

Co nabízejí koryta vysychavých toků vodní i suchozemské fauně

Vysychavé neboli intermitentní, přerušovaně tekoucí toky se vyznačují zpravidla opakovaným výskytem period sucha (u nás nejčastěji pravidelně v létě, případně nepravidelně několikrát ročně, nebo až po několika letech). Vysychání je postupný proces, při kterém zprvu dojde ke zpomalení proudění a poklesu vodní hladiny až na nulový povrchový průtok. Z pohledu místní bioty je však zásadnější následná postupná ztráta povrchové propojenosti toku, ve kterém mohou přetrvávat pouze zbytkové tůně a zavodněné spodní vrstvy dna (hyporeálu, blíže na str. 258–260), až nakonec povrchová voda zmizí a říční koryto zcela vyschne. Přirozeně se vysychavé toky vyskytují v mediteránních a suchých (aridních) oblastech, kde tvoří dominantní část říční sítě, okrajově pak i v mírnějším a vlhčím klimatu temperátní zóny – tedy i v České republice, např. v krásných nebo pískovcových oblastech. S postupující klimatickou změnou, narůstajícími nároky lidské populace na vodu a intenzivním obhospodařováním krajiny se však dříve běžné stále (permanentně tekoucí) toky stále častěji mění ve vysychavé. Přitom podle modelových předpokladů vysychání v blízké budoucnosti hrozí až polovině našich malých povodí (více na www.sucho.eu). Výrazně se projevuje hlavně u malých vodních toků, ale zejména na jižní Moravě lze již pozorovat úplné vyschnutí i relativně větších toků s plochou povodí přes 100 km². Jedním z příkladů je řeka Velička v Bílých Karpatech (obr. 1), v jejímž povodí provádí náš hydrobiologický tým z Masarykovy univerzity v Brně dlouhodobé monitorování vlivu vysychání na vodní i suchozemská společenstva.



1 Vyschlé koryto řeky Veličky u Strážnice nedaleko Kněždubu v září r. 2012

2 Zbytková tůň ve vyschlém úseku

potoka Járkovec v Bílých Karpatech

3 a 4 Larva pošvatky rodu *Isoperla* krácející po vysychajícím korytě (obr. 3) a jepice rodu *Ephemera*, která se dokáže zahrabávat do vlhkého substrátu (4).

5 a 6 Schránky z kamínek u chrostíků z čeledi Limnephilidae udržují vlhkost nutnou pro přežití a umožňují zalézání do měkkého a vlhkého substrátu (obr. 5). Bahňito-písčité rourky pakomárů rodu *Micropsectra* jsou zase schopny zadržovat vlhkost i několik dní po vyschnutí (6).

7 Blešivec potoční (*Gammarus fossarum*) při vysychání aktivně vyhledává trvale tekoucí vody.

8 Běžnými obyvateli vysychavých toků jsou např. chrostíci čeledi Limnephilidae, jejichž dospělci většinou stihnou vylézt ještě před úplným vyschnutím.

Klima a antropogenní příčiny vysychání toků

Klimatická změna je spojena s nevyrovnaností meteorologických procesů, které mají za následek častější výskyt extrémního počasí. Četné vlny mimořádně vysokých teplot vedou ke zvyšování přímého výparu z hladiny i vyšší evapotranspiraci vody z krajiny (díky vegetaci). Zároveň mírnější a teplejší zimy bez souvislé sněhové pokrývky neumožňují dostatečné zasažení do půdy a doplňování podzemních vod. Obecně sice na našem území spadne každoročně obdobné množství srážek, jejich rozložení se ale v posledním desetiletí drasticky změnilo. Dlouhá období bez deště střídají krátké a prudké přívaly, během kterých není vyprahlá a degradovaná krajina schopna vláhu zadržet, aby ji mohla postupně během sucha uvolňovat.

