

PROTEUS

*mesečnik
za poljudno
naravoslovje*



April 2021, 8/83. letnik
cena v redni prodaji 5,50 EUR
naročniki 4,32 EUR
upokojenici 3,55 EUR
dijaki in študenti 3,36 EUR
www.proteus.si



346



372



- 343 Table of Contents
- 344 Uvodnik
Tomaž Sajovic
- 346 Nobelove nagrade za leto 2020
Od odkritja povzročitelja do izkoreninjenja hepatitisa C v manj kot petdesetih letih? Nobelova nagrada iz fiziologije ali medicine za leto 2020
Mario Poljak, Maja M. Lunar
- 354 Botanika
Nova spoznanja o razširjenosti močvirskega mečka (*Gladiolus palustris*) v zahodni in jugozahodni Sloveniji
Igor Dakskobler, Andrej Seliškar, Branko Vreš
- 364 Celična biologija in medicina
Vpliv mikrobiote sečnega mehurja na nastanek in zdravljenje raka sečnega mehurja
Taja Železnik Ramuta, Mateja Erdani Kreft
- 372 Rastlinske interakcije
Alelopatске lastnosti alkaloidov iz plodov črnega poprovca (*Piper nigrum* L.)
Matej Vošnjak, Kim Kneisel, Gaja Mrzelj, Lara Petrič, Miha Slapničar
- 379 Ekologija in varstvo okolja
Droben ptiček zaustavil gradnjo naftovoda
Jurij Kurillo
- 381 Nove knjige
Mihael Brenčič: Ljubljanska geološka šola: zgodovina poučevanja geologije na Univerzi v Ljubljani
Nina Zupančič
- 384 Naše nebo
Projekt Mesečina
Mirko Kokole

Contents

Editorial

Tomaž Sajovic

Nobel Prizes 2020

From Discovery of the Cause of Hepatitis C to Its Eradication in Less Than 50 Years?

Nobel Prize in Physiology or Medicine 2020

Mario Poljak, Maja M. Lunar

Nobel Prize in Physiology or Medicine was conferred on 10 December 2020 to three scientists for their discovery of Hepatitis C virus: Harvey J. Alter, senior investigator at the United States National Institute of Health, Michael Houghton, researcher at the University of Alberta, Canada, and Charles M. Rice, researcher at the Rockefeller University, US. In 1975 Alter proved that chronic transfusion-associated hepatitis is caused not only by Hepatitis B virus, but also by an unknown infectious agent that had the characteristics of a virus. He called it virus of non-A, non-B hepatitis. In 1989, Houghton and his co-workers isolated the genetic sequence of the then unknown virus and named it Hepatitis C. Their work eventually led to the development of the first test for detection of antibodies against the virus. With experiments on chimpanzees, Rice and his co-workers in 1997 provided the final evidence that Hepatitis C virus alone could cause acute and chronic Hepatitis C; in 2005 he was the first to grow the virus in cell culture. Together these three scientists made a decisive contribution to the fight against Hepatitis C, which is most commonly blood-borne, and helped save millions of lives.

Botany

New Findings on the Distribution of *Gladiolus palustris* in Western and Southwestern Slovenia

Igor Dakskobler, Andrej Seliskar, Branko Vreš

Gladiolus palustris and *G. illyricus* are some of the most vulnerable and threatened species in the natural grasslands of Slovenia. Both species are often overlooked in spring meadows and we usually only see them when they bloom in early summer or later. As they both have a very similar inflorescence and flower structure it is very difficult to distinguish between them. With several visits to their sites and by digging up several plants for determination we found that they are best distinguished by the fibres enclosing the corm, on similar sites or joint localities also by the flowering season. On similar sites and in the same altitudinal zone *Gladiolus illyricus* flowers at least a fortnight before *Gladiolus palustris*. This was confirmed on three localities (Korada, Mala Gora and Griža near Mt. Ostrič), where both species grow together, in the same community and on the same site. We propose two new Natura 2000 protected areas for the *Gladiolus palustris*: *the Banjšice Plateau and Korada*. *In both these areas meadows are mown late in the summer, which means that its sites can realistically be preserved. The same is true for Slavnik, where meadows under the mountain top are still mown in late summer. Former hay meadows on Mala Gora are mainly in the process of natural succession, which is very slow. It is unlikely that this process could be reversed with renewed mowing. Pastures under Griža at Ostrič are heavily overgrown. With active pasture in the area it is unlikely that these pastures could revert to late-summer mowing, which would be imperative for the preservation of Gladiolus palustris.*

We propose two new Natura 2000 protected areas for the *Gladiolus palustris*: the Banjšice Plateau and Korada. In both these areas meadows are mown late in the summer, which means that its sites can realistically be preserved. The same is true for Slavnik, where meadows under the mountain top are still mown in late summer. Former hay meadows on Mala Gora are mainly in the process of natural succession, which is very slow. It is unlikely that this process could be reversed with renewed mowing. Pastures under

Griža at Ostrič are heavily overgrown. With active pasture in the area it is unlikely that these pastures could revert to late-summer mowing, which would be imperative for the preservation of *Gladiolus palustris*.

Cell biology and medicine

The Influence of Urinary Microbiota on the Development and Treatment of Bladder Cancer

Taja Železnik Ramuta, Mateja Erdani Kreft

Microbiota is made up of bacteria, fungi, archaea, protozoa and viruses that populate a specific environment. The microbiota that inhabits different parts of the body affects human physiological functions, particularly metabolism, neurological and cognitive functions, haematopoiesis and the immune system. Its composition is shaped also by a person's genome, colonisation with microorganisms at birth and the mode of delivery (caesarean, vaginal), lifestyle, disease history and use of antibiotics. The structure of microbiota varies considerably in the first years of life, and later only upon major lifestyle changes, diets or disease and treatment of the disease. Until recently, the bladder was considered one of a few sterile environments in the body. New, primarily molecular methods have shown that the urinary tract harbours its own microbiota.

Plant Interactions

Allelopathic Properties of Alkaloids from Black Pepper Fruits (*Piper nigrum* L.)

Matej Vošnjak, Kim Kneisel, Gaja Mrzelj, Lara Petrič, Miha Slapničar

Black pepper (*Piper nigrum* L.) is a perennial woody vine native to the southwest of India, where it is cultivated mainly for its fruits, which are considered one of the most versatile and common spices. Because of their high secondary metabolite content the fruits have substantial biological potential. The alkaloid piperine is the most abundant secondary metabolite in pepper and gives the fruits their characteristic sharpness as well as a wide spectrum of biological activities. Piperine also behaves like an allelochemical, as it inhibits plant germination and growth. Black pepper preparations could become an alternative to synthetic herbicides in weed control and management of the spread of invasive plant species.

Ecology and environmental protection

A Tiny Bird Halts Construction of Oil Pipeline

Jurij Kurillo

On 28 April 2021 the prominent British newspaper *Guardian* reported that a tiny bird stopped the construction of the *Trans-Mountain oil pipeline* in west Canada – something that no environmental organisation has been able to do. After the discovery of Anna's hummingbird (*Calypte anna*) nest on a tree felled during the construction the authorities halted the works on the multi-billion project until 21 August. Hundreds of Anna's hummingbirds nest along the 1,500km of the pipeline route, where they are extremely vulnerable because of extensive construction works and heavy machinery working on the site. To prevent disturbance of these "flying gems" the works on the 900-metre tract of land were suspended.

New books

Mihael Brenčič: *Ljubljana School of Geology: the history of teaching geology at the University of Ljubljana* (Faculty of Natural Sciences and Engineering, Ljubljana, 2019)

Nina Zupančič

Our sky

Project Moonlight

Mirko Kokole



Naslovnica: *Močvirski meček*
(*Gladiolus palustris*).
Foto: Andrej Seliškar.

Proteus

Izbaja 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:

Polona Sušnik

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 Drašković 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 Šalomon 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 upokojence 3,55 EUR, za dijake in študente 3,36 EUR.

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

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

Vsi objavljeni prispevki so recenzirani.

Proteus (tiskana izdaja) ISSN 0033-1805

Proteus (spletna izdaja) ISSN 2630-4147

Uvodnik

Novi univerzitetni študijski program (1)

Da bi lažje razumeli prejšnji in tokratni uvodnik (in še kakšnega), predvsem pa čas, ki ga živimo, je dobro vedeti, kaj je kapitalistični način proizvodnje – od njega je namreč odvisno vse naše življenje. Na kratko povedano, kapitalistični način proizvodnje temelji na zasebni lastnini. Kapitalist je lastnik proizvodnih sredstev in vsega dela (z rezultati vred), ki ga opravi delavka ali delavec. Lastnik delavki ali delavcu ne plačuje opravljenega dela (novo ustvarjene vrednosti), ampak le njeno oziroma njegovo »delovno silo«. Razliko med opravljenim delom (novo ustvarjeno vrednostjo) in vrednostjo delovne sile si kapitalist prilasti kot dobiček oziroma presežno vrednost. V dobičku oziroma presežni vrednosti se »skriva« izkoriščanje, ki je sistemsko: brez njega ni kapitala in ne kapitalizma. Ljudje so to žal že zdavnaj ponotranjili.

Zdaj se lahko vrnemo k širši publiki bolj ali manj nepoznanemu odlomku iz *Nemške ideologije*, ki sta jo napisala Karl Marx in Friedrich Engels in sem ga citiral v prejšnjem uvodniku: »In končno nam delitev dela takoj daje prvi primer, da, dokler so

ljudje v samorasli družbi [samorasla družba pomeni družbo, ki jo ljudje sprejemajo kot nekaj samoumevnega; opomba je moja], dokler torej eksistira razkol med posebnim in skupnim interesom, dokler torej (delo) dejavnost ni razdeljena prostovoljno, temveč samoraslo [o delitvi dela se ljudje ne sprašujejo, jo brez premisleka sprejemajo; opomba je moja], postaja človekovo lastno dejanje njemu tuja, zoperstavljena moč, ki ga podjarmlja, namesto da bi jo on obvladoval. Brž ko namreč delo začenja biti razdeljeno, ima vsakdo določeni izključni krog dejavnosti, ki mu je vsiljena, iz katere ven ne more; je lovec, ribič ali pastir – ali kritični kritik – in mora to ostati, če noče izgubiti sredstev za življenje – medtem ko v komunistični družbi, kjer ni, da bi vsakdo imel izključni krog dejavnosti, marveč se lahko izobrazi v vsaki poljubni panogi, uravnava družba občo produkcijo in mi ravno s tem omogoča, da danes delam to, jutri ono, da zjutraj lovim, popoldne ribarim, zvečer redim živino – in po jedi kritiziram –, kot mi pač prija, ne da bi kdaj postal lovec, ribič, pastir – ali kritik.«

Da bi človek svoje sposobnosti v komunistični

družbi lahko uresničeval, ne da bi »imel poklic«, je treba brati kot kritiko kapitalistične »zahteve«, da mora vsak človek »imeti poklic«: z mrežo poklicev kapitalizem namreč vzdržuje izkoriščanje. Toda za marsikoga težko razumljivo misel: »[V] komunistični družbi [...] danes delam to, jutri ono, [...] zjutraj lovim, popoldne ribarim, zvečer redim živino – in po jedi kritiziram –, kot mi pač prija, ne da bi kdaj postal lovec, ribič, pastir – ali kritik,« je treba jemati skrajno resno. V tem uvodniku skušam slediti tej misli.

Naj začnem z besedami Vike Potočnik, diplomirane specialne pedagoginje, nekdanje poslanke in županje Ljubljane ter zdajšnje direktorice *Pionirskega doma*, iz intervjuja, ki je izšel v *Dnevnikovem Objektivu* 26. junija letos: »Otroci lahko tudi *prehajajo med dejavnostmi*. Pestrost, ki jo ponujamo [v *Pionirskem domu*], je izjemno bogastvo in popotnica za mlade. Ustvarjalnost je temelj razvoja vsakega človeka. Če jo prepovemo ali zapremo v okvirje, je lahko rezultat zelo slab.« Ali v igrivem (*s*)*prehajanju otrok med različnimi dejavnostmi* ne odmeva Marxova in Engelsova vizija o človekovem *svobodnem razvijanju svojih sposobnosti v komunistični družbi*: »[...] zjutraj lovim, popoldne ribarim, zvečer redim živino – in po jedi kritiziram –, kot mi pač prija? Če se človekove sposobnosti hočejo v polnosti razmahniti, morajo »pobegniti« iz svojih institucionalnih, z zakoni in pravili zgrajenih družbenih »kletk« - *poklicev*: »[...] zjutraj lovim, popoldne ribarim [...], ne da bi kdaj postal lovec, ribič [...]«. Marx in Engels sta pri tem uporabila domiselno slovnično igro: človekovo radostno uresničevanje svojih sposobnosti sta opisala z nedovršnimi glagoli - *lovim, ribarim*, poklice pa z »negibnimi«, »zamrznjenimi«, »postvarelimi« samostalniki - *lovec, ribič*.

V kapitalizmu pa človek s svojimi sposobnostmi lahko živi le v institucionalni »kletki« poklica, ki mu je vsiljena in iz katere, kot piše Marx, ne more uiti, če noče izgubiti sredstev za življenje. V takih razmerah so človekove sposobnosti po francoskem filozofu Althusserju »ponižane« zgolj na *spretnosti*. Pri tem ima glavno vlogo izobraževalni sistem, ki ga je Althusser zgoščeno opisal takole: »Prav priučevanje *spretnosti*, ovitih v množično vtepanje ideologije vladajočega razreda, v veliki meri obnavlja proizvodne odnose izkoriščancev do izkoriščevalcev in izkoriščevalcev do izkoriščancev.« Univerze so vrh izobraževalne piramide, kljub temu pa se ji v zadnjih dobrih dvajsetih letih ne godi nič bolje. Bolonjski sistem študija na univerzah je tudi deklarativno popolnoma podrejen trgu dela: študijski

programi »učijo« samo še za množico »kompetenc«, ki jih birokratsko navajajo kar v svojih obrazcih ... Prav na tem mestu, kjer omenjamo bolonjsko reformo, ki je usodno prizadela poslanstvo univerz, se moramo lotiti branja *Univerzitetnega študijskega programa*, besedila, ki ga je v svojih *Spisih iz humanistike* leta 2009 objavil Rastko Močnik. Besedilo je nastalo v času, ko je univerzo »doletela« bolonjska reforma. Besede Močnika so pomenljive in pripovedujejo »veliko« tudi o vdanosti univerzitetni skupnosti v usodo: »Ko se je Filozofska fakulteta Univerze v Ljubljani pripravljala na bolonjsko reformo, sem predlagal, da bi njen oddelek za sociologijo pripravil znanstveni posvet, kako se lotiti tega vsiljenega državnega posega v delo na univerzi. V skrbi za prihodnost univerze, a z zaupanjem, da bomo s kolegicami in kolegi, študentkami in študenti vendarle našli rešitve, sem začel pisati prispevek za posvet [...]. A oddelek za sociologijo je zavrnil zamisel o znanstvenem posvetovanju. Besedilo tudi pozneje na univerzi ni našlo bralk in bralcev – kakor njegov pisec tam ni našel sogovorcev ne sogovork: spis je tukaj [v *Spisih iz humanistike*, opomba je moja] prvič objavljen.«

Močnikovo besedilo je radikalna kritika univerze v času bolonjske reforme. Ni pa samo kritika, saj ponuja v razpravo tudi popolnoma nov univerzitetni študijski program. Kako osupljivo nov je, kaže zaključek besedila: »Univerzitetni študijski program mora biti potemtakem program teoretske prakse. Uveljavlja staro humanistično umevanje, po katerem je »studij« hkrati raziskovanje in učenje. Univerza bi tako za vsako študijsko leto razpisala nekaj študijskih programov, ki bi bili hkrati raziskovalni projekti. Na naših stopnjah študija pa izhodišče ne bi bila ustanova, temveč študijske skupine: programe-projekte bi skupaj sestavili učitelji, učiteljice in študenti, študentke. Če nadaljujemo z utopično fantazijo, bi take dve- ali triletno programe najprej potrdilo verifikacijsko telo – potem pa bi to telo skupaj s študijsko ekipo poiskalo univerzitetno ustanovo, ki bi ponudila najboljše pogoje za uresničitev projekta-programa. Naposled ustanova ne bi več izdajala diplom in naslovov, temveč le potrdilo o sodelovanju v študijski skupini. Študijske skupine pa s svojim delom poskrbele, da bi tako potrdilo tudi kaj veljalo.« Marsikaj v navедуki je treba pomeniti, predvsem pa je pomembna Močnikova argumentacija za tak učni program. Z njo se bomo, zaradi bralk in bralcev pa tudi morali ukvarjati v sledeči številki.

Tomaž Sajovic

Od odkritja povzročitelja do izkoreninjenja hepatitisa C v manj kot petdesetih letih?

Nobelova nagrada iz fiziologije ali medicine za leto 2020

Mario Poljak, Maja M. Lunar

Nobelovo nagrado iz fiziologije ali medicine so 10. decembra leta 2020 podelili trem znanstvenikom za odkritje virusa hepatitisa C. Nagrajenci so Harvey J. Alter, raziskovalec na ameriškem Nacionalnem inštitutu za zdravje, Michael Houghton, raziskovalec na kanadski Univerzi v Alberti, in Charles M. Rice, raziskovalec na ameriški Univerzi Rockefeller. Alter je leta 1975 dokazal, da kronični hepatitis, povezan s transfuzijami krvi, poleg virusa hepatitisa B povzroča tudi

neznani virusni povzročitelj, ki ga je poimenoval virus hepatitisa ne-A, ne-B. Houghton s sodelavci je leta 1989 s kloniranjem prvi določil nukleotidno zaporedje virusa, ga poimenoval virus hepatitisa C ter razvil prvi test za dokazovanje protiteles proti temu virusu. Rice s sodelavci je leta 1997 s poskusi na opicah dokončno dokazal, da virus hepatitisa C povzroča akutni in kronični hepatitis C, ter leta 2005 prvi vzgojil virus v celični kulturi. S tem so skupaj pomemb-



Harvey J. Alter

Rodil se je leta 1935 v New Yorku. Študij medicine je končal na Univerzi v Rochesterju. Specializacijo iz interne medicine je opravljal v bolnišnici Strong Memorial v Seattlu. Leta 1961 se je kot klinični sodelavec priključil ameriškem Nacionalnemu inštitutu za zdravje (NIH). Več let je deloval na Univerzi v Georgetownu, leta 1969 pa se je vrnil na Nacionalni inštitut za zdravje kot raziskovalec na Oddelku za transfuzijsko medicino.



Michael Houghton

Rodil se je leta 1949 v Veliki Britaniji. Doktoriral je leta 1977 na King's College London. Priključil se je G. D. Searle & Company. Leta 1982 se je zaposlil v podjetju Chiron Corporation v Emeryvilleu v Kaliforniji. Leta 2010 je prestopil na kanadsko Univerzo v Alberti, kjer je profesor virologije in direktor inštituta Li Ka Shing Applied Virology.



