma lahko opazimo že pri humoralni teoriji, ki je bolezen prav tako kot Pasteurjeva in Kochova teorija o mikrobih že povezala z delovanjem organizma, ne pa tudi z družbenimi okoliščinami. Vpliv družbene ureditve se najbolje vidi, če pogledamo bolezni, ki so bile na novo ugotovljene in določene. Za najpreprostejši primer lahko vzamemo prepoznavanje debelosti kot bolezni, kjer se prepletata normativno in naturalistično razumevanje bolezni. Na spremembo odnosa do obilnega telesa je po Eknoyanu (2006) najbolj vplivala sprememba v dostopnosti hrane in njenem načinu priprave. Do agrikulturnih sprememb v devetnajstem stoletju je bilo

hrane malo, zato je bila debelost povezana s premožnostjo in izobiljem. Samo spomnimo se kipca Venere iz Willendorfa – obilno telo je bilo znak plodnosti in življenja, nato je postalo nezaželeno v antiki (moško telo in športna postava) in spet znak razkošja in zdravja od srednjega veka naprej. V dobi renesanse, še bolj pa v baroku, opazimo na umetninah obilna telesa, v literarnih delih pa se je debelušnim likom pripisovalo veselje do življenja in ljubeznive lastnosti, suhim likom pa zagrenjenost in nezadovoljstvo. V osemnajstem in devetnajstem stoletju se pridelava hrane začne spreminjati – hrana postane dostopnejša. S Pasteurjevim od-

kritjem pasterizacije in razvojem kemičnih konzervansov je prišlo do hitrega razvoja konzerviranja hrane. Hrana za večino razvitega sveta postane široko dostopna po drugi svetovni vojni, hkrati pa se zmanjša telesna aktivnost. Sredi dvajsetega stoletja je začela debelost dobivati negativni pomen – v šestdesetih letih jo Svetovna zdravstvena organizacija označi kot svetovno epidemijo, ki škoduje javnemu zdravju po vsem svetu. Sprememba odnosa do obilnega telesa je poleg družbeno-kulturnih sprememb tudi rezultat napredka medicine, ki je v šestdesetih letih odkrivala povezave med debelostjo in kroničnimi obolenji srčno-žilnega sistema,

Sprememba družbenega odnosa do obilnosti. Levo Twiggy (po naše Trlica), ena od prvih slavnih supermodelov in najstniški idol v šestdesetih letih, desno pa Rubensova upodobitev ženskih teles. Vir: <https://www.pinterest.com/pin/486951778451747400/> in <https://parkstone.international/2012/09/13/rubens-making-women-look-good-since-1698/>.



ne gre pa zanemariti kulturnega vpliva, saj v državah v razvoju debelost še zmeraj nima negativnega prizvoka.

Absurden primer vpliva družbenih norm določenega zgodovinskega obdobja na razumevanje bolezni je tudi bolezen drape-tomanija, ki jo je leta 1851 v svojem delu ameriški zdravnik Samuel A. Cartwright opisal kot resno duševno bolezen plantažnih sužnjev, ki se je kazala kot poskus pobega sužnjev od svojih gospodarjev. Razlog za pojav bolezni naj bi bilo poleg psihičnih težav sužnjev tudi popustljivost sužnjelastnikov. Znaki te duševne bolezni naj bi bili nejevolnost, trma in nezanimanje za delo, kar bi sužnjelastnik lahko sam pozdravil z bičanjem ali pa z odstranitvijo nožnih palcev (Myers, 2014).

Družbeni kontekst je imel velik vpliv tudi na spolne prakse. Samozadovoljevanje so v osemnajstem in devetnajstem stoletju imeli za bolezen, ki so ji pripisovali množico znakov in simptomov. Temelj razumevanja samozadovoljevanja kot bolezni naj bi postavil švicarski zdravnik Samuel Auguste Tissot v delu *L'Onanisme (Onanija)*. V njem je opisal, da spolna aktivnost, predvsem pa samozadovoljevanje, izčrpa človeka, ker ima »izguba« semena podoben učinek kot izguba večje količine krvi. Izobraženi krogi so njegovo teorijo sprejeli in razširili – samozadovoljevanje je postalo vzrok za epilepsijo, slepoto, naglušnost, glavobole, spolno nezmožnost, izgubo spomina, srčne težave, povzročala pa naj bi tudi iznakaženje ženskih spolnih organov. Seznam simptomov in znakov se je z leti samo še daljšal – končno naj bi samozadovoljevanje vodilo v hiranje človeka in norost, ljudi pa so zaradi samozadovoljevanja tudi zdravili v bolnišnicah (Engelhardt, 1974).

Homoseksualnost je drugi primer spolnosti in njene povezave z družbenimi normami. Do leta 1990 sta Ameriško psihiatrično združenje (APA) in Svetovna zdravstvena organizacija homoseksualnost imeli za bolezen, kar se da utemeljiti z naturalistično

razlago koncepta bolezni. Christopher Boorse, vidnejši predstavnik naturalizma, je za normalno funkcijo organizma imel statistično značilne lastnosti, ki so organizmu omogočale preživetje in razmnoževanje – homoseksualnost pa razmnoževanja ne omogoča. Razlog za opustitev razumevanja homoseksualnosti kot patologije pa naj bi bila prav sprememba družbe in s tem njenih norm in vrednot (Powell in Scarffe, 2019).

Zaključek

Iskanje izvora bolezni je bil razgiban, več kot dva tisoč let trajajoči proces, v katerem se je oblikovalo in spreminjalo človekovo razumevanje telesa, narave in njegovega mesta v družbi. Od nadnaravnega je človek prišel k naravnemu – v antiki je s humoralno teorijo kot vir bolezni prepoznal svoje telo, s teorijo miazem pa svojo okolico. S širjenjem razumevanja ustroja narave je nadgrajeval obe teoriji, njun vpliv pa s teorijo temperamenta razširil tudi na področje psihologije, dokler nista bili obe teoriji ovrženi s Pasteurjevim in Kochovim odkritjem bakterij – s tedanjimi metodami komaj opaznih mikroorganizmov, ki so skupaj z glivami in virusi predstavljali izvore nalezljivih bolezni in njihovega prenašanja. Odkritje je povzročilo popolni preobrat razumevanja bolezni, kar je omogočilo skokoviti napredek znanosti in pojav novih vej medicine, ki so se ukvarjale z zdravjem na množični ravni. Spreminjanje družbene ureditve je povzročilo tudi spremembo koncepta bolezni, ki poudarja tudi pomen družbenih norm in vrednot pri določanju, kaj je bolezen.

Zahvala

Rad bi se zahvalil prof. dr. Zvonki Zupanič Slavec, ki je dala pobudo za nastanek tega članka in s tem širila moja obzorja, ter mojim domačim, ki so prvi prebrali ta članek.

Literatura:

Berche, P., 2012: *Louis Pasteur, from crystals of life to vaccination. Clinical microbiology and infection: the official publication of the European Society of Clinical*

- Microbiology and Infectious Diseases*, 18, Suppl. 5: 1–6.
- Custers, E. J. F. M., 2018: *Training Clinical Reasoning: Historical and Theoretical Background*. In: ten Cate, O., Custers, E. J. F. M., Durning, S. J., (uredniki): *Principles and Practice of Case-based Clinical Reasoning Education: A Method for Preclinical Students*. Cham: Springer, 21–33.
- Eknoyan, G., 2006: *A History of Obesity, or How What Was Good Became Ugly and Then Bad*. *Advances in Chronic Kidney Disease*, 13 (4): 421–427.
- Engelhardt, H., 1974: *The disease of masturbation: values and the concept of disease*. *Bulletin of the History of Medicine*, 48 (2): 234–248.
- Jaunig, S., Zupanič Slavec, Z., 2012: *Tuberkuloza, naša ljudska, delavska in kmetijska bolezen*. *Zgodovinski časopis*, 66 (3/4): 362–385.
- Jutel, A., 2009: *Sociology of diagnosis: a preliminary review*. *Sociology of health & illness*, 31 (2): 278–299.
- Karamanou, M., Panayiotakopoulos, G., Tsoucalas, G., Kousoulis, A. A., Androutsos, G., 2012: *From miasmas to germs: a historical approach to theories of infectious disease transmission*. *Le infezioni in medicina*, 20 (1): 58–62.
- Khushf, G., 2007: *An agenda for future debate on concepts of health and disease*. *Medicine, health care, and philosophy*, 10 (1): 19–32.
- Lexico. Oxford, <https://www.lexico.com/definition/humour>. Pridobljeno 27. 7. 2020.
- Myers, B. E., 2014: *»Dragnetomania«: Rebellion, Defiance and Free Black Insanity in the Antebellum United States*. Doktorsko delo. Los Angeles: University of California.
- Nam, J.-K., 2014: *Medieval European Medicine and Asian Spices*. *Ui sabak*, 23: 319–42.
- Nasser, M., Tibi, A., Savage-Smith, E., 2009: *Ibn Sina's Canon of Medicine: 11th century rules for assessing the effects of drugs*. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 102 (2): 78–80.
- Powell, R., Scarff, E., 2019: *Rethinking »Disease«: a fresh diagnosis and a new philosophical treatment*. *Journal of Medical Ethics*, 45: 579–588.
- Rosenberg, C. E., 2002: *The tyranny of diagnosis: specific entities and individual experience*. *The Milbank quarterly*, 80 (2): 237–260.
- Spyrou, M. A., Keller, M., Tukhbatova, R. I., Scheib, C. L., Nelson, E. A., Andrades Valtueña, A., in sod., 2019: *Phylogeography of the second plague pandemic revealed through analysis of historical Yersinia pestis genomes*. *Nature communications*, 10 (1): 4470.
- Thagard, P., 1996: *The Concept of Disease: Structure and Change*. *Communication and Cognition*, 29: 445–478.
- World Health Organization. Switzerland: WHO, <https://www.who.int/about/who-we-are/frequently-asked-questions>. Pridobljeno 27. 7. 2020.



Janko Starič je študent petega letnika dentalne medicine na Univerzi v Ljubljani, kjer pogloblja svoje znanje, zanimanje in veselje za opravljanje bodočega poklica. Preden povsem zaplava v stomatološke vode, z veseljem širi svoje raziskovanje tudi na druga področja medicine ter znotraj njih odkriva povezavo družboslovnih in naravoslovnih znanosti. Da pa se celotno življenje ne vrti samo okoli študija in kasneje poklica, razvija tudi svoje konjičke, od gorništvu in plezanja do igranja violine in drugih glasbil.

Konodonti – verjetni predniki vretenčarjev

Tea Kolar – Jurkovšek

Namen pričujočega sestavka je seznaniti bralce z novjšimi dokazi o zanimivi fosilni živalski skupini, ki je v zadnjih desetletjih prevzela pomembno mesto v biostratigrafiji paleozojskih in triasnih plasti. Konodontne živali uvrščamo v samostojni razred strunarjev. Celotna skupina je izumrla v času triasno-jurskega intervala zaradi naglih sprememb v okolju, povezanih predvsem z napredujočim razpadanjem nadceline Pangea. V kamnini so se le v redkih primerih na svetu ohranili fosili celih živali, zato vsa konodontna filogenija temelji na drobnih, zobem podobnih fosfatnih elementih, ki jih z raztapljanjem kamnine, najpogosteje v mravljinčni ali očetni kislini, pridobimo iz morskih sedimentnih kamnin. Gre za bilateralno simetrično razporejene zobcem podobne elemente, ki so bili nameščeni v začetnem delu prebavnega trakta konodontne živali. Prvič jih je opisal Heinz Christian Pander (1794–1865) iz devonskih in silurskih plasti ob Baltiškem morju. Izvor, pripadnost in pomembnost teh elementov so bili dolgo časa neznani in že v pionirski dobi preučevanja skupine so postopoma ugotovili njihovo kronostratigrafsko vrednost. V modernem obdobju konodontnih raziskav so postajali vse pomembnejši fosili za določevanje relativne geološke starosti plasti. Kratka kronostratigrafska in velika geografska razširjenost postavljata konodontne ob bok pomembnim vodilnim fosilom, na podlagi katerih temelji členitev paleozojskih in triasnih morskih sedimentnih kamnin.