Zásadním faktorem ovlivňujícím rychlost a rozsah vysychání toků je však především přímý vliv člověka. V podmínkách České republiky přispívají k vysychání a obecně ke zhoršení ekologické kvality toků úpravy koryt řek, jejich napřímování a dláždění vedoucí k omezování komunikace s říční nivou. Dalším významným vlivem, který se podílí na častějším vysychání, je regulace průtoků vodními nádržemi (omezují povodňové rozlivy) i celkový stav povodí – odvodňování napomáhají meliorace, splachy ze scelených zemědělských ploch, mnohdy se zhutnělou utuženou půdou, nebo kanalizace urbanizovaných území. Pozměněné toky a jejich povodí pak nejsou schopny dostatečné retence vody, což znamená rychlý odtok a při vydatných deštích nebo jarním tání až katastrofické povodně. Ty podporují nárůst splachů jemnozrnných sedimentů do toků, což snižuje prostupnost říčního dna zanášením intersticiálních pórů v procesu tzv. siltace. Zvodnělé vrstvy sedimentů pod říčním dnem (hyporeál) přitom zajišťují zásadní komunikaci toku s podzemními vodami a díky relativně stabilním podmínkám poskytují vodním organismům ideální útočiště před negativními vlivy, kterým jsou vystaveny v toku samotném, a to včetně sucha.



Vodní bezobratlí na suchu

Vysychání tak působí na vodní organismy jako environmentální filtr, neboť druhy bez vhodných adaptací z vysychavých toků postupně vymizí. Aby mohli vodní bezobratlí vysychání překonávat a dlouhodobě udržovat v takových podmínkách své populace, osvojili si mechanismy rezistence a resilience čili odolnosti a pružné reakce. Rezistentní druhy jsou schopny přežít vysychání přímo v prostoru dna vysychajícího koryta, kde musejí nalézt útočiště – refugium, pokud ale mají odolná stadia, mnohdy ho ani nepotřebují (viz dále v textu). Refugium je nejčastěji reprezentováno přetrvávajícími zbytkovými tůňemi (obráz. 2) nebo zvodněnými vrstvami dna

v hyporeálu. Některým druhům mohou postačovat i vlhké habitaty povrchu koryta, jako jsou zastíněná místa pod kameny, nahromaděná organická hmota nebo příbřežní vegetace, vysychající pomaleji než obnažený substrát dna.

V přežívání jsou tudíž zvýhodněny druhy schopné aktivního pohybu, ať už plaváním (např. larvy jepic rodu *Baetis*), lezením (jako larvy pošvatek rodu *Isoperla*), či hrabáním (např. larvy jepic rodu *Ephemera*). Mohou se do refugií snadno přemístit a zároveň tok rychle osídlovat po jeho znovuzaplavení (obráz. 3 a 4). K přečkání nepříznivých podmínek pak pomáhají další výhodné vlastnosti, jako je tolerance sníženého obsahu kyslíku a zvýšené teploty

vody (např. larvy pakomárů Chironomidae a nitěnky Tubificidae). Larvám dvoukřídlého hmyzu, např. některým zástupcům z čeledi lupicovití (Dolichopodidae) nebo koutulovití (Psychodidae), příliš nevádí ani částečné vyschnutí, protože mohou při dostatečné vlhkosti vzduchu dýchat celým povrchem těla, nebo přijímají přímo vzdušný kyslík podobně jako převážná část vodních brouků a ploštic. Řadě druhů pomáhá k udržení dostatku vody pro přežití jejich schránka, která může být pevná jako u měkkýšů (hrachovky rodu *Pisidium* aj.) či larev chrostíků (např. z čeledi Limnephilidae), nebo tvořená pouze z jemného sedimentu jako třeba u pakomárů rodu *Micropsectra* (obráz. 5 a 6).



Druhou alternativou, jak přežít přímý vliv vyschnutí toku, je schopnost tvorby dormantního (klidového) stadia odolného vůči nepříznivým podmínkám prostředí, ze kterého může jedinec dále pokračovat ve vývoji po znovuzaplavení. Vhodnou adaptací tak mohou být dormantní vajíčka (např. jepice *Siphonurus aestivalis*), larvální diapauza spojená s utlumením metabolismu (pošvatka *Zwiczia bifrons*), schopnost tvorby ochranného pouzdra neboli encystace (např. pijavka koňská – *Haemopsis sanguisuga*) či tvorba odolných kokonů (jako u některých vodních máloštětinatců – *Oligochaeta*).