Charles M. Rice

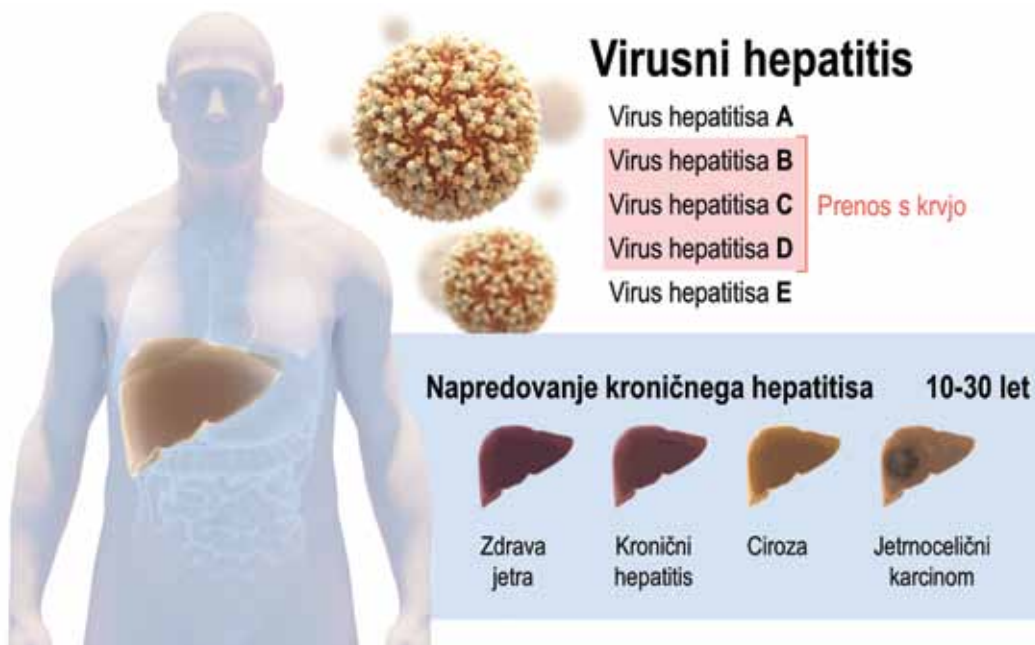
Rodil se je leta 1952 v Sacramentu. Doktoriral je leta 1981 na Kalifornijskem inštitutu za tehnologijo in tam od leta 1981 do leta 1985 opravljal podoktorski študij. Raziskovalno skupino je ustanovil leta 1986 na medicinski fakulteti Univerze v Washingtonu v St. Louisu in leta 1995 pridobil naziv rednega profesorja. Od leta 2001 je profesor na Univerzi Rockefeller v New Yorku. V letih od 2001 do 2018 je znanstveni in izvršilni direktor Centra za raziskave hepatitisa C na Univerzi Rockefeller, kjer še vedno deluje.

no prispevali k boju proti hepatitisu C, ki se najpogosteje prenaša s krvjo, in tako pomagali rešiti milijone življenj. Za razliko od velike večine Nobelovih nagrajencev so omenjeni dobitniki nagrade raziskovali skrajša neodvisno, zato bodo njihovi prispevki k Nobelovi nagradi predstavljeni posamično in v kronološkem zaporedju.

Virusni hepatitis

Vnetje jetrnih celic, tako imenovani hepatitis (skovanka grških besed za jetra in vnetje), pogosto povzročajo virusne okužbe, pa tudi čezmerno uživanje alkohola, različni toksini in avtoimunske bolezni. Poznamo primarne in sekundarne povzročitelje virusnega hepatitisa. Med primarne povzročitelje štejemo pet virusov hepatitisa, poimenovanih s črkami od A do E. V štiridesetih letih 20. stoletja so opredelili dve obliki nalezljivega hepatitisa. Prva oblika, ki jo povzročata vi-

rusa hepatitisa A in E, se prenaša predvsem z okuženo vodo ali hrano. V splošnem ima manjši dolgoročni vpliv na zdravje bolnika, saj poteka skoraj izključno kot akutni hepatitis. Druga oblika se prenaša s krvjo in telesnimi tekočinami (parenteralno) in pomeni veliko bolj resno grožnjo za bolnika, saj lahko vodi v kronično obliko z napredovanjem v cirozo in rak jeter, običajno nekaj desetletij po okužbi. Gre za zelo zahrbtno obliko hepatitisa, saj so lahko posamezniki okuženi in na videz zdravi več let pred pojavom resnih zapletov in bolezni. Parenteralno preneseni virusni hepatitis (povzročajo ga virusi hepatitisa B, C in D) povezujemo z znatno obolevnostjo in smrtnostjo, saj je vzrok za več kot milijon smrti na leto po vsem svetu. S tem se virusni hepatitis lahko kosa z okužbo s HIV, tuberkulozo in malarijo. Navedene štiri bolezni so trenutno najpomembnejše nalezljive bolezni na svetu.



Poznamo dve glavni obliki hepatitisa. Prva je akutna bolezen, povzročata jo virusa hepatitisa A in E, ki se prenašata predvsem z okuženo vodo in hrano. Drugo obliko bolezni povzročajo virus hepatitisa B (Nobelova nagrada za leto 1976), virus hepatitisa C (Nobelova nagrada za leto 2020) in virus hepatitisa D, ki se prenašajo predvsem s krvjo in telesnimi tekočinami, ter pogosto vodi v kronično bolezen, ki lahko napreduje v cirozo in rak jeter.

Prirjeno (M. M. L.) po: <http://www.nobelprize.org/prizes/medicine/2020/press-release>.

Svetovna zdravstvena organizacija ocenjuje, da trenutno po vsem svetu živi več kot 70 milijonov ljudi s kroničnim hepatitisom C. Če hepatitis C ne prepoznamo in ne zdravimo, lahko povzroči cirozo in rak jeter.

Harvey J. Alter: Kronični hepatitis, povezan s transfuzijami krvi, poleg virusa hepatitisa B povzročata tudi neznani virusni povzročitelj

Za uspešen boj proti vsaki nalezljivi boleznini je v prvem koraku treba prepoznati povzročitelja okužbe. Harvey J. Alter je več kot pol stoletja deloval na ameriškem Nacionalnem inštitutu za zdravje in v tem času sodeloval pri odkritju vseh petih virusov hepatitisa (A-E). Njegova raziskovalna pot se je začela v času, ko je transfuzija krvi bila dokaj nevaren medicinski postopek, saj je v Združenih državah Amerike vsak tretji prejemnik transfuzije razvil virusni hepatitis. V šestdesetih letih 20. stoletja je skupaj z Baruchom Blumbergom odkril značilno površinsko beljakovino virusa hepatitisa B in tako ključno prispeval k odkritju prvega povzročitelja parenteralne oblike virusnega hepatitisa. To odkritje je botrovalo k razvoju diagnostičnih testov za hepatitis B in cepiva proti hepatitisu B. Blumbergu so za odkritje virusa hepatitisa B leta 1976 podelili Nobelovo nagrado iz fiziologije ali medicine, medtem ko je bil Alter iz neznanih razlogov prezrt.

Učinkovito cepivo proti hepatitisu B je skupaj s testi, razvitimi za presejalno testiranje darovane krvi na virus hepatitisa B, pomembno pripomoglo k zmanjšanju števila primerov hepatitisa pri prejemnikih transfuzije krvi in krvnih pripravkov, vendar so Alter in sodelavci pokazali, da še vedno obstaja veliko število primerov, ki jih ni mogoče povezati z virusom hepatitisa B. V tem obdobju so razvili tudi teste za določanje okužbe z virusom hepatitisa A, vendar ta virus ni bil prepoznan kot povzročitelj nepojasnjenih primerov hepatitisa pri prejemnikih transfuzije krvi. Skrb vzbujajoče je

bilo, da je pri znatnem številu prejemnikov transfuzije prišlo do razvoja kroničnega hepatitisa zaradi tega neznanega povzročitelja. Alter in sodelavci so uspeli pokazati, da s krvjo, ki so jo odvzeli tem bolnikom s hepatitisom, lahko okužimo šimpanze, edine živali, ki so poleg ljudi dovzetne za okužbo. Nadaljnje raziskave so pokazale, da ima neznani povzročitelj lastnosti, značilne za viruse. Alterjev metodološko izjemno natančni in dolgoletni pristop je leta 1975 pripeljal do popolne klinične in epidemiološke opredelitve nove oblike kroničnega virusnega hepatitisa. Skrivnostna bolezen je postala znana kot hepatitis ne-A, ne-B.

Michael Houghton: Kloniranje virusa hepatitisa C ter določitev njegovega nukleotidnega zaporedja

Prepoznavna virusa hepatitisa ne-A, ne-B je postala velik raziskovalni izziv, vendar so bili vsi več kot desetletje trajajoči klasični poskusi, da bi izolirali virus na celičnih kulturah, neuspešni. Michael Houghton, ki je takrat delal za farmacevtsko družbo *Chiron*, se je z neznanim virusom začel ukvarjati leta 1982. S sodelavci so se na vse pretege trudili, a zaman iskali virusne beljakovine v krvi, virus je bilo nemogoče gojiti na celičnih kulturah in pod elektronskim mikroskopom ga ni bilo mogoče opaziti. Nazadnje so se odločili za popolnoma nov raziskovalni pristop. Z uporabo naključnih oligonukleotidnih začetnikov so najprej iz nukleinskih kislin, ki so jih našli v krvi okuženega šimpanza, ustvarili zbirko kratkih odsekov zaporedij deoksiribonukleinske kisline (DNA), tako imenovano knjižnico cDNA. Večina teh nukleotidnih zaporedij je sicer pripadala genomu gostitelja šimpanza, vendar so raziskovalci predvidevali, da bi vsaj nekaj teh zaporedij moralo pripadati neznanemu virusu. Vse delčke nukleinskih kislin, ki so jih pridobili iz okuženih živali, so nato klonirali v bakterije, bakterije pa so izdelale beljakovine na podlagi teh nukleotidnih zaporedij. Raziskovalci so domnevali,

da so v krvi, odvzeti bolnikom s hepatitisom ne-A, ne-B, prisotna protitelesa proti neznanemu virusu. Zato so vse pridobljene beljakovine izpostavili serumom teh bolnikov in iskali komplekse antigen-protiteles. Po obsežnem iskanju, ki je trajalo več let, in milijonu pregledanih klonov je raziskovalcem le uspelo najti en pozitiven klon in s tem delček nukleinske kisline virusa hepatitisa ne-A, ne-B. Houghton in sodelavci so dognanja objavili leta 1989. Prisotnost specifičnih protiteles pri bolnikih s kroničnim hepatitisom je potrdila, da gre za do sedaj neznanega povzročitelja virusnega hepatitisa. Specifičnost razvitega serološkega testa, ki so za antigen uporabljali odkriti delec virusne beljakovine, so dokončno preverili na Alterjevi zbirki vzorcev serumov, odvzetih bolnikom s potransfuzijskim hepatitisom. Pri veliki večini bolnikov s hepatitisom ne-A, ne-B so v vzorcih po prejeti transfuziji krvi dokazali specifična protitelesa proti novemu povzročitelju, medtem ko protiteles v vzorcih teh bolnikov pred transfuzijo ni bilo. Prav tako protiteles niso zaznali pri bolnikih z drugimi oblikami hepatitisa. Za veliko večino bolnikov s hepatitisom ne-A, ne-B so uspeli pokazati, da so v preteklosti prejeli vsaj eno enoto transfundirane krvi, v kateri so tudi dokazali prisotnost protiteles proti novemu povzročitelju. Tako so hepatitis ne-A, ne-B končno preimenovali v virus hepatitisa C (HCV). Nadaljnje raziskave Houghtonove skupine so pokazale, da odkriti

klon pripada virusu s pozitivnopolarnim genomom RNA iz družine *Flaviviridae*. Virus hepatitisa C je bil prvi mikroorganizem s patentiranim nukleotidnim zaporedjem gena.

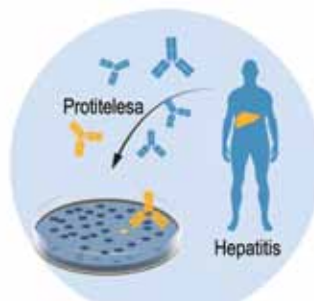
Charles M. Rice: Dokončni dokaz, da virus hepatitisa C povzroča akutni in kronični hepatitis

Odkritje virusa hepatitisa C je bilo ključnega pomena, vendar je manjkalo še zadnji košček v sestavljanju: ali lahko novoodkriti virus samostojno povzroči akutni in kronični hepatitis? Da bi lahko odgovorili na to vprašanje, so morali raziskovalci ugotoviti, ali se klonirani virus lahko pomnožuje in povzroči bolezen, vendar se virus še kar ni želel pomnoževati na celičnih kulturah. Charles M. Rice, raziskovalec na Univerzi v Washingtonu v St. Louisu, se je spraševal, ali morda raziskovalci v poskusih ne uporabljajo virusa s pravilnim nukleotidnim zaporedjem gena. Rice je opazil, da na

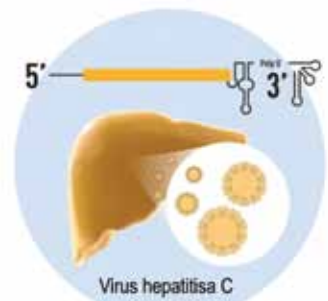
Povzetek odkritij, povezanih z Nobelovo nagrado za fiziologijo ali medicino za leto 2020. Dolgoletne metodološke raziskave Harveyja J. Alterja s transfuzijo povezanega hepatitisa so pokazale, da je neznan virus pogost povzročitelj kroničnega hepatitisa. Michael Houghton je ubral novo strategijo za odkrivanje zaporedja gena novega virusa, ki so ga poimenovali virus hepatitisa C. Charles M. Rice je pridobil še zadnji raziskovalni dokaz, da virus hepatitisa C povzroča hepatitis. Privrženo (M. M. L.) po: <http://www.nobelprize.org/prizes/medicine/2020/press-release>.



Harvey J. Alter



Michael Houghton



Charles M. Rice

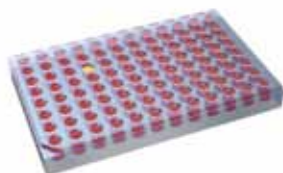
koncu genoma virusa manjka približno sto nukleotidov oziroma predhodno neopredeljena regija genoma virusa hepatitisa C, ki bi lahko bila pomembna pri pomnoževanju virusa. Rice in sodelavci so ponovno sestavili genom virusa z manjkajočim delom in ga vbrizgali v jetra šimpanzov, vendar se virus še vedno ni pomnoževal. Nato je Rice končno ugotovil, kje tiči problem. Opazil je določene spremembe oziroma napake v genomu izoliranega virusa in predpostavljal, da morda lahko onemogočajo njegovo pomnoževanje. S pomočjo genskega inženirstva je Rice pridobil različico RNA virusa brez omenjenih genetskih sprememb, tako imenovani konsenzni (univerzalni) genom. Ko so to konsenzno različico RNA nato vbrizgali v jetra živali, so virus lahko zaznali v krvi in opazili patološke spremembe, značilne za kronično bolezen pri ljudeh. To je bil končni dokaz, da virus hepatitisa C lahko samostojno povzroči nepojasnjene primere potransfuzijskega hepatitisa. Rice je bil ključen tudi pri razvozanju strukture in vloge različnih regij genoma virusa hepatitisa C ter pripadajočih virusnih beljakovin in je v skladu z načeli visoke raziskovalne etike vse svoje klone in laboratorijske protokole vedno prosto delil z ostalimi raziskovalci. Rice je leta 2005 tudi prvi vzgojil virus hepatitisa C v celični kulturi, kar je ključno prispevalo k razvoju zelo učinkovitih zdravil proti virusu hepatitisa C, vendar ta raziskovalni dosežek ni bil omenjen pri utemeljitvi Nobelove nagrade iz fiziologije ali medicine za leto 2020.

Zakaj je odkritje virusa hepatitisa C tako pomembno?

Odkritje virusa hepatitisa C kot povzročitelja akutnega in kroničnega hepatitisa je izjemen prispevek k boju proti nalezljivim boleznim. To odkritje je bila podlaga za razvoj izjemno občutljivih in natančnih laboratorijskih testov za posredno (protitelesa) in neposredno (virusni genom) dokazovanje virusa v krvi, ki so ključni pri prizadevanjih

za izkoreninjenje potransfuzijskega hepatitisa v razvitem svetu. Odkritje je botrovalo tudi razvoju zelo učinkovitih protivirusnih zdravil, usmerjenih specifično za zdravljenje okužbe z virusom hepatitisa C, ki danes lahko pozdravijo več kot 95 odstotkov bolnikov v zgolj nekaj tednih. Tako lahko okužbo z virusom hepatitisa C prvič v zgodovini uspešno pozdravimo, kar daje upanje za globalno izkoreninjenje hepatitisa C.

Svetovna zdravstvena organizacija je za obdobje od leta 2016 do leta 2021 zasnovala strategijo izkoreninjenja virusnega hepatitisa in želi do leta 2030 doseči 90-odstotno zmanjšanje pojavnosti novih primerov kroničnega hepatitisa B in C in 65-odstotno zmanjšanje smrtnosti zaradi hepatitisa B in C. Za doseg te ciljev je treba predvsem izboljšati široko dostopnost do testiranja in zdravljenja v državah v razvoju. V večjem delu sveta se trenutno spopadajo s pomanjkanjem politične volje ali finančnih sredstev za vpeljevanje potrebne infrastrukture za izkoreninjenje hepatitisa C, zato je treba stremeti k poenostavitvi diagnostike okužbe z virusom hepatitisa C, zdravljenja in spremljanja uspešnosti zdravljenja bolnikov. Prvi korak je, da vse bolnike s sumom na okužbo z virusom hepatitisa C testiramo na prisotnost protiteles anti-HCV. V kolikor so protitelesa anti-HCV prisotna v krvi, moramo nato določiti še prisotnost virusne RNK ali prisotnost antigena virusne sredice, da prepoznamo bolnike z aktivno okužbo, ki jih je treba zdraviti. Trenutno so v razvoju številni inovativni načini za odkrivanje okužbe z virusom hepatitisa C, od različnih načinov hitrega testiranja, biosenzorjev do uporabe tehnologije CRISPR-Cas (Nobelova nagrada za kemijo za leto 2020). Ocenjujejo, da je kar 80 odstotkov svetovne populacije v letu 2020 uporabljalo pametne telefone, zato so posebej mikavni testi, ki jih lahko izvajamo s pomočjo pametnega telefona. Posebnega pomena za države v razvoju so testi, ki z enako zanesljivostjo kot v serumu ali



Občutljivi testi za določanje
hepatitisa C



Učinkovito protivirusno
zdravljenje



Globalne razlike
ostajajo

plazmi določajo prisotnost virusa hepatitisa C v polni krvi ali kapljici posušene krvi na filtrirnem papirju, in načini, ki omogočajo testiranje v bližini bolnika z uporabo mobilnih mikrobioloških laboratorijev. Z uporabo dronov bi lahko nudili ustrezno diagnostiko in zdravljenje bolnikom v najbolj oddaljenih krajih sveta.

Poznamo dva različna načina izkoreninjenja virusa hepatitisa C, ki sta se že izkazala kot uspešna: mikroeliminacijo in makroeliminacijo. Z mikroeliminacijo smo že dosegli izkoreninjenje virusa hepatitisa C v določenih podskupinah bolnikov v nekaterih razvitih državah, tudi v Sloveniji. To je praktični način, ki cilj izkoreninjenja virusa hepatitisa C razdeli v več manjših ciljev, na primer izkoreninjenje med posamezniki s prepoznano okužbo s HIV, med bolniki s hemofilijo, bolniki po presaditvi organov, hemodializnimi bolniki, med uživalci drog, ki si jih vbrizgavajo, moškimi, ki imajo spolne odnose z moškimi, migranti z območij z visoko pojavnostjo okužbe, zdravstvenimi delavci in zaporniki.

