

PROTEUS

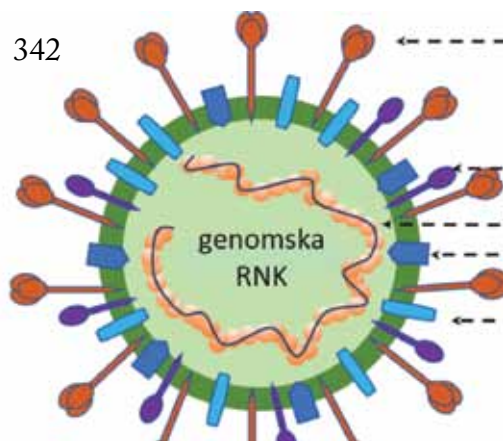
*mesečnik
za poljudno
naravoslovje*



April 2020, 8/82. letnik
cena v redni prodaji 5,50 EUR
naročniki 4,32 EUR
upokojenci 3,55 EUR
dijaki in študenti 3,36 EUR
www.proteus.si



342



369



376



361



339 Table of Contents

340 Uvodnik

Tomaž Sajovic

342 Medicina

Nova koronavirusna bolezen (covid-19):
od izvora do zdravljenja

Zala Teršek, Kristof Fortuna

355 Farmakologija, fitokemija in dendrologija

Fitokemijske, farmakološke in klinične
raziskave izvlečka iz vej bele jelke
(*Abies alba*)

Samo Kreft

361 Ekologija

Beljenje koral in načini njegovega
preprečevanja: Havaji kot študija primera

Tina Travnik

369 Botanika

Jacquinov ranjak (*Anthyllis jacquinii*)
zagotovo raste tudi v Julijskih Alpah

Amadej Trnkoczy

376 Botanika

Komenski svišč je v Juliani spet zacvetel

Ob stoletnici rojstva akademika
prof. dr. Ernesta Mayerja (1920–2009)

Nada Praprotnik, Klemen Završnik

381 Naše nebo

Veliki komet leta 2020

Mirko Kokole

Table of Contents

Editorial

Tomaž Sajovic

Medicine

New Coronavirus Disease (COVID-19): From Source to Treatment

Zala Teršek, Kristof Fortuna

Our civilisation has seen the outbreak of many infectious diseases, from plague and cholera to Spanish flue, all of them claiming millions of victims. The current pandemic was first identified in December 2019 in Wuhan, China, where hospitals received a great number of patients with pneumonia of unknown origin. Subsequently they isolated a new, previously unknown form of coronavirus SARS-CoV-2. With its high infectivity it took only a few weeks for the virus to spread from Asia across the world, claiming nearly 200,000 lives by now. (The article was last updated on 25 April 2020.)

Pharmacology, phytochemistry and dendrology

Phytochemical, Pharmacological and Clinical Research into the Silver Fir

(Abies alba) Branch Extract

Samo Krefť

Medicinal plants are usually associated with traditional use and legacy of past generations. Still, even medicinal plants can be the object of in-depth research. Research allows us to document folk use and test whether traditional findings were correct and experience objective. It also allows us to explore entirely new plant species, new ways of medicine preparation and new purposes for their use. At the Faculty of Pharmacy in Ljubljana we have been researching silver fir (*Abies alba*) extracts for years. Silver fir is the only fir species occurring in Slovenia and has been used, although to a very limited extent, in folk medicine. Our research is therefore largely original and aims to discover new biological effects of this plant.

Ecology

Coral Bleaching and Methods of Prevention:

Hawaii as the Case Study

Tina Travník

Coral bleaching is one of the most important signals of climate change and more harmful to coral reefs than to any other ecosystem on Earth. The bleaching occurs when the balance between corals and their symbionts breaks down. Bleached corals die if the stress persists. Widespread coral mortality is expected if ocean temperatures increase by 0.5°C, whereas further increase by 2–3°C above pre-industrial temperature levels may cause complete extinction of coral reefs.

Global “stressors” that threaten coral reefs are synergistic with local factors and additionally multiply the damage caused by the local stressors. Coral bleaching is a signal that requires urgent action if we want to reduce the impact of climate change on coral reefs and all other organisms depending on them. The immediate threat that bleaching poses to the survival of nearly a quarter of all known marine species and 500 million people across the world requires focused mitigation of this phenomenon, which is of crucial importance for our economy and survival.

Most of the reasons for coral bleaching are directly and indirectly anthropogenic, which means that people can cause as well as prevent its occurrence. Several reefs on

Maui in Hawaii lost nearly 25% of living corals between 1994 and 2006, but the most dramatic decline was in Honolulu Bay, where coral cover dropped from 42% to 9% (Sheppard, 2014). Hawaiian reefs are well known diving destinations and as such an important source of income, generating USD 800 million a year for Hawaiian tourism industry. But it is exactly mass tourism that threatens these reef structures.

Hawaii alone cannot sufficiently mitigate global threats. This threatens the survival of their coral reefs and requires not only local, but first and foremost global action.

Botany

***Anthyllis jacquinii* Confirmed to Occur Also in the Julian Alps**

Amadej Trnkoczy

Many of us know woundwort (*Anthyllis vulneraria*), a common flower of late spring and summer meadows. The beauty, colours and diversity of form of anything that grows may not always charm us, but the relatively large, vibrant coloured “baroque” flower head is hard to overlook. Despite its diversity woundwort is easily recognised for its habit, (most frequently) yellow flowers and odd pinnate leaves. The woundwort is not the only representative of the genus in Slovenia, however. The other is *Anthyllis jacquinii* with pink-reddish flowers, whose occurrence in the Julian Alps has until now been dubious.

Botany

Komna Gentian in Juliana Flowers Again Upon the Centenary of Birth of Academician Prof. Ernest Mayer, PhD (1920-2009)

Nada Praprotnik, Klemen Završnik

Juliana in the Trenta Valley is the oldest Alpine botanical garden in Slovenia. On the front page of the visitors’ book its founder, Albert Bois de Chesne, wrote: “*Terrestria sidera flores*”, which could loosely be translated as: “Flowers are stars on earth”. Something that really holds true for some of the floristic gems that delight us in the garden. One of them is Komna gentian.

This year we commemorate the centenary of birth of Ernest Mayer (1920-2009), a university botany professor whom we, older botanists, still remember well. His research work spans floristics, plant systematics and phytogeography of vascular plants. In 1952 he published the List of vascular plants in the Slovenian territory, which still stands as the fundamental work of recent Slovenian floristics.

The story of the gentian from Komna began in 1957, when Ernest Mayer noticed many specimens of great yellow gentian (*G. lutea* subsp. *symphyandra*) between the mountain pastures Na Kraju and Govnjač, and the Pannonian gentian (*Gentiana pannonica*) growing nearby. He also found a “fine specimen” of previously unknown plant, which he identified as a hybrid between the great yellow gentian and the Pannonian gentian. In 1961 he described it in the prominent botanical journal Österreichischen Botanischen Zeitschrift and called it after its locality – the Komna gentian (*Gentiana x komnensis*). Its valid scientific name today is *Gentiana x laengstii* subsp. *kommensis*.

Our sky

The Great Comet of 2020

Mirko Kokole



Naslovnica: *Komenski svišč.*

Foto: Klemen Završnik.

Proteus

Izhaja od leta 1933

Mesečnik za poljudno naravoslovje

Izdajatelj in založnik:

Priradoslovno društvo Slovenije

Odgovorni urednik:

prof. dr. Radovan Komel

Glavni urednik: dr. Tomaž Sajovic

Uredniški odbor:

Janja Benedik

prof. dr. Milan Brumen

dr. Igor Dakskobler

asist. dr. Andrej Godec

akad. prof. dr. Matija Gogala

dr. Matevž Novak

prof. dr. Gorazd Planinšič

prof. dr. Mihael Jožef Toman

prof. dr. Zvonka Zupanič Slavec

dr. Petra Draškovič Pelc

<http://www.proteus.si>

priradoslovno.drustvo@gmail.com

© Priradoslovno društvo Slovenije, 2020.

Vse pravice pridržane.

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

Lektor: dr. Tomaž Sajovic

Oblikovanje: Eda Pavletič

Angleški prevod: Andreja Šalamon Verbič

Priprava slikovnega gradiva: Marjan Richter

Tisk: Trajanus d.o.o.

Svet revije Proteus:

prof. dr. Nina Gunde – Cimerman

prof. dr. Lučka Kajfež – Bogataj

prof. dr. Tamara Lah – Turnšek

prof. dr. Tomaž Pisanski

doc. dr. Peter Skoberne

prof. dr. Kazimir Tarman

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

Naslov izdajatelja in uredništva: Priradoslovno 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 upokojece 3,55 EUR, za dijake in študente 3,36 EUR.

Celoletna naročnina je 43,20 EUR, za upokojece 35,50 EUR, za študente 33,60 EUR. 5,0 % DDV in poštnina sta vključena v ceno.

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

Vsi objavljeni prispevki so recenzirani.

Proteus (tiskana izdaja) ISSN 0033-1805

Proteus (spletna izdaja) ISSN 2630-4147

Uvodnik

Prava znanost je le tista, ki pomaga ustvarjati boljše družbo ...

Ali na znanost vplivajo zgodovinske okoliščine? Odgovor je pritrdilen. Zgodovinske okoliščine so neizogibni del znanosti. Ali drugače: znanost je vedno zgodovinska dejavnost (stari Grki so imeli svojo, Kitajci in Arabci svojo, novoveški človek ima svojo). Kako okoliščine krojijo znanost in slabem in dobrem, kažejo besede dveh velikih znanstvenikov – britanskega fizika in Nobelovega nagrajenca za fiziko za leto 2013 Petra Higgsa (1929–) (znan je po odkritju Higgsovega bozona) in znamenitega ruskega nevropsihologa Aleksandra Lurie (1902–1977). Na poti v Stockholm na podelitev Nobelove nagrade za leto 2013 je 84-letni Peter Higgs v pogovoru za *Guardian* (6. decembra 2013) kritično opisal današnjo akademsko »kulturo«: »Danes ne bi dobil službe na univerzi. Prepričan sem, da me ne bi imeli za dovolj produktivnega.« Dvomi tudi, da bi podoben dosežek [odkritje Higgsovega bozona; opomba je moja] bil mogoč v današnji akademski kulturi, saj danes od znanstvenikov pričakujejo, da »kot po tekočem traku proizvajajo« članke. »Težko si je predstavljati, da bi v današnjem vzdušju imel dovolj miru in tišine, da bi ustvaril tisto, kar sem ustvaril leta 1964.« Težko pa bi tudi verjeli, da je bil »začetnik« te aka-

demske »kulture« – paradokso – eden od britanskih najbolj zloglasnih tajkunov Robert Maxwell (1923–1991). Maxwell se je rodil na Češkem, med drugo svetovno vojno se je boril v britanski armadi in bil odlikovan z vojaškim križem, po vojni pa je deloval v angleški obveščevalni službi kot zasliševalec zapornikov. Že takrat je njegova največja želja bila »postati milijonar«. V tistem času je britanska vlada začela pripravljati projekt, ki bi mu omogočal prav to. Britanska znanost je bila vrhunska, možnosti za objavo znanstvenih dosežkov pa klavrne. Vlada je zato leta 1948 sklenila združiti ugledno britansko založniško hišo *Butterworths* in priznано nemško založbo *Springer*, ki je prispevala »znanje in metode agresivnega založništva v znanosti«. Maxwell je leta 1951 postal večinski lastnik podjetja, ga istega leta s s lastnikom preimenoval v založniško hišo *Pergamon Press*, za logotip pa uporabil grafično reprodukcijo kovanca iz grškega antičnega mesta Pergamon, na katerem je bila upodobljena boginja modrosti Atena. Logotip je tako simboliziral združitev vedenja in denarja ter preroško napovedal nastajanje orjaške, brezobzirne in izredno dobičkonosne industrije »uglednih«, indeksiranih znanstvenih revij. Že sredi sedemdesetih let so se založniki začeli vmešavati v samo dejavnost znanosti. S tem so začeli utirati pot,

na koncu katere je poklicno preživetje znanstvenic in znanstvenikov postalo popolnoma odvisno od založniškega sistema. Največja ironija je, da so največji »dobavitelji« založniškega sistema kar same znanstvene in univerzitetne ustanove, ki znanstvenicam in znanstvenikom vztrajno vsiljujejo kulturo »objavljalj ali umri (v angleščini *publish or perish*)« - pri tem preživetje zagotavljajo le objave v »uglednih« znanstvenih revijah. Znanstvenice in znanstveniki so danes »sužnji« enega od najbolj izkoriščevalskih poslovnih modelov. V revijah morajo svoje članke objavljati zastoj (pogosto morajo objavo še plačati), tisti, ki strokovno pregledujejo njihove članke, to počnejo prav tako zastoj, založniki pa revije potem univerzam in znanstvenim inštitutom prodajajo za ogromne vsote denarja: *Elsevier*, ena od petih založniških korporacij, ki izdajajo znanstvene revije, je leta 2018 ustvarila orjaški 37-odstotni dobiček (milijardo evrov). V enem stavku: založniki »kradejo« znanje tistim, ki ga ustvarjajo z (večinoma) javnim denarjem, potem pa jim ga v obliki »uglednih« revij – zopet za javni denar, kar velja za javne univerze in inštitute – z veličastnimi dobički »vračajo« (prodajajo) nazaj. Z drugimi besedami: založniki »plenijo« javni denar, hkrati pa s plačljivostjo dostopa do člankov znanje, ki bi moralo biti javna dobrina, spreminjajo v blago.

Pohlep po dobičkih pa se ni ustavil pri tem. Založniki so sneli – če parafraziramo Marxov in Engelsov *Komunistični manifest* – »svetniško gloriolo« tudi »doslej častivrednemu opravilu« - znanosti sami. Lastna poslovna merila so namreč začeli vsiljevati sami *usmeritvi* raziskovanja.

Že sama zahteva po nenehnem objavljanju člankov znanstvenikom jemlje čas in mir za večje dosežke (spomnimo se samo Higgsovih kritičnih besed). Ameriški celični biolog Randy Schekman (1948-), dobitnik Nobelove nagrade za fiziologijo ali medicino za leto 2013, pa je v članku *Kako revije kot Nature, Cell in Science škodijo znanosti* (*Guardian*, 9. decembra 2013) opozoril na še eno poslovno ravnanje založnikov, ki ne ogroža samo znanosti, ampak tudi družbo samo. Schekmanov poziv v zaključku članka je zato – kar bomo videli, ko bomo razmišljali o medsebojni povezanosti med znanostjo in družbo, ki jo je vneseno zagovarjal Aleksander Luria - revolucionaren: »Znanost mora zlomiti tiranijo 'uglednih' znanstvenih revij. Rezultat bo boljša znanost, ki bo bolje služila znanosti in družbi.« Založniki in njihove revije so znanost »odrezali« od družbe na nenavadni način. Vsilili so ji prepričanje, da »ugledne« znanstvene revije že same po sebi utelešajo kakovost znanosti. Da bi bili »prepričljivejši«, so revije opremili z *dejavnikom vpliva*, »objektivnim« indeksom »odličnosti«, ki meri, kolikokrat so članki, objavljeni v revijah, citirani v drugih razpravah. »Boljši članki,« nas prepričujejo, »so citirani pogostejše, zato se boljše revije lahko ponašajo z višjim dejavnikom vpliva.«

»Vendar te revije agresivno oglašujejo predvsem svoje blagovne znamke, pri čemer jih bolj zanima prodaja, kot pa da bi spodbujale najpomembnejše raziskave.« Citiranje je včasih res povezano s kakovostjo, ker pa si znanstvene revije želijo, da bi se čim bolj prodajale, temu vedno ni tako. Njihovi uredniki vedno bolj iščejo »senzacionalne« članke, ki raziskujejo modno tematiko, in se ne menijo za manj »spektakularne«, toda zelo pomembne raziskave, ki želijo »samó« preverjati dosežke drugih raziskovalcev ali pa predstavljati tudi »negativne« rezultate, take, ki ne potrjujejo predpostavk. Nič čudnega ni, da se raziskovalci taki politiki *prilagajajo*. Objave v uglednih revijah pač prinašajo nujno potrebne točke za njihovo poklicno preživetje. Južnoafriški biolog in Nobelov nagrajenec za fiziologijo ali medicino za leto 2002 Sidney Brenner (1927-2019) je bil prepričan, da je ves sistem »uglednih« znanstvenih revij *koruptiven*.

Vse pripombe so upravičene. Znanstvenim revijam z »dejavniki vpliva« je znanost predvsem *sredstvo* za ustvarjanje ogromnih dobičkov. Že za Aristotela je bilo *vse*, kar bilo *sredstvo* za nekaj drugega, *nemoralno*. To nas vodi naravnost k novi, sodobni obliki »znanosti«, ki se je začela razvijati v 70. letih 20. stoletja – tako imenovani tehnnoznanosti. Tehnoznanost ne spoznava več sveta, ampak z orodji, ki jih ponuja znanost, rešuje *od zunaj* določene probleme. Popolnoma enako se dogaja raziskovalcu, ki objavlja v znanstvenih revijah: tudi on se mora vsebinsko *prilagajati* njihovemu »povpraševanju«. Znanstvene revije so »eno« s tehnnoznanostjo, znanstvenik in znanost pa sta v času tehnnoznanosti izgubila svojo avtonomijo.

12. februarja leta 2016 je britanski pisec o znanosti Philip Ball v *Guardianu* objavil kritiko opisanih dogajanj z naslovom *Ni prostora za današnje mlade Einsteine*. Einsteinova znanost je bila popolnoma drugačna od današnje. Splošna teorija relativnosti ni bila ideja, ki bi jo utemeljevala potreba po razlagi opazovanj, leta 1915 je tudi nihče ni zahteval. Pred enim stoletjem nova teorija ni imela nobenega očitnega »vpliva«, ni imela niti jasnega namena, razen intelektualnega. Nastala je, ker je Einstein videl svet na popolnoma drugačen način. Ustvaril jo je, ker si je to preprosto želel. Einsteinu danes takega projekta nihče ne bi odobril ...

Prihodnjič bom posvetil uvodnik Aleksandru Lurii, ki je imel izredno srečo, da je lahko znanstveno sodeloval pri ustvarjanju popolnoma nove družbe po oktobrski revoluciji: »Življenje mi je nudilo čudovito spodbudno okolje dejavne, hitro razvijajoče se družbe. Vsa moja generacija je bila prepojena z energijo revolucionarnih sprememb – osvobajajočo energijo, ki jo ljudje čutijo, ko so del družbe, ki je sposobna ustvariti ogromen napredek v zelo kratkem času.«

Tomaz Sajovic

Nova koronavirusna bolezen (covid-19): od izvora do zdravljenja

Zala Teršek, Kristof Fortuna

V preteklosti je bila naša civilizacija priča izbruhom številnih nalezljivih bolezni, med drugim kuge, kolere in španske gripe, ki so zahtevale milijone žrtev. Začetki sedanjega pandemije segajo v december leta 2019 v mesto Wuhan na Kitajskem, kjer se je v bolnišnicah pojavilo veliko bolnikov s pljučnico neznanega izvora. Kasneje so iz vzorcev teh bolnikov izolirali novo, do takrat še neznano obliko koronavirusa SARS-CoV-2. Zaradi njegove izjemne nalezljivosti se je v nekaj tednih iz Azije razširil po svetu in do danes povzročil skoraj 200.000 smrtnih žrtev. (Članek je bil zadnjič posodobljen 25. aprila 2020.)