Konodonti (grško: *kōnos*, stožec, *dont*, zob) so izumrli zgodnji vretenčarji, podobni jeguljam in uvrščeni v samostojni razred Conodonta. Znani so pretežno le po zobem podobnih tvorbah iz apatita (kalcijevega fosfata), velikih od 0,2 do 6 milimetra, ki jih najdemo v paleozojskih in triasnih morskih sedimentnih kamninah po svetu, raziskujemo pa jih kot mikrofosile. Konodontni elementi so edini skeletni deli živali. Njihova kemična sestava in njihova odpornost sta omogočili, da so se v kamninah kot fosil ohranili v dolgih časovnih obdobjih. Ker je bil večji del konodontnih živali iz mehkega tkiva, so se te cele živali redko fosilizirale, zato je bila njihova biološka pripadnost dolgo časa neznana. Poznavanje njihovih mehkih tkiv je razmeroma skromno in šele odkritje njihovih odtisov konec dvajsetega stoletja je pomenil premik v študiju te skupine. Fosili bolj ali manj celih živali, čeprav maloštevilni, razkrivajo njihovo bilateralno sime-

trijo, hrbtno struno, lego konodontnih elementov v začetnem delu prebavnega trakta, razmeroma velike oči in plavuti ter ne nazadnje tudi njihovo velikost, ki ni presegala štiridesetih centimetrov. Glede na geološko zelo zgodnji čas pojava prvih konodontnih živali bi bila morda dovoljena tudi trditev, da spadajo med prednike sodobnih vretenčarjev. O konodontih je *Proteus* že poročal, med drugim Ramovš v članku z naslovom *Konodonti – zagonetna živalska skupina* omenja njihovo možno sorodnost s škrgoustko (Ramovš, 1989). Vedno več dokazov potrjuje uvrstitev konodontov v samostojni razred, ki vsebuje več redov. Njihov izvor in filogenija zlasti konodontom podobnih skupin pa še nista povsem pojasnjena.

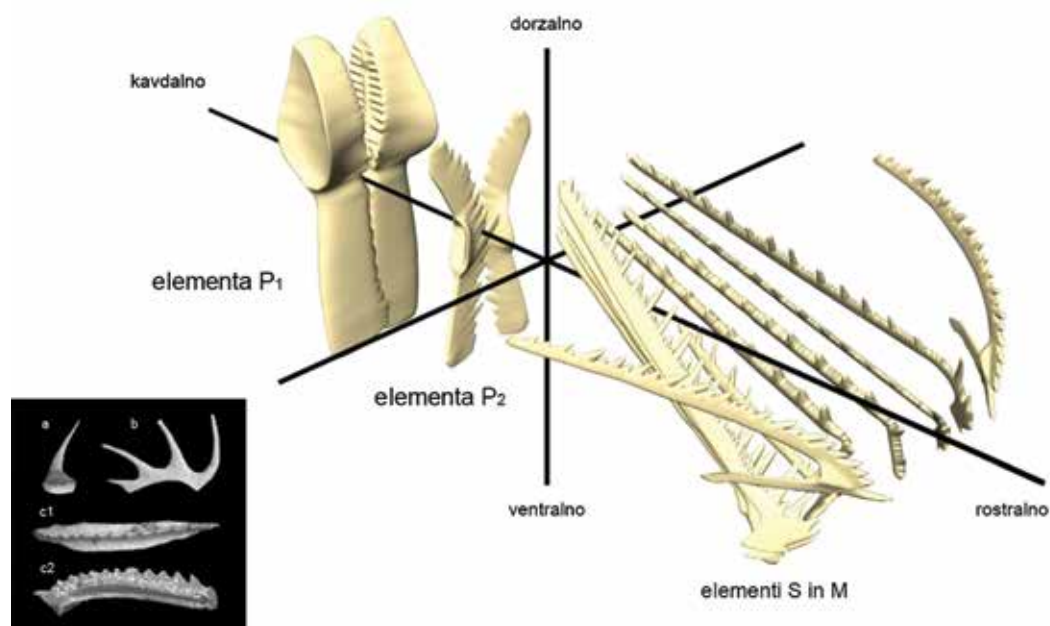
Sprva so nekateri raziskovalci konodontne živali povezovali z brezčeljustnicami (Agnatha), vendar so bili ti organizmi drugačni od vseh današnjih živali. Konodontni aparat, ki najpogosteje vsebuje petnajst raz-

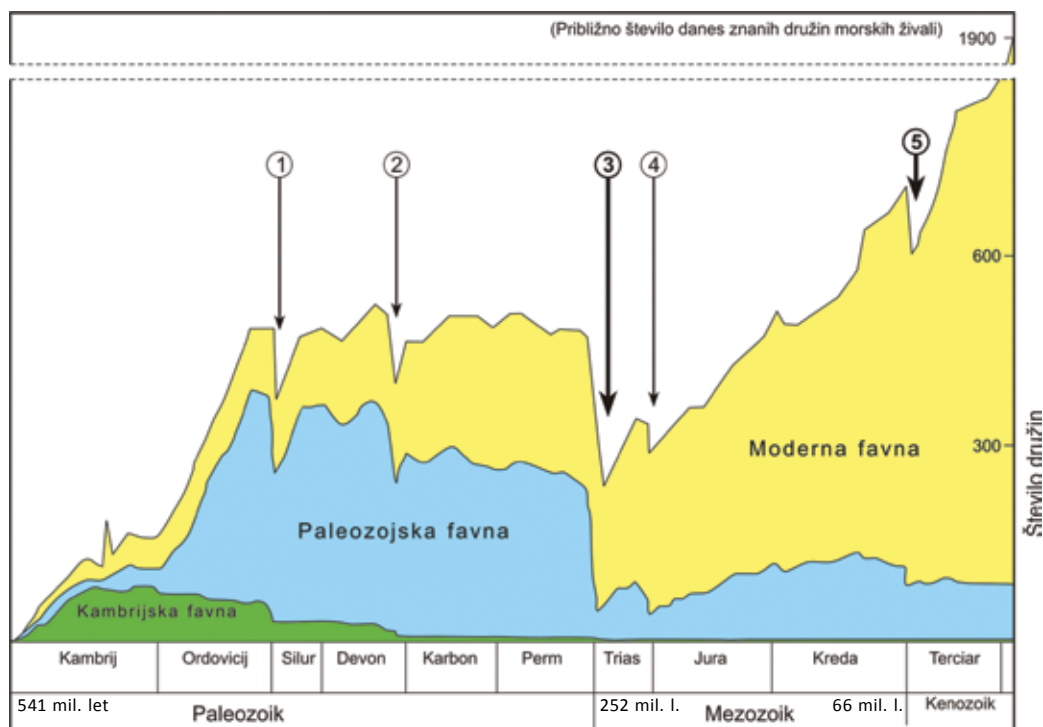
ličnih elementov, je bistveno drugačen od čeljusti sodobnih vretenčarjev. Razlikujemo tri osnovne oblike elementov: stožčaste, vejnate in ploščaste; oblika je odvisna od njihove funkcije v prehranjevanju. Kompleksna zgradba konodontnega aparata kaže na več različnih načinov prehranjevanja. Konodonti so bili sicer dobri plavalci, vendar je le malo verjetno, da so bili aktivni plenilci. Sestava konodontnega aparata kaže, da so se najverjetneje prehranjevali z živalskim planktonom. Uporaba vrstičnega elektronskega mikroskopa je pokazala celo znake obrabe nekaterih konodontnih elementov in pripeljala do zaključka, da je žival verjetno proizvedla le en niz konodontov v času svojega življenja.

Najzgodnejši konodonti so se pojavili verjetno že v predkambriju, zanesljivo pa je njihova prisotnost potrjena v spodnjekambrijskih morskih sedimentih. Po njihovem

hitrem razvoju in razširjenosti v kambriju je zaradi globalnih podnebnih sprememb sledilo še nekaj večjih nihanj števila njihovih rodov. Največje izumiranje v zadnjih 550 milijonih let zemeljske zgodovine, med permom in triasom, v katerem je izginilo kar šestindevetdeset odstotkov vseh morskih vrst, je ogrozilo tudi konodontne. Razmema kmalu je sledil ponovni razcvet, ki je trajal vse do poznega triasa, ko je postopoma pričelo upadati število konodontnih rodov, vzporedno pa se je manjšala tudi njihova velikost. Izumrtje konodontov sodi v sklop triasno-jurskega izumiranja, ki glede na število izginulih skupin organizmov po končnem učinku zaseda četrto mesto med petimi glavnimi epizodami množičnega izumrtja v geološki zgodovini Zemlje. Zagotovo so bili glavni sprožilci dokončnega izumrtja konodontov tesno povezani z napredujočim razpadanjem nadceline s

Risba živali s konodontnimi elementi, ki so razporejeni v kompleksnem aparatu in so imeli vlogo pri prehranjevanju. Levo spodaj: trije tipi konodontnih elementov – primerki so bili najdeni v najmlajših triasnih plasteh profila Kobla. Privrejeno po Purnell, Donoghue, 1997, Kolar – Jurkovšek, Jurkovšek, 2019.





