

Naslovnica devetnajste izdaje *Trdoživa*.

in varstvo netopirjev, Slovensko entomološko društvo Štefana Michielija, Slovensko odonatološko društvo, Sonja Rozman, Stane Peterlin, Stanislav Gomboc, Stan-ka Dešnik, Steve Reekie, Špela Ambrožič



Naslovnica dvajsete izdaje *Trdoživa*.

Ergaver, Špela Borko, Špela Čonč, Špela Gorički, Špela Hočevnar, Špela Jakoš, Špela Pungaršek, Špela Rakun, Tanja Menegali-ja, Tanja Poličnik, Tatjana Čelik, Tea Bizjak Govedič, Tea Drevenšek, Tea Kapun, Tea

Knapič, Teja Bizjak, Teo Deli, Tilen Basle, Tilen Genov, Tim Collins, Tim Faasen, Tina Fabijan, Tina Kirn, Tina Rojko, Tine Grebenc, Tinka Bačič, Tomi Trilar, Toni Koren, Urban Čoko, Urban Dajčman, Urban Horvat, Uroš Kunavec, Uroš Kunaver, Urša Fležar, Urška Honzak, Urška Kačar, Urška Ratajc, Valentina Stojilkovič, Valerija Babij, Vane Jankovič Dolenc, Vanja Debevec, Vasja Marinč, Vesna Cafuta, Vesna Klokočovnik, Vita Polajnar, Vito Babuder, Wolfgang Forstmeier, Zala Krajšek, Zala Strojini Božič, Zavod Symbiosis, Združenje EPEKA, Zoran Obradović, Žan Kuralt, Žan Lobnik Cimerman, Žarko Vrezec, Žiga Dobnikar, Žiga Tertinek, Živa Bombek, Živa Hanc in Živa Praprotnik.

Hvala vsem!

Vabljeni k oddaji prispevkov tudi za našo naslednjo številko. Rok za oddajo je 1. april 2022. Do takrat vam želim prijetnega branja in čim več časa za vas, vaše bližnje in za naravo. ✨

Smrtonosna pandemična bolezen – hitridiomikoza

Besedilo: Mojca Vek

Ko govorimo o novem in zelo nalezljivem patogenu, ki se je iz Azije razširil po celem svetu, njegovemu širjenju in posledicam pa ni videti konca, najbrž vsi pomislimo na SARS-CoV2. A pandemija novega koronavirusa žal ni edina pandemija, ki bi nas morala skrbeti. Pred našimi očmi se namreč že nekaj časa odvija pospešeno izumiranje dvoživk po celem svetu, ki ga prav tako povzroča še do pred kratkim neznan patogen, ki izvira iz Azije.

HITRIDIONIKOZA IN DVOŽIVKE V ŠTEVILKAH

Okužbe s hitridnimi glivami vrst *Batrachochytrium dendrobatidis* (*Bd*) in *B. salamandrivorans* (*Bsal*), poznane tudi kot hitridiomikoza, so vzrok za največjo znano z boleznijo povezano izgubo biodiverzitete doslej.