Za razliko od mikroeliminacije je pri makroeliminaciji tarčna skupina celotna populacija znotraj države ali velikega dela posamezne države. V vsaj dveh državah so dosegli izjemen uspeh pri makroeliminaciji v razmeroma kratkem času. Zanimivo je, da ne gre za državi razvitega sveta, ampak za

Odkritje treh Nobelovih nagradencev je botrovalo k razvoju zanesljivih laboratorijskih testov, ki so praktično izničili tveganje za potransfuzijski hepatitis v veliki večini sveta, in k razvoju učinkovitih protivirusnih zdravil, ki vodijo v popolno ozdravitev. Kljub temu hepatitis C še vedno ostaja pomemben globalni zdravstveni problem, vendar imamo končno priložnost za popolno izkoreninjenje te zabrbne bolezni.

Prirjeno (M. M. L.) po: <http://www.nobelprize.org/prizes/medicine/2020/press-release>.

dve državi v razvoju. Prva je Gruzija, država z visokim številom okuženih z virusom hepatitisa C, ki je aprila leta 2015 kot prva država na svetu pričela z nacionalno strategijo izkoreninjenja okužbe z virusom hepatitisa C. Ključna za uspešno strategijo sta bila hitra in natančna prepoznavna in zdravljenje več kot 150.000 oseb, okuženih z virusom hepatitisa C. Konec leta 2018 je bilo več kot milijon odraslih oseb (40 odstotkov odraslih Gruzijcev) testiranih na prisotnost protiteles anti-HCV, pozitivnih jih je bilo 8,9 odstotka. Izmed teh je bilo 80 odstotkov oseb testiranih na prisotnost RNA virusa hepatitisa C in pri 85,3 odstotka so prepoznali aktivno okužbo z virusom hepatitisa C. Več kot 52.000 oseb je pričelo s takojšnjim zdravljenjem, konec leta 2018 je zdravljenje zaključilo skoraj 49.000 oseb, od katerih jih je bilo 98,5 odstotka uspešno dokončno pozdravljenih. V obdobju od leta 2015 do leta 2018 so v Gruziji tako prepo-

znali več kot eno tretjino oseb, okuženih z virusom hepatitisa C, in jih uspešno pozdravili. Uspešno makroeliminacijo so izvedli tudi v Egiptu, ki ima najvišjo stopnjo okuženih z virusom hepatitisa C na svetu. Ocenjujejo, da je bilo pred desetimi leti okuženih skoraj 15 odstotkov Egipčanov. K tako visoki razširjenosti virusa hepatitisa C med Egipčani je v veliki meri prispevala neustrezna praksa vbrizgavanja zdravil proti shistosomiazii v letih od 1950 do 1980. Oktobra leta 2018 je Egipt zagnal program *100 milijonov zdravih življenj*, katerega cilj je presejanje vseh prebivalcev, starejših od 12 let, na okužbo z virusom hepatitisa C, visok krvni tlak, sladkorno bolezen in čezmerno težo ter vsem obolelim nuditi zdravljenje oziroma svetovanje za spremembo življenjskega sloga. Na testiranje na virus hepatitisa C se je med oktobrom leta 2018 in aprilom leta 2019 odzvalo kar 50 milijonov oseb (80 odstotkov) v tarčni populaciji 62,5 milijona oseb. Približno 4,6 odstotka oseb je imelo prisotna protitelesa anti-HCV in 76,5 odstotka med njimi dokazano aktivno okužbo z virusom hepatitisa C. Kar 98,8 odstotka zdravljenih oseb je doseglo popolno ozdravitev. Uspeh Egipta je treba pripisati tudi izjemno dobrim ter preglednim in jasnim pogajanjem, s katerimi so uspeli izjemno znižati strošek celotnega testiranja in zdravljenja virusa hepatitisa C na le 172 milijonov evrov. S pogajanjem so tako dosegli ceno presejalnega testiranja 0,5 evra za test anti-HCV, 40 evrov za test na RNA virusa hepatitisa C in 71 evrov za 12 tednov zdravljenja.

Gruzija in Egipt sta primer dobre prakse, kjer so z razmeroma majhnim zunanjim vložkom dosegli izjemne rezultate v zelo hitrem času. Nobelovi nagrajenci so nam priskrbeli potrebno znanje in podlago za izkoreninjenje še ene nalezljive bolezni, ki pesti človeško populacijo, vendar je za doseg cilja potrebno še veliko naporov. Na uspešnost izkoreninjenja virusa hepatitisa C pa bo gotovo vplival tudi izbruh novega koronavirusa SARS-CoV-2 konec leta 2019. Izbruh je z zahteva-

mi po prerazporeditvi medicinskega in laboratorijskega osebja in finančnih sredstev pomenil znatno dodatno breme na zdravstvo in celotno svetovno gospodarstvo. Tako so bili v Egiptu marca leta 2020 prisiljeni ustaviti vse programe presejanja, delo zdravstvenih skupin za zdravljenje okužb z virusom hepatitisa C in spremljanje bolnikov je bilo zmanjšano za 75 odstotkov. Tudi v Italiji, ki je bila sicer že na uspešni poti k izkoreninjenju hepatitisa C, se je v primerjavi z letom 2018 število bolnikov, ki so pričeli z zdravljenjem, v letu 2019 zmanjšalo za 35 odstotkov in v letu 2020 za kar 88 odstotkov. S pomočjo matematičnega modeliranja ocenjujejo, da samo enoletna prekinitvev programov izkoreninjenja hepatitisa C lahko globalno povzroči 121.000 dodatnih novih okužb s hepatitisom C, 44.800 dodatnih primerov raka jeter in 72.300 dodatnih smrti, povezanih s hepatitisom v letih od 2020 do 2030. Največja izguba na področju zdravljenja hepatitisa C bo najverjetneje doletela države v razvoju, medtem ko bo največ dodatnih primerov jetrnoceličnega karcinoma in smrti povezanih s hepatitisom v razvitih državah. Pričakovali so, da bo do leta 2020 milijon bolnikov pričelo z zdravljenjem hepatitisa C, vendar trenutne ocene kažejo, da je le pet držav doseglo cilje, postavljene za leto 2020. Vnovična vzpostavitvev programov za izkoreninjenje hepatitisa C je izjemnega pomena in mora postati ter ostati ena od prednostnih nalog sedanjega časa.

Viri:

- Blach, S., Kondili, L. A., Aghemo, A., Cai, Z., Dugan, E., Estes, C., Gamkrelidze, I., Ma, S., Parolotsky, J. M., Razavi-Shearer, D., Razavi, H., Waked, I., Zeuzem, S., Craxi, A., 2021: *Impact of COVID-19 on global HCV elimination efforts. Journal of Hepatology*, 74.
- Burki, T., 2020: *Nobel Prize for hepatitis C virus discoverers. Lancet*, 396.
- Hoofnagle, J. H., Feinstone, S. M., 2020: *The discovery of hepatitis C - The 2020 Nobel Prize in Physiology or Medicine. New England Journal of Medicine*, 383.
- NobelPrize.org, 2021: *Press release: The Nobel Prize in Physiology or Medicine 2020. Nobel Media AB; <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/2020/press-release>*.

Poljak, M., 2020: *Simplification of hepatitis C testing: a time to act. Acta Dermatovenerologica Alpina, Pannonica et Adriatica*, 29.

Svetovna zdravstvena organizacija (WHO), 2016: *Global health sector strategy on viral hepatitis*

2016–2021; <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/246177/WHO-HIV-2016.06-eng.pdf;jsessionid=28B2DA66617131DAAE01E30D2EC9AF22?sequence=1>.



Mario Poljak je zdravnik specialist klinične mikrobiologije. Je redni profesor mikrobiologije in imunologije na Medicinski fakulteti Univerze v Ljubljani ter vodja Laboratorija za molekularno mikrobiologijo in diagnostiko aidsa in hepatitisov. Laboratorij, ki ga vodi, redno ponuja 90 različnih molekularnih in seroloških preiskav ter možnost celovite mikrobiološke obravnave in spremljanja bolnikov, okuženih s HIV in virusi hepatitisa. V njegovem laboratoriju se je na področju molekularne mikrobiologije strokovno izpopolnjevalo več kot 80 mikrobiologov, patologov in infektologov iz različnih držav. Poljak je bil v letih od 2016 do 2018 predsednik Evropskega združenja za klinično mikrobiologijo in infekcijske bolezni (ESCMID) ter osem let član Izvršilnega odbora tega vplivnega strokovnega združenja. Dosegel je več vrhunskih izvirnih raziskovalnih dosežkov. Njegova bibliografija obsega okoli 1.200 del, med njimi 430 izvirnih in preglednih znanstvenih člankov, objavljenih v mednarodni periodiki. Sodi med najbolj citirane raziskovalce na področju medicine v Sloveniji. Poljak je imel več kot 450 vabljenih predavanj v več kot 70 državah. Prejel je več domačih in mednarodnih nagrad. Leta 2016 je prejel priznanje za najboljšega mentorja doktorskih nalog v Sloveniji. Leta 2018 je prejel prestižno nagrado za dosežke na področju diagnostične virologije Pan Ameriškega združenja za virologijo, ki se podeljuje posameznikom, katerih dosežki ključno prispevajo k razvoju področja diagnostične virologije. Leta 2021 je bil izvoljen za člana prestižne Ameriške akademije za mikrobiologijo.



Maja Lunar je znanstvena sodelavka na Inštitutu za mikrobiologijo in imunologijo Medicinske fakultete Univerze v Ljubljani. Z delom v Laboratoriju za molekularno mikrobiologijo in diagnostiko aidsa in hepatitisov je pričela leta 2006 že kot študentka mikrobiologije. Njen delovnik je vedno pester. Rutinsko namreč določa odpornost virusa HIV, virusa hepatitisa B, virusa hepatitisa C ter herpesvirusov proti protivirusnim zdravilom, največkrat s sekvenciranjem virusnega genoma, kar je izjemno zahtevno in odgovorno delo. Ob rutinski diagnostiki redno uvaja nove molekularne teste, posebej pa jo veselita raziskovanje s pomočjo filogenetskih in filodinamskih analiz virusnih nukleotidnih zaporedij in opredelitev potencialnih novih rekombinantnih oblik HIV-1, kar je bila tudi tema njenega doktorata. Že več kot 18 mesecev je tudi zelo vpeta v molekularno diagnostiko okužbe s SARS-CoV-2, kar je zahtevalo obilico neprespanih noči, dolgih vikendov in nekaj sivih las.

Nova spoznanja o razširjenosti močvirskega mečka (*Gladiolus palustris*) v zahodni in jugozahodni Sloveniji

Igor Dakskobler, Andrej Seliškar, Branko Vreš

Mečkov kot gozdar dolgo sploh nisem poznal. Ko pa sem začel podrobneje popisovati rastlinstvo Posočja, so bila srečanja z njimi zelo redka. Ugotovil sem, da če hočeš videti to lepo rožo, moraš biti na terenu ob pravem času, kajti samo po listih jo zelo težko opaziš. V Sloveniji uspeva več vrst mečkov, toda mene sta v glavnem zaposlovala le dva, ilirski (*Gladiolus illyricus*) in močvirski (*Gladiolus palustris*), ki sta najbolj pogosta. Temelje za poznavanje njune razširjenosti v Sloveniji je postavil Tone Wraber (1975). Z njegovih zemljevidov kot tudi z zemljevidov v pozneje objavljenem *Gradivu za atlas flore Slovenije* (Jogan in sod., 2001) je razvidno, da se njuni območji razširjenosti precej prekrivata. Do nekoliko drugačnih spoznanj je prišel Andrej Seliškar (2004), ki je močvirski meček predstavil kot eno izmed rastlin v varstvenem omrežju *Natura 2000*.

Zapisal je, da je močvirski meček zanesljivo predvsem v alpskem fitogeografskem območju, medtem ko ga v dinarsko-submediteranskem območju, kljub starim navedbam, ni mogel potrditi in je tam prevladujoč ilirski meček. Andrej takrat podatkov iz herbarija *LJU*, ki jih je upošteval Tone Wraber pri svojih zemljevidih, ni mogel preveriti. Kot varstvena območja je zato predlagal le njegova nahajališča v Kamniško-Savinjskih Alpah. Obema podobnima mečkoma je skupno, da sta zelo ogrožena, mnogo njunih nahajališč je bilo uničenih bodisi zaradi spreminjanja suhih, pozno poleti košenih travnikov v gojene (in gnojene) travnike ali v pašnike in zaradi zaraščanja kmetijskih površin, ki so se v desetletjih spremenile v grmišča ali

celo gozd. Sodoben način kmetovanja tem vrstam gotovo ni naklonjen.

Kateri so ključni razlikovalni znaki med obema vrstama? Tone Wraber (2007) je napisal takole: »*Gladiolus palustris*: socvetje z največ 6 cvetovi, izrazito enostransko. Ovoj gomolja iz čvrstih, mrežasto prepletenih vlaken; *Gladiolus illyricus*: socvetje 3- do 20-cvetno, bolj ali manj dvoredno. Ovoj gomolja iz tankih, vzporednih vlaken«.

Ker so mečki redki in ogroženi, jih navadno nisem nabiral ali izkopal, določal sem jih po socvetju, večinoma kot ilirske. Močvirski meček sem na podlagi Andrejevih določitev prepoznal na opušenih senožetih pod Breginjskim Stolom in Muzcem, na travnikih v Bohinju sta mi ga pokazala Branko Zupan in Ivan Veber, Amadej Trnkoczy ga je našel ob gozdni cesti nad Vasjo na Skali na Bovškem. V poletnih sezonah leta 2018 in leta 2019 pa sem mečke večkrat našel pri fitocenološkem popisovanju senožeti na Cerkljanskem in njihovem stičnem območju s Tolminsko (Dolenja Trebuša). Želel sem si priti na jasno. Posamezne rastline sem izkopal in jih posušil za herbarij. Jeseni sem vse skupaj uredil, napisal svoje določitve in jih poslal v pregled Andreju. Andrej je to kmalu storil in mi poslal svoje določitve. V precej primerih so bile drugačne od mojih. Kaj so čvrsta in kaj so tanka vlakna, koliko so mrežasta in koliko niso, sem se spraševal. Rastline, ki jih je Andrej določil kot močvirski meček, so lahko imele tudi več kot 6 cvetov in socvetje ni vedno izrazito enostransko. Vlakna gomoljev so bila le delno mrežasta. Na enem nahajališču, Vrh dolin pri Koradi, je določil celo dve vrsti.

Andrejeve določitve sva skupaj preverila z Brankom Vrešem v botaničnem laboratoriju Biološkega inštituta ZRC SAZU na Igu. Branko mi je pokazal gomolje ilirskega mečka in ko sem jih primerjal z gomolji rastlin, ki sem jih nabral sam, sem lahko pritrdil večini Andrejevih določitev. Šele ko sem videl vlakna gomoljev obeh vrst, sem razumel Wraberjev ključ, kaj je tanko in kaj je čvrsto. Sklenili smo, da bomo poleti leta 2020 na vsaj dveh nahajališčih, na Koradi in na Banjšicah, naše določitve na terenu še enkrat preverili.

Da bi prijatelja ne hodila k nam na Primorsko zaman, sem želel sam prej preveriti stanje cvetenja mečkov v naravi. Že konec maja sem z družino ob Cerkniskem jezeru videl cvetoče ilirske mečke, enako sem to vrsto prepoznal na travniku ob Savi pri Ježici, s katerim gospodari Jože Bavcon in

njegove sodelavke. Ker sem imel zapisan podatek izpred skoraj dvajsetih let, da na podobni nadmorski višini kot pri Ljubljani ilirski meček raste tudi pod domačijo Dolc nad Kozijsko grapo v Dolenji Trebuši, sem šel konec maja preveriti tudi tja, a ga nisem našel. Sklepal sem na napačno določitev, kar se je potrdilo začetek julija, ko sem to nahajališče obiskal še enkrat in ga cvetočega našel tudi na drugem bregu Kozijske grape nizvodno Presečarja. Po gomolju je to močvirski meček. V juniju sem prosil Tinko Gantar, da gre na Vojsko, na Ogalce, preverit meček, ki ga je le na enem travniku našla pred nekaj leti, cvetočega že v juniju, in sem ga določil za ilirskega. Travnik je več kot 1.000 metrov visoko. Tinka se je potrudila, poslala mi je gomolj in svojo določitev sem lahko potrdil.

Sredi junija sem se podal še na Korado in

Ilirski meček (Gladiolus illyricus), Vrh dolin vzhodno od Korade, 16. junija leta 2020. Foto: Igor Dakskobler.





Levo zgoraj: Močvirski meček (Gladiolus palustris), Vrh dolin vzhodno od Korade, 30. junija leta 2020. Foto: Andrej Seliškar.

Levo spodaj: Gomolj močvirskega mečka (levo) in gomolja ilirskega mečka (desno), Vrh dolin vzhodno od Korade, 30. junija leta 2020. Foto: Andrej Seliškar.

Desno zgoraj: Močvirski meček (Gladiolus palustris), Korada, 30. junija leta 2020. Foto: Andrej Seliškar.

Banjšice in naslednji dan zjutraj prijateljema po elektronski pošti poslal naslednje sporočilo:

»Na nahajališču Vrh dolin pri Koradi je le na delu travnika cvetel meček. Po gomolju je ilirski. V večjem delu tega travnika meček še ne cveti, opazil sem le liste. Na vseh ostalih popisnih ploskvah pod Korado, od sv. Gendrece naprej, meček še ne cveti, našel sem le dva cvetoča primerka. Menim, da sta

na Koradi res oba mečka, ilirski in močvirski, s tem da je med njima razlika v času cvetenja. Ilirski meček cveti vsaj dva tedna prej od močvirskega. To potrjuje tudi ogled Banjšic, tam meček sploh še ni cvetel. Našel sem le eno rastlino z malo nastavki za cvetove, po gomolju pa je to močvirski meček. Ker sta Korada in Sleme na Banjšicah na podobni nadmorski višini, najbrž na Banjšicah prevladuje le močvirski meček.«

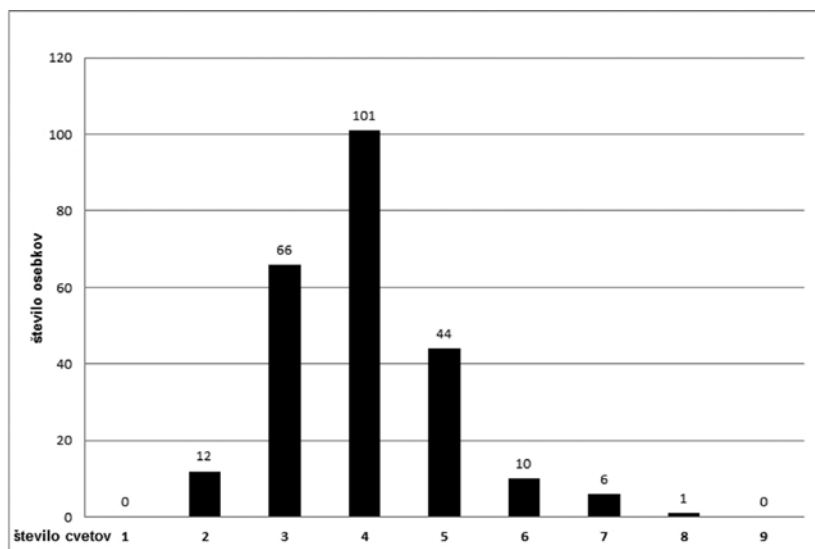


*Vrstno bogati travnik pod Kameračem (v smeri Slemenca) z več sto primerki močvirskega mečka, 30. junija leta 2020.
Foto: Branko Vreš.*

30. junija leta 2020 smo tako Korado kot Banjšice obiskali vsi trije in moje domneve potrdili. Na Vrhu dolin so zdaj mečki cveteli na celotnem travniku, tisti, ki so cveteli že sredi junija, so zdaj plodili. Z izkopom nekaj rastlin sta tudi prijatelja potrdila pri-

sotnost obeh vrst na istem travniku, enako smo ugotovili za travnik med sveto Gendrcjo in Korado. Na drugih nahajališčih pod Korado je cvetel močvirski meček.