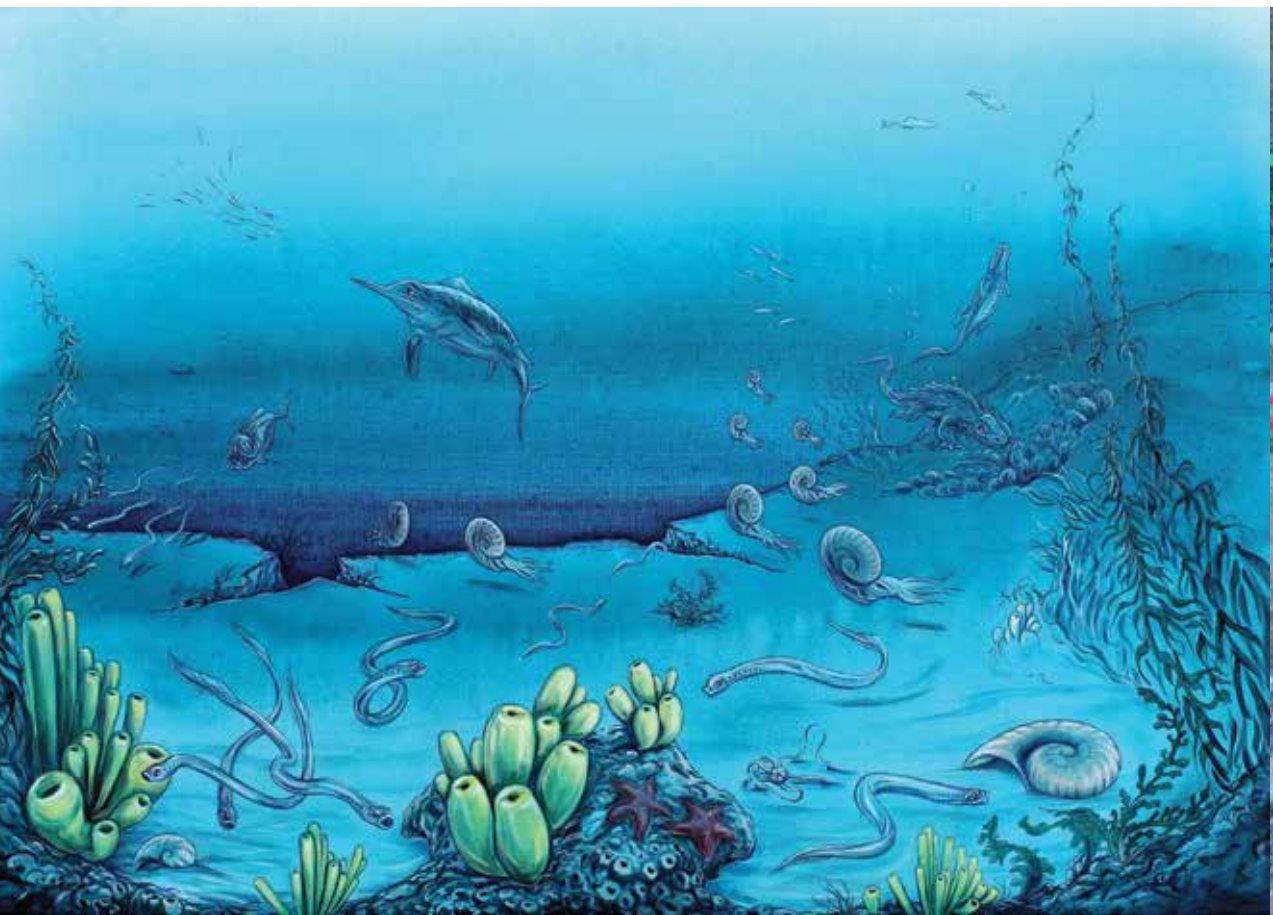
Spremembe števila družin morskih nevretenčarjev v fanerozoiku z označenimi petimi velikimi izumiranjmi. Prirejeno po Sepkoski, 1984, Isozaki, 2009, Jurkovšek, Kolar – Jurkovšek 2021.

spremljajočo močno povečano vulkansko aktivnostjo. Vzporedni pojavi, kot so morska anoksija (pomanjkanje kisika v morju), sprememba višine morske gladine in kislosti morske vode ter sproščanje strupenih snovi v okolje, so delovali na organizme enako pogubno kot v času permsko-triasne katastrofe. Tudi na konodontne živali so spremembe v morskem okolju v boju za preživetje delovale zelo obremenilno. Njihovo postopno upadanje kaže, da je šlo za več stopenj izumiranja. Zdi se, da se izumrtje konodontov ujema tudi z razvojem dinoflagelatov in prvim pojavom apnenčevih nanofosilov.

Konodontne živali so naseljevale številne morske življenjske prostore. Med njimi so tako odprtomorske oceanske vrste kot tudi vrste, ki so se prilagodile plitvomorskim razmeram obcelinskih morij. Naseljevale so

morja od tropskega do zmernege pasu in celo hladnejša morja visokih zemljepisnih širin.

Zato so številne med njimi izjemno pomembne za razumevanje paleoekoloških in paleogeografskih razmer v paleozoiku in triasu. Prve raziskave konodontov pri nas segajo v čas izdelave *Osnovne geološke karte Jugoslavije 1:100.000*, to je v šestdeseta leta preteklega stoletja. Konodontne raziskave so še danes ena od najpomembnejših paleontoloških metod za določanje relativne starosti kamnin, ki jih opravljamo na Geološkem zavodu Slovenije. V Sloveniji je najstarejših paleozojskih kamnin le malo na površini, pa še te običajno ne vsebujejo vodilnih makrofosilov, na katerih temelji *ortostratigrafija*. Tudi v mlajšem delu paleozoika in v starejšem delu mezozoika si marsikje ni mogoče pomagati z vodilnimi makrofosili, saj so nji-



Rekonstrukcija zgornjetriasnega morskega okolja s konodontnimi živalmi. Avtorica: Barbara Jurkovšek.

hove najdbe na površini razmeroma redke, zaradi velikosti pa je vprašljiva tudi njihova ohranjenost, ki je za natančno določitev fosila zelo pomembna. In tu stopijo v veljavo fosili tistih skupin organizmov, ki so bili zaradi svoje majhnosti v preteklosti pogosto spregledani in na videz nepomembni. V Zemljini zgodovini se je pojavljalo nešteto vrst foraminifer, radiolarijev, diatomej, kokolitoforidov in drugih mikroorganizmov, ki so se prav tako naglo kot zveličavni amoniti ves čas odzivali na spremembe v okolju. Kljub majhnosti jih je v kamnini marsikdaj lažje najti kot njihove velike sodobnike – makrofosile – in praviloma jih je mnogo več.

Številne prepoznamo v mikroskopskih preparatih – zbruskih, nekatere lahko izlužimo iz kamnine s kemikalijami, kot so vodikov peroksid, glauberjeva sol in podobne, pri drugih oponašamo naravne procese in kamnino večkrat zaporedoma zamrzujemo in tajamo, včasih celo kuhamo. Fosile organizmov, ki so imeli kremenčev skelet, kot so radiolariji, pridobimo iz kamnine z namakanjem v agresivnejših kislinah. V to skupino spadajo tudi konodonti, ki so v zadnjih desetletjih prevzeli pomembno vlogo vodilnih fosilov in uspešno nadomeščajo amonite pri raziskavah paleozojskih in triasnih kamnin. Danes je znano, da so konodontne živali



*V prehodnih plasteh profila Lukač pri Žireh je bila na podlagi konodontne vrste *Hindeodus parvus* določena geološka meja med starim in srednjim zemeljskim vekom. Foto: Bogdan Jurkovšek.*

naseljevale bolj odprtomorske biotope, podobno kot amoniti, zato z njimi v zadnjih desetletjih vse uspešneje določamo relativno starost plasti tam, kjer so amoniti in drugi vodilni fosili redki ali pa se sploh niso ohranili.

Zagotovo so bili konodonti ena od najuspešnejših živalskih skupin, saj so naseljevali Zemljo več kot tristo milijonov let. Ves čas so se hitro razvijali, dosegali veliko geografsko razširjenost, njihovi fosili pa so prisotni v kamninah zelo kratkih geoloških obdobj, kar je osnovna značilnost dobrih vodilnih fosilov. Zato so prav konodonti med najbolj uporabnimi fosili za določanje relativne sta-

rosti kamnin in za posodobitev poznavanja paleozojskih in triasnih plasti. Na podlagi njihovih združb so bile revidirane in natančneje določene meje mnogih geoloških obdobj paleozoika in triasa. Ugotovljene so bile številne konodontne cone, od katerih nekatere obsegajo zelo kratka časovna obdobja. Verjetno nobena druga biostratigrafska metoda datiranja, ki je trenutno na voljo, ne presega njihove natančnosti. Konodonti so pomembni tudi za študij paleogeografije paleozojskih in triasnih plasti v svetu, pri geološkem kartiranju, raziskavah mineralnih surovin in tako dalje.



Pelagične karnijske plasti (zgornji trias) na Kozji dnini pod Triglavsko severno steno vsebujejo pogoste konodontne elemente. Foto: Bogdan Jurkovšek.

Slovarček:

Anoksija. Odsotnost ali zelo hudo pomanjkanje kisika v morju.

Biostratigrafija. Veja stratigrafije, ki se osredotoča na primerjavo in določanja relativne starosti kamnin na podlagi fosilnih združb, ki jih vsebujejo.

Dinoflagelati. Enocelični, bičkasti, pretežno planktonski organizmi.

Kronostratigrafija. Veja stratigrafije, ki preučuje starost kamnin glede na čas.

Nanofosil. Fosil velikosti od enega do petdeset mikrometrov.

Paleoekologija. Veda o odnosih organizmov z okoljem v geološki preteklosti; del ekologije, ki se ukvarja z značilnostmi nekdanjih okolij.

Paleogeografija. Del geologije, ki obravnava geografske razmere v geološki preteklosti.

Stratigrafija. Del geologije, ki opisuje in razvršča kamnine po času nastanka in jih na podlagi značilnosti združuje v različne enote (na primer geokronološke, stratigrafske, litostratigrafske).

Literatura:

Isizaki, Y., 2009: *Illawarra Reversal: The fingerprint of superplume that triggered Pangean breakup and the end-Guadalupian (Permian) mass extinction*. *Gondwana Research*, 15: 421–432.

Jurkovšek, B., Kolar – Jurkovšek, T., 2021: *Fosili Slovenije / Fossils of Slovenia*. Ljubljana: Geološki zavod Slovenije, 258 str.

Kolar – Jurkovšek, T., Jurkovšek, B., 2019: *Konodonti Slovenije / Conodonts of Slovenia*. Ljubljana: Geološki zavod Slovenije, 260 str.

Purnell, M. A., Donoghue, P. C. J., 1997: *Architecture and functional morphology of the skeletal apparatus of ozarkodinid conodonts*. *Philosophical Transactions of the Royal Society, Series B*, 352: 1545–1564.

Ramovič, A., 1989: *Konodonti: zagonetna živalska skupina*. *Proteus*, 52 (1) (1989/90): 11–16.

Sepkoski, J. J., Jr., 1984: *A kinetic model of Phanerozoic taxonomic diversity III. Post Paleozoic families and mass extinctions*. *Paleobiology*, 10: 246–267.



Tea Kolar – Jurkovšek je znanstvena svetnica Geološkega zavoda Slovenije in vodja raziskovalnega programa *Regionalna geologija Slovenije*. V svoji dolgoletni raziskovalni karieri je kot paleontologinja sodelovala v številnih geoloških raziskavah. Dejavno sodeluje v raziskavah stratigrafskih mej in pri usmerjanju konodontologije v svetu in je avtorica ali soavtorica številnih znanstvenih, strokovnih in poljudnoznanstvenih del. V letu 2022 je prejela Panderjevo medaljo za življenjsko delo na področju konodontologije.

Foto: osebni arhiv.