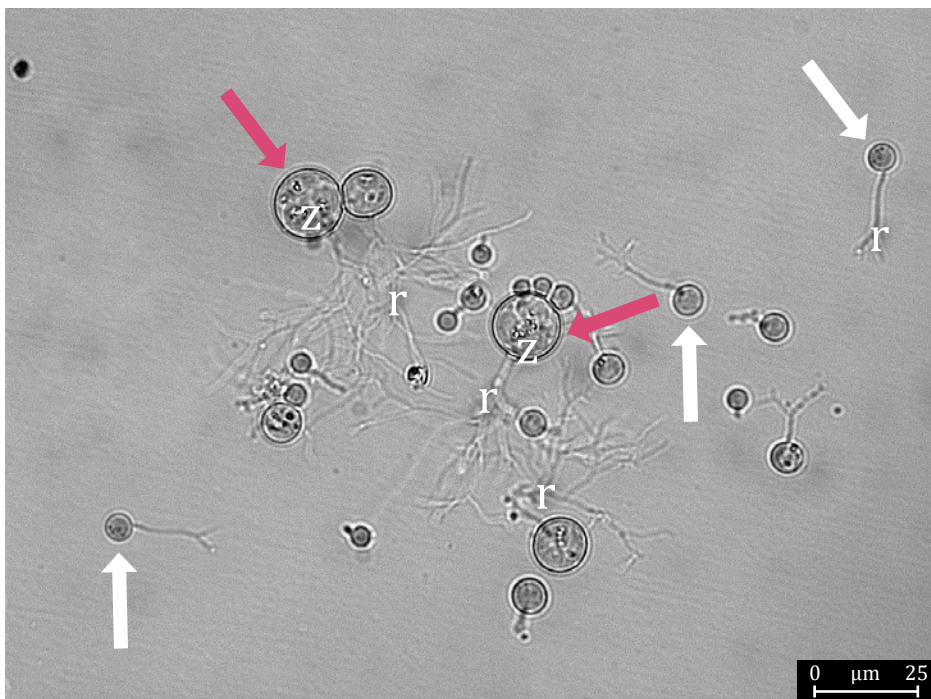
Leta 2011 so *Bd* zaznali pri 508 od 1.055 testiranih vrst (48 %), v letu kasneje pa je bila okužba zaznana že pri 695 od 1.377 testiranih vrst (50 %). Po zadnjih podatkih je z *Bd* okuženih 50 % vseh testiranih vrst brezrepnih dvoživk, 55 % vrst repatih



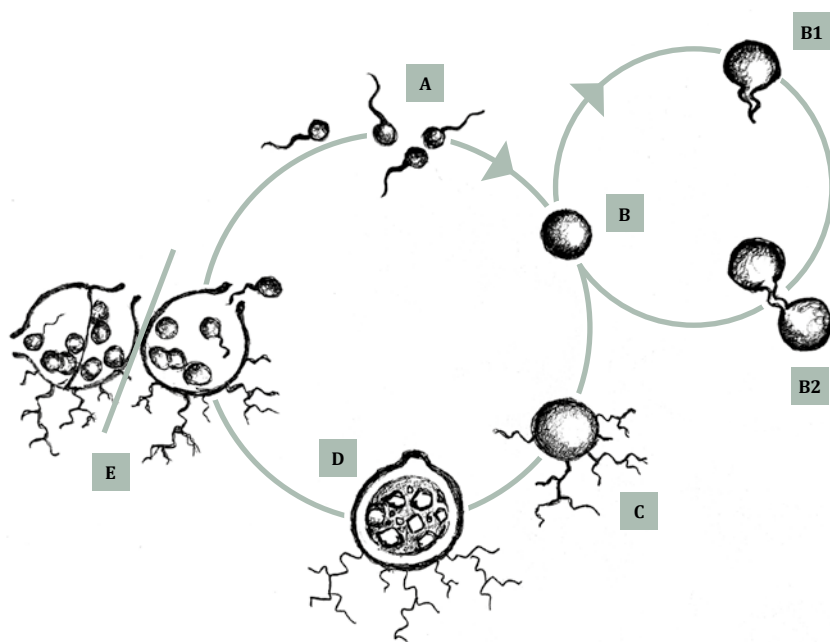
V naravi (Monserat, Mali Antili) z *Batrachochytrium dendrobatidis* (*Bd*) okužena umirajoča velika gorska žaba (*Leptodactylus fallax*). Zaradi lova (za namen prehrane – njihovo meso je podobnega okusa kot piščančje) in podnebnih sprememb je to vrsto danes možno najti le še na dveh otokih v Karibskem otočju. Okužbe z *Bd*, ki so se razširile na obeh otokih, so prvič opazili leta 2002, čez 15 mesecev pa je zaradi nje umrlo že 80 % populacije žab na enem od otokov. (foto: Gonçalo M. Rosa)

dvoživk in 29 % vrst sleporilov, kar priča o širokem naboru gostiteljskih vrst. V zadnjih 50 letih so okužbe z *Bd* povzročile drastičen upad vsaj 501 vrste dvoživk,

od katerih je 90 vrst v naravi izumrlo, pri 124 vrstah pa se je številčnost osebkov zmanjšala za več kot 90 %. Izmed 24 testiranih vrst močeradov je *Bsal* smrtonosna



Okužba kože dvoživke z *B. dendrobatidis*. Puščice označujejo sporangije v različnih fazah razvoja: nezrel sporangij (bele puščice) in zrel sporangij (roza puščici). Vidni so tudi rizoidi (*r*) in novotvorjene zoospore v sporangiju (*z*). (foto: Gonçalo M. Rosa, Institute of Zoology, Zoological Society of London, UK)