Splošne značilnosti koronavirusov

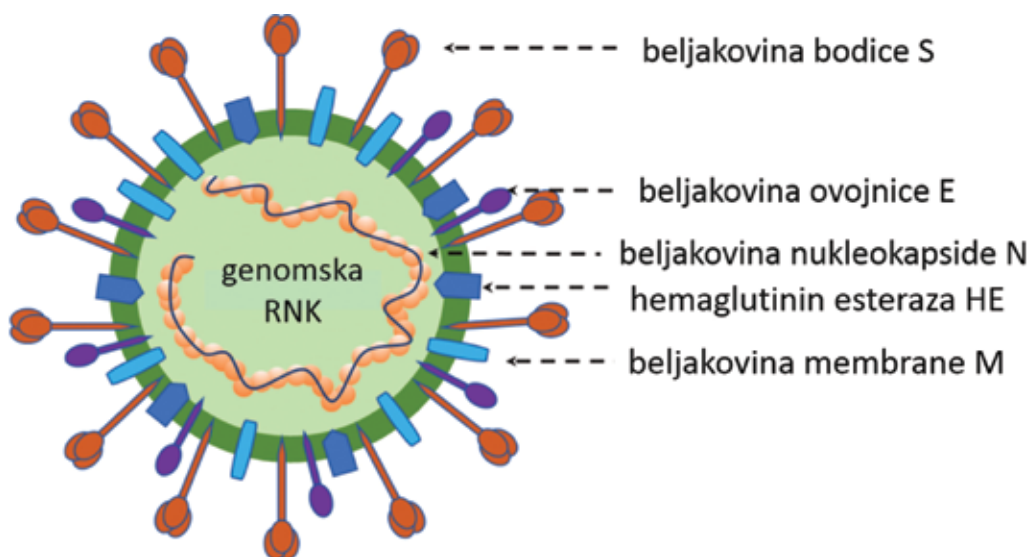
Koronavirusi so po vsem svetu razširjeni virusi, ki lahko okužijo ljudi, ptice, gove-

do, pse in druge živali. Ime so dobili po značilni kroni (latinsko *corona*), ki obdaja virusno ovojnico. Iz nje štrli beljakovina bodice S, ki jo lahko vidimo pod elektronskim mikroskopom. Koronaviruse uvrščamo v red *Nidovirales*, družino *Coronaviridae*, poddružino *Coronavirinae* in rod *Coronavirus*, ki ga tvorijo štiri genetske skupine virusov: *Alphacoronavirus*, *Betacoronavirus*, *Gammacoronavirus* in *Deltacoronavirus*. Izvor in naravni gostitelji koronavirusov so netopirji. Na človeka se najverjetneje prenesajo s stikom preko še ene živali, ki ji pravimo vmesni gostitelj.

Človeški koronavirusi so okrogli virusi z

Slika 1: Značilna zgradba koronavirusa.

Povzeto po: Jin, Y., s sod., 2020: Viruses.



ovojnico, njihov dedni material (genom) pa predstavlja enovijačna, pozitivno polarna molekula RNA, ki je največja med vsemi virusi z RNA. Na njej so zapisane informacije za nestrukturane in strukturne beljakovine. Nestrukturane beljakovine so med drugimi polimeraze in proteaze, ki so potrebne za razmnoževanje virusa, strukturne pa so beljakovina bodice S, beljakovina ovojnice E, membranska beljakovina M, beljakovina nukleokapside N in hemaglutinin esteraza HE (slika 1).

Virus se na gostiteljeve celice pritrdi z beljakovino bodice S, ki se glede na vrsto koronavirusa veže na različne receptorje. Nato z endocitozo (privzemanjem snovi z uvihanjem celične membrane) ali fuzijo s celično membrano vstopi v gostiteljevo celico, kjer se s pomočjo njenih organelov razmnožuje. Tako nastali novi virusi se končno sprostijo iz celice z eksocitozo. Za koronavirus se zelo značilne mutacije in rekombinacije, zaradi katerih prihaja do novih podvrst virusov, posledično pa do sprememb gostiteljev in drugačnega kliničnega izražanja okužb.

Prvi koronavirus so odkrili leta 1937 pri piščancih, leta 1965 pa so odkrili prva človeška koronavirusa HCoV-229E in HCoV-OC43 (angleško *HCoV* – *human coronavirus*). Do januarja letošnjega leta je bilo znanih šest koronavirusov, ki lahko okužijo človeka – vsi sodijo v skupini *Alphacoronavirus* in *Betacoronavirus* (preglednica 1).

Preglednica 1:

Razdelitev koronavirusov, ki lahko okužijo človeka.

<i>Alphacoronavirus</i>	<i>Betacoronavirus</i>
HCoV-229E	HCoV-OC43
HCoV-NL63	HCoV-HKU1
	SARS-CoV
	MERS-CoV
	SARS-CoV-2

Koronavirusi 229E, NL63, OC43 in HKU1 najpogosteje povzročajo okužbe zgornjih dihal, ki se kažejo z znaki in simptomi prehlada, kot so kašelj, nahod, povišana telesna temperatura, vnetje žrela, vnetje srednjega ušesa in glavobol. Ti koronavirusi povzročajo od pet do petnajst odstotkov vseh prehladov, običajno pa se pojavljajo sezonsko v zimskih in pomladnih mesecih. Bolezen ponavadi izzveni v šestih do sedmih dneh. Redko, še posebej pri dojenčkih, starostnikih in imunsko oslabljenih osebah, lahko prizadenejo tudi spodnja dihalna in povzroči bronhiolitis ali pljučnico. Specifično se lahko pri okužbi s koronavirusoma 229E in OC43 pojavijo kronične nevrološke bolezni, pri okužbi s koronavirusom NL63 krup, pri okužbi s koronavirusom HKU1 pa vročinski krči.

Koronavirusa SARS in MERS

Mnogo bolj patogena sta koronavirusa SARS in MERS. Prvi se je pojavil novembra leta 2002 na Kitajskem in je povzročal bolezen SARS oziroma hudi akutni respiratorni sindrom (angleško *severe acute respiratory syndrome*). Drugi pa se je pojavil junija leta 2012 v Savdski Arabiji ter povzroča bolezen MERS oziroma bližnjevzhodni respiratorni sindrom (angleško *Middle East respiratory syndrome*).

Koronavirusa MERS in SARS sta se po prvotnem preskoku z živali na človeka prenašala kapljično s človeka na človeka. Velik del okužb je predstavljal prenos v bolnišnicah (tako na zdravstveno osebje kot na druge bolnike). Zaradi velike afinitete obeh virusov do celic spodnjih dihal sta okužbi po začetnih blagih simptomih respiratornega obolenja značilno napredovali v hudo atipično pljučnico, ki je lahko povzročila dihalno odpoved in smrt. V preglednici 2 so predstavljene še nekatere značilnosti obeh virusov.

Julija leta 2003 so razglasili konec pandemije SARS, od takrat se bolezen ne pojavlja več, medtem ko se MERS sicer redko

	SARS-CoV	MERS-CoV
Naravni gostitelj	Netopirji	Netopirji
Vmesni gostitelj	Črno-beli zvičajt (<i>Paguma larvata</i>)	Enogrba kamela (<i>Camelus dromedarius</i>)
Prevladujoči receptor pri gostitelju	Encim angiotenzin konvertaza 2 (ACE2)	Encim dipeptidil peptidaza (DPP4 oziroma CD26)
Število obolelih*	8.096	2.494
Delež zdravstvenih delavcev*	23 %	10 %
Število umrlih*	744 (9 %)	858 (34 %)
Število držav, kjer so potrdili okužbo*	29	27

Preglednica 2: Primerjava koronavirusov SARS in MERS.

*Podatki, pridobljeni na spletni strani Svetovne zdravstvene organizacije 25. aprila leta 2020.

še pojavlja pri delavcih ali turistih, ki imajo stik z enogrbimi kamelami.

Novi koronavirus SARS-CoV-2

Decembra leta 2019 so v mestu Wuhan v provinci Hubei na Kitajskem poročali o več primerih pljučnic neznanega izvora, ki so jih povezovali s tržnico živih živali, kjer med drugim prodajajo perutnino, kače, netopirje in tudi nekatere druge divje živali. Zato so sprva predvidevali, da je glavni prenos z živali na človeka, zaradi hitrega širjenja bolezni pa se je kasneje pokazalo, da je najpomembnejši prenos s človeka na človeka.

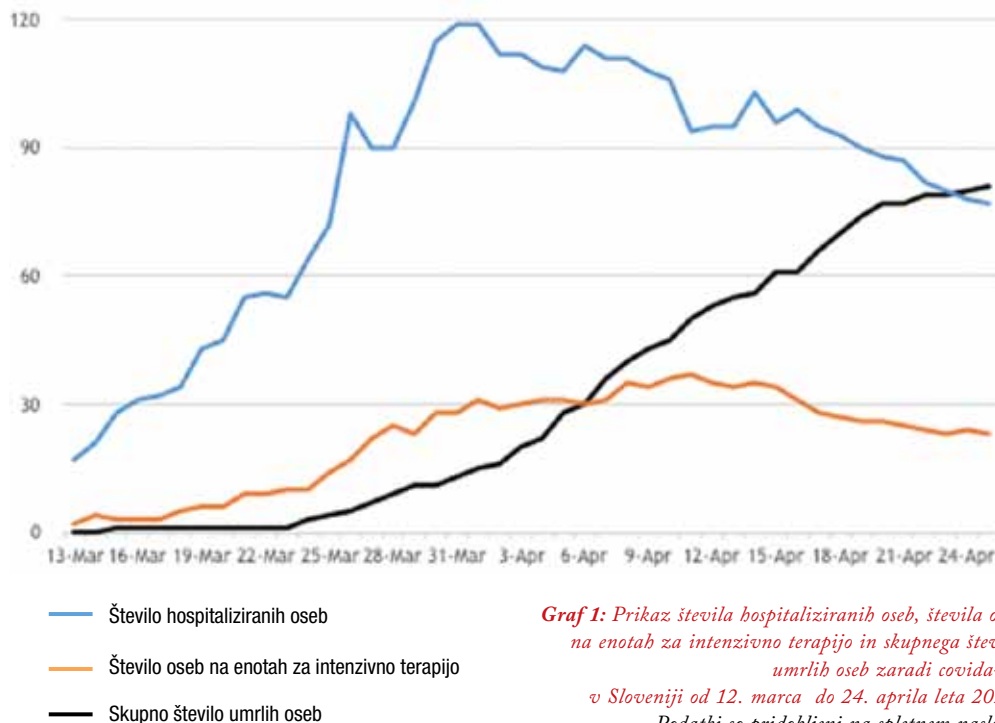
V začetku januarja so kitajski znanstveniki

iz vzorca bolnika izolirali nov koronavirus, ki ga je Svetovna zdravstvena organizacija (WHO) poimenovala SARS-CoV-2, bolezen, ki jo povzroča, pa koronavirusna bolezen 19 oziroma covid-19 (angleško *coronavirus disease 19*). Zaradi pogostih migracij se je virus razširil po svetu – do 25. aprila leta 2020 so okužbe potrdili v 185 državah (preglednica 3). Prvi primer smo v Sloveniji zabeležili 4. marca leta 2020. Svetovna zdravstvena organizacija je 11. marca leta 2020 covid-19 razglasila za pandemijo, Slovenija pa je naslednji dan razglasila epidemijo. Na grafu 1 je prikazan potek epidemije v Sloveniji.

Preglednica 3:

Števila obolelih in umrlih za Slovenijo in svet do vključno 24. aprila leta 2020. Podatki so pridobljeni na spletni strani Worldometer 25. aprila leta 2020.

	Slovenija	Svet
Število obolelih	1.388	2.850.387
Število umrlih	81	198.096



Graf 1: Prikaz števila hospitaliziranih oseb, števila oseb na enotah za intenzivno terapijo in skupnega števila umrlih oseb zaradi covid-19 v Sloveniji od 12. marca do 24. aprila leta 2020. Podatki so pridobljeni na spletnem naslovu <https://www.gov.si teme/koronavirus> 25. aprila leta 2020.

SARS-CoV-2 je torej sedmi koronavirus, ki lahko okuži človeka, uvrstili pa so ga v skupino *Betacoronavirus*. Najpomembnejšo vlogo pri vstopu virusa v gostiteljevo celico ima beljakovina bodice S, ki je sestavljena iz dveh podenot, S1 in S2. S podenoto S1 se virus veže na receptor gostiteljeve celice, podenota S2 pa omogoča zlitje virusne in celične membrane. Najbolj variabilen del celotnega virusnega genoma je receptor-vezavna domena RBD (angleško *receptor-binding domain*), s katero se virus poveže na receptor gostiteljske celice. Nahaja se na podenoti S1 in določa, katere celice in organizme bo virus okužil. Da lahko SARS-CoV-2 vstopi v celico, se mora najprej z beljakovino bodice S vezati na membranski receptor ACE2 (enako kot SARS-CoV, s tem da se SARS-CoV-2 veže z deset- do dvajsetkrat večjo afiniteto). Virus lahko v celico verjetno vstopi tudi preko receptorja CD147. V celici

se virus razmnožuje in jo nato zapusti. Alveolarne epitelijske celice tipa II (pnevmociti tipa II) so najpomembnejše celice, ki izražajo receptor ACE2. Te celice imajo tudi več drugih genov, ki so povezani z različnimi virusnimi procesi, zaradi česar se virus najbolj dejavno razmnožuje prav v dihalih. V manjši meri receptor ACE2 izražajo tudi celice srca, ledvic, endotelija žil in črevesa, kar lahko razloži sočasno prizadetost teh organov pri težji obliki koronavirusne bolezni 19.

SARS-CoV-2 je po genetski sestavi najbolj (96-odstotno) podoben koronavirusu iz netopirja *Rhinolophus affinis* (SARSr-CoV; RaTG13) (slika 2). Podobnost s SARS-CoV je 79-odstotna, z MERS-CoV pa 50-odstotna. Za vezavo na ACE2 je najbolj pomembnih šest aminokislin znotraj RBD. Zaradi mutacij je pri novem koronavirusu pet aminokislin drugačnih od genetsko naj-

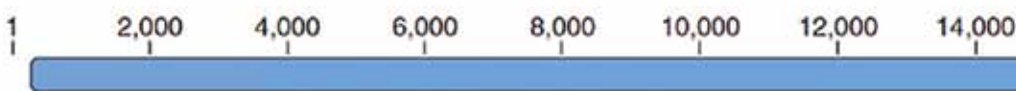
bolj podobnega RaTG13. Nasprotno pa so te glavne aminokisline identične pri koronavirusu, ki so ga izolirali iz javanskega luska (Manis javanica), zato predvidevajo, da je ta najverjetnejši vmesni gostitelj, preko katerega se je virus prenesel z netopirja na človeka.

Poleg mutacij v RBD je značilnost novega koronavirusa tudi polibazično mesto cepitve (angleško *polybasic cleavage site*) na stiku podenot S1 in S2, ki doslej še ni bilo opisano pri podobnih betakoronavirusih. Na tem mestu verjetno človeški encim furin, ki neaktivne oblike beljakovin spreminja v

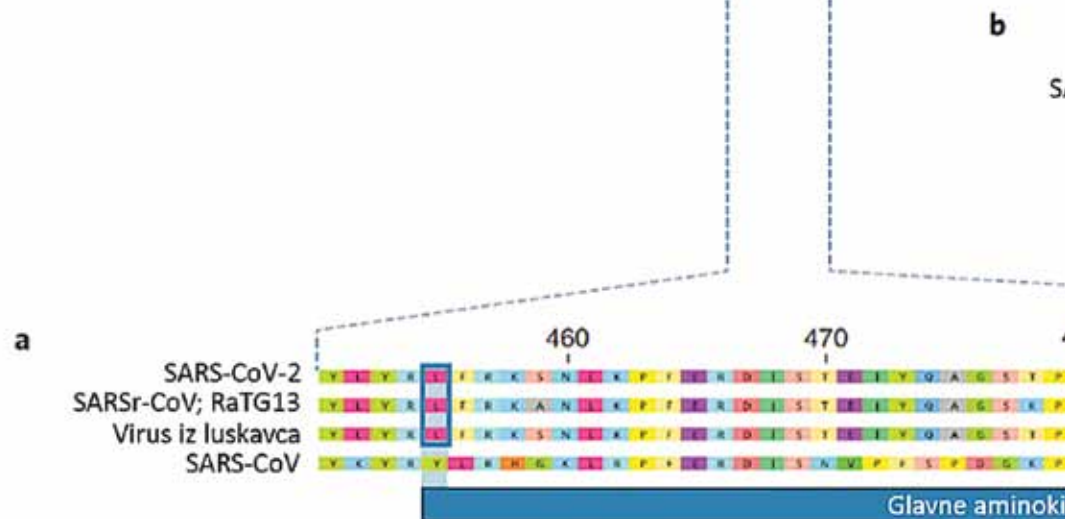
aktivne, cepi beljakovino bodice S, kar je nujno za vstop virusa v celico (pred vstopom verjetno še serinska proteaza TMPRSS2 cepi del podenote S2). Prisotnost furina v različnih človeških organih (pljučih, možganih, gastrointestinalnem sistemu, jetrih, trebušni slinavki, reproduktivnem sistemu) bi lahko bil eden od razlogov, da novi koronavirus prizadene tudi organe, ki jih ostali koronavirusi ne prizadenejo.

