

PROTEUS

*mesečnik
za poljudno
naravoslovje*



April 2022, 8/84. letnik
cena v redni prodaji 5,50 EUR
naročniki 4,32 EUR
upokojeneci 3,55 EUR
dijaki in študenti 3,36 EUR
www.proteus.si





367 Table of Contents

368 Uvodnik
Tomaž Sajovic

370 Astronomija
James Webb začne potovanje nazaj na začetek vesolja
Maruša Bradač

374 Botanika in etologija oprasovalcev
Vpliv zgradbe socvetja pri zaviti škrbici *Spiranthes spiralis* (L.) Chevall. (Orchidaceae) na vedenje oprasovalcev
Dorotej Černela, Žan Cenc, Igor Paušič

383 Botanika in varstvo narave
Varstvo rebrinčevolistne hladnikovke (*Hladnikia pastinacifolia*) v Čavnu oziroma Mačjem kotu
Daniel Rojšek

394 Medicina
Bralna očala danes, pilokarpinske kapljice jutri?
Nina Špegel

399 Kristalografija
Prva najdba japonskih dvojčkov kremenca v Sloveniji (drugi del)
Mirjan Žorž, Franc Stare

406 Naše nebo
Opazujmo Sončeve pege
Mirko Kokole

Contents

Editorial

Tomaž Sajović

Astronomy

James Webb begins its voyage back to the birth of the Universe

Maruša Bradač

So many questions about the first steps of our universe remain unsolved and the James Webb Space Telescope (JWST) was designed to answer them. Attached on an Ariane 5 rocket the telescope set off on 25 December 2021 from French Guiana. Since then, the telescope has unfurled its components on a 30-day voyage to its final destination, where it began orbiting around the Sun. Webb is a telescope worth waiting for and stands as yet another reason why basic science needs supporting. Where would we be if the inventor of the wheel had its tools taken away? Little did he know what purpose the wheel was to serve, it was to be developed for artistic ends. Today we work on the sunshield and the technology that took a six-tonne telescope to space, hoping it would bring back answers to the questions about our origin and possibly also to whether there is life on planets outside our Solar System.

Botany and pollinator ethology

The influence of inflorescence architecture of the autumn lady's-tresses *Spiranthes spiralis* (L.) Chevall. (Orchidaceae) on pollinator behaviour

Dorotej Černela, Zan Cenc, Igor Paušič

The autumn lady's-tresses (*Spiranthes spiralis*) is the last flowering orchid in Slovenia that is characterized by variable inflorescences and a special method of pollination, which we wanted to explore. The influence of inflorescence architecture and the method of pollination dependent on it have not yet been studied in detail. Understanding the method of pollination could help us in further research to eliminate the threat of this species' extinction. The photo and video material for our research and results was obtained with cameras and smartphones, and served to prove that the architecture of the inflorescence undoubtedly influences pollination, as pollinators most often visit inflorescences that are flat or loosely twisted (which means that helical angles within the inflorescence do not exceed 360 °), they visit multiple flowers at a time and do not skip them like in multiple spirals. The reason for this behaviour of pollinators is lower consumption of the energy they need in the transition from flower to flower. As a result, the pollination success of these orchids increases.

Botany and nature conservation

Protection of *Hladnikia pastinacifolia* in Čaven (i.e. Mačji kot)

Daniel Rojšek

Road workers decided to protect vehicular traffic between the tunnels on the road Lokavc (Lokavec)–Predmeja from falling rocks with nets and fences, and they started on a rich locality of *Hladnikia pastinacifolia*. We established a very good relationship with Feniks +, d.o.o. company from Tržič, their site manager and workers. I was a regular guest at the construction site and it was clear that the workers made every effort not to harm or even destroy the plants. Road works frequently wreak havoc where they take place, but in this case every measure necessary was taken to ensure that rare, endangered and protected plant species survived often heavy works, such as tree felling and blasting works, without consequences. Even more, in the process we discovered new important facts about *hladnikia*.

Medicine

Reading glasses today, pilocarpine drops tomorrow?

Nina Špegel

Sight is virtually indispensable for humans and our perception of the world, so aging and reduced visual acuity that comes with it have a big impact on the quality of our everyday life. To this day, reading glasses have served as the simplest means of dealing with age-related presbyopia, but they could soon be replaced by an even simpler aid – eye drops. In 2020, Argentinian scientists presented the results of a study that could revolutionise the way we experience and live with the natural process of aging eyes. The article presents the mechanisms of age-related eye conditions, the history of treatment and mechanism of action of pilocarpine eye drops.

Crystallography

The first find of Japan law twin quartz in Slovenia (part II)

Mirjan Žorž, Franc Stare

Quartz crystals are a common occurrence in Slovenia, and in the last three decades we have seen a number of new sites that testify to this fact. Most quartz crystals are twinned, and the predominant form in Slovenian deposits are Brazil law twins. Japan law twins are much rarer and until now they have not been reported in Slovenia. Nevertheless, as they can only form where Brazil twinning takes place, we have been anticipating a find of Japan law twins as well. In 2021 Franc Stare finally found a specimen at Crngrob which had two quartz crystals twinned according to the Brazil law as well as the Japan law. Part II brings the details of this first find in Slovenia.

Our sky

Observing sunspots

Mirko Kokole



Naslovnica: Japonski dvoječek kremenca iz Rudnika 9. Septemvri v Madanu v Bolgariji. Razpon kril je 12 milimetrov. Foto: Igor Dolinar.

Proteus

Izhaja od leta 1933

Mesečnik za poljudno naravoslovje

Izdajatelj in založnik:

Priradoslovno društvo Slovenije

Odgovorni urednik:

prof. dr. Radovan Komel

Glavni urednik: dr. Tomaž Sajovic

Uredniški odbor:

Sebastjan Kovač

prof. dr. Milan Brumen

dr. Igor Dakskobler

asist. dr. Andrej Godec

akad. prof. dr. Matija Gogala

dr. Matevž Novak

prof. dr. Gorazd Planinšič

prof. dr. Mihael Jožef Toman

prof. dr. Zvonka Zupanič Slavec

dr. Petra Draškovič Pelc

<http://www.proteus.si>

priradoslovno.drustvo@gmail.com

© Priradoslovno društvo Slovenije, 2022.

Vse pravice pridržane.

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

Lektor: dr. Tomaž Sajovic

Oblikovanje: Eda Pavletič

Angleški prevod: Andreja Šalamon Verbič

Priloga 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

Banalnost dobrega

Banalnost dobrega je nasprotje banalnosti zla. S slovitim paradoksom »banalnost zla« je filozofinja Hannah Arendt (1906-1975) opisala duhovno podobo Adolfa Eichmanna (1906-1962), glavnega organizatorja množičnih deportiranj Judov v taborišča smrti, kakršna se ji je razkrila na sojenju v Jeruzalemu (z njega je poročala za ameriško revijo *The New Yorker* in leta 1963 izdala knjigo z naslovom *Eichmann v Jeruzalemu. Poročilo o banalnosti zla*, v slovenščino je bila prevedena leta 2007). Eichmann je ves čas ponavljal, da ne čuti nobene odgovornosti za smrt Judov, saj je opravljal le svoje delo ter vestno ubogal ukaze in zakone. Po Hannah Arendt Eichmann ni bil pošast, njegova dejanja ni usmerjalo zlo, ampak predvsem slepa vdanost vladajoči oblasti in silna želja, da bi ji pripadal. Prav ta odsotnost razmišljanja pa poraja zlo in ga hkrati tragično banalizira – naredi nekaj vsakdanjega in strašljivo običajnega.

Kaj pa je banalnost dobrega? Koncept »banalnost dobrega« sem našel v knjigi z naslovom *Partizanski protiarhiv: O umetniških in spominskih prelomih jugoslovanskega NOB* (2022), ki jo je napisal slovenski socialno-politični filozof Gal Kirn (1980-), in sicer

v poglavju *Žilnikov film Vstaja v Jazku (1973): kako posneti film po partizansko ali o »banalnosti dobrega«*. Pojem banalnosti oziroma vsakdanjosti dobrega pa je tesno povezan tudi z vernakularnostjo, o kateri sem že pisal v uvodniku v tretji številki naše revije. Borut Juvanec (1944-) je v svoji monografiji *Arhitektura Slovenije. Vernakularna arhitektura* sijajno opredelil vernakularno arhitekturo: »[To je] najpreprostejša arhitektura, ki [je] bila namenjena [...] navadnim ljudem za vsakodnevno bivanje in delo [...]. Ni delo profesionalcev, ki so poznali materiale, tehnologije, tehnike in velike arhitekture preteklih časov in so do teh spoznanj prišli v šolah. Vernakularna arhitektura je delo skromnih razmer, malih zahtev. Ampak – najpomembneje je to, da to ni mala, nepomembna, neopazna ali grda, slaba arhitektura.« Peter Fister (1940-) je v svojem predgovoru k monografiji dobro razumel, da je »resnična vsebina in s tem tudi merilo« vernakularnega stavbarstva človek sam. Človek si je stavbe zgradil sam zase, za svoje bivanje.

Zadnje spoznanje nas vodi naravnost k navdušujočemu pojavu po drugi svetovni vojni pri nas – združnim domovom. (Šlo je za velikanski zvezni projekt – v Jugoslaviji je bilo zasnovanih več tisoč domov, od tega v Sloveniji 523; v tistem času so v Sloveniji

v času največjega pomanjkanja v petih letih zgradili 330 stavb za skupno dobro – v njih so se skupnosti ukvarjale z različnimi gospodarskimi, kulturnimi in drugimi dejavnostmi, s katerimi so osmišljali svoje življenje. Na lanskem beneškem arhitekturnem bienalu je bil postavljen slovenski paviljon *Skupno v skupnosti. Sedemdeset let zadružnih domov kot družbene arhitekture*, v *Sobotni prilogi Dela* pa je 13. novembra lani izšel odlični intervju s kuratorsko skupino z naslovom *Mi gradimo zadružne domove. Zadružni dom gradi nas*). Članica kuratorske ekipe umetnostna zgodovinarica Asta Vrečko (1984-) je v intervjuju zgoščeno predstavila izjemnost zadružnih domov: »Gradnja zadružnih domov je bil zvezni projekt celotne Jugoslavije, ki je imel v vsaki republiki svoje značilnosti. Zavedati se moramo tudi posebnega konteksta – dve leti po vojni, v tako psihološko kot fizično razrušenem družbenem stanju, ko je bilo treba nekako osmisлити leta morije, v kateri je veliko družin izgubilo prijatelje, družinske člane, sorodnike, vojna je na vsakem koraku pustila globoke rane. Kolektivne travme in želja po boljši prihodnosti se tudi s tem projektom začnejo prevajati v družbeno dobro – s prostovoljnimi delom, gradnjo novih vezi in nove družbe. Vse to je bilo umeščeno v širši projekt povojne modernizacije družbe. Moto graditeljev domov je bil, 'mi gradimo zadružne domove, zadružni dom gradi nas ...', kar pomeni, da se je z gradnjo domov gradila tudi skupnost.« Uspeh tega projekta je bil – po besedah umetnostne zgodovinarke Martine Malešič (1982-), tudi članice kuratorske skupine – prav »v aktivni vključenosti teh, ki jih je to neposredno zadevalo, ki so dom uporabljali. [...] Samo na ta način, s soudeležbo lokalne skupnosti in njihovo samoiniciativnostjo, je ta projekt lahko bil izveden.« Projekt gradnje zadružnih domov je vernakulariziral življenje vsch, ki so sodelovali pri njem. Arhitekti so načrtovali – kot sta razlagala Martina Malešič in arhitekt Rastko Pečar – različne tipe zadružnih domov za različne kraje (nižinski, primorski, gorski, panonski tip), izhajajoč iz lokalnih posebnosti so oblikovali poenostavljene tipe, ki bi omogočali najhitrejšo in najcenejšo izvedbo (ob uporabi lokalnih gradiv in tehnik). Skupnost je vzela enega od načrtov in ga prilagodila svojim potrebam in zmožnostim, ob tem pa je dodajala tudi svojevrstne rešitve. Med gradnjo so se razširile in tako vernakularizirale tudi nove gradbene tehnike, način dela in materiali, saj so udarniki nova znanja nadalje uporabljali pri gradnji v svojem okolju. Zelo zanimivo je razmišljanje Martine Malešič o tako imenovani presežni – »estetski« – vrednosti zadružnih domov. Po uveljavljenem presojanju o arhitekturi – vodi ga estetski fetišizem: nekaj je estetsko le, če je »iztrgano« iz konkretnih družbenih in zgodovinskih okoliščin, če jih na neki

način »presega« – domovi niso nobeni arhitekturni presežki, po prepričanju članov kuratorske skupine pa so domovi, nasprotno, presežek prav zato, ker so bile »presežek« same družbene in zgodovinske okoliščine: ljudje so namreč v novi socialistični državi, kot v narodnoosvobodilni borbi, vzeli življenje v svoje roke. Ustvarjanje življenja s svojimi rokami pa ne potrebuje več odtujene, fetišizirane kapitalistične »estetskosti«. Življenje samo je postala estetska stvaritev. Zadružni domovi tako v resnici zahtevajo temeljito prevetritev kriterijev arhitekture ...

Podobno prevetritev v filmih je storil srbski režiser Želimir Žilnik (1924-), eden od glavnih predstavnikov jugoslovanskega filmskega črnega vala. Nas posebej zanima njegov kratki film *Vstaja v Jazku* (1973). Film je presenetljiv, saj »radikalno odstopa od prevladujočega načina pripovedovanja o partizanskem boju, njegovega prikazovanja in navsezadnje spominjanja«. Žilnik je v njem obračunal z mitologizacijo partizanov kot herojskih filmskih likov. V njegovem filmu so popolnoma običajni vaščani spregovorili »o svojih malih dejanjih upora, kako so opravili partizansko prisego, kje in kako so ženske skrivale partizane in jim nosile hrano, pa tudi, kje so skrivali orožje za partizane«. Ves čas so dejavno sodelovali v boju in ga podpirali. Postali so predstavniki »banalnosti dobrega«. Brez široke ljudske podpore, zlasti podeželskega prebivalstva, zmagovalje partizanskega boja ne bi bila mogoče. Žilnik je v svojem filmu uspel »predstaviti tiste trenutke, sledi in preproste ljudi, na katere je prevladujoči kanon socialistične partizanske filmske zgodovine pozabil«. Z njim je izrazil nasprotovanje vsakemu estetiziranju partizanskega boja in življenja v socializmu. Radikalni konec estetiziranja pa se je zgodil po snemanju. Vaščani so morali stopiti s filmskega traku in se odpraviti v novo bitko ...

»[F]ilm so najprej poslali komisiji za filmsko produkcijo v Vojvodini, ki ga je zavrnila kot neprimerne [..] - film [da] ,žali Revolucijo z angažiranjem skupine klošarjev in potepuhov, ki naj bi predstavljali partizane'. V dramatičnem razpletu dogodkov po snemanju je Žilnik s skupino najbolj odločnih vaških partizanov vstopil v občinske prostore pokrajinskega ministrstva za kulturo v Novem Sadu. Ker niso imeli uradnega povabila, so namesto tega pokazali partizansko spomenico 1941 kot dokaz, da so bili udeleženci NOB že od začetka vojne. Odvihrali so v pisarno tedanjega ministra Djordžeta Popovića in ga prisilili, da je raztrgal odločitev o prepovedi filma« in odobril distribucijo filma ...