Ledenodobni rosomah (*Gulo gulo*) tudi v Ajdovski jami pri Nemški vasi

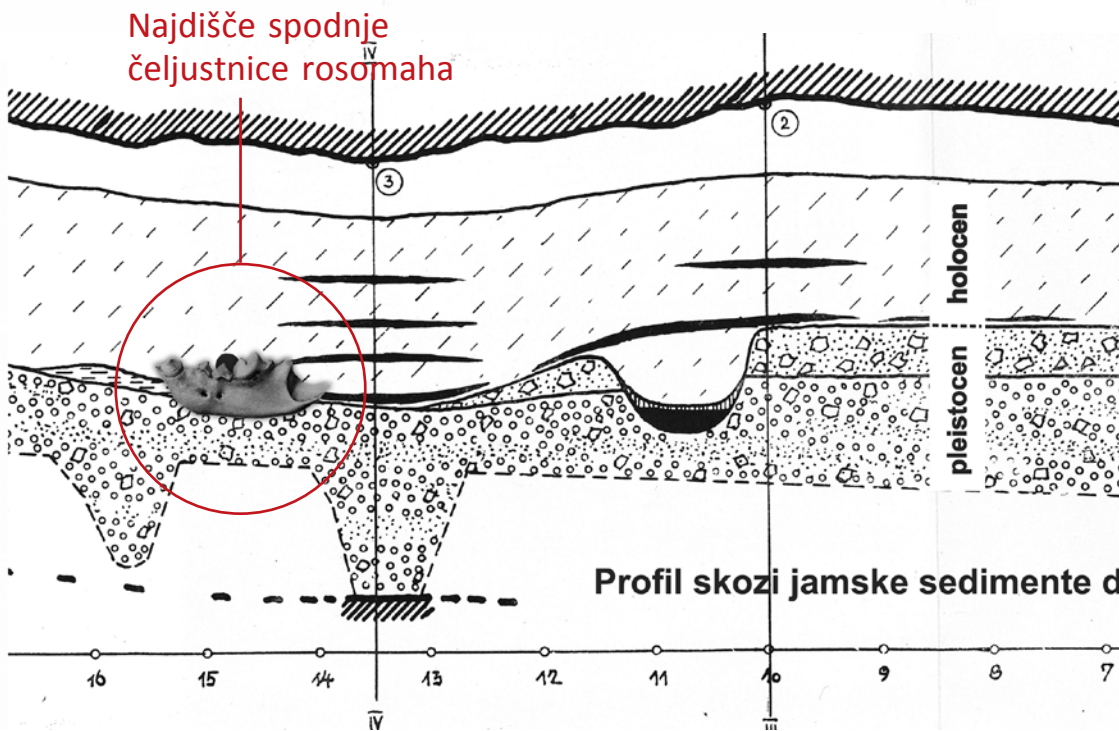
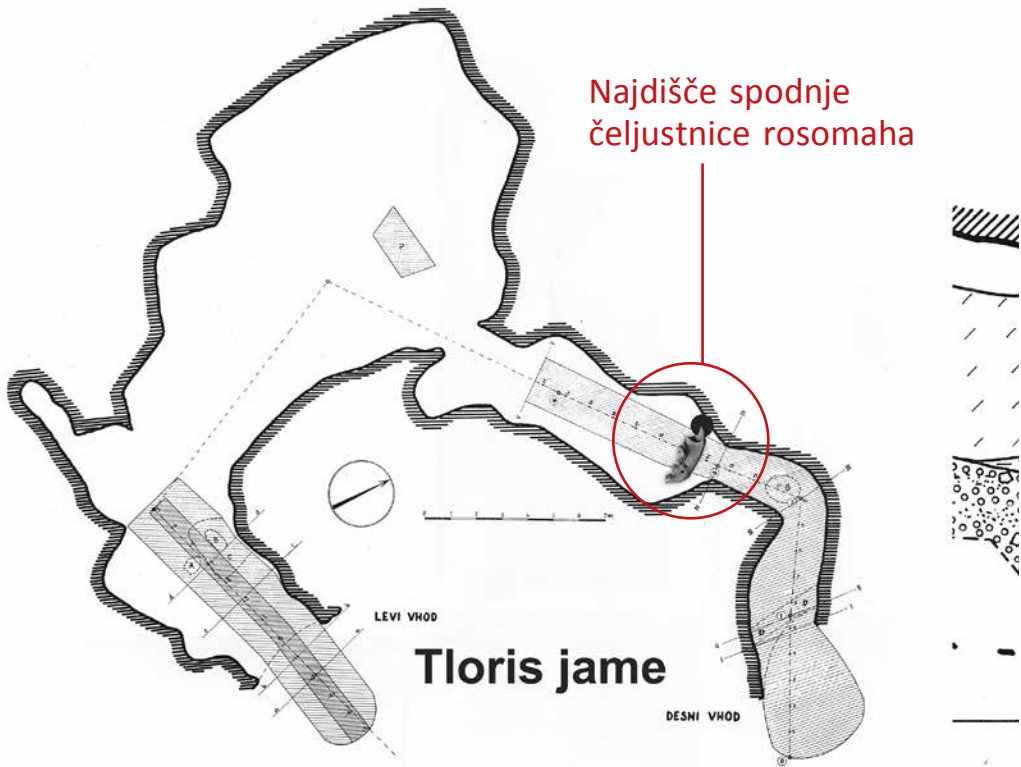
Matija Križnar

Pred nekaj časa smo v *Proteusu* poročali o izjemni in zanimivi najdbi lobanje rosomaha (*Gulo gulo*) iz Erjavčeve jame blizu Solčave. Le malokdo si je predstavljal, da bomo lahko tako kmalu pisali še o enem najdišču te ledenodobne kune. V tem kratkem prispevku predstavljamo redko in nepoznano spodnjo čeljustnico iz muzejskega depoja Prirodoslovnega muzeja Slovenije, ki je bila izkopana v Ajdovski jami pri Nemški vasi blizu Krškega in je veljala za izgubljeno.

Brodarjeva izkopavanja v Ajdovski jami

Pred drugo svetovno vojno so bila arheološka izkopavanja na slovenskem ozemlju še redka. Med bolj dejavnimi je bil geolog in arheolog Srečko Brodar, ki je v letih pred vojno izkopaval v Potočki zijalki, Mornovi zijalki pri Šoštanju, Špehovki pri Zgornjem Doliču, Hudi luknji pod Herkovim (Herkovimi pečmi) in Ajdovski jami pri Nemški vasi. Prav zadnje najdišče je Brodarja privabilo zaradi debelih nanosov sedimentov in predhodnih nenačrtanih izkopavanj, ki so

kazala, da so mogoče v jami tudi ostanki ledenodobnega človeka in s tem tudi paleolitske najdbe. Izkopavanja je opravil v mesecu juliju leta 1938. Izkopal je dve večji sondi v levem in desnem vhodnem kraku jame (Brodar, Korošec, 1953: 8). Izkopani arheološki inventar naj bi po dogovoru z Rajkom Ložarjem, takratnim vodjem Narodnega muzeja v Ljubljani, pripadal omenjenemu muzeju. Nekoliko drugačno usoda pa je doletela večjo zbirko fosilnih kosti (paleontološkega gradiva), ki je bilo med drugo vojno

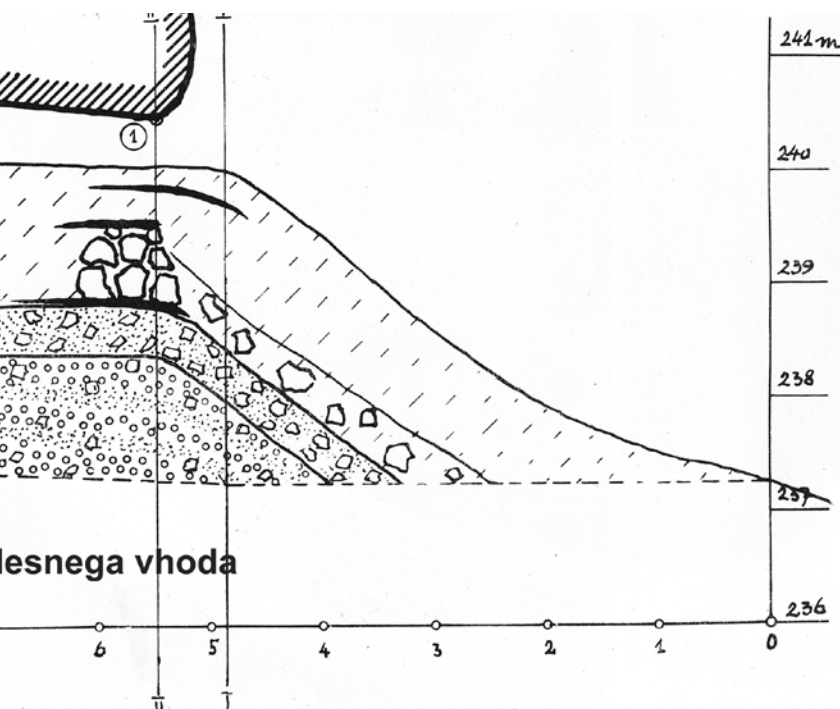


shranjeno v poslopju stare celjske gimnazije nasproti farne cerkve v Celju. Na žalost je bila 14. februarja leta 1945 stavba uničena ob zavezniškem bombardiranju Celja. Ob tem je bilo uničeno tudi fosilno gradivo iz mnogih takratnih Brodarjevih izkopavanj paleolitskih postaj (Brodar, Korošec, 1953: 8), ki smo jih omenili zgoraj, med njimi je bila najbolj znana Potočka zijalka.

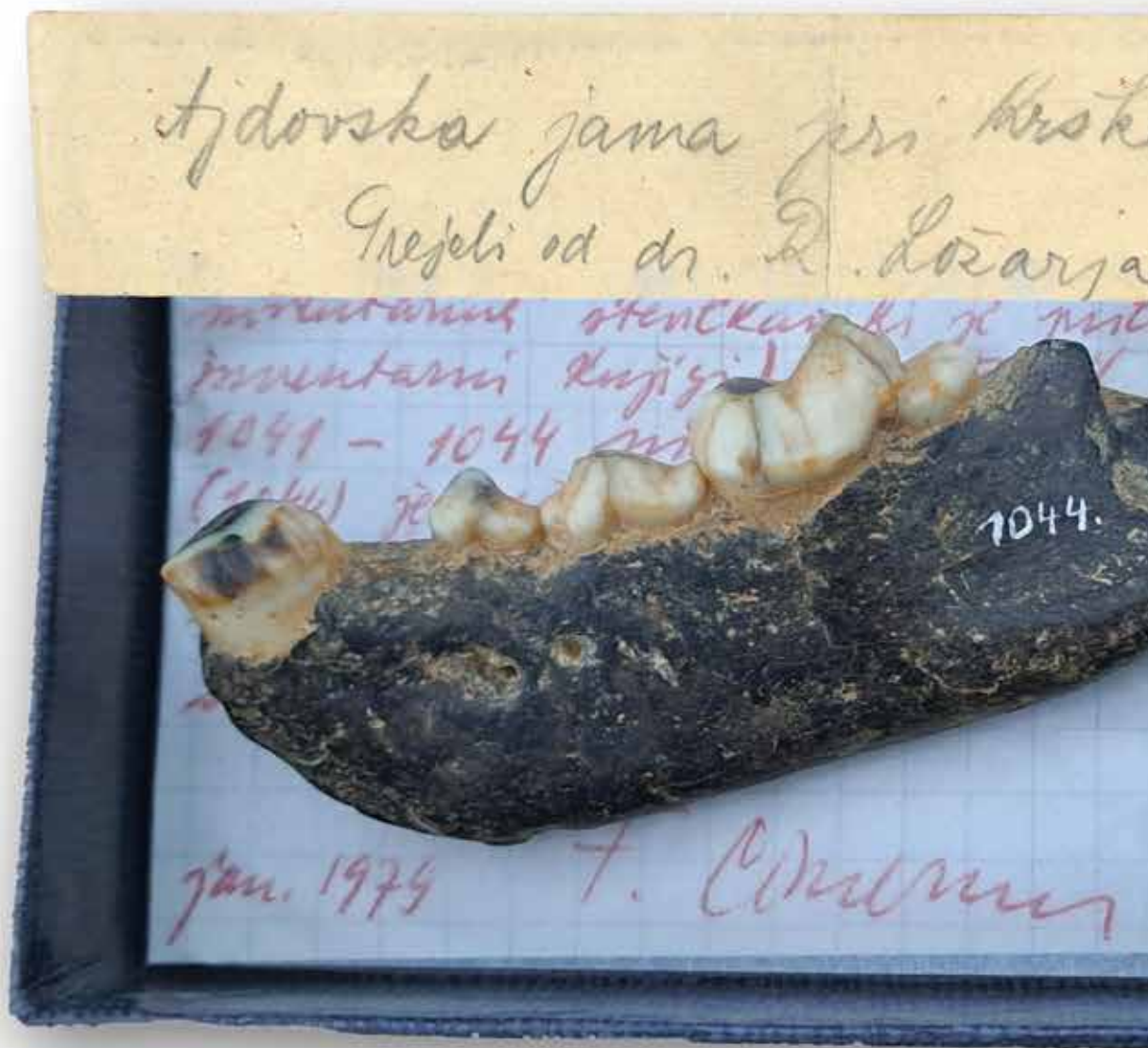
Uničena zbirka fosilnih kosti iz Ajdovske jame je po zapisih vsebovala večinoma ostanke jamskega medveda (*Ursus spelaeus*), odlomek kosti večjega prežvekovalca ter nekaj drugih koščic. Srečko Brodar je ob predstavitvi izkopavanj v Ajdovski jami omenil, da je nekaj paleontoloških ostankov bilo shranjenih v Brežiškem muzeju in Prirodoslovnem muzeju v Ljubljani. Ob tem je mislil na lobanjo alpskega svizca (*Marmota marmota*) iz levega vhodnega rova, ki jo je po srečnem naključju očitno hranil paleontolog Ivan Rakovec in tudi kasneje opisal (Brodar, Korošec, 1953: 31; Rakovec, 1949), danes pa je shranjena v Prirodoslovnem muzeju Slovenije.