Nespolno razmnoževanje kulture *Batrachochytrium* in vitro. Življenjski cikel *B. dendrobatidis* poteka v fazah A-E, medtem ko pri *B. salamandrivorans* opazimo dodatne faze življenjskega cikla B1-B2: (A) gibljive običkane zoospore; (B) encistirana zoospora; (B1) kaljenje s kalitveno hifo; (B2) prenos celične vsebine v novonastalo steljko; (C) cista zoospore z rizoidi; (D) nezreli sporangij; (E) zrel monocentrični zoosporangij s cevasto strukturo za odvajanje zoospor (na desni), kolonijska steljka, ki vsebuje več sporangijev, vsak s svojo cevasto strukturo za odvajanje zoospor (na levi). (ilustracija: Mojca Vek; po Van Rooy in sod., 2015)

za vsaj 12 vrst, raziskovalci pa svarijo, da bi bile lahko izgube v Severni Ameriki ob vnosu *Bsal* zaradi tamkajšnje velike pestrosti repatih dvoživk še večje. Nekateri avtorji navajajo, da je zaradi hitridiomikoze izumrlo že preko 200 vrst dvoživk. Hitro izginjanje populacij dvoživk zaradi posledic hitridiomikoze se pojavlja po vsem svetu, tudi v težko dostopnih, oddaljenih in neokrnjenih habitatih, kar je še dodaten udarec za že tako ogroženo in občutljivo skupino živali. Na svetu je na-

mreč ogroženih kar 43 % vseh vrst dvoživk.

HITRIDNE GLIVE V EVROPI

V Evropi je bila *Bd* do leta 2020 potrjena že v 23 evropskih državah, pojavnost *Bsal* pa je relativno lokalizirana in omejena na območje držav Beneluksa in zahodnega dela Nemčije ter na manjši del Španije. Poleg široke geografske razširjenosti ima *Bd* v Evropi tudi širok nabor gostiteljskih vrst, dovzetnost različnih vrst

za okužbe s hitridnimi glivami pa še ni popolnoma raziskana. Vrste, za katere je bila prisotnost okužbe v naravi v Evropi že potrjena in jih najdemo tudi v Sloveniji, so hribski (*Bombina variegata*) in nižinski urh (*B. bombina*), navadna (*Bufo bufo*) in zelena krastača (*Bufo viridis*), česnovka (*Pelobates fuscus*), zelena žaba (*Pelophylax* spp.), sekulja (*Rana temporaria*), rosnica (*R. dalmatina*), plavček (*R. arvalis*), laška žaba (*R. latastei*), zelena rega (*Hyla arborea*), planinski (*Ichthyosaura alpestris*), navadni (*Lissotriton vulgaris*) in veliki pupek (*Triturus carnifex*) ter navadni močerad (*Salamandra salamandra*). Na Iberskem polotoku je bolezen prispevala k upadu populacij porodničarskih krstač (*Alytes obstetricans*), navadnih krstač in navadnih močeradov. Množični pogini dvoživk v Evropi so v primerjavi z nekaterimi drugimi deli sveta sicer redki, saj okužba pri evropskih dvoživkah ne vodi vedno do razvoja bolezni, kljub temu pa jih zaradi podnebnih sprememb in drugih okoljskih dejavnikov v prihodnosti ne moremo izključiti.

Vrsta *Bsal* ima v naravi zaradi svoje ožje razširjenosti trenutno potrjenih manj gostiteljskih vrst, vendar so posledice okužbe s to vrsto še bolj opazne. Na Nizozemskem je zaradi bolezni po ocenah raziskovalcev izginilo 99 % lokalne populacije močeradov. Vrste, za katere je bila prisotnost okužbe v naravi v Evropi že potrjena in jih najdemo tudi v Sloveniji, so navadni močerad, planinski in navadni pupek, v Španiji pa so potrdili okužbo pri nitastem pupku (*Lissotriton helveticus*). Ob morebitnem vdoru *Bsal* v Slovenijo bi lahko bile posledice okužb s to vrsto za prostoživeče populacije repatih dvoživk katastrofalne.