Na Banjšicah smo lahko določili le močvirski meček, bilo ga je res veliko, še posebej



Število cvetov pri močvirskem mečku (Gladiolus palustris) na Banjšicah (Sleme, Kamerač). Avtor: Branko Vreš.



*Vrstno bogat travnik z močvirskim mečkom pod Rebrom nad Dragovico (Grgarske Ravne), 1. julija leta 2020.
Foto: Igor Dakskobler.*

na travniku med Slemenom in Kameračem, kjer nikoli ne pasejo živine in ga tudi pokosijo zelo pozno, konec avgusta ali celo v začetku septembra. Število mečkov na njem je bilo zagotovo več sto.

Branko je ob tem naredil zanimivo analizo štetja cvetov (glej grafikon na prejšnji strani), ki kaže, da je v socvetju (2) 3-5 (6-8) cvetov. Naši podatki se ujemajo z Wraberjevimi podatki (2007) in tudi s temeljitimi opisi mečkov, ki jih poznajo v Italiji, v knjigi o družini Iridaceae (Colasante, 2018). Podobne analize za ilirski meček še nismo naredili, ker smo v letu 2020 zamudili njegov optimalni čas cvetenja. Potrebne bi bile tudi meritve nekaterih morfoloških znakov, kar pa ni bil namen omenjenih preučevanj. Na Banjšice sem šel ponovno v začetku julija, najprej na zelo lepe travnike nad zaselkom Dragovica (Grgarske Ravne), pod vzpetino Rebrom (748 metrov). Močvirski meček sem tam našel na dveh krajih, večje nahajališče pa le na približno ar veliki uravnavi južno od vrha hriba.

Južno od vzpetine Kuk (788 metrov), blizu

zaselka Podlaka in cestnega križišča, topnim na zemljevidu je Mulik, sem popisal na ravnem do nekoliko kotanjastem svetu nekaj arov velik travnik, na katerem je cvetelo podobno število močvirskih mečkov kot pod Kameračem. Tudi ta travnik pokosijo zelo pozno, avgusta, in na njem ne pasejo živine. Močvirski meček je bil tudi pod vrhom Kuka, južno od manjše vetrne elektrarne, na travniku, ki se mi je zdel opuščen, a so ga jeseni vendarle pokosili. Tudi na vzpetini Visoko pri Madonih, kjer sem travnike popisoval že okoli leta 2005, a v začetku junija, sem močvirski meček našel na več krajih. 13. julija sem šel na Nanos, na Dolenjo ravan pod svetim Hieronimom, kjer sem od prej poznal mečke, ki sem jih določal kot ilirske. Bili so pravi, že odcveteli, našel sem le plodeče rastline. Pod Streliškim vrhom pri Podkraju je pred leti Jernej Peljhan objavil podatek o močvirskem mečku, že prej je ta meček tam poznal Rafko Terpin. Žal so travniki na Strelicah močno spremenjeni, gojeni, in domnevam, da je meček tam izginil. Na Špečku (Špičku) in Križni gori nad



Vrstno bogat travnik z močvirskim mečkom, Banjšice, Mulik pri Podlaki, južno od vzpetine Kuk, 1. julija leta 2020. Foto: Igor Dakskobler.

Colom pa sem našel plodeče ilirske mečke. Potem je prišla na vrsto Mala gora pod Čavnom. Elvica Velikonja (2012) je v svoji knjigi objavila lepo fotografijo ilirskega

mečka s tega nahajališča, ki jo je posnela nekega junijskega dne leta 2008. Da je meček ilirski, kaže oblika socvetja. Na Malo goro sem šel 17. julija, torej bom imel ve-

Nekdanje senožeti na Mali gori (pogorje Čavna), rastišča močvirskega in ilirskega mečka. Foto: Igor Dakskobler.





Močvirski meček (Gladiolus palustris), Mala gora, 17. julija leta 2020. Foto: Igor Dakskobler.

liko težavo, da plodeče mečke tam sploh še najdem. Kar dolgo sem jih iskal in prav nobenega opazil. Potem se mi je nebo vendarle odprlo in na robu večjega opuščene travnika na obodu manjše kotanje, že blizu z grmovjem zaraščajočega pobočja, so bili mečki, in to cvetoči. Tudi tu sem bil okoli 1.000 metrov visoko. Na Vojskem je na enaki nadmorski višini ilirski meček letos cvetel skoraj mesec dni prej – torej je meček na Mali gori najbrž močvirski. In res je bil, dokaz je bil njegov gomolj. Ko pa sem malo bolj podrobno pregledal okolico in začel natančno popisovati, sem opazil tudi plodeče rastline, ki so imeli na gomolju vlakna, ki so značilna za ilirski meček. Mala gora je torej drugo nahajališče, kjer na istem travniku in v isti združbi uspevata oba mečka. Uspelo pa mi je najti še tretji travnik z obema mečkoma, in to tam, kjer do nedavna skoraj nisem hodil, v Čičariji. Po zemljevi-



Močvirski meček (Gladiolus palustris), Slavnik, 10. julija leta 2020. Foto: Igor Dakskobler.



Močvirski meček (Gladiolus palustris), vzhodno pobočje Griže zahodno od Ostriča, 21. julija leta 2020.

Foto: Igor Dakskobler.



Ilirski meček (Gladiolus illyricus), vzhodno pobočje Griže zahodno od Ostriča, 21. julija leta 2020.

Foto: Igor Dakskobler.

dih iz Wraberjeve objave (1975) na Slavniku uspevata oba mečka, močvirski (herbarijski podatek) in ilirski (literaturni podatek). Sam sem na tej gori, na dveh izletih v prvi polovici julija (enkrat je bila z mano Valerija Babij), na travnikih pod vrhom gore, malo manj kot 1.000 metrov visoko, videl, fotografiral in za herbarij *LJS* izkopal le močvirski meček. A najbrž kje drugje pod to goro uspeva tudi ilirski meček, a zanj bi moral sem priti malo bolj zgodaj.

In kateri meček uspeva pri hribu Ostrič (1.056 metrov), precej bolj jugovzhodno v čičarskem severnem grebenu? Prav za kvadrant 0550/1 nisem našel podatkov. A na že precej z navadnim brinom, mokovcem, črnim in rdečim borom zaraščajočih pašnikih severozahodno od te gore, pod vzpetino Griža (Vrhovine), uspevata oba, močvirski

in ilirski. To sem ugotovil na izletu 21. julija leta 2020 in dokumentiral s fotografijami in herbarijem. Na okoli 960 metrov do 1.030 metrov nadmorske višine je močvirski meček še cvetel, ilirski pa plodil. Na večhektarskem območju je paša le občasna in travna ruša je razmeroma ohranjena, medtem ko je sam Ostrič bil že zelo popašen in njegovo travinje močno osiromašeno.

Povzete spoznanj, do katerih sem prišel v zadnjih letih izključno po zaslugi in izdatni pomoči prijateljev Andreja Seliškarja in Branka Vreša, je naslednji. Na senošetih na Cerkljanskem: Reka-na Logu pod Sv. Ivanom, Šebrelje-Sv. Ivan in Šebrelje-Lovski dom (herbarij Gregorja Podgornika iz leta 2002, tam ga leta 2020 nismo več našli), Rodne nad Bukovsko grapo, Ravna njiva pod Kojco (Bukovo), Jesenica-Vrh Ravni-Na



*Rastišče močvirskega in ilirskega mečka pod Grižo pri Ostriču, pašnik v zaraščanju z navadnim brinom (*Juniperus communis*). Foto: Igor Dakskobler.*



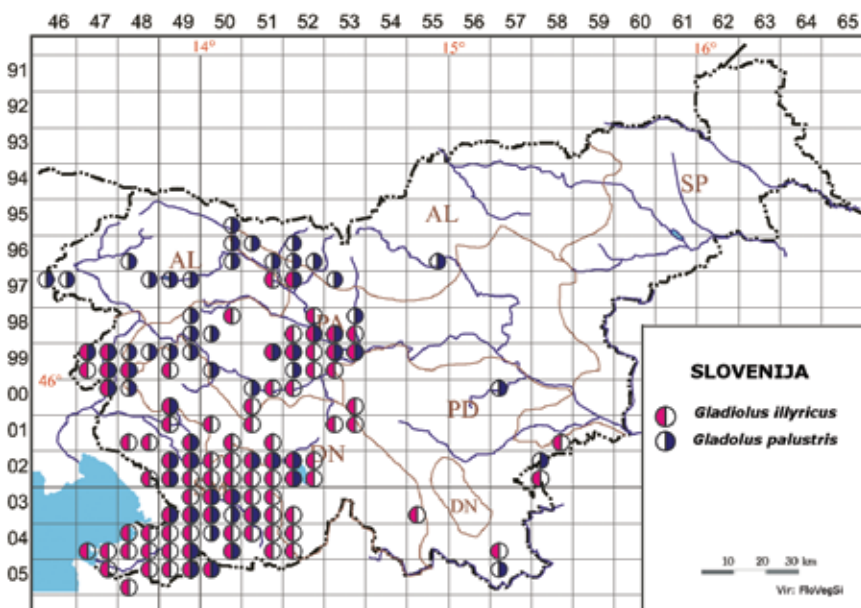
Pašniki pod Grižo pri Ostriču se postopno zaraščajo s črnim in rdečim borom ter navadnim brinom. Foto: Igor Dakskobler.

krogu v prigorju Porezna, Škofje nad Planino pri Cerknem) in na nekdanjih senožetih v Dolenji Trebuši (Dolc in Presečar nad Kozijsko grapo, Utrški vrh, nad domačijo Rob) uspeva močvirski meček. S herbarijem potrjeno nahajališče ilirskega mečka poznamo le na travniku na Vojskem (Ogalce). V submediteranskem delu Posočja na vsaj šestih nahajališčih na Banjšicah (Rebro, Kamerač, Sleme, Kuk, Mulik, Visoko) uspeva le močvirski meček, na Kanalskem Kolovratu, Koradi in grebenu Sabotina pa oba, ilirski in močvirski meček. Na južnih obronkih Trnovskega gozda in Nanosa lahko potrdimo uspevanje obeh mečkov, močvirskega in ilirskega, na nekdanjih senožetih na Mali Gori (pogorje Čavna). Drugod smo za zdaj potrdili le ilirski meček. V Čičariji zagotovo uspevata oba mečka. Vrsti *Gladiolus illyricus* in *G. palustris* se razlikujeta v času cvetenja (na podobni nadmorski višini prva cveti približno dva tedna prej kot druga) in lahko rasteta na istih nahajališčih in v istih rastlinskih združbah. Več o njih, tudi s fitocenološkimi preglednicami, smo napisali v znanstvenem članku (Dakskobler in sod., 2021).

Kot novi varstveni območji za močvirski meček *Natura 2000* predlagamo Banjšice in Korado, saj v obeh območjih travnike kosijo pozno poleti in je zato ohranitev njegovih rastišč uresničljiva. Enako velja za Slavnik, kjer travnike pod vrhom gore prav tako še kosijo pozno poleti. Na Mali gori so nekdanje senožeti v glavnem prepuščene naravni sukcesiji, ki pa je počasna. Njena zaustavitelj, obnova košnje, najbrž ni uresničljiva. Pašniki pod Grižo pri Ostriču se precej zaraščajo. Tudi tam zaradi očitno prisotne pašne prehod na drugačno rabo, poznopoletno košnjo, najbrž ni uresničljiv, čeprav bi bil za ohranitev mečkov nujen.

Zahvala

Pri iskanju in popisovanju mečkov so nam s podatki, nahajališči in herbarijem pomagali Gregor Podgornik, Tinka Gantar, Elvica Velikonja, Rafko Terpin, Jernej Peljhan, Branko Zupan, Ivan Veber, mag. Boško Čušin, dr. Amadej Trnkoczy, prof. dr. Boštjan Surina, doc. dr. Jože Bavcon, doc. dr. Tinka Bačič, dr. Valerija Babij, Branko Dolinar, Branko Anderle, Janez Mihael Kocjan in dr. Vid Leban. Vsem iskrena hvala.



Razširjenost ilirskega in močvirskega mečka v Sloveniji (Wraber, 1975, Jogan in sod., 2001, in podatkovna baza FloVegSi - Seliškar in sod., 2003). Nekateri podatki niso preverjeni, nekateri so zgodovinski.

Literatura:

Colasante, M. A., 2018: *Iridaceae presenti in Italia (Iridaceae Present in Italy)*. Roma: Sapienza, 415 str.

Dakskobler, I., 2020: *Rastlinske posebnosti Banjšic v zahodni Sloveniji*. *Proteus (Ljubljana)*, 82 (2): 408–424.

Dakskobler, I., Seliškar, A., Vreš, B., 2021: *Phytosociological analysis of Gladiolus palustris sites in northwestern, western and southwestern Slovenia*. *Folia biologica et geologica (Ljubljana)*, 62 (1): 59–159.

Jogan, N., Bačič, T., Frajman, B., Leskovar, I., Naglič, D., Podobnik, A., Rozman, B., Strgulc – Krajšek, S., Trčak, B., 2001: *Gradivo za Atlas flore Slovenije*.

Miklavž na Dravskem polju: *Center za kartografijo favne in flore*, 443 str.

Peljhan, J., 2005: *Prispevek k poznavanju flore jugovzhodnega dela Trnovskega gozda in zahodnega dela*

Hrušice. *Hladnikia (Ljubljana)*, 18: 11–22.

Seliškar, A., 2004: *Gladiolus palustris Gaudin – močvirski meček*. V: Čušin, B., in sod.: *Natura 2000 v Sloveniji, Rastline*. Ljubljana: Založba ZRC, ZRC SAZU, str. 97–101.

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

Velikonja, E., 2012: *Rastejo pri nas*. *Rastline Trnovskega gozda*. *Predmeja: Samozaložba*, 252 str.

Wraber, T., 1975: *Gladiolus imbricatus L. v Sloveniji*. *Biološki vestnik (Ljubljana)*, 23: 119–126.

Wraber, T. 2007: *Iridaceae – perunikovke*. V: Martincič, A. (ur.): *Mala flora Slovenije. Ključ za določanje praprotnic in semenk*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 751–756.

Celična biologija in medicina • Vpliv mikrobiote sečnega mehurja na nastanek sečnega mehurja

Vpliv mikrobiote sečnega mehurja na nastanek in zdravljenje raka sečnega mehurja

Taja Železnik Ramuta, Mateja Erdani Kreft

Kaj je mikrobiota in ali je urin sterilen?

Mikrobioto sestavljajo bakterije, glive, arheje, protozoji in virusi, ki naseljujejo določeno okolje. Mikrobiota, ki naseljuje različne dele telesa, pomembno vpliva na fiziološke funkcije človeka, še posebej na presnovo, nevrološke in spoznavne funkcije, hematopoezo ter imunski sistem (Dzutsev, Goldszmid, Viaud, Zitvogel, Trinchieri, 2015). Po drugi strani na sestavo mikrobiote pomembno vplivajo genom posameznika, kolonizacija z mikroorganizmi ob rojstvu in način poroda (carski rez, naravni potek poroda), življenjski slog posameznika, prebojele bolezni ter izpostavljenost antibiotikom (Roy, Trinchieri, 2017). Struktura mikrobiote se precej spreminja v prvih letih življenja, medtem ko se v odraslem obdobju le ob večjih spremembah življenjskega sloga, diete ali bolezni in načina zdravljenja bolezni (Roy, Trinchieri, 2017). Do nedavnega

je sečni mehur veljal za enega izmed redkih sterilnih okolij v telesu. S pojavom novih, predvsem molekularnih metod, pa se je pokazalo, da imajo tudi sečila (urinarni trakt) lastno mikrobioto.

Mikrobiota sečnega mehurja se med posamezniki razlikuje

Mikrobioto sečnega mehurja najpogosteje sestavljajo bakterije iz debel Firmicutes, Actinobacteria, Bacteroidetes in Proteobacteria. V sečnem mehurju pri moških so najpogosteje navzoče bakterije iz rodov *Streptococcus*, *Prevotella*, *Peptoniphilus*, *Campylobacter*, *Veillonella*, *Anaerococcus* in *Finegoldia* (Bučević Popović, Šitum, Chow, Chan, Roje, Terzić, 2018), pri ženskah pa iz rodov *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Staphylococcus*, *Bifidobacterium*, *Corynebacterium* in *Enterobacteriaceae* (Thomas-White, Forster, Kumar, Van Kuiken, Putonti, Stares in sod., 2018;

Aragón, Herrera-Imbroda, Queipo-Ortuño, Castillo, Del Moral, Gómez-Millán in sod., 2018; Lewis, Brown, Williams, White, Jacobson, Marchesi in sod., 2013). Zaradi anatomskih razlik med spoloma, predvsem krajše sečnice pri ženskah, ni presenetljivo, da je sestava mikrobiote pri moških in ženskah različna.

Rak sečnega mehurja je na svetu deseto, v Sloveniji pa dvanajsto najpogostejše rakavo obolenje z naraščajočo pogostnostjo

Rak je bolezen, ki nastane zaradi nepopravljive spremembe v celičnem jedru, specifičnih mutacij genov, bodisi v telesnih ali v spolnih celicah. Spremenjene gene (mutacijo) lahko podedujemo ali pa nastanejo za časa življenja. Zaradi nepopravljive spremembe se celice nenadzorovano delijo, vraščajo v sosednja tkiva, potujejo po mezigovnicah v bezgavke, kasneje jih kri lahko zanese v oddaljene organe, kjer nastanejo zasevki. Od začetne spremembe celice do takrat, ko je bolezen mogoče zaznati, bodisi kot tvorbo ali spremembo v delovanju organov, mine več let, lahko tudi desetletij (Hanahan, Weinberg, 2000).

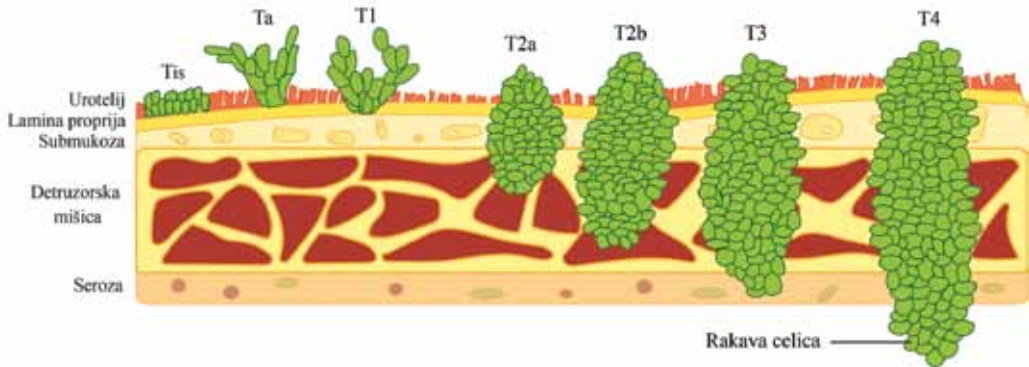
Rak sečnega mehurja je peto najpogostejše rakavo obolenje v Evropi in deseto najpogo-

stejše rakavo obolenje na svetu (Bray, Ren, Masuyer, Ferlay, 2013; Sung, Ferlay, Siegel, Laversanne, Soerjomataram, Jemal in sod., 2021). Primarno gre za bolezen starejših, povprečna starost bolnika ob diagnozi je 73 let (Murphy, Karnes, 2014). Bolezen trikrat pogosteje prizadene moške kot ženske, poleg tega pa je pojavnost raka sečnega mehurja trikrat do štirikrat večja v razvitih državah (Ferlay, Soerjomataram, Dikshit, Eser, Mathers, Rebelo in sod., 2015). Po podatkih *Registra raka za Slovenijo* je v letih od 2013 in 2017 za rakom sečnega mehurja zbolelo v povprečju 352 ljudi na leto, medtem ko je zaradi te bolezni preminulo 194 ljudi na leto (*Register raka RS*, dostopano 31. 5. 2021).

