

# PROTEUS

februar 2013, 6/75. letnik  
cena v redni prodaji 4,60 EUR  
naročniki 4,00 EUR  
dijaki in študenti 2,80 EUR  
www.proteus.si



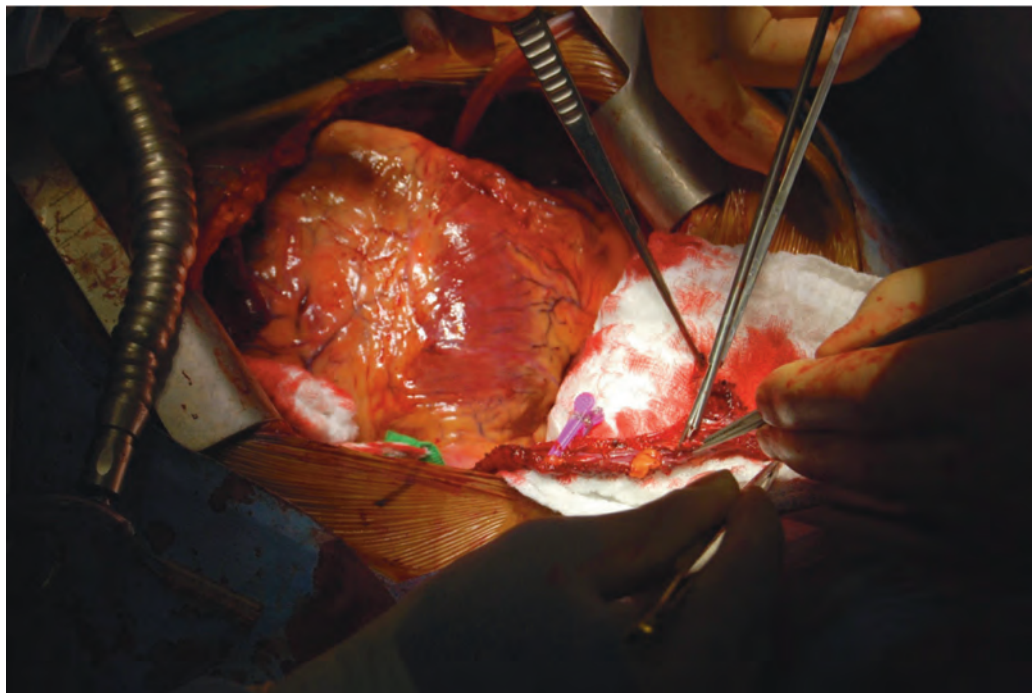
*mesečnik za poljudno naravoslovje*



■  
*Srčna kirurgija*  
Možnosti kirurškega zdravljenja  
pridobljenih boleznih srca v Sloveniji

■  
*Nobelova nagrada za fiziologijo in medicino 2012*  
Zrele telesne celice lahko reprogramiramo,  
da postanejo mnogozmogljive

■  
*Iz zgodovine naravoslovja*  
Leonardo da Vinci kot naravoslovec



■ stran 247

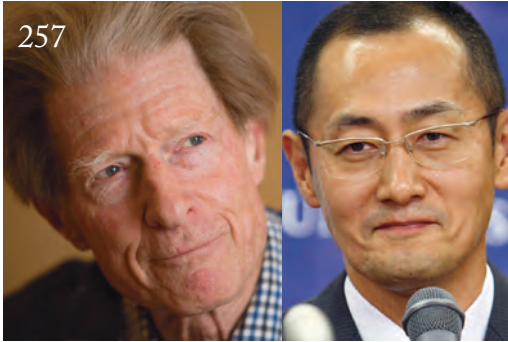
Srčna kirurgija

## Možnosti kirurškega zdravljenja pridobljenih bolezni srca v Sloveniji

*Aleksandar Gavrić*

Srčno-žilne bolezni so najpogostejši vzrok smrtnosti v razvitem svetu. Ker vseh srčnih bolezni ni mogoče zdraviti z zdravili, je razvoj kirurškega zdravljenja pomembno prispeval k učinkovitejšemu zdravljenju teh bolnikov. Razmah te veje medicine se je začel v petdesetih letih 20. stoletja z razvojem naprave za zunajtelesni krvni obtok. V spekter kirurškega zdravljenja pridobljenih srčnih bolezni štejejo menjavo in rekonstrukcijo okvarjene zaklopke, presaditev srca, vstavitve mehanične srčne podpore, vstavitve srčnega spodbujevalnika in kardioverter defibrilatorja ter premostitveno operacijo venčne arterije. Slovenska srčna kirurgija je hitro sledila svetovnemu razvoju. V Univerzitetnem kliničnem centru Ljubljana danes izvajajo vse v članku opisane metode z rezultati, ki so primerljivi s tistimi v najboljših bolnišnicah v tujini. Operacije na odprtem srcu izvajajo poleg Univerzitetnega kliničnega centra Ljubljana od leta 2001 tudi v Univerzitetnem kliničnem centru Maribor in od leta 2003 v MC MEDICOR-ju v Izoli.





- 244 Uvodnik  
*Tomaž Sajovic*
- 247 Srčna kirurgija  
**Možnosti kirurškega zdravljenja pridobljenih bolezní srca v Sloveniji**  
*Aleksandar Gavrić*
- 257 Nobelova nagrada za fiziologijo in medicino 2012  
**Zrele telesne celice lahko reprogramiramo, da postanejo mnogozmogljive**  
*Radovan Komel*
- 261 Iz zgodovine naravoslovja  
**Jakob Johann von Uexküll – opazovalec in razlagalec življenja**  
*Kazimir Tarman*
- 268 Fizika  
**Leonardo da Vinci kot naravoslovec**  
*Janez Strnad*
- 274 Študentska ekskurzija Kostarika 2012  
**Zapeljivci iz južnoameriških deževnih gozdov**  
*Timotej Turk Dermastia*
- 278 Zoologija  
**Izleganje na ukaz**  
*Matija Gogala*
- 279 Naše nebo  
**Ruski bolid**  
*Mirko Kokole*
- 283 Table of Contents



Naslovnica: *Vsaka žival ima svoje okolje, tudi sekulje.*

Foto: Davorin Tome.

## Proteus

Izbaja od leta 1933

Mesečnik za poljudno naravoslovje

Izdajatelj in založnik: Prirodoslovno društvo Slovenije

**Odgovorni urednik:**

prof. dr. Radovan Komel

**Glavni urednik:** dr. Tomaž Sajovic

**Uredniški odbor:**

Janja Benedik

prof. dr. Milan Brumen

dr. Igor 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 Slavce

**Lektor:** doc. dr. Tomaž Sajovic

**Oblikovanje:** Eda Pavletič

**Angleški prevod:** Andreja Šalamon Verbič

**Priprava slikovnega gradiva:** Marjan Richter

**Tisk:** Trajanus d.o.o.

**Svet revije Proteus:**

prof. dr. Nina Gunde – Cimerman

prof. dr. Lučka Kajfež – Bogataj

† prof. dr. Miroslav Kalinšek

prof. dr. Tamara Lah – Turnšek

prof. dr. Tomaž Pisanski

doc. dr. Peter Skoberne

prof. dr. Kazimir Tarman

† prof. dr. Tone Wraber

Proteus izdaja Prirodoslovno društvo Slovenije. Na leto izide 10 številki, letnik ima 480 strani. Naklada: 2.500 izvodov.

Naslov izdajatelja in uredništva: Prirodoslovno društvo Slovenije, Salendrova 4, p.p. 1573, 1001 Ljubljana, telefon: (01) 252 19 14, faks (01) 421 21 21.

Cena posamezne številke v prosti prodaji je 4,60 EUR, za naročnike 4,00 EUR, za dijake in študente 2,80 EUR.

Celoletna naročnina je 40,00 EUR, za študente 28,00 EUR. 8,5 % DDV je vključen v ceno. Poslovni račun: 02010-0015830269,

davčna številka: 18379222. Proteus sofinancira: Javna agencija za knjigo Republike Slovenije.

<http://www.proteus.si>

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

© Prirodoslovno društvo Slovenije, 2013.

Vse pravice pridržane.

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

### Uvodnik

*Ne jaz ne kdo drug ne more prepotovati te poti namesto / tebe, / ti sam jo moraš prepotovati.*  
(Walt Whitman: *Travne bilke, Pesem o sebi*, 46.)

Baltskonemški biolog baron Jakob Johann von Uexküll (1864-1944) je pri nas iz razlogov, ki bi jih bilo zanimivo raziskati, precej neznano ime, čeprav velja za enega največjih zoologov 20. stoletja. Morda največji filozof 20. stoletja Martin Heidegger (1889-1976) je v svojem ciklusu predavanj v Freiburgu v zimskem semestru 1929-1930 z naslovom *Osnovni pojmi metafizike. Svet – končnost – osamljenost* (v knjižni obliki so predavanja izšla šele po Heideggerjevi smrti leta 1983) Uexküllovo delo opisal kot »najbolj koristno stvar, ki si jo lahko filozofija prisvoji od danes vodilne biologije«. Tega velikega biologa v tej številki *Proteusa* predstavlja Kazimir Tarman, ki je v uvodu

skromno in spoštljivo zapisal, da sta ga k pisanju spodbudila branje knjige biologa in filozofa Andreasa Webra *Čuteča narava* in jaz kot urednik *Proteusa*. Tej na videz komaj omembe vredni Tarmanovi pripombi bralke in bralci, ki jih verjetno zanima predvsem »informacija« o delu in pomenu Uexküllla kot biologa, najbrž ne bodo namenjali posebne pozornosti, sam pa bom skušal v tem uvodniku razložiti, da ima taka »nepozornost« globlje razsežnosti. V njej se namreč kaže tisto razumevanje *resnice* sveta, ki ga ljudje imajo za nekaj tako samoumevnega, da o njem sploh ne razmišljajo več. Kakšno je torej to razumevanje?

V pomoč nam je lahko na primer naslednji na-

vedek iz knjige *Um in revolucija. Hegel in nastanek teorije družbe*, ki jo je leta 1962 napisal nemški filozof in sociolog Herbert Marcuse (1898-1979) in je leta 2004 izšla tudi v slovenskem prevodu. Marcuse je bil – kot tudi Erich Fromm – predstavnik znamenite Frankfurtske šole marksizma, ki so jo nacisti leta 1933 zaprli, njeni predstavniki pa so jo naslednjega leta zopet ustanovili na Univerzi Columbia v New Yorku. S svojim kritičnim odnosom do moderne kapitalistične družbe je med drugim postal tudi eden ključnih ideologov študentskega gibanja v Ameriki in Evropi. V navedku Marcuse predstavlja razmišljanje Georga Wilhelma Friedricha Hegla (1770-1831) iz njegove *Fenomenologije duha* takole:

»Zdravi razum in tradicionalno znanstveno mišljenje razumeta svet kot totalnost reči, ki obstajajo bolj ali manj *per se* [same na sebi], in iščeta resnico v predmetih, ki naj bi bili neodvisni od spoznavajočega subjekta [osebe]. To ni le spoznavno-teoretska drža, ampak prežema prakso ljudi in jim daje občutek, da so varni le, če poznajo objektivna dejstva in upravljajo z njimi. Bolj ko je neka misel oddaljena od vzgibov, interesov in želja živega subjekta, bolj resnična postaja. Natanko to pa je po Heglu skrajno obrekovanje resnice. Nobene resnice namreč ni, ki ne bi bistveno zadevala živega subjekta in ki ne bi bila resnica subjekta. Svet je odtujen in neresničen tako dolgo, dokler človek ne uniči njegove mrtve objektivnosti in dokler 'za' trdnimi oblikami reči in zakonov ne prepozna sebe in svojega življenja. Ko naposled doseže to *samozavedanje*, ni le na poti k resnici o samem sebi, temveč tudi o svojem svetu. To resnico bo poskušal spremeniti v delovanje in narediti svet za to, kar *v bistvu* je, namreč izpolnitev človekovega samozavedanja.«

Na naše vprašanje, kakšno je torej tisto razumevanje *resnice* sveta, ki ga ljudje imajo za nekaj tako samoumevnega, da o njem sploh ne razmišljajo več, Hegel – z Marcusejevimi besedami – odgovarja: to je tisto razumevanje, ki razume svet kot celoto reči, ki obstajajo bolj ali manj *same na sebi*, in išče resnico v predmetih, ki naj bi bili *neodvisni od spoznavajoče osebe*. Hegel tako razumevanje resnice sveta radikalno zavrne: »Nobene resnice namreč ni,

ki ne bi *bistveno zadevala* živega subjekta in ki ne bi bila resnica subjekta.« In svojo misel še stopnjuje: »Svet je odtujen in neresničen tako dolgo, dokler človek ne uniči njegove mrtve objektivnosti in dokler 'za' trdnimi oblikami reči in zakonov ne prepozna *sebe* in *svojega življenja*.«

Heglovo razumevanje resnice kot resnice živega subjekta nam bo pomagalo pojasniti marsikaj. Najprej predvsem »zgodbo« *mojega* »srečanja« z Uexküllom, iz katerega se je porodila prošnja Kazimirju Tarmanu, da bi napisal prispevek o njem.

Kje sem torej prvič »srečal« Uexkülla? »Predstavil« mi ga ni biolog, ampak – za naš uvodnik zelo pomenljivo – nemški filozof Hans-Georg Gadamer v svoji znameniti knjigi *Resnica in metoda* (Ljubljana, 2001). Name *osebna* sta najmočnejši vtis naredila Gadamerjeva odločna zavrnitev možnosti, da bi ljudje lahko imeli neposredni dostop do »objektivne« resnice sveta »na sebi« (to so trdili že filozofi Kant, Hegel, Husserl in Heidegger), in logično izpeljani sklep: »*To, kaj je svet, se [...] ne razlikuje od osebnih pogledov, v katerih se ponuja*.« Gadamer se je pri teh spoznanjih skliceval tudi na Uexküllove raziskave okolij, kot jih zaznavajo živali. Uexküll je za živali trdil namreč nekaj podobnega kot Gadamer za človeka. Tako kot človek tudi »*nobena žival ne more stopiti v razmerje z nekim predmetom kot takim*« (torej predmetom 'na sebi', opomba je moja), in – to je najpomembnejše Uexküllovo spoznanje –, ni nobenega enotnega sveta, ki bi zajemal vse žive organizme, obstaja samo neskončna raznolikost zaznavajočih svetov. Drugače povedano, vsak živi organizem živi v svojem – beseda, kot bomo videli, ni čisto ustrezna – »svetu«. Tudi človeška bitja, kot ponazarja Uexküllova sijajna metafora: ne obstaja gozd kot objektivno določeno okolje, obstaja gozd za logarja, gozd za lovca, gozd za botanika ... (beri Tarmenov prispevek).

»Dialog« med biologom Uexküllom in največjimi filozofi 20. stoletja je povzročil nenavadno in paradokсно »stapljanje« razmišljanj o bivanjskem bistvu živali in človeka. Sijajna pričevalka tega dialoga je knjiga italijanskega filozofa Giorgia Agambena (1942) *Odprto*.

*Človek in žival* (Ljubljana, 2011). Agamben se je pri pisanju knjige navezal na Heideggerjeva predavanja v Freiburgu, omenjena v začetku uvodnika. Heidegger je predavanja zasnoval na tezi »kamen nima sveta, žival je uboga na svetu, človek je ustvarjalec sveta«, pri čemer se je močno opiral na Uexküllove raziskave živalskih »svetov«, natančneje okolij (*Umwelt*). Kaj natančno torej je okolje (*Umwelt*) živali? To ni okolica, objektivni prostor, v katerem vidimo gibanje nekega živega bitja (*Umgebung*). Okolje (*Umwelt*) neke živali so le tisti »predmeti in vplivi«, recimo jim tisti elementi - Uexküll jih imenuje »nosilci pomembnosti« oziroma »nosilci znakov« -, ki to žival zanimajo. Drugače povedano: nobena žival ne more stopiti v odnos s predmetom *kot takim*, ampak samo s tistimi elementi, ki so zanjo »pomembni« (klop jih pozna samo tri). Ali še drugače: žival *zaznava* le zanjo pomembne elemente in ničesar drugega. Kant in za njim Hegel in Heidegger imajo torej popolnoma prav, »vsa resničnost je subjektivna«. Drugo ime za to *subjektivno* resničnost je očitno »svet« - pri Uexküllu jo najdemo v zloženki *Um-welt* (*Welt*, svet; *Umwelt*, okolje), pri Heideggerju pa v tezi »žival je uboga na svetu, človek je ustvarjalec sveta«. Prav ta teza pa nakazuje možen odgovor na v tem uvodniku še ne jasno zastavljeno vprašanje, v čem se v razmerju do sveta - tistega skupnega imenovalca v tezi - žival pravzaprav razlikuje od človeka. Zaključek uvodnika moramo zato nameniti prav tej tezi, ki - po Agambenu - odpira temeljni bivanjski *prepad* in hkrati posebno *bližino* med živaljo in človekom.

Bivanjski položaj živali je Heidegger opredelil takole: žival je popolnoma *obvezeta*, *prevzeta* od elementov, lastnih *nosilcev pomembnosti*, ki so njen »svet« oziroma - po Uexküllu - njeno okolje (*Umwelt*). V zvezi s temi elementi žival ne more zares odločati, ali bo delovala ali ne, ampak se lahko samo *nagonsko obnaša*. Žival je tako sicer *odprta* za elemente, ki so njeno okolje, toda ti elementi ji *niso razkriti* oziroma *razodeti*, saj se jih ne »zaveda«. Heidegger zato sklene, da žival v svojem življenju vendarle *ima* nekaj, in sicer okolje (*Umwelt*), *nima* pa *sve-ta*. Le *svetu* namreč pripada *možnost razkritja* oziroma *razodetja* vsega živega in neživega, z

drugimi besedami, vsega bivajočega kot takega. *Svet* pa ima lahko le človek. Kajti le človek ima *zavest*. Na prvi pogled se tako zdi, da je prav zavest tisto »odrešilno«, ki človeka ločuje od živali in ga hkrati tudi »povzdiguje« nad živaljo. Toda Heidegger je z analizo človekovega občutja *globokega dolgočasa* dokazal, da med človekom in živaljo obstaja tudi nepričakovana *bližina* - in hkrati oddaljenost, ki pa ni vedno »odrešilna«.

Ko se človek »globoko« dolgočasi, so mu vse poti do bivajočega »zaprte«, vse bivajoče se mu odreka in ga zavrača, to pa je podobno kot pri živali, ki je sicer »globoko« prevzeta s svojimi *nosilci pomembnosti*, ti nosilci pa ji niso nikoli razkriti. Vendar med človekom in živaljo obstaja razlika: ko se človek dolgočasi, se *zaveda* tako dolgočasja in »zaprtosti«, »neodzivnosti« vsega bivajočega kot neizkoriščenih možnosti, da bi temu temu stanju naredile konec, žival pa svoje prevzetosti s svojimi *nosilci pomembnosti* in obnašanja z njimi nikakor ne more prekiniti oziroma pustiti neizkoriščeni - ali, kot je zapisal Agamben, v živalskem okolju se ne more nikoli pokazati nekaj takega kakor čista možnost. Agamben je na podlagi tega razmišljanja sijajno, vendar tudi paradokсно zaključil z naslednjima trditvama. Prva se glasi: Človek je zgolj žival, ki *se je naučila dolgočasiti*, ki *se je prebudila* iz lastne prevzetosti (s svojimi *nosilci pomembnosti*) in *v* lastno prevzetost (z njimi), druga pa: Dragulj, vdelan v središče človeškega sveta in njegove *odprtosti*, ni nič drugega kakor živalska prevzetost; čudež, »da bitja so«, ni nič drugega kakor *razumevanje* »*bistvenega pretresa*«, ki se zgodi v živem bitju zato, ker je izpostavljeno v nečem nerazkritem. Obe misli nas nezmotljivo spominjajo na Sokratove besede, ki žarijo od zavesti, da bi človek moral biti na svoj človeški, razmišljujoč način mnogo bolj skromen, kot je danes: »Vem, da nič ne vem.« Danes, ko človeku »uspeva« graditi tak tehnokratski svet, ki človeškim posameznikom dovoljuje živeti le, če se »obnašajo« tako, kot ta tehnokratski svet zahteva od njih - ki jim dovoljuje živeti le, če se spremenijo v posameznike, ki *ne mislijo* več - torej »živali«.

*Tomaž Sajovic*

# Možnosti kirurškega zdravljenja pridobljenih bolezni srca v Sloveniji

Aleksandar Gavrić

Srčno-žilne bolezni so najpogostejši vzrok smrtnosti v razvitem svetu. Ker se vseh srčnih bolezni ne more zdraviti z zdravili, je razvoj kirurškega zdravljenja pomembno prispeval k učinkovitejšemu zdravljenju teh bolnikov. Razmah te veje medicine se je začel v petdesetih letih 20. stoletja z razvojem naprave za zunajtelesni krvni obtok. V spekter kirurškega zdravljenja pridobljenih srčnih bolezni štejejo menjavo in rekonstrukcijo okvarjene zaklopke, presaditev srca, vstavitve mehanične srčne podpore, vstavitve srčnega spodbujevalnika in kardioverter defibrilatorja ter premostitveno operacijo venčne arterije. Slovenska srčna kirurgija je hitro sledila svetovnemu razvoju.

»Kirurg, ki skuša zašiti rano na srcu, ni vreden spoštovanja kolegov.« Te besede velikega pruskega kirurga Theodorja Billrotha iz 19. stoletja so se kmalu po njegovi smrti pokazale za zmotne. Že pol stoletja za tem so namreč izvedli prve operacije na odprtem srcu. Kar je nekdaj veljalo za nemogoče, je danes postalo nekaj običajnega.

