PREPREČEVANJE ŠIRJENJA BOLEZNI BELEGA NOSU PRIROČNIK ZA NETOPIRJEM PRIJAZNO RAZISKOVANJE JAM V EVROPI IN AZIJI

Avtorji: Violeta Zhelyazkova, Jure Tičar, Stanimira Deleva, Nia Toshkova, Sebastien Puechmaille

Kaj je bolezen belega nosu?

Bolezen belega nosu (WND; povezana s sindromom belega nosu – White-nose syndrome/WNS) je najhujša znana bolezen pri netopirjih, ki prezimujejo v jamah. Povzroča jo gliva, znana kot "gliva belega nosu". Do danes je zahtevala že več milijonov žrtev in povzročila več kot 90-odstotni upad populacij najbolj prizadetih vrst netopirjev v Severni Ameriki. Ker netopirji predstavljajo pomemben naravni mehanizem za uravnavanje populacij škodljivih žuželk, njihovo zmanjševanje resno vpliva na naravne in kmetijske ekosisteme ter na zdravje ljudi. Poleg tega so netopirji t. i. "krovne vrste" v jamskih ekosistemih – s svojim delovanjem prispevajo h kroženju hranil, ter ohranjanju jamske biotske raznovrstnosti in jamskih tvorb. Zato varstvo netopirjev pogosto pomeni tudi varstvo jam in vseh njihovih prebivalcev.

Kako prepoznamo bolezen belega nosu?

Bolezen belega nosu prizadene netopirje le med prezimovanjem, ko je njihova telesna temperatura nizka. Ne more okužiti ljudi ali drugih živali. Bolezen se kaže kot bel, vatast micelij glive na ušesih, gobčku ali krilih netopirjev, najpogosteje proti koncu obdobja prezimovanja oziroma pozimi (Slika 1). Zunaj Severne Amerike ni znanih gliv, ki bi bile podobne že na prvi pogled, zato je vizualni pregled živih netopirjev običajno zadosten za prepoznavo bolezni belega nosu. Praviloma velja: več kot je vidne glive na telesu, hujša je okužba. Pri tem pa bolezni ne smemo zamenjevati z razraščanjem saprofitnih gliv (ki se prehranjujejo z odmrlim organskim materialom), saj te prekrijejo celotno telo poginulih netopirjev (Slika 2).



Slika 1: Ostrouhi netopir (*Myotis myotis/blythii*), okužen z glivo *Pseudogymnoascus destructans* (*Pd*) v jami Balabanova Dupka v zahodni Bolgariji. Netopirji iz tega rodu so najpogostejši gostitelji glive *Pd*, čeprav so lahko okužene tudi druge vrste netopirjev.