Ob začetni diagnozi večina rakavih obolenj sečnega mehurja sodi med mišično neinvazivne, pri čemer so tumorji omejeni na mukozo (urotelij, to je epitelij sečnega mehurja, ki meji na urin) ali vraščajo (invadirajo) v lamino proprijo, vendar pa ne vdirajo v detruzorsko mišico (Tis, Ta, T1; preglednica 1, slika 1). Mišično neinvazivna oblika raka sečnega mehurja je povezana z visoko stopnjo ponovljivosti, saj se bolezen ponovno pojavi kar v sedemdeset odstotkih primerov v prvih petih letih, najpogosteje že v prvem letu po začetnem zdravljenju. Sčas-

Preglednica 1: *Opredelitev stadijev raka sečnega mehurja (Cancer Research UK, 2018).*

Okrajšava	Opis stadija
TIS	Neinvazivni urotelijski karcinom (tumor <i>in situ</i>)
Ta	Neinvazivni papilarni karcinom
T1	Tumor vrašča v lamino proprijo
T2	Tumor vrašča v detruzorsko mišico
T2a	Tumor vrašča v notranjo plast detruzorske mišice
T2b	Tumor vrašča v zunanjo plast detruzorske mišice
T3	Tumor raste skozi detruzorsko mišico in se vrašča v maščobno tkivo
T4	Tumor se je razširil iz maščobnega tkiva v sosednje organe ali strukture



Slika 1: Opredelitev stadijev raka sečnega mehurja.

ma lahko bolezen napreduje tudi v mišično invazivno obliko (T2a, T2b; preglednica 1, slika 1), ko tumor vrašča v detruzorsko mišico. Kljub zdravljenju se takšna bolezen v nekaterih primerih razširi v oddaljene organe (T3, T4; preglednica 1, slika 1) (Burger, Catto, Dalbagni, Grossman, Herr, Karakiewicz in sod., 2013; Knowles, Hurst, 2015).

Mikrobiota sečnega mehurja pri bolnikih z rakom

Raziskovalni skupini pod vodstvom Janaša Terzića in Jiaronga Zenga sta ugotovili, da obstajajo značilne razlike v sestavi mikrobiote med zdravimi posamezniki in bolniki z rakom sečnega mehurja (preglednica 2) (Bučević Popović, Šitum, Chow, Chan, Roje, Terzić, 2018; Wu, Zhang, Zhao, Chen,

Chen, Huang in sod., 2018; Zeng, Zhang, Chen, Li, Wen, Zhao in sod., 2020). Poleg tega so ugotovili, da so določeni rodovi v večji meri zastopani pri bolnikih z visokim tveganjem za ponovitev bolezni v primerjavi z drugimi bolniki z rakom sečnega mehurja. Pri bolnikih z večjim tveganjem za ponovitev in napredovanje raka sečnega mehurja so pokazali povečano zastopanost bakterij iz rodov *Herbaspirillum*, *Porphyrobacter*, *Bacteroides*, *Micrococcus* in *Brachy bacterium*. Ti rodovi bi lahko služili tudi kot potencialni biomarkerji (biooznačevalci), na podlagi katerih bi napovedali potek bolezni (Wu, Zhang, Zhao, Chen, Chen, Huang in sod, 2018).

Pogosto je z razvojem bolezni povezano tudi zmanjšanje raznovrstnosti (diverzitete) mikrobiote. To ne drži povsem za mikro-

Preglednica 2: Rodovi, ki so v večji meri zastopani pri zdravih posameznikih in bolnikih z rakom sečnega mehurja. Povzeto po Bučević Popović in sod., 2018.

Zdravi posamezniki	Bolniki z rakom sečnega mehurja
<i>Lactobacillus</i> , <i>Staphylococcus</i> , <i>Veillonella</i> , <i>Streptococcus</i> , <i>Serratia</i> , <i>Proteus</i> , <i>Corynebacterium</i>	<i>Streptococcus</i> , <i>Fusobacterium</i> , <i>Actinobaculum</i> , <i>Anaerococcus</i> , <i>Geobacillus</i> , <i>Facklamija</i> , <i>Acinetobacter</i> , <i>Sphingobacterium</i> , <i>Campylobacter</i>
	Bolniki z visokim tveganjem za ponovitev bolezni
	<i>Herbaspirillum</i> , <i>Porphyrobacter</i> , <i>Bacteroides</i> , <i>Marmoricola</i>

bioto sečnega mehurja, saj so na primer pri bolnikih z intersticijskim cistitisom zasledili zmanjšanje mikrobne raznovrstnosti, medtem ko se je ta pri bolnikih z urgentno urinarno inkontinenco in s kroničnim prostatitisom povečala, pri bolnikih z nevropatičnim ali s čezmerno aktivnim sečnim mehurjem pa razlik niso zasledili (Bučević Popović, Šitum, Chow, Chan, Roje, Terzić, 2018). Kaj se zgodi z raznovrstnostjo mikrobiote v primeru raka sečnega mehurja, še ni jasno, saj sta do sedaj dve študiji ugotovili, da pride do povečanja mikrobne raznovrstnosti. (Wu, Zhang, Zhao, Chen, Chen, Huang in sod, 2018; Zeng, Zhang, Chen, Li, Wen, Zhao in sod., 2020). Za razliko od tega pa je ena študija pokazala, da med bolniki z rakom sečnega mehurja in zdravimi posamezniki ni razlik v mikrobni raznovrstnosti (Bučević Popović, Šitum, Chow, Chan, Terzić, 2018).

Zgodnje odkrivanje raka sečnega mehurja je ključnega pomena

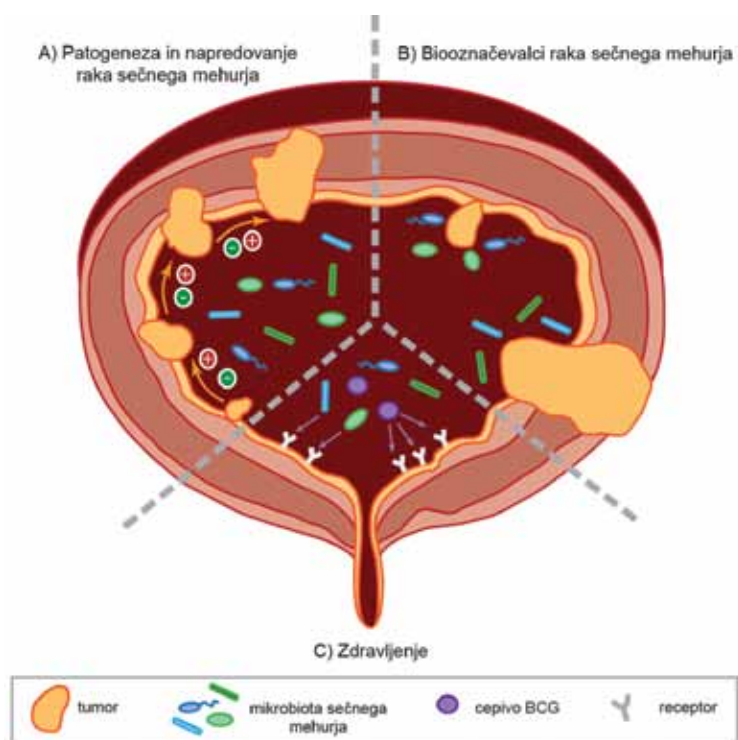
Preživetje bolnikov z rakom sečnega mehurja v Sloveniji še vedno zaostaja za evropskim povprečjem. Statistični podatki kažejo, da se možnost preživetja manjša z vsako razvojno fazo raka in zato sta zgodnje odkrivanje raka ter postavitev diagnoze izrednega pomena za uspešno zdravljenje. Vseživljenjski stroški zdravljenja na bolnika so med vsemi rakavimi obolenji najvišji, saj obstaja velika verjetnost ponovitve bolezni, stroški nadzorovanja stanja pa so visoki (Leal, Luengo-Fernandez, Sullivan, Witjes, 2016; Cox, Saramago, Kelly, Porta, Hall, Tan in sod., 2020). Zato je zelo pomembno, da rakavo obolenje odkrijejo pravočasno in da se zdravljenje začne, dokler je še v zgodnji fazi, kar bolnikom poveča možnost preživetja in zmanjša možnost ponovitve.

Mikrobiota pomembno vpliva na učinkovitost zdravljenja raka

Mikrobiota vpliva na gostiteljevo presnovo in imunski sistem. Zaradi disbioze, to

je spremenjena mikrobiota v primeru neke patološke spremembe v človeškem telesu, se spremeni normalna, fiziološka interakcija med človeškimi celicami ter mikrobioto. To lahko vodi v porušenje epitelijskih pregrad in povzročitev vnetja, kar lahko prispeva k nastanku ter napredovanju raka (Roy, Trinchieri, 2017). Znano na primer je, da bakterija *Fusobacterium nucleatum* v debelem črevesu spodbuja izločanje citokinov, ki sprožijo vnetje, kar spodbuja mitotske delitve (proliferacijo) rakavih celic. Po drugi strani pa *F. nucleatum* zavira aktivnost imunskih celic, s čimer prispeva k nastanku tumorskega mikrookolja, ki je ugodno za preživetje in proliferacijo rakavih celic (Shang, Liu, 2018; González-Sánchez, DeNicola, 2021). V zadnjem času je bilo ugotovljeno, da mikrobiota ne vpliva le na patogenezo raka sečnega mehurja, tako da lahko spodbuja ali zavira njegov razvoj in napredovanje, temveč lahko vpliva tudi na farmakinetiko, protirakavo delovanje in toksičnost kemoterapevtika, zaradi česar dobiva pomembno vlogo tudi pri iskanju učinkovitejšega zdravljenja raka (slika 2). Mikrobiota namreč lahko spremeni strukturo zdravila (biotransformacija) in tudi zmanjša absorpcijo določenih zdravil ter celo vpliva na izražanje genov, ki uravnavajo presnovo zdravila (Roy, Trinchieri, 2017). Pomen vpliva mikrobiote na aktivnost kemoterapevtikov je pokazala tudi raziskava, ki so jo izvedli Lehouritis in sodelavci (2015). Testirali so učinkovitost 30 kemoterapevtikov v prisotnosti po Gramu negativne bakterije *Escherichia coli* in po Gramu pozitivne bakterije *Listeria welshimeri*. Ugotovili so, da je bila učinkovitost kar ene tretjine kemoterapevtikov zavrta (inhibirana) z eno ali obema od uporabljenih bakterijskih vrst, medtem ko se je učinkovitost ene petine kemoterapevtikov v prisotnosti bakterij izboljšala, na polovico kemoterapevtikov pa mikrobiota ni imela vpliva (Lehouritis, Cummins, Stanton, Murphy, McCarthy, Reid in sod., 2015).

Pri raziskovanju vpliva mikrobiote na rakave



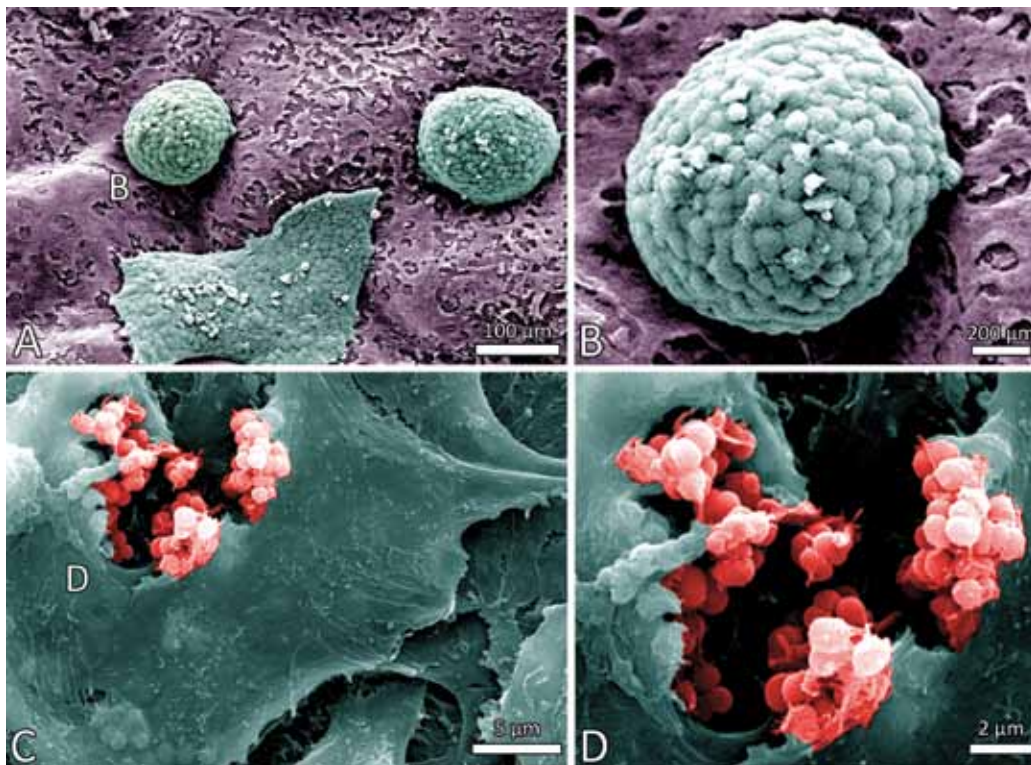
Slika 2: Povezanost mikrobiote in raka sečnega mehurja. (A) Mikrobiota lahko vpliva na patogenezo raka sečnega mehurja, in sicer lahko spodbuja (+) ali zavira (-) njegov razvoj in napredovanje. (B) Različna sestava mikrobiote je lahko povezana z različnimi vrstami tumorjev. (C) Mikrobiota lahko inaktivira cepivo BCG, ki se uporablja pri zdravljenju mišično neinvazivnega raka sečnega mehurja, ali zmanjša njegovo učinkovitost. Privrejeno po Bajic in sod., 2019.

celice in različnih učinkovin na mikrobioto sečnega mehurja uporabljamo modele celičnih kultur, ki omogočajo vpogled v različne celično-biološke mehanizme in študije interakcij med mikroorganizmi ter evkariontskimi celicami (slika 3) (Ramuta, Tratnjek, Janev, Seme, Starčič Erjavec, Kreft, 2021). Ker se mikrobiota sečnega mehurja med posamezniki lahko razlikuje, predvidevamo, da lahko heterogenost odziva na kemoterapevtike vsaj delno pripišemo tudi razlikam v sestavi mikrobiote med posamezniki (Lehouritis, Cummins, Stanton, Murphy, McCarthy, Reid in sod., 2015).

Ali lahko probiotiki pomagajo pri zdravljenju raka sečnega mehurja?

Poraja se vprašanje, če bi lahko z modulacijo mikrobiote prispevali k preprečevanju raka sečnega mehurja ali njegovi ponovitvi. Prve raziskave kažejo, da uporaba probiotikov lahko vsaj delno prepreči ali omili toksičnost kemoterapevtikov. Pri bolnicah z

rakom materničnega vratu, ki so prejemale probiotično kombinacijo liofiliziranih živih bakterijskih sevov *Lactobacillus acidophilus* in *Bifidobacterium bifidum*, so dokazali, da je uporaba probiotikov zmanjšala toksični učinek radioterapije in kemoterapevtika cisplatin na črevesne celice (Chitapanarux, Chitapanarux, Traisathit, Kudumpee, Tharavichitkul, Lorvidhaya, 2010). Japonski raziskovalci so tudi dokazali, da so imeli posamezniki, ki so med kemoterapijo uživali probiotične pripravke z bakterijo *L. casei*, za petnajst odstotkov manjše tveganje za ponovni pojav raka sečnega mehurja v primerjavi s posamezniki, ki med kemoterapijo probiotikov niso uživali (Naito, Koga, Yamaguchi, Fujimoto, Hasui, Kuramoto in sod., 2008). Uporaba probiotikov tudi prispeva k izboljšanju telesne teže bolnikov s kaheksijo, presnovnim sindromom, pri katerem pride do mišične atrofije, izgube telesne teže in maščobnega tkiva in ki je pogost pojav pri bolnikih z rakom (Varian, Gou-



Slika 3: Modeli raka sečnega mehurja in vitro, na katerih na Inštitutu za biologijo celice Medicinske fakultete Univerzi v Ljubljani preučujemo vplive bakterij na epiteljske (urotelijske) celice sečnega mehurja. (A, B) Benigne papilarne rakave urotelijske celice, rastoče na nosilcu iz humane amnijske membrane. (C, D) Proti metilicilinu odporne bakterije *Staphylococcus aureus*, ki vdirajo v maligne, mišičnoinvazivne rakave urotelijske celice. Slikano z vrstičnim elektronskim mikroskopom (Tescan Vega 3).

reshetti, Poutahidis, Lakritz, Levkovich, Kwok in sod., 2016).

Po drugi strani pa bodo potrebne dodatne študije, ki bodo preučile, ali je uporaba probiotikov v različnih okoliščinah res popolnoma varna. Vprašanje varnosti uporabe probiotikov se poraja na primer pri bolnikih, ki se zdravijo na oddelkih za intenzivno nego. Idan Yelin je s sodelavci leta 2019 objavil študijo v prestižni reviji *Nature Medicine*, v kateri so pokazali, da je sicer pri zelo majhnem deležu bolnikov (1,1 odstotka bolnikov), ki so med zdravljenjem na oddelku za intenzivno nego prejeli probiotike, prišlo do vdora probiotične bakterije *Lactobacillus rhamnosus* v kri (Yelin, Flett, Merakou, Mehrotra, Stam, Snestrud in sod., 2019).

Zaključki

Mikrobiota ima pomembno vlogo pri zdravju človeka, zato je ključno predpisovanje antibiotikov. Ne samo da čezmerna raba antibiotikov prispeva k porastu in širjenju odpornosti patogenih bakterij proti antibiotikom, ampak vpliva tudi na našo normalno mikrobioto. Nekateri antibiotiki lahko celo poškodujejo človeške celice, saj na primer fluorokinoloni spodbujajo nastanek reaktivnih kisikovih zvrsti, ki poškodujejo molekule DNA, proteine in lipide v človeških celicah ter vodijo celice v programirano celično smrt (apoptozo) (Yadav, Talwar, 2019; Kohanski, Tharakan, London, Lane, Ramnathan, 2017).

Glede na trenutno znane podatke menimo,

da so v prihodnosti nujne dodatne študije, ki bodo še podrobneje preučile mikrobioto sečnega mehurja pri ljudeh in ovrednotile te podatke glede na klinično sliko bolnika. Ti rezultati, vključeni v vsakodnevno klinično prakso, bodo tako lahko pomembno prispevali k izboljšanju zdravljenja raka sečnega mehurja kot tudi k preprečevanju njegove ponovitve.