Srce je zaradi svoje funkcije - kot črpalka, ki po telesu poganja kri -, vrsto let preprečevalo kirurgom, da bi s skalpelom zdravili bolezni srca. Je ritmično utripajoč organ, kar pomeni, da je ves čas v gibanju. Operiranje na srcu je torej mogoče le na način, ki ne ovira črpanja krvi po telesu. Ko se srce ustavi, nastopi nezavest zaradi neprekrvljenosti možganov prej kot v desetih sekundah. Nepovratna možganska smrt nastopi v manj kot desetih minutah. To da kirurgu malo časa za operacijo, le nekaj minut.

Zaradi majhnega časovnega okna so bili prvi posegi na srcu zdravljenje travmatskih ran, predvsem vbodnih. Območje operiranja

je bilo zunaj oziroma na površini in ne znotraj srca. Frankfurtski kirurg Ludwig Rehn je prvi zašil travmatsko rano na srcu že leta 1896. Srce je med posegom utripalo. Nato so v prvi polovici 20. stoletja začeli s posegi na velikih žilah ob srcu, notranjost tega organa pa je bila za kirurge še vedno neresljiva uganka. Tako je ostalo do petdesetih let 20. stoletja (Morus, Lewinsohn, 1959).

## Začetki kirurgije na odprtem srcu

V prvi polovici 20. stoletja je prišlo do dveh pomembnih odkritij, brez katerih srčna kirurgija ne bi bila mogoča, Landsteinerjevega odkritja *sistema krvnih skupin ABO* in McLeanovega odkritja *heparina*. Transfuzija krvi je v srčni kirurgiji skoraj vedno potrebna, antigensko ujemanje (antigena A in B) med krvjo darovalca in prejemnika pa pogoj za uspešno transfuzijo. Antigensko neujemanje vodi v aglutinacijo oziroma zlepljenje rdečih krvnih celic, reakcijo, ki je za biolnika usodna (Gilliss, Brian, 2011).

Leta 1916 so v Ameriki iz jeter osamili substanco, ki zavre strjevanje krvi. Poimenovali so jo heparin (grško *hepar*, jetra) (Morus, Lewinsohn, 1959). V krvi se ob stiku s cevmi, ki so del naprave za zunajtelesni obtok, sproži vrsta reakcij, ki povzročijo strjevanje krvi. Srčne kirurgije si zato brez tega zdravila ne predstavljamo, saj večino operacij še vedno opravljajo z zunajtelesnim obtokom (Keeling, 2008). Izum naprave za zunajtelesni obtok je povzročil pravi razmah tega področja medicine. Poenostavljeno je naprava sestavljena iz dveh delov. Prvi del, ki prevzame črpalno vlogo srca, črpa s kisikom osiromašeno vensko kri in vrača s kisikom obogateno kri nazaj v telo. Drugi del predstavlja oksigenator oziroma izme-

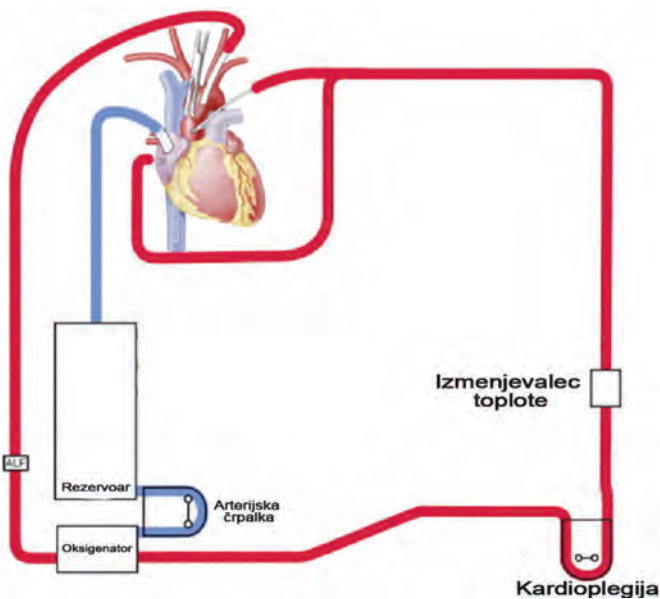


njevalec plinov, ki prevzame respiratorno vlogo pljuč. Prva operacija z zunajtelesnim krvnim obtokom na svetu je bila opravljena leta 1954. Le štiri leta kasneje je kirurg Božidar Lavrič (1899-1961) operiral petletnega dečka zaradi napake atrijskega septuma, pri tem mu je asistiral profesor Miro Košak, ki je kasneje postal prvi predstojnik klinike za kirurgijo srca in ožilja v Sloveniji. To je bila prva operacija v Jugoslaviji, pri kateri so uporabili napravo za zunajtelesni obtok (Kalinšek, 2000). Naprave, uporabljene pri prvih operacijah, zaradi denarnih nezmožnosti niso kupili v tujini. Pač pa sta napravo izdelala prof. Košak, ki se je seznanil s črpalko leto prej na izobraževanju v Franciji, in Lojze Murn, ki je bil takrat direktor podjetja Avtoobnova. Izvirno napravo ameriške izdelave so v Sloveniji začeli uporabljati tri leta kasneje (Zupanič Slavec, 2008) (slika 1).

V naslednjih desetletjih so se razvili dodatni postopki, ki so omogočili daljše in bolj varno operiranje na srcu: hemodilucijska metoda, kardioplegija in hipotermija. Z razvojem *hemodilucijske metode* se je bistveno zmanjšala potreba po transfuziji krvi med operacijo.

To je pomembno, ker je količina krvi odvisna od števila darovalcev. Možnost okužbe z virusi in nevarna transfuzijska reakcija pa predstavljata za bolnika dodatno tveganje. Bolniku pred operacijo odvzamejo in shranijo določeno količino krvi, ki jo nadomestijo s koloidno raztopino, po operaciji pa jo vrnejo v obtok. Z omenjeno metodo razredčijo kri in s tem znižajo koncentracijo hemoglobina. Tako bolnik na enoto izgubljene krvi med operacijo izgubi manjšo količino hemoglobina (Jamnicki, 2003). Uvedba *kardioplegije* je omogočila operiranje na mirujočem srcu. Pri tem kirurg v srce dovaja raztopino z visoko koncentracijo kalija, ki začasno zaustavi srce. *Hipotermija* zmanjša negativne učinke manjšega telesnega pretoka zaradi uporabe zunajtelesnega obtoka. Na ishemijo je med vsemi organskimi sistemi najbolj občutljivo osrednje živčevje, in sicer predvsem zaradi visoke metabolne stopnje tega tkiva. Pri hipotermiji ohladijo telo in tako znižajo metabolno stopnjo. Potreba tkiv po kisiku je zato zmanjšana (Cohn, 2007).

Srčna kirurgija se je zaradi mnogih različnih postopkov razvila v kompleksno stroko, ki zahteva znanje strokovnjakov različnih



Slika 1: Shematski prikaz zunajtelesnega krvnega obtoka. Iz desnega atrija je kri (modra cev) speljana v oksigenator. V aorto se vrne s kisikom obogatena kri (rdeča cev). Izmenjevalec toplote ohladi kri, ki krožeča po telesu bolnika zniža telesno temperaturo (hipotermija). V srce je speljana tudi kardioplegična raztopina, ki povzroči zaustavitev srca.



specialnosti medicine (Wang s sod., 2011). Že prof. Košak je v začetnih letih slovenske srčne kirurgije spodbujal skupinsko delo. Tako pri zdravljenju bolnika poleg kirurgov sodelujejo kardiologi, ki izvajajo diagnostične postopke in bolnika napotijo na kirurško zdravljenje. Anesteziologi pripravijo bolnika na operacijo. Perfuzionisti so odgovorni za pravilno delovanje naprave za zunajtelesni obtok med operacijo. Zdravniki v intenzivnih enotah nadzorujejo bolnikove vitalne funkcije neposredno po operaciji. Velik del naloge opravijo tudi medicinske sestre in fizioterapevti. Ker imajo mnogi srčni bolniki pridružene še druge bolezni, sodelujejo s srčnimi kirurgi tudi zdravniki internisti drugih specialnosti (Zupanič Slavec, 2008)

### Pridobljene bolezni srca

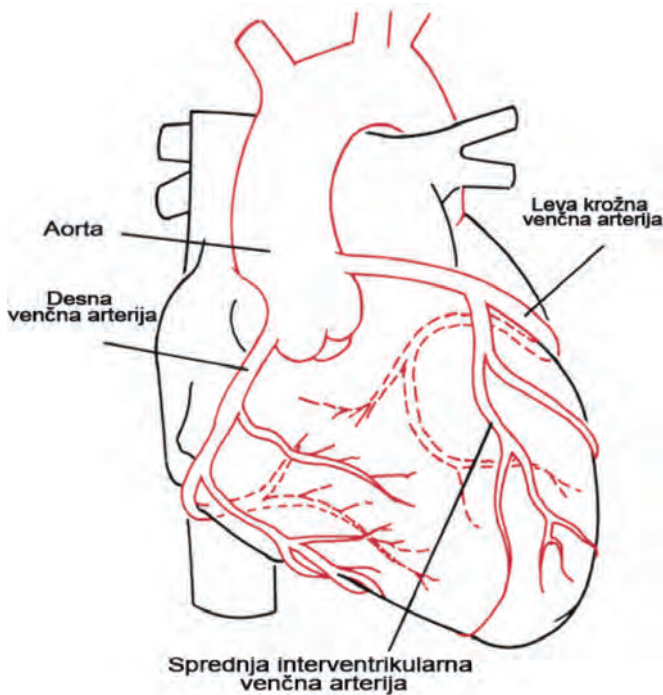
Bolezni srca in žilja so najpogostejši vzrok smrti v razvitem svetu (Hoyert, Xu, 2012). Zaradi nezdravega načina življenja in nenehnega staranja prebivalstva bo pojavnost teh obolenj v prihodnosti še višja. Najpo-

gostejša vzroka, ki posredno in neposredno prizadeneta srce, sta ateroskleroza in arterijska hipertenzija (Heidenreich s sod., 2011).

### Ishemična bolezen srca

Ishemična bolezen srca je najpogostejše posledica zožitev venčnih arterij ali nenadne zapore venčne arterije (slika 2). Bolezenski proces, ki pripelje do teh sprememb, imenujemo ateroskleroza. Del srčne mišice distalno od zapore nima več pretoka. Ker celice ne dobijo kisika, odmrejo in nastopi srčni infarkt (Košnik, Mrevlje, Štajer s sod., 2011).

Še v šestdesetih letih prejšnjega stoletja so bolnike, ki so imeli srečo in kljub infarktu živi prišli do bolnišnice, namestili v postelje, ki so bile na razpolago. Koronarnih enot oziroma oddelkov, kot jih poznamo danes, takrat še ni bilo. Smrtnost teh bolnikov je bila zelo visoka (Elizabeth, Braunwald, 2012). Pravo rešitev je prineslo kirurško zdravljenje. Za pionirja tega področja ve-



Slika 2: Anatomija venčnih arterij.

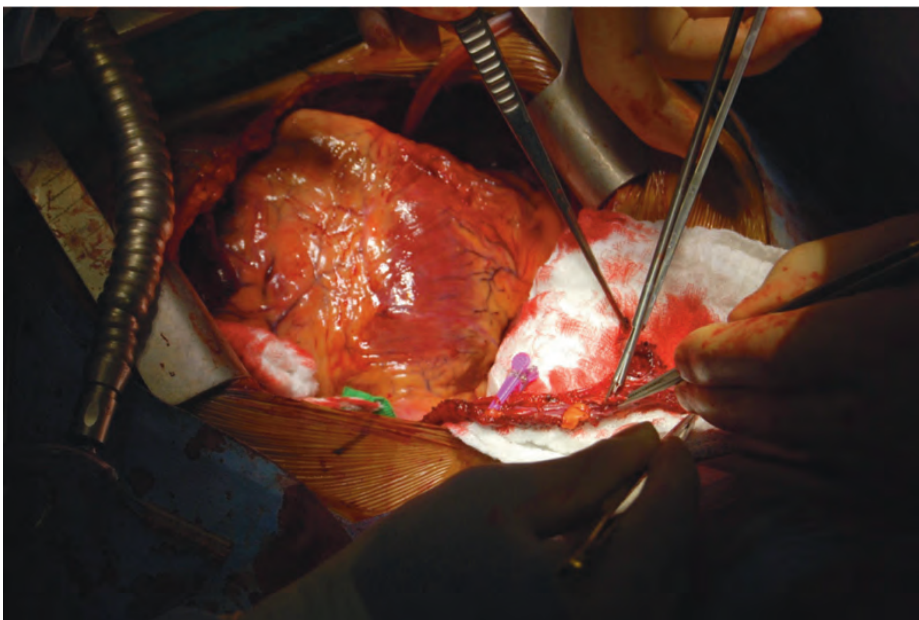
lja ruski kardiokirurg Vasilij Kolesov, ki je leta 1964 prvi uspešno premostil zamašeno venčno arterijo z venskim presadkom (slika 4). Šele Argentinec Rene Favaloro je s svojo ekipo tri leta kasneje prvi opravil večje število premostitvenih operacij venčnih arterij in predstavil rezultate operacij širši medicinski javnosti. Metoda se je od takrat hitro razširila po svetu (Weisse, Allen, 2011). V Sloveniji je leta 1971 prvo premostitveno operacijo venčne arterije z venskim presadkom opravil prof. Košak. Uporabil je *veno sapheno magno* z notranje strani goleni. Dve leti kasneje so začeli v Sloveniji za obvod uporabljati tudi notranjo prsno arterijo (latinsko *a. thoracica interna*) (Zupanič Slavec, 2008).

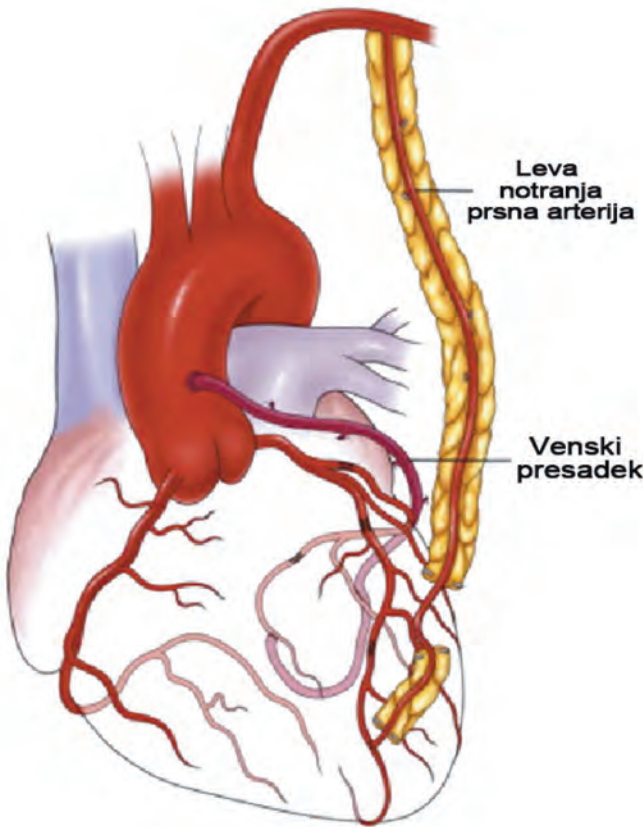
Sprva so obvodne operacije opravljali z zunajtelesnim obtokom na mirujočem srcu. Na prehodu v novo tisočletje so kirurgi razvili nov način operiranja, in sicer na utripajočem srcu (angleško *beating heart surgery*) (slika 3). Operacijo opravijo brez naprave za zunajte-

lesni obtok. Tehnično je takšen način operiranja zahtevnejši in terja bolj izkušenega kirurga (Murphy, Gavin, 2004).

Poleg kirurškega zdravljenja obstaja možnost manj invazivnega, perkutanega zdravljenja zapore venčnih arterij. Kar pomeni, da je vstop v telo preko kože (latinsko *cutis*, koža). To metodo so zdravniki prvič uporabili v Nemčiji že leta 1977 (Shahbudin, Rahimtoola, 2008). Pri tem posegu interventni kardiolog s katetrom vstopi v srce skozi veliko arterijo (latinsko *a. femoralis*) v dimljah. Najprej do ustja venčnih arterij uvede vodilno žico, ki služi kot »tračnica« za uvedbo drugih orodij. Nato po vodilni žici na mesto zožitve v venčno arterijo uvede balonček, ki ga napihne in s tem razširi mesto zožitve. Končno na isto mesto vstavi še žilno opornico iz kovinskih zlitin. Poenostavljeno jih lahko primerjamo z vzmetjo, ki jo najdemo v kemičnih svinčnikih. Ker opornico pustimo v telesu in ta predstavlja tujek, mora bolnik jemati posebna zdravila

Slika 3: Kirurga pripravljata notranjo prsno arterijo. Srce ni priključeno na napravo za zunajtelesni obtok.





Slika 4: Premostitvena operacija venčnih arterij. Leva notranja prsna arterija je zašita na spodnji del leve interventrikularne venčne arterije, venski presadek (v. saphena magna) pa je zašit na vejo leve krožne venčne arterije.

proti strjevanju krvi. Poseg je krajši in občutno manj invaziven od kirurške *revaskularizacije* (Yamaguchi, 2000).

Odločitev, ali bodo problem zamašene venčne arterije razrešili s kirurško ali perkutano metodo, sprejmejo zdravniki, ki se odločajo na podlagi mednarodno sprejetih smernic. Pri odločanju je pomembno dejstvo, koliko in katere žile so zamašene, splošno bolnikovo stanje ter pridružene bolezni.

### Okvare zaklopk

Vloga srčnih zaklopk je vzdrževanje normalne hemodinamike. Zdrave zaklopke usmerjajo pretok krvi le v eni smeri (slika 5). Pri bolezni pride do funkcionalno gledano dveh vrst okvar: *zožitve* in *insuficience*. Najpogostejše so kombinirane okvare. Pri *zožitvi* pride do zmanjšanja površine

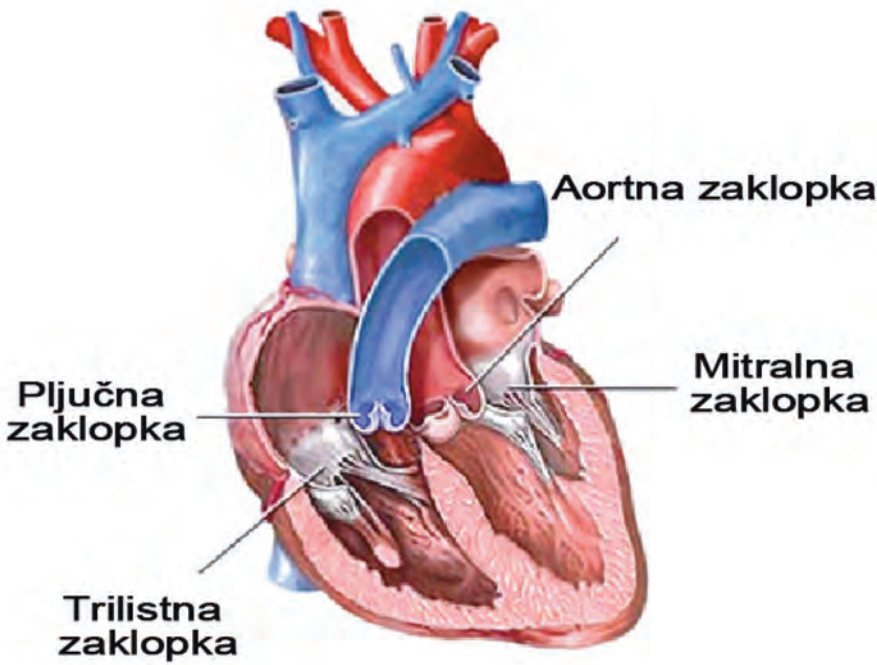
valvularnega ustja, lističi zaklopk se zaradi bolezenskih procesov ne odpirajo dovolj. Pri *insuficienci* pa lističi ne tesnijo učinkovito, zato pride do retrogradnega pretoka, kri se vrača nazaj.

Učinkovito zdravljenje je tudi tukaj prinesla kirurgija, ki je še danes pri nekaterih okvarah zaklopk edina primerna metoda. Prvo umetno srčno zaklopko so vstavili leta 1960 v Združenih državah Amerike bolniku z zoženo mitralno

zaklopko. Slovenska srčna kirurgija na tem področju ni dolgo zaostajala za svetovnimi dosežki. Prof. Košak je s svojo ekipo že leta 1965 prvi v takratni Jugoslaviji vstavil Starr-Edwardsovo mehansko krogljično zaklopko (Zupanič Slavec, 2008).

Med vsemi okvarami je najpogostejša zožitev aortne zaklopke (Medvešček, Ružič, Juvan, Ažman, 2011). Druga najpogostejša valvularna napaka je mitralna insuficienca. Pred nekaj desetletji je bila revmatična bolezen mitralne zaklopke najpogostejša valvularna okvara, a je v razvitem svetu zaradi uporabe antibiotikov proti streptokokom močno upadla (Bunc, Gradecki, 2012). Okvare trilitne in pljučne zaklopke so redke (David, Sabiston, Courtney, Townsend, 2011).