Tomaž Sajovic

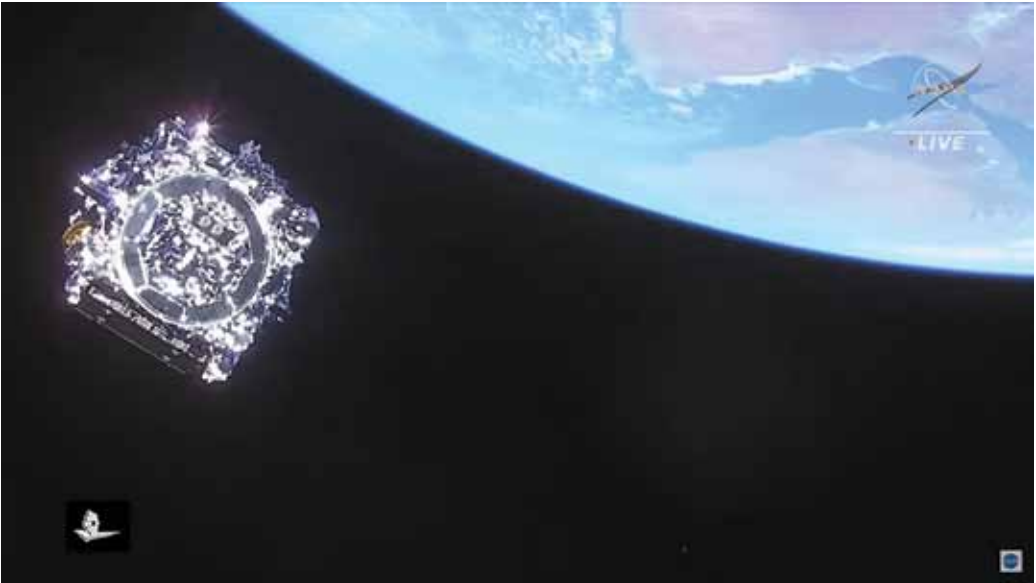
James Webb začne potovanje nazaj na začetek vesolja

Maruša Bradac

Veliko je še neodgovorjenih vprašanj o prvih korakih našega vesolja in prav s tem namenom smo astronomi zasnovali vesoljski teleskop James Webb (James Webb Space Telescope, JWST). 25. decembra lani je teleskop iz Francoske Gvajane ponesla v vesolje raketa *Ariane 5*. Od takrat je teleskop namestil svoje sestavne dele na tridesetdnevnem potovanju do končnega cilja, kjer je začel krožiti okoli Sonca. Medtem ko Hubblov vesoljski teleskop kroži na orbiti okoli Zemlje in je od nje oddaljen le 570 kilometrov, pa bo teleskop James Webb krožil okoli Sonca na razdalji 1,5 milijona kilometrov od Zemlje. To je skoraj štirikrat dlje kot naša Luna. Razdalja ni naključna. Teleskop je namenjen opazovanju v infrardeči svetlobi in mora zaradi tega ostati na kar se da nizki temperaturi. Webb bo opazoval pri temperaturi 225 stopinj Celzija pod ničlo. Eden od instrumentov za opazovanja pri najdaljši valovni dolžini (MIRI) pa bo ohlajen celo do 266 stopinj Celzija pod ničlo. Da bo teleskop vzdrževal to temperaturo, potrebuje Sončev ščit, ki je sistem več ponjav z velikostjo 21 krat 14 metrov. Da pa bi ščit lahko ščitil teleskop, mora biti vedno obrnjen proti Soncu, zato bo Webb krožil tako daleč od Zemlje na tako imenovani točki Lagrange 2. To je stabilna točka, ob kateri lahko Webb in Zemlja enakomerno krožita okoli



Shematični prikaz izstrelitve in odpiranja vesoljskega teleskopa James Webb. Vir: NASA.



Zadnji pogled na teleskop po izstrelitvi 25. decembra leta 2021. Slika so posnеле kamere, nameščene na zgornji stopnji rakete, ko se je teleskop ločil od nje. Vir: Arianespace, ESA, NASA, CSA, CNES.

Sonca in Webb s tem lahko ohranja lego Sončevega ščita in vzdržuje komunikacijo z Zemljo. Hubblov teleskop v nasprotju kroži zelo »blizu« Zemlje (570 kilometrov nad Zemljo) in spreminja lego glede na Sonce. V 97-minutni orbiti polovico časa preživi izpostavljen Soncu, drugo polovico pa v Zemljini senci, in doživi tako velika temperaturna nihanja (od minus 250 stopinj Celzija do plus 100 stopinj Celzija). Za Webbov teleskop in njegove kamere bi takšna nihanja povzročila prevelik šum, zato smo ga poslali v točko Lagrange 2, čeprav to pomeni, da je tako daleč, da možnosti popravila ne bo.

Razpiranje in utirjanje sta potekali ne le po načrtih, bili sta nad pričakovanji. Ker je Webb za utirjanje porabil razmeroma malo goriva, se mu je s tem podaljšala tudi življenjska doba - s predvidenih 5,5 leta na skoraj 20 let. Pred Webбом je tako dve desetletji velikih raziskav, ki bodo zagotovo spremenile naš pogled na vesolje.

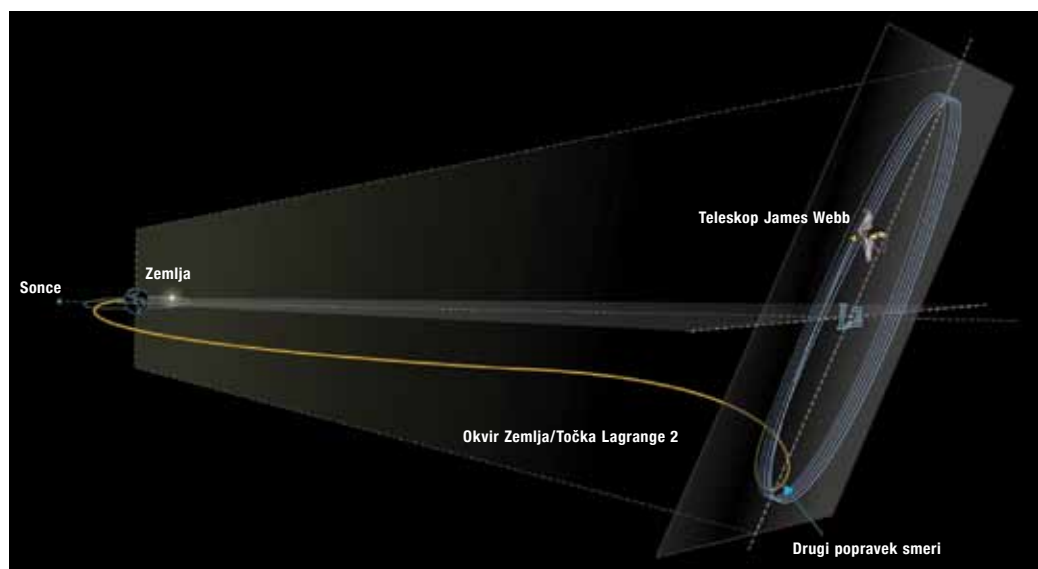
Tudi umerjanje poteka hitreje, kot smo pričakovali, v marcu leta 2022 smo dobili prvo izostreno sliko Webbove kamere NIRCam (Near Infrared Camera). Dva meseca smo astronomi počasi premikali osemnajst zrcal, dokler niso začela skupaj delovati kot enotno primarno zrcalo. Pridobljena slika kaže popolno izostreno sliko, z najboljšo ločljivostjo, ki jo omogoča optika teleskopa. V mesecu maju smo izostrili sliko po celotnem vidnem polju za vse Webbove kamere, NIRISS (Near InfraRed Imager and Slitless Spectrograph), NIRCam, NIRSpec (Near InfraRed Spectrograph) in MIRI (Mid-Infrared Instrument). Julija pa bo konec čakanja in dobili bomo prve podatke za znanstvene raziskave.

Prav tako kot Hubble bo tudi Webb opazoval vesolje na veliko različnih načinov. Štiri kamere nam bodo omogočale, da bomo lahko opazovali od planetov v našem in zunaj našega Osončja do zvezd in galaksij na samem začetku našega vesolja. Kameri



Webbovo 18-segmetno zlato zrcalo je zasnovano tudi z namenom, da posname infrardečo svetlobo prvih galaksij, ki so nastale v vesolju. Vir: NASA.

Lagrangeeve točke so stacionarne točke v dinamiki gibanja treh teles. V teh točkah tretje telo (v tem primeru teleskop James Webb z zanemarljivo maso v primerjavi z drugima dvema telesoma, Zemljo in Soncem) ohranja svojo lego relativno glede na drugi dve telesi. Webbov teleskop se bo nahajal na točki L-2, kjer je že nekaj drugih teleskopov (Planck, Herschell). Vir: NASA/Steve Sabia.



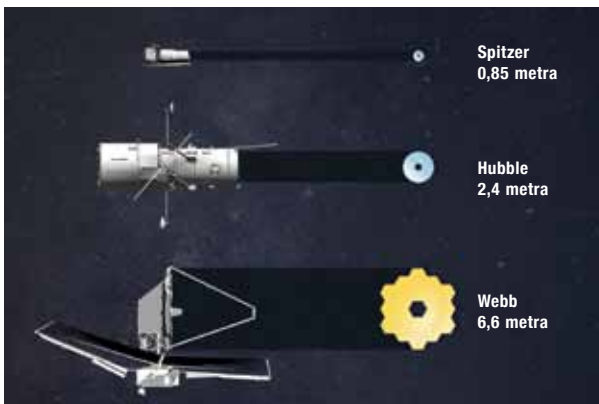
Slika za oceno uravnave teleskopa



Prva izostrena slika teleskopa James Webb. Vir: NASA.

NIRCam in MIRI sta na primer namenjena predvsem za fotografijo, prva za krajše in druga za daljše infrardeče valovne dolžine, medtem ko sta kameri NIRISS in NIRSpec namenjeni predvsem snemanju spektrov. Spektri nam omogočijo vpogled v kemijsko sestavo objektov, ki jih opazujemo. Tako bomo lahko ugotovili, iz katerih prvin so sestavljene prve galaksije, ki so nastale v

vesolju, in kakšna je sestava ozračij planetov zunaj našega Osončja. Ali vsebujejo ogljikov monoksid, vodno paro, morda celo metan? Preučevali bomo tudi organske spojine v Marsovem ozračju. Prav spektroskopija bo največja novost Webbovega teleskopa in vse štiri kamere imajo to funkcijo. Sama sem sodelovala pri razvoju znanstvenega programa za kamero NIRISS, s katero bomo snemali spektre vseh objektov v njenem vidnem polju (pri kameri NIRSpec moramo te objekte določiti vnaprej). Prav zaradi tega ima ta kamera ogromne raziskovalne možnosti. Morda odkrijemo objekte v vesolju, za katere do sedaj sploh nismo vedeli, da obstajajo. Webb je teleskop, na katerega je



Na sliki so primerjane velikosti različnih teleskopov. Vir: NASA.

bilo vredno čakati. In še enkrat bomo lahko dokazali, da temeljno znanost velja podpreti. Kje pa bi bili, če bi tistemu, ki je izumil kolo, pred tem odvzeli orodje. Takrat še sam ni vedel, čemu bo to kolo koristilo, razvijali naj bi ga za potrebe umetnosti. Danes pa namesto kolesa nadgrajujemo Sončev ščit in

tehnologijo, ki je ponesla v vesolje šest ton težek teleskop, ki nam bo dal odgovore na vprašanja, kako smo nastali in ali je morda mogoče živeti na planetih zunaj našega Osončja.



Maruša Bradac je od 1. januarja leta 2022 profesorica na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani, pred tem pa je bila profesorica na Univerzi v Kaliforniji Davis. Glavna tema njenih raziskav so prve galaksije v vesolju. Preučuje tudi sestavo vesolja, njena posebnost pa so meritve lastnosti temne snovi, ki sestavlja kar četrtno vesolja. Sodeluje v skupini, ki je razvijala kamero NIRISS na vesoljskem teleskopu James Webb. Je dobitnica projekta First Light (Prva svetloba), ki ga financira Evropski raziskovalni svet (European Research Council, ERC). Raziskovala bo nastanek prvih zvezd in galaksij. Pri tem bo uporabila podatke, pridobljene z vesoljskim teleskopom James Webb. S temi podatki bo preučevala obdobje temnega veka, ko so prve galaksije ionizirale nevtralni vodik in spremenile vesolje iz neprepustnega v prozornega za ultravijolično svetlobo. Foto: Peter Irman.

Botanika in etologija opraevalcev • Vpliv zgradbe socvetja pri zaviti škrbici

Vpliv zgradbe socvetja pri zaviti škrbici *Spiranthes spiralis* (L.) Chevall. (Orchidaceae) na vedênje opraevalcev

Dorotej Černela, Žan Cenc, Igor Paušič

Zavita škrbica (*Spiranthes spiralis*) je travniška vrsta iz družine kukavičevk (Orchidaceae). Med vsemi predstavnicami te družine, samoniklimi v Sloveniji, prične cveteti najkasneje v rastni sezoni, cvetoče primerke lahko v naravi občudujemo pozno poleti in vse do konca oktobra. Prepoznamo jo po značilnih socvetjih, sestavljenih iz majhnih, belih in dišečih cvetov. Prijetni vonj cvetov mnoge spominja na vonj vanilije ali šmarnice. Če njene cvetoče primerke pogledamo podrobneje, lahko ugotovimo, da se socvetja med posameznimi rastlinami razlikujejo: tako po številu cvetov, dolžini socvetja

in - kar je najpomembnejše in najbolj očitno - po sami zgradbi socvetja. Zgradba socvetja oziroma trirazsežna razporeditev cvetov na osi socvetja se med posameznimi primerki razlikuje, kar ima ključno vlogo pri njenem opraešitvenem uspehu. Različne oblike socvetij namreč izzovejo različne vedênjske vzorce pri opraevalcih. Prav pestrost cvetov in različne oblike socvetij nas botanike navdušujejo in zato cvetnice v naravi občudujemo in fotografiramo. Poudariti velja, da je kljub veliki pestrosti oblik in različni zgradbi socvetij pri kritosemenkah vpliv zgradbe na privabljanje opraevalcev, njihovo vedênje

in posledično na opraitveni uspeh posamičnih cvetov področje, ki je še zmeraj slabo preučeno. Vpliv različne zgradbe socvetij pri zaviti škrbici (znotrajvrstne variabilnosti oziroma spremenljivosti zgradbe socvetja) na vednje učinkovitega opraševalca predstavljamo v nadaljevanju.

Splošni opis vrste

Zavita škrbica je visoka od deset do petindvajset centimetrov in ima dlakavo sivo zeleno cvetno steblo. Listi so goli, temno zeleni, eliptične ali suličaste oblike in tvorijo pritlično rozeto. Socvetje je sestavljeno iz treh do dvajsetih cvetov, ki so pri večini primerkov nameščeni izrazito spiralno okrog cvetnega stebela. Cvetovi so majhni, bele barve, z odtenki zelene na medeni ustni. Tudi cvetovi so poraščeni z drobnimi dlačicami - trihomi. Medena ustna je podolgovata in ovalna, v osrednjem delu rahlo razširjena in valovita. Na bazi medene ustne lahko opazimo dve dobro vidni nektarni žlezi. Ta orhideja se razmnožuje spolno in vegetativno. Vegetativna rast, ki je sicer precej omejena, zajema tvorbo stranskih brstov podzemnih stebel. Vrsta nima mehanizma samoopraševanja, zato so za uspešno opraititev potrebni opraševalci, predvsem kožerilci (čmrlji in čebele). Uspešnost opraitevanja v naravnem okolju in tvorba plodov sta visoki, v povprečju več kot petdesetodstotna (Jacquemyn, Hutchings, 2010). Na boljši opraitveni uspeh posameznih cvetov vplivata velikost rastline in posledično tudi večje število cvetov v socvetju. Negativno na njeno opraititev vplivajo druge rastline, ki cvetijo v istem obdobju, saj z njo tekmujejo pri privabljanju opraševalcev.

Spremenljivost (variabilnost) zgradbe socvetij

Socvetja so povečini spiralno zavita, z dvema prevladujočima oblikama navitja - spirale. Spiralna namestitev cvetov poteka v smeri urinega kazalca ali v obratni smeri, poznamo torej levo- in desnosučna socvetja. Smer spirale ni edina razlika, ki jo lahko zasledimo, saj se socvetja razlikujejo tudi po



Zavita škrbica (Spiranthes spiralis).

Foto: Dorotej Černela.



Levosučna spirala (slika levo) in desnosučna oblika spirale (slika desno). Foto: Igor Paušič.