Izgubljena spodnja čeljustnica iz muzejskega predala

Nesrečno uničenje paleontološkega gradiva iz Ajdovske jame in drugih najdišč je bil ključni dogodek tudi za slovensko paleontologijo. Pravo presenečenje pa nas je čakalo celih petinosemdeset let, ko smo v paleontološki zbirki Prirodoslovnega muzeja Slovenije letošnje leto končno odkrili spodnjo čeljustnico rosomaha (*Gulo gulo*), ki je bila skrbno zavita in shranjena v muzejskem depozitu, toda brez kakršnikoli podatkov oziroma taksonomske določitve. Ob pregledu smo že takoj opazili, da pripada večji zveri. Primerjava z nedavno predstavljenimi primerki rosomahov iz Slovenije (Križnar s sod., 2021) je potrdila njegovo pripadnost. Nadaljnje raziskovanje izvora čeljustnice rosomaha je pokazala, da to fosilno najdbo omenja že Srečko Brodar, ki jo je izkopal v desnem vhodnem rovu jame. Ob tem zapiše: » [...] je v globini okrog 2 m ležala v peskoviti vodni naplavinu dobro ohranjena spodnja čeljustnica srednjevelike zveri. V njej tičoč 3 zobje se niso ujemale z zobmi niti ene znanih mlaj-



Tloris Ajdovske jame pri Nemški vasi (levo) z dvema vhodoma in označeno površino izkopavanj Srečka Brodarja. V sedimentih desnega vhoda (desno) so leta 1938 izkopali spodnjo čeljustnico rosomaha. Natančno mesto (na podlagi opisa) na prečnem prerezu je označeno. Prirejeno po Brodar, Korošec, 1953.



Izgubljeni in ponovno odkriti primerek spodnje čeljustnice rosomaha iz paleontološke zbirke Prirodoslovnega muzeja Slovenije. Priložena sta bila tudi zapis Franca Cimermana in listič, da je primerek muzeju predal Rajko Ložar, predvojni ravnatelj Narodnega muzeja v Ljubljani. Foto: Matija Križnar.

št. 1041.

1042.

1043.

1044. ✓

Ko sem popisoval inventar po
predalih (glej tipkan seznam po
inventarnih stenčkah ki je priložen
inventarni knjigi) inventarni štev.
1041 – 1044 nisem našel. En kos
(1044) je našel v omar pri J. Brelih
B. Krystufek novembra 1978. Kje se
nabirajo ostali trije kosi (1041–1043)
se ne ve.

jan. 1979

F. Črman

šepileistocenskih vrst.« (Brodar, Korošec, 1953: 34.) O usodi ostanka v spodnjih opombah Brodar nadaljuje: »Spodnjo čeljustnico sem izročil v določitev prof. dr. I. Rakovcu, predstojniku Geološko-paleontološkega inštituta univerze v Ljubljani, ki jo je ob izbruhu zadnje vojne v veri, da je last Narodnega muzeja v Ljublja-

ni, poslal muzeju, kjer pa je danes ni mogoče najti. Verjetno jo je sprejel tedanji kustos dr. R. Ložar in neznano kam založil.« (Brodar, Korošec, 1953: 34.)

Po vojni se je torej izgubila vsaka sled za omenjeno spodnjo čeljustnico, dokler ni v začetku leta 1979 takratni kustos v Prirodo-



Spodnja čeljustnica rosomaha (Gulo gulo) iz Ajdovske jame pri Nemški vasi. Pogled od zgoraj in zunanje strani. Ohranjeni ostanek je dolg približno 8,6 centimetra. Hrani Prirodoslovni muzej Slovenije. Foto: Matija Križnar.

slovnem muzeju Slovenije Franc Cimerman ponovno inventariziral paleontološko gradivo po predalih. Ob primerku je takrat na manjši listič zapisal: »En kos (1044) je našel v omari pri S.[avu] Brelihu B.[oris] Kryštufek novembra 1978. Kje se nahajajo ostali trije kosi (1041-1043), se ne ve.«. Ob tem pa je očitno priložil tudi listič, ki potrjuje, da primerek izvira iz Ajdovske jame pri Nemški vasi ter da je ostanek podaril že omenjeni Rajko Ložar. Tako lahko lepo povežemo celotno pot tega novega ostanka rosomaha, ki je veljal za izgubljenega.

Rosomahov ostanek iz Ajdovske jame je sicer leva spodnja čeljustnica, ki ima ohranjeno spodnječeljustično telo (*corpus mandi-*

bulae). Manjka celotna jezična stran spodnje čeljustnice. Ohranjeni zobje so zelo obrabljeni in predstavljajo spodnji podočnik (C, kanin), premolarja P₃, P₄ in molar M₁, ki je dolg 22,75 milimetra in širok 10,45 milimetra. Tudi premolarja in molar sta izrazito močno obrabljena, kar kaže, da so pripadali zelo stari živali. Po velikosti molarja lahko osebek iz Ajdovske jame uvrstimo med srednje velike primerke. Površina kosti je ponekod še delno prekrita s sedimentom in je močno oglajena, kar je posledica premikanja v vodi ali krajšega (vodnega) transporta v sedimentu. Prekrita je s plastjo temno rjave skorje, ki jo sestavljajo manganovi ali železovi hidroksidi, kar je na kosteh med izko-

pavanji opazil že Srečko Brodar (Brodar, Korošec, 1953).

Izgubljena in nedavno ponovno odkrita spodnja čeljustnica iz Ajdovske jame pri Nemški vasi to paleontološko in arheološko najdišče uvršča kot osmo z ostanki rosomaha. Tudi zadnja izkopavanja leta 2002 niso uspela dokazati prisotnost te zveri. So pa postregla z novimi in zanimivimi paleontološkimi odkritji, kot so ostanki jamskega medveda (vrste *Ursus ladinicus*) in jamskega leva (*Panthera spelaea*) ter nekaterih drugih sesalcev (Pacher s sod., 2011). Ob tem pa lahko ponovno poudarimo pomembnost paleontoloških muzejskih in drugih podobnih zbirk, ki ob primernem hranjenju in dokumentiranju lahko postrežejo še z marsikatero izgubljenom najdbo, kot je tu opisani ostanek ledenodobnega rosomaha.

Literatura:

- Brodar, S., Korošec, J., 1953: *Ajdovska jama pri Nemški vasi. Razprave, Razred za zgodovinske in družbene vede, SAZU*, 3: 7-87.
- Križnar, M., Oštir, P., Jamnik, P., Polak, S., Miševc, A., 2021: *Novi ostanek poznopleistocenskega rosomaha (Gulo gulo Linné) v Sloveniji: z zgodovinskim pregledom dosedanjih fosilnih najdb. Geološki zbornik (25. posvetovanje slovenskih geologov)*, 26: 54-57.
- Pacher, M., Pohar, V., Rabeder, G., (ur.), 2011: *Ajdovska Jama: Palaeontology, Zoology and Archaeology of Ajdovska jama near Krško in Slovenia. Mitteilungen der Kommission für Quartärforschung*, 20: 107 str.
- Rakovec, I., 1949: *Nove najdbe diluvialnih svizcev v Slovenije. Razprave Razreda za prirodoslovne in medicinske vede, SAZU*, 4: 205-228.

Aristotel in začetki biologije • Zgodovina znanosti

Aristotel in začetki biologije

Gaj Kušar

Aristotel svojo *Metafiziko* začne z izrekom: »V naravi vsakega človeka je, da si želi znanja.« Ta trditev nedvomno najbolj velja prav za Aristotela samega, ki je imel pester nabor zanimanj. Danes ga poznamo predvsem po njegovih filozofskih idejah, s svojo *Poetiko* pa stoji na začetku literarne vede. Le malokdo pa ve, da se je prav z njegovim raziskovanjem oblikovala tudi veda o življenju, biologija.

Moj namen je osvetliti ta pogosto spregledani in pozabljeni vidik Aristotelovega dela ter predstaviti pomen njegove zapuščine na tem področju za današnji čas. Zev, ki danes ločuje klasične naravoslovne znanosti od humanističnih, se pogloblja, zato je zavest o ukoreninjenosti teh ved v skupne začetke še toliko nujnejša. Temeljni odliki antičnega raziskovanja narave sta namreč prav celosten pristop in zavedanje, da je čudenje (θαυμάζειν) njegov izvor in iskanje vzrokov (αἰτία) njegov cilj.

Začetki naravoslovja

Zahodna filozofija se je začela z jonskimi naravoslovci ob koncu sedmega stoletja pred našim štetjem. Odlikovali sta jih razdovednost in želja po iskanju odgovorov na temeljna vprašanja o svetu: Kako je nastal?

Kaj ga sestavlja? Od kod prihaja življenje? Svoje ideje so zapisovali v prozi, s čimer so prekinili z dotedanjim običajem pisanja v verzih. Do takrat je bil glavni medij posredovanja idej in intelektualnega izražanja poezija, ki je imela avtoritativen značaj –



Katalog morskega življenja, mozaik. Pompeji, prvo stoletje pred našim štetjem.

prihajala naj bi namreč od bogov in je bila zato splošno sprejeta kot »resnica«. Jonski naravoslovci pa niso nameravali postavljati avtoritativnih konceptov, pač pa začeti diskurz o naravi sveta in spodbuditi tudi druge k tovrstnemu premisleku. Postaviti hipoteze, ki jih bodo njihovi nasledniki lahko kritično ovrednotili, prevrednotili, dodelali ali pa opustili (Saïd in dr., 1999).

V petem stoletju pred našim štetjem je začelo naraščati tudi znanje na področju medic-

ne in v tem času je nastajal korpus medicinskih besedil, pripisanih Hipokratu. Njihov največji prispevek znanosti se kaže ravno v spremenjenem pristopu k preučevanju naravnih pojavov – ti so prikazani kot posledica naravnih zakonov, ne božjega posredovanja, in so zato razložljivi (Saïd in dr., 1999).

Čeprav začetki grške filozofije in naravoslovja tako posegajo tudi na področje današnjih ved o življenju – zanimanje za naravo je v samem središču razmišljanja jonskih na-

ravoslovcev in grške medicine –, so prve zanimali izvori in osnovna bit sveta, medicina pa je ostala strogo omejena na raziskovanje človeka. Aristotel je bil prvi, ki je k preučevanju narave pristopil sistematično, empirično in nepristransko. Iskal je vzorce in

splošne zakonitosti. Ni se omejil na človeka ali določeni del naravnega sveta, zanimalo ga je življenje v vseh svojih oblikah. Ni ga preučeval, da bi prišel do spoznanj, ki bi človeku prinesla neposredno korist, temveč iz radovednosti in veselja do védenja.