Foto: Ivailo Borisov

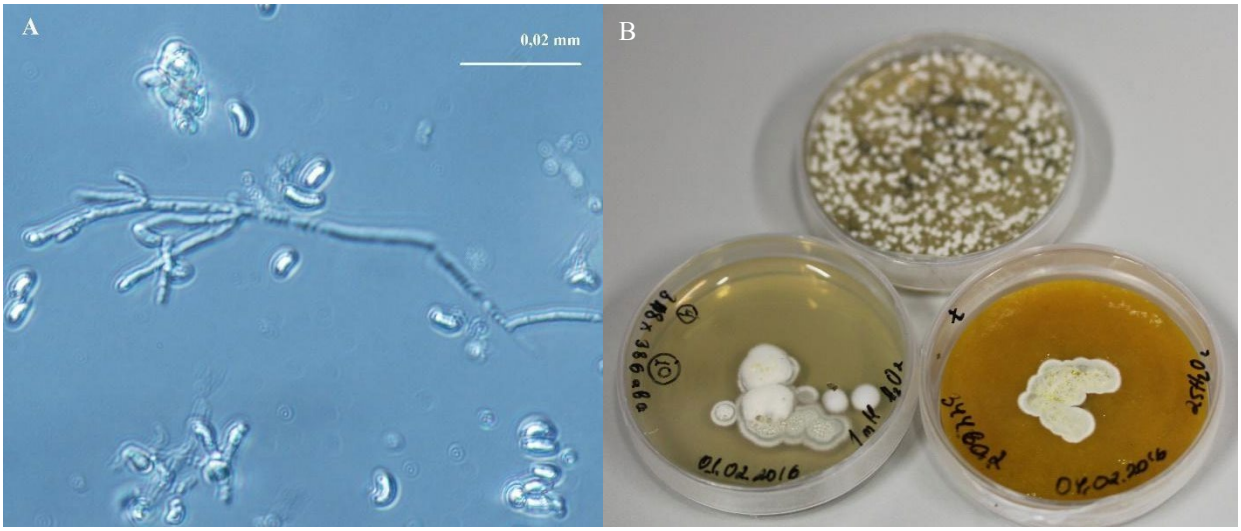


Slika 2: Poginuli netopir, najden v jami in prekrit s saprofitno glivo.

Foto: Nia Toshkova

Kaj povzroča bolezen belega nosu?

Bolezen belega nosu povzroča v jamah živeča in mrazoljubna gliva *Pseudogymnoascus destructans*, imenovana tudi *Pd* ali gliva belega nosu (Slika 3). Pravzaprav gre za kompleks dveh vrst, vendar smo drugo odkrili šele pred kratkim in ji še nismo dali ločenega znanstvenega imena. Namesto tega uporabljamo poimenovanji *Pd1* in *Pd2*. Obe vrsti, *Pd1* in *Pd2*, se pojavljata v Evropi in Aziji, vendar tam ne povzročata množičnega pogina netopirjev. Razlog je v tem, da sta na obeh celinah prisotni že tisoče let, kar je netopirjem omogočilo evolucijsko prilagoditev na okužbo. Nasprotno pa je bila vrsta *Pd1* v Severno Ameriko vnesena razmeroma nedavno (pred približno 20–30 leti), kjer je naletela na netopirje, ki se z glivo še nikoli niso srečali in zato niso imeli razvite odpornosti. Tak pojav, ko se povzročitelji bolezni razširijo na nova območja, kjer jih prej ni bilo, imenujemo "onesnaženje s patogeni" in je pogosto posledica človekove dejavnosti.



Slika 3: A) Gliva *Pseudogymnoascus destructans (Pd)* pod svetlobnim mikroskopom. Banani podobne strukture so njene spore, ki jih uporablja za hitro nespolno razmnoževanje. Foto: Blagoy Uzunov; B) Gliva *Pd* na gojiščih z rastnim medijem. Photo: Violeta Zhelyazkova

Zakaj je vedenje jamarjev pomembno?

Spore glive *Pseudogymnoascus destructans (Pd)*, ki so s prostim očesom nevidne (velike približno 1/140 milimetra), se nahajajo v različnih jamskih sedimentih – na primer v blatu na tleh jam ali na stenah – skupaj s stotinami drugih mikrobnih vrst (gliv, bakterij itd.). Vse te se zlahka oprimejo jamske opreme, bodisi neposredno bodisi z delci blata. To smo dokazali z

našimi poskusi, pri katerih smo po obisku jam iz jamskih kombinezonov izolirali živo glivo *Pd*. Dokazali smo tudi, da lahko *Pd* na jamski opremi pri sobni temperaturi preživi najmanj 25 dni. To pomeni, da lahko jamarji nenamerno prenesejo glivo *Pd1* ali *Pd2* iz ene jame v drugo. Naši genetski podatki kažejo, da se je to že zgodilo z glivo *Pd1*, ki je bila neopaženo prenesena iz območja Podilja v zahodni Ukrajini, kjer se nahajajo najdaljše jame v sadri na svetu (Slika 4), v jamo v ameriški zvezni državi New York. Nasprotno pa, čeprav nekatere vrste netopirjev lahko preletijo velike razdalje, številne raziskave kažejo, da netopirji niso učinkoviti prenašalci glive *Pd* daleč od svojih zatočišč.



Slika 4: Jame na območju Podilja so znane ne le po svoji izjemni dolžini in čudovitih kristalih, temveč tudi kot priljubljena destinacija številnih mednarodnih obiskovalcev. Foto: Viktor Lyagyshkin

Kako lahko preprečimo širjenje bolezni belega nosu?