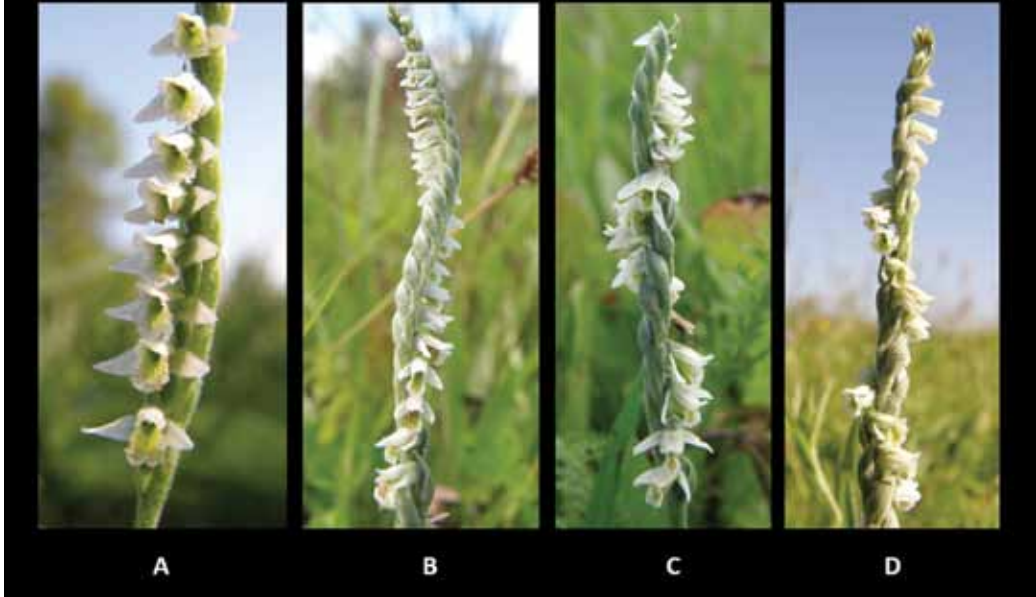
številu zavojev znotraj socvetja (kolikokrat se spirala obrne za celi krog - 360° - oziroma kakšen je skupni seštevek horizontalnih - vijčnih - kotov med sosednjimi cvetovi). V naravi opazimo primerke, katerih spirala se zasuka zgolj enkrat, spirale, ki se zasukajo enkrat in pol, dvakrat, in celo spirale, ki se zasukajo trikrat. So tudi socvetja, pri katerih so cvetovi na cvetno steblo nameščeni enostransko in so torej ravna.

Vednje opraevalca v odvisnosti od zgradbe socvetja

Cvetovi pri zaviti škrbici so lahko spiralno nameščeni na steblo socvetja, če gre za zavita socvetja. V primeru, ko imamo ravno socvetje, so cvetovi nanizani linijsko, enostransko drug nad drugim. Vijčni kot (horizontalni kot med sosednjimi cvetovi) je vzdolž

socvetja enak, se pa razlikuje med socvetji posameznih primerkov. Cvetovi se pričnejo odpirati na spodnji strani socvetja. Bolj ko se od najnižjega cveta v socvetju oddaljujemo, z drugimi besedami, bolj ko potujemo proti vrhu socvetja, manj cvetov je odprtih oziroma še niso popolnoma odprti. Povsem na vrhu socvetja lahko opazujemo cvetove, ki so še nerazviti, zaprti. Na bazalnem delu medene ustne sta dve medeni žlezi, ki izločata majhne količine nektarja. Nektar se zbira v majhnih votlinah v neposredni bližini obeh žlez. Pot do nektarja je izjemno ozka. Do nektarja lahko opraevalci lažje dostopajo na popolnoma odprtih, starejših cvetovih, ki se nahajajo na spodnjem delu socvetja. Tam se pri veliki večini opraevalcev začne pot prehranjevanja in opraevanja pri zaviti škrbici. Ta pot se torej običajno

Različna arhitektura socvetja (različen vijačni kot)



Na primeru številčno večjih populacij zavite škrbice (kot so na primer na Goričkem), lahko opazujemo različne zgradbe socvetij: A – enostransko nameščene cvetove (ravna socvetja), B – 360 stopinj – enojna spirala, C – 540 stopinj – spirala in pol, D – 720 stopinj – dvojna spirala. Na terenu opazimo tudi vmesne oblike med njimi. Foto: Igor Paušič.

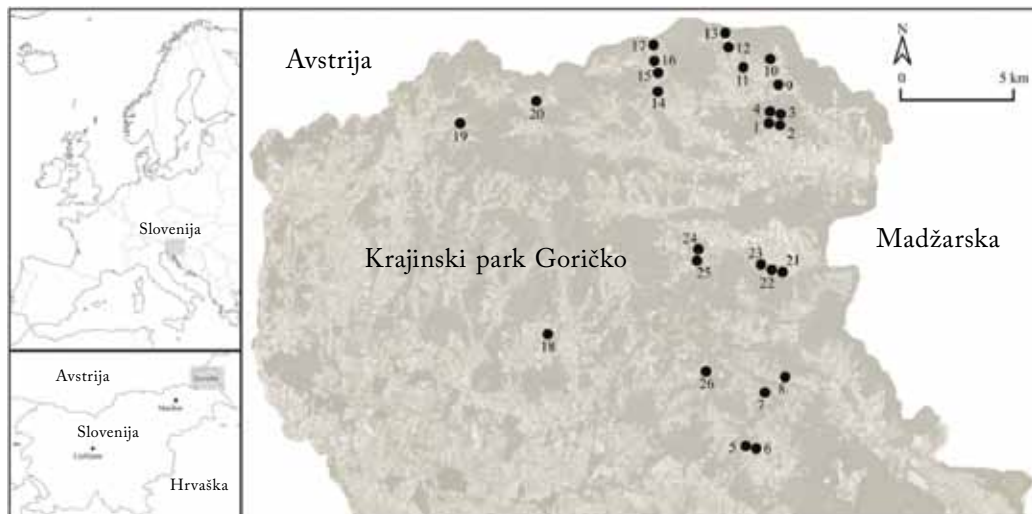
začne na dnu socvetja na najbolj odprtem cvetu, ki je še vitalen, in nadaljuje na cvetovih vse do vrha (Iwata in sod., 2011). Če opraševalec izpusti cvet ali več cvetov na svoji poti proti vrhu socvetja, to imenujemo neobičajni potek gibanja opraševalca po socvetju (Iwata in sod., 2011). Opraševalec v nepopolno odprtih cvetovih do nektarja težje dostopa in ob poskušanju, da bi nektar dosegel, z jezičkom (proboscis) sega v cvet. V neposredni bližini medenih žlez se nahajata prašnika. Skupki peloda (polinariji) so nameščeni na lepljivo ploščico (viscidij), ki se opraševalcu med prehranjevanjem prilepi na glavo. Tako opraševalec nehote prenese pelod na sosednji cvet.

Metode dela

Na izbranem območju Krajinskega parka Goričko smo od začetka septembra do

druge polovice oktobra leta 2021 spremljali vednje opraševalcev na rastiščih zavite škrbice. Na teren smo se odpravili desetkrat, le v sončnem vremenu. Naš cilj je bil posneti učinkovitega opraševalca na primerkih zavite škrbice z različno zgradbo socvetja. Vednje opraševalca smo spremljali pri vsakem zgradbenem tipu socvetja posebej in pri vsaj petih rastlinah enakega tipa socvetja. Tako smo lahko z gotovostjo razložili vzorec obnašanja opraševalca glede na zgradbo socvetja zavite škrbice. Uporabljali smo tri videokamere visoke ločljivosti. Hkrati pa smo foto- in videoposnetke pridobili tudi z našimi pametnimi telefoni in poskušali čim bolj podrobno posneti različne tipe socvetij (smer spirale, število cvetov, število zavojev in tako dalje) in vednje opraševalcev na posameznem zgradbenem tipu socvetja.

Območje raziskovanja



Prostorski prikaz znanih rastišč zavite škrbice v Krajinskem parku Goričko. Opraevalce smo snemali in spremljali na rastiščih od 14 do 17. Ta travišča so v okolici naselij Čepinci, Budinci, Dolenci in Markovci. Izbrali smo jih zaradi vitalne populacije zavite škrbice, na nekaterih delih travnikov smo našli tudi po nekaj sto njenih primerkov.

Vir: Paušič in sod., 2017.

*Oprema, ki je potrebna za spremljanje učinkovitih opraevalcev pri zaviti škrbici (*Spiranthes spiralis*) na Goričkem.*

Foto: Dorotej Černela.



Rezultati

Rezultate našega terenskega dela predstavljajo videoposnetki in fotografije, ki smo jih posneli z mobilnim telefonom. Ugotovili smo, da spiralni kot med sosednjimi cvetovi v socvetju močno vpliva na vedenje opraevalcev in posledično na opraitveni uspeh

cvetov zavite škrbice. Dokazali smo, da posebna zgradba socvetja pri zaviti škrbici izzove natančno določeni vednjski odziv pri opraevalcih. Spremljali smo predvsem čebele (*Apis mellifera*), ki so znane učinkovite opraevalke zavite škrbice. Povečanje vijačnega kota med sosednjimi cvetovi pov-

Običajna pot premikanja opraevalca po socvetju navzgor. Učinkoviti opraevalec (Apis mellifera) ne izpušča sosednjih cvetov in obiše vse odprte cvetove od spodnjega dela socvetja proti vrhu, pri čemer mu ni treba opravljati kratkih letov med cvetovi, kar pomeni manjšo porabo energije pri pomikanju po socvetju. Slike si sledijo v kronološkem zaporedju od leve proti desni. Foto: Dorotej Černela.



Neobičajna pot gibanja opraevalca po socvetju zavite škrbice. Slike si sledijo v kronološkem zaporedju od leve proti desni. Čebela izpusti nekaj cvetov in ne sledi spirali oziroma sosednjim cvetovom ter odleti na oddaljeni cvet. Foto: Dorotej Černela.

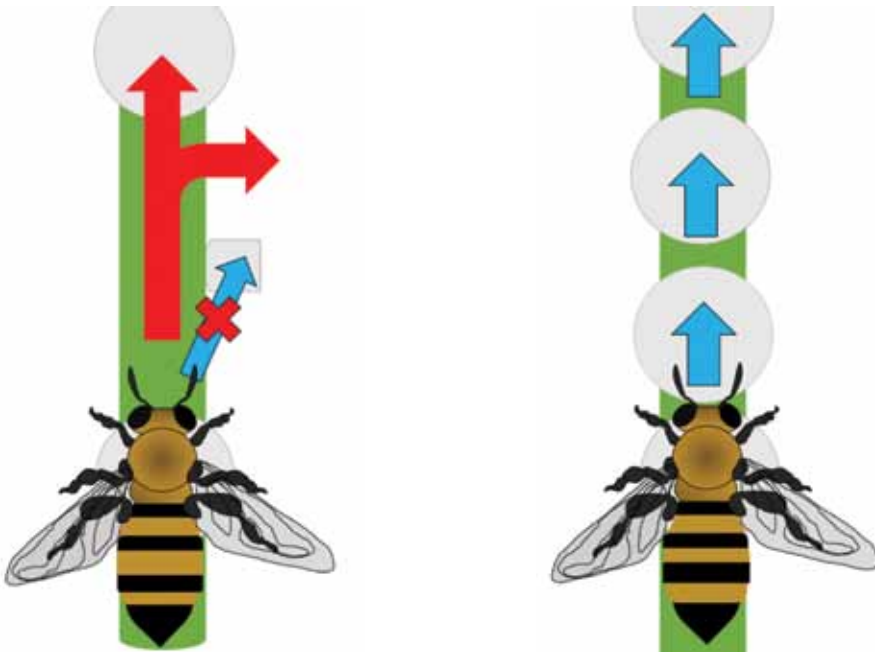


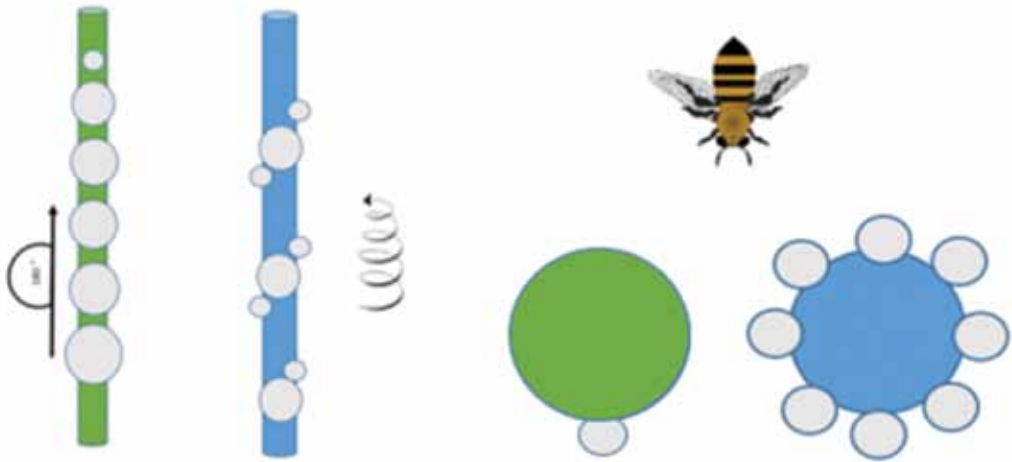
zroči, da se število obiskov takega socvetja zmanjša, število uspešnih oprášitev upade, pot opráševalca pa se v smeri proti vrhu socvetja spremeni tako, da opráševalec začne izpuščati posamezne cvetove. Ker je kot med cvetovi tako velik, se čebela ne more sprehajati s cveta na cvet, ampak je potreben kratek let, kar od opráševalca zahteva dodatno energijo. Močno zasukana (spiralizirana) socvetja opráševalec kmalu zapusti in odleti na naslednjo rastlino. Za opráševalce najbolj privlačna so »ohlapno« zavita in nespiralizirana (enostranska) socvetja ter tista, kjer vsota vseh vijačnih kotov sosednjih cvetov znaša 360 stopinj - enojna spirala. Pri teh socvetjih je tudi navpična razdalja med sosednjimi cvetovi najmanjša (največja gostota cvetov). Opráševalec na poti po takem socvetju porabi najmanj energije, saj se pomika s cveta na cvet in mu

ni treba leteti. Opráševalec se pri »ohlapno« spiraliziranih socvetjih zadrži dlje časa, obišče več cvetov, kar poveča oprášitveni uspeh cvetov takih socvetij. Dokazali smo, da se oprášitveni uspeh pri zaviti škrbici zmanjšuje s povečevanjem vijačnega kota med sosednjimi cvetovi.

Kljub večjemu oprášitvenemu uspehu cvetov v enostranskih in ohlapno zavutih socvetjih imajo tudi močno spiralizirana socvetja v populacijah pomembno vlogo. Gre namreč za optično zaznavo socvetij s strani učinkovitih opráševalcev. Vidni dražljaj je tisti, zaradi katerega opráševalec socvetje med letom zazna in se mu približa. Vidno ga privabi tudi barvni kontrast cvetov, ki ga tvorijo s cvetnim stebлом in njihovo okolico. Opráševalci v naravi namreč zaznavajo tudi vzorce in si jih zapomnijo. Zaznajo posebno zgradbo socvetja škrbice kot vzorec, ki

Skica neobičajne poti opráševalca po socvetju (levo), kjer opráševalec cvet ali več cvetov izpusti, del socvetja preleti in tako porabi pri prehranjevanju z medicino več energije. Skica običajne poti premikanja opráševalca po socvetju, kjer opráševalec ne izpušča sosednjih cvetov (desno). Slika: Dorotej Černela.





Skica različnih zgradb socvetja. Na levi strani imamo dve različni socvetji, prikazani iz perspektive stranskega risa in na desni iz perspektive tlorisa (zeleno steblo predstavlja enostransko socvetje, modro obarvano steblo spiralno socvetje). Desna skica še prikazuje, da enostransko socvetje opraševalcu ni vidno iz smeri preleta, medtem ko je zavito vidno iz vseh smeri. Slika: Dorotej Černela.

ga privabi. Enostranska in »ohlapno« zavita socvetja so mu vidna le iz smeri poteka cvetov, medtem ko so mu močno spiralizirana socvetja vidna iz vseh smeri. Vsak cvet zavite škrbice ima dve nektarni žlezi, ki tvorita razmeroma malo medicīne, kar pomeni malo nagrade za opraševalca. Če bi bila vsa socvetja na primer samo enostranska, bi opraševalci, ki si v prostoru zapomnijo vzorce (so učljivi), hitro izgubili zanimanje za to vrsto in bi za pašo izbirali druge, bolj medonosne cvetoče rastline, od obiska katerih bodo imeli v energetskega smislu večjo korist. Škrbica cveti na koncu rastne sezone, ko je na travnikih le še nekaj drugih vrst cvetočih rastlin, vremenske razmere (predvsem dnevna temperatura zraka) postajajo manj ugodne, opraševalci se pripravljajo na prezimovanje in varčujejo z energijo. Tudi zato je pomembno, da zavita škrbica s svojo zelo raznoliko zgradbo socvetij med primerki v istih populacijah ohranja pozornost opraševalcev. Tako si zagotovi oprašitev cvetov kljub nizki nagradi, majhni količini medicīne, ki jo zagotavlja opraševalcem.