Po preskoku z netopirja na vmesnega gostitelja se o nadaljnjem razvoju virusa ponujata dve hipotezi. Prva predvideva, da je SARS-CoV-2 nastal z naravno selekcijo v

Zaporedje nukleotidov



Zaporedje aminokislin

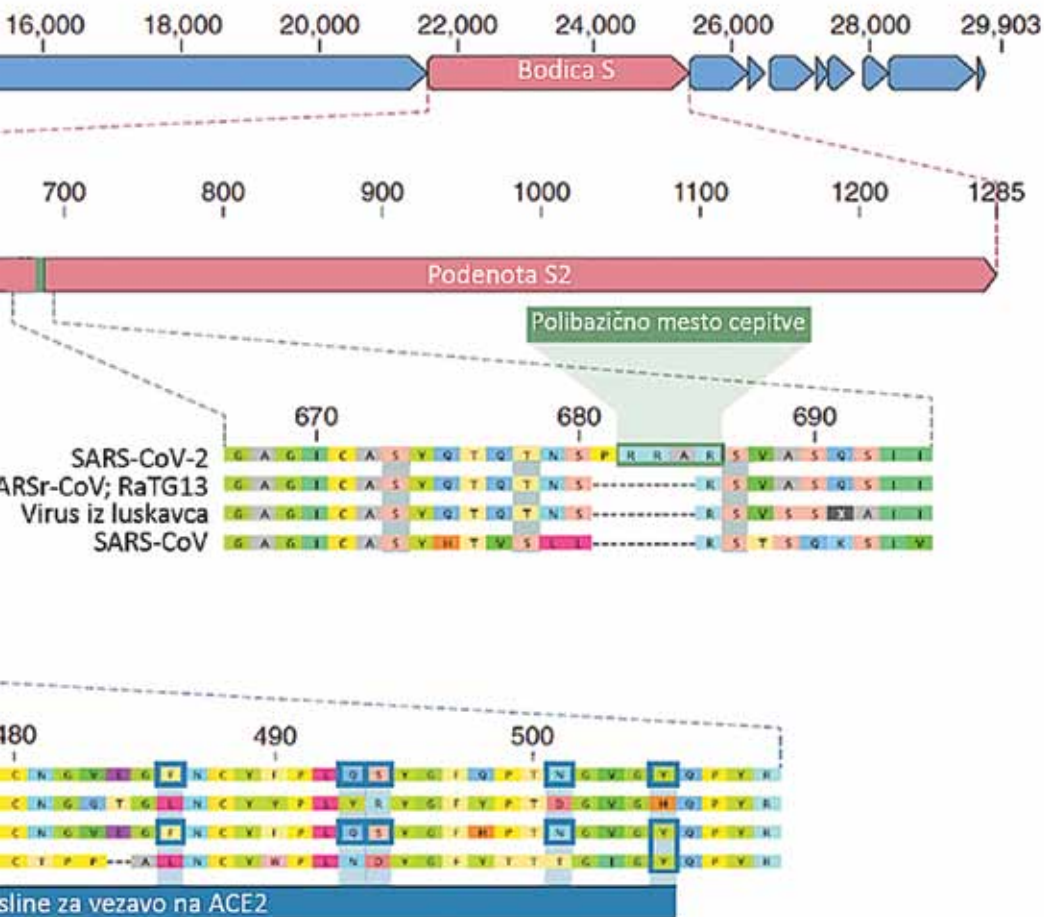


Slika 2: Značilnosti beljakovine bodice S pri SARS-CoV-2 in podobnih koronavirusih.

a. Primerjava glavnih aminokislin (enake so označene z modro obrobo) RBD različnih koronavirusov, ki so pomembne za vezavo na ACE2. Vseh šest je identičnih pri SARS-CoV-2 in koronavirusu, ki so ga izolirali iz javanskega luskavca.

b. Aminokislinske polibazične mesta cepitve (označene z zeleno obrobo) ter primerjava z drugimi podobnimi koronavirusi. To mesto je specifično za SARS-CoV-2.

Povzeto po: Andersen, K. G., s sod., 2020: Nature Medicine.



vmesnem gostitelju in se je nato prenesel na človeka. Tako bi moral virus pri vmesnem gostitelju pridobiti vse značilnosti, vključno s polibazičnim mestom cepitve. Takega virusa pri luskavcih oziroma kateri drugi živali za zdaj še niso odkrili. Druga hipoteza pa predvideva, da je virus z vmesnega gostitelja prešel na človeka, kjer se je postopoma spremenil z naravno selekcijo med neopaznim širjenjem med ljudmi, s čimer je med drugim pridobil polibazično mesto cepitve. Virus se je z nadaljnjim širjenjem med ljudmi razvil v dva tipa: tip L (70 odstotkov) in tip S (30 odstotkov). Ugotovili so, da se je prvi pojavil tip S, tip L pa se hitreje razmnožuje, je bolj kužen in bolj mutira.

Prenos bolezni

Kot druge okužbe dihal se covid-19 širi s tesnimi stiki in z respiratornimi kapljicami, ki vsebujejo virus. Do prenosa pride, ko okužena oseba v bližini kašlja, kiha ali govori in izločki pridejo v stik s sluznicami nosu, ust ali oči neokužene osebe. Tako so pogostejše okužbe med družinskimi člani, zdravstvenimi delavci in drugimi bližnjimi stiki. Odvisno od fizikalnih razmer v okolici (temperature, vlage in tako dalje) lahko virus preživi na različnih površinah tudi do več dni. Pod posebnimi pogoji se lahko virus širi tudi po zraku, še posebej pri določenih medicinskih posegih (jemanje brisa, bronhoskopija, intubacija). Ker so virus dokazali v blatu obolelih, obstaja možnost oralnofekalnega prenosa, vendar so za potrditev te domneve potrebne nadaljnje raziskave. Virus je bil dokazan tudi v krvi, slini in urinu.

Virus se v okuženi osebi začne razmnoževati že od 24 do 48 ur pred pojavom prvih simptomov, njegova količina je zato visoka (še posebej v nosu) že prve dni okužbe, zato je verjetnost prenosa največja na začetku. Tak način razmnoževanja je podoben kot pri virusu gripe, a drugačen kot pri koronavirusu SARS, kjer so osebe najbolj kužne šele s pojavom vidnih znakov bolezni. Zato

je širjenje novega koronavirusa tako hitro in ga je težje nadzorovati. Poleg tega je količina virusa pri asimptomatskih okuženih podobna kot pri simptomatskih, kar pomeni, da je možen prenos okužbe tudi od asimptomatske osebe oziroma od osebe z minimalnimi simptomi. Obseg takšnih prenosov je še neznan, več bomo vedeli po seroloških testiranjih. Bolezen se širi hitreje kot marsikatera druga respiratorna bolezen, kar nam pove tudi bazično reproduktivno število R_0 . To je med 3 in 4 – v povprečju vsaka okužena oseba prenese okužbo na tri ali štiri zdrave ljudi. Trajanje kužnosti je povezano s težo bolezni. Pri kritičnih bolnikih so virus v izločkih zaznavali do smrti.

Klinične značilnosti bolezni

Inkubacijska doba je od dva do štirinajst dni, pri večini ljudi pa se bolezen izrazi v štirih do šestih dneh po izpostavitvi virusu. Klinično izražanje bolezni je zelo široko, od asimptomatske okužbe do dihalne odpovedi, ki zahteva umetno predihavanje v enoti intenzivne terapije, ter sepse in septičnega šoka, ki lahko vodita v večorgansko odpoved. Pri 80 odstotkih obolelih je potek bolezni blag, pri 15 odstotkih hud in pri 5 odstotkih kritičen. Pri skoraj polovici kritičnih bolnikov se bolezen konča s smrtjo. Teža bolezni je povezana z višjo starostjo in pridruženimi kroničnimi boleznimi (visokim krvnim tlakom, diabetesom, drugimi srčno-žilnimi boleznimi, astmo). Hujši potek pri starejših je lahko povezan s povečanim izražanjem nekaterih z vnetjem povezanih genov in manjšim izražanjem interferona beta tipa I, ki zmanjšuje vnetni odziv, kar je že dokazan mehanizem pri SARS. Tudi spremembe v limfocitih T in B ter povečana proizvodnja citokinov tipa 2 vodijo v slabši nadzor razmnoževanja virusa in podaljšan vnetni odziv, kar vodi v slabši izid bolezni. Največ obolelih je starih od 50 do 59 let. Mlajši od 20 let zbolijo redkeje in tudi potek bolezni je pri njih navadno blažji. Moški obolevajo pogostejše, pri njih je tudi bolj

verjeten smrtni izid. To so najprej povezovali z večjo navado kajenja pri moških kot pri ženskah. Kajenje je dejavnik tveganja za težji potek okužbe, saj okvari strukturo in funkcijo dihalne sluznice, ki ima zato slabšo obrambno sposobnost in jo lažje naselijo patogeni mikroorganizmi. Večkrat je bilo tudi ugotovljeno, da imajo moški slabši protivirusni imunski odziv. Estrogen poveča protivirusni odziv pri ženskah, prav tako imajo ženske dva kromosoma X (moški le enega), na njih pa je več genov, ki uravnavajo imunski sistem. Ženske so torej genetsko bolj opremljene za obrambo proti virusom.

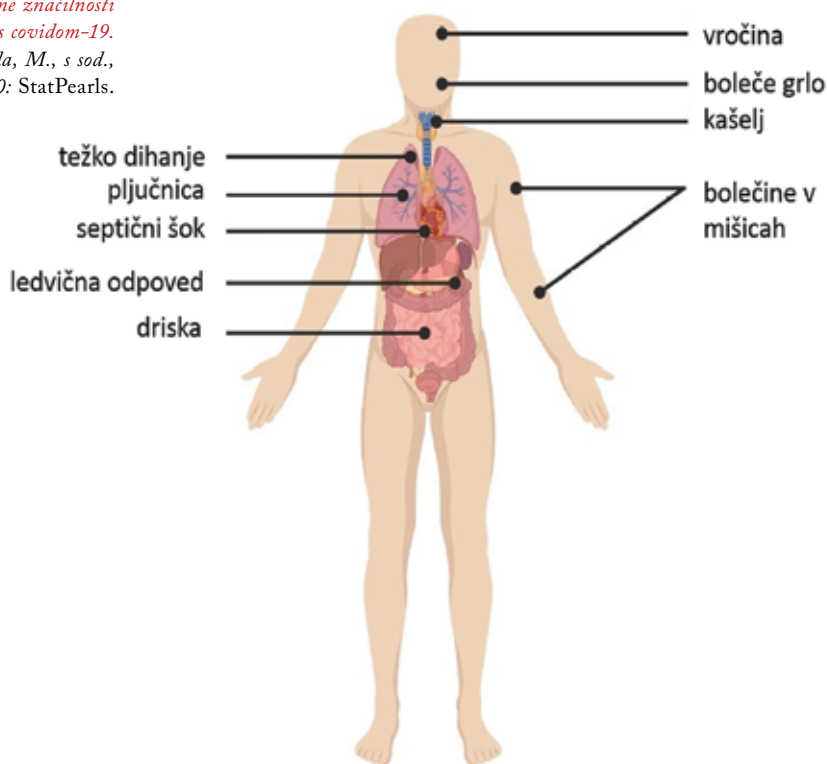
V klinični sliki covida-19 ni specifičnih znakov, po katerih bi bolezen lahko ločevali od ostalih virusnih boleznih dihal. Največ ljudi zbolijo z blago obliko, podobno preprostemu prehladu. Pojavljajo se povišana telesna temperatura (lahko je samo blago

povišana), splošno slabo počutje, suh kašelj in bolečine v mišicah (slika 3). Drugi, ne tako pogosti simptomi so glavobol, prasertanje v grlu in žrelu ter izcedek iz nosu. Nekateri oboleli tudi slabše vonjajo in okušajo. Redkeje se pojavijo gastrointestinalni simptomi, kot sta driska in bruhanje. Lahko se pojavijo tudi kožne spremembe, kot so urtike in prehodni livedo reticularis. Pri nekaterih bolnikih se je nekaj dni po začetku bolezni pojavil Guillain-Barrejev sindrom, ki se kaže z različnimi nevrološkimi motnjami.

Pri manjšem deležu ljudi v povprečju po sedmih dneh okužba napreduje do spodnjih dihalnih poti. Pojavi se pljučnica, ki se kaže z dispnejo (subjektivnim občutkom težkega dihanja) in obojestranskimi intersticijskimi infiltrati v pljučih (slika 4). Te lahko vidimo z rentgenskim slikanjem prsnega koša (RTG pc) oziroma računalniško tomografijo (CT).

Slika 3: Tipične klinične značilnosti bolnika s covidom-19.

Povzeto po: Cascella, M., s sod., 2020: StatPearls.



Slikovne preiskave so v pomoč pri diagnozi covid-19, a najdbe niso specifične. Nekatere spremembe na rentgenskih slikah so opazili tudi pri asimptomatskih okuženih.

Napredovala pljučnica se kaže s še težjim in hitrejšim dihanjem ter vedno hujšo hipoksijo (preskrba tkiv s kisikom ni zadostna). Če se klinična slika slabša ali pa je verjetnost zapletov visoka, so takšni bolniki hospitalizirani, ker jim je treba dodajati kisik. Glavna grožnja je nastop sindroma akutne dihalne stiske (angleško *acute respiratory distress syndrome, ARDS*), pri katerem se nabere toliko tekočine v pljučih, da je dihanje zelo oteženo. To lahko vodi v dihalno odpoved.

Imunski odziv na bolezen

Glavni dejavnik napredovanja bolezni je naš imunski sistem, ki mora biti za pravilno delovanje natančno reguliran. Čeprav je pri večini okuženih imunski odziv primeren in zajezi nadaljnje širjenje virusa, se pri določenih bolnikih premočno odzove in povzroči nenadzorovano sistemsko reakcijo (slika 5).

Okuženi pnevmociti tipa II pošiljajo signale, ki aktivirajo makrofage, ti pa začnejo izločati signalne molekule – citokine, ki v pljuča privabijo še več obrambnih celic z namenom, da uničijo virus. Odziv obrambnih celic, še posebej limfocitov T, je zaradi še nepojasnenih razlogov močno pretiran. Verjetno virus okuži prav limfocite T in sproži njihovo piroptozo – programirano celično smrt, pri kateri se nenadzorovano sproščajo citokini, med drugimi IL-6, IL-1 beta in TNF-alfa. To privablja še več obrambnih celic – nastane pozitivna povratna zveza (temu pojavu pravimo citokin-ska nevihta).

Nevtrofilci, ki prispejo na mesto okužbe, z izločanjem različnih encimov ne ubijejo le okuženih celic, temveč tudi zdrave, kar vodi v propad alveolov. Prav tako limfociti T sprožijo apoptozo tako pri okuženih kot zdravih pljučnih celicah. Ne moremo predvideti, pri katerih bolnikih bo prišlo do takšnega odziva. Poleg višje starosti ima vlogo verjetno tudi genetska zasnova posameznika.

Uničenje tako okuženih kot zdravih celic vodi v nastop sindroma akutne dihalne stiske, kjer je zaradi tekočine in vnetnih celic, ki so prisotni v alveolih in intersticiju, motena izmenjava kisika in ogljikovega dioksida. Če bolnik preživi, lahko to vodi v fibrozo oziroma brazgotinjenje pljuč, za katero je značilna slabša pljučna kapaciteta in tako zmanjšana kakovost življenja. Če se čezmerno vnetje razširi iz pljuč po celotnem telesu, lahko nastopita sepsa in nato septični šok, ki neposredno ogrožata bolnika, saj lahko privedeta do odpovedovanja različnih organov in smrti. Povišani jetrni encimi kažejo na odpovedovanje jeter, povišani troponin na poškodbe srca, povišana kreatinin in sečnina pa na odpovedovanje ledvic.

Čezmerno zbiranje obrambnih celic v pljučih pomeni tudi, da se v telesu v celoti zmanjša zaloga teh celic, zato so bolniki bolj dovzetni za dodatne okužbe z bakterijami, glivami ali virusi. V krvni sliki pa bomo zaznali prenizko število belih krvničk (levkopenija), še posebej limfocitov (limfopenija). Pri teh bolnikih so značilni vztrajna vročina in povišane vrednosti vnetnih kazalnikov (CRP, feritin, sedimentacija).

V krvi lahko zaznamo tudi povišane vrednosti D-dimera, ki je slab napovedni dejavnik in kaže na trombotično stanje v telesu. Sistemski citokinski odziv povzroči spremembe v dinamiki srčno-žilnega obtoka, nastanek prokoagulantnega stanja (večje nagnjenosti krvi k strjevanju in razpoke aterosklerotičnih plakov. To lahko povzroči nastanek strdkov, ki povzročijo ishemijo tkiv in organov (ishemija je pomanjkanje oskrbe s krvjo v določenem tkivu ali celotnem organu zaradi stisnjenja ali zapore v arteriji). Ker so receptorji ACE2 prisotni tudi na endotelnih celicah žil in miocitov, je mogoč neposreden vpliv virusa na teh mestih. Zaradi spremenjenega metabolizma angiotenzina je pri okužbi s SARS-CoV-2 povečan tudi oksidativni stres. To povzroči poškodbo endotelnih celic, iz njih pa se sprosti von Willebrandov faktor, ki v normalnih razmerah omogoča združevanje trombocitov



Slika 4: Značilna rentgenska slika bolnika s covidom-19. Neenakomerni infiltrati mlečnega stekla (angleško ground-glass opacities) so prikazani s puščicama. Nepravilnosti so navadno obojestranske, razporejene bolj periferno in se nabavljajo v spodnjih, zadnjih delih pljuč. Z napredovanjem bolezni spremembe postanejo bolj difuzne.

Slika je pridobljena na spletnem naslovu <https://radiologyassistant.nl/chest/1k-jg-1> 25. aprila leta 2020.

in nastanek strdka na mestu poškodbe. Pri covidu-19 pa se iz poškodovanih endotelnih celic v krvni obtok sprosti večja količina von Willebrandovega faktorja, kar povzroči nenormalno nastajanje strdkov po vsem telesu. Vprašanje imunosti po preboleli okužbi ostaja nejasno. Pri okužbi nastanejo protitelesa razredov IgM in IgG, med katerimi naj bi bila tudi nevtralizacijska, ki varujejo pred ponovno okužbo. Protitelesa iz seruma prebolelega so v virusnem modelu kazala afiniteto za virusni beljakovinski bodice S in nukleokapside N. Ni znano, če protitelesa tvorijo vsi okuženi ljudje in kako dolgo nas varujejo pred ponovno okužbo. Zadnja dognanja kažejo celo na možnost pospeševanja bolezni s protitelesi (angleško *antibody-dependent enhancement, ADE*) preko spodbujanja vnetnega odziva v pljučih.