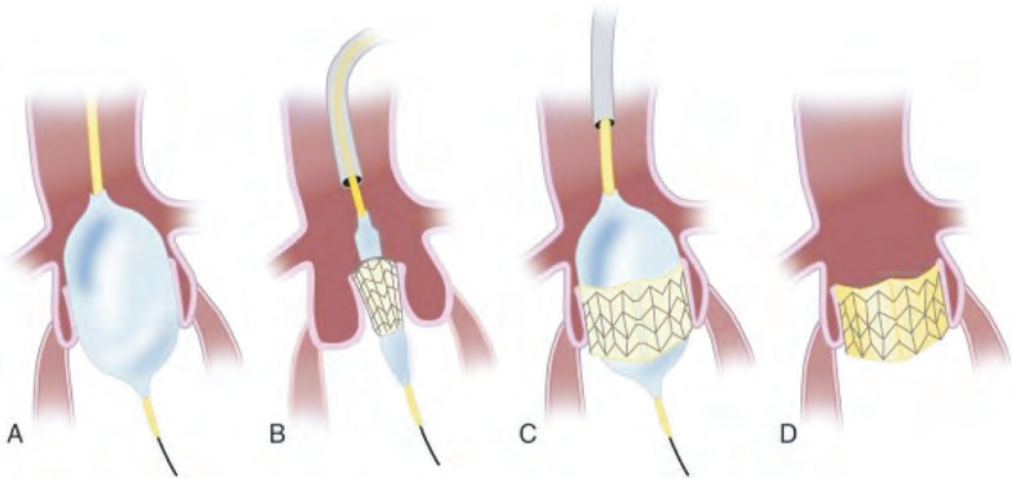




Slika 5: Anatomija srčnih zaklopk. Med levim preddvorom in levim prekatom je mitralna (bikuspidalna) zaklopka. Trilistna zaklopka uravnava pretok med desnim preddvorom in desnim prekatom. Dve žilni zaklopki, pljučna in aortna zaklopka, uravnava pretok iz desnega in levega prekata v pljučni oziroma sistemski obtok.

Zdravljenje napredovale zožitve aortne zaklopke je izključno kirurško. Kirurg izreže okvarjeno zaklopko in jo zamenja z umetno (angleško AVR – *aortic valve replacement*). Poleg klasičnega pristopa, kjer kirurg prereže prsno kost v njeni celotni dolžini (sternotomija), se od leta 1996 v Sloveniji menjave aortne zaklopke izvajajo tudi z minimalnim pristopom, pri katerem kirurg dostopa do zaklopke le skozi majhen rez med rebri. Takšen način operiranja je tehnično zahtevnejši (Zupanič Slavec, 2008). Leta 2003 je slovenski kardiokirurg prof. dr. Borut Geršak s svojo ekipo prvi na svetu operiral aortno zaklopko na endoskopski način (angleško *port access*). Ker je rez pri tem načinu minimalen, kirurg ne dela pod neposredno vizualizacijo, ampak gleda strukture, na katerih operira, preko videa (Geršak, 2003).

Pri menjavi zaklopke je pomembna tudi izbira ustrezne umetne zaklopke. Kirurgi uporabljajo mehanske in biološke zaklopke ter aortne presadke, ki se najredkeje uporabljajo. Prednost mehanskih zaklopk je trajnost – za razliko od bioloških zaklopk, ki imajo omejeno življenjsko dobo –, zato jih pogosteje vstavljajo starejšim bolnikom, ki so praviloma starejši od 65 let. Slabost mehanskih zaklopk je nujnost vseživljenjskega jemanja zdravil proti strjevanju krvi (Medvešček, Ružič, Juvan, Ažman, 2011). Tudi pri zdravljenju boleznih zaklopk se uveljavljajo manj invazivne metode. Najtežjim bolnikom z zožitvijo aortne zaklopke lahko to zamenjajo perkutano (angleško TAVI – *transcatheter aortic valve implantation*) (slika 6). Zdravnik zaklopko vstavi preko arterije s pristopom v dimljah. V primeru,



Slika 6: Perkutana zamenjava zaklopke. Balonska dilatacija stenotične zaklopke (A). Stisnjena umetna zaklopka se privede do aortnega anulusa (B). Balon se napihne in razširi umetno zaklopko (C). Balon se izpihne in odstrani, umetna zaklopka se raztegne in pritisne staro ob steno aorte (D).

da zaradi anatomskih variacij ali periferne arterijske bolezni tak pristop ni mogoč, zamenjajo zaklopko skozi srčno konicico (transapikalno, latinsko *apex*, konica). V Sloveniji se zdravljenje s perkutanim načinom izvaja od leta 2010 (Šušteršič, Bunc, 2009).

### Srčno popuščanje

Srčno popuščanje je hudo stanje, pri katerem srce ne zmore zagotoviti zadostnega minutnega srčnega iztisa glede na trenutne presnovne potrebe v organizmu. Najpogostejše je posledica ishemične srčne bolezni, arterijske hipertenzije in okvar zaklopk. Zlati standard zdravljenja končne srčne odpovedi je presaditev srca (Martínez - Sellés, 2009).

Znani ameriški srčni kirurg Denton Cooley je o prvi presaditvi srca v primerjavi z drugimi pionirskimi metodami v srčni kirurgiji rekel: »Menim, da noben pionirski poseg na področju srčne kirurgije ni bil in nikoli ne bo tako spektakularen kot prva presaditev srca, ki so jo izvedli decembra leta 1967 v Capetownu v Južni Afriki. To je napravilo dr. Christiana Barnarda za enega najbolj znanih ljudi na svetu.« (Cooley, 1984.)

Prvi bolnik s presajenim srcem je umrl osemnajst dni po posegu zaradi pljučnice (Barnard, 1969). Novo srce predstavlja telesu tujek, bolnik mora zato prejemati imunosupresivno terapijo, ki oslabi imunski sistem in s tem zmanjša možnost zavrnitvene reakcije. Hkrati postane bolnik bolj dovzeten za okužbe. Z razvojem zdravil, ki preprečujejo zavrnitveno reakcijo presadka, se je doba preživetja bolnikov s presajenim srcem podaljšala. Povprečno pooperativno preživetje je danes približno petnajst let (Humar, Dunn, 2010).

V Sloveniji je prvo presaditev srca izvedel kirurg Tone Gabrijelčič 23 let po prvi presaditvi na svetu (Zupanič Slavec, 2008). Glavni dejavnik, ki omejuje število presaditev, je omejeno število darovalcev. Bolnikov, ki potrebujejo novo srce, je veliko več kot razpoložljivih organov. Zato je Slovenija leta 1999 postala del evropske transplantacijske mreže Eurotransplant. Sodelovanje sedmih držav poveča možnosti za pridobitev ustreznega organa, saj obsega mreža območje z več kot 125 milijoni prebivalcev (Langer, 2012).

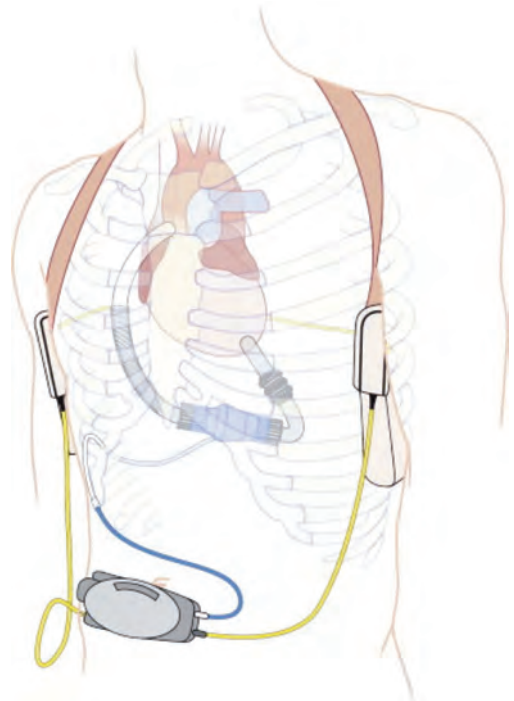
Poleg presaditve srca so se možnosti kirurškega zdravljenja napredovalega srčnega popuščanja razširile na uporabo črpalk, ki delujejo po načelu mehanske srčne podpore (angleško VADs – *ventricular assist devices*) (slika 7). Črpalčka črpa večjo količino krvi, zato lahko srce medtem počiva. Srcu omogoči, da si opomore v fazi akutnega popuščanja, še pogosteje pa tak način uporablja na primer pri bolnikih, ki čakajo na primernega darovalca in brez mehanične srčne podpore ne bi preživel. Zato takšno zdravljenje imenujejo tudi premostitvena terapija do presaditve (Strüber, 2009). Obstajata dve vrsti črpalk. Zunanje črpalke vstavijo perkutano bolnikom z akutnim srčnim popuščanjem. Odstranijo jih že po nekaj dnevih. Kirurg slovenskega rodu Igor D. Gregorič je eden najbolj izkušenih na področju implantacij perkutanih podpornih naprav srcu (Saverio La Francesca, 2006). Drugo vrsto črpalk pa s kirurškim posegom vstavijo v telo bolnika. Najpogosteje jih prišijejo na levi ventrikel. V telesu ostanejo dlje časa, lahko tudi več let. Leta 2010 so prvo notranjo implantacijo telesne črpalke za dolgotrajno podporo vstavili tudi pri nas (Kukovič, 2010).

Najbolj napredna metoda za zdravljenje srčnega popuščanja je presaditev matičnih celic, ki se lahko vsajajo v srce do milimetra natančno. Matične celice imajo sposobnost, da v novem mikrookolju preskočijo v novo celično linijo in se dobesedno 'preobrazijo' v srčnomišične celice. Zdravniki pridobijo matične celice iz kostnega mozga bolnika in jih nato ponovno vsadijo v obolelo srce. Metoda ni pokazala le subjektivnega izboljšanja

simptomov, saj tudi ultrazvočni parametri kažejo boljšo funkcijo delovanja srca (Codina, 2010). Ta način zdravljenja je v Sloveniji mogoč od leta 2006 (Vrtovec, Poglajen, 2011).

### Motnje ritma

Glede na število srčnih utripov delimo motnje ritma v tahikardne (več kot 100 utripov na minuto) in bradikardne (manj kot 60 utripov na minuto). Medtem ko tahikardne motnje zdravimo z zdravili, to ne velja za bradikardne aritmije. Učinkovita terapija je vstavev srčnega spodbujevalnika (angleško *pacemaker*) (slika 8). Poseg, ki odpravi neprijetne simptome, vrtoglavico, utrujenost in omotico, je opravljen v lokalni anesteziji in traja v povprečju manj kot eno uro. Elektrode se vstavijo perkutano, najpogosteje preko podključnične vene (latinsko *v. subclavia*). Baterija spodbujevalnika zdrži v večini primerov več kot deset let, ko se izrabi, jo je treba zamenjati (Trappe, Gummert, 2011). Prvo vstavev spodbujevalnika v svetu je



Slika 7: Črpalčka (model HeartMate II) črpa del krvi iz levega ventrikla v aorto. Kabel za baterijo je speljan iz telesa.



leta 1958 opravil švedski kardiokirurg Ake Senning. Od leta 1965 pa je takšno zdravljenje možno tudi v Sloveniji. Tudi pri tej operaciji je bil v Sloveniji prvi prof. Košak. Danes vstavijo v ljubljanskem kliničnem centru približno tisoč spodbujevalnikov na leto (Zupanič Slavec, 2008).

Bolnikom, ki imajo povečano tveganje za razvoj maligne prekatne fibrilacije, kirurgi preventivno vsadijo kardioverter-defibrilator (angleška kratica *ICD*). Naprava spremlja srčni ritem in ob fibrilaciji sproži električni sunek, ki srce vrne v normalni sinusni ritem in prepreči nenadno srčno smrt. Poseg je zelo podoben tistemu pri vstavitvi spodbujevalnika. Tudi naprava sama je tako kot spodbujevalnik sestavljena iz baterije in elektrode (Trappe, Gummert, 2011) V Sloveniji je bil prvi kardioverter-defibrilator vstavljen leta 1989 (Zupanič Slavec, 2008).

Kirurško so pred leti začeli zdraviti tudi atrijsko fibrilacijo, ki je najpogostejša srčna aritmija. Ko je bolezen odporna proti zdravljenju z zdravili, srčni kirurgi skupaj s kardiologi s pomočjo toplote ali zamrznitve poškodujejo majhna območja tkiva v srcu, ki so izvor nenormalnih proženj električnih signalov (Sie s sod., 2003).

## Zaključek

V Univerzitetnem kliničnem centru Ljubljana izvajajo vse v članku opisane metode z rezultati, ki so primerljivi s tistimi v najboljših bolnišnicah v tujini. Operacije na odprtem srcu izvajajo poleg Univerzitetnega kliničnega centra Ljubljana od leta 2001 tudi v Univerzitetnem kliničnem centru Maribor in od leta 2003 v MC MEDICOR-ju v Izoli (Zupanič Slavec, Slavec, 2010).

*Avtor članka se zahvaljuje Nejc Davidoviču za pomoč pri obdelavi slik.*

### Slovarček:

**Defekt (napaka) atrijskega septuma.** Povezava med levim in desnim atrijem preko luknje v medpreddvornem pretinu. S kisikom obogatena in s kisikom osiromašena kri se mešata.

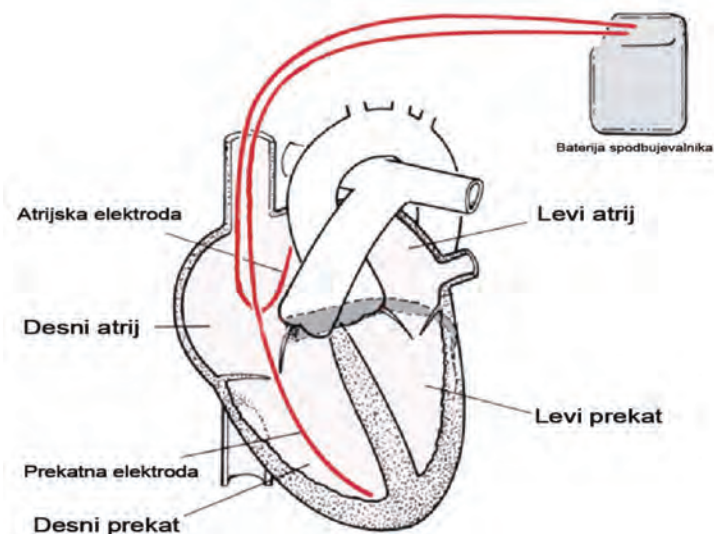
**Imunosupresija.** Umetno zmanjšanje imunskega odziva.

**Ishemija.** Pomanjkanje krvi v delu organa ali organizma zaradi stisnjenja ali obstrukcije arterije.

**Revaskularizacija.** Ponovna vzpostavitev krvnega obtoka z razširitvijo zožitve žile z balonskim katetrom in po potrebi z vstavitvijo žilne opornice (stenta) ali kirurško z obvodom.

**Streptokók.** Bakterija (kok) iz rodu *Streptococcus*.

**Valvulama insuficienca.** Pretok krvi nazaj skozi ustja srčnih zaklopk zaradi njihovega nepopolnega zapiranja.



*Slika 8: Srčni spodbujevalnik. Iz baterije gresta dve elektrodi v desni prekat in atrij.*



*Aleksandar Gavrić* je bil rojen 28. februarja leta 1989 v Kranju, kjer se je tudi šolal. Po končani maturi leta 2008 na Kranjski gimnaziji je bil sprejet na Medicinsko fakulteto Univerze v Ljubljani. Poleg rednega študija je vodja projekta Misli na srce, ki deluje v okviru Društva študentov medicine Slovenije, prav tako je vodja debatnega kluba študentov medicine Medical Student Journal Club, ki letos organizira 1. mednarodni debatni kongres študentov medicine. Leta 2012 je bil izvršni urednik študentskega medicinskega časopisa Erekto. Trenutno redno opravlja peti letnik splošne medicinske fakultete, njegova ambicija je srčna kirurgija.

#### Viri in literatura:

- Barnard, C. N., 1969: *Human Heart Transplantation. The Canadian Medical Association Journal*, 100 (3).
- Bunc, M., Gradecki, I., 2012: *Posvet o kronični bolezni srca z mednarodno udeležbo (7. Novo mesto). Mitralna zaklopka. Celovit pristop pri zdravljenju mitralne zaklopke. Novo mesto: Društvo za izobraževanje in raziskovanje v medicini.*
- Codina, M., 2010: *Current Status of Stem Cell Therapy in Heart Failure. Current Cardiology Reports*, 12 (3): 199–208.
- Geršak, B., 2003: *Endoscopic Aortic Valve Replacement. The Heart Surgery Forum*. #2003-10173. 6 (6).
- Gilliss, M. B., 2011: *Reducing Non-Infectious Risks of Blood Transfusion. Anesthesiology*, 115 (3): 635–649.
- Humar, A., Dunn, D. L., 2010: *Chapter 11. Transplantation. V: Brunicař, F. C., Andersen, D. K., Billiar, T. R., Dunn, D. L., Hunter, J. G., Matthews, J. B., Pollock, R. E., uredniki: Schwartz's Principles of Surgery. 9th ed. New York: McGraw-Hill. <http://www.accessmedicine.com/content.aspx?alD=5012706>.*
- Jamnicki, M., London, J. M., 2003: *Acute Normovolemic Hemodilution: Physiology, Limitations, and Clinical use. Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, 17 (6): 747-754.
- Kalinšek, I., 2000: *Akademik Božidar Lavrič, mojster skalpela: Življenjska pot in delo akademika Božidarja Lavriča, utemeljitelja moderne in znanstvene kirurgije v Sloveniji. Ljubljana: Zdravniška zbornica Slovenije.*
- Košnik, M., Mrevlje, F., Štajer, D., s sod., 2011: *Učbenik Interna medicina. Littera Picta. Ljubljana: Slovensko medicinsko društvo. 246-247.*
- Kukovič, U., 2010: *Prvič vstavili znotrajtelesno črpalko za dolgotrajno podporo srca. Medicina danes. Sreda, 13. januarja 2010, št.1.*
- Langer, R. M., 2012: *History of eurotransplant. Transplantation Proceedings*, 44 (7): 2130-2131.
- Martinez-Sellés, M., 2009: *End-Stage Heart Disease in the Elderly. Revista Española de Cardiología*, 62 (4): 409-21.
- Medvešček, N. R., Juvan, K. A., 2011: *Aortna zaklopka: izivi pri zdravljenju bolezni zaklopke. Zbornik predavanj. Ljubljana: Društvo slovenskih kardiokirurgov.*
- Morgan, Jr., G. E., Mikhail, M. S., Murray, M. J., 2006: *Chapter 19. Cardiovascular Physiology & Anesthesia. V: Morgan, Jr., G. E., Mikhail, M. S., Murray, M. J., uredniki: Clinical Anesthesiology. 4th ed. New York: McGraw-Hill. <http://www.accessmedicine.com/content.aspx?alD=889833>.*
- Morus, R. L., 1959: *Eine Weltgeschichte des Herzens. Hamburg: Rowolt. Slovenski prevod: Zgodovina srca. Ljubljana: Mladinska knjiga, 1963.*
- Nabel, G. E., Braunwald, E., 2012: *A Tale of Coronary Artery Disease and Myocardial Infarction. The New England Journal of Medicine*, 366: 54-63.
- Saverio La, F., 2006: *First Use of the TandemHeart® Percutaneous Left Ventricular Assist Device as a Short-Term Bridge to Cardiac Transplantation. Texas Heart Institute Journal*, 33: 490-1.
- Shahbudin, H. R., 2008: *First Percutaneous Catheter Intervention for Left Main Coronary Artery Disease: 30 Years Ago. JACC: Cardiovascular interventions*, 1, (1).
- Sie, H. T., s sod., 2003: *New strategies in the surgical treatment of atrial fibrillation. Cardiovascular Research*, 58: 501–509.
- Strüber, M., 2009: *The Current Status of Heart Transplantation and the Development of »Artificial Heart Systems«. Deutsches Ärzteblatt International*, 106 (28–29): 471–477.
- Šušteršič, M., Bunc, M., 2009: *Perkutana zamenjava aortne zaklopke: nov način zdravljenja aortne stenoze. Medicinski razgledi*, 48: 233–241.
- Trappe, H. J., Gummert, J., 2011: *Current Pacemaker and Defibrillator Therapy. Deutsches Ärzteblatt International*, 108 (21): 372–80.
- Vrtovec, B., Poglajen, G., 2011: *Effects of intracoronary stem cell transplantation in patients with dilated cardiomyopathy. Journal of Cardiac Failure*, 17 (4): 272–281
- Zupanič, Z., Slavec, Slavec, K., 2010: *Pol stoletja slovenske kirurgije na odprtem srcu (1958-2008). Zdravstveni vestnik*, 79: 843-52.
- Zupanič, Z., Slavec, 2008: *Razvoj slovenske kirurgije srca: Ob 50-letnici prve operacije na odprtem srcu (1958-2008). Znanstvena monografija. Ljubljana: Klinični oddelek za kirurgijo srca in ožilja.*

# Zrele telesne celice lahko reprogramiramo, da postanejo mnogozmogljive

*Radovan Komel*

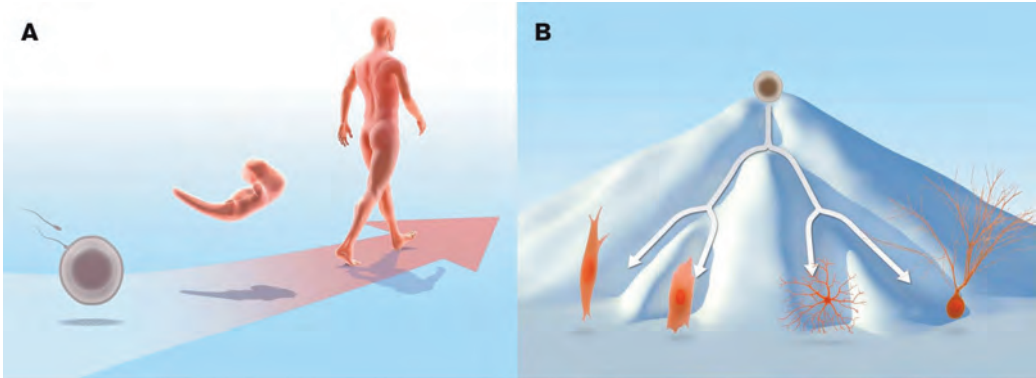
Lansko Nobelovo nagrado za medicino sta 10. oktobra leta 2012 prejela devetinsemdesetletni dr. John B. Gurdon z Inštituta Gurdon v Cambridgeu v Veliki Britaniji in petdesetletni dr. Sinja Jamanaka z Univerze v Kjotu na Japonskem, hkrati tudi raziskovalec na Inštitutu Gladstone v San Franciscu v Združenih državah Amerike. Prestižno priznanje sta dobila za odkritje, da odrasle, diferencirane telesne celice lahko reprogramiramo v stanje mnogozmogljivih (pluripotentnih) matičnih celic.