Literatura:

- Acharya, K. P., Wood, J. J., Berwian, R., Sharma, A., 2010: *Spiranthes spiralis* (Orchidaceae), a new record for the Nepal Himalaya. *Harvard Papers in Botany*, 15 (1): 71-72.
- Ishii, H. S., Hirabayashi, Y., Kudo, G., 2008: Combined effects of inflorescence architecture, display size, plant density and empty flowers on bumble bee behaviour: experimental study with artificial inflorescences. *Oecologia*, 156 (2): 341-350.
- Iwata, T., Nagasaki, O., Ishii, H. S., Ushimaru, A., 2012: Inflorescence architecture affects pollinator behaviour and mating success in *Spiranthes sinensis* (Orchidaceae). *New Phytologist*, 193 (1): 196-203.
- Jacquemyn, H., Hutchings, M. J., 2010: Biological Flora of the British Isles: *Spiranthes spiralis* (L.) Chevall. *Journal of Ecology*, 98 (5): 1253-1267.
- Jordan, C. Y., Harder, L. D., 2006: Manipulation of bee behavior by inflorescence architecture and its consequence for plant mating. *American Naturalist*, 167: 496-509.
- Paušič, I., Kaligarič, M., Bakan, B., 2017: Late seasonal mowing enhances central European *Spiranthes spiralis* (L.) Chevall. (Orchidaceae) population viability. *Botany Letters*, 164 (4): 401-412.
- Scopece, G., Gravendeel, B., Cozzolino, S., 2017: The effect of different chiral morphs on visitation rates and fruit set in the orchid *Spiranthes spiralis*. *Plant Ecology and Diversity*, 10 (2-3): 97-104.

Slovarček manj znanih besed:

Proboscis. Dolg koničasti jeziček za srkanje nektarja.

Generativno razmnoževanje. Spolno razmnoževanje s semeni.

Vegetativno razmnoževanje. Nespolno razmnoževanje z deli rastlin (brsti).

Polinarij. Rumeni lepljivi paketek s pelodom.

Intraspecifična variabilnost. Raznolikost znotraj iste vrste.



Dorotej Černela je svoj prosti čas že od nekdaj rad preživel v naravi, kjer je z velikim zanimanjem občudoval različne živalske in rastlinske vrste, prav svet rastlin pa je tisto področje, ki je še posebej pritegnilo njegovo pozornost. Zanimanje za naravo je bil ključen razlog, da ga je poznejša pot zanesla v biologijo. Na dodiplomskem študiju se je zanimanje za rastline še povečalo, saj je svoje znanje botanike še dodatno poglobil in na terenskih vajah spoznal pestro floro Slovenije. Ko je spoznal prvo predstavnico travniških orbidej iz rodu mačjih ušes (Ophrys), se je začelo raziskovanje te prekrasne družine, ki ga je pripeljalo tudi do zavite škrbice (Spiranthes spiralis). Vpliv zgradbe socvetja pri zaviti škrbici je predstavil na botaničnem simpoziju na Wraberjevem dnevu 2021. Septembra leta 2021 je diplomiral iz biologije na Fakulteti za naravoslovje in matematiko Univerze v Mariboru. S študijem sedaj nadaljuje na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani na študijskem programu ekologije in biodiverzitete.



Žan Cenc je tehnični sodelavec (laborant) na Oddelku za biologijo Fakultete za naravoslovje in matematiko Univerze v Mariboru. Večino dela opravlja na področju botanike, predvsem je zadolžen za terensko delo. Ljubiteljsko se ukvarja s hortikulturo, čebelarstvom in potapljaštvom, vedno več pa zahaja tudi v gore. Zadnje čase ga zanimajo predvsem avtohtone kukavice in njihovi opraševalci kakor tudi vzgoja ogroženih vrst in vitro.



Igor Paušič je po izobrazbi geograf in biolog, zaposlen je kot docent na Oddelku za biologijo Fakultete za naravoslovje in matematiko Univerze v Mariboru, kjer poučuje splošno botaniko in sistematiko rastlin ter s študenti izvaja laboratorijske in terenske vaje. Njegovo raziskovalno področje obsega krajinsko ekologijo, arheobotaniko, zlasti pa taksonomijo in ekologijo naših samoniklih vrst iz družine kukavičevk. Ukvarja se predvsem z rodovoma Ophrys in Nigritella.

Varstvo rebrinčevolistne hladnikovke (*Hladnikia pastinacifolia*) v Čavnu oziroma Mačjem kotu

Daniel Rojšek

Cestarji so se odločili promet med predori na cesti Lokavc (Lokavec)-Predmeja zavarovati pred padajočim kamenjem z mrežami in ograjami, in sicer prav na bogatem nahajališču rebrinčevolistne hladnikovke (*Hladnikia pastinacifolia*, hladnikovka v nadaljevanju). Prvič smo se na kraju samem sestali v sredo, 5. decembra leta 2018. Delati so začeli v ponedeljek, 17. avgusta leta 2020, končali pa v torek, 2. februarja leta 2021. Z vodstvom podjetja Feniks +, d. o. o. iz Tržiča, delovodjem in delavci smo vzpostavili

zelo dobre odnose. Na gradbišče sem prišel enkrat na teden, med sečnjo drevja, čiščenjem skal in podobnimi grobimi deli celo dvakrat. Resnično so se zelo potrudili, da rastlin ne bi poškodovali ali celo uničili.

Najštevilčnejše izredno lahko dostopno nahajališče tik ob cesti smo zaradi varstva narave uspeli izločiti iz prekritja že v prvih dogovorih. Padci podrtih dreves, vrтанje in izpihovanje zdrobljene kamnine, dvigovanje in razprostiranje mrež ter dru-

Najštevilčnejše nahajališče hladnikovke ob cesti pred deli. 17. avgusta leta 2020. Foto: Daniel Rojšek.



ga dela številnim rastlinam večinoma niso škodovali. Celo več, med delom smo odkrili več pomembnih dejstev o varstvu te redke, ogrožene in zavarovane rastlinske vrste, ki jo želim predstaviti v nadaljevanju. Gre za izredno pomembno rastlino, zato ji namenjam posebno skrb, še posebej smo se potrudili med deli nad omenjeno cesto. Tudi osebno hladnikovko občudujem, še posebej zaradi njene lepote in trdoživosti.

Temu območju rečejo v Lokavcu Mačji kot, na Gori oziroma Predmeji pa Čaven. Golobnica rečejo na Gori zgornjemu delu žleba nad mostom, kjer so previsne skale s policami v spodmolih. Na njih so v bližnji preteklosti gnezdili skalni golobi (*Columba livia*), sedaj pa jih ni več (Elvica Velikonja, e-sporočilo, 18. decembra 2020).

V besedilu na več krajih omenjam levo in desno stran. Določimo jo glede na smer vodnega toka, čeprav so tam hudourniki večino leta suhi.

Hladnikovka na kratko

Hladnikovka je slovenski paleoendemit in edini rodovni endemit v Sloveniji, ki je del družine koblunic (Apiaceae). Paleoendemit zato, ker se je izpred ledenih dob ohranil le na ozemlju zdajšnje Slovenije in nikjer drugod. Tudi pri nas raste le na zelo omejenem območju na severnih in južnih obronkih Trnovskega gozda in Gori.

Rastlina je dvo- oziroma večletnica z bleščečimi listi, ki spominjajo na navadno zeleno (*Apium graveolens*) oziroma navadni rebrinec (*Pastinaca sativa*). Od tod izvirata prvi del slovenskega in drugi del strokovnega imena. Poimenoval jo je nemški botanik H. G. Ludwig Reichenbach po Francu Hladniku, ustanovitelju Botaničnega vrta v Ljubljani. Henrik Freyer, takratni ljubljanski gimnazijec, kasnejši znani lekarnar in botanik iz Idrije, jo je našel že leta 1819, v botanično slovstvo pa jo je omenjeni nemški raziskovalec vpisal šele leta 1831 (Wraber, 1990: 110, in 2003: 132; Čušin, 2004: 107-113). Gustav Hegi (1925: 1180) navaja poleg

sedanjega imena še osem drugih. Med njimi izpostavljam poimenovanji Franca Hladnika (*Oenanthe apiifolia*), kar bi lahko poslovenili v zeleninolistni sovec, in slovaškega botanika F. Langa (*Oenocarpon Freyeri*; Wraber, 2003: 132; Praprotnik, 2015: 156).

Hladnikovke ne opisujem, saj so jo v slovenščini podrobno opisali Franc Sušnik (1964), Tone Wraber (1990), Boško Čušin (2004), Nina Šajna (2010) in Elvica Velikonja (2012). Omeniti se mi zdi pomembno le dve dejstvi. Pri zelo mladih rastlinah so pritlični listi še enojni in rahlo nazobčani oziroma napiljeni. V skalnih razpokah vretenaste korenike rastejo v smeri praznega prostora, ne le navpično navzdol, lahko tako vodoravno kot celo navpično navzgor oziroma tja, kjer je prostor in/ali hrana.

V Golobnici so ob hladnikovki odkrili rožnatega dolgina (*Leibobunum roseum*), endemično vrsto suhe južne (Šajna in sod., 2009).

Varstvo hladnikovke med deli na cesti in ob njej

Na gradbišču na cesti Lokavc-Predmeja smo se dobili pred začetkom dela. Najprej sem hladnikovko predstavil in jo pokazal. Na začetku so imeli težave z zamenjavo s predalpskim prstnikom (*Potentilla caulescens*), ker ga je tam bistveno več, oni pa se z rastlinami do tedaj niso ukvarjali. Varstvo hladnikovke je zanje postal svojevrstni izziv. Zanj so res vzorno skrbeli, čeprav jim je to jemalo dragoceni čas.

Začetne težave z razlikovanjem smo hitro odpravili, kajti pripravljala dela za postavitev ograj in mrež so hladnikovko najbolj ogrožala. S podiranjem drevja so začeli zunaj nahajališča. Veje so oklestili in z njimi zavarovali rastline ter jih s tem obvarovali pred padajočim drevjem. Takoj, ko so podrli vsa drevesa, so veje odstranili, da se hladnikovke ne bi zaradi pomanjkanja svetlobe spotegnile in izčrpale. Drevesa so s padci razrahljala preperino in



Zavarovanje rastlin pred poškodbami. 2. septembra leta 2020. Foto: Daniel Rojšek.

skalno podlago. Veter in dež sta prenašala preperino, lubje, listje in iglice ter s tem prekrivala rastline. Sproti so jih izključno z rokami pazljivo očistili, da jih z ostrimi predmeti ne bi poškodovali.

Veliko preglavic je bilo s hladnikovkami, ki so rasle v obcestnem jarku, od koder je bilo treba zelo veliko usedlin izjemno previdno odstraniti in rastline ponovno izpostaviti sončni svetlobi. Potem so nalivi s prenašanjem preperine na eni strani razgalili korenike, na drugi pa liste zasuli. Tudi te težave smo uspešno rešili.

Stanje hladnikovke v Golobnici in pod njo med avgustom leta 2020 in marcem leta 2022

V sredo, 18. oktobra leta 2020, mi je Blaž Belhar, vodja del, poročal o svojem opazovanju hladnikovke v žlebu in mi pokazal slike, nato pa še z mosta več izredno lepih, zelo velikih in močnih rastlin. Kasneje smo ugotovili, da nahajališče pod mostom in tik nad

njim ni novo, kajti žleb se imenuje Golobnica. Omenjajo jo Čušin (2004), Šajna (2010) ter Šajna in sodelavci (2009, 2012, 2014, 2019). Nina Šajna jo je popisovala pod mostom, navzdol se ni spustila, navzgor ni plezala (e-sporočilo, 1. februarja 2021). Kje natančno je popisoval Boško Čušin, nisem mogel izvedeti. Prepričan sem, da v zgornjem delu žleba ni bil.

V četrtek, 29. oktobra, sem se spustil v žleb, si ogledal rastline od blizu in določil meje nahajališča, kolikor je bilo mogoče brez plezanja. Najprej sem se povzpel po levem gruščnatem delu žleba do skalne stopnje približno trideset metrov nad most oziroma 845 metrov visoko nad morje. Rastline uspevajo na grušču, v skalnih razpokah po stenah in na dnu žleba in sami hudourniški strugi, kjer jim voda celo razgali korenike. Tudi v desnem, skalnem delu žleba jih najdemo v razpokah. Zaradi prestrmega dna se nisem povzpel tako visoko kot v levem delu. Domneval sem, da hladnikovka uspeva po

grušču in skalnih razpokah do vrha žleba oziroma nadmorske višine okoli 900 metrov. Spustil sem se po levem gruščnatem delu žleba, približno pet metrov nad dnom hudourniške struge. Rastlin je bilo veliko tako na grušču kot v strugi, kjer so si zavetje pred deročo vodo našle pod skalami. Najnižje sem opazil tri rastline, na manjši, s svetlim gozdom poraščeni skalno-gruščnati zaplati z redkimi vejami listopadnih dreves nad njo, ob desni strani žleba. Vse tri so uspevale med gruščem in redkimi travami v polsenčni 715 metrov nad morjem.

Malce više, približno pet metrov stran, sem med borovci opazil rastlino s cvetovi in mladimi plodovi. Že prej sem videl cvetoče, jesenske rastline. Večina je odcvetela v pozni pomladi in v zgodnjem poletju odvrгла semena, opazil sem namreč ostanke

stebel in kobulov. Jesenske so zacvetele po dolgotrajni poletni suši, ko je prišlo toplo zgodnjejesensko deževje in jih spodbudilo k cvetenju.

Povzpел sem se po desni strani žleba, ki je bolj poraščena z drevesi in grmi od leve. Tudi na desni je bilo več desetih lepih rastlin, tako na grušču kot v skalnih razpokah po stenah. Na desnem, strmem pobočju pri žlebu so razgaljene skale med redkim borovim gozdom in travo v podrastu. V tem polsenčnem okolju so uspevale prav lepe rastline (približno 720 metrov nad morjem). V žlebu sem videl tudi travnolistni grintavec (*Scabiosa graminifolia*) in hladnikovko, ki raste čisto skupaj. Grintavci so se zaradi več vode bogato razrasli. Nasprotno pa so tisti, ki rastejo v grušču na skalah ob sosednjem hudourniku, manjši in bolj sivi, saj so prisi-

Najnižje hladnikovke med skalnimi čermi, redkim drevjem in grmovjem na nadmorski višini 705 metrov. 5. novembra leta 2020. Foto: Daniel Rojšek.



ljeni varčevati s skromnimi količinami vode. Po stenah rastejo številni lepi jeglički (*Primula auricula*) blizu hladnikovke. Primerek v žlebu pod mostom me je presenetil, saj raste v vrbovi senci, visoke hudourniške vode pa ga oblivajo. Na osenčenem grušču v spodnjem delu žleba rastejo skupaj s hladnikovko tudi lepi primerki temnordeče močvirnice (*Epipactis atrorubens*).

Najnižje rastline sem opazil na grušču, poraščenem z redkim drevjem in grmovjem, in v skalnih razpokah apnenčastodolomitnih »škrbin« na levi strani žleba, približno 705 metrov nad morjem.

V torek, 10. novembra leta 2020, sva se z Blažem odpravila v zgornji strmi del Golobnice, ki brez plezanja ni prehodna. Blaž me je vodil in varoval, kajti pobočje

si je ogledal dan poprej in mi sporočil, da je najvišje hladnikovke opazil v zajedu na majhnem grušču prav na vrhu žleba, v tem delu je zagotovo odkril novo nahajališče.