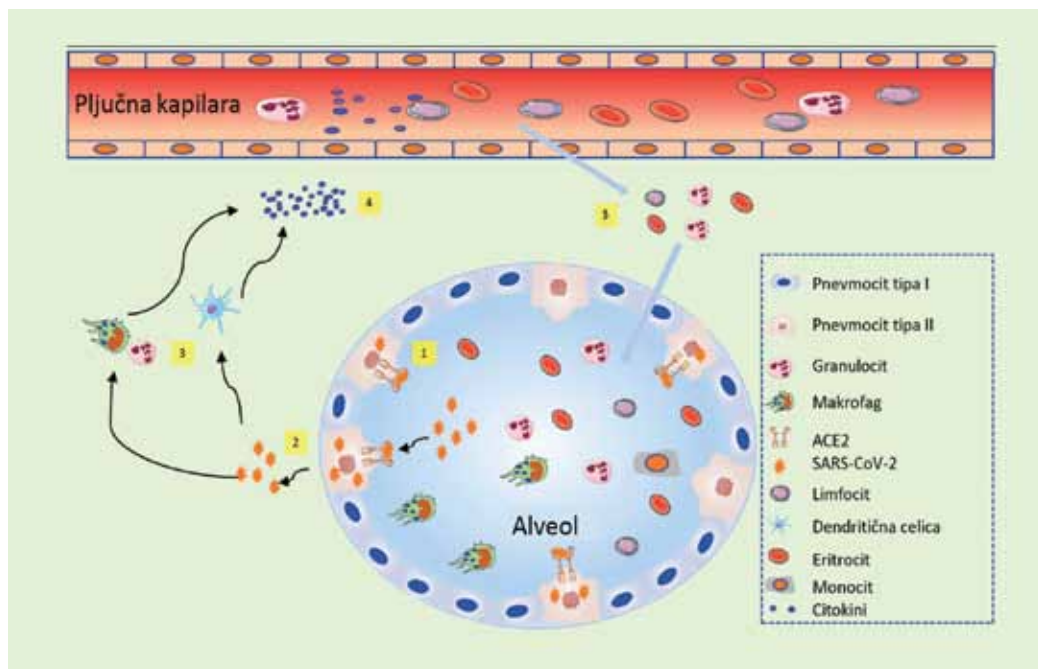
Diagnostika bolezni

Da pri bolniku potrdimo okužbo z novim koronavirusom, potrebujemo vzorec, ki vsebuje virus. Rutinsko je to bris nosno-žrelnega prostora, sicer pa lahko virus dokažemo tudi v izkašljanem sputumu, aspiratu sapnika ali pa z bronhoalveolarno lavožo, ki omogoča analizo vzorcev iz perifernih delov pljučne-

ga parenhima za dokaz povzročitelja okužb. V laboratoriju nato z verižno reakcijo s polimerazo z reverzno transkripcijo v realnem času (angleško *real-time RT-PCR*) v vzorcu iz virusne RNA dobimo DNA, pri kateri nato dokazujemo za virus značilna zaporedja nukleinskih kislin. V vzorcih bolnikov, ki imajo okužbo dihal, iščemo tudi druge možne povzročitelje okužbe, kot so virus gripe, respiratorni sincicijski virus, adenovirusi in drugi. Specifična protitelesa v serumu dokazujemo s serološkimi testi.

Zdravljenje bolezni

Obolele, ki potrebujejo bolnišnično zdravljenje, zdravimo simptomatsko, saj specifičnih zdravil proti SARS-CoV-2 še nimamo. Pomemben je nadzor bolnikovih življenjskih funkcij, kot so nasičenost krvi s kisikom, srčna in dihalna frekvenca ter telesna temperatura. Pomembno je dodajanje kisika. Če pri bolniku pride do dihalne odpovedi, pa ga je treba intubirati in mehansko predihavati. Če se razvije šok, bolnik potrebuje še hemodinamsko podporo (dodatne tekočine in vazopresorna zdravila, ki skrajšajo žile in s tem povišajo krvni tlak). Bolnike z najtežjo odpovedjo pljuč lahko zdravimo tudi z zunaj-



Slika 5: Predlagani mehanizem citokinske nevihte pri covidu-19.

SARS-CoV-2 preko receptorja ACE2 okuži (1) pneumocite tipa II, ki propadejo. Virusi se zato sprostijo iz njih (2) in aktivira se imunski sistem (makrofagi, nevtrofilci, limfociti in drugi) (3), pri čemer se nenadzorovano sproščajo citokini (4). To povzroči kopičenje vnetnih celic in eritrocitov v alveolih (5), kar se klinično kaže kot sindrom akutne dihalne stiske.

Povzeto po: Zhang, C., s sod., 2020:

International Journal of Antimicrobial Agents.

telesno membransko oksigenacijo (angleško *ECMO*), pri kateri so pljuča razbremenjena in tako lažje okrevajo.

Pri zdravljenju uporabljamo tako imenovana eksperimentalna zdravila, ki so registrirana za zdravljenje drugih bolezni (gripe, HIV/AIDS, malarije in tako dalje) in so se pokazala kot učinkovita pri določenih bolnikih s covidom-19 ali pa sploh še niso registrirana za zdravljenje katere koli bolezni (v nadaljevanju označena z *). Pri slednjih gre predvsem za zdravila, ki so bila v raziskavah učinkovita proti SARS-CoV in MERS-CoV, zaradi podobnosti ključnih tarčnih mest za zdravila pa predvidevajo, da bi bila lahko učinkovita tudi proti SARS-CoV-2.

V prvo skupino zdravil bi lahko uvrstili tista, ki virus onespособijo z vpletanjem v njegov življenjski cikel. Hidroksiklorokin in klorokin preprečita od pH odvisen vstop virusa v celico. Nukleozidni analogi favipiravir, ribavirin, remdesivir* in galdesivir* zavirajo virusno od RNA odvisno RNA polimerazo. Lopinavir/ritonavir in disulfiram zavirajo virusno proteazo in tako preprečijo nastanek novih virusov.

V drugo skupino bi lahko uvrstili zdravila, ki uravnavajo bolnikov imunski odziv. Interferoni tipa I spodbujajo prirojeni protivirusni odziv. V fazi citokinske nevihte bi lahko potek bolezni izboljšali tako, da bi sistemsko zavirali pretirani imunski odziv. Po tem

principu delujejo revmatološka zdravila, kot so tocilizumab (monoklonsko protitelo proti receptorju za citokin IL-6), anakinra (rekombinantni antagonist receptorja za citokin IL-1) in adalimumab (zaviralec citokina TNF-alfa). Hidroksiklorokin in klorokin prav tako zavirata imunski odziv z zmanjšanjem izražanja citokinov TNF-alfa, IL-1 beta in IL-6.

Bolnike bi lahko zdravili tudi s konvalescentno plazmo, ki jo pridobimo od osebe, ki je prebolela okužbo s covidom-19, v njej pa so že specifična protitelesa. Tako plazmo lahko uporabimo tudi za pridobivanje koncentriranih protiteles, ki jih prav tako lahko uporabimo za zdravljenje.

Učinkovito bi lahko bilo tudi zdravljenje z mezenhimijskimi matičnimi celicami, ki naj bi z izločanjem različnih dejavnikov umirjale vnetje. Velika prednost takega zdravljenja so redki neželeni učinki.

Poznavanje življenjskega cikla virusa omogoča tudi opredelitev novih tarč za zdravila, ki bi v prihodnosti lahko pomembno izboljšala potek bolezni. Z zaviranjem furina ali TMPRSS2 bi lahko virusu preprečili vstop v celico. S protitelesi ali malimi molekulami bi lahko zasedli receptorska mesta na encimu ACE2 ali receptorju CD147. Potencialno bi lahko v telo vnesli tudi topno obliko rekombinantnega ACE2, ki bi vezal virus in ga na ta način nevtralizirali. Nekateri avtorji predlagajo mehanizem zmanjšanja poškodbe pljuč celo z antagonizmi angiotenzinskih receptorjev.

Več raziskovalnih skupin trenutno razvija cepivo, ki pa ga v kratkem zaradi dolgotrajnega postopka in zagotavljanja varnosti še ne moremo pričakovati. Zelo verjetno bo cepivo treba prilagajati, saj virus hitro mutira.

Zaključek

Covid-19 je izjemno nalezljiva bolezen, ki se kaže s širokim kliničnim spektrom. Razlike v številu obolelih in umrlih med državami so nastale predvsem zaradi različnih ukre-

pov, ki so jih države sprejemale za zaježitev širjenja virusa, stopnje higijene, standarda zdravstvene oskrbe ter starostne strukture prebivalstva. O virusu in njegovem delovanju ostaja še veliko neznank, zato so mnoge trenutne informacije zgolj predvidevanja na podlagi raziskav in dela zdravnikov z obolenimi. Trenutno po svetu potekajo številne klinične raziskave, ki bodo dale odgovor, ali je katero od zdravil res učinkovito za zdravljenje covid-19. Pomembno je tudi premišljeno načrtovanje predkliničnih raziskav, ki bodo dale podrobnejši uvid v še ne povsem pojasnjena izvor in življenjski cikel virusa, kar je ključno pri načrtovanju novih potencialnih učinkovin, s katerimi bomo v prihodnosti v boju proti virusu močnejši.

Literatura:

- Andersen, K. G., s sod., 2020: *The proximal origin of SARS-CoV-2. Nature Medicine.*
- Arabi, M. Y., s sod., 2017: *Middle East Respiratory Syndrome. The New England Journal of Medicine.*
- Bhatraju, K. P., s sod., 2020: *COVID-19 in Critically Ill Patients in the Seattle Region – Case Series. The New England Journal of Medicine.*
- Casella, M., s sod., 2020: *Features, Evaluation and Treatment Coronavirus (COVID-19). Statpearls.*
- Chen, N., s sod., 2020: *Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. The Lancet.*
- Cui, J., s sod., 2019: *Origin and evolution of pathogenic coronaviruses. Nature Reviews Microbiology.*
- De Wit, E., s sod., 2016: *SARS and MERS: recent insights into emerging coronaviruses. Nature Reviews Microbiology.*
- Escher, R., s sod., 2020: *Severe COVID-19 infection associated with endothelial activation. Thrombosis Research.*
- Guan, W., s sod., 2020: *Clinical Characteristics of Coronavirus Disease 2019 in China. The New England Journal of Medicine.*
- Guo, Y.-R., s sod., 2020: *The origin, transmission and clinical therapies on coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak – an update on the status. Military Medical Research.*
- Gurwitz, D., 2020: *Angiotensin receptor blockers as tentative SARS-CoV-2 therapeutics. Drug Development Research.*
- Jin, Y., s sod., 2020: *Virology, Epidemiology,*

Pathogenesis, and Control of COVID-19. Viruses.

Li, G., s sod., 2020: *Therapeutic options for the 2019 novel coronavirus (2019-nCoV). Nature Reviews Drug Discovery.*

McIntosh, K., 2020: *Coronavirus disease 2019 (COVID-19): Epidemiology, virology, clinical features, diagnosis, and prevention. UpToDate.*

Misra, P. D., s sod., 2020: *Rheumatologists' perspective on coronavirus disease 19 (COVID-19) and potential therapeutic targets. Clinical Rheumatology.*

Poljak, M., Petrovec, M., 2011: *Medicinska virologija. Ljubljana: Medicinski razgledi.*

Sarzi-Puttini, P., 2020: *COVID-19, cytokines and immunosuppression: what can we learn from severe acute respiratory syndrome? Clinical and Experimental Rheumatology.*

Shi, Y., s sod., 2020: *COVID-19 infection: the perspectives on immune responses. Cell death & Differentiation.*

Song, Z., s sod., 2019: *From SARS to MERS, Thrusting Coronaviruses into the Spotlight. Viruses.*

Tang, Q., s sod., 2020: *On the origin and continuing evolution of SARS-CoV-2. National Science Review.*

Ulrich, H., s sod., 2020: *CD147 as a Target for COVID-19 Treatment: Suggested Effects of Azithromycin and Stem Cell Engagement. Stem Cell Reviews and Reports.*

Wang, C., s sod., 2020: *A novel coronavirus outbreak of global health concern. The Lancet.*

Wang, D., s sod., 2020: *Clinical Characteristics of 138 Hospitalized Patients With 2019 Novel Coronavirus-Infected Pneumonia in Wuhan, China. The Journal of the American Medical Association.*

Wang, Q., s sod., 2020: *A unique protease cleavage site predicted in the spike protein of the novel pneumonia coronavirus (2019-nCoV) potentially related to viral transmissibility. Virologica Sinica.*

Yang, M., 2020: *Cell Pyroptosis, a Potential Pathogenic Mechanism of 2019-nCoV Infection. Dostopno na SSRN.*

Yang, X., 2020: *Clinical course and outcomes of critically ill patients with SARS-CoV-2 pneumonia in Wuhan, China: a single-centered, retrospective, observational study. Lancet Respiratory Medicine.*

Zhang, C., s sod., 2020: *The cytokine release syndrome (CRS) of severe COVID-19 and Interleukin-6 receptor (IL-6R) antagonist Tocilizumab may be the key to reduce the mortality. International Journal of Antimicrobial Agents.*

Zhang, H., s sod., 2020: *Angiotensin-converting enzyme 2 (ACE2) as a SARS-CoV-2 receptor: molecular mechanisms and potential therapeutic target. Intensive Care Medicine.*

Zhou, F., s sod., 2020: *Clinical course and risk factors for mortality of adult inpatients with COVID-19 in Wuhan, China: a retrospective cohort study. The Lancet.*

Zou, L., s sod., 2020: *SARS-CoV-2 Viral Load in Upper Respiratory Specimens of Infected Patients. The New England Journal of Medicine.*



Zala Teršek je študentka 5. letnika splošne medicine na Medicinski fakulteti v Ljubljani. Je navdušena bralka knjig psiholoških vej, posebej jo zanima povezava duha in telesa. Izobražuje se za terapevtko medicinske hipnoze in je članica SiNAPSE, slovenskega društva za nevroznanost. Rada ima živali, naravo, umetnost in dobro družbo.



Kristof Fortuna je študent 4. letnika splošne medicine na Medicinski fakulteti v Ljubljani. Še posebej ga zanima medicina v povezavi z molekularnimi procesi v telesu. Ukvarja se s športom in glasbo.

Fitokemijske, farmakološke in klinične raziskave izvlečka iz vej bele jelke (*Abies alba*)

Samo Kreft

Zdravilne rastline običajno povezujemo s tradicionalno uporabo in izročilom preteklih generacij. Pa vendar so tudi zdravilne rastline lahko predmet poglobljenih raziskav. V raziskavah lahko dokumentiramo ljudsko uporabo in preverjamo, ali so ljudska dognanja pravilna in izkušnje objektivne. Lahko pa pri raziskavah zdravilnih rastlin tudi raziskujemo povsem nove vrste rastlin, nove načine priprave zdravil in nove namene njihove uporabe. Na Fakulteti za farmacijo v Ljubljani že vrsto let raziskujemo izvlečke iz bele jelke (*Abies alba*). Bela jelka je edina vrsta jelke, ki raste pri nas in se je, sicer v zelo majhnem obsegu, uporabljala že v ljudski medicini. Večino naših raziskav je tako povsem izvirnih in z njimi odkrivamo nove biološke učinke te rastline.

Po neki logiki raziskovalnih vprašanj, ki nas zanimajo, in raziskovalnih metod, ki jih uporabljamo, bi lahko naše raziskave razdelili v več faz:

- etnofarmakološke in etnobotanične raziskave preučujejo tradicionalno in drugo ljudsko uporabo,
- pri botaničnih raziskavah nas zanima, kako na učinek vplivajo vrsta rastline, rastlinski del in rastišče,
- fitokemijske raziskave ugotavljajo, katere biološko aktivne snovi se nahajajo v rastlini in kakšna je njihova kemijska struktura,
- s farmacevtsko-tehnološkimi raziskavami poskušamo z izbiro primerne topila, temperature in drugih parametrov najti

najugodnejši postopek priprave izvlečkov,

- farmakološke raziskave ugotavljajo mehanizem bioloških učinkov in jih večinoma opravljamo v laboratorijski steklovini (*in vitro*) ali s poskusnimi živalmi,
- klinične raziskave preučujejo zdravilne učinke in varnost zdravilne rastline na ljudeh.

V resnici pa raziskave ne tečejo tako zaporedoma, temveč so med seboj zelo povezane in odvisne, zato potekajo deloma vzporedno. Dokler ne vemo, kakšne učinke ima rastlina, ne moremo teh učinkov pripisati določenim snovi in iskati te snovi v različnih delih rastline in različnih izvlečkih. V tem članku bom raziskave, ki jih opravljamo z jelko, kljub vsemu predstavil v tem vrstnem redu.

Etnofarmakologija in etnobotanika

S pregledom starih zapisov nismo našli prav veliko navedb o zdravilski uporabi jelke. Če že, so jo uporabljali podobno kot smreko za pridobivanje eteričnega olja in smole. Zanimivo pa je, da so že pred stoletji iz vej te rastline pripravljali pivo (*London Medical Gazette*, 23. septembra 1837). Žal iz starih zapisov ni razvidno, ali je jelka pri tej pripravi piva služila kot (edini) vir ogljikovih hidratov za fermentacijo ali pa je bila dodana le za okus in za preprečevanje kvarjenja piva. O beli jelki je pisal tudi časopis *Jutro* leta 1939, vendar jo je imenoval grebenasta jelka in tudi tam uporabljeno latinsko ime je bilo drugo: *Abies pectinata*.



Botanika

Pri nas – kot rečeno – uspeva ena sama vrsta jelke. Smo pa naše začetne raziskave naredili tudi z nekaterimi drugimi iglavci, kot sta smreka in bor. Prav tako smo primerjali različne dele jelke: les, grče, lubje in različne dele vej (tik ob deblu in malo bolj stran od debla). Po količini in pestrosti vsebovanih antioksidativnih fenolov smo ugotovili, da so veje, in sicer del, ki je najbližje deblu, najobetavnejše za nadaljnje raziskave. Največ

Slika 1: Izrezek iz časopisa Jutro iz leta 1939.

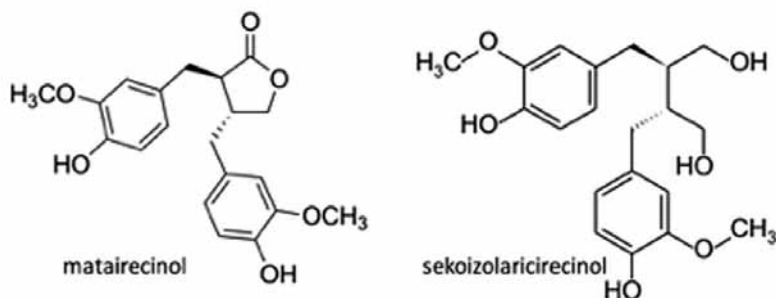
teh snovi je v temnem delu veje, ki se imenuje črnjava. Povsem uporabne in zadostne so veje sveže posekanih jelk, ki jih za druge potrebe posekajo gozdarji v skladu s svojim rednim načrtom.

Fitokemija

Izvleček iz vej bele jelke vsebuje kompleksno mešanico antioksidativnih polifenolov (Tavčar Benković, Žigon, Mihailović, Petelinc, Jamnik, Kreft, 2017). Polifenoli so rastlinske snovi z znanimi biološkimi, farmakološkimi in kliničnimi aktivnostmi, ki prispevajo k zdravju ljudi z vrsto učinkov, kot so antioksidativno delovanje, preprečevanje srčno-žilnih bolezni, preprečevanje raka, antidiabetično delovanje in protivnetno delovanje. Glavne tri vrste polifenolov v jelki so lignani, flavonoidi in fenolne kisline. Flavonoidi so iz skupine procianidov, kot sta katehin in epikatehin. Glavne fenolne kisline so protokatekajska, parakumarna in galna kislina. Lignani v tem izvlečku so derivati lariciresinola, predvsem sekoizolari-



Slika 2: Prečni in vzdolžni prerez jelkine veje z lepo razvidno črnjavo. Foto: Tadej Rejc.