Ko se združita moška in ženska spolna celica (semenčica in jajčece), nastane iz dveh haploidnih genomov (po en niz kromosomov) diploidni genom oplojenega jajčeca, zigote (dva niza kromosomov, materin in očetov). Oplojeno jajčece in zgodnji zarodek, ki se med potovanjem po jajcevodu deli, so vsezmogljive, »totipotentne« celice, saj iz njih nastanejo vsi celični tipi napredovallega zarodka in v nadaljevanju diferencirane celice tkiv in organov osebka kot tudi tkiv, ki obdajajo zarodek (na primer posteljica). V začetku je število teh vsezmogljivih »izvornih celic« majhno, vendar hitro narašča in po nekaj dneh, pred vgnezditevjo v steno maternice, jih je lahko že sto ali več. Še vedno so vse enake, nediferencirane, in skupaj sestavljajo tako imenovano »blastocisto«, v kateri pa se že začnejo razporejati v več slojev; notranjo celično maso sestavljajo »mnogozmogljive«, »pluripotentne« zarodkovne matične celice, iz zunanjega sloja pa se razvijejo celice tkiv, ki obdajajo zarodek. Notranje zarodkovne matične celice so mnogozmogljive zato, ker se lahko razvijejo v vse tipe telesnih celic kot tudi spolnih celic

odraslega organizma. Tiste celice, ki so bolj na površini, sprejemajo signalne molekule neposredno iz krvnožilja matere. Te molekule sporočajo, kateri geni naj se izražajo. V naslednjem sloju sprejemajo celice že nekoliko »prefiltrirane« signale, poleg njih pa tudi signale, ki jih izločajo celice površinskega sloja. Ker se celice v različnih slojih tako znajdejo v različnih molekularnih okoljih, začnejo izražati različne gene in se zato spreminjajo po obliki in aktivnosti – diferencirajo v različne celične tipe, tkiva in organe. V njih so aktivna stikala (promotorji) nekaterih genov, promotorji nekaterih drugih pa ne več, ker ne prejemajo več ustreznih molekularnih sporočil (rastnih dejavnikov, hormonov ... in posledično transkripcijskih dejavnikov oziroma aktivatorjev izražanja genov) ali pa so med razvojem zarodka doživeli kemijske spremembe (na primer metilacija nukleotidov). Pravimo, da so »zgodnji geni« opravili svojo vlogo in so pri odraslem organizmu »blokirani« oziroma »zaklenjeni«. Do nedavnega je veljalo, da do povratka njihove aktivnosti ne more več priti.

Nekatere telesne celice odraslega organizma so vseeno še vedno lahko »večzmogljive«, na primer mnogozmogljive matične celice kostnega mozga, iz katerih se lahko razvijejo različne vrste krvnih celic, nekatere so »enzmogljive« (unipotentne) – take so »odrasle matične celice« tkiv, ki so potrebne za regeneracijo ob poškodbah, saj ob delitvi proizvedejo po eno matično celico in eno celico regenerirajočega se tkiva –, večinoma pa so »ničelno zmogljive«, gre za popolnoma diferencirane celice tkiv in organov. Pred nekaj leti nas je osupnila vest o kloni-





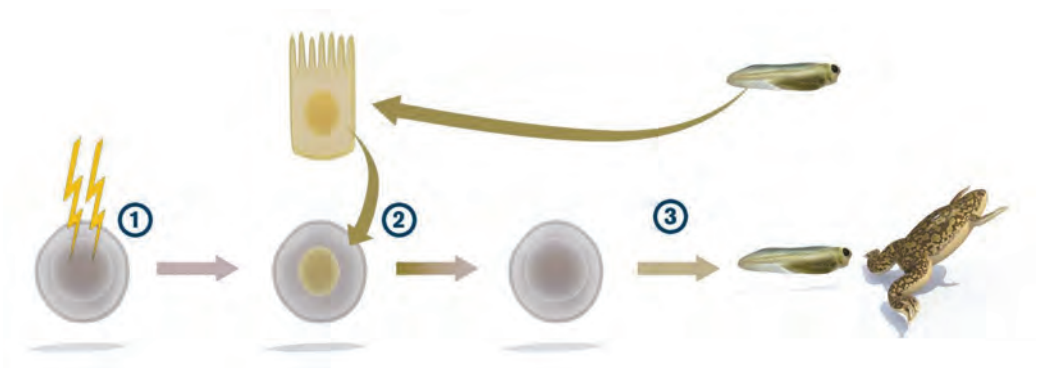
**A:** Razvoj človeškega bitja iz oplojenega jajčeca je enosmerni proces: oplojeno jajčece – zarodek – odrasla oseba.

**B:** Ilustracija nepovratnosti celične diferenciacije: na vrhu je mnogozmogljiva matična celica, prikazana kot frnikola. Te se lahko valijo navzdol po različnih dolinah, med potovanjem se različno »obrusijo« in nazadnje končajo na dnu kot različno diferencirane celice. V običajnih razmerah se ne morejo spontano vračati navzgor, da bi se ponovno povrnile v izhodiščno stanje »frnikole«. »Na dnu« (končno, diferencirano stanje) pa tudi ne morejo preskakovati iz »doline v dolino«, da bi se spreminjale iz ene vrste celic (celične linije) v drugo. Vir ilustracije: Waddington, C. H., 1957.

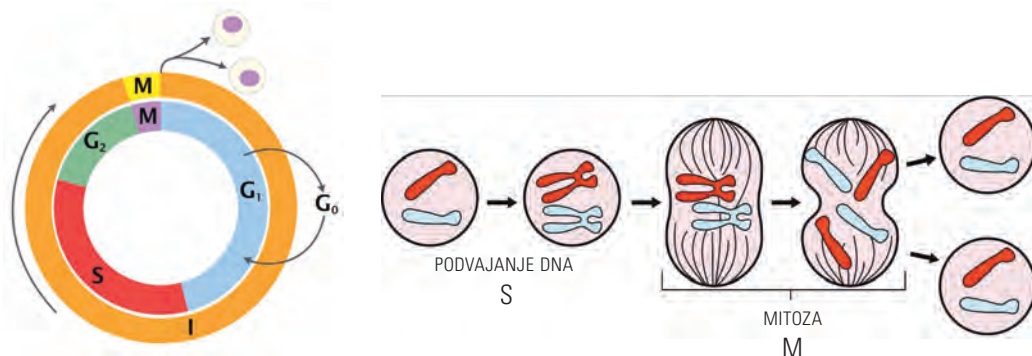
ranju prvega višjega organizma iz jedra telesne celice, ovce Dolly. Do tedaj je veljalo prepričanje, da odraslih telesnih celic, ko so enkrat že diferencirane, ni več mogoče povrniti nazaj in iz njih ponovno ustvariti živ organizem. To prepričanje je sicer že davnega leta 1962 omajal prav John B. Gurdon, ko je v brezjedrno jajčece afriške žabe krempjarke vnesel jedro črevesne epitelijske celice paglavca; jedro jajčeca je predhodno uničil z obsevanjem z ultravijoličnimi žarki. Ugotovil je, da so se iz številnih tako

pripravljenih jajčec razvili živi, plavajoči paglavci, kar je pomenilo, da je prišlo do reprogramiranja jedra odrasle telesne celice – jedro se je po prenosu v okolje jajčne celice iz stanja »enozmogljivosti« (»unipotentnosti«) povrnilo v stanje »mnogozmogljivosti« (»pluripotentnosti«).

V nadaljevanju poskusov mu je uspelo podoben rezultat dobiti tudi z uporabo jeder iz telesnih celic odrasle žabe, vendar je večina znanstvene skupnosti dolga leta težko



Gurdonov poskus kloniranja žabe leta 1962.



Shematski prikaz celičnega cikla: Zunanji krog: I = interfaza, M = mitoza.

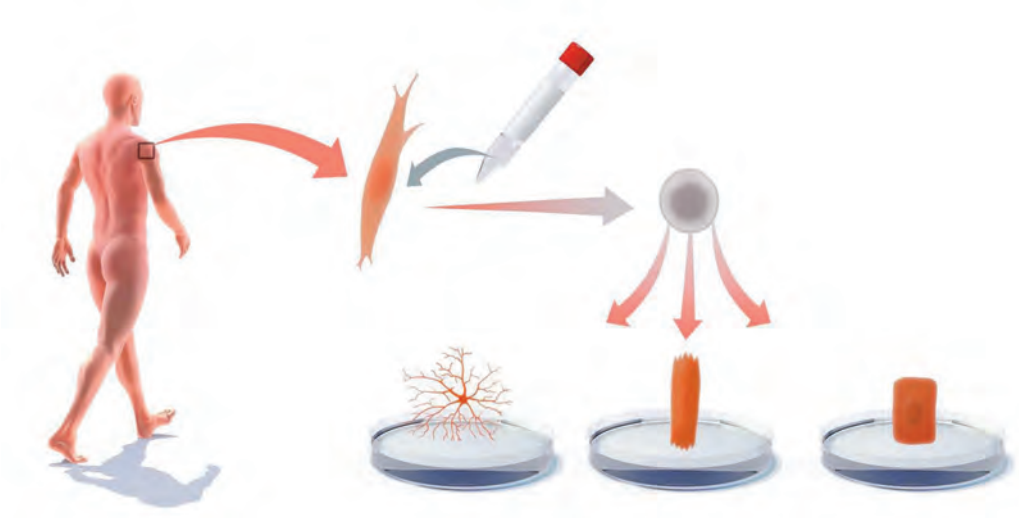
Notranji krog:  $G_1$  = faza rasti  $G_1$  (v tej fazi poteka intenzivna izgradnja celičnih sestavin, celica raste); S = faza podvajanja DNA oziroma kromosomov;  $G_2$  = faza rasti  $G_2$  (v tej fazi poteka sinteza sestavin delitvenega vretena in drugih dejavnikov, potrebnih za delitev celice); M = mitoza (rast celice se ustavi in delitev celice se izvrši);  $G_0$  = stanje ničelne rasti oziroma mirovanja: večina popolnoma diferenciranih, redko deležih se celic organizma navadno vstopi v to fazo in v njej, v stanju mirovanja, ostanejo daljša časovna obdobja (do spodbude za naslednjo celično delitev), nekatere v tem stanju ostanejo celo za stalno (na primer nevroni). Ian Wilmut je pri kloniranju ovce Dolly uporabil jedro telesne celice v stanju mirovanja, s čimer ga je »synchroniziral« z začetnim stanjem pri razvoju zarodka.

pristajala na tako rušenje zasidrane dogme o nepovratnosti diferenciranega stanja – vse do ovce Dolly. Za razliko od žab, katerih jajčeca so velika in razvoj zarodka poteka zunaj telesa, je kloniranje sesalca pomenilo stvaritev prve »prave živali«. Ian Wilmut je Gurdonov pristop nadgradil s tem, da je uporabil jedro telesne celice v stanju mirovanja, s čimer ga je »synchroniziral« s stanjem začetnega zarodka.

Od takrat so s prenosom jedra telesnih celic v izpraznjene jajčne celice uspešno klonirali večje število živalskih vrst, še vedno pa je ostalo odprto vprašanje, ali lahko sprožimo tudi povratek celovito diferencirane celice v nezrelo izhodiščno stanje. Odgovor je leta 2006 dal Šinja Jamanaka, ki je v jedrni genom celice kožnega vezivnega tkiva (fibrblastov) vstavil gene za transkripcijske proteinske dejavnike, za katere je iz številnih predhodnih poskusov vedel, da z vezavo na ustrezne promotorje sprožijo izražanje genov v embrionalnih matičnih celicah in s tem povzročijo njihovo stanje mnogozmogljivosti (pluripotentnosti). Med temi je izbral 24

transkripcijskih dejavnikov, za katere je vedel, da v primeru umetne združitve (fuzije) embrionalne matične celice z neko odraslo, popolnoma diferencirano telesno celico v tej spodbudijo in vzdržujejo stanje mnogozmogljivosti. Kolonije celic, ki so po vnosu genov za omenjene transkripcijske dejavnike in posledično njihov pojav zrasle iz fibroblastov, so kazale vse znake embrionalnih matičnih celic. V nadaljevanju poskusov je zmanjševal število potrebnih genov oziroma proteinskih dejavnikov in na koncu ugotovil, da za preobrazbo mišjih embrionalnih fibroblastov v mnogozmogljive matične celice zadostujejo že štirje izbrani transkripcijski dejavniki. Jamanakovo odkritje je resnično revolucionarno, saj je bilo prvič v zgodovini znanosti mogoče diferencirano telesno celico reprogramirati v mnogozmogljivo »inducirano matično celico« (angl. *induced pluripotent stem cel, iPS*).

Kaj to pomeni za medicino? Ob velikih možnostih ustvarjanja celičnih modelov za učinkovitejše preučevanje molekularnih osnov zapletenih bolezni kot tudi biokemij-



*Možnosti celične oziroma tkivne terapije. Bolniku odvzamemo nekaj diferenciranih telesnih (na primer kožnih) celic in jih reprogramiramo v inducirane mnogozmogljive (iPS) celice, ki jih nato v laboratoriju (in vitro) z izbranimi spodbudili (molekulami, načini gojenja ...) usmerimo oziroma diferenciramo v želeni specializirani celični tip, kot so nevroni, celice srčne mišice (kardiomiociti), jetrne celice (hepatociti) in podobno, odvisno od bolezni oziroma obolelega/okvarjenega tkiva, ki ga pri bolniku želimo nadomestiti. Ker gre za celice njegove genetske zasnove, jih njegov organizem po presaditvi ne bo zavmil.*

skih oziroma fizioloških učinkov zdravljenja med razvijanjem novih zdravil zagotovo tudi ustvarjanje tkiv in v prihodnosti tudi organov za presajevanje, s čimer se izognemo etičnim zadržkom ob pridobivanju mnogozmogljivih matičnih celic s kloniranjem ali z uporabo zgodnjih zarodkov iz oploditve z biomedicinsko pomočjo. V obeh primerih moramo namreč izhajati iz zarodka, ki je vedno sam po sebi lahko izhodišče za novo bitje - klon darovalca telesne celice oziroma njenega jedra (kar je že v zasnovi dejanja etično sporno) oziroma »otroka iz epruvete« v drugem primeru. Večina družbenih okoliščin tudi zavrača možnost uporabe jajčec in ustvarjanja zarodkov za pridobivanje zarodkovih matičnih celic, ki so bile do odkritij, okronanih z lansko Nobelovo nagrado, sicer nujno potrebne za poskuse ustvarjanja diferenciranih telesnih celic oziroma celičnih linij in tkiv za presajevanje. Znanost gre skokovito naprej in v zadnjih letih so raziskave

usmerili v iskanje čim manjšega števila in čim bolj preprostih molekul, s katerimi je mogoče v telesno celico uvesti mnogozmogljivost, najbolj obetavni pa so poskusi neposrednega spreminjanja celic, brez potrebe predhodnega ustvarjanja mnogozmogljivosti - tako imenovani poskusi »transdiferenciacije«. Pri teh poskusih poskušamo, s pravilnim izborom omejenega števila specifičnih transkripcijskih dejavnikov, izbrani celični tip (na primer kožno celico) neposredno, brez potrebe po nediferenciranih matičnih celicah, pretvoriti v drug celični tip (na primer živčno celico). Zdi se, da so se na široko odprla vrata za učinkovito celično in tkivno nadomestno zdravljenje zapletenih bolezni (na primer nevrodegenerativnih bolezni, bolezni presnove, bolezni srca in ožilja, raka ...) kot tudi za nadomeščanje ob nesrečah izgubljenih tkiv in organov, ki jih organizem bolnika ne bo zavračal.





Sir John B. Gurdon, rojen leta 1933 v Dippenhallu v Veliki Britaniji. Raziskuje in je profesor na Inštitutu Gurdon v Cambridgeu v Veliki Britaniji.



Šinja Jamanaka, rojen leta 1962 v Osaki na Japonskem. Raziskuje in je profesor na Univerzi v Kyotu na Japonskem in na Inštitutih Gladstone v San Franciscu v Kaliforniji v Združenih državah Amerike.

Viri:

Nobelprize.org – The Official Web Site of the Nobel Prize: The Nobel Prize in Physiology or Medicine 2012. *Advanced Information - Scientific Background: Mature cells can be reprogrammed to become pluripotent.*

[http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/medicine/laureates/2012/advanced-medicineprize2012.pdf](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/2012/advanced-medicineprize2012.pdf)

Komel, R., 2012: Zrele telesne celice lahko postanejo pluripotentne. Nobelova nagrada za fiziologijo in medicino 2012. Na široko odprta vrata za nadomestno zdravljenje zapletenih bolezni. Delo, 2012, letnik 54, številka 118, priloga Znanost, stran 14.

Waddington, C. H., 1957: *The Strategy of the Genes; a Discussion of Some Aspects of Theoretical Biology*. Allen & Unwin.

Wikipedia: Cell Cycle; [http://en.wikipedia.org/wiki/Cell\\_cycle](http://en.wikipedia.org/wiki/Cell_cycle)

Jakob Johann von Uexküll – opazovalec in razlagalec življenja • Iz zgodovine naravoslovja

## Jakob Johann von Uexküll – opazovalec in razlagalec življenja

Kazimir Tarman

Karkoli pride od Uexkülla, je vedno *ab origine*.

(Hans Driesch, iz K. Kull, 1998.)

Biolog Jakob von Uexküll se je rodil 8. septembra leta 1864 v Mihkliju (estonsko ime za nemški St. Michaelis) v dvorcu Keblaste v stari baltskonemški plemiški družini. Prednik iz 16. stoletja je bil danski guverner v Oslu. Njegov glavni prispevek znanosti je bil usmerjen v raziskovanje okolja (nemško

*Umwelt*), kot ga zaznavajo živali. Na njegovem razumevanju tega pri živalih z različno evolucijsko razvojno stopnjo je kasneje ameriški jezikoslovec madžarskega rodu Thomas Sebeok utemeljil pojem *biosemiotika*. Iskalec nekakšnega notranjega sveta živih bitij (po Uexküllu) je tudi biolog in filozof Andreas



Portret Jakoba Johanna von Uexkülla. Vir: Wikimedia.

Weber v svoji knjigi *Čuteča narava* (izšla je tudi v slovenščini). Weber zagovarja misel, da od preprostega enoceličarja do človeka velja, da brez občutja ni življenja. Branje te knjige in urednik *Proteusa* sta me spodbudila k pričujočemu zapisu.

### Življenjska pot

Jakob von Uexküll je študij zoologije opravil na univerzi v estonskem Tartuju, tedaj imenovanem Dorpat, v letih od 1884 do 1889 pri profesorju Maximilianu Braunu. Ker so ga zanimali morski nevretenčarji, je pogosto zahajal na obalo Baltskega morja. Tisti čas so bila na Univerzi v Tartuju živa filozofska razmišljanja o darvinizmu in učenje starega Karla Ernsta von Baera (1792-1876), tedaj že pokojnega učitelja zoologije, embriologije in razvojne biologije na isti univerzi. Tu je predaval profesor Georg Seidlitz (1840-1917), vnet zagovornik Darwinovega nauka, ki je kot prvi na svetu vpeljal predavanja iz darvinizma že leta 1870. Hkrati je bila še navzoča dediščina von Baera, kar je močno vplivalo na mladega Jakoba in spodbujalo neovitalizem v evropski biologiji. Na univer-

zi v Heidelbergu je pri profesorju Wilhelmu Kühneju v tehnično odlično opremljenem laboratoriju preučeval fiziologijo mišic. Tudi sem je segel vpliv von Baera. Z opredelitvijo pojma okolje se je ukvarjal med raziskavami na znameniti Stazione Zoologica v Napoliju. S priporočilom direktorja te ustanove, zoologa Antona Dohrna (1840-1909), je odpotoval na biološko ekspedicijo na vzhodnoafriško obalo. Brez uradne podpore je preučeval vedenje živali na univerzi v Heidelbergu in leta 1907 doktoriral s področja fiziologije živčno-mišičnega uravnavanja, kar je kasneje dobilo ime Uexküllov zakon. Zakon je zgodnji opis delovanja povratne zveze (feedback circle) pri organizmih. Po prvi osamosvojitvi Estonije leta 1918 je Jakob z družino zapustil to deželo in postal leta 1925 honorarni profesor na univerzi v Hamburgu in direktor inštituta za raziskovanje okolja (Institut für Umweltforschung). Po krajšem delovanju na univerzi v Utrechtu se je vrnil v Hamburg in prevzel mesto direktorja zoološkega vrta in akvarija.