Po znovuzaplavení se pak rezistentní druhy stávají prvními rekolonizátory toku a těží ze své výhody přežití přímo na místě. Je pozoruhodné, že v našich podmínkách dokáže až 40 % druhů společenstva vodních bezobratlých vysychavých toků přežít přímo ve vyschlém korytě, některé dokonce ve formě aktivního stadia, jako je larva nebo dospělec, bez speciálních adaptací na přežití sucha. S prodlužující se dobou vyschnutí a s ní spojeným úbytkem vlhkosti a zvyšující se teplotou obnaženého dna však schopnost přežití klesá, až přetrvávají pouze nejdolnější druhy.

Resilientní bezobratlí, schopní pružně reagovat na změny okolního prostředí, využívají behaviorální strategie – založené na adaptivním chování. Jednu z nich představuje úplné opuštění vysychajícího úseku toku pomocí driftu (např. larvy chrostíků rodu *Hydropsyche*) či aktivního pohybu po nebo proti proudu (např. koryši rodu *Gammarus*) do permanentně tekoucích úseků nebo blízkých stojatých vod (obr. 7). Odtud pak mohou tyto bezobratlí snadno a efektivně rekolonizovat obnovený tok. Významnou složku resilience tvoří schopnost některých skupin hmyzu (především jepic, pošvatek, chrostíků, vážek a dvoukřídlých) po znovuzaplavení rychle naklást do vody vajíčka, z nichž se vyvíjí další generace. U skupin vodního hmyzu, které trvale přežívají v pravidelně vysychajících tocích, je vývoj zpravidla načasován tak, aby převážná část dospělců vylétla ještě před letním vyschnutím (obr. 8). Pokud žijí trvale ve vodě i dospělci, jak je tomu u většiny vodních brouků a ploštic, reagují na vysychání velmi pružně přeletem na jiný zavodněný habitat. Naopak některé dravé druhy (např. ploštice znakoplavka rodu *Notonecta*) přímo vyhledávají aktuálně vysychající vody, neboť ve zbytkových tůňkách nacházejí dostatek snadno dostupné kořis-

ti. Samotné zachování zbytkových tůň totiž nemusí být pro přežití jistou výhrou a zprvu vhodné útočiště se postupně může měnit v past. S prodlužující se dobou sucha zpravidla dochází v tůňkách k oteplování vody a úbytku kyslíku následkem rozkladných procesů (obr. 9). Zmenšuje se také množství dostupných stanovišť, což vede k zintenzivnění vnitrodruhových a mezidruhových interakcí, jako jsou kompetice o potravu a prostor, a především k zesílení predace.

Je tedy patrné, že strategie resilience zvýhodňuje druhy s dobrou schopností šíření (disperze). Ani výrazně mobilní druhy schopné vysychání aktivně „uniknout“ však nemusejí dostatečně úspěšně překonávat stále častější a déle trvající epizody vyschnutí. Jak ukazují naše výsledky, jejich početnost ve vysychavých tocích v posledních letech výrazně klesá. Příkladem takového dříve dominantního druhu je všežravý bentický koryš blešivec potoční (*Gammarus fossarum*) – „kouskovač“ hrubé organické hmoty zejména z listového opadu a důležitý ekosystémový inženýr, který může být v tocích bez ryb i výrazným predátorem. Jeho nepřítomnost může významně ztěžovat dostupnost organické hmoty jakožto zásadní složky potravy pro další články potravního řetězce, což se odráží ve složení celého společenstva vodních bezobratlých a jeho vlastnostech. Navíc výsledky naší práce ukázaly, že sucho ovlivňuje nejen početnost, ale i strukturu populací blešivce – stres vyvolaný vysycháním může přerušit letní reprodukci samic, čímž se populace nadále oslabují.

Od náklonnosti k vysychání až k suchozemské hydrobiologii

Přestože jsou vodní bezobratlí obecně vysycháním znevýhodněni, najdou se tací, kteří ho tolerují, nebo dokonce vysychavé úseky toků upřednostňují. Jde např. o jepice *Electrogena quadrilineata*, přežívající na Sudoměřickém potoce u Radějova, nebo na Moravě hojnější *Siphonurus aestivalis*, která dokáže díky časnému jarnímu výletu a vajíčkům odolným vůči suchu tato stanoviště trvale osídlit, a proto ji využíváme jako indikátorový druh vysychavých toků. Z obratlovců obývají takové toky velmi často např. larvy mloka skvrnitého (*Salamandra salamandra*), které většinou stihnou dokončit vývoj v suchozemské stadiu juvenilního mloka ještě před kompletním vyschnutím koryta (obr. 10). Na první pohled nehostinný vysychavý habitat tak může být pro některé druhy



výhodný z hlediska omezení mezidruhové kompetice a predačního tlaku – predátoři z řad ryb nebo dravých larev velkých pošvatek (čeled' Perlidae) s víceletým vývojovým cyklem se totiž ve vysychavých tocích zpravidla nevyskytují.