Slika 3: Kemijski strukturi dveh najbolj značilnih polifenolov v izvlečku iz vej jelke.

ciresinol (5,5-odstotna vsebnost v izvlečku), sledijo izolariciresinol, hidroksimatairesinol, laticiresinol, matairesinol in pinoresinol. Nekatere take lignane najdemo v lanenih in sezamovih semenih, pa tudi v drugih živilih (Gerstenmeyer, Reimer, Berghofer, Schwartz, Sontag, 2013).

Izvleček poleg polifenolov vsebuje še nekaj vodotopnih lesnih polisaharidov.

Farmacevtska tehnologija

Antioksidativni polifenoli se dokaj učinkovito iz vej izlužijo že z navadno vodo, zato ni treba uporabljati dražjih, eksplozivno nevarnejših in okolju manj prijaznih topil, kot so etanol, eter ali heksan. Treba pa je bilo optimirati temperaturo in čas ekstrakcije, saj pri višji temperaturi in daljšem času poteka že oksidacija in polimerizacija, skratka zmanjšanje učinkovitosti antioksidantov. Zaradi lažjega skladiščenja, boljše obstojno-

sti in ustrežnejšega vgrajevanja v tablete in kapsule vodnemu izvlečku po končani ekstrakciji odparimo vso vodo, da nastane suhi izvleček v obliki prahu. Pridobljena količina izvlečka je dokaj majhna, le okoli štiri odstotke v primerjavi s količino vej. Postopek pridobivanja izvlečka in njegove učinke smo skupaj z našimi partnerji iz industrije tudi patentirali in izvleček poimenovali Belinal. Belinal je dobil ime po Belinu, ki je bil starodavni bog Venetov in Sloenov. Kipce Belina in njemu posvečene oltarje so našli ob izkopavanju na Ljubljanskem gradu, v Celju, na Tolminkem, v Celovcu in na območju Benečije.

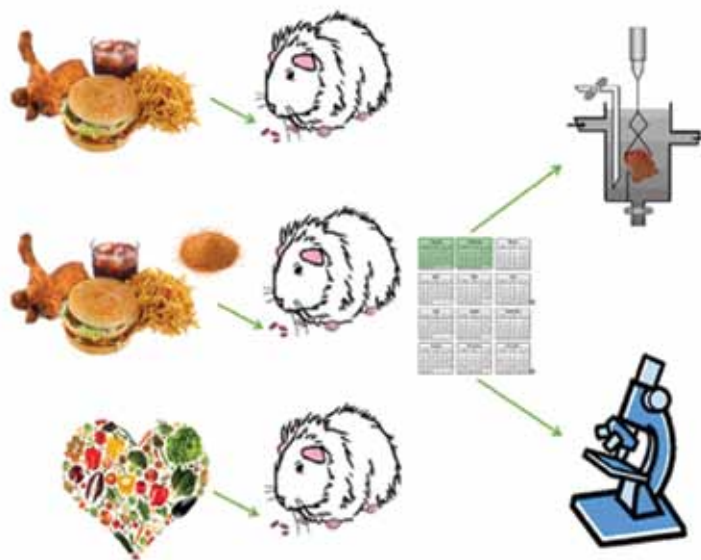
Farmakologija

Vodni izvleček iz vej jelke je pokazal dobre rezultate v različnih testih antioksidativnega učinka v epruveti (*in vitro*) in je primerljiv ali boljši od izvlečka zelenega čaja. Ugotovili smo tudi, da se pri umetnem ustvajanju (simulaciji) razmer, kot so v prebavilih, večina polifenolnih snovi ohrani, prav tako pa se ohrani njihova antoksidativna aktivnost (Tavčar Benković, Žigon, Mihailović, Petelinc, Jamnik, Kreft, 2017).



Slika 4: Posušeni z vodnim izluženjem pridobljeni izvleček iz vej bele jelke, imenovan Belinal.
Foto: Tadej Rejc.

Slika 5: Shema poteka raziskave, v kateri so bile tri skupine buder dva meseca hranjene s tremi različnim dietami (od zgoraj: aterogeno dieto, aterogeno dieto + izvlečkom vej jelke, neaterogeno dieto). Po treh mesecih so bile narejene funkcionalne (prožnost in krčenje) ter morfološke raziskave (prisotnost ateroskleroze).



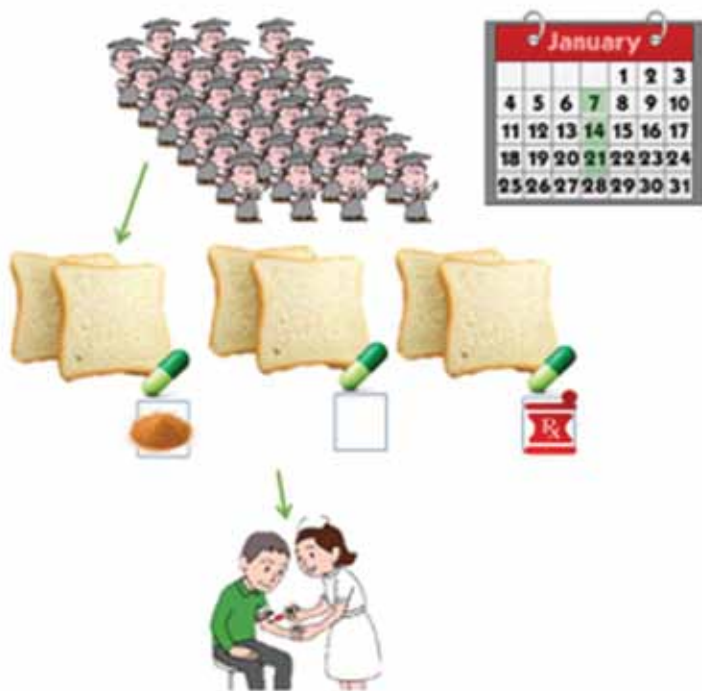
Te snovi so sposobne prehajanja skozi membrano evkariontske celice. To smo ugotovili z merjenjem antioksidativne aktivnosti v notranjosti celice, ko smo izvleček dodali v rastno gojišče ob celice. V nadaljnjih raziskavah je izvleček uspešno zaščitil podganjo srčno mišico pred poškodbami zaradi ishemije (Drevenšek, Lunder, Tavčar Benković, Štrukelj, Kreft, 2016). Ishemija je zaustavitev krvnega pretoka, kar se zgodi pri srčni kapi. Stopnjo poškodovanosti celic srčne mišice smo merili tako, da smo v fiziološki raztopini okoli srca ugotavljali prisotnost proteinov, ki se sicer nahajajo v notranjosti celic. Pojavljanje teh proteinov zunaj celic je znak poškodb celične membrane. Poleg tega smo opazili, da je bilo pri srcih, zaščitениh z izvlečkom jelke, po prestani ishemiji tudi manj nepravilnega utripanja (aritmij) kot pri srcih, ki so bili prav tako izpostavljeni ishemiji, vendar brez zaščite z jelko. V naslednji raziskavi smo pri budrah, ki so dva meseca uživale izvleček vej jelke, dodan k hrani, ugotovili bistveno manj aterosklerotičnih sprememb in manjšo izgubo funkcionalnosti arterij v primerjavi z budrami z enako aterogeno hrano brez izvlečka (Drevenšek,

Lunder, Tavčar Benković, Mikelj, Štrukelj, Kreft, 2015). Aterogena dieta pomeni, da smo budre namerno hranili z nezdravo hrano s precej holesterola in nasičenih maščobnih kislin. Za dodatno primerjavo je bila tretja skupina buder hranjena z zdravo (neaterogeno) hrano in stanje žil je bilo pri tej še boljše.

Če s področja srca in ožilja preidemo na področje sladkorne bolezni, je zanimiva raziskava, pri kateri smo v epruveti merili aktivnost encimov alfa amilaza in beta glukozidaza. To sta encima, ki škrob iz hrane razgradita do osnovnih gradbenih enot, to je do glukoze, in s tem omogočita, da ta sladkor preide v kri. Izvleček iz vej jelke je močno zaviral delovanje teh dveh encimov (Lunder, Roškar, Hošek, Štrukelj, 2018), kar je koristno pri sladkorni bolezni, saj se tako upočasni prehod glukoze v kri. Nekateri zaviralci teh dveh encimov (na primer akarboza) so že v rutinski uporabi kot zdravila proti sladkorni bolezni.

Klinične raziskave

Antidiabetično delovanje (delovanje proti

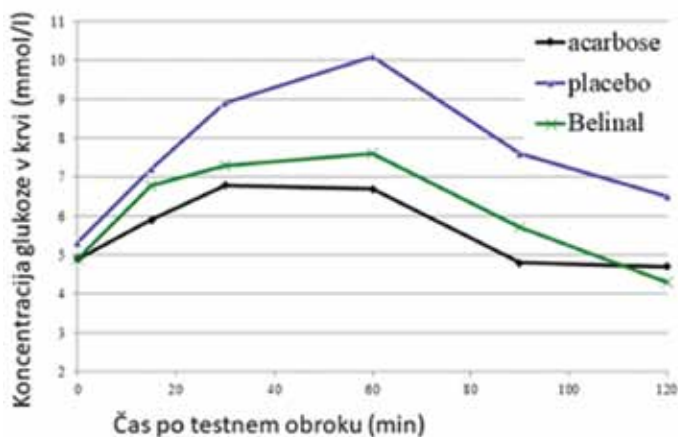


Slika 6: Shema raziskave, v kateri je 31 prostovoljcev (študentov medicine iz Maribora) zaužilo testni obrok s kapsulo preizkušane snovi, nato pa smo jim jemali vzorce krvi za meritve sladkorja in inzulina.

sladkorni bolezni), ki smo ga ugotovili s farmakološko raziskavo, se je potrdilo tudi pri klinični raziskavi (Debeljak, Ferk, Čokolič, Zavrtnik, Tavčar Benkovič, Kreft, in sod., 2016). Cilj te študije je bil preizkus izvlečka iz vej jelke na zmanjšanje koncentracije glukoze v krvi po zaužitju standardnega testnega obroka. 31 zdravih udeležencev je zaužilo testni obrok, ki je bil 100 gramov belega kruha. To so v enotedenskem razmiku zaužili trikrat, pri tem pa so hkrati zaužili še kapsulo, za katero niso vedeli, kaj vsebuje (raziskava

je bila zaradi objektivnosti dvojno slepa). V kapsuli je bil izvleček iz vej jelke ali placebo ali akarboza (znano antidiabetično zdravilo). V različnih časih po obroku smo prostovoljcem jemali kri in v njej izmerili koncentracijo glukoze in inzulina. Koncentracije glukoze v krvi po obroku (izražena kot površina pod krivuljo na sliki 7) je bila ob dodajanju izvlečka jelke v primerjavi s skupino 35 odstotkov nižja. Zdravilo akarboza je znižala to koncentracijo le še nekoliko več (za 43 odstotkov). Tudi koncentracije inzulina v krvi prostovoljcev

Slika 7: Koncentracija glukoze po testnem obroku je bila v primerjavi s placebom bistveno nižja, če je bil obroku dodan izvleček iz vej jelke (na sliki označen kot Belinal).



z jelko so bile bistveno nižje kot pri kontrolni skupini.

V zvezi z uravnavanjem sladkorja v krvi je v zaključni fazi še ena klinična raziskava, ki poteka na bolnikih s sladkorno boleznijo.

Cilj druge raziskave, ki je bila narejena v okviru magistrske naloge na Institutu za kozmetiko (Tavčar, 2016), pa je bil ugotoviti učinke izvlečka vej bele jelke na kožo pri površinski uporabi. Deset prostovoljk, starih od 45 do 65 let, je 12 tednov dvakrat dnevno uporabljalo kremo z dvema odstotkoma tega izvlečka na eni polovici obraza ter kremo brez izvlečka (placebo) na drugi polovici obraza. Stanje kože smo spremljali z meritvami vlažnosti kože, barijerne funkcije, gostote dermisa, prožnosti kože ter gubavosti. Pri večini meritev je prišlo do izboljšanja v primerjavi s placebom.

Predstavil sem najbolj zanimive raziskave, narejenih je bilo še nekaj raziskav v zvezi z regeneracijo športnikov, vplivom na človeške možganske žile in podobno.

Zaključek

Sodelavci Fakultete za farmacijo smo veseli, da te raziskave nimajo le akademskega namena, ampak nam je uspelo navezati dober stik z industrijo, ki tako iz jelkinih vej, ki bi sicer šle v odpad, naredijo izdelke z visoko dodano vrednostjo in jih celo izvažajo v mnoge države sveta, tudi na Kitajsko.

Slika 8: Nekaj izdelkov, ki vsebujejo na Fakulteti za farmacijo razviti izvleček iz vej bele jelke.



Literatura:

Debeljak, J., Ferk, P., Čokolič, M., Zavratnik, A., Tavčar Benković, E., Kreft, S., in sod., 2016:

Randomised, double blind, cross-over, placebo and active controlled human pharmacodynamic study on the influence of silver fir wood extract (Belinal) on post-prandial glycaemic response. Pharmazie, 71 (10).

Drevenšek, G., Lunder, M., Tavčar Benković, E., Mikelj, A., Štrukelj, B., Kreft, S., 2015: *Silver fir (Abies alba) trunk extract protects Guinea pig arteries from impaired functional responses and morphology due to an atherogenic diet. Phytomedicine, 22 (9).*

Drevenšek, G., Lunder, M., Tavčar Benković, E., Štrukelj, B., Kreft, S., 2016: *Cardioprotective effects of silver fir (Abies alba) extract in ischemic-reperfused isolated rat hearts. Food & Nutrition Research, 60 (1).*

Gerstenmeyer, E., Reimer, S., Bergbofer, E., Schwartz, H., Sontag, G., 2013: *Effect of thermal heating on some lignans in flax seeds, sesame seeds and rye. Food Chemistry (internetni vir), 138 (2–3): 1847–1855. Dostopno na: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814612018614>.*

London Medical Gazette, 23. septembra 1837, str. 935. (Internetni vir.) Dostopno na: <https://books.google.si/books?id=TPQaAQAAMAAJ>.

Lunder, M., Roškar, I., Hošek, J., Štrukelj, B., 2018: *Silver Fir (Abies alba) Extracts Inhibit Enzymes Involved in Blood Glucose Management and Protect against Oxidative Stress in High Glucose Environment. Plant Foods for Human Nutrition (internetni vir). Dostopno na: <http://link.springer.com/10.1007/s11130-018-0698-6>.*

Tavčar, N., 2016: *S placebom kontrolirana študija vpliva kreme z ekstraktom lesa bele jelke (Abies alba Mill.) na kožo. Magistrska naloga. VIST – Visoka šola za storitve v Ljubljani, Oddelek za kozmetiko.*

Tavčar Benković, E., Žigon, D., Mihailović, V., Petelinc, T., Jamnik, P., Kreft, S., 2017: *Identification, in vitro and in vivo Antioxidant Activity, and Gastrointestinal Stability of Lignans from Silver Fir (Abies alba) Wood Extract. Journal of Wood Chemistry and Technology, 37 (6).*

Beljenje koral in načini njegovega preprečevanja: Havaji kot študija primera

Tina Travnik

Beljenje koral je ena od najpomembnejših posledic podnebnih sprememb. Te prizadanejo koralne grebene bolj kot katere koli druge ekosisteme na Zemlji. Samo beljenje se pojavi, ko se poruši sožitje med koralami in njihovimi simbiotskimi algami. Če to stanje traja več tednov, koral umre. Pričakujemo, da bo povišanje temperature oceanov za 0,5 stopinje Celzija povzročilo pogosto množično smrtnost koral, nadaljnje segrevanje za 2 do 3 stopinje Celzija nad predindustrijsko ravniyo pa lahko povzroči popolno izumrtje koralnih grebenov. Globalni »stresorji« močno ogrožajo koralne grebene, povezani z lokalnimi pa so lahko uničujoči. Beljenje koral je znak, da moramo nujno ukrepati, če želimo zmanjšati vpliv podnebnih sprememb na koralne grebene in njihov ekosistem. Neposredna grožnja, ki jo beljenje predstavlja preživetju skoraj četrtine vseh znanih morskih vrst in 500 milijonov ljudi po vsem svetu, terja odločna prizadevanja za ublažitev tega pojava.

Glavni vzrok za beljenje koral je neposredno in posredno človek, kar pomeni, da lahko človek njihovo beljenje tudi prepreči. Več grebenov na Mauiju na Havajih je v letih od 1994 do 2006 izgubilo skoraj 25 odstotkov živih koral, v zalivu Honolulu pa se je število živih koral strmo znižalo z 42 na 9 odstotkov (Sheppard, 2014). Havajski grebeni so še posebej priljubljeni med potapljači, ki so z 800 milijoni dolarjev pomemben vir prihodkov tamkajšnjega turizma. Vendar prav ta množični turizem grebene tudi ogroža.

Havaji sami preprosto ne zmorejo v dovolj veliki meri omiliti globalne grožnje, kar posledično zmanjšuje možnosti preživetja

njihovih koralnih grebenov. Poleg lokalnih so zato nujni predvsem globalni ukrepi.

Kratek vpogled v koralne grebene

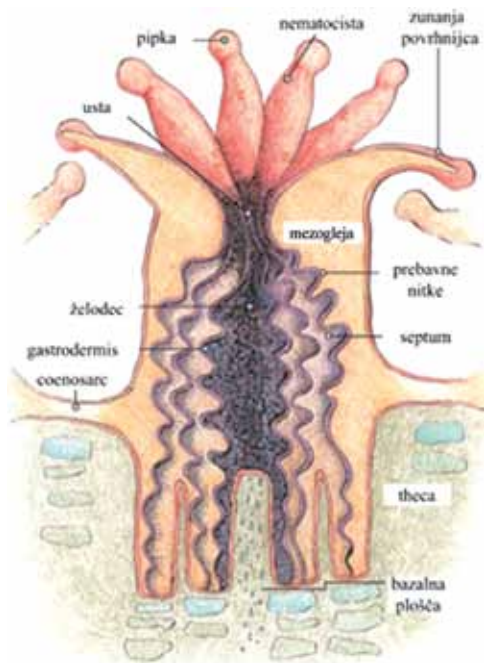
Da bi bolje razumeli kompleksnost koralnih grebenov, moramo poznati njihovo temeljno strukturo in dinamiko. Koralni polip (slika 1) je pri grebenskih koralah osnovna gradbena enota, v kateri potekajo procesi in je pomembna za sožitje (simbiozo) z enoceličnimi algami zooksantelami. Poznavanje njihove anatomije in fiziologije je ključnega pomena za razumevanje, zakaj nekateri »stresorji« ogrožajo njihovo preživetje.