V zgornji del Golobnice sva splezala iz sosednjega hudournika, se povzpela na vmesni greben in spustila nad skok, kamor sem prvič prišel izpod mosta brez plezanja. Dno žleba sestavljajo do kubičnega metra velike skale in grušč. Močnih rastlin je bilo veliko, podobno kot pod skokom. Od tod sva se povzpela v glavni, najširši in najstrmejši del žleba. Strmo, mestoma prepadno skalnato vesino na več krajih prečkajo vmesne, gruščnate police, kjer je mogoče udobno hoditi, vmes pa je treba skalne skoke preplezati. Gruščnate dele poraščajo trave in redka, majhna drevesa, med njimi najdemo številne zelo lepe primerke hladnikovke. Tudi tu

Med hudo poletno sušo so se listi lepih jegličev popolnoma posušili. Jeseni so po dežju ponovno vzbrsteli. 10. novembra leta 2020. Foto: Daniel Rojšek.



sem opazil rastline, ki jim je hudourniška voda razkrila korenike, ko je odnesla grušč. Pod vrhom se žleb zaključí z deloma previsno skalno stopnjo. Pod njo je majhen spodmol z lepimi jegličí (*Primula auricula*). Med poletno sušo leta 2020 so se jim listi popolnoma posušili in porjaveli, česar še nisem videl. Zgodnji jesenski dež je jegliče obudil in odgnali so majhni, zbiti, sivo zeleni poganjki.

Prav na vrhu žleba so rasle tri hladnikovke v izjemno slikovitem okolju zajede nad zgornjo previsno steno, pod čudovitim skalnim čokom; ena se je ugnezdila med drobnim gruščem, dve pa med travo na desni strani zajede (približno 925 metrov nad morjem). V torek, 17. novembra, sem si ogledal rastlino v spodnjem delu hudourniške struge pod mostom, 29. oktobra je na enem kobulu nastavila plodove, na petih pa cvetela. Devetnajst dni kasneje so bili vsi plodovi še zeleni, na dveh kobulčkih so bili sveži cvetovi. V začetku decembra je padlo precej snega,

burja ga je znašala v zamete. Nato je prišla odjuga in snežno odejo stopila. Ostali so le zameti. V četrtek, 17. decembra, so iz ostankov zameta gledali kobuli.

Teden dni kasneje snega ni bilo več. Pri tej rastlini je bilo še veliko zelenih listov in na pogled skoraj dozorelih plodov.

Videti je bilo, da so do konca januarja leta 2021 plodovi dozoreli. Na začetku februarja so se osuli. Mesto sem označil.

Spomladi leta 2021 sem si stanje ogledal in opazil mladice. Tudi ob cesti je decembrska odjuga pobrala sneg. Presenetljivo veliko je bilo rastlin z zelenimi listi. Vmes so bile sem pa tja čisto mlade rastline, kjer so pritlični listi še enojni. Februar leta 2021 je bil kar mrzel, občasno je padel sneg, pomrznil, nato se je med odjugami stopil. Vsi listi pri hladnikovkah so kot običajno pozimi odmrli. Marec je bil zelo topel, vendar je iz Trnovskega gozda pritekal mrzel zrak in rastline so mirovale. April je bil zimski s snegom in

Najvišje hladnikovke na vrhu Golobnice, nadmorska višina 925 metrov. 10. novembra leta 2020. Foto: Daniel Rojsek.





Jesensko cvetenje. 17. novembra leta 2020. Foto: Daniel Rojšek.

Zeleni plodovi štrlijo iz ostanka zameta. 10. decembra leta 2020. Foto: Daniel Rojšek.





Skoraj zreli plodovi. 5. januarja leta 2021. Foto: Daniel Rojšek.

zmrzaljo. Kljub temu so sredi meseca ob cesti hladnikovke ozelenele. Kljub do 10 stopinj Celzija pod lediščem mladi listi niso pozebli, niti tisti, ki jih nista varovala led in sneg. V torek, 20. aprila leta 2021, sem ob cesti opazil številne ozelenele rastline. Obe z razgaljenima korenikama sta zimo preživel in lepo odgnali.

Takrat so po stenah, tudi tam, kjer so napeli mreže, cveteli številni lepi jegličiči (*Primula auricula*). Rastlin torej z deli niso poškodovali.

V Golobnici se je z desne stene žleba februarja ali marca leta 2021 odlomilo več deset kubičnih metrov skalovja. Razbilo se je na kose različnih velikosti in pod seboj pokopalo veliko hladnikovk. V drugi polovici maja leta 2021 sem ob cesti

prvič opazil objedene liste rastlin. V torek, 13. julija, smo se v spodnji del žleba in na njegov vrh podali Igor Dakskobler, ki je popisoval združbe, sodelavec Vinko Treven in podpisani. Prepričali smo se, da so miši, ki so se pomladi leta 2021 množično namnožile (mišje leto), pojedle liste pa tudi korenike hladnikovk, če so le uspele priti do njih. Povzročile so veliko razdejanje. Hladnikovke so se po zdesetkanju mišjega staleža sicer obrasle, cvetele pa so le tiste, ki jih miši niso objedle. To je bilo na skalnih stenah, kjer bi miši bile izpostavljene plenilcem.

V zgodnji jeseni leta 2021 so bile hladnikovke zelo lepe. Kot da jim miši spomladi ne bi pojedle vseh zelenih delov. Zima 2021/2022 je bila mila in zelo

suha. Veliko odmrlih listov hladnikovk ni zgnilo, med njimi sem marca leta 2022 opazil zametke zelenih poganjkov. Čakajo otoplitev, predvsem pa dež, da bodo lahko bujno odgnale.

Pozno jeseni so preplastili cesto z novim asfaltom in z njim prekrili jarek med cesto in steno. Med deli smo se zelo trudili in obvarovali hladnikovke pred propadom, potem pa so jih vzdrževalci ceste z asfaltiranjem jarka uničili. Za vzdrževanje cest namreč ne potrebujejo dovoljenja oziroma soglasja in zato smo izgubili precej hladnikovk ob cesti. Žal je to nahajališče hladnikovke in drugih zavarovanih rastlin tudi »priročno« odlagališče odpadkov, ki jih mečejo vanj kar z mosta oziroma s ceste. Gre za ostanke elektronskih naprav, pralnih strojev, štedilnikov in starih vozil ter gume. Še posebej motijo vreče z drobovino, ki močno zaudarjajo. Ti žlebovi so povirni kraki Lokavščeka, 300 višinskih metrov niže je vodovodno zajetje.

Domenili smo se, da bo v letu 2022 ajdovska občinska uprava poskrbela za odstranitev odpadkov in jih odpeljala na ustrezno odlagališče ter postavila opozorila o prepovedi odlaganja. Seveda bom pri tem sodeloval in na isti način ozavestil vse, ki bodo odpadke odstranjevali, kot sem to storil na obravnavanem gradbišču.

Meji nahajališča v Golobnici in ob njej so: zgornja približno 925 metrov in spodnja okoli 705 metrov nad morjem. Blaž mi je pokazal tudi rastline v žlebu nad zgornjim predorom (približno 830 metrov nadmorske višine) in po steninah približno 25 metrov nad cesto med srednjim predorom in mostom. Natančni podatki o mejah nahajališča so na razpolago v novogoriški enoti Zavoda Republike Slovenije za varstvo narave.

Zaključek

Na gradbiščih se pogosto zgodi, da z deli povzročijo veliko razdejanje in poškodujejo ali celo uničijo naravne pojave. Ob cesti

Miši so spomladi leta 2021 pojedle liste in del stebel. Kasneje je odgnal list na sliki. 13. julija leta 2021.

Foto: Daniel Rojšek.





Mlada hladnikovka, pritlični so listi še enojni in rablo nazobčani oziroma napiljeni. 14. septembra leta 2021.
Foto: Daniel Rojšek.

Lokavc-Predmeja so storili vse, da so redke, ogrožene in zavarovane rastlinske vrste brez posledic preživele tudi zelo groba dela kot podiranje drevja, rušenje skal in podobno. Celo več, med delom smo odkrili več pomembnih dejstev o hladnikovki. Z desne stene Golobnice se je februarja ali marca leta 2021 odlomilo več deset kubičnih metrov skalovja in se razbilo na trdnem dnu žleba ter z gruščem in peskom zasulo številne hladnikovke. Te rastline so propadle. V tem primeru so naravni dejavniki hladnikovki povzročili bistveno več škode kot človek z deli v soseščini.

Podnebne spremembe (hude, dolgotrajne suše, hitre spremembe vremena z izrazitimi ohladitvami in odjugami v zelo kratkem času in podobno) rastlinam zmedejo letni življenjski krog. Pri hladnikovkah je bilo

cvetenje jeseni leta 2020 večinoma usodno, saj semena niso imela časa dozoreti in so propadla. Pri eni rastlini so semena dozorela ob koncu januarja leta 2021 in se na začetku februarja osula. Mlade rastline so spomladi istega leta vzkliše. Vendar je bila to bolj izjema kot pravilo.

Hladnikovka je na mraz dobro prilagojena. Zmrzal zelo dobro prenese, tudi mladi spomladanski listi ne pozebejo. Zanimivo, prenese tudi sol (NaCl), kajti cesto na obravnavanem območju močno posipajo in slanica v jarku hladnikovk ni prizadela.

Tudi vročina in suša ji ne prideta do živega. Vodo shrani v mesnati koreniki in z njo varčuje. Med dolgotrajnimi sušami se zeleni deli posušijo, po prvem dežju se ponovno obrastejo. Ugotovil sem, da raste hladnikovka tudi v

težko dostopnih, prepadnih stenah, visoko nad tlemi, od koder veter nosi seme in ga raztrosi daleč naokoli. Sklepam, da raste na tem območju še več hladnikovk, kot sem mislil.

Stanje hladnikovke je bilo sredi julija leta 2021 zaradi mišjega opustošenja porazno. Komaj kakšno olistano rastlino smo opazili, s cvetovi pa smo jih videli zelo malo. Kasneje so se obrasle, cvetele pa ne. Zagotovo je hladnikovka v svojem dolgem življenjskem krogu doživela številna mišja leta in druga opustošenja ter jih uspešno preživila.

Zahvala

Najlepše se zahvaljujem Blažu Belharju za prizadevno sodelovanje v času del, sporočilo o hladnikovki v Golobnici, vodenje in varovanje, dr. Igorju Dakskoblerju za strokovne članke in pojasnila o hladnikovki, dr. Nini Šajna za posredovanje svojih člankov in disertacije ter pojasnila o svojih raziskavah na tem območju in Elvici Velikonja za sodelovanje pri varstvu hladnikovke in prispevek o imenu Golobnica.

Literatura:

- Bavcon, J.,: <http://www.botanicni-vrt.si/component/rastline/bladnikia-pastinacifolia>.
- Čušin, B., 2004: *Hladnikia pastinacifolia* Rchb. – rebrinčevolistna hladnikija, hladnikovka. V: Čušin, B., in sod.: *Natura 2000 v Sloveniji, Rastline*. Ljubljana: Založba ZRC, ZRC SAZU, 107–113.
- Dakskobler, I., Rojšek, D., Velikonja, E., 2021: *Nabajališča hladnikovke (Hladnikia pastinacifolia) na robu njenega območja razširjenosti*. *Proteus*, 84 (2): 54–62.
- Dakskobler, I., Rojšek, D., Velikonja, E., 2022: *Rastišča vrste Hladnikia pastinacifolia na južnem robu Trnovskega gozda*. *Folia biologica et geologica*, 63 (1), v tisku.
- Hegi, G., 1925: *Illustrierte Flora von Mittel-Europa*, 5 (2): 1180–1181. München: J. F. Lehmanns Verlag.
- Praprotnik, N., 2015: *Botaniki, njihovo delo in herbarijske zbirke praprotnic in semenk v Prirodoslovnem muzeju Slovenije*. *Scoplia*, 83/84: 1–414.
- Sušnik, F., 1964: *Taksonomska in borološka problematika taksona Hladnikia pastinacifolia Rchb*. *Diplomsko delo*.

Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, 69 str.

Slovenska Wikipedija: https://sl.wikipedia.org/wiki/Rebrin%C4%8DDevolistna_hladnikija.

Šajna, N., 2010: *Ekologija, biologija in populacijska genetika hladnikovke (Hladnikia pastinacifolia Rchb., Apiaceae)*. *Doktorska disertacija*. Maribor: Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Oddelek za biologijo, 104 str.

Šajna, N., Kušar, P., Slana Novak, L., Novak, T., 2009: *Notes on thermo- and hygropreference in *Leibunum roseum* C. L. Koch, 1839 (Opiliones: Sclerosomatidae) in a habitat of *Hladnikia pastinacifolia* Reichenbach, 1831 (Spermatophyta: Apiaceae)*. *Contributions to Natural History*, 12: 1111–1123.

Šajna, N., Kavcar, T., Šuštar – Vozlič, J., Kaligarič, M., 2012: *Population genetics of the narrow endemic *Hladnikia pastinacifolia* Rchb. (Apiaceae) indicates survival in situ during the pleistocene*. *Acta Biologica Cracoviensia*, 54 (1): 1–13.

Šajna, N., Šuštar – Vozlič, J., Kaligarič, M., 2014: *New insights into the anatomy of an endemic *Hladnikia pastinacifolia* Rchb*. *Acta Botanica Croatica*, 73 (2): 375–384.

Šajna, N., Šipek M., Šuštar – Vozlič, J., Kaligarič, M., 2019: *Germination behavior of the extremely rare *Hladnikia pastinacifolia* Rchb. (Apiaceae)*. *Acta Botanica Croatica*, 78 (2): 107–115.

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

Wraber, T., 1990: *Sto znamenitih rastlin na Slovenskem*. Ljubljana: Prešernova družba, 239 str.

Wraber, T., 2003: *Henrik Freyer kot botanik. Idrijski razgledi*, 48: 104–135.

Bralna očala danes, pilokarpinske kapljice jutri?

Nina Špegel

Vid je za človeka in njegovo doživljanje sveta skoraj nepogrešljiv, zato staranje in z njim povezani upad vidne ostrine močno prizadeneta kakovost človekovega vsakdanjega življenja. Do današnjega dne ostajajo bralna očala najpreprostejši način spopadanja s starostno slabovidnostjo, a bi jih v bližnji prihodnosti lahko nadomestilo preprostejše pomagalo v obliki kapljic. Znanstveniki iz Argentine so v letu 2020 predstavili izsledke študije, ki bi lahko revolucionirala, kako doživljamo in živimo z naravnim procesom staranja oči. V prispevku so predstavljeni mehanizmi nastanka starostne slabovidnosti, zgodovina zdravljenja in mehanizem delovanja novega zdravila - pilokarpinskih kapljic.

Zakaj nastane starostna slabovidnost?

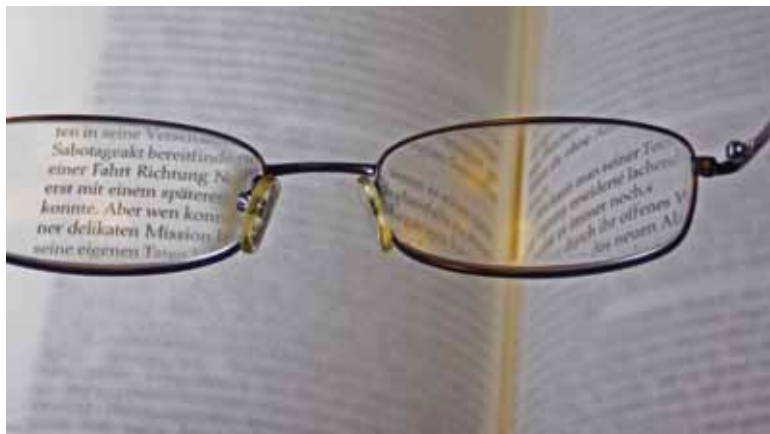
Za razumevanje delovanje novo odkritega zdravila je najprej treba razumeti, kako naravni proces staranja vpliva na oko. Leta življenja pustijo svoj pečat na vseh delih očesa. Koža vek postane ohlapnejša in veki oko zato slabše varujeta pred zunanjimi vplivi, kar lahko povzroči izsušenost in

občutek draženja. Hormonske spremembe solzne žleze imajo za posledico pomanjkanje kakovostnih solz in občutek peska v očeh.