Rimska kopija Lizipovega doprsnega kipa Aristotela.



Bistvene točke Aristotelovega življenja

Aristotel se je rodil v Stagiri na severni obali Egejskega morja. Starša sta mu umrla, ko je bil še otrok. Leta 367 pred našim štetjem, pri sedemnajstih letih, je prišel v Atene in začel z izobraževanjem na Platonovi Akademiji. Tam je ostal dvajset let, vse do Platonove smrti (Barnes, 2000).

Na Akademiji je na njem največji pečat pustilo predvsem pet Platonovih idej, ki so bistveno zaznamovale njegovo razmišljanje o znanostih in raziskovanju (Barnes, 2000):

1. Vse znanosti so enotne po svojem bistvu. Znanost ni naključno zbiranje in kopičenje podatkov, temveč urejanje teh podatkov v razumljiv sistem. Proces razmišljanja, ki vodi do tega, je za vse znanosti enoten.
2. Logika je osnovna podstat raziskovanja. Iz Platonovega dialektičnega pristopa je Aristotel izpeljal formalni sistem logike.
3. Platonova teorija idej. Aristotel se ni strinjal z njo, zato je velik del njegovega dela namenjen razvoju alternativne ontološke teorije.
4. Znanstveno videnje je iskanje razlag in vzrokov. Bistvo raziskovanja nista opazovanje in beleženje, temveč razlaga. Znanje je torej inherentno povezano s sposobnostjo razlage.
5. Epistemologija je temeljna pri vrednotenju raziskovanja in ugotovitev. Kaj pomeni, da nekaj vemo? Na kakšne načine lahko pridemo do vedenja?

Akademijo je po Platonu prevzel njegov nečak, Aristotel pa je zapustil Atene. Med letoma 347 in 343 je potoval po Grčiji in prišel na otok Lezbos, kjer se je zadržal dve leti. Zgodovinski viri so tu nejasni – morda ga je na otok povabil njegov prijatelj, učenec in naslednik Teofrast, morda pa sta se z Aristotelom spoznala prav tam, saj je bil Lezbos Teofrastov rojstni kraj. Skoraj gotovo pa sta tam oba začela s svojim raz-

iskovanjem živali in rastlin. Aristotel se je osredotočil predvsem na živali, rastline pa je prepustil Teofrastu, ki si ga je zgodovina zapomnila kot očeta botanike. Plod njunega raziskovanja je bilo rojstvo biologije (Barnes, 2000; Leroi, 2015; Killas, 2010).

Aristotelovi biološki spisi

Aristotelovo delo s področja biologije je ohranjeno predvsem v treh besedilih, *Raziskave o živalih*, *O delih živali* in *O rojstvu živali*. Poleg teh pa so ohranjena še številna druga, manj obsežna dela s področja biologije, *O gibanju živali*, *O življenju živali*, skupina esejev o bolj specializiranih temah, znanih pod skupnim imenom *Parva naturalia*, in esej *O duši*, ki ga nekateri prištevajo k njegovim biološkim delom (Leroi, 2015). Velik del Aristotelovega korpusa naravoslovnih spisov je žal izgubljen. Med njimi tudi *Anatomije*, delo, ki naj bi vsebovalo predvsem diagrame, skice živali in njihove anatomije ter je bilo nekakšno dopolnilo *Raziskavam o živalih*. Osupljivo je, da kar četrtino Aristotelovega opusa obsegajo njegovi naravoslovní spisi (Leroi, 2015; Blits, 1999).

Biološke ideje

Raziskave o živalih so Aristotelovo najobsežnejše biološko delo, v njem pa podaja opise več kot petsto živalskih vrst, ki jih je poznal, in njihove značilnosti. Opiše vse, od njihovih tkiv in različnih organov do njihove ekologije, etologije, fiziologije in načinov razmnoževanja. Njegovi opisi temeljijo na opazovanju in informacijah, zbranih iz različnih virov, na primer od ribičev in lovcev. Ena od njegovih glavnih metod zbiranja informacij o živalih je bilo tudi seciranje (Barnes, 2000; Blits, 1999).

Delo vsebuje številne prodorne ugotovitve, predvsem o morskih živalih, ki jih je Aristotel opazoval v laguni, ki leži v osrčju Lezbosa. Prvi je spoznal, da delfini in kit niso ribe, in opazil njihovo podobnost s sesalci, vendar jih je raje uvrstil v posebno skupino. Opisal je placento rumenjake



Aristotelova svetilka vijoličastega morskega ježka (Paracentrotus lividus). Desno zgoraj so vidni zobci, s katerimi morski ježek strga hrano.

vrečke pri navadnem morskem psu (*Mustelus mustelus*) in živorodnost te vrste. Prvi je opisal hektokotil hobotnice, preoblikovano lovko za prenos spermatoforja, in sposobnost

spreminjanja barve pri tej živali ter navedel številne druge ugotovitve o biologiji glavo-nožcev. Prvi je opisal tudi prehranjevalni aparat morskega ježka, ki vse do danes nosi njegovo ime – Aristotelova svetilka. Prvi si je ogledoval razvijajoči se zarodek kokoši in opazoval njegov razvoj z zaporedno sekcijo jajc različnih starosti (Barnes, 2000; Leroi, 2015; Killas, 2010; Blits, 1999).

Njegovi opisi živali so tako natančni, da so mnogokrat popolnoma enakovredni sodobnim. Tudi njegov pristop k urejanju zoološkega znanja je podoben današnjemu – njegovo delo je organizirano po organskih sistemih, pri čemer zaporedno opiše sisteme pri posameznih skupinah organizmov in jih nato primerja med sabo. Posebno pozornost namenja razmerju med obliko strukture in njeno funkcijo (Killas, 2010; Blits, 1999).

Raziskave o živalih so delo opisne biologije, v besedilu *O delih živali* pa Aristotel dejstva, predstavljena v *Raziskavah*, poveže in poskuša poiskati razlage in vzroke za njihovo delovanje in nastanek. Vsak del živali ima po njegovem določeno funkcijo, življenje živali pa je rezultat usklajenega de-

Ilustracija hektokotila hobotnice, ki jo je narisal George Cuvier, ko je strukturo opisal v začetku devetnajstega stoletja. Prvi je to strukturo opisal Aristotel, Cuvier pa ji je dal njeno današnje ime.



lovanja njenih posameznih delov – tkiv, organov, organskih sistemov. Posamezne vrste živali in rastlin so znotraj njegovega modela temeljne biološke pojavnosti – ta in ta vrsta živali ima te in te značilnosti –, zato je za raziskovanje potreben individualen pristop k vsaki vrsti, in šele ko dobro poznamo vsako, lahko sklepamo o njihovih skupnih lastnostih. V tem je temeljna razlika med Aristotelovo ontologijo in Platonovo, ki kot temeljne pojavnosti razume abstraktne ideje. Bistvena naloga biologije je za Aristotela odkritje temeljnih načel organizacije in delovanja organizmov ter razlogov za pestrost oblik živega sveta (Blits, 1999).

Kaj pa je bila za Aristotela sploh motivacija za raziskovanje naravnega sveta? Odgovor nam poda v besedilu *O delih živali*, v znamenitem odlomku, ki je znan kot »povabilo k biologiji«:

»Kar zadeva nas, ne bomo pustili ob strani nobene od [živali], niti zaničevanih niti cenjenih. Kajti čeprav nam številne same po sebi niso prijetne, z opazovanjem in raziskovanjem Narava, ki jih je ustvarila, raziskovalcu, ki je po naravi filozofskega duha in zna razpoznati vzroke stvari, kljub temu zagotovi velik užitek (*O delih živali*, 645a).«

Zanj je bilo raziskovanje živali nekaj vrednega že zato, ker prav vsako bitje v sebi skriva razlog za čudenje.

Zaton Aristotelovega naravoslovja

Zakaj je torej Aristotel biolog danes tako temeljito pozabljen? Padcu njegovega biološkega dela v nemilost je botrovalo več razlogov, najpomembnejši so bili trije (Barnes, 2000; Huxley, 2019):

1. V njegovem delu so številne napake. Nekatera dejstva o različnih vrstah živali, ki jih navaja, so preprosto zmotna in neresnična.
2. Pri svojem delu ne uporablja znanstvene metode. Svojih opazovanj ne izvaja v

nadzorovanih razmerah niti svojih ugotovitev ne preverja ali poskuša potrditi ali ovreči s premišljeno zasnovanim eksperimentom.

3. Njegovo raziskovanje biologije je kvalitativno in ne kvantitativno.

Najznamenitejši in verjetno najusodnejši primer zmote je njegova teorija o spontanem nastanku. Nekateri živali, pravi, nastanejo same od sebe in niso posledica razmnoževanja. Muhe, na primer, naj bi nastale iz gnijočega mesa, jegulje iz blata.

Vendar so vse te obsodbe nekoliko premočne. Bil je začetnik nove discipline in njegova pravilna dognanja po številu prekašajo njegove zmote. Njegova biologija je po svojem bistvu opisna, kar tudi ni nenavadno, glede na to, da je biologija šele z Darwinovo teorijo evolucije začela presegati okvire opisne znanosti. Za večino dejstev, ki jih Aristotel navaja, tako eksperimentalni pristop niti ni bil potreben. Iz tega pa izvira tudi njegov kvalitativni pristop – zavedal se je, da se posamezni organizmi že znotraj vrste razlikujejo na primer po velikosti in masi. Zanj je bila v središču raziskovanja povezava med strukturo in funkcijo, kvantifikacija podatkov pa zato ni bila nujna za njegovo raziskovanje (Barnes, 2000; Killas, 2010; Huxley, 2019).

Aristotel je zlasti v času sholastike veljal za neoporečno avtoriteto na področju znanosti. Ob vzponu renesanse in empirizma so se raziskovalci zato želeli osvoboditi spon njegove avtoritete in v duhu časa pomanjkljivosti v njegovem delu morda še toliko bolj poudarjali (Killas, 2010).

Vendar pa Aristotelovo biološko delo ostaja pomembno, saj je pustilo globoke sledi v našem načinu dojemanja narave in postavilo temelje, na katerih so gradili njegovi nasledniki. V današnjem času morda še toliko bolj, saj nas vabi k raziskovanju narave ne zaradi koristi, temveč zato, ker je ta za vsakega radovednega človeka neusahljiv vir

čudenja. In le če bomo bitja poznali, razumeli in se jim čudili, jih bomo lahko tudi ohranili.

Οὕτω καὶ πρὸς τὴν ζήτησιν περὶ ἐκάστου τῶν ζῶων προσιέναι δεῖ μὴ δυσωπούμενον, ὥς ἐν ἅπασιν ὄντος τινὸς φυσικοῦ καὶ καλοῦ.

Tako je treba pristopiti tudi k raziskovanju katerega koli od živih bitij, brez občutka sramu in strahu, saj je v vsakem bitju del narave in lepega. (O *delih živali*, 645a.)

Viri:

Vsi uporabljeni prevodi so moji lastni, osnova je bil izvirnik, dostopen v zbirki Loeb.

Barnes, J., 2000: *Aristotle: A Very Short Introduction*. Oxford University Press, 176 str.

Blits, K. C., 1999: *Aristotle: Form, function, and comparative anatomy*. *The Anatomical Record*, 257 (2): 58–63.

<https://plato.stanford.edu/archives/fall2021/entries/aristotle-biology/>. Dostop 20. 6. 2023.

https://www.loebclassics.com/view/aristotle-parts_animals/1937/pb_LCL323.99.xml. Dostop 21. 6. 2023.