Korale

Kljub temu, da koralni grebeni pokrivajo le desetino odstotka oceanskega dna, so se v zadnjih 50 milijonih let razvili v najbolj zapleten in biotsko raznolik morski ekosistem na Zemlji. V njem lahko živi do 3.000 vrst rib. Sprva se koralne ličinke pritrdijo na skale, ki ležijo na morskem dnu, in se brezspolno razdelijo v tisoče gensko enakih klonov, ki tvorijo korale. V glavnem obstajata dve vrsti koral: tista, ki gradi grebene (hermatipska), in tista, ki jih ne gradi (ahermatipska).

Polipi

Korale so pritrdjeni (sedentarni) kolonijski organizmi. Sestavljeni so iz tisoč posameznih mikroskopsko velikih živalskih polipov, katerih premer je velik od enega do treh milimetrov. Med seboj so povezani s plastjo živega tkiva, imenovanega *cenosark*. Vsak polip ima mehko in prozorno radialno simetrično telo z eno samo telesno votlino, ki jo z zunanostjo povezuje ustna odprtina. Ta je hkrati obdana z ožigalkami, ki vse-



Slika 1: Anatomska struktura polipa.

Vir: NOAA Ocean Service Education, 2017.

Sožitje (simbioza)

Kisik ter 95 odstotkov organskega ogljika, ki ga proizvedejo zooxantele v obliki glicerola, glukoze, aminokislin in lipidov, polip uporabi za svojo rast in presnovne procese. V zameno dobijo alge zaradi presnove polipov neposreden dostop do anorganskih odpadnih produktov, kot je ogljikov dioksid, ki ga uporabijo za fotosintezo. Ta cikel s hranilnimi snovmi je izredno učinkovit in koralam omogoča uspevanje v vodah, ki ne vsebujejo veliko hranil.

Glede na temeljno soodvisnost med koralami in zooxantelami je lahko motnja tega sožitnega (simbiotskega) razmerja izredno škodljiva za zdravje morskih ekosistemov.

bujejo celice nematociste – z njimi polipi ujamejo in onemogočijo plen (slika 2). Polip tudi izloča kalcijev karbonat (CaCO_3), ki gradi njegovo apnenčasto ogrodje. Koralni polipi lahko to počnejo le v morski vodi, v kateri je izobilje kalcijevih in karbonatnih ionov.

Zooksantele

Korale dobijo sladkor za rast iz enoceličnih alg, ki se imenujejo zooxantele. Z njimi živijo v sožitju. Zooxantele v premeru merijo od osem do deset mikrometrov, zaradi česar so primerne za vgradnjo v simbiozom, to je v gastrodermalni sloj polipa. Simbiozom deluje kot specializirani predel znotraj polipa, v katerem so njegove simbiotske alge. Pigmentacija alg je vidna skozi prozorno oblogo polipa, kar daje koralni živo barvo. Prozorna obloga polipa tudi omogoča, da Sončeva svetloba doseže alge in v njih sproži fotosintezo.

Proces beljenja koral

Zooksantele tvorijo osnovo morskega ekosistema koralnih grebenov. Kadar fotosintezo oslabijo okoljski stresorji, korale izženejo zooxantele, zaradi česar se razkrije beli apnenec pod polipom: prav to daje koralam obeljeni videz (slika 3). Ker korale črpajo od 75 do 80 odstotkov hranil iz njihovega simbionta, je obeljena koralna bistvu sestradana (Baird, 2009). Posledično pomanjkanje hranil in adenozin trifosfata (ATP) povzroči, da korale začnejo porabljati lastne rezerve energije. Dolgotrajno stradanje poveča možnost okužbe in na koncu povzroči smrt – razen seveda, če polipi ponovno ne pridobijo simbiotskih alg.

Kot vsaka druga žival ima tudi koralna svoj mehanizem za obvladovanje stresa. Tilakoide so membransko vezane strukture znotraj kloroplastov. Membrana kloroplastov pa vsebuje fotosistemi (fotosistem I in fotosistem II), ki pretvarjata svetlobno energijo v kemično



Slika 2: Koralni polipi z razširjenimi ožigalkami za zajem plena.

Vir: California Academy of Sciences.

Foto: 2009 Mark Yokohama.

energijo (ATP) med svetlobno odvisnimi fotosintetskimi reakcijami. Stresorji zavirajo fotosintezo, kar lahko vodi v nastanek reaktivnih kisikovih spojin ali zvrsti (ROS), kot je vodikov peroksid (H_2O_2). Njihovo kopičenje povzroči neravnovesje med prostimi radikali in antioksidanti ter vodi v oksidativni stres (Lesser, 2006). Posledično so molekularni gradniki kloroplasta, kot so ogljikovi hidrati, lipidi, proteini in DNA, poškodovani. Da bi preprečile širjenje oksidativnega stresa na tkivo polipov, koralne izločajo svoje simbiotiske alge in poskušajo preživeti samostojno. Iz dosedanjih raziskav lahko sklepamo, da je beljenje koralni mehanizem za zaščito pred oksidativnim stresom.

Neinvazivne tehnike fluorescence klorofila kažejo, da je beljenje povezano z izgubo fotokemične učinkovitosti fotosistema II. Pozitivne temperaturne in obsevalne anomalije so močno povezane s fotoinhibicijo (inhibicijo aktivnosti fotosistema II, drugače povedano, z zmanjšanjem fotosintetske aktivnosti). To se pojavlja zaradi neravnovesja med pogostostjo poškodb in popravljivimi me-

hanizmi fotosistema II. Molekule reaktivnih kisikovih spojin, katerih nastajanje sprožijo ti stresorji, zavirajo sintezo proteinov, ki popravljajo fotosistem II. To tezo podpira raziskava iz leta 1999, ki trdi, da molekule reaktivnih kisikovih spojin zavirajo sintezo proteina D1, ki sodeluje pri fotolizi vode in je pomemben strukturni del fotosistema II (Warner, 1999). Vendar je raziskava iz leta 2009 tudi ugotovila, da fotoinhibicijo povzroči blokada encima rubisco v Calvinovem ciklu med svetlobno neodvisnimi reakcijami fotosinteze (Baird, 2009). Čeprav obe študiji dokazujeta, da težave izvirajo iz tilakoidov, so za ugotovitev natančnega vzroka/vzrokov mehanizma beljenja koral potrebne nadaljnje raziskave.

Globalni in lokalni stresorji, ki povzročajo beljenje koral na Havajih

Glavni stresorji, neposredno povezani z beljenjem koral, so naraščajoče temperature oceanov, zakisanje oceanov, močnejše Sončevo obsevanje in antropogene kemikalije, kot sta oksibenzon in oktinoksat, ki jih najdemo v izdelkih za zaščito pred Soncem. Vendar se znanstveniki strinjajo, da beljenje koral v največji meri povzročajo temperature, višje od povprečja.



Slika 3:
Pobeljeni koralni greben
na Mauiju na Havajih (2015).
Vir: Hoku Hawaii Tours.
Foto: Duke University.

Višje temperature oceanov

Večina vrst hermatipskih koral je zelo občutljiva že za majhne temperaturne spremembe. Najugodnejše temperature za večino vrst takih koral so od 23 do 29 stopinj Celzija (NOAA, 2014).

El Niño je naravni podnebni pojav, ki se pojavlja vsakih dve do sedem let in povzroča nenavadno visoke temperature površinskih voda (temperature, ki so višje od povprečnih) v vzhodnem Tihem oceanu. Povezan je s prvim množičnim obeljenjem havajskih koral v letih od 1997 do 1998. Strokovnjaki ocenjujejo, da je pri takratnem dvigu temperatur propadlo 16 odstotkov svetovnih koralnih grebenov (Wilkinson, 1999). Čeprav je El Niño neodvisen od podnebnih sprememb, ki jih povzroča človek, lahko njun medsebojni vpliv povzroči močno prekomerno segrevanje v morju in celo ogroža bolj temperaturno odporne korale.

Omenjeno tezo podpira zgodnja študija o havajskih koralnih vrstah iz leta 1977, ki je ugotovila, da kratkotrajna toplotna obdelava pri 32 stopinjah Celzija povzroči smrt že v nekaj dneh. Po drugi strani pa dolgotrajna izpostavljenost temperaturi 30 stopinj Celzija postopno povzroči izgubo enake količine zooxantel. Posledično je obeljenje v obeh primerih enako škodljivo (Jokiel, 1977).

Leta 1989 je druga raziskava ugotovila, da je že sedemurna toplotna obdelava vrst koral *Stylophora pistillata* in *Seriatopora hystrix* pri 32 stopinjah Celzija povzročila tisočkrat

večjo izgubo zooxantel kot pri 27 stopinjah Celzija (Hoegh-Guldberg, 1989). Rezultati jasno kažejo, da so korale izjemno občutljive za dvig temperature in da je to zanje smrtonosno. Kombinacija globalnega segrevanja in naravnih do-

godkov, kot je El Niño, resno ogroža prizadevanja, da bi na Havajih uspeli zmanjšati oziroma ustaviti beljenje koral.

Zakisanje oceanov

Drugi globalni stresor je kopičenje koncentracije ogljikovega dioksida v oceanu, ki absorbira približno 25 odstotkov vsega ogljikovega dioksida v ozračju. Ta v morski vodi tvori ogljikovo kislino (H_2CO_3), s čimer znižuje vrednost pH in s tem zakisuje oceane. Na ta način se v morski vodi zmanjša vsebnost karbonata, ki ga potrebujejo korale za gradnjo svojih apnenčastih eksoskeletov. Oslabljeni eksoskeleti povzročijo, da korale postanejo bolj dovzetne za bolezni in zato povečujejo možnost erozije obal v tropskih in subtropskih območjih.

Raven ogljikovega dioksida v oceanih s 350 delci na milijon je že izjemno zaviralna in skoraj smrtonosna za rast koralnih grebenov. (Število delcev na milijon – kratica *ppm* iz angleškega izraza parts per million – je enota za merjenje koncentracije. Definiran je kot število masnih ali volumskih delov izbrane snovi v milijonu delov raztopine ali zmesi.)

Zaskrbljujoče je, da je leta 2013 globalna raven ogljikovega dioksida v oceanu dosegla 400 delcev na milijon (Sheppard, 2014). Brez optimalnega pH zooxantele zapustijo korale, kar ponovno pripelje do obeljenja.



Sončevo obsevanje

Za fotosintezo je potrebna ustrezna količina Sončeve svetlobe ustreznih valovnih dolžin. Če se poveča ultravijolično sevanje z valovnimi dolžinami od 280 do 400 nanometrov, kar je verjetna posledica luknje v Zemljini ozonski plasti, to algam onemogoči optimalno fotosintezo in poškoduje njihov fotosintezni aparat.

Vendar koralje v svojem tkivu vsebujejo posebne proteine, ki sintetizirajo plast fluorescentnega pigmenta, kar uravnava količino svetlobe, ki vstopa v zooxantele (slika 4). Med močnim obeljenjem ta fluorescentna plast včasih postane vidna s prostim očesom in deloma pomaga ohranjati odpornost koral. Preveliko ultravijolično sevanje sproži podobno reakcijo kot visoke temperature. Beljenje se začne pojavljati, ko oksidativni stres povzroči poškodbe fotosistemov in beljakovinskih kompleksov, potrebnih za izvajanje fotosinteze. Raziskava iz leta 1993 je opozorila na povezavo med ultravijoličnim sevanjem in bledenjem: ugotovila namreč je, da kratkotrajno povečanje ultravijolične svetlobe povzroči beljenje in hkrati doseže tudi vse globine osvetljene (fotične) cone (Gleason, 1993). To pomeni, da dvig gladine oceana ne bo preprečil obeljenja, grebeni pod mirno in čisto vodo pa so v največji nevarnosti. Navedena dejstva sicer niso obetavna, vendar so nekateri lokalni ukrepi za ublažitev posledic – na primer zasenčenje vodne površine nad

Slika 4: Fluorescentni pigment hermatipske koralje pod ultravijolično svetlobo. Vir: Poeple4ocean. Foto: pictureboss.com.

občutljivimi grebeni, ki omogoča hlajenje in omejuje ultravijolično svetlobo – lahko kratkoročno uspešni.

Kemikalije

Turizem na plažah Havajem prinaša več milijard dolarjev, povzroča pa tudi onesnaženje morja, saj se približno 25 odstotkov sestavin krem za sončenje s kopalcev spere v ocean že samo po dvajsetih minutah (Danovaro, 2008). Kemikalije v običajnih kremah za zaščito pred Soncem vključujejo oksibenzon in oktinoksat, ki sta znanstveno dokazano odgovorna za hitro obeljenje koral, saj v simbiotskih zooxantelah z latentnimi virusnimi okužbami povzročijo litski cikel. Posledica je, da zooxantele eksplodirajo in jih polip izloči. Raziskovalci so ugotovili, da lahko pride do obeljenja hermatipskih koral že pri zelo nizki izpostavljenosti tem kemikalijam. Študija iz leta 2008 je pokazala, da so v prvih 48 urah po tem, ko so koralje izpostavili 10 mililitrom teh kemikalij na liter kreme za sončenje, te izvrgele velike količine zooxantel, popolno obeljenje pa je bilo vidno že po 96 urah (Danovaro, 2008). Prepoved krem za sončenje, ki vsebujejo te kemikalije, bi lahko pripomogla k zmanjšanju obeljenja koral.

Možne rešitve

Odpornost nekaterih koral je posledica prilagoditve – naravnega procesa, s katerim se vrsta bolje prilagodi okolju z ugodnimi genetskimi mutacijami. Za tako prilagoditev z naravno selekcijo bi potrebovali milijone let. Zaradi podnebnih sprememb pa se zdi, da bi koralje lahko že prej izumrle. Upanje na naravno rešitev koralnih grebenov torej ni zanesljivo. Namesto tega bi lahko spodbujali evolucijo z umetno selekcijo, torej procesom selektivne vzreje organizmov z ugodnimi lastnostmi. Gojenje koral postaja vse bolj perspektivno in lahko obnovi poškodovane

grebene (slika 5).

V primeru, da se gospodarstvo Havajev odloči za sodelovanje z nevladnimi organizacijami, kot sta *Ocean Gardener* ali *Coral Restoration Foundation*, bi s tem lahko pospešili razvoj bolj prilagodljivih vrst koral na svojih grebenih. Naravna prilagoditev koral se je že zgodila v Arabskem zalivu, kjer lahko vrsta koral preživi pri temperaturah od 33 do 34 stopinj Celzija, medtem ko v Indijskem oceanu ista vrsta pogine pri temperaturah od 29 do 30 stopinj Celzija (Sheppard, 2014). Če bi genotipe iz Arabskega zaliva preučili, križali in gojili, bi se njihova številčnost povečala in pomagala omiliti obeljenje.

Mikrofragmentacija je metoda za pospešitev rasti pomembnih hermatipskih koralnih vrst, znanih po počasni rasti. Skupaj s selektivno vzrejo lahko v laboratorijih vzgojijo odporne hermatipske koralne do primerne velikosti v manj kot dveh letih, za kar bi v naravnem okolju potrebovale sto let. Rezultati raziskave so zelo obetavni, kar bi lahko omogočilo obsežno obnovo koralnih grebenov na Havajih in drugod po svetu.

Belize je to že uveljavil v svojem dolgoročnem načrtu ohranjanja koralnih grebenov in beleži 85-odstotno stopnjo preživetja koral po ponovni zasaditvi. To dokazuje, da imajo tudi majhne otoške države, kot so Havaji, možnost reševanja globalnih problemov s sodobnimi rešitvami.

Zakisanje oceanov je veliko težje rešiti, saj je posledica množične uporabe fosilnih goriv. Raziskovalci so že odkrili izvedljivo metodo črpanja ogljikovega dioksida iz oceana, pri čemer tekoče metanolno gorivo pridobijo kot vir energije, kar hkrati pomaga omiliti zakisanje

oceanov (Patterson, 2019). Vendar je ta rešitev zelo omejena in mora biti usklajena z globalnimi ukrepi.

Prepoved prodaje škodljivih krem za sončenje bi zagotovo spremenila navade, saj večina razpoložljivih krem vsebuje za koralne škodljive kemikalije. Po drugi strani je prepoved večine krem za sončenje potencialno lahko zelo nevarna za zdravje, zlasti na Havajih, kjer beležijo tridesetodstotno povečanje števila obolelih za melanomom nad državnim povprečjem (Olbricht, 2018). Alternativi tradicionalnim kremam za zaščito pred Soncem bi lahko bili iskanje sence in pokrivanje kože z oblačili. Na voljo so tudi bolj eksperimentalne nadomestne zaščitne kreme, ki so »grebenom prijazne«. Sestavljene so iz biološko razgradljivih sestavin, kot sta cinkov oksid in titanov dioksid. Problem pa je, da le »blokirata« ultravijolične žarke, namesto da bi jih absorbirala. Vendar velja, da so varne za grebene le, če niso v obliki nanodelcev - ti bi sicer lahko škodili koralam.

Kratkoročni proračunsko prijazni preprečevalni ukrepi vključujejo tudi zasenčenje koralnih grebenov, kar bi jih zavarovalo pred škodljivo ultravijolično svetlobo. Če bi bila na Havajih prednostna naloga aktivna podpora izvajanju takšnih raziskav, bi bilo mogoče v večji meri doseči kratkoročno ublažitev. Gre za omejene rešitve, ki bi jih bilo treba podpreti z učinkovitimi strategijami za boj proti globalnim podnebnim spremembam.



Slika 5: Farma koral, kjer pripravljajo bolj podnebno odporne genotipe koral za naseljevanje na grebene.

Vir: Crop Insurance Solutions.

Zaključek

Sistematična analiza postopkov beljenja koral kaže, da je preživetje koralnih grebenov na Havajih močno odvisno od sožitja med polipom in simbiotskimi algami zooxantelami. Šele sedaj začnemo razumevati molekularne in celične mehanizme, na katerih temelji ta odnos.

Ugotovitve raziskav kažejo tudi, da je blažitev beljenja koral močno odvisna od upoštevanja kratkoročnih in dolgoročnih strategij. Neposredne prepovedi krem za sončenje z oksibenzonom in oktinoksatom bi se lahko dolgoročno pokazale za učinkovite le ob hkratnem zmanjšanju izpustov ogljikovega dioksida. V primeru, da obojega ne dosežemo, bo stopnja ublažive beljenja koral zelo majhna, saj je glavni negativni dejavnik vendarle temperatura.

Raziskava beljenja koral na Havajih obravnava pomembno globalno vprašanje, ki je posledica napačne razporeditve virov in vedénja človeka po vsem svetu. Razviti je treba raziskovalne in napredne projekte, ki bodo vse družbene sloje ozaveščali in izobraževali o tem problemu. Pri tem se je treba zavzemati za širjenje poznavanja ekosistemov koralnih grebenov kot tudi za seznanjanje z njihovim prispevkom h gospodarstvu, podnebjem in nadaljnjemu preživetju našega planeta.