Slovarček:

Mikrobiota. Bakterije, glive, arheje, protozoji in virusi, ki naseljujejo izbrani življenjski prostor.

Probiotiki. Živi mikroorganizmi, ki imajo ob zaužitju v zadostnih količinah ugoden vpliv na zdravje gostitelja.

Urotelij. Večskladni epitelij sečnega mehurja, ki ga gradi več skladov urotelijskih celic in tvori krvno-urinsko pregrado.

Krvno-urinska pregrada. Pregrada med urinom, ki je potencialno toksičen in kancerogen, in krvjo.

Literatura:

Alfano, M., Canducci, F., Nebuloni, M., Clementi, M., Montorsi, F., Salonia, A., 2016: *The interplay of extracellular matrix and microbiome in urothelial bladder cancer.* *Nature Reviews Urology*, 13 (2): 77–90. Epub 2015/12/15. doi: 10.1038/nrurol.2015.292. PubMed PMID: 26666363.

Aragón, I. M., Herrera-Imbroda, B., Queipo-Ortuño, M. I., Castillo, E., Del Moral, J. S., Gómez-Millán, J., in sod., 2018: *The Urinary Tract Microbiome in Health and Disease.* *European Urology Focus*, 4 (1): 128–38. Epub 2016/11/14. doi: 10.1016/j.euf.2016.11.001. PubMed PMID: 28753805.

Bray, F., Ren, J. S., Masuyer, E., Ferlay, J., 2013: *Global estimates of cancer prevalence for 27 sites in the adult population in 2008.* *International Journal of Cancer*, 132 (5): 1133–45. Epub 2012/07/04. doi: 10.1002/ijc.27711. PubMed PMID: 22752881.

Burger, M., Catto, J. W., Dalbagni, G., Grossman, H. B., Herr, H., Karakiewicz, P., in sod., 2013: *Epidemiology and risk factors of urothelial bladder cancer.* *European Urology*, 63 (2): 234–41. Epub 2012/07/25. doi: 10.1016/j.eururo.2012.07.033. PubMed PMID: 22877502.

Bučević Popović, V., Šitum, M., Chow, C. T., Chan, L. S., Roje, B., Terzić, J., 2018: *The urinary microbiome associated with bladder cancer.* *Scientific Reports*, 8 (1):

12157. Epub 2018/08/14. doi: 10.1038/s41598-018-29054-w. PubMed PMID: 30108246; PubMed Central PMCID: PMC6092344.

Chitapanarux, I., Chitapanarux, T., Traisathit, P., Kudumpee, S., Tharavichitkul, E., Lorvidhaya, V., 2010: *Randomized controlled trial of live lactobacillus acidophilus plus bifidobacterium bifidum in prophylaxis of diarrhea during radiotherapy in cervical cancer patients.* *Radiation Oncology*, 5: 31. Epub 2010/05/05. doi: 10.1186/1748-717X-5-31. PubMed PMID: 20444243; PubMed Central PMCID: PMC2874795.

Cox, E., Saramago, P., Kelly, J., Porta, N., Hall, E., Tan, W. S., in sod., 2020: *Effects of Bladder Cancer on UK Healthcare Costs and Patient Health-Related Quality of Life: Evidence From the BOXIT Trial.* *Clinical Genitourinary Cancer*, 18 (4): e418–e42. Epub 2019/12/14. doi: 10.1016/j.clgc.2019.12.004. PubMed PMID: 32144049; PubMed Central PMCID: PMC67427321.

Dzutsev, A., Goldszmid, R. S., Viaud, S., Zitvogel, L., Trinchieri, G., 2015: *The role of the microbiota in inflammation, carcinogenesis, and cancer therapy.* *European Journal of Immunology*, 45 (1): 17–31. Epub 2014/11/13. doi: 10.1002/eji.201444972. PubMed PMID: 25328099.

Ferlay, J., Soerjomataram, I., Dikshit, R., Eser, S., Mathers, C., Rebelo, M., in sod., 2015: *Cancer incidence and mortality worldwide: sources, methods and major patterns in GLOBOCAN 2012.* *International Journal of Cancer*, 136 (5): E359–86. Epub 2014/09/16. doi: 10.1002/ijc.29210. PubMed PMID: 25220842.

González-Sánchez, P., DeNicola, G. M., 2021: *The microbiome(s) and cancer: know thy neighbor(s).* *Journal of Pathology*. Epub 2021/03/15. doi: 10.1002/path.5661. PubMed PMID: 33723873.

Hanahan, D., Weinberg, R. A., 2000: *The hallmarks of cancer.* *Cell*, 100 (1): 57–70. PubMed PMID: 10647931.

Kiraly, O., Gong, G., Olipitz, W., Muthupalani, S., Engelward, B. P., 2015: *Inflammation-induced cell proliferation potentiates DNA damage-induced mutations in vivo.* *PLOS Genetics*, 11 (2): e1004901. Epub 2015/02/03. doi: 10.1371/journal.pgen.1004901. PubMed PMID: 25647331; PubMed Central PMCID: PMC4372043.

Knowles, M. A., Hurst, C. D., 2015: *Molecular biology of bladder cancer: new insights into pathogenesis and clinical diversity.* *Nature Reviews Cancer*, 15 (1): 25–41. doi: 10.1038/nrc3817. PubMed PMID: 25533674.

Kohanski, M. A., Tharakan, A., London, N. R., Lane, A. P., Ramanathan, M., 2017: *Bactericidal antibiotics promote oxidative damage and programmed cell death in sinonasal epithelial cells.* *International Forum of Allergy & Rhinology*, 7 (4): 359–64. Epub 2017/01/24. doi: 10.1002/alr.21914. PubMed PMID: 28117948; PubMed



Taja Železnik Ramuta, rojena leta 1990, je pridobila bolonjsko diplomu in magisterij iz mikrobiologije ter doktorat znanosti iz biomedicine. Na Inštitutu za biologijo celice Medicinske fakultete Univerze v Ljubljani se ukvarja s preučevanjem vpliva pripravkov iz humane amnijske membrane na rakave urotelijske celice in uropatogene bakterije.



Mateja Erdani Kreft je redna profesorica za področje biologije celice in je kot visokošolski učitelj zaposlena na Medicinski fakulteti Univerze v Ljubljani. Njene raziskave se osredotočajo na področje celične biologije, genetike, tkivnega inženirstva in regenerativne medicine. V slovenski raziskovalni prostor je prenesla metodo korelativne mikroskopije, ki združuje svetlobno in elektronsko mikroskopijo in tako omogoča preučevanje istih bioloških struktur s prednostmi obeh mikroskopij. Vodi in sodeluje pri več nacionalnih in mednarodnih raziskovalnih projektih ter projektih z industrijo, zlasti na področju vzpostavljanja biomimetičnih modelov in vitro in njihove uporabe za testiranje potencialnih zdravilnih učinkovin.

Central PMCID: [PMCPMC5386800](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35386800/).

Leal, J., Luengo-Fernandez, R., Sullivan, R., Witjes, J. A., 2016: *Economic Burden of Bladder Cancer Across the European Union*. *European Urology*, 69 (3): 438–47. Epub 2015/10/25. doi: [10.1016/j.eururo.2015.10.024](https://doi.org/10.1016/j.eururo.2015.10.024). PubMed PMID: 26508308.

Lebouritis, P., Cummins, J., Stanton, M., Murphy, C. T., McCarthy, F. O., Reid, G., in sod., 2015: *Local bacteria affect the efficacy of chemotherapeutic drugs*. *Scientific Reports*, 5: 14554. Epub 2015/09/29. doi: [10.1038/srep14554](https://doi.org/10.1038/srep14554). PubMed PMID: 26416623; PubMed Central PMCID: [PMCPMC4586607](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35486607/).

Lewis, D. A., Brown, R., Williams, J., White, P., Jacobson, S. K., Marchesi, J. R., in sod., 2013: *The human urinary microbiome; bacterial DNA in voided urine of asymptomatic adults*. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 3: 41. Epub 2013/08/24. doi: [10.3389/fcimb.2013.00041](https://doi.org/10.3389/fcimb.2013.00041). PubMed PMID: 23967406; PubMed Central PMCID: [PMCPmc3744036](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3744036/).

Murphy, C. R., Karnes, R. J., 2014: *Bladder Cancer in Males: A Comprehensive Review of Urothelial Carcinoma of the Bladder*. *Journal of Men's Health*, 18–27.

Naito, S., Koga, H., Yamaguchi, A., Fujimoto, N., Hasui, Y., Kuramoto, H., in sod., 2008: *Prevention of recurrence with epirubicin and lactobacillus casei after transurethral resection of bladder cancer*. *Journal of Urology*, 179 (2): 485–90. doi: [10.1016/j.juro.2007.09.031](https://doi.org/10.1016/j.juro.2007.09.031). PubMed PMID: 18076918.

Ramuta, T., Tratnjek, L., Janev, A., Seme, K., Starčič Erjavec, M., Kreft, M. E., 2021: *The Antibacterial Activity of Human Amniotic Membrane against Multidrug-Resistant Bacteria Associated with Urinary Tract Infections: New Insights from Normal and Cancerous Urothelial Models*. *Biomedicines*, 9 (2). Epub 2021/02/20. doi: [10.3390/biomedicines9020218](https://doi.org/10.3390/biomedicines9020218). PubMed PMID: 33672670.

Roy, S., Trinchieri, G., 2017: *Microbiota: a key orchestrator of cancer therapy*. *Nature Reviews Cancer*,

17 (5): 271–85. Epub 2017/03/17. doi: 10.1038/nrc.2017.13. PubMed PMID: 28303904.

Shang, F. M., Liu, H. L., 2018: *Fusobacterium nucleatum* and colorectal cancer: A review. *World Journal of Gastrointestinal Oncology*, 10 (3): 71–81. doi: 10.4251/wjgo.v10.i3.71. PubMed PMID: 29564037; PubMed Central PMCID: PMC5852398.

Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R. L., Laversanne, M., Soerjomataram, I., Jemal, A., in sod., 2021: *Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries*. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*. Epub 2021/02/04. doi: 10.3322/caac.21660. PubMed PMID: 33538338.

Thomas-White, K., Forster, S. C., Kumar, N., Van Kuiken, M., Putonti, C., Stares, M. D., in sod., 2018: *Culturing of female bladder bacteria reveals an interconnected urogenital microbiota*. *Nature Communications*, 9 (1): 1557. Epub 2018/04/19. doi: 10.1038/s41467-018-03968-5. PubMed PMID: 29674608; PubMed Central PMCID: PMC5908796.

Varian, B. J., Goureshetti, S., Poutahidis, T., Lakritz, J. R., Levkovich, T., Kwok, C., in sod., 2016: *Beneficial bacteria inhibit cachexia*. *Oncotarget*, 7 (11): 11803–16. doi: 10.18632/oncotarget.7730. PubMed PMID: 26933816; PubMed Central PMCID: PMC54914249.

Wu, P., Zhang, G., Zhao, J., Chen, J., Chen, Y., Huang, W., in sod., 2018: *Profiling the Urinary Microbiota in Male Patients With Bladder Cancer in China*. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 8: 167. Epub 2018/05/31. doi: 10.3389/fcimb.2018.00167. PubMed PMID: 29904624; PubMed Central PMCID: PMC5990618.

Yadav, V., Talwar, P., 2019: *Repositioning of fluoroquinolones from antibiotic to anti-cancer agents: An underestimated truth*. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 111: 934–946. Epub 2019/01/08. doi: 10.1016/j.biopha.2018.12.119. PubMed PMID: 30841473.

Yelin, I., Flett, K. B., Merakou, C., Mehrotra, P., Stam, J., Snesrud, E., in sod., 2019: *Genomic and epidemiological evidence of bacterial transmission from probiotic capsule to blood in ICU patients*. *Nature Medicine*, 25 (11): 1728–1732. Epub 2019/11/07. doi: 10.1038/s41591-019-0626-9. PubMed PMID: 31700189.

Zeng, J., Zhang, G., Chen, C., Li, K., Wen, Y., Zhao, J., in sod., 2020: *Alterations in Urobiome in Patients With Bladder Cancer and Implications for Clinical Outcome: A Single-Institution Study*. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 10: 555508. Epub 2020/12/15. doi: 10.3389/fcimb.2020.555508. PubMed PMID: 33384966; PubMed Central PMCID: PMC7769872.

Rastlinske interakcije • Alelopatске lastnosti alkaloidov iz plodov črnega poprovca (*Piper nigrum* L.)

Alelopatске lastnosti alkaloidov iz plodov črnega poprovca (*Piper nigrum* L.)

Matej Vošnjak, Kim Kneisel, Gaja Mrzelj, Lara Petrič, Miha Slapničar

Črni poprovec je večletna lesnata ovijalka iz družine poprovc (Piperaceae), ki lahko v višino zraste do devet metrov. Iz stebila poganjajo številne vitice, ki omogočajo rastlini oporo, pomoč pri ovijanju in pritrjevanje na druge rastline ali površine (slika 1). Listi so jajčaste oblike, zgornja stran je svetleče temno zelene barve, spodnja pa blede zelene barve. Rastlina razvije podolgovata socvetja z drobnimi, belimi cvetovi, iz katerih se razvije petdeset do šestdeset plodov – jagod (slika 1) (Ravindran, 2006).

Črni poprovec so začeli gojiti v vlažnih tropskih gozdovih v jugozahodnem območju Indije. Plod rastline je znan kot ena od najpomembnejših in najbolj razširjenih vsestranskih začimb na svetu, ki se zaradi izrazite ostrine in arome uporablja v vsaki kuhinji. V svetu črni poper predstavlja približno dvajset odstotkov celotnega uvoza vseh začimb. Trenutno poper pridelujejo v šestindvajsetih državah po svetu, med katerimi veljajo za največje pridelovalke Vietnam, Indija in Indonezija (FAO, 2020). Glede

na način obdelave plodov črnega poprovca ločimo črni, beli in zeleni poper (slika 2). Ti se med seboj razlikujejo po več lastnostih (barvi, vsebnosti suhe snovi, hranilni vsebnosti in drugih lastnostih) ter tudi glede na vsebnost sekundarnih metabolitov, predvsem piperina, katerega vsebujeta največ beli in črni poper (Ahmad in sod., 2015; Codex Alimentarius, 2017; Schulz in sod., 2005).

Črni poper ima tudi insekticidne in fungicidne lastnosti, zato se ga velikokrat uporablja pri varstvu rastlin pred boleznimi in škodljivci. Različni deli rastline se predvsem zaradi visoke vsebnosti sekundarnih metabolitov uporabljajo kot zdravila, konzervansi in kot naravna sredstva s široko biološko uporabnostjo (Ravindran, 2006).

Plodovi so v splošnem sestavljeni iz spojin, ki prispevajo k ostrini (predvsem alkaloid piperin), ter iz spojin, ki dajejo značilno aromo (eterična olja). Analiza hranilne vrednosti črnega popra kaže prisotnost številnih vitaminov, mineralov, elektrolitov in prehranskih vlaknin (USDA, 2020).

Alkaloidi predstavljajo najbolj raznoliko skupino sekundarnih metabolitov, organskih dušikovih spojin naravnega izvora, ki imajo raznolike fiziološke učinke na ljudi in tudi

ostale organizme. V naravi v največji meri nastajajo pri rastlinskem metabolizmu iz primarnih metabolitov (sladkorjev) (Ojima in Iula, 1999).

Glede na kemijsko zgradbo (prisotnost heterocikličnega obroča v molekuli spojine) lahko alkaloide razdelimo v več pomembnih skupin, med katerimi je tudi skupina piperidinskih alkaloidov. Med piperidinskimi in piperaminskimi alkaloidi imajo največ potenciala za različne biološke dejavnosti piperin, piperetin, piperanin in piperid (Chopra in sod., 2016). Glavni predstavnik piperidinskih alkaloidov je piperin (slika 3), ki se pojavlja predvsem v rastlinah iz družine poprovk (*Piperaceae*). Piperin (*E,E*-(*trans-trans*)-piperin, $C_{17}H_{19}NO_3$) je sestavljen iz aromatskega in aminskega dela (piperidinski heterocikel), oba dela pa povezuje aciklična alifatska veriga (slika 3) (Chopra in sod., 2016; Ojima in Iula, 1999). Piperin spada med najbolj zastopane sekundarne metabolite v plodovih črnega popra. V popolnoma čisti obliki lahko piperin pridobimo le v laboratoriju z uporabo različnih metod (Gorgani in sod., 2017) (slika 4).

Za piperin in piperidinske alkaloidne so značilne raznolike biološke aktivnosti (Da-

Slika 1: Socvetje s cvetovi (levo), videz (sredina) in nedozoreli plodovi (desno) črnega poprovca.



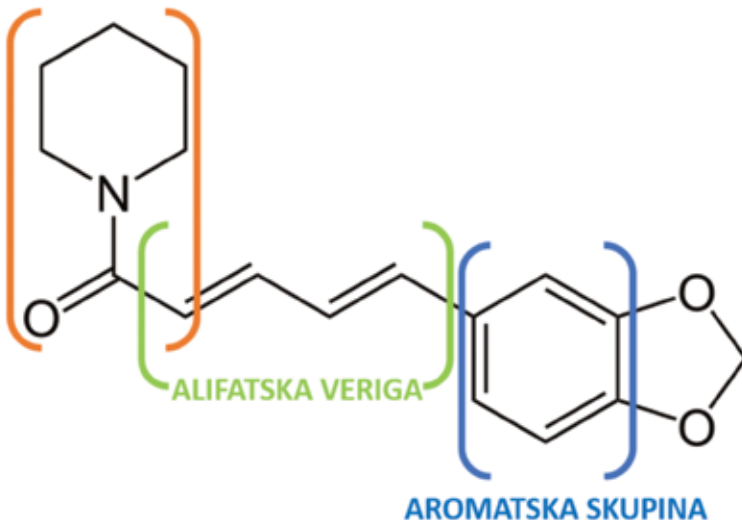


Slika 2: Beli poper (levo), črni poper (sredina) in zeleni poper (desno).

manhoury in Ahmad, 2014; Ahmad in sod., 2015), nekaj jih je predstavljenih na sliki 5. Različni biotski in abiotski dejavniki lahko ob nizki koncentraciji hranil v zemlji povzročijo produkcijo piperina in drugih kemijskih spojin, ki običajno niso prisotne v črnem poprovcu in se pojavljajo v najmanjših koncentracijah. Snovi, ki jih določena rastlina v takšnih razmerah proizvaja (alelokemikalije), lahko zavirajo rast rastlin, ki rastejo v njihovi okolici. Opisani proces imenujemo alelopatija. Običajno se izraz uporablja za

izražanje zaviranja rasti, kalitve in razvoja rastline s sproščanjem alelokemikalij druge rastline v okolje (Rizvi in sod., 1992). Alelokemikalije so večinoma sekundarni rastlinski metaboliti, ki se v okolje sproščajo z razpadom rastlinskih ostankov, s koreninskimi izločki in z izhlapevanjem ali odcejanjem z rastlin, ko so rastline izpostavljene stresu zaradi napada škodljivcev in bolezni, visokih ali nizkih temperatur, pomanjkanja ali presežka vode in drugih dejavnikov (Weir in sod., 2004). Spojine z alelopat-

AMIDNA SKUPINA



Slika 3: Skeletna formula molekule piperina s funkcionalnimi skupinami (Ojima in Iula, 1999).



Slika 4: Princip izolacije piperidinskih alkaloidov iz plodov črnega poprovca.