Pomembna starostna sprememba se zgodi v očesni leči. Upočasnjena presnova povzroča kopičenje degenerativnih motnjav, kar imenujemo katarakta oziroma siva mrena. Vid je vedno bolj meglen, v zelo napredovani obliki pa katarakta lahko vodi celo v popolno slepoto. Operativna odstranitev katarakte in vstavev umetne leče sta danes rutinski oftalmološki poseg, ki omogoča takojšnje izboljšanje vida.

Starostne spremembe fotoreceptorjev mrežnice v rumeni pegi vodijo v izgubo vidne ostrine, pogosto pa ljudje opažajo, da ravne črte postanejo zvijugane (strokovno to imenujemo *metamorfopsija*). V mrežnico vraščajo nove žile, ki so slabše kakovosti, puščajo ter krvavijo. Nastanek novih žil in nadaljnjo izgubo vida zavirajo biološka zdravila anti-VEGF, ki se uporabljajo v obliki znotraj-očesnih injekcij.

Pri vsakem izmed nas se z leti pojavi starostna slabovidnost, imenovana tudi starovidnost oziroma presbiopija. Izraz izvira



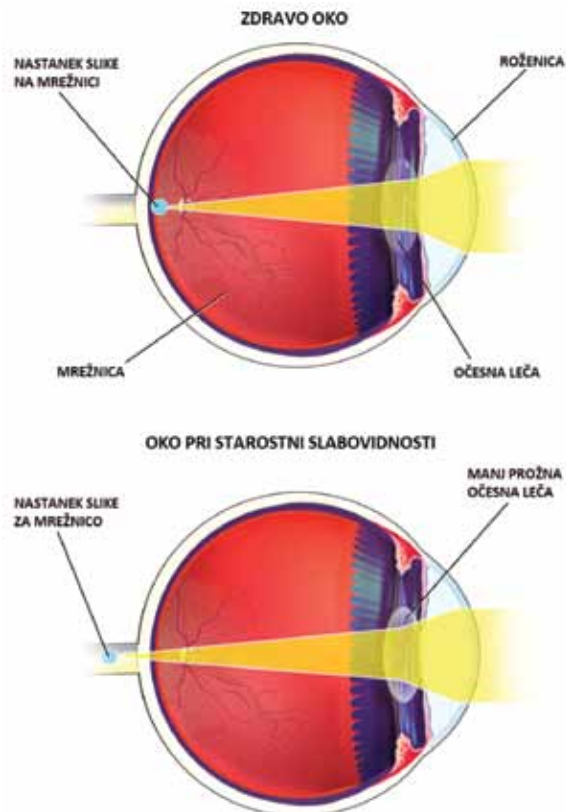
Težave pri starostni slabovidnosti so najbolj moteče pri branju majhne pisave. Vir: https://pxhere.com/en/photo/592309?fbclid=IwAR2nAZ42L78poCx3QTL0VCyu mIKz8X7LQmg_8d3ws-ZrbafQhdQybWkxm-4

iz grške besede za starejšo osebo *presbus* (πρέσβυς). Gre za povsem fiziološki proces, ki se mu ni mogoče izogniti. Pojavi se tudi pri tistih, ki nikoli niso imeli težav z očmi. Vid se začne slabšati po štiridesetem letu starosti in z leti postopno upada vse do približno petinšdesetega leta. Težave se pojavijo pri branju majhnih črk na delovni razdalji trideset centimetrov. V začetku si lahko osebe pomagajo z odmikanjem besedila na večjo razdaljo in naprežanjem oči, vendar sčasoma roke postanejo prekratke. Zaradi napora ob branju so oči napete in utrujene, pojavljajo se glavoboli. Najprej je branje oteženo le ob slabi osvetlitvi ali zgodaj zjutraj, z leti pa starovidnost preide v celodnevno oviro.

Kot zanimivost je vredno omeniti, da starostna slabovidnost prizadene tudi druge vrste. Leta 1982 so bili objavljeni izsledki raziskave na opicah rezus, ki so pokazali osupljive podobnosti opičjih oči s človeškimi. Pri starejših opicah so opisali razmerje med starostjo in strukturnimi spremembami, povezanimi z upadom zmožnosti prilagoditve (akomodacije), ki je povsem sorodno staranju oči ljudi, starejših od petinštirideset let (Kaufman in sod., 1982).

Natančni mehanizmi nastanka starostne slabovidnosti do danes niso povsem razjasnjeni. Najstarejšo teorijo starovidnosti je pred sto leti postavil Nemeč Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (Kieval, 2013). Raziskoval je mehanizme akustike in vidnega zaznavanja, med drugim pa je razvil tudi najstarejši oftalmoskop in tako prvič

omogočil vpogled v notranjost človeškega očesa. Njegova teorija presbiopije temelji na mehanizmu prilagoditve. Prilagoditev ali akomodacija je zmožnost prilagoditve očesa različno oddaljenim predmetom. Po Helmholtzovi teoriji so v proces prilagoditve najpomembnejše vključene tri strukture v očesu: očesna leča, nanjo pripeti drobni vezivni trački, imenovani zonule, in krožna gladka mišica *musculus ciliaris* (Gilmartin, 1995). Njihova medsebojna dinamika omogoča ostro sliko pri gledanju na blizu in na daleč. Ob pogledu na oddaljene predmete je ciliarna mišica očesa sproščena, zonule so nape-te in očesna leča sploščena. Ko pogledamo predmet v naši bližini, se ciliarna mišica skrči, sprosti zonule in očesna leča postane bolj okrogla. To poveča njeno lomno moč in omogoči padec slike na fotoreceptorje mrežnice ter ostro sliko. Helmholtzova teorija



Lomljenje svetlobe pri zdravem očesu in pri starostni slabovidnosti. S starostjo spremenjena očesna leča je manj prožna, zato njena lomna moč upade. Vir: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Presbyopia.png>.

predpostavlja, da očesna leča zaradi staranja postane trša in manj prožna. Posledično njena lomna moč upade, slika nastane za mrežnico, zato je nejasna, oko pa ni zmožno zadostne prilagoditve na bližino.

Kasnejše teorije predpostavljajo alternativne mehanizme prilagoditve ter vzroke iščejo v razliki tlakov pred očesno lečo in za njo. Kljub vsemu pa Helmholtzova teorija do danes ostaja najširše sprejeta in najbolj uveljavljena.

Zdravljenje starostne slabovidnosti do danes

Najstarejše omembe starostne slabovidnosti segajo v čas antične Grčije. Plutarh je postavil teorijo vidne zaznave s pomočjo vidnih žarkov, ki izvirajo iz oči (Barbero, 2014). Žarki oči starejših ljudi naj bi bili šibkejši kot pri mladih. S to razlago je pojasnil tudi izboljšavo začetnih starovidnih težav pri branju ob boljši osvetlitvi. V sledečem tisočletju je bil najučinkovitejši način spopadanja s slabovidnostjo pomoč mlajših, ki so zabrisana besedila starejšim glasno prebirali. Preboj je sledil v 13. stoletju v severni Itali-

ji z izumom prvih očal. Narejena so bila iz pihanih steklenih leč, ki so bile vstavljene v lesene ali usnjene okvirje, uporabnik pa jih je nosil na nosu ali držal pred obrazom. Sprva so jih kot statusni simbol lahko uporabljali le premožni, očala so enačili z izobraženostjo in blaginjo. Njihova dostopnost se je z naraščajočo priljubljenostjo hitro povečevala. Nekaj stoletij kasneje je pomemben korak predstavljal dodatek stranskih ročic, ki so nosilcu očal omogočale proste roke. V zadnjem stoletju je sledil še pojav bifokalnih progresivnih očal, ki omogočajo sočasno korekcijo kratkovidnosti in daljnovidnosti, ter multifokalnih očal, s katerimi je dodatno dobro vidno ostrino moč doseči tudi pri gledanju na srednjo daljavo.

Alternativna rešitev za izboljšanje vida pri presbiopiji so kontaktne leče. Na voljo so bifokalne in multifokalne leče, ki za razliko od očal omogočajo aktivnejši življenjski slog. V primeru nezadostnega rezultata s tovrstnimi kontaktnimi lečami je mogoča korekcija z monovizijo. To pomeni, da se v dominantno oko vstavi leča za gledanje na daljavo, v drugo oko pa leča za gledanje na blizu. Mo-

Očala z usnjenim okvirjem iz 18. stoletja. Shranjena so v muzejski zbirki Ameriške akademije za oftalmologijo. Vir: <https://www.aoa.org/museum-search-detail?imgid=8B4FD618-223A-4893-A3AB-B24F4C3D5470>.



žgani so se na takšno spremembo zmožni prilagoditi in za različna opravila prednost namenijo očesu z ustrezno kontaktno lečo.

Nekoliko redkeje se kot način zdravljenja uporablja refraktivna kirurgija. Z različnimi vrstami laserjev je mogoče spremeniti obliko in ukrivljenost roženice. Na ta način se prilagodi lomna moč očesa tako, da nastalo sliko prestavi nazaj na mrežnico. Med kirurške posege sodi tudi vstavev multifokalne znotrajočesne leče, ki zahteva sočasno odstranitev lastne očesne leče. Kirurški posegi so invazivni in nepovratni, zato se ta vrsta zdravljenja uporablja redkeje kot očala in kontaktne leče.

Zanimivo se zdi, da je uporaba očal kljub celostnemu napredku in razvoju sveta do danes ostala najlažji in najmanj invazivni način spopadanja s starostno slabovidnostjo. Vsakodnevna raba bralnih očal pa mnogim ljudem ne ustreza in se ne odločijo za nobeno izmed obstoječih metod lajšanja starovidnih težav. S tovrstno skupino ljudi v mislih je bila razvita najnovejša neinvazivna možnost zdravljenja - pilokarpinske očesne kapljice.

Delovanje pilokarpinskih kapljic

Pilokarpin v medicini uporabljajo že več kot stoletje. Učinkovina deluje na muskarinske receptorje tipa M3, ki jih najdemo v gladkih mišicah, poleg tega pa vpliva tudi na različne vrste žlez in spodbuja izločanje sline in pota. Njegov učinek s pridom uporabljajo pri bolnikih po obsevanju raka v območju glave in vratu. Radioterapija uniči vse hitro deleče se celice, zato ionizirajoči žarki poleg rakavih celic povzročijo tudi smrt celic žlez slinavk in solznih žlez. Posledično se zaradi pomanjkanja sline in suhih ust pojavijo težave s hranjenjem, pomanjkanje solz pa vodi do poslabšanja vidne ostrine, občutka peska v očeh in resnih poškodb očesne površine. Bolniki po obsevanju pilokarpin uporabljajo v obliki bonbonov, ki jih ližejo in tako spodbujajo izločanje sline, ter v obliki očesnih kapljic, ki spodbujajo nastanek in izločanje solz.

Tudi v okulistiki je pilokarpin pomembno zdravilo. V očesu deluje na sfinktersko mišico in povzroči skrčenje zenice oziroma miozo. V telesu je mioza fiziološka prilagoditev na dobro osvetljene razmere. Skozi ozko zenico pade omejena količina žarkov svetlobe, zato je nastala slika ostra. Enak učinek je v uporabi v fotografiji in slikarstvu s pomočjo *camere obscurae*. Pri slabi osvetlitvi se zenica razširi (ta pojav imenujemo *midriaza*) in omogoči, da na fotoreceptorje mrežnice pade večja količina svetlobe.

Pilokarpinske kapljice so bile najpogosteje v uporabi pri bolnikih z glavkomom oziroma zeleno mreno. Glavkom pomeni poškodbo očesnega živca, ki jo pogosto povzročijo previsoke vrednosti znotrajočesnega tlaka. Pilokarpin učinkuje na ciliarno mišico in njeno skrčenje, posledice so odprtje očesnega zakotja, odtekanje prekatne vodke in hiter padec znotrajočesnega tlaka. Zoženje zenice pri jemanju pilokarpinskih kapljic je predstavljalo neželen stranski učinek, saj je povzročilo sočasno poslabšanje vidne ostrine na daljavo in v mraku. Pogosto sta bili za bolnike moteči tudi preveliko solzenje in draženje očesa.

Zaradi številnih stranskih učinkov in razvoja novih učinkovin za zdravljenje glavkoma so bile pilokarpinske kapljice v okulistiki potisnjene na stranski tir.

Kapljice, ki bi lahko nadomestile bralna očala?

Argentinski znanstveniki so junija leta 2020 predstavili izsledke osemletne študije, v kateri so za lajšanje starostne slabovidnosti preučevali dolgoročne učinke in varnost uporabe pilokarpinskih kapljic, komercialno imenovanih *Vuity*. Izkoristili so učinek pilokarpina na ciliarno mišico, ki se skrči in s prej opisanim mehanizmom prilagoditve povzroči povečano lomno moč očesne leče. Kot samostojna sestavina je pilokarpin tako močan, da oslabi vidno ostrino pri gledanju v daljavo. Omenjeno težavo so v raziskavi premostili z dodatkom nesteroidne protivne-

tne učinkovine diklofenak. Njegova naloga sta zmanjšanje intenzitete s pilokarpinom povzročene mioze in dobra vidna ostrina pri gledanju na vse razdalje.

V študijo je bilo vključenih 910 prostovoljcev, ki so bili stari od štirideset do šestdeset let in so navajali težave s presbiopijo. Izsledki so pokazali, da se učinki kapljic pojavijo po približno petnajstih minutah in trajajo do šest ur, zato bi jih bilo treba jemati le dvakrat dnevno. Po uporabi so opazili približno sedemdesetodstotno izboljšanje bližinskega vida (po lestvici Jaeger so lahko prebrali vsaj eno številko manjšo pisavo), ob tem pa se je ohranila tudi vidna ostrina na daljavo. Ob ozki zenici je četrtnina testirancev opazala nekoliko slabši vid v mraku, ki po dvanajstmesečni rabi zdravila ni več predstavljal moteče težave. Občasno so navajali zmerne glavobole po aplikaciji kapljic, ki pa se po prvem tednu uporabe niso več pojavljali. Spodbudna novica je, da resnejših stranskih učinkov v študiji niso zabeležili (Benozzi, 2020).

Fiziološki procesi staranja očesa neizbežno povzročijo starostno slabovidnost. Po več stoletjih vsakodnevne rabe bralnih očal pilokarpinske kapljice obetajo, da postanejo učinkoviti in neinvazivni način odpravljanja te pogoste nadloge starejših. Opisano odkritje je spodbudilo val številnih študij, ki preučujejo raznolike farmakološke pristope k starovidnosti, zato je v prihodnosti mogoče pričakovati širšo ponudbo in dostopnost alternativnih načinov lajšanja presbiopije.



Nina Špegel je zdravnica. Leta 2020 je zaključila študij na Medicinski fakulteti Univerze v Ljubljani. Že med študijem je odkrila zanimanje za okulistiko, trenutno pa je zaposlena na Očesni kliniki v Ljubljani. V prostem času se rada rekreira v naravi, zanima pa jo tudi učenje tujih jezikov.

Morda pa bodo bralna očala že kmalu postala stvar preteklosti?

Spletni viri:

Barbero, S., 2014: *An ancient explanation of presbyopia based on binocular vision*. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23773258/>.

Benozzi, G., in sodelavci, 2020: *Presbyopia Treatment With Eye Drops: An Eight Year Retrospective Study*. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32832231/>.

Gilmartin, B., 1995: *The aetiology of presbyopia: a summary of the role of lenticular and extralenticular structures*. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8524570/>.

Kaufman, P. L., 1982: *The development of presbyopia in primates*. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6964274/>.

Kieval, J. Z., 2013: *Presbyopia: A Historical and Theoretical Perspective*. URL: <https://millennialeye.com/articles/2013-oct-nov/presbyopia-a-historical-and-theoretical-perspective/>.

Presbyopia (Wikipedia). URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Presbyopia>.

Zahvala

Za spodbudo ter ustvarjalne in vsebinske usmeritve pri pisanju prispevka se iskreno zahvaljujem mentorici prof. dr. Zvonki Zupanič Slavec, dr. med.