S postupující klimatickou změnou dochází k posunu areálu některých jihoevropských druhů tolerujících vysychání na sever, i do našich zeměpisných šířek. Tento posun dobře ilustruje pošvatka *Rhabdiopteryx hamulata*, obývající právě vysychavé toky v Maďarsku a Bulharsku, recentně i na Slovensku. Nově byla zaznamenána také u nás na dlouhodobě vysychajícím potoce Járkovec pod národní přírodní rezervací Čertoryje v Bílých Karpatech. Obdobný vzorec šíření pozorujeme u jepice *Metreletus balcanicus*, která rovněž dobře snáší vysychání. Změna klimatu však zvýhodňuje také invazní druhy, jako jsou dnes na našem území hojně se vyskytující měkkýši levatka ostrá (*Physa acuta*) a písečnick novozélandský (*Potamo-pyrgus antipodarum*), tolerující vysychání i vyšší teploty.

Při úplném vyschnutí koryta včetně zbytkových tůň masivně hynou tamní azylanti, obnažené říční koryto se ale nestává jen pouhým pohřebištem vodních organismů. Pro suchozemské predátory představuje snadno dostupnou hostinu, pro jiné skupiny je atraktivní čerstvě obnažené dno bez vegetace. Z bezobratlých predátorů jsou to primárně mravenci, pavouci a drabčíkovití brouci (Staphylinidae), kteří rychle zpracovávají hynoucí bentické bezobratlé (obr. 11). Jiné druhy pak konzumují i odumírající řasy, sinice a vodní makrofyty. Obnažený prostor dna brzy kolonizují další bezobratlí, jako chvostokoci, jimž poskytuje uvolněnou niku nedostávající se v naší eutrofizované a silně zarůstající říční krajině. Lákavý zdroj



9 Jedinci chráněné vranky pruhoploutvé (*Cottus poecilopus*) na potoce Obloučník v Rychlebských horách hynou v důsledku snižujícího se množství kyslíku ve zbytkové tůni.

10 Larva mloka skvrnitého (*Salamandra salamandra*) je častým obyvatelem vysychavých toků, jelikož většinou dokáže ukončit vodní fázi vývoje ještě před úplným vyschnutím koryta.

11 Mravenci požírají tělo larvy chrostíka rodu *Plectrocnemia*, která nepřežila vyschnutí.

12 Divoká prasata hodují na obnaženém korytě potoka Žďárná v Dražanské vrchovině na hranici vyschnutí.

13 Vyschlé říční koryto postupně zarůstá suchozemskou vegetací. Potok Járkovec, Bílé Karpaty. Snímky P. Pařila

potravy nabízí vyschlé říční koryto i pro obratlovce z řad rybožravých ptáků (pro čápy, volavky, kvakoše) a savců, jimž podle našich výsledků početně dominuje prase divoké (*Sus scrofa*), krmící se na umírajících bezobratlých ve vysychajících tůních (obr. 12). Obnažené říční dno zároveň představuje velkými savci překvapivě hojně využívané migrační koridory, zajišťující kromě zdrojů vody v tůních i chladnější místa k odpočinku v přehřáté zemědělské krajině. Čím déle je koryto vyschlé, tím více je osídlováno vegetací z okolí, která profituje z možnosti obsadit uprázdňené prostor obnaženého dna i z dobré dostupnosti uvolňovaných živin a vyšší vlhkosti sedimentu (obr. 13).

Suché dno toku – a co s ním?