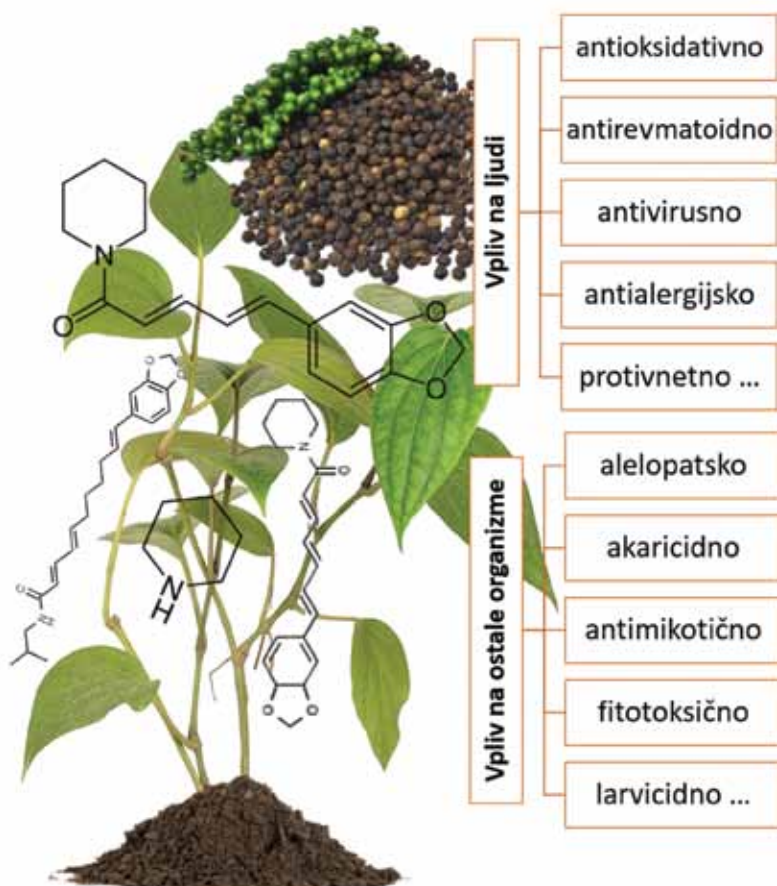
skimi učinki lahko v splošnem razdelimo v tri skupine: fenoli, terpeni in spojine, ki vsebujejo dušik (alkaloidi) (Rizvi in sod., 1992). Alkaloidi so poznani kot alelokemikalije, saj lahko zavirajo rast drugih rastlin z izločanjem v okolje. Vsebnost teh sekundarnih metabolitov se v različnih organih rastline spreminja s starostjo in z biotskimi ter abiotskimi dejavniki (temperaturo, vlago) (Hammouti in sod., 2019).

Alelokemikalije vplivajo na odpornost, prevodne elemente, genetski material in na številne procese v rastlinah, ki so jim izpostavljene, kot so dihanje, encimska aktivnost, fotosinteza, uravnavanje hormonov, privzem mineralov, zapiranje in odpiranje listnih rež in drugo (Rizvi in sod., 1992). Ker je delovanje alelopatije tako učinkovito, bi lahko izkoriščanje alelopatičnih lastnosti rastlin zmanjšalo uporabo fitofarmaceutskih sredstev in tako zmanjšalo onesnaženje, stroške pridelave, izboljšalo varnost hrane, biotsko

pestrost, produktivnost tal in vzdržnost kmetijstva.

Rastline iz družine poprovc imajo veliko različnih bioloških aktivnosti in pokazalo se je, da je to ena od bolj obetavnih družin za iskanje izvlečkov spojin s herbicidnimi lastnostmi (Celis in sod., 2008). V različnih raziskavah so ugotovili, da imajo sekundarni metaboliti, kot so fenolne spojine in amidni derivati, ki jih najdemo v rastlinah iz rodu *Piper*, vpliv na kalitev semen in rast rastlin (slika 6). Eden izmed pomembnih predstavnikov rodu *Piper* s potencialno alelopatičnim delovanjem je tudi črni poprovec. Nekaj raziskav na temo alelopatičnega vpliva črnega poprovca je predstavljenih na sliki 6.

Sekundarni metaboliti črnega poprovca, ki se pojavljajo predvsem v listih in plodovih in se med razkrojem rastlinskega materiala ter z izločanjem iz živih rastlinskih tkiv sproščajo v okolje, negativno vplivajo na rastline, ki rastejo v okolici (Siddiqui, 2007).



Slika 5: *Učinki piperidinskih alkaloidov na ljudi in ostale organizme (Damanhoury in Ahmad, 2014; Ahmad in sod., 2015).*

Predvidevajo, da spojine, ki so prisotne v črnem poprovcu, delujejo kot alelokemikalije, ki lahko delno zavrejo biosintezo ali spodbujajo razgradnjo klorofila. Slednje vodi v zmanjšanje akumulacije klorofila, zaradi tega poteka proces fotosinteze v manjši meri, posledično pa se zmanjša rast rastlin, na katere delujejo omenjene alelokemikalije (Siddiqui, 2007). Izmed sekundarnih metabolitov, ki so prisotni v plodovih črnega poprovca, ima največ potenciala za alelopatško delovanje alkaloid piperin. Predvidevajo, da tudi druge spojine, ki so prisotne v črnem poprovcu, kot so piperetin in počasneje delujoči lignani, delujejo kot alelokemikalije, ki lahko delno zavrejo biosintezo ali spodbujajo razgradnjo klorofila. Posledično pa je

zatirana rast izpostavljene rastline (Siddiqui, 2007).

Tovrstne lastnosti plodov črnega poprovca bi lahko uporabljali kot alternativo sintetičnim herbicidom pri nadzoru plevelov v kmetijstvu, nadzoru oziroma zatiranju tujerodnih invazivnih vrst in drugem. Na ta način bi lahko omilili težave, ki se pojavljajo z uporabo sintetičnih herbicidov (Narwal, 2010), poleg tega pa bi prispevali k sonaravnosti in zmanjšali stroške, ki nastajajo zaradi gospodarske škode, ki jo povzročajo invazivne rastline. Namnožitev posamezne invazivne vrste vpliva na zmanjšanje pridelka in izginjanje domorodnih in gojenih vrst, hkrati pa povzroča pogostejšo košnjo in odstranjevanje invazivnih rastlin. Posredno to vpliva



Testna rastlina	Rezultat	Vir
Fižol mungo (<i>Vigna mungo</i> L.)	Negativni vpliv vodnih izvlečkov iz plodov <i>Piper nigrum</i> (50 in 75 %) na kalitev semen, rast korenin in poganjkov ter rast sadik	Siddiqui in sod. (2007)
Čebula (<i>Allium cepa</i> L.), mrkač (<i>Bidens pilosa</i> L.), pravi žafran (<i>Crocus sativus</i> L.) in solata (<i>Lactuca sativa</i> L.)	Negativni vpliv izoliranega piperina iz plodov <i>Piper nigrum</i> na kalitev, zmanjšana dolžina poganjkov	Tavares in sod. (2011)
Koruza (<i>Zea mays</i> L.), soja (<i>Glycine max</i> L.), muškata buča (<i>Cucurbita moschata</i> L.), navadna kostreba (<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P. Beauv.) in krvavordeča srakonja (<i>Digitaria sanguinalis</i> L.)	Negativni vpliv vodnih izvlečkov iz plodov <i>Piper nigrum</i> visokih koncentracij na kalitev rastlinskih vrst, nižje koncentracije spodbudijo kalitev in rast	Yan in sod. (2006)
Redkvica (<i>Raphanus sativus</i> L.) in ščir (<i>Amaranthus spinosus</i> L.)	Zaviralni učinek vodnih izvlečkov listov <i>Piper nigrum</i> na kalitev se je povečal s povečanjem koncentracije	Sheng-Li (2009)

Slika 6: Pregled raziskav na temo vpliva plodov črnega popra (*Piper nigrum* L.) na različne preučevane rastline.

na manjši pridelek slabše kakovosti. Izolacija in ekstrakcija snovi z alelopatskimi lastnostmi iz rastlinskih materialov sta dragi, zapleteni in dolgotrajni, učinek v praksi pa je velikokrat prešibek in kratkotrajen. Da bi ugotovili oziroma potrdili učinkovitost posameznih izvlečkov plodov črnega poprovca pri nadzoru izbranih invazivnih rastlinskih vrst, bodo potrebni nadaljnji poskusi, tako v laboratoriju kot v naravi.

Viri:

Ahmad, N., Fazal, H., Abbasi, B. H., Farooq, S., Ali, M., Khan, M. A., 2015: *Biological role of Piper nigrum L. (Black pepper): A review. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2 (2015) (3): 1945-1953.
 Celis, Á., Mendoza, C., Pachón, M., Cardona, J., Delgado, W., Cuca, L. E., 2008: *Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en la familia Piperaceae. Una revisión. Agronomía Colombiana*, 26: 97-106.

Chopra, B., Dhingra, A. K., Kapoor, R. P., Prasad, D. N., 2016: *Piperine and its various physicochemical and biological aspects: A review. Open Chemistry Journal*, 3 (1): 75-96.

Codex alimentarius, 2017: *Standard for black, white and green peppers. Dostopno na spletnem naslovu: http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B326-2017%252FCXS_326e.pdf*. (20. 1. 2021.)

Damanhour, Z. A., Ahmad, A., 2014: *A Review on Therapeutic Potential of Piper nigrum L. (Black Pepper): The King of Spices. Medical & Aromatic Plants*, 3 (3): 161 str.

FAO. 2020. *Food and Agriculture Organization. Dostopno na naslovu: <http://www.fao.org>*. (19. 12. 2020.)

Gorgani, L., Mohammadi, M., Najafpour, G. D., Nikzad, M., 2017: *Piperine—The Bioactive Compound of Black Pepper: From Isolation to Medicinal Formulations. Comprehensive reviews in Food Science and Food Safety*, 16 (1): 124-140.

Hammouti, B., Dahmani, M., Yahyi, A., Ettoubami, A., Messali, M., Asherau, A., Bouyanzer, A., Warad, I.,

Touzani, R., 2019: *Black Pepper, the "King of Spices": Chemical composition to applications. Arabian Journal of Chemical and Environmental Research*, 6 (2019) (1): 12-56.

Ojima I., Iula D. M., 1999: *New Approaches to the Syntheses of Piperidine, Izidine, and Quinazoline Alkaloids by Means of Transition Metal Catalyzed Carbonylations. V: Pelletier, W. S. (ur.): Alkaloids: Chemical and Biological Perspectives. New York: State University of New York at Stony Brook*, 371-410.

Ravindran, P. N., 2006: *Black pepper. V: Hardman, R. (ur.), Nizozemska: Medicinal and Aromatic Plants - Industrial Profiles. Overseas Publishers Association*, 86-115.

Rizvi, S. J. H., Haque, H., Singh, V. K., Rizvi, V., 1992: *A discipline called allelopathy. V: Rizvi, S. J. H., Rizvi, V. (ur.): Allelopathy. Dordrecht: Springer*, 1-10.

Sheng-Li, Z. H., 2009: *Preliminary study on the allelopathy of Piper nigrum L. Dostopno na naslovu: http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTotal-AHNY200903016.htm. (22. 1. 2021.)*

Siddiqui, Z. S., 2007: *Allelopathic effects of black pepper leachings on Vigna mungo (L.) Hepper. Acta Physiologiae Plantarum*, 29 (4): 303-308.

USDA, 2018. *United States Department of Agriculture (Spletni medij).*

Dostopno na naslovu: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170931/nutrients>. (28. 11. 2020.)

Yan, G., Zhu, C., Luo, Y., Yang, Y., Wei, J., 2006: *Potential allelopathic effects of Piper nigrum, Mangifera indica and Clausena lansium. The Journal of Applied Ecology*, 17 (9): 1633-1636.

Narwal, S. S., 2010: *Allelopathy in ecological sustainable organic agriculture. Allelopathy Journal*, 25 (1): 51-72.

Weir, T. L., Park, S. W., Vivanco, J. M., 2004: *Biochemical and physiological mechanisms mediated by allelochemicals. Current opinion in plant biology*, 7 (4): 472-479.

Tavares, W. S., Cruz, I., Petacci, F., Freitas, S. S., Serão, J. E., Zanoncio, J. C., 2011: *Insecticide activity of piperine: Toxicity to eggs of Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae) and Diatraea saccharalis (Lepidoptera: Pyralidae) and phytotoxicity on several vegetables. Journal of Medicinal Plants Research*, 5 (21): 5301-5306.



Matej Vošnjak, asistent za področje hortikulture, je na oddelku za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani zaposlen kot raziskovalec. Trenutno zaključuje doktorat znanosti na študiju bioznanosti, znanstvenem področju hortikultura. Sodeluje v različnih raziskovalnih projektih po Sloveniji, udeležuje se različnih konferenc, sodeluje kot gostujoči predavatelj na tujih fakultetah, je recenzent pri mednarodnih revijah ter mentor in somentor dijakom pri različnih projektno-raziskovalnih nalogah.

Droben ptiček zaustavil gradnjo naftovoda

Jurij Kurillo

Kakor lahko beremo v mednarodni izdaji uglednega britanskega časopisa *Guardian* 28. aprila 2021, je droben ptiček zaustavil milijarde vredno gradnjo naftovoda *Trans Mountain oil pipeline* v zahodni Kanadi – kar se dotlej ni posrečilo s protesti nobeni okoljevarstveni organizaciji. Oblasti so namreč ukazale, da morajo ustaviti dela do 21. avgusta, ker so na tej trasi našli na požaganem drevesu gnezdo kolibrija vrste *Calypte anna*. Gre za območje, kjer gnezdi na stotine An-ninih kolbrijev, ki so močno ogroženi zaradi obsežnih gradbenih dejavnosti ob pripravljanju terena za tisoč petsto kilometrov dolgi naftovod. Da bi preprečili vznemirjanje teh »letečih draguljev«, so začasno zaustavi-

li dela v devetsto metrov dolgem gozdnem pasu. Omenjeni projekt je odkupila kanadska vlada Justina Trudeauja, ki predvideva, da bo po novih in starih ceveh steklo proti Tihemu oceanu do leta 2022 kar 890.000 sodčkov surove nafte.

Zakaj toliko hrupa zaradi drobnega, nič več kot slabih enajst centimetrov dolgega ptička, ki sodi v družino kolibrijev? Vedeti moramo, da so ti med ameriškimi ptiči prav nekaj posebnega, tako zaradi očarljive zunanjosti kot prav posebnega leta. Najbolje bo, da pogledamo kar v *Domače in tuje živali v podobah* našega naravoslovnega klasika Frana Erjavca:

Samec Anninega kolibrija (Calypte anna) pri naletu do napajalnika. Concord v Kaliforniji. Foto: Jurij Kurillo.





Samica na gnezdu. Concord v Kaliforniji. Foto: Jurij Kurillo.

»Kolibrj je ustvarjen za zrak. Na zemljo pride samo, kadar pije. Truden počiva na vejici skrit pod senčnim listjem. Po zraku leti tako hitro, da oko ne more ničesar razločiti, komaj se prikaže, že izgine kakor kaka muha ali sršen. Žareči iskri enak svrči

od cveta do cveta ali pa trepetaje visi nad njim, no človek perutnic ne more razločiti, tako hitro z njimi trepeče. Sedaj leti naprej, sedaj se požene nazaj, zavije v stran, vrti se v krogu, visi v zraku, vznese se naravnost kvišku, zopet pade in pleše od veje do veje,



Mladiča v gnezdu. Concord v Kaliforniji. Foto: Jurij Kurillo.

od cveta do cveta in naposled kakor misel zopet izgine. Viseč nad ali pod cvetom potika vanj svoj tenki kljunček, kakor bi cvet poljuboval ...»

Biologi poznajo 319 vrst kolibrijev, ki so uvrščeni v 125 rodov. Najbolj pogosto živijo v toplih predelih Južne Amerike, in to od tihomorske obale do zasneženih Andov. Nekatere vrste pridejo tudi v severnejše kraje, celo do Aljaske, vendar se v hladnih obdobjih odselijo na jug. Spadajo med najmanjše krilatce, saj tehta najbolj droben komaj dva grama! Ko se samci bleščijo v zeleni, modri, vijoličasti in zlati barvi z vsemi prelivami, so zelo privlačni ne le za skromneje odete samice, marveč tudi za človeško oko. V hitrem, danes bi dejali, helikopterskem letu se kolibri spreletava, kot pripoveduje Erjavec, od cveta do cveta. Pri tem lahko utripa s krili celo do petinsedemdesetkrat na sekundo. Za prehrano s svojim tankim, ukrivljenim kljunčkom ne srka zgolj medicinske iz cvetnih čaš, pač pa mu teknejo tudi mušice in druge drobne žuželke. Pri nekaterih tropskih rastlinah so kolibriji pomembni opraševalci cvetov.

Sam sem naletel na gnezdece Anninega kolibrija na sinovem vrtu v kraju Concord blizu San Francisca. Drobná bela skodelica na veji mehiškega ligustra je imela v premeru komaj dva do tri centimetre, na dnu pa sta ležala dva črvička, pozneje se je pokazalo, da sta bila mladička. Gnezdo je pogosto obiskovala skromno, sivkasto obarvana samica, medtem ko sem imel priložnost videti samca precej pozneje, na drugem kraju. Zanj je poleg običajnega mavričnega perja značilen rdeči podbradek.

Zanimiv je starinski izvor imena tega v Kaliforniji najpogostejšega kolibrija (*Calypte anna*), ki sega v davni začetek 19. stoletja. Imenovan je bil namreč po Anni Debelle, princesi d'Essling (1802-1887), prvi dvorni dami cesarice Eugenije, soproge francoskega cesarja Napoleona III. Njen plemiški mož François Victor Massena je bil amaterski ornitolog in je v življenju zbral kar 12.000 vrst ptic. Zaradi velike oddaljenosti »celine čez lužo« od Evrope plemenita Anna zagotovo ni nikdar uzrla v naravi drobnega lepota, krščenega po njej ...

Mihael Brenčič: Ljubljanska geološka šola • Nove knjige

Mihael Brenčič: *Ljubljanska geološka šola: zgodovina poučevanja geologije na Univerzi v Ljubljani*

Nina Zupančič

V letu 2019 je Univerza v Ljubljani slavila stoto obletnico delovanja. Oddelek za geologijo Naravoslovnotehniške fakultete sodi med ustanoviteljice naše najpomembnejše visokošolske izobraževalne ustanove. Prva obeleževanja tega pomembnega dogodka so se začela že v maju leta 2019 in se nadaljevala celo leto. Pripravili smo kar nekaj različnih dogodkov, med pomembnejše pa

zagotovo sodi izid knjige rednega profesorja dr. Mihaela Brenčiča, diplomiranega inženirja, *Ljubljanska geološka šola: zgodovina poučevanja geologije na Univerzi v Ljubljani* (Naravoslovnotehniška fakulteta, Ljubljana, 2019).

V delu je prvič zbran in dokumentiran razvoj poučevanja geologije v Sloveniji in hkrati Oddelka za geologijo. V začetnih poglavjih je



Zgodovina poučevanja geologije
na Univerzi v Ljubljani

predstavljen razvoj poučevanja geologije v Sloveniji, tako z vidika učbenikov kot pouka geologije v splošnih in specializiranih šolah. Sledi oris razvoja Univerze v Ljubljani in z njo tudi študija geologije. Geologijo so prvotno poučevali na dveh različnih fakultetah, Filozofski in Tehniški. Kasneje se je študij združil na Fakulteti za naravoslovje in tehnologijo in po njenem razpadu ostal na Naravoslovnotehniški fakulteti. V nadaljevanju se je avtor posvetil razvoju organizacijske sheme in pregledu strokovno-raziskovalnega dela, ki je potekalo v okviru Inštituta za geologijo. Poseben poudarek je namenjen razvoju in pomenu zbir. Danes so mineraloška, petrološka, rudna, paleontološka, osteološka in stratigrafska zbirka združene v stavbi Montanistike in vabijo k ogledu tako študente kot tudi zunanje obiskovalce.