Prva najdba japonskih dvojčkov kremen v Sloveniji (drugi del)

Mirjan Žorž, Franc Stare

Kremen v kristalni obliki je na ozemlju Slovenije pogost, o čemer priča veliko število novoodkritih nahajališč v zadnjih treh desetletjih. Večina kremenovih kristalov je zdvojen, pri čemer v naših nahajališčih prevladuje dvojčenje po brazilskem zakonu. V nasprotju s temi so japonski dvojčki bistveno redkejši. Doslej jih na našem ozemlju še nismo našli. Ker pa so možni le tam, kjer je kremen že brazilsko zdvojen, smo tudi pri nas že dalj časa pričakovali najdbo japonskih dvojčkov kremen. Leta 2021 je Franc Stare končno pri Crngrobu našel primerek, na katerem sta bila priraščena dva kristala kremen, ki sta zdvojen po brazilskem in hkrati še po japonskem zakonu. V drugem delu članka opisujemo to pri nas prvo najdbo v vseh podrobnostih.

Oblike japonskih dvojčkov

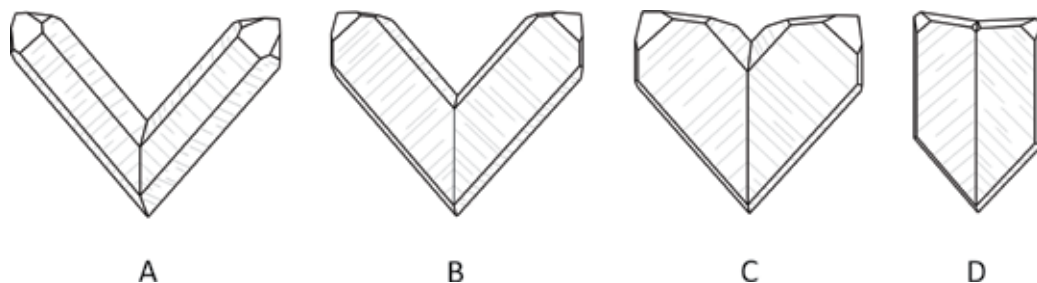
Kristalni dvojčki nastanejo zato, ker je to v danem trenutku z energetskega stališča

ugodno. Dvojčenje lahko povzročijo primerna kristalna struktura, vgradnja tujih atomov vzdolž dvojčičnih ravnin ali pa prisotnost substanc, ki znižajo energijsko pregrado dvojčenja, v kristalno strukturo pa se ne vgradijo. Dvojčki praviloma nukleirajo na podlagi, s katere potem rastejo v prostor vzdolž ravnine dvojčenja, ki je bolj ali manj pravokotno nanjo (*nukleiranje* je strokovni izraz, ki opisuje nastanek kristala iz kristalizacijskega jedra oziroma *nukleusa*). Zato dvojček najhitreje raste vzdolž te ravnine, poleg tega pa bistveno hitreje kot nezdvojen kristali. Dvojčki so zaradi tega podaljšani in sploščeni, če jih primerjamo z nezdvojenimi kristali na istem primerku, predvsem pa so od njih večji.

Japonsko zdvojen kremen iz Crngroba

To nahajališče in njegove minerale smo večkrat in podrobno opisali (Žorž, Rečnik, 1999; Herlec in sod., 2006; Rečnik in sod., 2007), zato tega na tem mestu ne bomo po-

Risba 7: Oblike japonskih dvojčkov. Risba A prikazuje prizmatski dvojček z izrazitim vpadnim kotom med obema kriloma. Na risbi B je sploščen dvojček, ki nastane s hitro rastjo vzdolž (112) ravnine dvojčenja, kar povzroči zmanjšanje vpadnega kota. Čim hitrejša je rast dvojčka vzdolž dvojčične ravnine, tem bolj je kristal podaljšan in sploščen v tej smeri, pri čemer se vpadni kot manjša (C), dokler povsem ne izgine (D). Hkrati se podaljšujeta romboedrska robova, ki sta vzporedna z ravnino dvojčenja. Črte na prizemskih ploskvah nastanejo med rastjo kristala kot posledica menjavanja ploskev romboedrov in prizem, zato so vzporedne z robom med njimi.





Slika 1: Japonski dvojček z lepo razvitima kriloma, med katerima je velik vpadni kot. Kristal je izrazito sploščen. Na podlagi so brazilsko zdvojeni kristali prizmatske oblike. V tem primeru imajo kristali posebno obliko, ki je poznana pod pojmom Muzo habitus (Muzo je kraj v Kolumbiji. V njegovi bližini so nahajališča kremenovih kristalov, ki imajo značilno ošiljeno obliko. Tako obliko kremenata zato označujemo s strokovnim izrazom Muzo habitus). Menjavanje ploskev romboedrov in prizem je tako izrazito stopničasto, da se kristali ožijo proti svojim terminacijam, zato izgubijo prizmatski videz (Rykart, 1989). Terminacija je strokovni izraz, ki ga v kristalografiji uporabljajo za vrh, konico ali zaključek posameznega kristala. Rudnik Mundo Nuevo v provinci Santiago de Chuco v Peruju. 51 milimetrov x 49 milimetrov. Vsi primerki iz tujih nahajališč so iz zbirke Mirjana Žorža. Vse fotografije: Igor Dolinar.



Slika 2: Vpadni kot med kriloma tega japonskega dvojčka je manj razvit, zato krili nista več izraziti. Na obeh je že opaziti dva vzporedna romboedrska robova. Dvojček je priraščen na podlago zaokroženih kristalov galenita, črnega sfalerita in pirita. Rudnik 9. Septemvri v Madanu v Bolgariji. Razpon kril je 12 milimetrov.



Slika 3: Značilnost japonskih dvojčkov je zobato zraščanje vzdolž ravnine dvojčenja, kar je na tem kristalu dobro vidno. To je posledica domenske strukture brazilsko zdvojenih primarnih kristalov (domena je strokovni izraz, ki pomeni del kristala, ki se od sosednjih delov kristala razlikuje). Vpadni kot med kriloma je še zaznaven, zato pa je vzporednost romboedrskih robov obeh kril že zelo izrazita. Na terminaciji desnega krila sta vidni ploskvi levega trapezoedra in bipiramide, sicer pa so na kristalu tudi ploskve desnih trapezoedrov. Brumado v Bahii v Braziliji. 38 milimetrov x 31 milimetrov.



Slika 4: Hitra rast vzdolž dvojčične ravnine se kaže v izraziti podaljšanosti dvojčka in dolgih vzporednih romboedrskih robovih na krilih. Vpadnega kota med kriloma skoraj ni več. Neznano nahajališče na Madagaskarju. 27 milimetrov x 18 milimetrov.

Slika 5: Popolnoma razvit preraščeni japonski dvojček z značilno sploščeno obliko. Zaradi tektonskih premikov se je odlomil s stene razpoke, nato pa dokončal svojo rast na podlagi kremenovih kristalov. Rudnik 9. Septemvri v Madanu v Bolgariji. Velikost dvojčka: 17 milimetrov x 13 milimetrov.





Slika 6: Na posnetku je večkratni japonski dvojček. Središčni kristal je zdvojen na levem in desnem prizemskem robu. Vpadni kot med njim in obema pridvojenima kristaloma je velik. Ker je osrednji kristal zdvojen na dveh robovih, ni splošten, druga dva kristala pa sta. Glej tudi risbo 4B v tretji številki Proteusa na strani 130. Kristali se ožajo proti svojim terminacijam, zato imajo Muzo habitus. Na primerku sta še dva japonska dvojčka: eden je pod levim, drugi pa pod desnim krilom. Rudnik Mundo Nuevo v provinci Santiago de Chuco v Peruju. 46 milimetrov x 35 milimetrov.

navljali. Poudarimo le, da je to nahajališče kremenovih kristalov v bituminoznem votlikavem triasnem dolomitu, ki se pojavljajo v dveh značilnih oblikah. Prvo predstavljajo brezbarvni prozorni prizmatski kristali, ki so bili nekoč priraščeni kot skorje ali pa posamezno na podlagi romboedrskih kristalov dolomita. Kristali so dolgi do tri centimetre, njihov premer pa meri do pet milimetrov. So brazilsko zdvojenici, kar prepoznamo po dvojčičnih lamelah na njihovih prizemskih ploskvah. Nekateri imajo razvite tudi ploskve bipiramide $s\{111\}$. Drugo obliko pred-

stavljajo pretežno sivkasti biterminirani kristali pentljaste oblike, ki zrastejo do več kot osem centimetrov v dolžino. Ti imajo vidne vključke bitumna, kar je sicer značilno za tovrstna nahajališča. Tudi na njihovih ploskvah so lamele, ki pa nimajo oblike črke V, pač pa tvorijo mrežasto strukturo, kar priča o tem, da so kristali dvojno interpenetrirani (Žorž, 2004) (*dvojno interpenetrirani* pomeni, da so istočasno preraščeni po dveh različnih zakonih dvojčenja). Analiza homogenizacije plinsko-tekočinskih vključkov v crngrob-skih kristalih je pokazala, da so kristalili pri

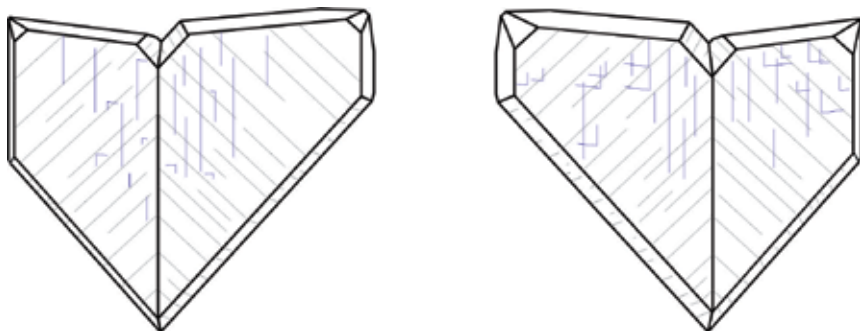


Slika 7: Dva japonska dvojčka sta priraščena na skorji kremenovih kristalov. Bolje razviti dvojček je v levem zgornjem, drugi pa v spodnjem desnem delu slike. Oba se dobro ločita od ostalih kremenovih kristalov zaradi svoje sploščene oblike in velikosti. Dvojček spodaj desno je nekoliko slabše razvit, ker se je držal drugih kristalov. Drobni rumenkasti kristali adularja obraščajo kremenove kristale. Velikost izreza je 18 milimetrov x 18 milimetrov. Najdba in zbirka: Franc Stare.

temperaturah od 80 do 300 stopinj Celzija (Herlec in sod., 2006), kar se ujema z okoliščinami nastanka kremen tipa Bambauer (Rykart, 1989).

Primerak, ki ga je našel Franc Stare, je kremenova skorja, ki ima na spodnji strani romboedrske odtise. Ti so ostali po razkroju

Risba 8: Leva risba prikazuje prednjo stran kremenovega japonskega dvojčka s slike 8. Dvojčične lamele so prikazane z modrimi črtami. Na tej strani dvojčka so vrhovi lamel v obliki črke v obrnjeni proč od dvojčične ravnine. Na desni risbi je prikazana nasprotno stran istega dvojčka. Na tej strani so vrhovi lamel obrnjeni v nasprotno smer, to je proti dvojčični ravnini, kar se povsem ujema z dejstvom, da so japonski dvojčki kremen primarno zdvojeni po brazilskem zakonu.





Slika 8: Bolje ohranjeni japonski dvojček (levo zgoraj na sliki 7) na skorji kremenovih kristalov. Lepo vidni sta spodnja (bazalna) konica dvojčka in dvojični šiv vzdolž ravnine dvojčenja, ki poteka od konice proti terminaciji, kjer je razvit majhen vpadni kot. Na obeh krilih so vidne vzporedne črte, ki so posledica menjavanja ploskev prizme in romboedrov. Tik ob dvojičnem šivu na levem krilu pa so vidne tanke linije, ki so vzporedne s tem šivom. To so dvojične lamele, ki so nekoliko manj izrazite na desnem krilu. Glej risbo 8. Bele meglice v notranjosti dvojčka so drobni sferični agregati tankih igličastih kristalov za zdaj še neznanega minerala. Dvojček meri 6 milimetrov čez obe krili, debel pa je 1,2 milimetra. Zbirka: Franc Stare.

dolomitovih kristalov, ki so prvi izkristalizirali po obodu votline v dolomitni kamnini. Iz skorje izrašča množica prozornih kristalov kremen, ki niso daljši od štirih milimetrov. Preko njih pa so preraščeni brezbarvni enostavni kristali adularja, ki niso večji od dveh milimetrov.

Na primerku sta priraščena dva japonsko zdvojen kristala, ki sta opazno drugačna in večja od ostalih. Prvi, ki meri 6 milimetrov čez obe krili in je 1,2 milimetra debel, ima lepo razviti terminaciji in majhen vpadni kot. Na tem dvojčku sta razviti dve ploskvi bipiramide s. Lepo razvite so

tudi dvojčične lamele v obliki in legah, ki nedvomno potrjujejo brazilsko dvojčenje. Drugi meri 4,5 milimetra x 1,3 milimetra. Ena od njegovih terminacij se je dotikala drugega kristala, zato ni v celoti razvita, kar je razlog, zakaj je bil sprva spregledan. Primerek z japonskima dvojčkoma je resda majhen, vendar pomemben, saj gre za prvo tako najdbo pri nas. Nadejamo se, da bomo tu ali v drugem podobnem nahajališču v prihodnosti našli še kakšnega.

Literatura:

- Abreal, A., 2002: *Le Macle de la Gardette*. *Journal of Pers. Mineralogist*, 1: 53-68.
- Dana, J. D., Dana, E. S., Frondel, C., 1962: *The System of Mineralogy, Volume III: Silica Minerals*. John Wiley and Sons, INC.
- Herlec, U., Stare, F., Rečnik, A., Žorž, M., 2006: *Nastanek in značilnosti kremenovih in drugih kristalov pri Crngrobu*. V: *Mineralna bogastva Slovenije, Scopolia, Suppl. 3*. Ljubljana: Prirodoslovni muzej Slovenije.
- Rečnik, A., Gradiša, M., Mirtič, B., 2007: *Minerali pegmatitnih gnezdv dolini Velike Polskave na Pohorju*. V monografiji: Rečnik, A., Nabajališča mineralov v Sloveniji, 312-330. Ljubljana: Inštitut Jožef Stefan.

Rečnik, A., Herlec, U., Stare F., 2007: *Geneza in značilnosti nabajališča kremenovih kristalov pri Crngrobu*. V: Rečnik, A., Nabajališča mineralov v Sloveniji, 40-50. Ljubljana: Inštitut Jožef Stefan.

Rykart, R., 1989: *Quarz-Monographie*. Thun: Ott Verlag.

Weiss, C. S., 1829: *Über die herzförmig gennanten Zwillings-Kristalle von Kalkspath und gewisse Analoge von Quarz*. *Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften*, 77-87. Berlin.

Žorž, M., Rečnik, A., 1999: *Kremen in njegovi pojavi na Slovenskem*. Begunje: Galerija Avenik.

Žorž, M., 2002: *The Symmetry System*. Grosuplje.

Žorž, M., 2004: *Kremenovi dvojčki prerasčanja*.

Proteus, 67 (2-3): 62-72.

Žorž, M., 2019: *The Symmetry System*, 2nd edition.

Grosuplje.