KAJ SPLOH SO HITRIDNE GLIVE?

Termin »hitridne glive« se v splošnem nanaša na predstavnike evolucijsko izvornega debla Chytridiomycota z značilnimi običkanimi zoosporami, ki jim omogočajo aktivno razširjanje v vodnem okolju. Večina hitridnih gliv je saprofitov, nekatere vrste pa so tudi parazitske. *Bd* in *Bsal* sta edini poznani vrsti gliv v redu Rhizophydiales, ki parazitirata na vretenčarjih. Od leta 1998 do nedavnega je bila *Bd* prepoznana kot edina vrsta iz rodu *Batrachochytrium*, leta 2013 pa je bila odkrita njena sestrsk vrsta *Bsal*, ki prav tako povzroča hitridiomikozo in je od *Bd* divergirala v pozni kredi ali zgodnjem paleogenu.

Vrsti *Bd* in *Bsal* se fiziološko razlikujeta po optimalni rasti pri različnih temperaturah. Prva uspeva in se razmnožuje v temperaturnem območju med 10 °C in



Na Iberskem polotoku je hitridiomikoza prispevala k upadu populacij porodničarskih krastač (*Alytes obstetricans*), kot je na sliki prikazano na primeru iz francoskih Pirenejev. (foto: Gonçalo M. Rosa)

28 °C, *Bsal* pa med 5 °C in 20 °C, kar kaže na to, da glivi zasedata različni ekološki niši, obe pa dobro uspevata v zmernem podnebnem pasu.

POSLEDICE OKUŽBE S HITRIDNIMI GLIVAMI ZA DVOŽIVKO

Razvoj okužbe je zaradi keratinofagnega metabolizma hitridnih gliv vezan zlasti na tanko poroženelo plast povrhnjice.

Okužba z *Bd* poleg lokalnih razjed vodi tudi do hiperkeratoze, v primeru katere se lahko keratinizirani sloj povrhnjice odebeli 2 do 30-krat, intenzivnejše okužbe pa lahko vodijo tudi do luščenja kože. Klinični znaki pri dvoživkah po preobrazbi zajemajo še anoreksijo (izguba apetita in hujšanje), letargijo (neodzivnost) in ataksijo (težave s koordinacijo in gibanjem). Vzrok pogina dvoživk je običajno srčni zastoj, ki ga okužba z *Bd* povzroči zaradi motenj privzema in manjše koncentracije elektrolitov v tkivih.

Mehanizmi okužbe in vpliv na gostitelja pri *Bsal* še niso povsem raziskani. Klinični znaki okužbe so anoreksija, letargija, ataksija, razjede na koži, mehurji in luščenje kože, kar vodi v pogin živali, okužba z *Bsal* pa za razliko od okužbe z *Bd* ne vodi do hiperkeratoze in hiperplazije.

Na okužbo s hitridnimi glivami lahko posumimo ob večjih poginih dvoživk (pogin lahko sicer povzročijo tudi drugi patoge-

ni) ali ob najdbi osebkov z razjedami, temnimi območji na koži pa tudi ob najdbi podhranjenih in manj odzivnih osebkov.

OD KOD IZVIRA BOLEZEN, KAKO IN ZAKAJ SE ŠIRI?

Bd se je po svetu razširila okoli leta 1950 s Korejskega polotoka, *Bsal* pa domnevno izvira iz jugovzhodne Azije. Obe vrsti zaradi dolgotrajne koevolucije z gostiteljskimi vrstami na območju naravne razširjenosti ob okužbi ne povzročata bolezenskih znakov in sta praviloma asimptomatski.

Glivi se širita neposredno s stikom okužene živali z neokuženo ali posredno ob stiku neokužene živali s kontaminirano vodo ali površino.

Nedavni pojav in širitev hitridiomikoze je najbrž posledica antropogenega transporta dvoživk, ki vključuje trgovino s hišnimi ljubljenci, premike živali iz živalskih vrtov, živilsko industrijo, laboratorijsko trgovino (npr. krempeljarka (*Xenopus* spp.)) in biotično zatiranje škodljivcev (npr. aga (*Bufo marinus*)) ter nenamernih ali namernih izpustov dvoživk iz ujetništva v okolje. Širjenje s trgovino z živalmi poteka še danes in veliko dvoživk v prodaji je pozitivnih na skoraj vse znane seve *Bd*, vključno s smrtonosnim sevom *BdGLP*. Vnos *Bsal* v Evropo je najverjetneje vezan na trgovino terarijskih

živali. Predvideva se, da je *Bsal* v evropsko okolje prišla z odpadno vodo s farm azijskih močeradov ali pa celo z neposrednim vnosom teh živali v okolje.