Na srečo je mogoče z dobrim načrtovanjem odprav in ustrezno higieno močno zmanjšati širjenje glive *Pseudogymnoascus destructans* (*Pd*). V nadaljevanju predstavljamo posebna higienska priporočila, ki jih je treba upoštevati pri jamarskih aktivnostih v Evropi ali Aziji – odvisno od razdalje potovanja.

- **Razdalje do 100 km ali jamarske aktivnosti v istem območju v okviru ene odprave – nizko tveganje za varstvo narave**

Na takšni razdalji lahko glivo *Pd* prenašajo že sami netopirji. Zato je za preprečevanje širjenja dovolj, da z jamarskih kombinezonov in druge opreme odstranimo blato z vodo in ščetko. Cilj ni nujno uničiti vse spore *Pd*, temveč omejiti njihovo prenašanje. Zato je tudi jamarjem tradicionalen običaj pranja opreme v lokalnih rekah sprejemljiv (Slika 5).



Slika 5: Običajen način, kako evropski jamarji po odpravah čistijo svojo opremo. Takšna praksa je primerna pri obiskovanju jam znotraj iste geografske regije. Foto: Milena Nenova

- **Razdalje med 100 in 1000 km ali potovanje med različnimi jamarskimi območji znotraj iste celine – zmerno tveganje za varstvo narave**

Pri teh razdaljah so ljudje že učinkovitejši prenašalci glive *Pseudogymnoascus destructans* (*Pd*) kot netopirji. Čeprav sta vrsti *Pd1* in *Pd2* razširjeni po vsej Evropi in velikem delu Azije, lahko mešanje genetsko različnih sevov glive povzroči nastanek nevarnejših različic patogena. To se je že zgodilo pri glivi *Batrachochytrium dendrobatidis* (*Bd*), ki po svetu

povzroča množično umiranje dvoživk. Zato priporočamo **temeljito ročno pranje opreme po odstranitvi blata ali pranje v pralnem stroju, po možnosti z uporabo detergenta** (Slika 6). Naši laboratorijski poskusi so pokazali, da temeljito ščetkanje v vodi odstrani približno 95 % spor *Pd*, ki so bile sprva prisotne na kosih kordure, medtem ko pranje v pralnem stroju z detergentom odstrani več kot 99,5 % spor *Pd*. Pri kosih iz najlonske vrvi ščetkanje z vodo odstrani približno 85 % *Pd*, pranje v pralnem stroju s specializiranim detergentom, varnim za uporabo na opremi, pa lahko odstrani do 98 % *Pd*. Če obiskujete drugo jamarsko društvo, ki deluje v drugi regiji, je najbolje uporabljati njihovo lokalno opremo.



Slika 6: Pralni stroji so dejansko varni za uporabo pri čiščenju jamske opreme. Foto: Peter Velkov

- **Razdalje nad 1000 km znotraj iste celine – visoko tveganje za varstvo narave**

Pri teh razdaljah je tveganje za genetsko izmenjavo med različnimi sevi glive veliko večje, zato je treba vse spore *Pd* na opremi uničiti ali odstraniti. Najboljša praksa je, da **jamski kombinezon perete pri temperaturi nad 55 °C vsaj 5 minut**, saj je dokazano, da ta postopek uniči glivo *Pd*. Trdo opremo, kot so fotoaparati, je treba po odstranitvi vsega blata **razkužiti z alkoholom ali drugimi ustreznimi sredstvi**. Vso osebno opremo, kot so vrvi, ki

je ni mogoče varno razkužiti, **pustite doma** in **uporabite lokalno opremo** (Slika 7). Ob odhodu z odprave poskrbite, da bo vsa umazana oprema spravljena v čiste vreče, da ne pride do onesnaženja čiste opreme ali notranjosti vozila. Če se avtomobil med odpravo umaže, ga operite med posameznimi odpravami – s tem ne boste preprečili le širjenja *Pd*, temveč tudi širjenje drugih mikroorganizmov, ki lahko živijo v tleh. Za podrobnejše protokole razkuževanja in posodobljene sezname razkužil, preizkušenih proti glivi *Pd*, obiščite spletno stran: https://www.whitenosesyndrome.org/static-page/decontamination-information.