S časom se je spreminjal tudi študijski program, se dopolnjeval z novimi vsebinami ter se prilagajal gospodarskim in družbenim razmeram.

Profesor Karel Hinterlechner (sedi skrajno levo) in študentje na terenskih vajah.





Profesor Vasilij Vasiljevič Nikitin v Oplotnici na Pohorju med terensko razlago.

Zanimivo je, kako lahko je bilo študijske programe spreminjati in prilagajati nekdanji v primerjavi z današnjim časom. Prav tako so bili tudi študentje bistveno bolj obremenjeni z obveznostmi. Študij geologije so vedno pomembno dopolnjevale tudi obštudijske dejavnosti, kot so študentska gibanja, Skok čez kožo, Slovensko geološko društvo in organizacije študentov geologije.

Večino bralcev bo verjetno najbolj pritegnilo poglavje *Življenjepisi*, kjer je avtor predstavil vse učitelje, ki so na ljubljanski univerzi nekdanj

poučevali geologijo, od prvega rednega predavatelja, prof. dr. Karla Hinterlechnerja, do zadnjega, akad. prof. dr. Maria Pleničarja. Med njimi je kar nekaj tujcev, predvsem z ruskega govornega območja in iz sosednjih slovanskih republik, ter dve profesorici. Ljudmila Dolar Mantuani se je v zgodovino ljubljanske univerze zapisala tudi kot ena od prvih docentk. Kratek povzetek v angleškem jeziku omogoči vsaj delen vpogled v zgodovino razvoja slovenske geološke šole tudi tujemu bralcu. Posebna popestritev knjige je slikovno gradivo, ki bi brez te publikacije še vedno ostalo raztreseno in morda tudi izgubljeno po najrazličnejših kotih in predalih.

Pričujoča knjiga ni le zbirni dokument zgodovine poučevanja geologije, temveč je po zaslugi lepega jezika in spretnega izražanja avtorja tudi prijetno branje za vse, tudi tiste, ki niso neposredno povezani z geologijo ali Univerzo v Ljubljani. Odkriva nam zanimivo in pomembno dediščino, ki tako ne bo utonila v pozabo.

Projekt Mesečina

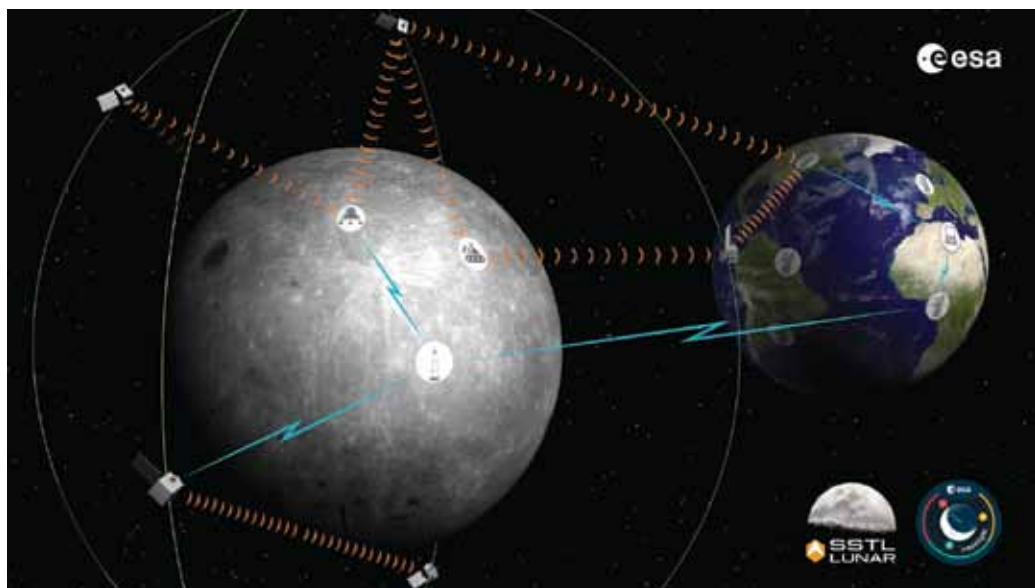
Mirko Kokole

Luna, nam najbližji naravni nebesni objekt, je bila v zadnjih desetletjih dokaj zanemarljena, kar je posledica predvsem znanstvene nezanimivosti in težke dostopnosti. Zato znanstveniki večinoma niso uspeli upravičiti dragih odprav nanjo. Vse to se v zadnjem času hitro spreminja, saj Luna postaja vedno bolj komercialno zanimiva kot cilj »vesoljskega turizma«. Posledica tega je, da bomo na Luno v naslednjih desetletjih poslali veliko različnih odprav. Posebej zanimiv je program *Artemis*, v okviru katerega želijo Združene države Amerike ponovno poslati človeka na Luno ter tam postaviti stalno postajo.

Vse te odprave bodo morale imeti z Zemljo učinkovito komunikacijo. Zato se je

Evropska vesoljska agencija (European Space Agency, ESA) odločila preučiti možnost postavitve stalne telekomunikacijske mreže. Projekt so poimenovali *Moonlight* (*Mesečina*). V okviru tega projekta naj bi preučili tako tehnične kot poslovne strani takšne komunikacijske mreže. Projekt *Mesečina* ja dobil letos maja dodatni zagon. Evropska vesoljska agencija je podpisala pogodbi z dvema podjetjema, ki bosta vsako zase vodili konzorcija zasebnih in javnih ustanov. Prvo podjetje je manjše podjetje *Surrey Satellite Technology Limited (SSTL)* iz Združenega kraljestva, ki se ukvarja izključno z vesoljsko tehnologijo. Drugo podjetje pa je evropski telekomunikacijski velikan *Telespazio*. Vsako od teh dveh podjetij bo preučilo vse vidike lunarne telekomunikacijske mreže

Konceptualna porazdelitev lunarne telekomunikacijskega sistema, ki ga bodo preučili v sklopu projekta Mesečina. Sestavljen bo iz najmanj treh glavnih satelitov in nekaj rezervnih. Ta mreža satelitov bo omogočala neprekinjeno povezavo tako na Luni kot z Zemljo. Služila pa bo tudi za navigacijo tako na Luninem površju kot manjših satelitov.
Vir: ESA/SSTL.



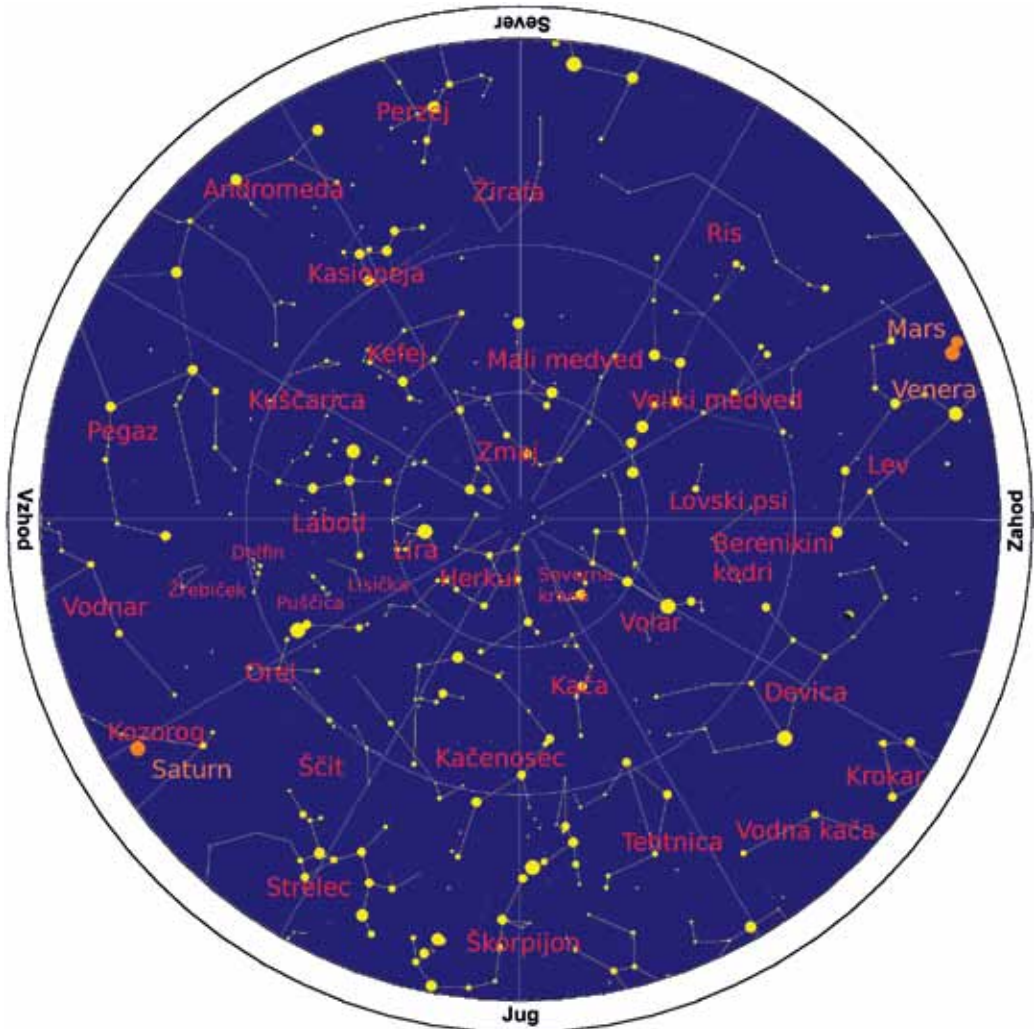


Logo projekta
Mesečina.
Vir: ESA.

Nebo v juliju.
Datum: 15. 7. 2021.
Čas: 22:00.
Kraj: Ljubljana.

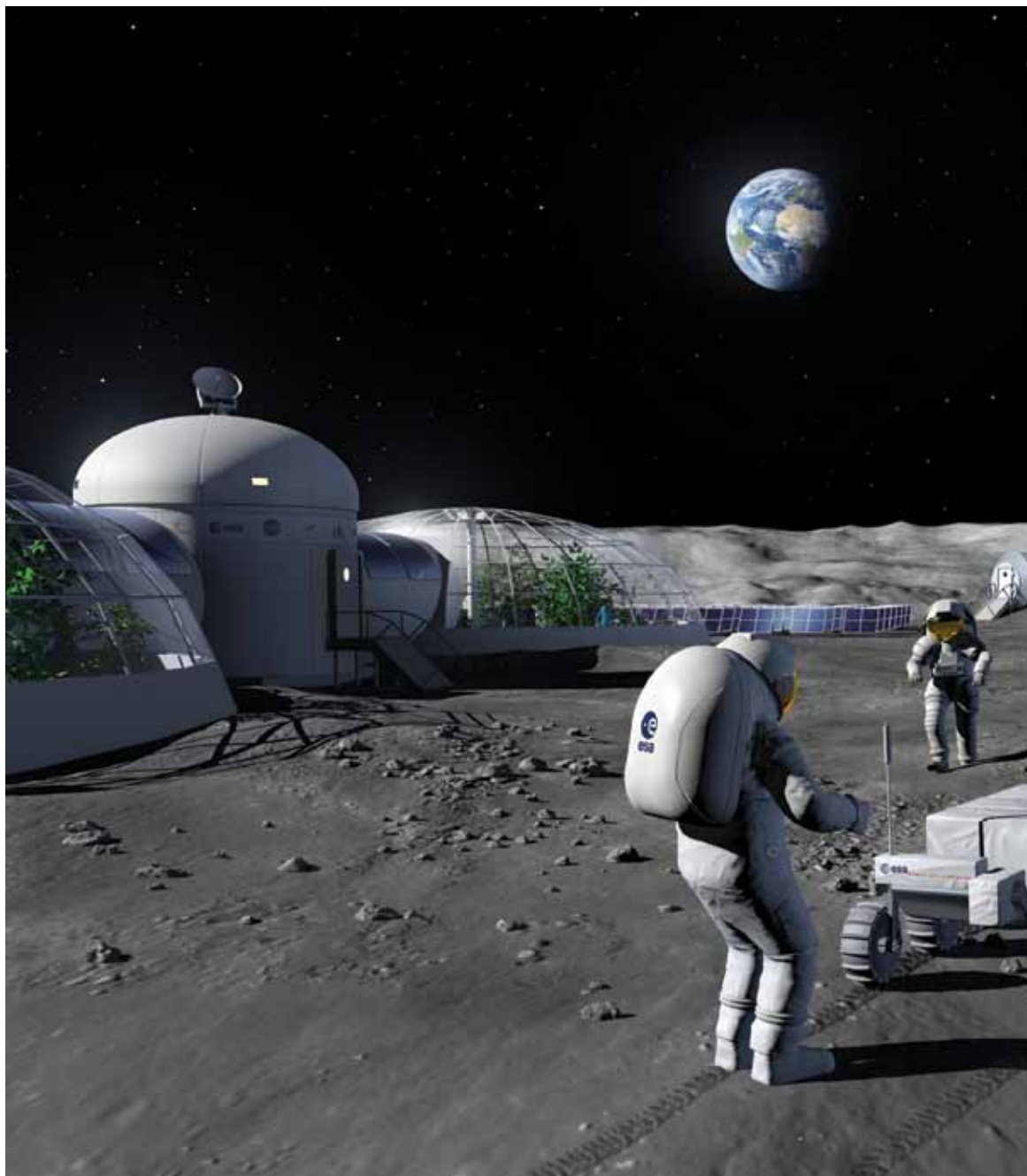
ter na koncu rešitev tudi uresničilo. Pri tem ima *SSTL* nekaj prednosti, saj pod njegovim okriljem že poteka poskusni projekt *Lunar Pathfinder* (Lunarni stezosledec), katerega cilj je v Lunino orbito poslati telekomunikacijski satelit.

Lunarni stezosledec sestavlja en telekomunikacijski satelit, ki bo ostajal v stacionarni orbiti okoli Lune. Satelit bo »nameščen« pod Luninim južnim tečajem in bo ves čas povezan z Zemljo. Na žalost ne bo omogočal komunikacije z vseh predelov Lune, saj je to nemogoče izvesti z zgolj enim sateli-



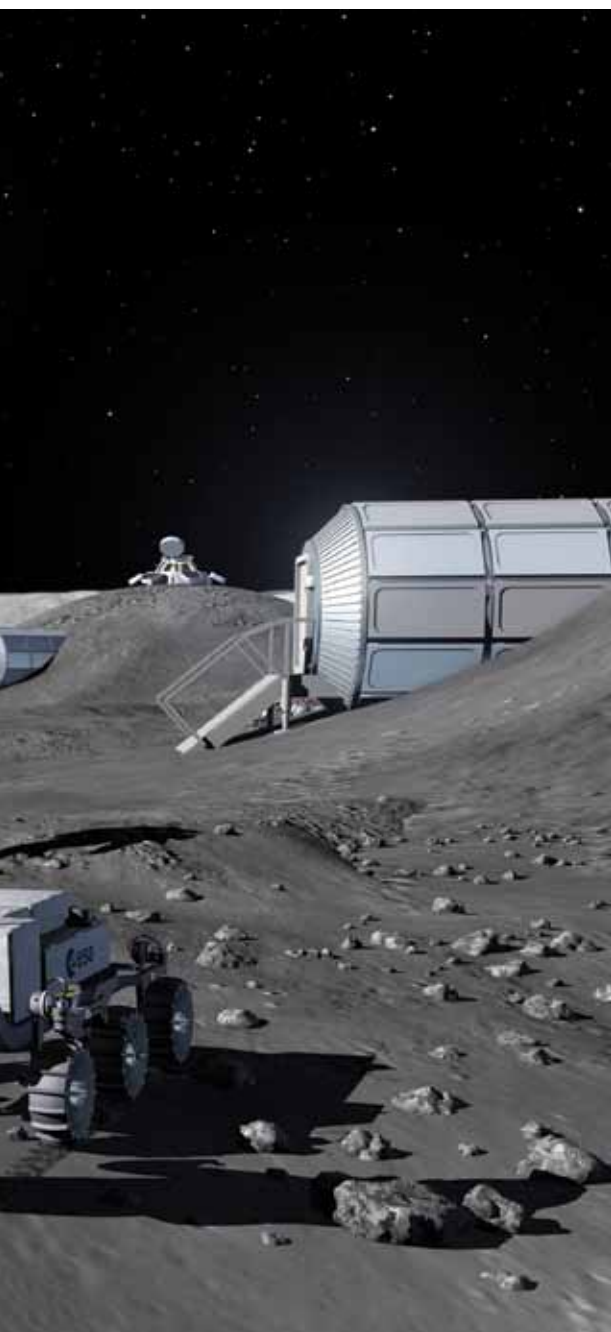
tom, vseeno pa bo »pokril« predvsem tiste predele Lune, ki so trenutno najbolj zanimivi. *Lunarni stezosledec* bo začel delovati predvidoma leta 2024 in ne bo samo pre-

izkus tehnologije, ampak bo resnično služil kot telekomunikacijska povezava med Zemljo in Luno vse do približno leta 2030, ko naj bi počasi vzpostavili *Mesečino*, ki bo



sestavljena iz vsaj treh satelitov. Odgovor, zakaj potrebujemo telekomunikacijsko mrežo tudi na Luni, je seveda očiten. Danes si tako rekoč ne moremo predstavljati

sveta brez takojšnjih informacij ter možnosti satelitske navigacije. Ko bo taka mreža vzpostavljena tudi na Luni, bomo lahko preučevali kateri koli predel Lune, tudi tistega, ki je vedno obrnjen proč od Zemlje. Mrežo bomo lahko uporabili tudi za daljinsko vodenje sond, in to tudi v skoraj realnem času. Telekomunikacijska mreža, kot so si jo zamislili s projektom *Mesečina*, pa bo imela še eno veliko prednost: mrežo bo vodilo eno podjetje, ki se bo ukvarjalo izključno z njeno postavitvijo in vzdrževanjem in bo svoje usluge ponujalo vsem zainteresiranim uporabnikom. Ta način bo bistveno pocenil možne odprave na Luno, saj se uporabnikom ne bo več treba ukvarjati, kako podatke, ki so jih pridobili na Luni, poslati nazaj na Zemljo. Tako bodo telekomunikacije standardizirane, kar bo tudi tehnološko bistveno pocenilo odprave na Luno. Tako bo morda tudi Sloveniji kdaj uspelo izdelati kakšen manjši robotski voziček ali pa satelit, ki bo preučeval Lunino površje.



Upodobitev prihodnjih dejavnosti na Luni.

Vir: https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2019/07/Artist_impression_of_prospection_activities_in_a_Moon_Base#YQZ5kcP90U8.link

V naslednji številki bomo objavili tudi prispevek *Prvo in zadnje presenečenje iz kraškega podzemlja*, ki ga je napisal Boris Sket.



Tale drobna pošast je ena prvo odkritih jamskih živali. Postojnski paščipalec (*Neobisium spelaeum*) je v sorazmerju z gozdnim barjanskim paščipalcem (*Neobisium cf. muscorum*) kar strašljiv. A trup mu meri le sedem milimetrov. Foto: Boris Sket.

ISSN 0033-1805



9 770033 180000