Za razumevanje prihodnosti koralnih grebenov je ključno temeljito razumevanje molekularnih in fizioloških mehanizmov. Pomembno je razumeti, do katere temperature korale lahko preživijo, kar je določeno tudi z njihovim genskim zapisom. Z razumevanjem vseh teh dejavnikov bi lahko določili, kdaj se začne beljenje koral. Rezultati znanstvenih raziskav bodo tvorili nepogrešljiv del za oblikovanje in izvajanje družbenih in gospodarskih strategij in politik za obnovo koralnih grebenov in za ustrezno spodbujanje njihovega ohranjanja.

Ta zaključek podpira tezo, da je mogoče najti ustrezne rešitve le ob sodelovanju interdisciplinarnih ekip strokovnjakov.



Tina Travnik je na svojo raziskovalno pot stopila na mednarodni šoli La Grande Boissière v Ženevi. Ta šola je bila prva mednarodna šola na svetu, ki je leta 1968 tudi uvedla tako imenovano

mednarodno maturo (International Baccalaureate - IB). Že takoj jo je pritegnila biologija, ki jo je z odliko zaključila na visoki ravni. Svoja prva raziskovanja je namenila morskim koralam. Še posebno jo zanima vpliv okolja na njihov razvoj. Poglobljeno in s pomočjo znanstvenih dognanj dokazuje možnost preživetja koral. Njen cilj je prebuditi različne gospodarske panoge, da bi sprejele konkretne ukrepe za izboljšanje okoljevarstvenega stanja..

Slovarček:

Ahermatipske korale. Korale, ki ne gradijo grebenov.

Apnenčasti eksoskelet. Zunanji skelet hermatipskih koral, katerih polipi ustvarijo in na njih rastejo.

Adenozin trifosfat (ATP). Molekula, ki jo najdemo v vseh živih celicah in zagotavlja energijo za izvajanje celičnih procesov.

Cenosark. Tanka plast živega tkiva, ki povezuje koralne polipe na grebenu.

Fotične cone. Površinska plast oceana, ki sprejema Sončevo svetlobo.

Fotoinhibicija. Zaviranje fotosinteze, ki jo povzročijo poškodbe fotosistemov (FII) zaradi visoke ravni ultravijolične svetlobe.

Fotosistema (fotosistem I in fotosistem II). Proteini, vgrajeni v tilakoidni membrani, ki pretvorijo svetlobno/Sončevo energijo (energijo fotonov) v kemično energijo.

Hermatipske korale. Korale ki gradijo grebene.

Mikrofragmentacija. Metoda za pospešitev rasti hermatipskih koral.

Oksibenzon in oktinoksat. Organski spojini

v kremah za sončenje, za kateri je bilo ugotovljeno, da povzročata obeljenje koral.

Reaktivne kisikove spojine ali zvrsti (ROS).

Vrsta nestabilnih molekul/radikalov, ki vsebuje kisik in zlahka reagira z drugimi molekulami v celici. Preveliko kopičenje reaktivnih kisikovih spojin v celicah lahko povzroči poškodbe DNA, RNA in proteinov ter celično smrt.

Simbiont. Organizem, ki živi v sožitju (simbiozi) z drugim organizmom.

Simbiozom. Specializirani predel v gostiteljski celici, v katerem je endosimbiont v sožitnem (simbiotskem) razmerju.

***Stylophora pistillata* in *Seriatopora hystrix*.** Vrsti koral iz indopacifiške regije.

Tilakoide. Del membran v kloroplastih, na katerih poteka fotosinteza. Ključni proteini v tem procesu so vgrajeni znotraj tilakoidne membrane in se imenujejo fotosistemi I (FI) in fotosistemi II (FII).

Zooksantele (*Zooxanthellae*). Enocelične alge, ki lahko živijo v sožitju (simbiozi) z različnimi morskimi nevretenčarji, kot so tudi korale.

Literatura:

AuMarc, M., 2017: *Build a Coral Polyp*. California Academy of Sciences. www.calacademy.org/educators/lesson-plans/build-a-coral-polyp. Dostop 11. septembra 2019.

Baird, A. H., Bbagooli, R., Ralph, P. J., Takahashi, S., 2009: *Coral Bleaching: the Role of the Host*. *Trends in Ecology & Evolution*, 24 (1): 16–20. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169534708003236>.

Bleaching on Hawaii's Coral Reefs: What's Going On?, 2015: Digital image. Hoku Hawaii Tours. www.hokuhawaiiitours.com/bleaching-on-hawaiis-coral-reefs-whats-going-on/. Dostop 15. oktobra 2019.

Coral colony fluorescing under UV-light in the Philippines, 2019: Digital image. People4ocean. (April 2, 2019). <https://www.people4ocean.com/full-blog-posts/corals-may-be-wearing-natures-best-sunscreen>. Dostop 26. novembra 2019.

Coral farming. Digital image. Dostop 28. novembra 2019. <http://cropinsurancesolutions.com/coral-farming/>.

Danovaro, R., Bongiorno, L., Corinaldesi, C., Giovannelli, D., Damiani, E., Astolfi, P., Greci, L., Pusceddu, A., 2008: *Sunscreens Cause Coral Bleaching by Promoting Viral Infections*. *Environmental Health Perspectives*, 116 (4): 441–47. <https://doi.org/10.1289/ehp.10966>. Dostop 10. septembra 2019.

Diagram of Polyp Anatomy, 2017: Digital image. NOAA Ocean Service Education. https://oceanservice.noaa.gov/education/kits/corals/media/supp_coral01a.html#top. Dostop 11. septembra 2019.

Gleason, D. F., Wellington, G. M., 1993: *Ultraviolet Radiation and Coral Bleaching*. *Nature*, 365 (6449): 836–838. <https://doi.org/10.1038/365836a0>.

Hoegb-Guldberg, O., Smith, G. J., 1989: *The Effect of Sudden Changes in Temperature, Light and Salinity on the Population Density and Export of Zooxanthellae from the Reef Corals Stylophora Pistillata Esper and Seriatopora Hystrix Dana*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 129 (3): 279–303. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(89\)90109-3](https://doi.org/10.1016/0022-0981(89)90109-3). Dostop 11. septembra 2019.

Jokiel, P. L., Coles, S. L., 1977: *Effects of Temperature on the Mortality and Growth of Hawaiian Reef Corals*. *Marine Biology*, 43 (3): 201–208. <https://doi.org/10.1007/bf00402312>. Dostop 13. oktobra 2019.

Lesser, M. P., 2006: *Oxidative Stress in Marine Environments: Biochemistry and Physiological Ecology*. *Annual Review of Physiology*, 68 (1): 253–278. <https://doi.org/10.1146/annurev.physiol.68.040104.110001>. Dostop 17. oktobra 2019.

Olbricht, S. M., 2018: *American Academy of Dermatology Association Statement on Sunscreen Access*. American Academy of Dermatology Association. <https://www.aad.org/news/aada-statement-on-sunscreen-access>.

Patterson, B. D., Mo, F., Borgschulte, A., Hillestad, M., Joos, F., Kristiansen, T., Sunde, S., Van Bokhoven, J. A., 2019: *Renewable CO₂ Recycling and Synthetic Fuel Production in a Marine Environment*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116 (25): 12212–12219. <https://doi.org/10.1073/pnas.1902335116>. Dostop 20. novembra 2019.

Sheppard, C., 2014: *Coral Reefs: A Very Short Introduction*. Oxford: Oxford University Press.

US Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, 2014: *In What Types of Water Do Corals Live?* NOAA's National Ocean Service, August 1, 2014. <https://oceanservice.noaa.gov/facts/coralwaters.html>.

Warner, M. E., Fitt, W. K., Schmidt, G. W., 1999: *Damage to Photosystem II in Symbiotic Dinoflagellates: A Determinant of Coral Bleaching*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96 (14): 8007–8012. <https://doi.org/10.1073/pnas.96.14.8007>. Dostop 7. novembra 2019.

Wilkinson, C. R., 1999: *Global and Local Threats to Coral Reef Functioning and Existence: Review and Predictions*. *Marine and Freshwater Research*. <https://doi.org/10.1071/mf99121>. Dostop 19. septembra 2019.

Jacquinov ranjak (*Anthyllis jacquinii*) zagotovo raste tudi v Julijskih Alpah

Amadej Trnkoczy

Pravi ranjak (*Anthyllis vulneraria*) je pogosta in mnogim dobro znana cvetlica pozno pomladanskih in poletnih travnikov. Če nas lepota, barvitost in raznolikost oblik vsega, kar raste, le malo očara, je njegova, razmeroma velika, živo obarvana in »baročno« oblikovana glavičasta socvetja težko spregledati. Čeprav je zelo spremenljiv, ga ni težko prepoznati po značilnem habitusu, najpogostejše rumenih cvetovih in lihopernatih listih. A pravi ranjak ni edini predstavnik tega rodu pri nas, drugi je rožnato rdečkasto cvetoči Jacquinov ranjak, katerega pojavljanje v Julijskih Alpah je bilo do zdaj negotovo oziroma zagonetno.

Za Evropo navajajo devetnajst vrst iz rodu ranjak (*Anthyllis*), vendar sta v Sloveniji, pa tudi v sosednji Avstriji in v večjem delu Alp, prisotni le dve: pravi ranjak (*Anthyllis vulneraria*) s številnimi podvrstami in različicami, na katere botaniki še nimajo enotnega pogleda, in Jacquinov ranjak (*Anthyllis jacquinii*). Taksonomsko ta ni splošno priznan na ravni vrste. Mnogi mu priznavajo le raven podvrste gorskega ranjaka (*Anthyllis*

Glavičasto socvetje Jacquinovega ranjaka na treh razvojnih stopnjah: cvetovi v popku (levo), v polnem cvetu (sredina) in v plodu (desno).
Foto: Amadej Trnkoczy.



montana). Ta raste v dveh zemljepisno ločenih območjih, ki sta med seboj oddaljeni več kot tristo kilometrov. *Anthyllis montana* s. str. = *Anthyllis montana* subsp. *montana* je razširjen v jugozahodnem delu Alp, *Anthyllis jacquinii* = *Anthyllis montana* subsp. *jacquinii* pa v Jugovzhodnih Alpah, Dinaridih in drugje po Balkanu. Izjema so le Pireneji, kjer rasteta obe (pod)vrsti (Aeschmann s sod., 2004).

Jacquinov ranjak je, vsaj v primerjavi s pravim, pri nas redek. Je toploljubna vrsta. V Sloveniji zanesljivo raste le v submediteranskem in dinarskem fitogeografskem območju. Pojavljanje v predalpskem območju je nezanesljivo, v panonskem pa je znan le z Donačke gore (Martinčič in sod., 2007). Starejše pregledne objave o flori Slovenije (tudi prve tri izdaje *Male flore Slovenije*) Jacquinov ranjak ne omenjajo v slovenskih Alpah. Tudi Tone Wraber te vrste ni vključil v seznam njihove flore,

ko je sodeloval pri nastajanju temeljnega dela *Flora Alpina* (Aeschmann, ibid.). Dva novejša pregleda (Jogan s sod.: *Gradivo za Atlas flore Slovenije* in četrta izdaja *Male flore Slovenije* (2007) pa ga vključujeta v njihovo floro, prvi s podatkom v kvadrantu 9549/3, drugi s pripisom alpsko fitogeografsko območje (AL, Soška dolina).

Vir za podatek v *Gradivu* mi je pomagala razvozlati Tinka Bačič. Temelji na Paulinovi



Skokarjeva grapa
z rastišči Jacquinovega
ranjaka. V ozadju dolina
Spodnje Trente.
Foto: Amadej Trnkoczy.

objavi iz leta 1902, v njej pa navaja objavo botanika Vossa v letnem poročilu ljubljanske višje srednje šole iz leta 1881: dolina Vrat v Julijskih Alpah. Paulin sam ga tam ni nikoli našel, enako tudi ne botaniki za njim. Tudi v ljubljanskem univerzitetnem herbariju ni primerkov iz gorenjskih Alp (Tinka Bačič, in litt.). Ne glede na to, da Vossov 140 let stari podatek nima novejša potrditve, ga kot historični vir še lahko upoštevamo. Vsaj dve okoliščini mu govorita v prid: morebitna pomota pri določanju se zdi zelo malo verjetna, saj ni ničesar podobnega, s čimer bi strokovnjak lahko zamenjal Jacquinov ranjak, in v dolini Vrat dejansko poznamo rastišča, ki so precej toploljubna, na primer prisojna pobočja pod Stenarjem in njegovim prigorjem (Igor Dakskobler, in litt.).

Morda je podatek v zadnji izdaji *Male flore* za Soško dolino povezan s točko v karti območja zemljepisne razširjenosti v *Gradivu*, s tem da je prišlo do pomote in so avtorji ta kvadrant pripisali Soški dolini in ne do-

lini Vrat. Starejša pregledna dela za floro posoškega dela Julijskih Alp (Lona, 1952, Mezzena, 1986) ga ne omenjajo. Vira za ta podatek nam do zdaj ni uspelo ugotoviti.

Verjetnost opažanja Jacquinovega ranjaka v Soški dolini lahko deloma osvetlimo tudi s prikazom ugotovljenih nahajališč pri naših zahodnih sosedih v obmejnem območju. Poldini (2002) navaja slovenskemu alpskemu prostoru najbližje nahajališče v Julijskih Predalpah v kvadrantu 9746. Ta kvadrant obsega tudi del skrajne zahodne Slovenije v Breginjskem kotu. Vendar Čušin (2006) za slovensko stran tega kvadranta te vrste ne navaja. Na italijanski strani severno (in južno) od Breginjskega kota v bližini meje te vrste do sedaj niso opazili.

A negotovost nahajanja Jacquinovega ranja-

Majski videz Jacquinovega ranjaka v cvetu.

Foto: Amadej Trnkoczy.



ka v slovenskem alpskem fitogeografskem prostoru je presežena. V začetku maja letos sem nanj naključno naletel ob pregledovanju rastlinstva v Skokarjevi grapi v Spodnji Trenti. Grapa na desnem bregu Soče, v kateri raste, je zarezana v strma, prisojna in zato topla pobočja gorskega grebena, ki poteka od vrha Bavškega Grintavca preko Velikih vrat, Zapotoškega vrha in Malih vrat do Srebrnjaka. V Sočo se izteka v Matevževi tesni, kratki, približno štiristo metrov dolgi zožitvi najnižjega dela doline med Matevžovo domačijo (Trenta 1) in Otokarjevo domačijo (Trenta 4). V dnu grape so inicialna, koluvialna tla z navaljenimi skalami in raztresenimi večjimi balvani. V njenem spodnjem delu, nekako pod 900 metrov nadmorske višine, jo deloma pokriva redek gozd, v katerem so prevladujoče toploljubne drevesne vrste črni gaber (*Ostrya carpinifolia*), mali jesen (*Fraxinus ornus*) in vrbe (*Salix* spp.) ter bukev (*Fagus sylvatica*), alpski nagnoj (*Laburnum alpinum*) in redke-

je rušje (*Pinus mugo*). Drevje je manjše rasti, večinoma pri tleh tipično ukrivljeno in poškodovano od vsakoletnih snežnih plazov, ki so lahko zdaj v sicer redkih s snegom bogatih zimah tudi velikih razsežnosti.

Nahajališča Jacquinovega ranjaka so na nadmorski višini od 740 metrov do 835 metrov, to je okrog 250 metrov nad dnom doline. Najprej sam, kasneje skupaj z Igorjem Dakskoblerjem sva ga našla na treh mestih. Na vseh je raslo po nekaj rastlin, nekatere v kar razsežnih grmičkih. Največji je meril približno 80 x 50 centimetrov in imel več kot deset cvetnih stebel. Skupno število opaženih rastlin je sicer težko oceniti zaradi goste rasti grmičkov in prepletenosti korenin, vendar menim, da gre za vsaj dvajset

Bogato cvetoči večji grmiček Jacquinovega ranjaka v maju. Foto: Amadej Trnkoczy.



rastlin. Populacije na vseh nahajališčih so vitalne. Povsod je ranjak rasel na podobnih, odprtih mestih na razmeroma ustaljenih peščenih oziroma skalnatih in suhih tleh v družbi s srčastolistno mračico (*Globularia cordifolia*), nožničnolistno šmarno deteljo (*Coronilla vaginalis*), navadno nokoto (*Lotus corniculatus*), žarkasto košeničico (*Genista radiata*), reso (*Erica carnea*), dlakavim slečem (*Rhododendron hirsutum*) in drugimi vrstami v grapi, kot na primer vrbovolistnim primožkom (*Buphthalmum salicifolium*), močvirskim ciprjem (*Epilobium dodonaei*), gorskim vrbovcem (*Epilobium montanum*), navadno kozjo deteljo (*Lembotropis nigricans*) in temnordečo močvirnico (*Epipactis atrorubens*). Med njimi so nekatere zelo alpske, kot je na primer slečnik (*Rhodothamnus chamaecistus*), druge bolj sredozemske, kot na primer drobnolistni lan (*Linum tenuifolium*) ali redke, kot sta travnolistni grintavec (*Lomelosia graminifolia*) in pernatolistna vijolica (*Viola pinnata*). Zanimivo je, da sem ob drugem

obisku grmičkov, ki sem jih našel najprej in ki so bili takrat šele v začetnem obdobju cvetenja, doživel presenečenje. Nadejal sem se, da bodo v polnem cvetu in zato prava poslastica za vsakega fotografa. A jih je na žalost dodobra popasla srnjad, medtem ko je spremljevalnim rastlinam prizanesla. Nežni listi Jacquinovega ranjaka pač niso ušli njenim očem. A popaseni grmički so se do začetka julija že lepo obrasli.

Jacquinov ranjak običajno zlahka ločimo od pravega že po barvi cvetnih glav. Avtorji v literaturi navajajo več barvnih odtenkov: od svetlo rožnatega, rdečkastega, mesno rdečega do purpurnega. Pravzaprav so cvetovi v osnovi belkasti in prepleteni s številnimi purpurnimi žilami, ki od daleč dajejo cvetovom rožnato rdečkast videz. A tudi nekatere

Grmiček Jacquinovega ranjaka, ki ga je nekaj dni kasneje popasla divjad. Fotografiran v začetni fazi cvetenja.
Foto: Amadej Trnkoczy.





Rastišče Jacquinovega ranjaka.

Rastlina je julija v plodu.

Foto: Amadej Trnkoczy.

oblike pravega ranjaka lahko cvetijo rdečkasto in zato barva cvetov sama po sebi ni vedno jamstvo za zanesljivo določitev. Listi so sicer pri obeh vrstah lihoperinati in podobni, a so pri Jacquinovem ranjaku sestavljeni iz več parov lističev ((5)7-15) kot pri sorodniku (2-7) (Fischer in sod., 2005). Vršni lističi so bolj ali manj enako veliki kot stranski in ne opazno večji, kot je to običajno pri pravem ranjaku. Listi in stebela so dolga, srebrno dlakavi, najbolj izrazito po robu lističev. Časni zobci so podaljšani in skoraj tako dolgi kot cev cvetov. Pravi ranjak pa ima

bistveno krajše in trikotne. Vsi nadzemni deli Jacquinovega ranjaka so mehki in nežni, mehko bi listov pravo nasprotje pa so prizemni deli rastline, ki so močni in oleseneli. Krepke so tudi korenine.