V letih od 1927 do 1939 je z družino preživel poletja na polotoku Puhtu v svoji poltjni hiši. Sedaj je v njej inštitut za zoologijo in botaniko univerze v Tartuju. Pri delu v Puhtuju mu je pomagal amaterski naravoslovec Alexander von Keyserlingk. Poslednja štiri leta življenja je preživel z ženo na Capriju, kjer je 25. julija leta 1944 umrl in tam bil tudi pokopan.

### Delo

Mnogi problemi in dvomi, ki so zaposlovali Uexkülla, so že davno preseženi, vendar ostaja njegovo delo pomembno za razvoj novih modernih vej biologije in drugih znanosti. Značilno zanj je bilo, da je bil več raziskovalec eksperimentator in opazovalec stvarnega življenja ter hkrati zelo dejaven v



Jakob Uexküll s sinom Thurejem poleti leta 1915. Thure je postal znan specialist za psihosomatsko medicino in pomemben raziskovalec na področju biosemiotike.

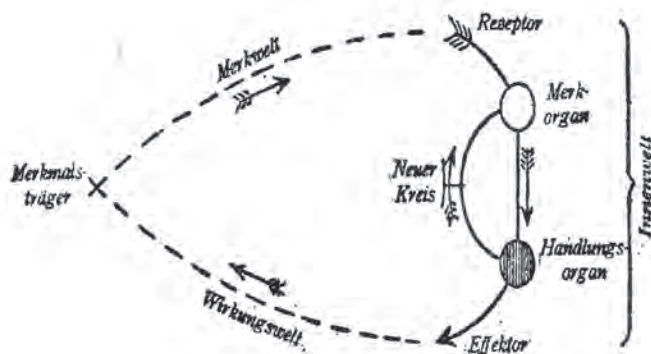
Vir: Wikimedia.

Spodaj: Univerza v Tartuju. Vir: Wikipedia.



teoretskobiološkem razmišljanju. To potrjujejo njegova dela, še posebej knjigi *Teoretska biologija (Teoretische Biologie)* in *Zunanji in notranji svet (Umwelt und Innenwelt)*. Pri razpravljanju se je pogosto navezoval na I. Kanta, W. Goetheja in K. E. von Baera.

Darvinizmu ni bil naklonjen. Menil je, da darvinisti evolucijo razlagajo samo vzročno in z mehaničnimi zakonitostmi, v naravi pa je treba izhajati iz notranjosti organizmov, iz zaznav osebkov. Čeprav simpatizer vitalizma, pa sebe ni umestil vanj. Imel se je



Figur 4.

*Uexküllov »funkcijski krog«.* Merkmalsträger – nosilec znakov, kazalnik (predmet ali pojav v okolju), Merkwelt – opazovani svet, Rezeptor – receptor ali čutilo, ki sprejme dražljaj, Merkorgan – zaznavanje, Handlungsorgan – obdelava zaznave, Effektor – efektor ali organ, ki se odzove na zaznavo, Wirkungswelt – svet dejavnosti (odgovor na zaznavo), Neuer Kreis – novi krog, Innenwelt – notranji svet.

Vir: Wikimedia.



za evolucionista, ki pa ne sprejema darvinističnih razlag razvoja. Tudi tu se kaže močan vpliv zoologa in embriologa von Baera, ki ni sprejel možnosti razvoja organizmov z naključnimi spremembami in naravnim izborom in še manj, da bi se tako razvila smotrnost in harmoničnost telesne zgradbe. Možnost je videl v teleološkem načelu, to je v vnaprejšnji določitvi namena ali zgradbe. Baer je gradil svojo tezo iz »načrtnosti« v razvoju zarodkov. Von Baerov teleološki pogled je bil v Nemčiji v 19. stoletju splošno priznan, le redki so mu kljubovali, naklonjen mu je bil celo Ernst Haeckel, sicer vnet privrženec Darwinove evolucijske zamisli (*Proteus*, 73 (2011): 253–263). Hkrati je von Baer odklanjal kakršnokoli religioznost, bil je prepričan panteist, nekateri so ga imeli za »vitalmaterialista«. Znan je njegov stavek: »Nikjer ni evolucije, vedno je le epigeneza.« Po Uexküllu je osnovni problem biologije v razumevanju zgradbe ali načrtnosti organizmov. Po Virchowovem reku in zgledu »*Omnis cellula e cellula*« je zapisal reko: »*Vsaka načrtnost je iz načrtnosti.*« Za načrtnost in harmonijo narave uporablja metaforo z glasbo, »organizmi so toni, ki odmevajo v harmoniji« in »načrt narave je primerljiv z glasbeno kompozicijo«. Prav epigenetska usmeritev je po semiotiku F. Stjerfeltu glavni prispevek Uexküllu v teoretski biologiji. Seveda Uexküllovi pogledi niso bili v koraku s časom in veliko njegovega dela ostaja le še zanimivost v zgodovinskem razvoju biološke misli.

### »Umwelt« in »Innenwelt«

Uexküll v svojih delih slikovito oriše pogled amebe, muhe, čebele, kačjega pastirja, ježa in psa na okolje, kot ga vidi človek. Natakne nam njihova očala, ko zapiše: »*Prepogosto si zamišljamo, da so odnosi posameznih živali do predmetov v okolju in času takšni, kot jih vidimo mi. Iluzija temelji na enotnosti sveta vseh živih bitij. Muba, kačji pastir, čebela, ki letajo okoli nas ob sončnem dnevu, se ne gibljejo v istem svetu, kot ga vidimo (zaznavamo) mi, in*



Naslovnica Uexküllove knjige *Zunanji in notranji svet živali* (1909). Vir: Open Library.

ga z nami ne delijo, tudi med seboj ne.« Zato Uexküll razlikuje med *okolico* (Umgebung) kot stvarnim prostorom, v katerem opazujemo omenjena bitja, od *okolja* (Umwelt), to je predmetov in vplivov, ki jim pravi »*nosilci pomembnosti*« (Bedeutungsträgers) oziroma »*nosilci znakov*« (Merkmalträgers) ali stvari, ki zanimajo posamezno žival. Zopet išče metaforo v primerjavi človek-gozd glede na odnos do gozda. Obstaja gozd logarja, gozd lovca, gozd botanika, popotnika, tesarja, sprehajalca in navsezadnje pravljčni gozd, v katerem je zašla Rdeča kapica. Vsak od njih zaznava gozd po svojem zanimanju (zaznavanju). Okolje so zanj izkušnje, ki jih pridobijo vse živali in človek z zaznavanjem predmetov v okolici. Poznana je njegova »upodobitev« okolja preproste živali, kot je klop (*Ixodes ricinus*). Takole razmišlja: »*Skoraj vse, kar je v okolici klopa, zanj ni pomembno. Luna, vreme, ptiči, hrup, listje, sence in tako dalje zanj niso pomembni. Te stvari so lahko okolje za druga bitja, ki živijo okoli*

*Samica klopa (Ixodes ricinus), ki se je napila krvi. Na tej vrsti je Uexküll razložil svojo misel o zunanjem in notranjem svetu živali (Puutinen, Kuopio, Finska).*



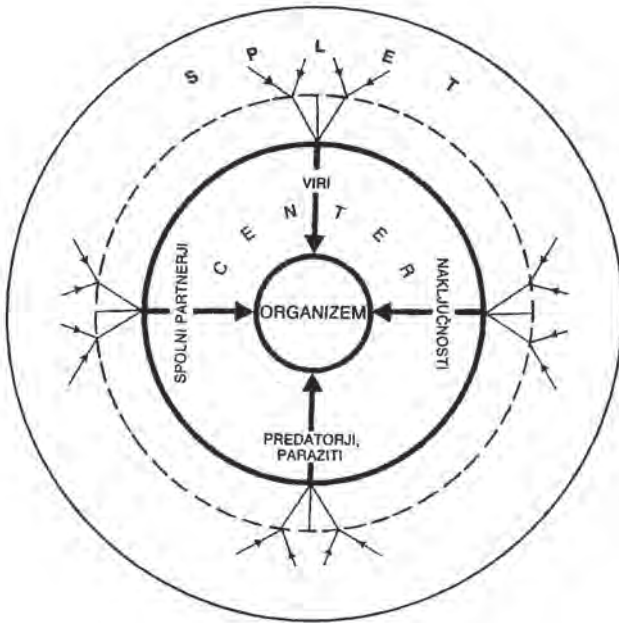
*klopa, klopu pa ne pomenijo nič. Za klopa obstaja čutno zaznavanje toplote in vonj po znoju toplokrvne živali, saj se na njej hrani samica, ki potem leže jajčeca in pogine.» Življenje oplojene, slepe in gluhe klope samice poteka takole. Po oploditvi spleza vrh travnega lista ali na vejo grmovja. Njeno plezanje usmerja svetlobna občutljivost kože. Viseč na veji potem čaka. Iz mirovanja jo zbudi naključni dogodek, mimohod toplokrvnega sesalca in vonj po masleni ali butanojski kislini v znoju. Takrat se spusti z veje in če ima srečo, pade na gostitelja. Trije znaki, dražljaji, sestavljajo okolje klopa: prvič, sončna svetloba sproži plezanje na vejo, drugič, čutno zaznavanje toplote in vonja sesalca in, tretjič, iskanje z dlakami neporaslega mesta, kjer začne sesati kri. Ti trije signali sestavljajo klopovo okolje, kar se ujema s Kantovim razumevanjem, da je »vsa realnost subjektivna«. Realnost se*

ustvarja z izkušnjo, tako živali kot človeka. Takšno zoženo pojmovanje okolja, kot ga pripisuje klopovi samici, izhaja iz njegove eksperimentalne izkušnje - izkušnje, pridobljene z raziskovanjem mišične fiziologije in odkritjem »funkcionalnega kroga« (Uexküllov zakon), kakor ga kaže shema na sliki. Znaki in dražljaji so po sodobnem ekološkem besedišču neživi in živi dejavniki okolja, pomembni za obstoj posameznega organizma. Uexküll je slikovito predstavil okolje organizmov z milnim mehurčkom, kjer kožica mehurčka označuje meje njegovega sveta. Kar je zunaj te meje, je organizmu prikrito. Način takega predstavljanja sveta osebka in vrste spominja na kasnejšo razlago ekološke niše, ki jo je uvedel v ekologijo angleški ekolog Charles S. Elton (1900-1991). Tako je Uexküll avtor pojma *okolje* (nemško *Umwelt*, angleško *environment*), ki se od tedaj (1909) uporablja v ekologiji. Celovitejšo shemo okolja organizma (slika) sta mnogo kasneje ponudila avstralska ekologja Andrewartha in Birch (1984).

Uexküll pa je razumel in razlagal naravo kot vseobsegajočo povezanost živega in neživega



*Gozd v Matkovem kotu Logarske doline. Pogled v gozd je odvisen tudi od zanimanja obiskovalca. Planinska markacija je pomembna za pohodnika – primer semiotike, biosemiotike. Foto: Kazimir Tarman.*



Sodobno shemo odnosov med organizmom in okoljem sta zasnova avstralska ekologja H. G. Andrewartha in L. C. Birch (1984): okolje je vse, kar vpliva na obstoj in razmnoževanje osebkov – organizma. Vir: Kazimir Tarman: Osnove ekologije in ekologije živali.

sveta v kohezijski načrt in prvi uporabil za to pojem »življenjski splet«, splošno sprejeti pojem, ki pojasnjuje zgradbo in delovanje ekosistemov. Tudi to njegovo razmišljanje se je pozneje v ekologiji ostvarilo v stvarnem

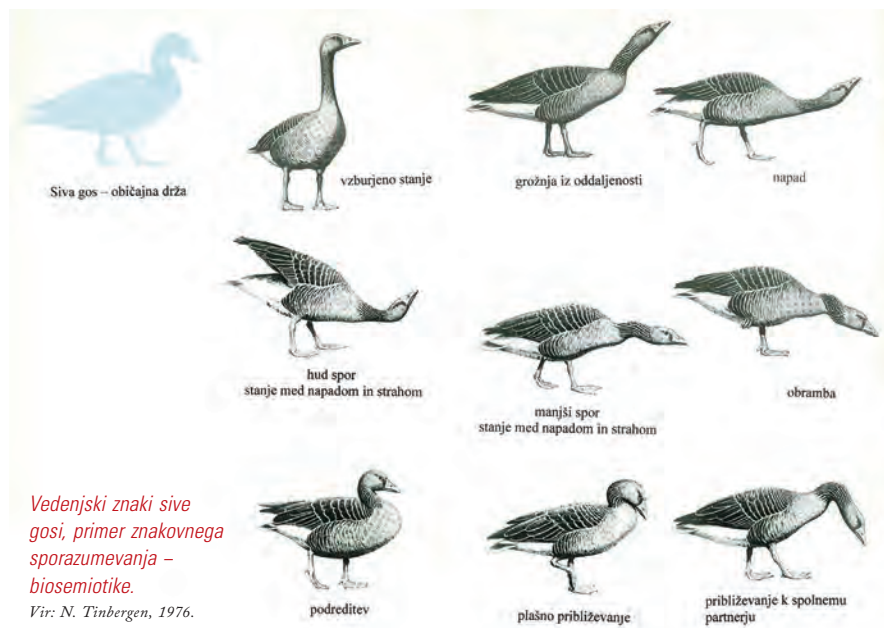
»prebranjevalnem spletu«. S tem se je Uexküll zapisal v zgodovino ekologije.

### Vplivi na druge vede

Dela Uexkülla ponujajo mnoge izvirne misli, ki so dale povod za razvoj novih vej biologije in bogatile tudi druga znanstvena področja: filozofijo, jezikoslovje, geografijo, literaturo in umetnost. V tem pogledu je imel prav H. Driesch. K. Lorenz (1903–1989), etolog in Nobelov nagradjenec, je v Uexküllovih delih videl začetke etologije. Prav zato je Uexküll tudi obiskal. V zadnjem času pa poudarjajo vlogo njegovega dela v semiotiki in ga štejejo za zgodnjega začetnika biosemiotike, vede, ki raziskuje biološki pomen znakovnega sporazumevanja živali. Utemeljitelja sodobne interdisciplinarnih znanstvenih vej sta njegov sin Thure von Uexküll (1908–2004) in Thomas Sebeok (1920–2001). Še v času Sovjetske zveze je Jurij Lotman (1922–1993), jezikoslovec,



Prometni znak ob cesti Mombasa-Najrobi (Kenija, 1971): »Sloni na cesti«, primer semiotike Foto: Kazimir Tarman.



Vedenjski znaki sive gosi, primer znakovnega sporazumevanja – biosemiotike.

Vir: N. Tinbergen, 1976.

semiotik in kulturolog, ustanovil v Tartuju semioticsko šolo. Sedaj deluje tam v okrilju Estonskega naravoslovnega društva Uexküellovo središče. Naloga središča je hranjenje izvornih del, rokopisov, knjig in razprav Jakoba von Uexkülla, njihova obdelava, pospeševanje biosemiotike in teoretske biologije. Organizirajo tudi »spomladanske šole« za teoretsko biologijo.

Le še nekaj zanimivosti o družini. Posamezni člani iz širšega rodu Uexküll so bili sodelavci protinacističnega odporiškega gibanja. Med njimi je bil tudi atentator na Hitlerja polkovnik Claus von Stauffenberg. Sin Thureja (1908-2004) Jakob von Uexküll (1944-), pisatelj, filantrop in politik, je bil kot član nemške stranke Zelenih poslanec v evropskem parlamentu. Osnoval je tudi posebno nagrado za ohranitev živega sveta (Right Livelihood Award), nekakšno vzporednico Nobelovi nagradi.

#### Literatura:

Andrewartha, H. G., Birch, L. C., 1984: *The Ecological Web. Chicago and London, The University of Chicago Press.*  
 Hunde, R. A., 1975: *Non-Verbal Communication. Cambridge – London - New York – Melbourne: Cambridge University Press.*

Jan, J., in sod., 1982: *Geschichte der Biologie. Jena: VEB Gustav Fischer Verlag.*

Kull, K., 2001: *An Introduction. Semiotica, 134: 1–59.*

Tarman, K., 1992: *Osnove ekologije in ekologija živali. Ljubljana: DZS.*

Tinbergen, N., 1976: *Tiere und ihr Verhalten. Hamburg: Rowohlt.*

Uexküll, J., von, 1920: *Teoretische Biologie. Berlin: Verlag der Gebrüder Paetel.*

Uexküll, J., von, 1921: *Umwelt und Innenwelt der Tiere (2. izd.). Berlin: J. Springer.*

Weber, A., 2011: *Čuteča narava. Ljubljana: Modrijan.*

#### Slovarček:

**Ab origines.** Izvirno.

**Biosemiotika.** Preučevanje znakovnega sporazumevanja med živalmi (iz grščine: bios, življenje, semeion, znak).

**Epigenetika.** Po von Baeru zaporedje v razvoju iz enostavnega v zamotano obliko, podobno kot se dogaja v embrionalnem razvoju od jajčeca do odrasle živali.

**Etologija.** Veja biologije, ki raziskuje vednje živali.

**Omnis cellula e cellula.** Izrek Rudolfa L. Virchow: »Vsaka celica je iz celice.«

**Neovitalizem.** Izvira iz vitalizma, ki razlaga razvoj organizmov s posebno nadnaravno življenjsko silo, ki pa jo ne zmore pojasniti; neovitalizem vključuje že nekatera spoznanja genetike in evolucije (Hans Driesch).

**Panteizem.** Religiozno-filozofski nauk, temelječ na prepričanju o vseprisotnosti boga v naravi; izvor vsega je v naravi.

**Semiotika.** Nejezikovno sporazumevanje z znaki in simboli.

**Teleologija.** Nauk o smotnosti v živi naravi.



# Leonardo da Vinci kot naravoslovec

Janez Strnad



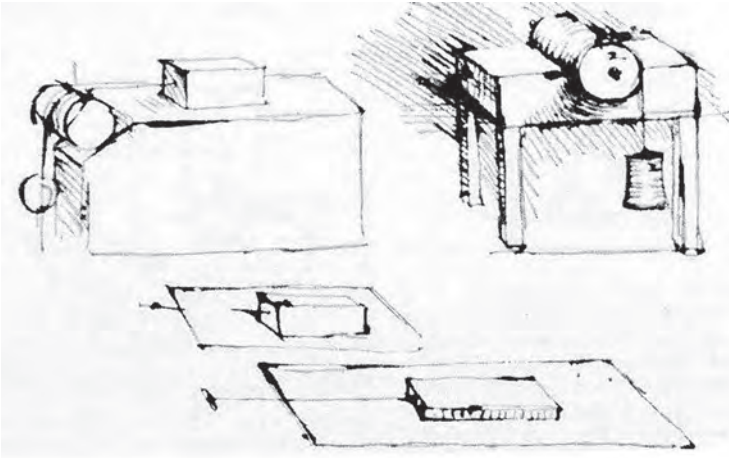
Leonardo da Vinci je bil slikar, kipar in arhitekt. Raziskoval je neživo in živo naravo. Poleg znamenitih umetniških slik je narisal veliko načrtov za naprave. O njegovem delu razmišljamo ob razstavi *Genij – da Vinci* na ljubljanskem Gospodarskem razstavišču. V naravoslovni reviji se razmišljanje vrta okoli dosežkov v naravoslovju in se dotakne prispevkov v matematiki in tehniki.

Leonardo da Vinci je živel, preden se je na začetku 17. stoletja razvila fizika v današnjem pomenu. Že prej, sredi 14. stoletja, se je na Apeninskem polotoku začelo gibanje, znano kot humanizem in renesansa. V dobrih dveh stoletjih je vsej Evropi prine-

*Leonardo da Vinci je bil rojen leta 1452 v toskanski vasiči Vinci kot nezakonski sin. Osemleten se je z očetom preselil v bližnje Firence in s štirinajstimi leti postal vajenec pri slikarju in kiparju. Dvajsetleten je bil že član slikarskega ceha v Firencah in šestindvajsetleten se je osamosvojil. Obtožili so ga homoseksualnosti in oprostili. Tridesetleten je stopil v službo pri milanskem vojvodi Ludovicu Sforzi kot arhitekt in inženir, tudi za vojaške zadeve. Petdesetletnega ga je sprejel v službo Cesare Borgia. Pri petinpetdesetih je postal slikar pri francoskem guvernerju v Milanu. Nato je stopil v službo francoskega kralja in leta 1519 sedemindesetleten umrl na gradu Cloux.*

slo velike spremembe v umetnosti. Misli so se vrnilo h grškim koreninam in pozornost preusmerile od onstranstva k tostranstvu in človeku. Spremenile so se tudi razmere v družbi. Razmahnilo se je meščanstvo in razvila obrt. Na velikih potovanjih so odkrili nove dežele. Razvili so tisk. Spremembe v pogledu na naravo so bile manj izrazite. Še naprej je prevladovala Aristotelova slika narave iz četrtega stoletja pred našim štetjem.