PREPREČEVANJE ŠIRJENJA IN NADZOR HITRIDNOMIKOZE

Razširitev hitridiomikoze v naravnem okolju je nepovratna, zato je pri preprečevanju nadaljnjega širjenja bolezn izrednega pomena preventiva. Posameznik lahko poskrbi za razkuženo terensko opremo, ki jo prenaša iz enega vodnega telesa v drugega. Zadošča čiščenje z 10-% vodno raztopino belila za opremo (škornji, mreže ...) in kombinacija toplote ter sušenja za oblačila. S prostoživečimi dvoživkami je treba rokovati v nitrilnih rokavicah brez smukca, ki jih med rokovanjem s posameznimi osebki zamenjamo, saj pomembno zmanjšajo verjetnost prenosa patogena. Največje tveganje za širjenje hitridnih gliv predstavlja nenamern in naključen transport dvoživk. Najpogostejša načina razširjanja sta uporaba dvoživk kot ribiške vabe in izpuščanje dvoživk iz ujetništva.

PRVA POTRJENA OKUŽBA DVOŽIVKE S HITRIDNIMI GLIVAMI V SLOVENIJI!

Ker je hitridiomikoza prepoznana kot glavni vzrok upadanja števila vrst dvoživk in izgube biodiverzitete na lokalni ter globalni ravni, smo za dopolnitev obstoječih podatkov o pojavnosti hitridnih gliv v Evropi izvedli prvo usmerjeno raziskavo o prisotnosti hitridnih gliv v Sloveniji. Z njo smo uvedli tudi molekularno-biološko laboratorijsko diagnostiko okužb. Raziskavo smo opravili v sklopu moje magistrske naloge *Testiranje dvoživk na prisotnost hitridnih gliv v Sloveniji* na Katedri za zoologijo in Katedri za molekularno genetiko in biologijo mikroorganizmov na Oddelku za biologijo Biotehniške fakultete. V testiranje smo vključili 19 domorodnih in 3 tujerodne vrste dvoživk. Vzorčenje je potekalo na 50 lokacijah, kjer smo odvzeli brise prostoživečim živalim, in treh lokacijah, kjer smo vzorce odvzeli živalim v ujetništvu. Skupno je bilo pregledanih



Zemljevid Slovenije s 50 lokacijami vzorčenj za detekcijo hitridnih gliv. Dvoživko, pozitivno na *B. dendrobatidis*, smo potrdili na lokaciji na Goričkem, označeni z rdečo. (zemljevid: Mojca Vek)



Odvzem brisa nižinskemu urhu (*Bombina orientalis*). (foto: Nino Kirbiš)



Odvzem brisa sekulji (*Rana temporaria*). Zaradi tesnega stika s podlago so okončine in medenično polje najbolj dovzetni za okužbo s hitridnimi glivami, zato jih je treba vzorčiti še posebej natančno. (foto: Nino Kirbiš)



Odvzem brisa česnovki (*Pelobates fuscus*).
(foto: Nino Kirbiš)

110 različnih vzorcev. Okužbo z *Bd* smo potrdili pri enem odraslem osebkcu zelene žabe v Prekmurju. Prisotnosti *Bsal* na območju Republike Slovenije nismo potrdili.

KAJ PA SEDAJ?

Kljub uspešni vzpostavitvi diagnostičnega laboratorija so za učinkovito zaščito dvoživk pred okužbami s hitridnimi glivami potrebni tudi širše zastavljeni koraki. Treba bi bilo vzpostaviti monitoring prisotnosti okužbe v naravnih okoljih, izdelati akcijski načrt ukrepanja v primeru okužbe, ki bi povezoval javne službe z raziskovalnimi in naravovarstvenimi ustanovami, nevladnimi organizacijami ter drugimi strokovnjaki. Za preprečevanje ali omejevanje prenosa okužbe bi bilo po vzgledu Združenih držav Amerike in nekaterih evropskih držav smiselno vpekljati nadzor ter omejiti trgovino z dvoživkami in drugimi potencialnimi prenašalci okužbe. Pozornost bi morali nameniti tudi ozaveščanju o potencialnih načinih razširjanja okužbe in preventivnih ukrepih ter izdelati protokole čiščenja in razkuževanja opreme za terenske biologe, ribiče, jamarje in drugo javnost, ki se giblje po naravnih okoljih, kjer živijo dvoživke.