Killas, H., (režiser), 2010: *Aristotle's Lagoon* [film]. BBC.

Huxley, R., (ur.), 2019: *The Great Naturalists*. Thames&Hudson, 19–26.

Leroi, A. M., 2015: *The Lagoon: How Aristotle Invented Science*. Bloomsbury, 502 str.

Saïd, S., Trédé, M. 1999: *A short history of Greek literature*. Routledge, 213 str.

Gaj Kušar je za besedilo *Aristotel in začetki biologije* prejel prvo nagrado za najboljše naravoslovno predavanje na natečaju, ki sta ga leta 2023 organizirala Slovenska matica in Prirodoslovno društvo Slovenije. (<https://www.slovenska-matica.si/rezultati-naravoslovnega-natecaja-za-dijake-studente/>)



Gaj Kušar je študent 3. letnika biologije na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani. Zanima se predvsem za morsko biologijo, sistematsko zoologijo in botaniko, zgodovino znanosti, posebno ljuba pa sta mu tudi jezikoslovje in književnost. Deluje tudi kot tehnični urednik revije Medicinski razgledi, v poletnem času pa se rad potaplja.

Observatorij Vere C. Rubin

Mirko Kokole

Pregledne raziskave celotnega neba so izjemnega pomena za astronomijo. Do danes jih je bilo narejenih že veliko, celotno nebo je bilo tako pregledano že v vseh delih elektromagnetnega spektra. A takšne raziskave, kot jo bodo izvedli na novem observatoriju, poimenovanem po astronomki Veri Cooper Rubin, še ni bilo. Pričakovati je, da bo njen prispevek k znanosti izjemen. Raziskava, ki se imenuje LSST (Legacy Survey in Space and Time, Zapuščinski pregled v prostoru in času), bo posnela celotno južno zvezdno nebo vsake tri dni in to bo počela deset let. Ob koncu bomo imeli na voljo dinamično sliko celotnega južnega neba v veliki ločljivosti, nekakšen astronomski film, kako se vesolje spreminja v času. S pomočjo teh podatkov bomo lahko raziskovali temno snov in temno energijo, asteroide in druge manjše objekte našega Osončja.



Posnetek Observatorija Vere C. Rubin na vrhu gore Cerro Pachón. Na sliki vidimo dokončano stavbo observatorija s kvadratasto kupolo, v kateri se nahaja teleskop. Gora Cerro Pachón se nahaja na severu Čila na enem od najprimernejših krajev na Zemlji za optična astronomska opazovanja, ker je tam izjemno majhno število oblačnih noči. To je posledica velika nadmorske višine – več kot 2.600 metrov – in izjemno majhne zračne vlage. Zanimivost tega observatorija je, da so velika zrcala teleskopa dokončali v stavbi observatorija, kjer imajo vakuumске peči, v katerih odbojno plast naparijo na stekleno podlago. Foto: Olivier Bonin/SLAC National Accelerator Laboratory.

Observatorij Vere C. Rubin, ki se je prvotno imenoval LSST (Large Synoptic Survey Telescope, Veliki sinoptični preiskovalni teleskop), je zgrajen na vrhu gore Cerro Pachón, ki je visoka 2.715 metrov. Cerro Pachón je gora v severnem Čilu, kjer se nahajajo tudi drugi teleskopi, kot Gemini South in SOAR. To območje je eno od najprimernejših območij na Zemlji za opazovanje z optičnimi teleskopi. Tam je izjemno stabilno vreme z malo oblačnimi nočmi. Nizka zračna vlaga in visoka nadmorska višina še dodatno prispevata h kakovosti astronomskih opazovanj. Pri snovanju observatori-

ja so sodelovali znanstveniki, inženirji ter industrija iz Združenih držav Amerike in Evrope. Optični del teleskopa, kot so zrcala in kamera, so izdelali Američani, v Evropi pa mehanski del teleskopa. Podatkovnoprocesna središča za obdelavo podatkov, ki jih bo proizvedel observatorij, se nahajajo tako v Evropi kot v Združenih državah Amerike. Veliki sinoptični preiskovalni teleskop so preimenovali v Observatorij Vere C. Rubin leta 2019 v čast in spomin na izjemno ameriško astronomko Vero Cooper Rubin. Vera Rubin se je rodila leta 1928 in umrla leta 2016. Znana je predvsem po raziskavah,



Simonyijev pregledovalni teleskop (Simonyi Survey Telescope, SST) je poimenovan po družini ameriškega milijonarja Charlesa Simonyija, ki je s svojo donacijo veliko prispevala k uspešni izdelavi zrcal. Optično je teleskop tipa Eisenberg-Pearson. Sestavljen iz treh zrcal, pri čemer sta primarno in terciarno zrcalo narejena iz enega kosa stekla. Tak optični sistem je izjemno kompakten in optično popravlja vse napake – tako sferične napake kot tudi komo in astigmatizem. Zaradi svoje kompaktnosti se lahko teleskop zelo hitro in natančno premika in usmerja svoj pogled, kar nam omogoča, da lahko naredimo izjemno veliko slik v eni opazovalni noči. Foto: RubinObs/NSF/AURA/A. Alexov.

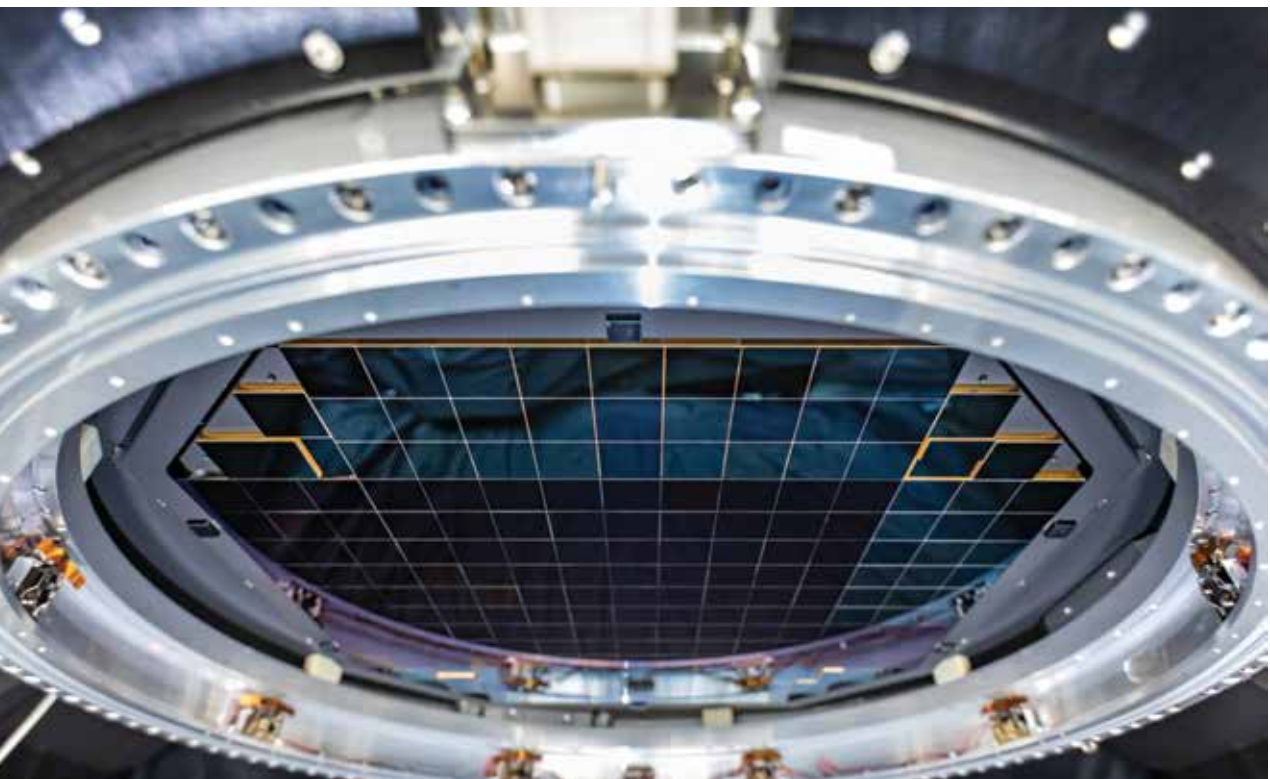
kako se gibajo zvezde v galaksijah. Njeni rezultati so pokazali, da hitrost zvezd, ki so bolj oddaljene od središča galaksije, ne ustreza hitrosti, ki jo napove teorija gravitacije. Na podlagi teh opazovanj so astronomi domnevali, da morajo imeti galaksije bistveno večjo maso, kot smo mislili nekoč. To maso so poimenovali temna snov. Kaj je temna snov, še danes ne vemo, vemo le to, da vstopa v stik z navadno snovjo le preko gravitacijske sile. Vera Rubin je znana tudi kot izjemna zagovornica žensk v znanosti. Njena znanstvena pot je bila izjemno težavna, pogosto prav zato, ker je bila ženska. A Vera Rubin ni popustila, saj je bila trdno prepričana, da morajo imeti ženske v znanosti enake pravice. To mnenje je vztrajno zagovarjala vse do konca svojega življenja.

Observatorij Vere C. Rubin je tako prvi veliki astronomski observatorij, ki je poimenovan po ženski. Rubinin observatorij, kot ga ponavadi imenujejo tam zaposleni, je tudi veliki zagovornik prepričanja, da mora biti znanost dostopna vsem, ki se z njo želijo ukvarjati.

Observatorij Vere C. Rubin je resnično izjemen observatorij. Čeprav primarno zrcalo teleskopa ne bo največje na svetu, bosta to odtehtali do sedaj še nedosežena hitrost opazovanj in količina podatkov, ki jih bo teleskop zbral v obdobju svojega delovanja. Teleskop bo namreč posnel celotno nebo v le treh do štirih dneh, kar pomeni, do bo moral posneti velik del neba naenkrat ter narediti zelo veliko posnetkov v eni noči. Za tako delovanje potrebujemo teleskop,

Dokončana kamera LSST (Legacy Survey in Space and Time, Zapuščinski pregled v prostoru in času), ki trenutno drži dva Guinnessova rekorda – za največjo optično lečo ter največji detektor CCD na svetu. Premer primarne leče je 1,55 metra, detektor CCD pa ima kar 3,2 gigapiksllov. Sestavljen je iz mreže 189 manjših detektorjev, ki ima vsak po 16 megapiksllov. Detektorji so vgrajeni v module, ki vsebujejo vsak po devet detektorjev. Vsak modul vsebuje poleg detektorjev tudi vso pripadajočo elektroniko. V končni postavitvi je med detektorji le nekaj desetink milimetra razmika. Vsi detektorji skupaj tvorijo ravnino, ki mora biti izjemno ravna, da ne prihaja do nepravilnosti pri zaznavanju.

Foto: Jacqueline Ramseyer Orrell.



katerega mehanika je izjemna in se premika z veliko hitrostjo in natančnostjo.

Optično je teleskop tipa Eisenberg-Pearson, ki ga sestavljajo kar tri zrcala. Primarno in terciarno zrcalo sta narejena iz enega kosa stekla, kar je bilo pri osmih metrih premera izjemen inženirski dosežek. Sekundarno zrcalo in kamera sestavljata drugi optični sklop teleskopa. Teleskop nima sferičnih napak, kome in astigmatizma ter ima izjemno veliko vidno polje. Teleskop so poimenovali Simonyijev pregledovalni teleskop (Simonyi Survey Telescope) po Lisi in Charlesu Simonyiju, ki sta s svojo radodarno donacijo poleg Billa Gatesa pomembno prispevala k izdelavi zrcal teleskopa.