V tej sliki je bil »svet za Luno«, današnje vesolje, čist in nespremenljiv, »svet pod Luno« pa umazan in spremenljiv. Prvi je bil iz etra, drugega pa so sestavljali »elementi« zemlja, voda, zrak in ogenj. Središče vesolja je bilo blizu središča Zemlje. Okoli kroglaste Zemlje so bile razvrščene ravnovesne lege zemlje, vode, zraka in ognja. »Za Luno« je bilo edino gibanje enakomerno in nenehno vrtenje nebesnih obel s planeti in zvezdami. »Pod Luno« pa so gibanje živih bitij razločevali od naravnega in prisilnega gibanja. Pri naravnem gibanju so se telesa sama od sebe vračala v naravno ravnovesno lego, na primer kamen navpično navzdol, ogenj navpično navzgor. Za vzdrževanje prisilnega gibanja pa je bilo potrebno nenehno delovanje »zunanjega vzroka«, današnje si-



*Da Vinci je temeljito raziskal trenje.*

Zemlja ni v središču vesolja in se lahko giblje, ker je gibanje relativno. Zvezde so oddaljena sonca in vesolje nima meje. Zelo pomembno je merjenje, na katerem naj temelji raziskovanje. Tehtnica je vzor za merilno napravo.

le. Opazovanje je koristilo pri razmišljanju o pojavih v naravi, matematike pa v to ni kazalo vpletati.

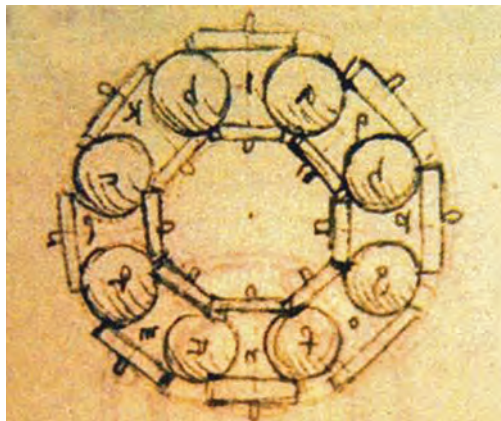
Aristotelovo sliko je že od začetka spravljal v zadrego prisilno gibanje puščic in drugih izstrelkov. Trdili so, da je zaradi »strahu pred praznino« zunanji vzrok za to gibanje okolni zrak. Ta naj bi poganjal izstrelek, ko bi vdrl v prostor, ki ga je izstrelek zapustil. Praznina ni mogla obstajati, ker v njej ne bi bilo mogoče določiti ravnovesne lege. Tej zamisli je nasprotovala izkušnja z uporom, s katerim je zrak deloval na človeka na ladji, ki je plula. Težavi so se v 6. stoletju poskušali izogniti z »gibalno silo«, ki jo tetiva da puščici ali roka kamnu ali kopju in ki jo ta nato izgublja. Iz tega se je razvil dokaj megleni pojem impetusa, v katerem smemo videti daljno zasnovo gibalne količine, zmnožka mase in hitrosti telesa.

Matematiki je vrnitev h grškim koreninam koristila - pomislite na Evklida -, naravoslovju pa ni prinesla spodbud. Grki z izjemo Arhimeda niso imeli navade, da bi pojave razčlenjevali. V naravoslovju vidimo da Vincija na prehodu med starim pogledom in novim. Pri tem ni bil edini. Nicolai Cusanus oziroma Nikolaj Kuzanski (1401-1464) iz Küsa ob Mozeli, škof in poznejši kardinal, je uvedel nove poglede. Zemeljska snov se ne razlikuje od snovi vesoljskih teles.

Da Vinci je v veliki meri sprejel ta pogled na naravo. Vesolje je imel za neomejeno in Zemlje ni postavil v njegovo središče. Mislil je, da ima vsak planet in vsaka zvezda svojo krogljo delovanja na elemente okoli sebe. Na Luni so morja in kopno in Luna odbija sončno svetlobo. Vedel je, da ob prvem in zadnjem kraju del Lune v senci osvetljuje sončna svetloba, ki se odbije na Zemlji.

Ugotovil je, da se vpliv teže na krajišču vzvoda zmanjša, ko vzvod nagnemo proti vodoravnici. Zanimal se je za klanec. Telesi je povezal z vrvo in ju postavil na nasprotna klanca. V ravnovesju sta bili teži obratno sorazmerni z nagiboma. Tako je spoznal paralelogram sil. Delovanje škripcev, vzvodov, tehtnic je pojasnil z izrekom o vzvodu, da na obeh krakih dobimo enako, ko težo pomnožimo z ročico. V raziskovanju gibanja teles se je skliceval na impetus in prispeval več novih zamisli. Pri metu navpično navzgor impetus najprej preseže težo, nato pa se zmanjšuje, dviganje postaja vse počasnejše, dokler telo ne obmiruje in ne začne padati. Vztrajal pa je pri stari predstavi, da se izstrelek pri poševnem metu giblje najprej prisilno v ravni črti in nazadnje naravno navpično navzdol, vmes pa je gibanje po krivulji delno prisilno in delno naravno.

Kot sodobniki pri obravnavanju gibanja ni



*Da Vinci je narisal krogljčni ležaj z vencem.*

bil dosleden. Po staremu je trdil: »Če sila giblje določeno telo določeno razdaljo, bo [ta sila] telo z dvojno težo gibala polovico te razdalje.« Na drugi strani je dopustil čisto ukrivljeno gibanje vodnih curkov in se ni držal osnovne zamisli, da je vsiljeno gibanje premo. Zrak naj bi imel pri padanju kamna dvojno vlogo, pred kamnom gibanje zavira, za njim pa ga spodbuja. Pri obravnavanju trkov je prispeval nekaj posrečenih zamisli. Zanimal se je za gibanje po zraku, še posebej za let. Narisal je, kako pada kocka, in dostavil, da »težišče ostane na navpični premici«. Težišče je torej uporabil v opisu gibanja, medtem ko so pred tem o njem razmišljali le v mirovanju. Raziskoval je lok in samostrel. Trdil je, da bi puščica dosegla veliko hitrost, če bi jo izstrelili z dirjajočega konja. Narisal je vrsto lokov, ki izstrelijo drug drugega. Sešteval je hitrosti in se vprašal, ali obstaja zgornja meja hitrosti. Razmišljal je o velikanskem loku in uvidel, da se pri povečevanju pojavijo težave. Pri napenjanju loka se del ogrodja nategne, drugi del stisne, vmes je plast, ki ni ne napeta ne stisnjena.

Raziskal je trenje in s tem naredil velik korak naprej, saj so pred tem trenje spregledali. Uporabil je silomer, ki so ga uvedli šele v 18. stoletju. Narisal je mizo, kakršno

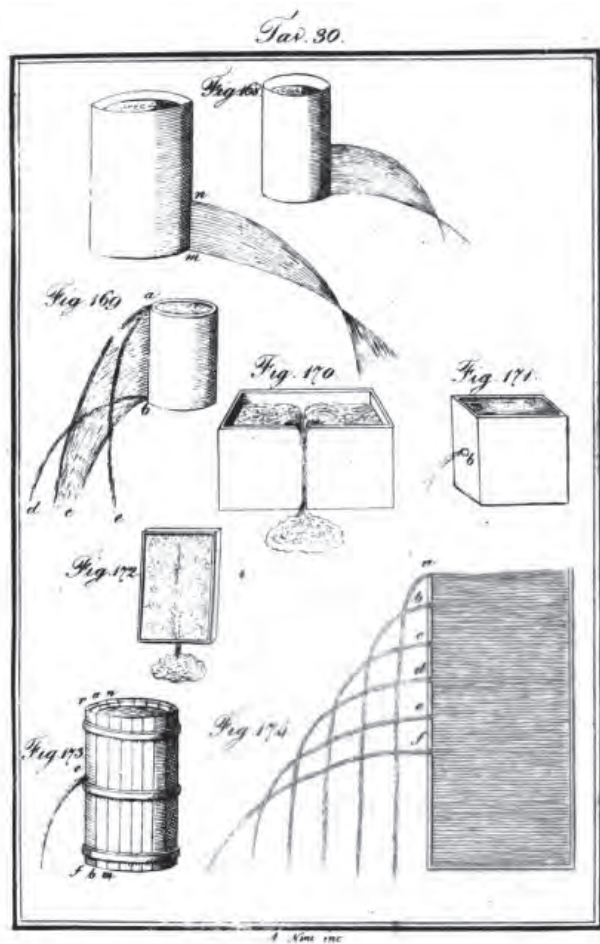


*Da Vinci je ugotovil najugodnejšo obliko zob zobatih koles.*

so veliko pozneje uporabljali za raziskovanje trenja. Razložil je trenje pri drsenju od trenja pri kotaljenju in opazoval odvisnost slednjega od polmera. Ugotovil je, da je trenje pri drsenju odvisno od obdelave ploskev, neodvisno od ploščine dotikalne ploskve in sorazmerno s težo. Razmerje med silo, ki je potrebna, da premaknemo telo po vodoravni podlagi, in težo je vpeljal kot koeficient trenja. Zanj je pri trenju trdega lesa po trdem lesu in bronu po jeklu dobil smiselno vrednost  $\frac{1}{4}$ .

Raziskoval je trenje v strojih, ki je bilo nadeležno, ker so se vrteči deli hitro obrabili. Ugotovil je, da mazanje z oljem ali lojem ne zadostuje, in iskal nove možnosti za zmanjšanje obrabe. Opisal je ležaj s »kovino za zrcala iz treh delov bakra in sedmih delov kositra«. Tak ležaj so uporabili skoraj dvesto let pozneje. Uvedel je krogljčne in valjčne ležaje. S krogliami in valji so že prej zmanj-





*Na risbi iz da Vincijevega spisa Gibanje in merjenje vode je desno spodaj slika curkov, ki na različni višini iztekajo iz posode. Nižji curki so podobni paraboli, kar je spoznal Galileo Galilei na začetku 17. stoletja. Na drugi strani bi da Vinci ugotovil, da najdlje seže srednji, ne najnižji curek. Po stari navadi je o pojavu samo razmišljal in ni naredil poskusa, ki ga je tako cenil.*

šali trenja, v strojih pa so kroglične ležaje začeli uporabljati šele na začetku 20. stoletja.

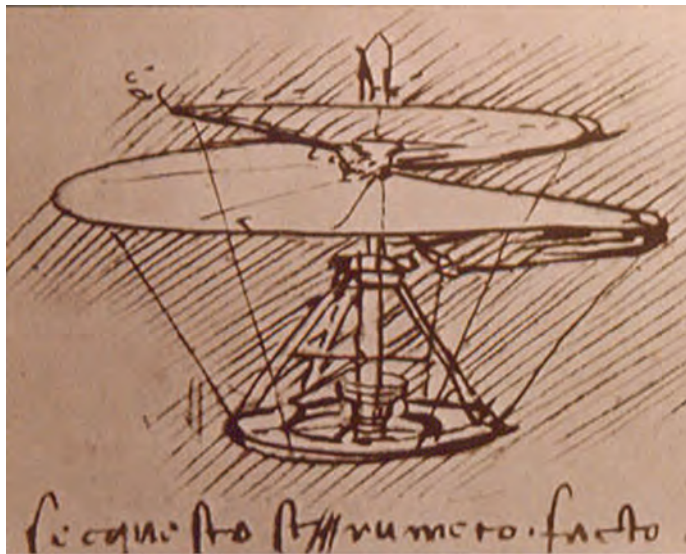
Razmišljal je o zobeh zobatih koles in ugotovil, da so glede trenja boljši cikloidni zobje od tedanjih zatičev. To so ponovno odkrili dvesto let pozneje. Narisal je več naprav z Arhimedovim »neskončnim vijakom« in omenil njegove prednosti. Izumil je tračno zavoro, ki je imela nasprotno nalogo kot ležaji. Trenje se je povečalo, ko je jermen okoli vretena zategnil in s tem povečal trenje. Raziskoval je pogon z vrvmi in uvidel, da je »tišji kot pogon s kolesi in vreteni«. Prepričal se je, da ni mogoč perpetuum mobile: »Med nepotrebne in neizvedljive

človeške zablode sodi iskanje neprekinjenega gibanja.« Drugod je zapisal: »O, tisti, ki razmišljate o perpetuum mobile, koliko utvar ste ustvarili zaman v takem prizadevanju?« S stekleno lečo ali konkavnim zrcalom je povečal sliko: »Da bi opazoval naravo planetov, odpri streho in spelji sliko planeta na konkavno zrcalo. Slika planeta, ki se odbije na zrcalu, pokaže zelo povečano površje planeta.« Skoraj stoletje pozneje so daljnogled z lečami prvič usmerili v nebo in dobro poldrugo stoletje pozneje izdelali prvi daljnogled s paraboloidnim zrcalom. Pojasnil je nastanek slike

v temni celici. Raziskoval je perspektivo in delovanje človeškega očesa. Dotaknil se je pojavov v ozračju in dolgotrajnih sprememb na površju Zemlje. Domneval je, da okamenele školjke daleč od morja pričajo o premikanju zemeljskih skladov. Zanimala ga je hidravlika, izumil je hidrometer in narisal številne načrte za kanale. Razmišljal je o vplivu Lune na plimo.

Nasprotoval je praznoverju in se zavzemal za poskuse. »Poskus je bil učitelj tistih, ki so dobro pisali, v vsakem primeru je moj učitelj.« »Modrost je hči poskusa.« Razmišljal je o poti od poskusa do znanstvene posplošitve. Zavedel se je možnosti, da nas





*Razpito da Vincijevo risbo imajo nekateri za zasnovno helikopterja. Na kovinsko ogrodje s premerom 9,6 metra naj bi bilo napeto platno v vijačno ploskev. Vijak naj bi prek vzvodov potiskali ljudje, ki bi hodili po ogrodju. Da Vinci je zapisal: »Mislim, da se bo vijačna naprava v zraku [...] dvignila, če bo dobro narejena, to je iz poškrbljenega platna (da bodo zaprte vse pore), in se bo hitro vrtela.« Načrt je bil tedaj in je še dandanes v tej obliki popolnoma neizvedljiv. Veliko korakov je bilo potrebnih, preden je vzletel prvi helikopter.*

čuti prevarajo. Zato je treba poskus ponoviti v spremenjenih okoliščinah: »Preden iz posameznega primera izpelješ splošni zakon, ponovi poskus dvakrat ali trikrat, [da ugotoviš,] ali povzročijo eni in isti poskusi ene in iste učinke.« Zagotovil je, da je poskus veliko boljši kot razmišljanje in učenje iz knjig. V matematiki se je da Vinci raje ukvarjal z geometrijo kot z algebro. Po tedanji navadi je krogu včrtal pravilne večkotnike, da bi izračunal njegovo ploščino. Nazadnje je izmeril obseg, izračunal ploščino in tako »rešil« kvadraturu kroga. Obvladal je hiperbolo, parabolo in elipso, kar tedaj ni sodilo v splošno znanje. Določil je težišče polkroga, potem ko ga je razdelil »na toliko trikotnikov, da je postala ukrivljenost njihovih osnovnic skoraj neopazna«. Določil je težišče piramide. Več kock je sestavil v kocko ali prizmo, »ne da bi kaj snovi dodal ali odvzel«.

Nasploh je matematiko zelo cenil: »Kdor odklanja visoko učenost matematike, se predaja utvari in nikoli ne bo utišal sofističnih ved, katerih edini nasledek je večni hrup.« »Kdor ima rad prakso brez teorije, je kot mornar, ki se vkrca na čoln brez krmila in kompasa in nikoli ne ve, kje bo pristal.« Vseeno v njegovih delih ni najti dosti teo-

rij. Odlikovali pa so ga ostrina opazovanja, natančno oko in osupljive risarske spretnosti. Na boljše slike valov na vodni gladini in zračnih mehurčkov v vodi je bilo treba počakati do uvedbe hitrih filmskih kamer. Zelo ga je zanimala tehnika. Delovanje strojev so raziskovali že prej, a on je med prvimi, če ne prvi, spoznal, da stroje sestavljajo preprosti deli, in je raziskal te dele. Zanimale so ga naprave in stroji, povezani z naravoslovnimi spoznanji. Zapisal je: »Izumitelji so v primerjavi z njimi [s sholastiki] to, kar je predmet pred zrcalom v primerjavi s svojo sliko. Predmet je nekaj, kar zares obstaja, slika pa ni nič.« Med risbami najdemo načrte naprav, ki jih vzporejajo z današnjim padalom, žerjavom, letalnim zmajem, helikopterjem, ladjo, vozili, oklepnim vozilom, strojniciami.

Ali je bil bolj umetnik, ki se je zanimal za naravoslovna in tehnična vprašanja, ali bolj naravoslovec in inženir, ki se je preživljal kot umetnik? Ob njegovem času niso poznali njegovih načrtov, ki so bili dokaj odmaknjeni od tedanjih možnosti, pa še skrival jih je. Bil je levičar in je pisal zvečine v zrcalni pisavi, ki je ni lahko brati. Po njegovi smrti so se zanimali za njegove umetniške slike in njihove kopije. Zapisi s



*Da Vinci je narisal načrta za dva odometra, kakršni so, priključeni na voz, merili prevoženo razdaljo. Eden od njiju je vsake štiri prevožene milje spustil kroglico v pripravljeno košarico. Tak načrt je narisal rimski arhitekt in inženir Vitruvius Polio v prvem stoletju pred našim štetjem. Da Vinci je veliko zamisli prevzel od predhodnikov in sodobnikov.*

tehniškimi risbami pa so bili težje dostopni v knjižnicah in zasebnih zbirkah. Šele pozneje so jih postopno obdelali in objavili. Danes poleg nekaj deset umetniških slik in nekaj sto umetniških risb poznamo več tisoč njegovih tehniških in naravoslovnih risb.

V da Vincijevem času so se že pojavile meje med umetnostjo, matematiko, naravoslovjem in tehniko. Ni bilo veliko ljudi, ki bi obvladali več dejavnosti hkrati. Da Vinci je bil eden od redkih, če ni bil edini, ki jih ni samo obvladal, ampak jim je dodal pomembne prispevke.

Sodbe o njegovih tehniških risbah utegnejo biti odvisne od osebnega pogleda. Nekateri zagotavljajo, da so njegovi načrti bili zgolj sad domišljije in ob njegovem času niso nobenega uresničili in preizkusili. Drugi pa zatrjujejo, da je odkril skoraj vse sodobne naprave, od oklepnega vozila do strojnice, od letala do helikopterja, od vodne turbine do parnega stroja in od daljnogleda do računalnika. Najbrž je pravi odgovor med obema skrajnostma. Tehniške risbe brez dvoma kažejo, da je da Vinci dojel delovanje strojev in pokazal veliko daru za sestavljanje njihovih delov. Modele za naprave, ki jih je z risbami nakazal, pa so izdelali veliko pozneje. Danes prevladuje prepričanje, da gre prete-

žni del zasluge tistemu, ki zamisel izpelje ali nalogo dokončno reši, in le manjši del tistemu, ki rešitev nakaže ali predlaga. Risbe, ki veljajo za daljne zasnove sodobnih naprav, se od teh naprav bistveno razlikujejo. Kljub takim pomislekom izstopa da Vincijeva vsestranskost in število in raznovrstnost njegovih predlogov zbudjata občudovanje. Močan vtis naredi ugotovitev »to so naredili stoletje ali dve pozneje«, ki smo jo večkrat ponovili. V tem pogledu je da Vinci tehniški prerok. O njem je strokovnjak upravičeno zapisal: »Ustvarjalec v vseh vejah umetnosti, odkritelj v večini vej naravoslovja in izumitelj v vseh vejah tehnike morda bolj kot kdor koli drug zasluži naslov 'univerzalni človek'«. Ko upoštevamo še njegove umetniške dosežke, Leonarda da Vincija upravičeno štejemo med ljudi, ki so odločilno oblikovali prejšnje tisočletje.

#### Literatura:

Strnad, J., 2000: *Leonardo da Vinci. Fiziki, 3. del. Modrijan, Ljubljana, str. 9-20.*

# Zapeljivci iz južnoameriških deževnih gozdov

Timotej Turk Dermastia

Ura je pet zjutraj in sonce v La Gambi, na tropski raziskovalni postaji Dunajske univerze v Kostariki, še ni vzšlo. Čez manj kot uro pa se bo pokazalo na nebu in kmalu bo vroče. Skupaj z Jako in Katjo se odpravimo na misijo, da posnamemo majhnega ptička, pripadnika družine piper (*Pipridae*), pri enem od nadvse nenavadnih in osupljivih obredov, ki so jih samci teh ptičev v svoji evoluciji razvili, da bi očarali svoje družice.

Družina piper živi v neotropskem biomu, natančneje v latinskoameriških tropskih gozdovih, in vsebuje približno 60 vrst. Ptiči iz te družine so veliki kakšnih deset centimetrov in so pogosto zelo lepo obarvani. V Kostariki živi šest vrst, mi smo zabeležili dve, oranžnovrato pipro (*Manacus aurantiacus*) in rdečeglavo pipro (*Pipra mentalis*). Na enem od izletov v gozd smo našli in zabeležili bivališče oranžnovrate piper.

Potem ko nam je dr. Huber povedal za nenavadno svatbeno vedenje teh ptičev, se je naša skupina strinjala, da je to odlična tema za projektno nalogo, ki smo jo morali izdelati v okviru našega bivanja na tropski postaji. Nahajališče je bilo na srečo blizu našega tabora. Zato smo se odločili, da krenemo zgodaj zjutraj, še pred zoro, in poskušamo posneti ta svatbeni ples. Predvidevali smo, da so takrat ti ptiči - zaradi kasnejše vročine - najbolj dejavni. Pipe, razen redkih izjem, ne živijo v stalnih parih, zato so »borbe« za samice stalne in potekajo med paritvenim obdobjem vsak dan. Samci se ob določenem delu dneva zbirajo na tradicionalnih mestih, kjer poteka svatbeni ples. Običajno se jim pridružijo tudi samice, vendar le kot opazovalke. In ko rečemo ples, ne pretiravamo, saj so ti ptiči zares

pravi plesalci, glasbeniki, umetniki. In prav zato plesišča ni težko najti, če le veš, kam gledati. Običajno se pojavljajo na gozdnem robu. Samci na tleh počistijo listje in vejice in tako tla popolnoma razgalijo. Okrog tega prostora, ki ima premer do enega metra, so mlada drevesa in grmovje. Na njih lahko samci med predstavo počivajo, veje pa so primerne tudi kot tribune za samice. Na enem takem plesnem mestu smo našli več kot deset posameznih plesišč in vsako pripada natanko enemu samcu.