Slika 7: Jamarstvo je bilo vedno povezano z deljenjem – opreme, znanja in doživetij. Razširimo to sodelovanje še na mednarodno raven. Foto: Scott Trescott

- **Medcelinske razdalje – zelo visoko tveganje za varstvo narave**

Prenos glive *Pd1* ali *Pd2* na nova območja, kjer je trenutno še ni, lahko sproži drugi val epidemije bolezni belega nosu, ki ga kasneje ne bo mogoče ustaviti. Zato mora biti vsa oprema, ki jo prenašate med celinami, stoodstotno razkužena, obutev in druga oblačila pa popolnoma čista. **Ne prinašajte ničesar, kar bi lahko vsebovalo tudi najmanjše sledi jamskega sedimenta**.

- **Ostale celine**

Pri jamarskih aktivnostih v Severni Ameriki je treba upoštevati njihova lokalna navodila, dostopna na spletnem naslovu: https://www.whitenosesyndrome.org/static-page/decontamination-information, ki temeljijo na prisotnosti ali odsotnosti glive *Pd*, ne pa na razdalji. Na območjih, kjer netopirji množično poginjajo zaradi bolezni belega nosu, vsaka jamarska aktivnost velja za visoko tveganje za varstvo narave, zato je treba opremo med uporabo v posameznih jamaah vedno razkužiti. Prenos opreme iz območij, ki so močneje okužena s *Pd*, v manj okužena območja velja za zelo visoko tveganje in se mu je treba izogniti. Redno posodobljen zemljevid takšnih območij ter seznam lokalnih razkužil, preizkušenih proti glivi *Pd*, sta na voljo na zgoraj navedeni spletni strani. Najboljša higienska praksa še vedno ostaja pranje pri temperaturi nad 55 °C vsaj 5 minut. Nekateri, predvsem znanstveniki, uporabljajo jamske kombinezone za enkratno uporabo, vendar so ti za jamarske raziskave večinoma nepraktični (Slika 8). **Ne prenašajte jamske opreme na druge celine ali z njih.**



Slika 8: Kombinezoni za enkratno uporabo zelo učinkovito ščitijo tako netopirje kot raziskovalce pred različnimi mikrobi. Foto: Boris Petrov

V Avstraliji in Južni Ameriki gliva *Pseudogymnoascus destructans* (*Pd*) še ni prisotna. Kljub temu raziskave kažejo, da je pogin netopirjev zaradi bolezni belega nosu verjeten, saj številne jame nudijo razmere, primerne za razvoj *Pd*, netopirske vrste pa na to glivo niso prilagojene. Zato **jamske opreme ne smemo prenašati na te celine ali z njih**. Znotraj posamezne celine lahko upoštevate higienska pravila glede na razdaljo, da preprečite t. i. onesnaženje s patogeni z drugimi vrstami mikroorganizmov. Več informacij za Avstralijo je na voljo tukaj: https://wildlifehealthaustralia.com.au.

Kako še lahko pomagaš?

Ta higienska priporočila temeljijo na zadnjih znanstvenih spoznanjih, vendar je prostora za izboljšave vedno dovolj. Vabimo vas, da delite svoje ideje o načinih čiščenja jamske opreme, ki so hkrati preprosti in prijazni do okolja. Po obisku jame z visoko prisotnostjo glive *Pd*, ali pred obiskom novo odkrite jame, jame brez naravnega vhoda ali posebej občutljive jame, smiselno uporabiti višjo stopnjo higienskih ukrepov. Ne pozabite se seznaniti z lokalno zakonodajo in omejitvami dostopa do jam. Pri jamah, v katerih živijo velike kolonije netopirjev, se izogibajte rekreativnim obiskom med njihovim razmnoževanjem ali prezimovanjem.

Raziskovalcev netopirjev je malo, jamarjev pa veliko – zato so vaša opažanja izjemno dragocena. Lahko se obrnete na lokalne strokovnjake za netopirje ali na našo raziskovalno ekipo ter sporočite opažanja o številu netopirjev in morebitnih znakih bolezni ali nenavadnega pogina. Pri poročanju navedite: ime jame, natančno lokacijo, datum obiska, število živih in poginulih netopirjev, ter priložite fotografije. Zabeležite tudi nenavadno vedenje netopirjev, vidne znake bolezni belega nosu (WND) ali nedavne sledi človeške dejavnosti v jami. Ne pozabite dodati svojih kontaktnih podatkov za morebitno naknadno komunikacijo.