Poleg zrcal in mehanske strukture je srce teleskopa detektor oziroma kamera. Kamera LSST (Legacy Survey in Space and Time, Zapuščinski pregled v prostoru in času) je tako kot teleskop izjemen inženirski dosežek in ima tudi kar dva Guinnessova rekorda. Za prvega je zaslužen največji detektor, ki ima kar 3,2 gigapiksla (giga = 10^9). Za primerjavo povejmo, da imajo največji detektorji CCD (Charge Coupled Device) v prodaji približno 16 megapikslov (mega = 10^6).

Senzor CCD kamere LSST je sestavljen iz mreže kar 189 manjših senzorjev. Da so lahko sestavili tako velik detektor, so manjše senzorje s 16 megapiksli sestavili v 3 x 3 module - vsakega je mogoče posebej montirati in servisirati. Vsak tak modul poleg devetih senzorjev CCD ima tudi vso pripadajočo elektroniko, temperaturni nadzor in hlajenje. V končni mreži senzorjev je razdalja med posameznimi senzorji le nekaj desetink milimetra in vsi skupaj tvorijo popolnoma ravno površino. Detektor kamere LSST bo lahko posnel kos neba v velikosti kar 3,5 ločne stopinje, kar je zelo veliko. Za primerjavo, Sonce in Luna imata navidezno velikost približno pol ločne stopinje.

Drugi Guinnessov rekorder je optična leča kamere. Je največja, njen premer je kar 1,55 metra. Optični del kamere sestavljajo trojček

leč in šest optičnih filtrov, ki jih izmenično uporabljajo in omogočajo zaznavanje valovnih dolžin od 330 do 1080 nanometrov - se pravi, od modre svetlobe do bližnje infrardeče svetlobe.

Da dosežemo zelo nizek šum meritev, mora biti senzor CCD hlajen na zelo nizko temperaturo, kar -100 stopinj Celzija. Zato so celotno kamero zgradili kot vakuumsko posodo. Ker mora biti kamera čim bolj lahka, so morali inženirji uporabiti veliko znanja. To je bil izjemen dosežek.

Kamera bo delala dvakrat po petnajstsekundne posnetke neba z dvajsetsekundnim presledkom, v katerem se mora teleskop postaviti v nov položaj ter podatke prenesti iz detektorja.

Poseben izziv, s katerimi se bo moral soočiti Observatorij Vere C. Rubin, je izjemno velika količina podatkov, ki jih bo zagotavljala kamera LSST. Vsako leto bo zbranih kar 1,23 petabajta (peta = 10^{15}) podatkov. V ta namen so bila zgrajena kar tri podatkovna središča, dve v Evropi in eno v Združenih državah Amerike. Predvidena procesorska moč podatkovnega središča je 250 teraflops (250×10^{12} operacij s plavajočo vejico na sekundo) in 100 petabajtov shranjevalnega prostora. Opozorila o novih objektih, ki jih je zaznal teleskop, bodo na voljo raziskovalcem le 60 sekund po tem, ko bo teleskop sliko posnel. Tako izjemno hitrost lahko dosežemo le z uporabo tehnik strojnega učenja, ki izjemno hitro slike pregledajo, odstranijo napake in zaznajo potencialno nove objekte. Povejmo tudi, da se Observatorij Vere C. Rubin v duhu astronomke, po kateri je poimenovan, trudi, da bi bili vsi podatki dostopni čim širši javnosti - tako poklicnim astronomom kot tudi amaterjem. Zato so razvili zelo uporaben nabor funkcij, s katerimi lahko dostopamo do podatkov. Tako si bo lahko skoraj vsak ne glede na tehnično znanje razmeroma zlahka pridobil podatke in jih obdelal po svoji želji.

Sedaj se lahko vprašamo, kakšni so še znanstveni cilji raziskave Zapuščinski pregled v

prostoru in času. Med najpomembnejšimi je seveda raziskovanje temne snovi in temne energije. Ker bomo ob koncu desetletja opazovanj imeli na voljo izjemne časovno odvisne podatke o skoraj nepredstavljenem številu zvezd in galaksij v našem vesolju, bomo lahko ugotavljali, kakšna je porazdelitev temne snovi v naši in drugih galaksijah. To nam bo morda pomagalo, da bi le ugotovili, kaj temna snov pravzaprav je.

Rubinin observatorij bo zaznal tudi izjemno veliko število izbruhov supernov v vesolju. Astronome predvsem zanimajo supernove tipa Ia, ki služijo kot standardni svetilniki. To so taki objekti, za katere lahko iz opazovanj in teorije natančno določimo njihovo absolutno magnitudo, to pa nam posledično pove, kako daleč od nas je ta objekt. Ko

enkrat vemo, kako daleč je objekt, lahko s spektroskopskimi opazovanji določimo še, kako hitro se giba. Skupaj nam ta dva podatka povesta veliko o tem, kako se vesolje širi, kar je neposredno povezano s temno energijo.

Rubinin observatorij bo seveda zaznaval tudi druge prehodne pojave. Ker bo naredil izjemno veliko posnetkov, obstaja upanje, da nam bo uspelo v vidni svetlobi zaznati kakšno združitev dveh črnih lukenj, ki jih trenutno zaznavamo le v observatorijih za gravitacijske valove.

Poleg kozmoloških opazovanj bo Observatorij Vere C. Rubin tudi zelo povečal število poznanih objektov v našem Osončju, predvsem v Kuiperjevem pasu, kjer se nahaja tudi pritlikavi planet Pluton. Pričakujemo tudi

povečano zaznavanje novih kometov in manjših asteroidov v bližini Zemlje, tudi takih, ki bi morda lahko v prihodnosti trčili z Zemljo. Kot vidimo, bo Observatorij Vere C. Rubin resnično imel izjemen vpliv na razvoj astronomije. A je kljub temu njegovo uspešno delovanje trenutno resno ogroženo. Ogroženo pa je, ne kot bi si morda



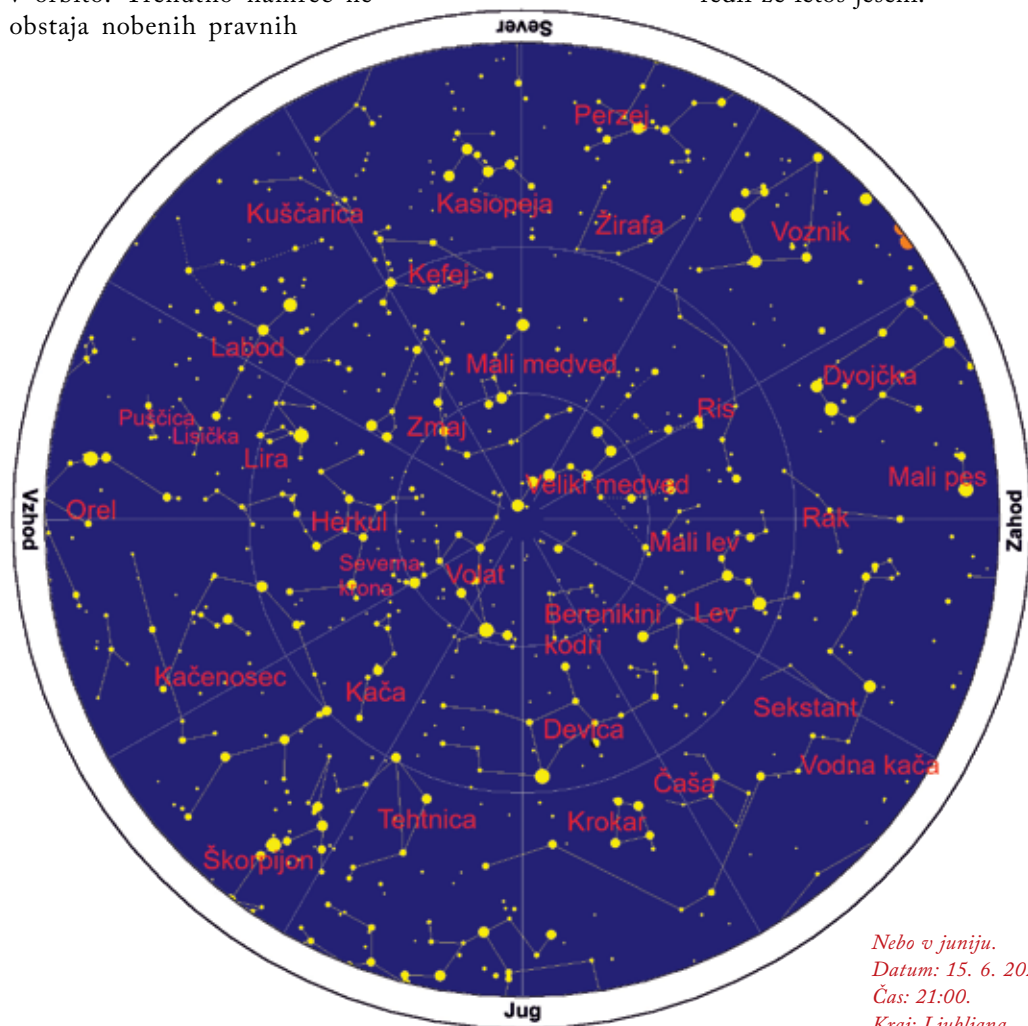
Čeprav morda tega ni nihče pričakoval, so največja nevarnost uspešnega obratovanja Observatorija Vere C. Rubin mikrosateliti v nizki Zemljini orbiti. Mikrosateliti so sicer zelo majhni, njihovo število je izjemno veliko, zelo močno odbijajo Sončevo svetlobo ter tako motijo astronomska opazovanja. Slika je sestavljena iz več krajših posnetkov, narejenih v približno pol ure. Na sliki vidimo satelite Starlink podjetja SpaceX, v ozadju pa je ozvezdje Kasiopeje.

Foto: Jeff Warner.

mislili, zaradi pomanjkanja finančnih sredstev ali podobnih težav. Ogrožajo ga namreč mikrosateliti v nizki Zemljini orbiti, ki jih tehnološki velikani kot SpaceX v tisočih izstreljujejo v Zemljino orbito. Sončna svetloba se od teh satelitov močno odbija. Zato so na nebu precej svetli ter zaradi svojega velikega števila izjemno motijo astronomska opazovanja. Po nedavni uradni izjavi Observatorija Vere C. Rubin je SpaceX povedal, da bodo svoje satelite poskušali narediti s čim manj odboja. Seveda pa je to le obljuba samo enega od velikih tehnoloških velikanov, ki te mikrosatelite pošiljajo v orbito. Trenutno namreč ne obstaja nobenih pravnih

pravil. Zato ta nevarnost za observatorij Vere C. Rubin še vedno obstaja. Upravljalci observatorija se izjemno trudijo, kako vpliv mikrosatelitov na njihova astronomska opazovanja zmanjšati. To bodo naredili z naprednim obdelovanjem posnetkov ter s prilagojenim opazovalnim programom.

Ne glede na škodljiv vpliv mikrosatelitov na astronomska opazovanja bo prispevek Rubininega observatorija k znanosti izjemen. Trenutno je Observatorij Vere C. Rubin v zadnjih fazah izgradnje in lahko pričakujemo, da bo začel delovati v začetku prihodnjega leta. Prve posnetke bo verjetno naredil že letos jeseni.



Nebo v juniju.
 Datum: 15. 6. 2024.
 Čas: 21:00.
 Kraj: Ljubljana.



Hodite z nami.
**POZNAMO VSE
POD NAŠIMI
NOGAMI.**



ISSN 0033-1805