Jacquinov ranjak si v naravi najlažje ogledate v montanskem pasu na Krasu in drugje v slovenskem

Primorju, lahko pa obiščete tudi alpski vrt Juliana v Trenti. Tam raste že iz časov Bois de Chesnea (Praprotnik, 2012). Od kje je bil prinesen v vrt, nisem uspel ugotoviti. Po vsej verjetnosti so ga nabrali, tako kot večino drugih toploljubnih vrst, ki rastejo v vrtu, nekje na Krasu ali na robu Trnovskega gozda ali Nanosa. Letos je v Juliani cvetel zelo bogato.



Glavičasto socvetje Jacquinovega ranjaka.
Dobro so vidni podaljšani, rdeče rjavi čašni zobci.
Foto: Amadej Trnkoczy.

Literatura:

- Aeschimann, D., Lauber, K., Moser, D. M., Theurillat, J. P., 2004: *Flora Alpina 2*. Bern, Stuttgart, Wien: Haupt Verlag, 1188 str.
- Čušin, B., 2006: *Rastlinstvo Breginjskega kota*. Ljubljana: Založba ZRC, 198 str.
- Fischer, M. A., Adler, W. K., Oswald, K., 2005: *Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol*. Linz: LO Landesmuseen, 1391 str.
- Jogan, N., ur., 2001: *Gradivo za Atlas flore Slovenije*. Miklavž na Dravskem polju: Center za Kartografijo javne in flore, 443 str.
- Lona, C., 1952: *La flora delle Alpi Giulie nell'Orto botanico alpino »Juliana« di Alberto Bois de Chesne*. *Atti del museo civico di storia naturale di Trieste*, 18: 125–264.
- Martinčič, A., Wraber, T., Jogan, N., Podobnik, A., Turk, B., Vreš, B., Ravnik, V., Frajman, B., Strgule Krajšek, S., Trčak, B., Bačič, T., Fischer, M. A., Eler, K., Surina, B., 2007: *Mala flora Slovenije. Ključ za določanje praprotnic in semenk*. Četrta, dopolnjena in spremenjena izdaja. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 967 str.
- Mezzena, R., 1986: *L'erbario di Carlo Zirnich (Ziri)*. *Atti del museo civico di storia naturale di Trieste*, 38 (1): 1–519.
- Paulin, A., 1902: *Schedae ad Floram exsiccata Carniolicam 2. Centuria III et IV. Beiträge zur Kenntnis der Vegetationsverhältnisse Krains II*. Ljubljana: Otto Fischer, str. 105–214.
- Poldini, L., 2002: *Nuovo Atlante corologico delle piante vascolari nel Friuli Venezia Giulia*. Udine: Università degli studi di Trieste, 529 str.
- Praprotnik, N., 2012: *Alpski botanični vrt Juliana in sezname rastlin*. *Scopolia*, 75: 1–111.

Zahvala

Prisrčno se zahvaljujem Tinki Bačič za podatke o virih pojavljanja Jacquinovega ranjaka v dolini Vrat in za pregled herbarija LJU ter Igorju Dakskoblerju za pobudo, pomoč pri pisanju članka in druženje na terenu.

Komenski svišč je v Juliani spet zacvetel

Ob stoletnici rojstva akademika
prof. dr. Ernesta Mayerja (1920–2009)

Nada Praprotnik, Klemen Završnik

Juliana v Trenti je najstarejši alpski botanični vrt v Sloveniji. Njegov ustanovitelj Albert Bois de Chesne je na naslovni strani knjige obiskovalcev zapisal: »*Terrestria sidera flores*«, kar bi smiselno lahko prevedli: »*Cvetlice z neba na zemljo*.« To resnično velja za nekatere rastlinske bisere, ki nas v vrtu razveseljujejo. Ena od takih vrst je komenski svišč.

Letos se spominjamo stoletnice rojstva univerzitetnega profesorja botanike Ernesta Mayerja (1920–2009), ki ga starejši botaniki dobro poznamo. Njegovo raziskovalno delo obsega floristiko, rastlinsko sistematiiko ter fitogeografijo praprotnic in semenk. Leta 1952 je objavil *Seznam praprotnic in cvetnic slovenskega ozemlja*, ki je temeljno delo novejšje slovenske floristike.

Zgodba o komenskem svišču se je začela leta 1957, ko je Ernest Mayer na Komni med planino na Kraju in planino Govnjač opazil veliko primerkov bratinskega košutnika (*G. lutea* subsp. *symphyandra*), v bližini pa je uspeval tudi panonski svišč (*Gentiana pannonica*). Našel je »krasen primerek« še nepoznane rastline, za katero je ugotovil, da je križanec med bratinskim košutnikom in panonskim sviščem. Leta 1961 ga je opisal v ugledni botanični znanstveni reviji *Österreichischen Botanischen Zeitschrift* in ga po nahajališču imenoval komenski svišč (*Gentiana x komnensis*). Zdaj veljavno strokovno ime je *Gentiana x laengstii* subsp. *komnensis*. Po videzu je bil podoben košutniku, oblika cvetov pa je bila med obema starševskima rastlinama. Prašnice so bile zrasle. Rastlina je bila visoka sko-

raj en meter. Imela je precej velike liste, po obliki so bili podobni košutnikovim, vendar niso bili sivo zeleni, ampak zeleni in bleščeči. Cvetovi so bili pecljati in razporejeni v navideznih vretencih. Venec je bil zvonast in zrasel do približno ene tretjine. Barva venčnih listov je bila purpurno rjavkasta s številnimi temnimi pikicami in rumenkastim nadihom oziroma odtenkom, na notranji strani so bili bolj rumenkasti. Holotip križanca je v herbariju Ernesta Mayerja.

Več kot petdeset let ni nihče več našel tega križanca. Tone Wraber (1938–2010), ki je prehodil Komno podolgem in počez in je leta 1986 opisal Vardjanov košutnik (*Gentiana lutea* subsp. *vardjanii*) iz Ožbaltove konte, ni našel križanca med tem košutnikom in panonskim sviščem.

Poleti leta 2008 nas je v Juliani razveselil in hkrati presenetil zanimiv križanec. Ob kotanji z vodo smo opazili liste, za katere smo sprva mislili, da pripadajo bratinskemu košutniku, vendar njihova barva ni bila izrazito sivo zelena. Cvetni popki niso bili rumene barve, ampak rjavkasto purpurni. Ko so se nekaj dni kasneje odprli, so zažareli v nenavadnih barvah za svišče. Po dobrih petdesetih letih je zacvetel komenski svišč. Tone Wraber je zapisal, da je res »*redivivus*«, kar pomeni, da je vstal od mrtvih.

Komenski svišč.
Foto: Jože Mihelič.



Kako pa je komenski svišč »prišel« v naš vrt? V Juliani raste bratinski košutnik, ki je v šestdesetih letih kar redno cvetel. V osemdesetih in devetdesetih letih prejšnjega stoletja ni cvetel, v zadnjem desetletju

pa občasno le cveti (cveti skoraj vsako leto). Panonski svišč pa v vrtu že zelo dolgo sploh ni cvetel! Vrtnarji so cvetoče primerke kdaj pa kdaj posadili, vendar naslednja leta niso nikoli zacveteli. O ponovno vzcvetelem komenskem svišču v Juliani sem podrobno pisala v *Proteusu* leta 2008

Komenski svišč. Foto: Klemen Završnik.



in to je bila še ena zanimiva zgodba o naših rastlinah.

Potem smo vsako leto čakali, da bo svišč spet zacvetel ... Najbolj nestrpno je čakala vrtnarica Marija Završnik. Uradno je v vr-

tu delala petdeset let! Še prej je pomagala svojemu očetu Antonu Tožbarju in kasneje sinu Klemnu. Matjaž Kmecl je v *Zakladih Slovenije* zapisal:

»To srečo ima Juliana, da jo že od rojstva

Komenski svišč. Foto: Klemen Završnik.



Komenski svišč – rastlina tedna v Juliani.

Foto: Jože Mibelič.



naprej spremljajo ljubezen, vdanost in požrtvovalnost.«

V največji meri te besede veljajo kot priznanje Mariji, ki je bila vsa leta dobri duh Juliane. Čakala je dvanajst let in se spraševala, če bo dočkala ponovno cvetenje komenskega svišča. Z njo smo upali tudi ostali, ki smo delali v vrtu.

Vsa ta leta po prvem cvetenju komenskega svišča je Marija ob vsakem obisku opazovala in tipala okrog rastline in se spraševala, ali jo bo še kdaj uzrla ... In ostali tudi ... Letos junija sta skupaj s sinom Klemnom, ki je samostojni strokovni sodelavec v Juliani oziroma v Prirodoslovnem muzeju Slovenije, stopila že do takrat občutno

Marija Završnik z vnukom Ožbejem Završnikom občuduje komenski svišč.

Foto: Klemen Završnik.



bolj košate dvojne rozete svišča. Razprla sta liste in očarana zagledala razvijajoče se steblo. Koža se jima je naježila in v mislih sta zagledala množico srečnih obrazov, ki bodo z njima delili veselje. Svišč je preživel zadnje neurje in prvi cvet se je odprl 13. julija dopoldne, do konca dneva pa še štirje. Vseh cvetov skupaj je 61, od začetka so prašniki trdno sprijeti, po nekaj dneh se delno oddvojijo. Leta 2008 je bilo samo 37 cvetov!

Klemen se tudi sprašuje, če se morda bratinski svišč ni križal s cvetočim panonskim sviščem, ki so ga vrtnarji prinesli v vrt, in je potem križanec zrasel iz semena. Morda se je panonski svišč zasejal v okolico Juliane, zacvetel in opraševalci so pelod zanesli na bratinski košutnik v vrtu. Vsa ta vprašanja pa ostajajo brez odgovora!

V bližini sta še drobni listni rozeti, ki imata drugačne nežne ploskve kot bratinski košutnik. Čas bo pokazal, če se bo kaj razvilo!

V Juliani vsak teden zaposleni označijo rastlino tedna, na katero opozorijo obiskovalce. Seveda je bil komenski svišč rastlina tedna, čeprav bi morala biti vsaj rastlina desetletja!

Vsem nam in zlasti Mariji se je izpolnila želja. Skupaj z vnukom Ožbejem Završnikom, ki je že četrta generacija v vrtnarski družini Tožbarjev in Završnikov, lahko občudujeta lepoto komenskega svišča.

Še vedno pa ne najdemo jasnega odgovora oziroma enostavne razlage, kako se je komenski svišč lahko pojavil v Juliani ...

Literatura:

Mayer, E., 1961: *Gentiana x komnensis* E. Mayer, *hybr. nov.* (= *G. lutea* L. subsp. *symphyandra* Murb. x *G. pannonica* Scop.). *Österreichischen Botanischen Zeitschrift*, 108 (4/5): 507-510.

Praprotnik, N., 2008: *Komenski svišč (Gentiana x komnensis) v Juliani*. *Proteus*, 71 (3): 127-130.

Wraber, T., 1986: *Košutnik, in to Vardjanov!* *Proteus*, 48: 341-346.

Veliki komet leta 2020

Mirko Kokole

V letošnjem letu so astronomi odkrili kar nekaj kometov, ki so kazali, da bi lahko pripravili lepo nebesno predstavo. Med njimi je bil tudi komet ATLAS, o katerem smo že poročali v peti številki *Proteusa*. A je komet, ko je prišel v bližino Sonca, razpadel in predstave ni bilo. Tako smo še enkrat izkusili nepredvidljivost napovedovanja, kako svetli bodo kometi. Na našo srečo pa smo letos le dočakali komet, ki smo ga že dolgo čakali. To je

komet NEOWISE, ki je pri nas naredil res kratko, a vendar čudovito nebesno predstavo.

Komet NEOWISE oziroma C/2020 F3 (NEOWISE) so 27. marca letošnjega leta astronomi odkrili na posnetkih infrarde-

*Fotografija kometa NEOWISE, ki jo je posnel Stefan Ziegenbalg 14. julija letos.
Foto: Stefan Ziegenbalg, Wikipedia.*



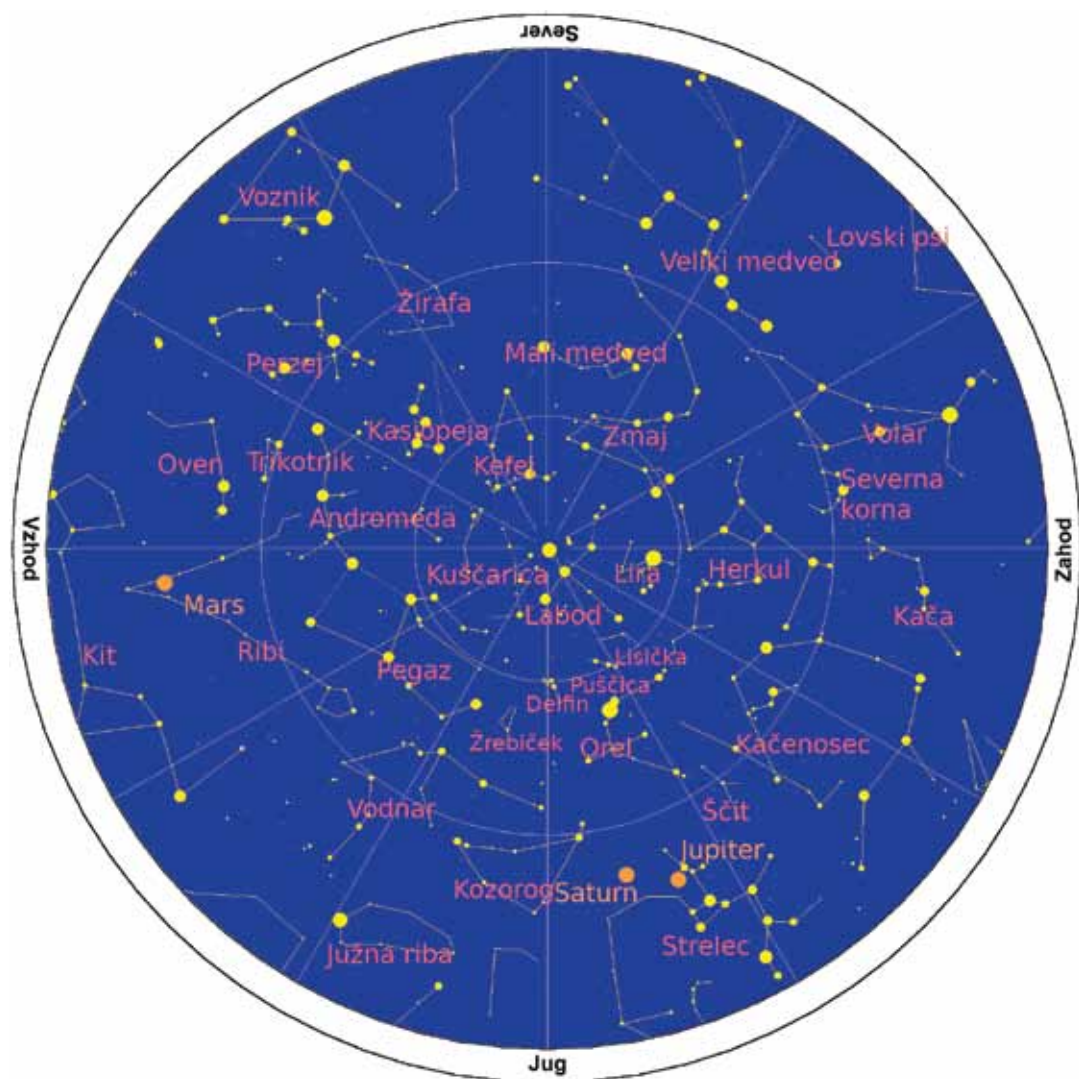
čega teleskopa WISE. Ob času odkritja je imel magnitudo 18 in je bil od Zemlje oddaljen 1,7 astronomske enote. Komet NEOWISE potuje po skoraj parabolični tirnici in se uvršča med dolgoperiodne komete. Za te je značilno, da so vsi novi prišleki v našem Osončju. Imajo zelo ekscentrične tirnice. Njihova ekscentričnost je okoli 1, kar pomeni, da so tirnice zelo sploščene elipse oziroma skoraj parabole. Če je komet v eliptični tirnici, je periodičen in se bo v Osončje vrnil, če pa je tirnica parabolična ali hiperbolična, pa se komet ne bo več vrnil. Poleg velike ekscentričnosti tirnice je za dolgoperiodne komete značilno tudi, da prihajajo iz popolnoma nedoločenih smeri in so njihove tirnice nagnjene vse do 90 stopinj glede na ekliptiko. Iz porazdelitve naklonov orbit in drugih podatkov za dolgoperiodne komete je Jan Oort leta 1950 sklepal, da obstaja na razdalji od 50.000 do 100.000 astronomskih enot velik oblak manjših objektov, ki ga danes imenujemo Oortov oblak. Ti objekti večinoma ostanejo v oblaku, občasno pa zaradi vpliva bližnjih zvezd objekt spremeni svojo orbito in se spusti proti Soncu in tako postane komet.

Komet NEOWISE je naredil najlepšo predstavo v mesecu juliju, ko smo ga videli na severozahodnem nebu malo pod Velikim medvedom. Komet je dosegel magnitudo med 0,5 in 1 in je bil viden s prostim očesom tudi iz svetlobno onesnaženih mest. Za najlepši pogled se je bilo treba iz mest umakniti na podeželje, kjer je bil pogled nanj res čudovit. Komet je razvil tako prašni kot plinski rep in je spominjal na prejšnji veliki komet Hale-Bopp, ki smo ga opazovali leta 1997. Letošnji komet res ni dosegel veli-

častnosti kometa Hale-Bopp, ki je imel magnitudo -1,8, se je pa uvrstil med najsvetlejše komete takoj na drugo mesto za njim.

Letošnje leto nas je dobro poučilo, kako nepredvidljivi nebesni objekti so kometi. A treba je priznati, da so vsa prejšnja razočaranja pozabljena, ko dočakamo tako lep nebesni prizor, kot ga je letos pripravil komet NEOWISE.

*Nebo v septembru.
Datum: 15. 9. 2020.
Čas: 22.00.
Kraj: Ljubljana.*



V naslednji številki Proteusa

ALI DIGITALNI MEDIJI SPREMINJAJO NAŠE MOŽGANE

Zvezdan Pirtošek

Danes vemo, da sodobni digitalni mediji vplivajo na celotne možgane, posegajo v prepletenost vseh možganskih procesov, enostavnih in kompleksnih, avtomatiziranih in visoko osveščenih; v motoričnih, kognitivnih, senzoričnih, čustvenih in avtonomnih predelih centralnega živčevja. Še najbolj se njihov vpliv odraža v spominskih procesih, načinu razmišljanja, občutkih nagrajevanja, pozornosti in iluziji večopravilnosti.



ISSN 0033-1805



Johannes Gutenberg