Začetka predstave ne moreš zgrešiti. Kar naenkrat se ti zdi, da si ujet v navzkrižnem ognju malokalibrskih pušk. Pipe, predvsem tiste iz rodu *Manacus*, namreč slovijo po svojih sposobnostih proizvajanja zvoka s pomočjo tleskov peruti. Z bliskovitimi, za človeka nevidnimi zamahi s krili in zaradi posebne anatomije peres so ti zvoki zelo glasni in raznoliki, pa tudi vrstno značilni. Pri oranžnovrati pipri spominja na okrepljeni pok zaščitne folije z zračnimi mehurčki. Tako se skoraj vsak prelet plesišča začne in konča z nekakšnih pokom ali tleskom, pogosto pa sledita tudi žvižg in petje. Preleti po plesišču so bliskoviti in navidez nenadzorovani. Tako samci na svojem malem ozemlju skačejo z vejice na vejico, tleskajo, žvižgajo, pokajo, dokler se jim na plesišču ne pridruži samica, s katero dokončno zaplešejo. To dogajanje nam je celo uspelo posneti, vendar zaradi gostega grmovja in naše želje, da ga ne bi zmotili, posnetki niso zelo nazorni, vendar si jih vseeno lahko ogledate na spodnjem spletnem naslovu.

Tisti dan pa nas je čakalo še eno presenečenje. Plesišče oranžnovratih piper je blizu raziskovalne postaje, na gozdni poti, ki vodi iz La Gambe do stare postaje gozdnega ču-



Samček pipre.

Foto: Timotej Turk  
*Dermastia.*

vaja sredi deževnega pragozda. Na takšnih poteh so, še posebej zjutraj, živali zelo dejavne in zato je ta del dneva za opazovanje pragozdnega življenja najprimernejši. Tako se je sredi poti v senci listnega opada skrival skoraj neviden in zelo strupen gad iz družine jamičark, v krošnjah so skakale opice kapucinke, gozd pa se je prebujal ob zvokih ptičjega petja, del katerega so bile tudi pipre. A največje presenečenje nas je čakalo ravno nasproti plesišča piper. V grmovju sem zagledal ptico, ki smo jo pravzaprav iskali. To je rdečeglava pipra, ki je bolj znana kot »moonwalker« ali prevedeno »lunohodec«. In prav ta vzdevek je razlog, zakaj smo želeli to pipro videti v živo. Kot vse pipre tudi ta osvaja samice z nenavadnim plesom. Plesni slog lunohodca je še osupljivejši od sloga samca oranžnovrate pipre. Za razliko od svojega hitrega in neelegantnega bratranca je lunohodec pravi Michael Jackson. Po znamenitem plesu razvpitega pevca je ptič dobil tudi ime, saj njegovi gibi spominjajo na breztežnostno drsenje po vejicah grmovja in dreves. Opazili smo ga, ko je letal z veje na vejo in klical samico na podoben način

kot oranžnovrate pipre – s tleskanjem peruti, le da je bil zvok nekoliko drugačen. Tudi let je bil nekoliko nenavaden, saj se je zdelo, kot da bi lebdel v zraku. Tak način leta in tudi dejanski zvok, ki ga pipre proizvajajo z bliskovitim tleskanjem peruti, znanstveniki pripisujejo zgradbi perja in zgradbi kosti. Perje je zgrajeno tako, da se peresa drgnejo druga ob drugo in tako proizvajajo trenje in zvok. Ker ima ta majhen ptič vsaj nekatere kosti polne, mora posledično nositi ogromno breme. Morda je to povezano z nenavadnim letom lunohodca, ki dejansko daje vtis, da so njegove peruti težke. Neverjetno je bilo opazovati tega majhnega črnega ptička z živordečo glavo, ko v delčkih sekunde na vejicah izvaja obrate za 180 stopinj, ne da bi vidno trznil s krili. V resnici te male ptice lahko zamahnejo s krili tudi do stokrat v sekundi in pri tem proizvajajo zvok, podoben puku. A največja predstava se začne šele, ko se samcu pridruži samica. Takrat se šele razkrijeta prava narava tega ptiča kot tudi etimologija njegovega imena. Ko se samica namesti na isti veji, na kateri sedi njen snubec, se ji ta s subtilnimi gibi nog in pe-





Samica pipre. Foto: Timotej Turk Dermastia.

ruti približa v nekakšnem lunarnem drsu, kot da bi bil na ledu. Ta gib dejansko spominja na tisti slavni ples Michaela Jacksona. Na našo žalost mi tega nismo uspeli videti, čeprav je bila samička blizu in sta skupaj letala z veje na vejo. Morda pa je bil samček samo skrivnosten in naši kameri ni hotel zaupati svojih sposobnosti. Vseeno pa nam je na kamero uspelo ujeti nekaj zanimivih prizorov ter gibov, kjer je za trenutek moč zaslediti tudi majhen drs po vejici, čeprav ne tak, kot ga lahko vidite na drugih posnetkih, ki jih toplo priporočam v ogled. Na koncu posnetka pa lahko vidite tudi let, ki ga morda na kakšnih drugih posnetkih, ki prikazujejo samo ples, ne boste našli.

Kot že povedano, je na svetu poznanih približno 60 vrst piper in podobnih zgodb je še veliko. Vendar pa je tu še ena, ki jo je treba omeniti. Kijasta pipra (*Machaeropterus deliciosus*), ki živi v Ekvadorju in Kolumbiji, je morda poleg rdečeglave pipre najbolj zanimiva in osupljiva. To je edina vrsta ptičev, ki ustvarja lep visokofrekvenčen zvok z drgnjenjem delov telesa drug ob drugega. Nekaj podobnega počno le kobilice in murni. Ornitologinja Kim Bostwick je ugotovila, da je sekundarno perje teh ptic oblikovano tako, da je na vsaki peruti specializirano pero s sedmimi rebri, ob katerega neko drugo pero drgne in deluje kot brenkalnik oziroma violinski lok. Ker te ptice lahko zamahnejo s perutmi tudi do 107-krat na sekundo

in ker ob vsako izmed sedmih reber pero udari dvakrat, lahko frekvenca nihajev reb-rastega peresa doseže tudi do 1.500 nihajev na sekundo. Zvok, ki se ob tem sprosti, je tako lahko zelo visok in izdelan. Za takó etološko zanimiv pojav, s katerim samci piper osvajajo svoje družice, se gre gotovo zahvaliti spolnemu izboru in izbirčnosti samice. Dejstvo je, da medtem ko so samci zelo različni, ne samo po barvah, ampak tudi po vedenju, so si samice piper zelo podobne, včasih nerazločljive in dokaj nepriljubne, če nanje gledamo s človeškimi očmi. A kljub vsemu so bile one tiste, ki so izbirale lepši, čistejši, glasnejši zvok; pri piprah, ki smo jih opazovali, pa so bile očitno samice bolj dovzetne za plesalske sposobnosti svojih izvoljencev.

Pipre pa še zdaleč niso edini ptiči, ki te v kostariškem rajskem vrtu lahko očarajo, saj je tu ptic ogromno. Od velikih ar, tukanov, ujed, detlov, žoln, trogonov z izmuzljivim čudovitim kvecalom (*Pharomachrus mocinno*) na čelu, svetega bitja majevske kulture, do množice kolibrijev in neskončnega nabora ptic pevk, ki dajejo deževnemu gozdu prav poseben pečat. Za njihovo opazovanje je potrebno nekaj iznajdljivosti in potrpežljivost. Zaradi zelo ugodnih razmer za življenje so se bili organizmi primorani prilagoditi na deljenje prostora s številnimi drugimi vrstami in so zato skoraj izključno specialisti,

ki pa v svoji ekološki niši prevladujejo. To je pripeljalo tudi do odličnih kamuflažnih mehanizmov, zato je posamezne vrste težko opaziti in dokumentirati. Enako je s pticami. Veš, da so tam, saj jih slišiš, a včasih moraš svoje oči dati na peclje, da jih opaziš. In prav zato velja, da je potencialno neodkritih vrst v deževnih gozdovih, takoj za globokimi morji, največ. Enostavno sta prehodnost in preglednost teh območji zelo majhni.

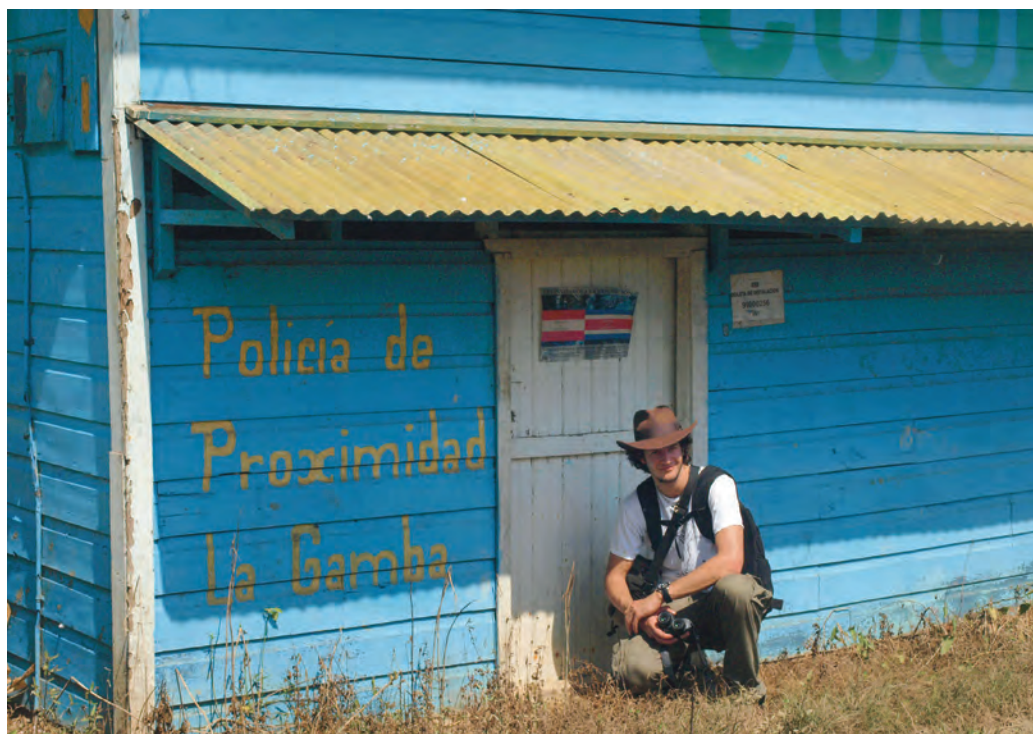
Ura je osem zjutraj. Jaka in Katja sta se že vrnila, saj so pipe zapustile svoja plesišča in le še tu in tam se je zaslišal kakšen tlesk. Ostanem sam sredi deževnega pragozda in za trenutek zamižim ter se prepustim zvokom in vonjavam največjega dosežka evolucije živih bitij na tem svetu. V tem trenutku se zavem, kako majhen in nepomemben sem, a vendar sem srečen, da sem lahko del te največje predstave na Zemlji, ki še zdaleč ni končana in v kateri vseh glavnih igralcev sploh še ne poznamo.

Posnetek rdečeglave pipe: <http://www.youtube.com/watch?v=8BLht70ykq8&feature=youtu.be>

Ples oranžnovrate pipe: [http://www.youtube.com/watch?v=eR3NbE\\_f85U&feature=youtu.be](http://www.youtube.com/watch?v=eR3NbE_f85U&feature=youtu.be)

Odličen prispevek glavne raziskovalke na področju piper dr. Kimberley Bostwick o piprah, njihovih vedenjskih vzorcih. Vključuje tudi posnetek »moonwalka« rdečeglave pipe. [http://www.youtube.com/watch?v=eI\\_quJRRGxk&noredirect=1](http://www.youtube.com/watch?v=eI_quJRRGxk&noredirect=1)

*Timotej Turk Dermastia je študent drugega letnika biologije na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani. Adrenalin sprošča z deskanjem na valovih, potapljanjem in smučanjem, umirja pa z aikidom in gledališko improvizacijo.*



# Izleganje na ukaz

Matija Gogala

Minilo je že več kot petdeset let, odkar sem v *Proteusu* objavil prispevka o stenicah, ki čuvajo zarod, in v drugem članku o njihovih, takrat malo znanih napevih. Od takrat vemo precej več o varovanju zaroda pri nekaterih vrstah stenic in njihovem pomenu, zanimive primere iz tropskih krajev smo tudi opisali skupaj s prof. Yongom iz Malezije in Nemcem C. Brühlom.

Danes vemo, da stenice iz družine Cydnidae praviloma varujejo zarod, gručico jajčec samica nosi s seboj in tudi ko se izležje mladiči, lezejo po materinem telesu in sesajo izloček iz zadnjične odprtine, ki je

koncentrat njihovih črevesnih simbiontov, ali pa se hranijo z jajčeci, ki jih samica leže pozneje za hrano mladim ličinkam. Opazovali pa smo, da tudi pomagajo pri hranjenju ličink. Pri vrsti *Sebirus luctuosus*, ki se hrani s semeni spominčic, jih mati nabode, vanje izloči svojo slino in tako pomaga mladičem, ki se zberejo okoli takega vira hrane pri hranjenju in prebavljanju. Tudi o tem sem že pisal v *Proteusu*.

Kar se tiče napevov, ki sem jih uvodoma omenil, se je pokazalo, da so pri vrstah iz družine Cydnidae izredno raznoliki, saj imajo te žuželke kar dva mehanizma za proizvodnjo zvoka oziroma vibracij. Danes že vrsto let vemo, da se sporazumevajo preko vibracij podlage in ne preko zvočnih

*Samica stenice Adomerus biguttatus z gručico jajčec.*

Foto: Matija Gogala.



signalov, ki se širijo po zraku. Toda če želimo tem vibracijskim signalom prisluhniti tudi ljudje, je najbolj naravno in učinkovito, da jih predvajamo preko zvočnikov. Napevi so vrstno in spolno značilni in so predvsem pomembni pri parjenju za prepoznavanje in stimulacijo spolnih partnerjev. Ne glede na to pa ne smemo pozabiti, da je njihov glavni komunikacijski kanal vibracija podlage.

Sedaj pa so japonski znanstveniki Hiro-mi Mukai in sodelavci ugotovili, da imajo vibracijski signali pri vrsti *Adomerus rotundus* še povsem drugo vlogo. Samice tudi tu varujejo gručico jajčec in jo, nabodeno na kljunec, prenašajo s seboj. Ko pa jajčeca dozori in se skozi lupino že vidijo rdeča očesca razvitih mladičev, začnejo močno potresavati gručico z jajčeci in v nekaj minutah se začenjajo izlegati mladi potomci. Če samica pogine, se čas izleganja močno podaljša, če pa jajčeca umetno potresamo, tudi sprožimo sočasno izleganje mladičkov.

In zakaj je to pomembno? Če bi se mladički izlegali počasi, danes dva, jutri trije, bi samica imela težave pri nadaljnji skrbi za zarod, ki pa ni zelo dolgotrajna. Po izleženju mladičev prične samica izločati tako imeno-

vana trofična, hranilna jajčeca, s katerimi hrani mladi zarod. To bi bilo manj učinkovito, če bi se nekateri že hranili z njimi, drugi pa šele izlegali. Če se mladiči izležejo sinhrono, v kratkem času, je tudi manj možnosti za medsebojni kanibalizem, ki je pogostejši, če so nekatere ličinke še v jajčecih, druge pa že lezejo po njih. Tudi obramba pred plenilci je lažja, če so vsi mladiči v isti stopnji razvoja. Po drugi levitvi pa se mladiči večinoma razkropijo, samici pa začno v zadku dozorevati nova jajčeca za drugi rod.

#### Literatura:

Gogala, M., 1961: *Skrb za zarod pri stenecah in njen pomen*. *Proteus*, 23 (8): 220-222.

Gogala, M., 1962: *Tudi stenice pojejo*. *Proteus*, 25 (2): 41-45.  
Gogala, M., 1988: *Na gozdnem obronku*. *Proteus*, 50 (9/10): 337-341.

Gogala, M., 1994: *Skrb za zarod pri stenecah iz družine Tessarotomidae*. *Proteus*, 56 (7): 266-267.

Gogala, M., Yong, H-S., Brühl, C., 1998: *Maternal care in Pygoplatys bugs (Heteroptera: Tessarotomidae)*. *Eur. j. entomol.*, 95: 311-315.

Mukai Hiromi, Mantaro Hironaka, Sumio Tojo, Shintaro Nomakuchi, 2012: *Maternal vibration induces synchronous hatching in a subsocial burrower bug*. *Animal Behaviour*, 1-6, <http://dx.doi.org/10.1016/j.anbehav.2012.09.012>

## Ruski bolid

Mirko Kokole

Petnajstega februarja letos smo bili priča prav posebnemu dogodku, ki se zgodi le približno enkrat v stoletju. To je bila eksplozija bolida, se pravi zelo svetlega meteorja, ki se je zgodila ob 9. uri in 20 minut po krajevnem času nad ruskim mestom Čeljabinsk. Bolid je za nekaj sekund zasvetil s svetlostjo, večjo od Sonca, nato je približno minuto in pol kasneje sledila močna eksplozija, ki je povzročila tudi več

gmotne škode in poškodovala približno tisoč ljudi.

Po najnovejših izračunih je ruski bolid povzročil meteorid, ki je imel premer približno 17 metrov in maso približno 10 tisoč ton. Meteoridi so delci velikosti od nekaj centimetrov do nekaj deset metrov, ki potujejo po našem Osončju. Največkrat jih najdemo v sledeh, ki jih je za seboj pustil komet,





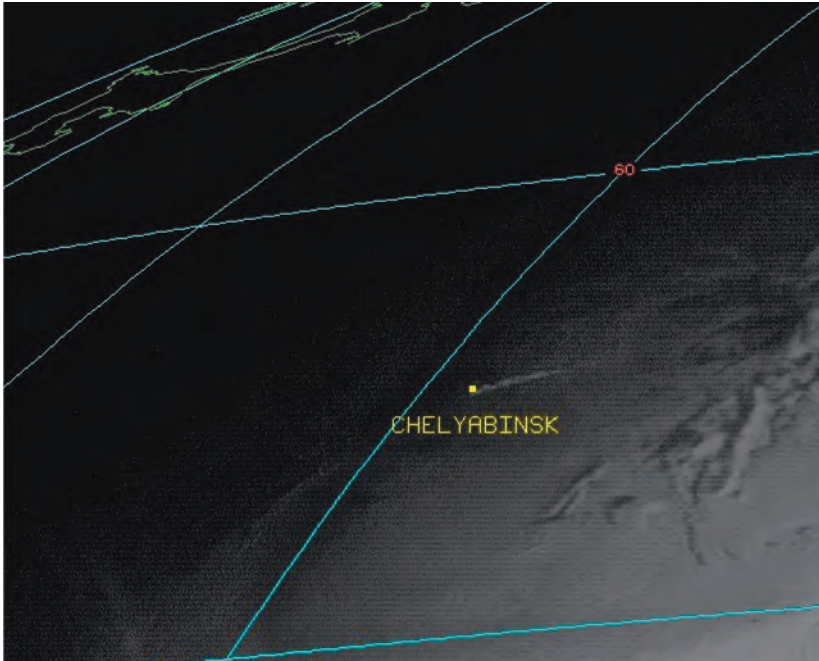
*Posnetek sledi, ki jo je za seboj pustil meteor nad ruskim mestom Čeljabinsk. Že iz same sledi lahko sklepamo, da je med svojim letom skozi ozračje večkrat razpadel. Zadnja eksplozija, ki je povzročila tudi zvočni udar, pa ga je verjetno popolnoma uničila, saj so na tleh našli le manjše koščke. Foto: Alex Alishevskikh.*

lahko pa so tudi ostanki asteroidov. Ko meteorid vstopi v zemeljsko ozračje, se zaradi trenja z zrakom močno segreje in zasveti, takrat mu pravimo meteor ali po domače utrinek. Če je dovolj velik, da preživi potovanje skozi ozračje in pade na Zemljino površino, mu rečemo meteorit. Meteorjem, ki so izjemno svetli, pravimo bolidi. Njihova svetlost je lahko zelo velika, poleg tega velikokrat eksplodirajo in povzročijo močan zvočni udar.

Po drobnih delcih, ki so jih našli v okolici Čeljabinska, je mogoče sklepati, da je bil meteorid iz skupine navadnih hondritov. To so meteoridi, sestavljeni iz majhnih zrnč prahu, nastalih iz kamnin z vključki železa in niklja, in predstavljajo večino populacije meteoridov v našem Osončju. Za njih je značilno, da od svojega nastanka niso spreminjali svoje geološke zgradbe in tako predstavljajo vzorec snovi iz najbolj zgodnjih obdobij nastanka našega Osončja. Močna eksplozija, ki jo je povzročil ruski bolid, je bila ocenjena na približno 500 ki-

loton trinitrotoluena (TNT), kar je približno tridesetkrat več kot atomska bomba, ki so jo odvrkli na Hirošimo. Zanimivo je, da je eksplozijo zaznala tudi mreža detektorjev, ki opazujejo nihanja zračnega tlaka z zelo nizkimi frekvencami in so namenjeni nadzoru izvajanja jedrskih poskusov na Zemlji. Eksplozijo je zaznalo sedemnajst postaj, od katerih je bila od eksplozije najbolj oddaljena postaja na Antarktiki.