Naše nebo • Opazujmo Sončeve pege

Opazujmo Sončeve pege

Mirko Kokole

Sončeve pege so opazovali že v pradavnini. Prvi jih je v svojem zvezdnem katalogu iz četrtega stoletja pred našim štetjem opisal kitajski astronom Gan De (rodil se je približno leta 400 pred našim štetjem in umrl približno leta 340 pred našim štetjem). Prava opazovanja Sončevih peg so se začela z odkritjem teleskopa v sedemnajstem stoletju našega štetja. Sredi devetnajstega stoletja je nemški astronom Samuel Heinrich Schwabe (1789-1875) opazil, da se število Sončevih peg spreminja periodično: po njegovih iz-

računih število peg doseže svoj maksimum vsakih približno 11,6 let (danes vemo, da je ta Sončev cikel nekoliko spremenljiv, traja od 9 do 12 let). Nekaj let kasneje je švicarski astronom Johann Rudolf Wolf (1816-1893) predlagal enačbo, s katero izračunamo relativno število peg na Soncu. To število se imenuje Wolfovo število oziroma mednarodno število Sončevih peg, ki ga uporabljamo še danes. Wolf je rekonstruiral tudi zgodovino števila Sončevih peg vse do leta 1610 in še danes uporabljamo njegovo štetje

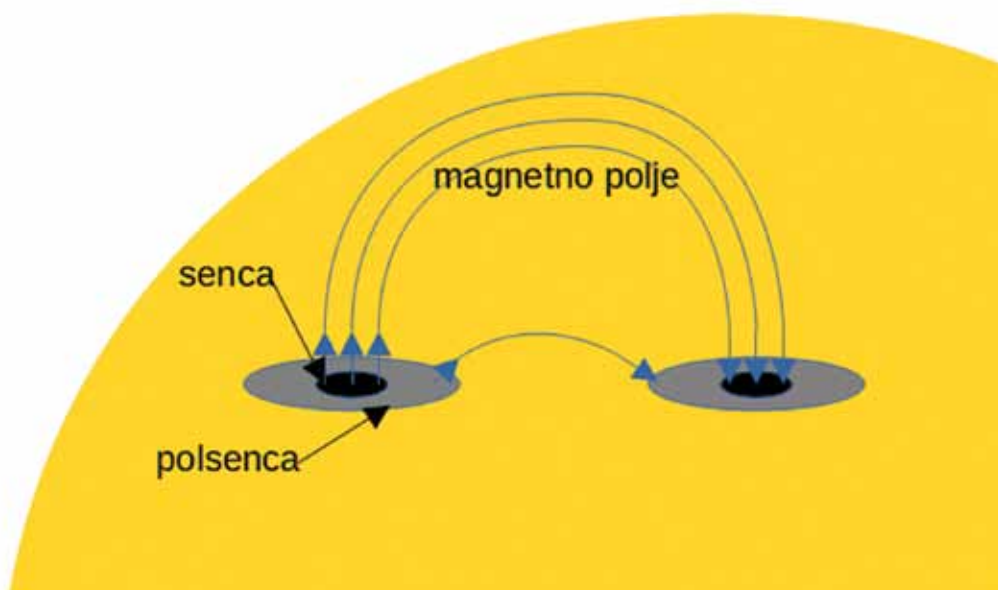
Sončevih ciklov, ki se začne s ciklom od leta 1755 do leta 1766. Opazovanja Sončevih peg so tako najdaljši sistematični časovni niz opazovanj v astronomiji.

Sončeve pege so temne lise, ki jih vidimo na Sončevem površju. Sestavljene so iz senca (umbre) in polumesce (penumbre). Ko se pega pojavi, običajno nima polumesce. Je le temna pika, ki ji pravimo pora. Pika se počasi povečuje in s časom razvije tudi polumesco. Sončeve pege po površju tudi potujejo in se lahko med seboj tudi združujejo. Sončeve pege po površju Sonca potujejo s hitrostjo nekaj sto metrov na sekundo. Velikokrat nastanejo tudi večje skupine peg. Pege so lahko zelo velike in dosežejo premer tudi 160.000 kilometrov. Tako velike so, da bi lahko v njih postavili celotno Zemljo ali pa celo nekaj Zemelj. Največje Sončeve pege in skupine peg lahko opazimo tudi s prostim očesom (s primerno zaščito seveda).

Sončeve pege so vidna posledica zgostitve silnic magnetnega polja, ki izvira iz Sončeve središice. V sencu je gostota magnetnega polja največja in silnice kažejo pravokotno na Sončevo površje, v polumescu pa so silnice pod kotom. Ker morajo biti magnetne silnice vedno sklenjene, lahko opazimo pege v parih: ena pega ima severni magnetni pol, druga pa južnega.

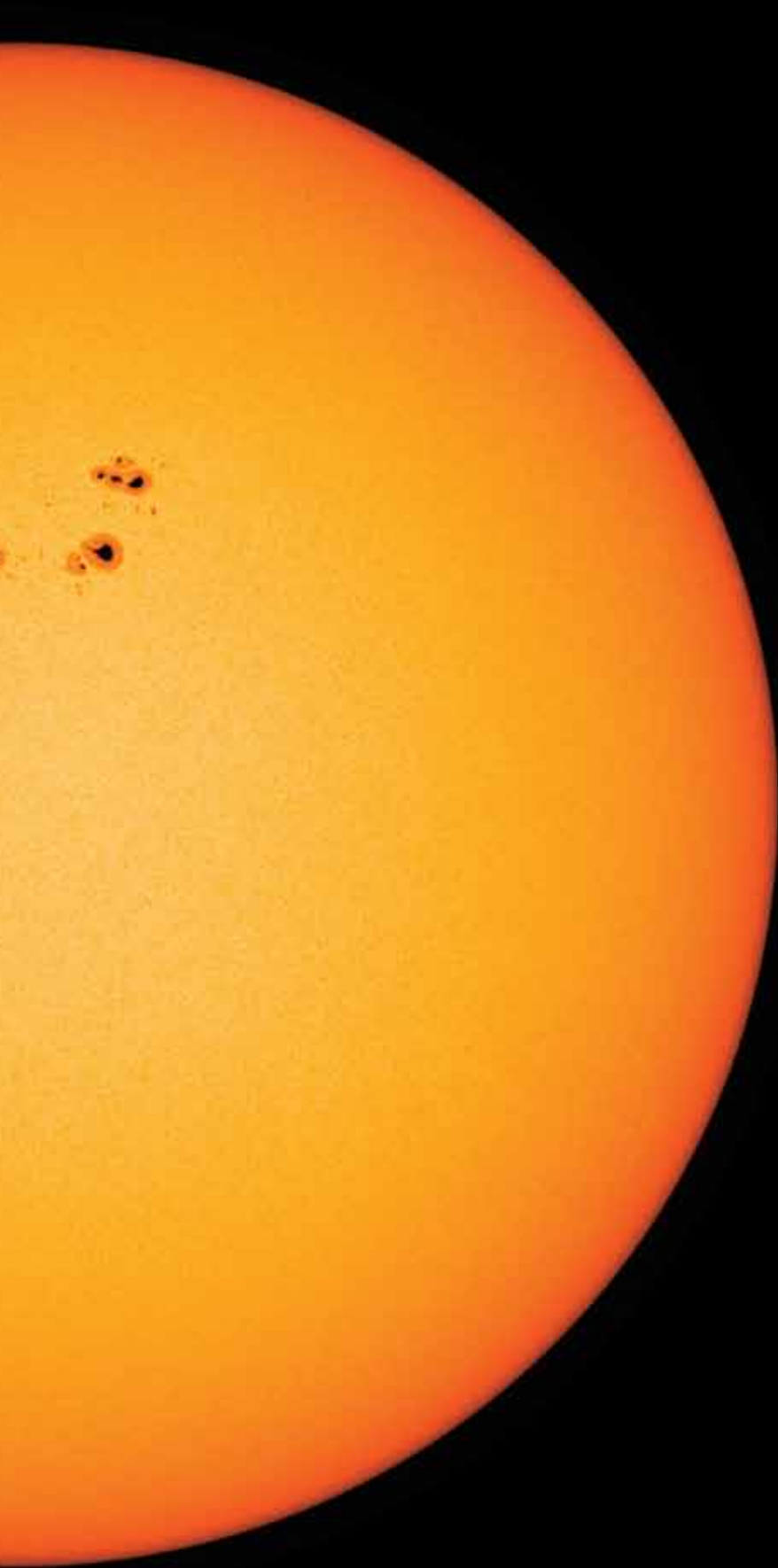
Sončeve pege so na videz temne, ker je njihova površinska temperatura nižja od okoliške. Temperatura Sončevega površja je približno 5.500 stopinj Celzija, temperatura Sončeve pege pa je od 2.700 do 4.200 stopinj Celzija. Njihova površinska temperatura je nižja, ker velika gostota magnetnega polja zavira konvekcijo in tako prenos energije iz notranjosti. Konvekcija je pojav gibanja kapljevine. S konvekcijo se poleg snovi prenaša tudi toplota. Sonce ima pod vidnim površjem sloj, kjer se energija iz notranjosti prenaša s konvekcijo.

Sončevo pego sestavljata senca in polumesca. Gostota magnetnega polja je v sencu največja in tam silnice kažejo pravokotno na površje. Ker morajo biti silnice magnetnega polja sklenjene, se ponavadi pege pojavljajo v parih. Silnice, ki izvirajo iz prve pege, v drugi ponikajo.





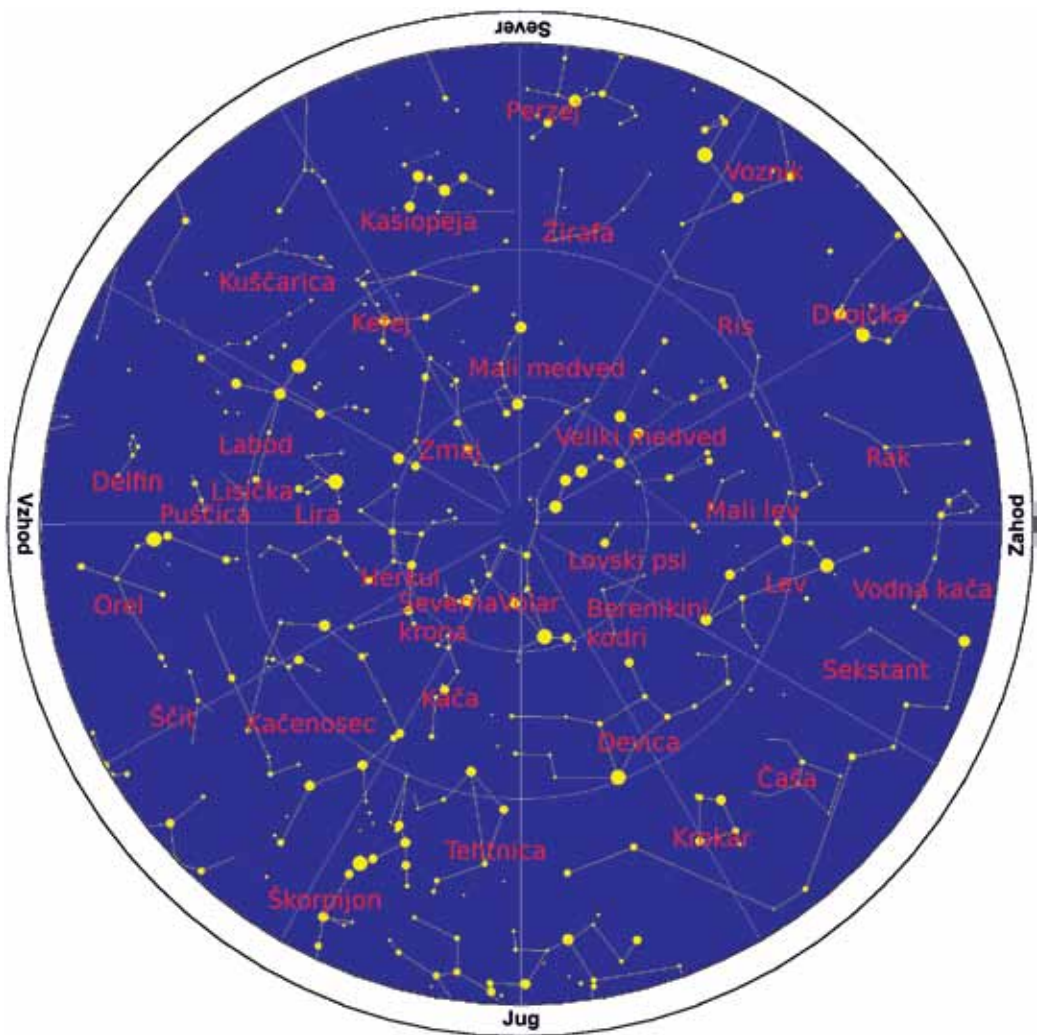
Slika HMI Sonca 23. aprila leta 2022, ki jo je posnel Observatorij za Sončevo dinamiko (SDO). Na njem lepo vidimo večjo skupino peg. Foto: SDO, NASA.



Ker je gostota silnic v pegi velika, je tam posledično magnetni tlak velik in pričakovali bi, da bo taka pega hitro razpadla, a kot vemo, so Sončeve pege med bolj obstojnimi strukturami na Sončevem površju in lahko obstajajo tudi več mesecev. Uganko so astronomi rešili šele pred nedavnim s helio-seizmološkimi opazovanji, ki omogoča-

jo vpogled v Sončevo notranjost. Ugotovili so, da močan tok snovi, ki teče s površja v notranjost pege, povzroči vrtnice snovi in posledično električnega toka, ki magnetno polje stabilizirajo.

Število Sončevih peg in Sončeva aktivnost sta tesno povezani s Sončevim magnetnim poljem in njegovim spreminjanjem. Sonče-



Datum: 15. 6. 2022.

Čas: 22:00.

Kraj: Ljubljana.

vo magnetno polje je v prvem redu dipol, ki na približno 11 let obrne predznak. Sončeve pege so posledica razpadanja dipolnega polja in nato njegove ponovne vzpostavitve. Dipolno magnetno polje je polje, kjer obstajata dva magnetna pola, od katerih je eden severni in drugi južni pol. Pri prvem magnetne silnice izvirajo iz polja, pri drugem pa ponikajo. Dipolno magnetno polje imajo na primer tudi vsem dobro poznani paličasti permanentni magneti.

Razpadanje dipolnega polja vpliva tudi na mesta, kje na Sončevem površju lahko pege opazimo. V začetku Sončevega cikla se pojavljajo na Sončevih širinah od 30 do 45 stopinj, nato pa se njihovi položaji pomikajo proti Sončevemu ekvatorju. Pojav je prvi opisal nemški astronom Gustav Spörer (1822-1895). Če položaje Sončevih peg »prerišemo« na časovni graf, se nam izriše oblika, ki ji pravimo metuljev diagram.

Sončeve pege lahko opazujemo tudi s prostim očesom. Kot nedavna opazovanja kažejo, bodo naslednji meseci zelo ugodni, saj Sončev cikel številka 25 dobiva svoj zagon. Na Soncu se je aprila letos pojavila večja skupina peg, ki jo je mogoče videti s prostim očesom. Trenutno se skupina nahaja na nevidni Sončevi strani in bo zopet vidna od 20. maja naprej. Seveda se lahko zgodi, da bodo pege medtem zrasle ali pa razpadle, česar ne moremo vnaprej predvideti.

Pred opazovanjem lahko na spletni strani Observatorija za Sončevo dimamiko (SDO) (<https://sdo.gsfc.nasa.gov/data>) hitro preverimo, če je vidnih kaj večjih peg. V ta namen lahko pogledamo slike HMI, ki nam Sonce pokažejo približno v vidnem spektru. Slike HMI (Helioseismic and Magnetic Imager - Kamera za seizmično in magnetno opazovanje) so dvodimenzionalni magnetogrami, ki prikazujejo gostoto magnetnega polja in lokalne hitrosti snovi.

Kot kaže, prihajajo ugodni časi za opazovanje Sonca in njegovih peg. Pri tem nikakor ne smemo pozabiti na zaščito. Sonca ne glejmo neposredno s prostim očesom in vedno uporabljajmo zaščitni filter. Ta filter je lahko zaščitna folija ali stekleni filter (lahko tudi temno varilsko zaščitno steklo). Ostali pripomočki, kot so sajasto steklo in polarizacijski filtri, niso primerni, ker ne nudijo dovolj zaščite v ultravijoličnem in infrardečem delu spektra. Za prosto gledanje so najbolj primerna očala, namenjena za opazovanje Sončevega mrka, ker prekrijejo obe očesi.

V naslednji dvojni številki *Proteusa* bomo med številnimi drugimi objavili tudi prispevek Marine Dermastie z naslovom *V deželi svete bosvelije*.



ISSN 0033-1805



*Dhofar z juga zapira Indijski ocean (na sliki obala Fazayah),
s severa pa gore Quara (na sliki soteska Ash Shuwaymiyyah).
Foto: Marina Dermastia in Tom Turk.*