Zahvala

Zahvaljujemo se vsem jamarjem, ki so nam pomagali z nasveti ali izpolnili ter razširjali naše vprašalnike o jamarski higieni.

Uporabljena literatura

Cheng TL, Reichard JD, Coleman JTH, Weller TJ, Thogmartin WE, Reichert BE, Bennett AB, Broders HG, Campbell J, Etchison K, Feller DJ, Geboy R, Hemberger T, Herzog C, Hicks AC, Houghton S, Humber J, Kath JA, King RA, Loeb SC, Massé A, Morris KM, Niederriter H, Nordquist G, Perry RW, Reynolds RJ, Sasse DB, Scafini MR, Stark RC, Stihler CW, Thomas SC, Turner GG, Webb S, Westrich BJ, Frick WF (2021) The scope and severity of white-nose syndrome on hibernating bats in North America. Conservation Biology 35: 1586–1597. https://doi.org/10.1111/cobi.13739

Fischer NM, Dumville I, Nabholz B, Zhelyazkova V, Stecker RM, Blomberg AS, Dool SE, Fritze M, Tilak MK, Bashta AT, Chenal C, Fiston-Lavier AS, Puechmaille SJ (2025) Two distinct host-specialized fungal species cause white-nose disease in bats. Nature. https://doi.org/10.1038/s41586-025-09060-5

Fritze M, Puechmaille SJ, Fickel J, Czirják GA, Voigt CC (2021) A Rapid, in-Situ Minimally-Invasive Technique to Assess Infections with Pseudogymnoascus destructans in Bats. Acta Chiropterologica 23: 259–270. https://doi.org/10.3161/15081109ACC2021.23.1.022

Gargas A, Trest MT, Christensen M, Volk TJ, Blehert DS (2009) Geomyces destructans sp. nov. associated with bat white-nose syndrome. Mycotaxon 108: 147–154. https://doi.org/10.5248/108.147

Leopardi S, Blake D, Puechmaille SJ (2015) White-nose syndrome fungus introduced from Europe to North America. Current Biology 25: R217–R219. https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.01.047

Lorch JM, Meteyer CU, Behr MJ, Boyles JG, Cryan PM, Hicks AC, Ballmann AE, Coleman JTH, Redell DN, Reeder DM, Blehert DS (2011) destructans causes white-nose syndrome. Nature 480: 376–378. https://doi.org/10.1038/nature10590

Puechmaille SJ, Wibbelt G, Korn V, Fuller H, Forget F, Mühldorfer K, Kurth A, Bogdanowicz W, Borel C, Bosch T, Cherezy T, Drebet M, Görföl T, Haarsma AJ, Herhaus F, Hallart G, Hammer M, Jungmann C, Le Bris Y, Lutsar L, Masing M, Mulkens B, Passior K, Starrach M, Wojtaszewski A, Zöphel U, Teeling EC (2011) Pan-European distribution of white-nose syndrome fungus (Geomyces destructans) not associated with mass mortality. PLoS ONE 6. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0019167

Zhelyazkova V, Hubancheva A, Radoslavov G, Toshkova N, Puechmaille SJ (2020) Did you wash your caving suit? Cavers' role in the potential spread of pseudogymnoascus destructans, the causative agent of white-nose disease. International Journal of Speleology 49: 145–155. https://doi.org/10.5038/1827-806X.49.2.2326

Zhelyazkova V, Tičar J, Deleva S, Ivanov A, Toshkova N, Puechmaille S (2025) Cavers' knowledge of biosecurity and its influence on the prevention of white-nose disease. Subterranean Biology 52: 45–68. https://doi.org/10.3897/subtbiol.52.140425

Zukal J, Bandouchova H, Brichta J, Cmokova A, Jaron KS, Kolarik M, Kovacova V, Kubátová A, Nováková A, Orlov O, Pikula J, Presetnik P, Šuba J, Zahradníková Jr. A, Martínková N (2016) White-nose syndrome without borders: Pseudogymnoascus destructans infection tolerated in Europe and Palearctic Asia but not in North America. Scientific Reports 6: 19829. https://doi.org/10.1038/srep19829