Eksplozija, ki jo je povzročil ruski bolid, je bila dovolj velika, da je povzročila kar nekaj gmotne škode in je poškodovala okoli tisoč ljudi. Pri tem moramo povedati, da nihče ni bil poškodovan neposredno zaradi meteoritov. Veliko večino ljudi je poškodovalo razbito steklo, kar je bilo seveda pričakovati. Bolid je bil dovolj svetel, da je marsikoga privabil k oknu pogledati, zakaj se je nebo kar naenkrat razsvetlilo, in le malokdo bi pomislil, da bo svetlobni eksploziji sledil zvočni udar, ki pride za zaostankom zaradi bistveno različne hitrosti zvoka in svetlobe. Dogodek, kot je bil ruski bolid, je zelo re-



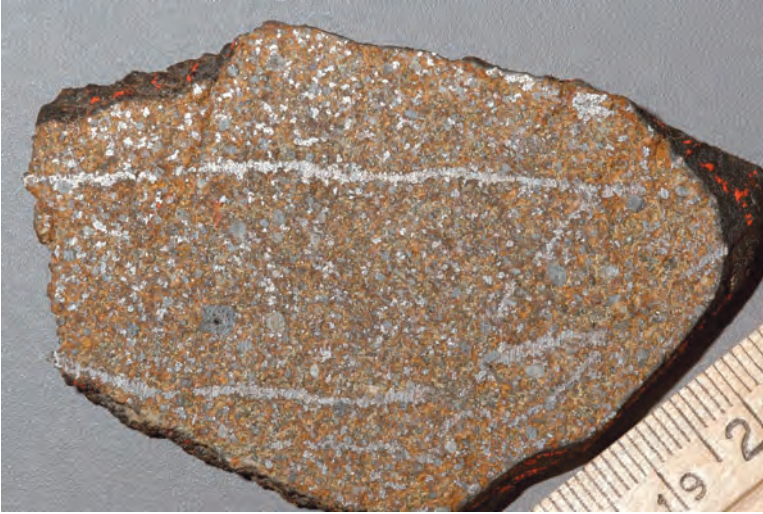
*Ruski meteor je bil viden celo iz vesolja. Na sliki vidimo posnetek, ki ga je naredil kitajski meteorološki satelit FY-2D.*

*Foto: Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies.*

dek in se zgodi na približno vsakih sto let. Zadnji, nekoliko večji, ki je za seboj pustil večji krater, se je zgodil leta 1908, prav tako v Rusiji, in sicer v bližini reke Tunguska. Tokrat pa se je eksplozija zgodila nad gosto naseljenim mestom s približno milijon prebivalcev, zaradi česar je bila gmotna škoda bistveno večja. Če bi se ta dogodek zgodil nad oceanom, ga razen prej omenjenih senzorjev ne bi opazil nihče, saj za seboj ne bi pustil nikakršnih posledic. Prav zato je bil ruski bolid dober opomin, da se v bližini Zemlje nahajajo tudi večji objekti, ki lahko ob trku z Zemljo povzročijo kar nekaj škode, zato astronomi že nekaj let intenzivno opazujejo Zemljino okolico in iščejo objekte, ki bi lahko z njo trčili in povzročili globalno katastrofo. Objektivom, ki se gibljejo v bližini Zemlje, pravimo blizuzemeljski objekti ali z angleško kratico NEO (Near Earth Object). Delimo jih v dve večji skupini, na blizuzemeljske asteroide ali NEA (Near Earth Asteroid), ki se nahajajo na orbitah v bližini Zemlje, in blizuzemeljske komete ali NEC (Near Earth Comet), ka-

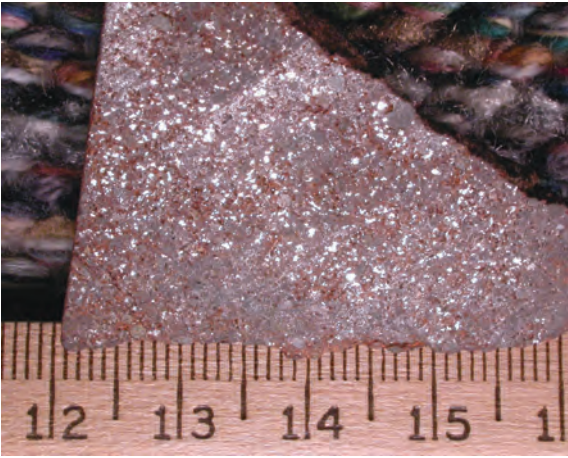
terih poti prečkajo Zemljino orbito, tako da obstaja verjetnost, da bi trčili v Zemljo. Do danes so odkrili približno 9.500 blizuzemeljskih objektov, od katerih jih je le malo več kot 300 takih, pri katerih obstaja verjetnost, da bi trčili v Zemljo. Vendar do danes še ne poznamo nobenega, za katerega bi lahko rekli, da bo z gotovostjo trčil v Zemljo.

Ker lahko večji blizuzemeljski objekti s premeri več kot en kilometer povzročijo globalno katastrofo, jih astronomi poskušajo intenzivno odkrivati. Pred nekaj desetletji so jih odkrivali napredni amaterski astronomi in manjši profesionalni observatoriji. V zadnjem času so pobudo za iskanje blizuzemeljskih objektov prevzeli večji profesionalni projekti, med katerimi je trenutno najbolj ambiciozni PanSTARRS na Havajih. Cilj projekta je sestaviti štiri večje teleskope, na katerih bodo nameščene kamere z ločljivostjo, ki je tisočkrat večja od ločljivosti od običajnega fotoaparata. Trenutno je v delovanju prvi od štirih teleskopov. S takimi teleskopi in kamerami je možno preiskati



*Posnetek navadnega hondrita. Na sliki so lepo vidna zrnca kamnin in kovinski vključki. Kovinski vključki se včasih, kot je vidno na sliki, pojavijo tudi v žilah.*

*Foto: Randy L. Korotev.*



velik del neba z enim samim posnetkom. Tako je verjetnost, da bomo odkrili objekt, močno povečana.

### **Komet PanSTARRS**

Poleg blizuzemeljskih objektov odkrijejo ti veliki teleskopi še veliko drugih objektov v našem Osončju, ki niso nujno blizu Zemlje. Med temi objekti je tudi komet PanSTARRS (C/2011 L4), ki ga bo mogoče videti v marcu in bo verjetno dosegel takšno magnitudo, da bo viden s prostim očesom. Pri nas ga bo mogoče videti od približno 7. marca naprej, približno pol ure po Sončevem zahodu, tedaj se bo nahajal namreč le

nekaj stopinj nad zahodnim obzorjem. Nato bo vsak dan višje. Ker bo ves čas zelo nizko nad obzorjem, je dobro, če imamo kakšno oporno točko, da bi ga lažje poiskali. Tako oporno točko bomo imeli 12. marca, ko bo nad zahodnim obzorjem viden tanek Lunin krajec in od njega bo komet oddaljen le približno sedem ločnih stopinj. Da bomo komet zagotovo videli, bo najbolje, da 12. marca, pol ure po Sončevem zahodu, vzamemo v roke daljnogled s čim manjšo povečavo (na primer 7 x 30) in z njim poiščemo Luno, ki se nahaja pet ločnih stopinj nad zahodnim obzorjem. Ko smo našli Luno, potujmo s pogledom proti jugu, se pravi proti levi, in kmalu bomo zagledali komet, od Lune bo oddaljen približno dve vidni polji daljnogleda. Komet bo viden tudi aprila, vsak večer pa se bo premikal bolj proti severu iz ozvezdja Rib v ozvezdji Pegaza in Andromede. Tretjega aprila bo oddaljen le tri stopinje od Andromedine galaksije M 31. Komet PanSTARRS gotovo ni med najbolj impresivnimi kometi, a je kljub vsemu vreden ogleda in nas lahko opomni, da je v našem Osončju še veliko neodkritih objektov.



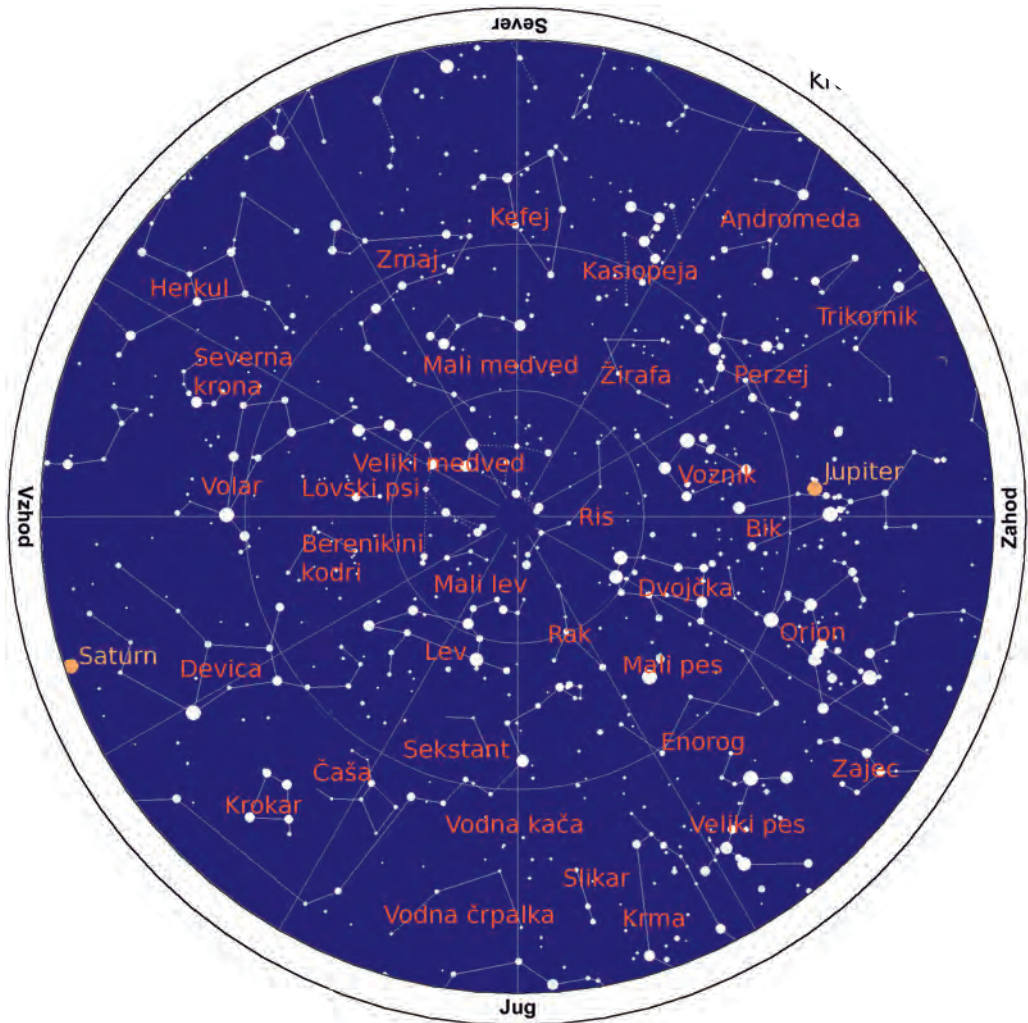


Table of Contents

## Editorial

*Tomaž Sajovic*

## Cardiac surgery

### Surgical Treatment of Acquired Heart Disease in Slovenia

*Aleksandar Gavrić*

Cardiovascular diseases are the leading cause of death in the developed world. All of them cannot be treated with drugs, so new developments in cardiac surgery have contributed significantly to a more efficient treatment of heart patients. The introduction of the first extracorporeal circulation device in the 1950s boosted the development of heart surgery. The scope of surgical

treatment of acquired heart disease now includes valve reconstruction and replacement, heart transplantation, implantation of mechanical circulatory support devices, pacemakers and cardioverter-defibrillator, as well as coronary artery bypass surgery. Slovenian cardiac surgery promptly responded to these developments.

### The Nobel Prize for Physiology or Medicine for the Year 2012 Mature Body Cells Can Be Reprogrammed to Become Pluripotent

*Radovan Komel*

Last year's Nobel Prize was awarded to Dr. John B. Gurdon from the Gurdon Institute in Cambridge, Great Britain, and Dr. Shinya Yamanaka, Professor at



Kyoto University, Japan, and senior investigator at the Gladstone Institutes in San Francisco, USA. The prestigious award was conferred for the discovery that mature, specialised cells can be reprogrammed to become pluripotent stem cells.

From the History of Natural Science

### Jakob Johann von Uexküll – Observer and Interpreter of Life

*Kazimir Tarman*

The biologist Jakob von Uexküll was born on 8 September 1864 in Mihkli (Estonian name for German St. Michaelis) in Keblaste manor to an old Baltic-German noble family. His main contribution to science was the notion of *Umwelt* (German for environment) which he developed as a result of his interest in how animals perceive their environments. Based on his understanding of *Umwelt* and its relevance to animals Thomas Sebeok, Hungarian-born American linguist, developed the concept of *biosemiotics*. Biologist and philosopher Andreas Weber with his book *Alles fühlt* (*Everything feels*, or *Čuteča narava* in Slovenian translation) is another explorer of the inner world of living creatures (after Uexküll). According to Weber, there is one thing that we all – from unicellular organisms to human beings – have in common: there is no life without feeling.

### Leonardo da Vinci as Naturalist

Janez Strnad

Leonardo da Vinci was a painter, sculptor and architect who systematically studied living and non-living nature. Although he is the most famous for his paintings, Leonardo produced an amazing collection of mechanical drawings. We reflect on his work on the occasion of its exhibition at the Ljubljana Exhibition and Convention centre entitled *Da Vinci – the Genius*. In this popular science journal our reflection focuses on his achievements in natural science, touching also on his contribution to mathematics and technology.

Student expedition Costa Rica 2012

### Charmers from South American Rainforests

*Timotej Turk Dermastia*

The manikin family (*Pipridae*) comes from the neotropics, more specifically Latin American tropical forests, and comprise some 60 species. Birds from this family are about ten centimetres long and often very beautifully coloured. Costa Rica is host to six manikin species of which the students on the *Costa Rica 2012* expedition recorded two, the orange-collared manikin (*Manacus aurantiacus*) and the red-capped manikin (*Pipra mentalis*). On one of their excursions they recorded one of the most fascinating and awe-inspiring courtship rituals developed by male manikins through evolution to charm their mates.

Zoology

### Hatching by Command

*Matija Gogala*

Japanese scientists Hiromi Mukai and collaborators found that vibration signals in burrower bugs *Adomerus rotundus* – in addition to playing a role in mating – have another, entirely different role. Here, females also protect the egg clutch and carry it around on their rostrum. Once the eggs have matured and red eyes of developed offspring can be seen through the shell, mothers start shaking the egg clutch and in a few minutes young offspring start hatching out. If the female dies the hatching time extends considerably, but hatching can be induced also by artificial vibration. And why does this matter? If hatching was slow it would be difficult for the female to take care of its offspring, however short time this care might last. After hatching the female starts laying the so-called trophic, nutritious eggs, which it needs to feed the young offspring. This would be less effective if some were already feeding on them while others were still hatching out. If the young are hatched synchronously there is less chance of cannibalism, which is often the case when some larvae are still in eggs and others are already crawling over them. Defending offspring against predation is also easier when the young are at the same stage of development. After the second moult most of the young offspring disperse and the female starts a new batch of eggs for the second generation offspring.

Our sky

### Russian Bolide

*Mirko Kokole*

On February 15<sup>th</sup> we witnessed a very special event, one that happens only once in a century. This was a bolide, i.e. a very bright meteor explosion, which occurred at 9:20 am local time over the Russian city of Chelyabinsk. For several seconds the bolide outshined the Sun, which was followed about a minute and a half later by a powerful explosion that caused a lot of damage and injured about one thousand people. According to recent calculations the bolide was identified as a meteoroid of 17 metres in diameter and a mass of around ten thousand tonnes. An event such as this is very rare and happens about once in a hundred years. The last, which occurred in 1908, also in Russia, near the river Tunguska, was slightly bigger and left behind a large crater.

Table of Contents

# Naravoslovne ekskurzije in potovanja

Vabimo vas, da s Prirodoslovnim društvom Slovenije obiščete manj znane koticke Slovenije in sosednjih držav, kjer se skrivajo naravne lepote in zanimivosti, ki so večinoma nepoznane, vsekakor pa za ljubitelje narave vredne pozornosti.

Program enodnevnih in večdnevnih ekskurzij je objavljen na spletni strani društva [www.proteus.si](http://www.proteus.si), na vašo željo pa vam lahko pošljemo tudi katalog za leto 2013.

Naročnikom revije *Proteus* in članom društva nudimo 10 % nižjo ceno.

**Več informacij na telefonski številki (01) 252 19 14  
ali po elektronski pošti [prirodoslovno.drustvo@gmail.com](mailto:prirodoslovno.drustvo@gmail.com).**

## Toskana

(27. 4. – 2. 5. 2013)

Kamnolom marmorja v Carrari, rudnik San Silvestro, fumarole v Monterotondou, mesta in etruščanske grobnice na tufu, termalni izviri Saturnia.



# Deželni naravni park Lessinia



(24. – 26. 5. 2013)

Rudniški rovi in nahajališča fosilov v Bolci nad Verono, geopaleontološki muzej v Camposilvanu, Dolina sfing, Naravoslovni muzej v Veroni, Giazza, soteska Montagna spaccata.

# Zakladi avstrijskih Alp



(15. – 16. 6. 2013)

Ledena jama pri Werfnu, grad Hohenwerfen (sokolarjenje) in soteska Lichtensteinklamm, slapovi Krimml in informacijsko središče parka Visoke Ture v Mittersillu.



# Severovzhodna Srbija



(22. – 26. 6. 2013)

Arheološki nahajališči Viminatium in Lepenski vir, rezervat Mali Štrbac nad sotesko Djerdap, soteska reke Vratne, rimska palača Felix Romuliana, Deliblatska peščara, mokrišče Carska bara, slanišče Slano Kopovo.

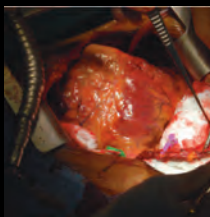
# Albanija

(7. – 20. 8. 2013)

Unescova kulturna dediščina (Berat, Gjirokastër, Butrint), laguni Karavasta in Lezhe, mesto Skhoder (Skadar), dolina Teth v albanskih Alpah.







#### ■ Srčna kirurgija

## Možnosti kirurškega zdravljenja pridobljenih bolezní srca v Sloveniji

Srčno-žilne bolezni so najpogostejši vzrok smrtности v razvitem svetu. Ker vseh srčnih bolezní ni mogoče zdraviti z zdravili, je razvoj kirurškega zdravljenja pomembno prispeval k učinkovitejšemu zdravljenju teh bolnikov. Razmah te veje medicine se je začel v petdesetih letih 20. stoletja z razvojem naprave za zunajtelesni krvni obtok. V spekter kirurškega zdravljenja pridobljenih srčnih bolezní štejejo menjavo in rekonstrukcijo okvarjene zaklopke, presaditev srca, vstavitve mehanične srčne podpore, vstavitve srčnega spodbujevalnika in kardioverter defibrilatorja ter premostitveno operacijo venčne arterije. Slovenska srčna kirurgija je hitro sledila svetovnemu razvoju.



#### ■ Nobelova nagrada za fiziologijo in medicino 2012

## Zrele telesne celice lahko reprogramiramo, da postanejo mnogozmogljive

Lansko Nobelovo nagrado za fiziologijo in medicino sta prejela devetinsedemdesetletni dr. John B. Gurdon in petdesetletni dr. Šinja Jamanaka. Prestižno priznanje sta dobila za odkritje, da odrasle, diferencirane telesne celice lahko reprogramiramo v stanje mnogozmogljivih (pluripotentnih) matičnih celic. Odkritje bo omogočilo ustvarjanje tkiv in v prihodnosti tudi organov za presajevanje, s čimer se izognemo etičnim zadržkom ob pridobivanju mnogozmogljivih matičnih celic s kloniranjem ali z uporabo zgodnjih zarodkov iz oploditve z biomedicinsko pomočjo.



#### ■ Iz zgodovine naravoslovja

## Jakob Johann von Uexküll – opazovalec in razlagalec življenja

Glavni prispevek nemškobaltskega biologa Jakoba von Uexküllu (1864-1944) znanosti je bil usmerjen v raziskovanje okolja, kot ga zaznavajo živali. Uexküll je človeku nataknil očala živali: »Prepogosto si zamišljamo, da so odnosi posameznih živali do predmetov v okolju in času takšni, kot jih vidimo mi. Iluzija temelji na enotnosti sveta vseh živih bitij. Muha, kačji pastir, čebela, ki letajo okoli nas ob sončnem dnevu, se ne gibljejo v istem svetu, kot ga vidimo mi, in ga z nami ne delijo, tudi med seboj ne.« Dela Uexküllu ponujajo mnoge izvirne misli, ki so dale povod za razvoj novih vej biologije in bogatile tudi druga znanstvena področja: filozofijo, jezikoslovje, geografijo, literaturo in umetnost.

ISSN 0033-1805