Zavzemanje za ohranitev vrst je usmerjeno predvsem v vzdrževanje raznovrstnosti živega sveta in posledično ohranitev primernih pogojev za obstoj človeške vrste. Habitati, kjer je prisotna zadostna vrstna in številčna pestrost dvoživk, odražajo zdravo in uravnoteženo okolje. Prisotnost hitridnih gliv v Sloveniji predstavlja posredno in neposredno grožnjo vsem vrstam dvoživk v naravi. Ob prvi potrjeni okužbi zato nujno potrebujemo primerne ukrepanje in nadaljnje raziskave ter spremljanje okužb na ravni pristojnih državnih služb, ki bodo natančno določile razširjenost patogena in preprečile njegovo širjenje. Vzpostavitev sistema za detekcijo omenjenega patogena je namreč predpogoj za izdelavo ocene ogroženosti dvoživk v Sloveniji ter za izdelavo načrtov za nujne preventivne ukrepe in akcijskih načrtov v primeru okužbe. *

V primeru najdbe večjega števila poginulih dvoživk ali dvoživk z razjedami in/ali kožnimi spremembami, si zabeleži čas in lokacijo najdbe. Vse bolne ali poginule dvoživke fotografiraj in pošlji fotografije ter podatke na info@herpetolosko-drustvo.si.

Vse vrste dvoživk v Sloveniji so uvrščene na *Rdeči seznam*, zavarovane z *Uredbo o zavarovanih prosto živečih živalskih vrstah* in varovane z *Bernsko konvencijo*. Nekatere so strožje varovane in so uvrščene v *Prilogo II* in/ali *IV Direktive o habitatih*. *Direktiva* določa tudi prioritete vrste in habitatne tipe, pomembne za Evropsko unijo, na podlagi katerih se znotraj državnih meja določijo posebna varstvena območja. V Sloveniji med vrste evropskega varstvenega pomena uvrščamo šest vrst dvoživk (proteus, hribski in nižinski urh, laška žaba, panonski in veliki pupek).

Glede na mednarodne obveze, ki jih je Slovenija sprejela s pristopom v Evropsko unijo (*Bernska konvencija, Konvencija o biotski raznovrstnosti, Direktiva o habitatih*) ter z določili *Zakona o ohranjanju narave*, je priprava in izvajanje aktivnih ukrepov varovanja in ohranjanja biodiverzitete, s tem tudi dvoživk, ena izmed pomembnejših nalog države na področju ohranjanja in varstva narave.

PROTOKOL RAZKUŽEVANJA

Pred odhodom na teren si priskrbi:

- » krtačo za ustrezno čiščenje opreme,
- » razpršilne plastenke in posode za razkuževanje opreme,
- » ustrezno razkuževalno sredstvo (npr. Ecocid S),
- » večjo posodo s čisto vodo (za čiščenje opreme in za pripravo razkuževalne raztopine),
- » prazno večjo posodo za zbiranje odpadne vode pri čiščenju,
- » rokavice,
- » plastične vrečke,
- » vreče za smeti za umazano opremo,
- » razkužilne robčke.

Pred in po vzorčenju ali menjavi lokacije:

- » terensko opremo ustrezno očisti s krtačo in odstrani večje kose umazanije,
- » opremo razkuži z razkuževalno raztopino,
- » opremo po razkuževanju ustrezno izplakni s tekočo vodo,
- » po delu opremo posuši,
- » občutljivo opremo obriši z razkužilnimi robčki.



(foto: Živa Hanc)

POPRAVEK

V Fotoživu zadnje številke *Trdoživa* se nam je na str. 28 zatipkalo. Avtor fotografije male podlasice, ki je uplenila velikega voluharja, je namreč *Slavko Prijatelj*. Za napako se avtorju in bralcem opravičujemo. *

(foto: Slavko Prijatelj)