Je tedy nasnadě uvažovat i v našich středoevropských podmínkách o vyschlém korytě toku jako o dynamickém biotopu, který během střídajících se fází s vodou a bez ní poskytuje prostor bohaté škále vodních i suchozemských společenstev, jež se v korytě postupně střídají. Z pohledu biodiverzity tak má paradoxně suché koryto v průběhu času pestřejší druhovou skladbu než okolní stabilnější, čistě suchozemské biotopy. Je to pro nás, obyvatele mírného pásu, uvyklé pro permanentně tekoucí řeky, možná zarážející představa, ale nechat toky (polo)přirozeně vysychat může být lepší varianta, než je – často v dobré víře – uměle zavodňovat. Zásadní je totiž kvalita vody, kterou vyschlá koryta zavodníme, přičemž většinou máme k dispozici jen silně eutrofizovanou vodu z čistíren, nádrží plných ryb, nebo dokonce znečištěnou splašky. Takové umělé

zavodnění (perennializace) vysychavého toku v konečném důsledku vede k tomu, že vodní organismy, které by zde byly schopny vyschnutí přežít, hynou kvůli znečištění vody. Dochází k tomu mimo jiné druhotným organickým znečištěním z rozkládajících se nárostů řas, které vytvářejí mohutnou biomasu, dotovanou vysokými koncentracemi živin přitékajících z nedočistěné vody, což vede mimo jiné ke kyslíkovým deficitům.

V naší republice silně zakořeněná představa o potřebě rybníků jako důležitého prostředku v boji se suchem se ukazuje v mnoha případech jako značně lichá. Celoroční dotace vody z přerybněných eutrofických rybníků i malých vodních nádrží bohatých na živiny společně s jemným sedimentem, který degraduje morfologickou heterogenitu stanovišť pod výpustí, se neblaze odráží v celkovém snížení biodiverzity v toku pod nádrží. I přes relativně časté napojení obcí na čistírny odpadních vod představuje stále zásadní limit nízká efektivita čistících procesů. Neumožňuje totiž dostatečně odstranit základní živiny ve formě sloučenin dusíku a hlavně fosforu, jejichž vypouštění do toku rovněž vede k jeho eutrofizaci. Ani z hlediska dotace vody nehrají rybníky podstatnou roli, neboť v období sucha vodu spíše zadržují, aby pokryly ztráty vzniklé výparem, než aby doplňovaly vodu do níže ležícího toku. Zůstává tedy otázka, zda není lepší zachovat tok vysychavý, ale čistý, než do něho přivádět nekvalitní vodu a narušovat tím přirozený ekologický stav. V budoucnosti také dlouhodobě vyschlým tokům hrozí podobný osud, jaký potkal jejich soukmenovce např. ve Středozeemí, kde se mnohá vyschlá koryta přeměnila na skládky či parkoviště. I z toho důvodu bychom neměli vysychavé toky zcela opouštět a věnovat jejich nejzachovalším částem stejnou pozornost jako těm stále tekoucím.

Monitoring vysychavých toků u nás i ve světě

Jak jsme ukázali na konkrétních příkladech, vysychání toků je pro vodní bezobratlé především výrazným stresorem a v pravidelně vysychajících korytech dokáže přežít jen menší část z nich. Na základě přítomnosti či absence typických indikátorových druhů stále tekoucích nebo vysychavých vod a podle zastoupení specifických adaptací na vysychání jsme vyvinuli metodu umožňující stanovit pravděpodobnost, s jakou tok v předchozím roce vyschl. Software BIODROUGHT je volně

dostupný (www.biodrought.eu), stačí do něj vložit početnost zjištěných vodních bezobratlých v toku a webová aplikace až s 90% spolehlivostí zařadí vzorek do jedné ze tří kategorií toků – vysychavý (vyschl na více než 10 dní v delším úseku), téměř permanentní (vyschl jen krátce a na omezeném úseku) a permanentní (trvale tekoucí).

Náš tým hydrobiologů z Ústavu botaniky a zoologie Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity je spolu s dalšími 14 zeměmi napříč čtyřmi kontinenty zapojen do projektu DRYvER (www.dryver.eu), zaměřujícího se na pochopení globálních změn prostředí vedoucích k vysychání toků. Většina zde vyvíjených modelů vychází ze změn hydrologie povodí, na kterou nejen reaguje veškerá biota, ale jsou na ni také vázány i celkové funkce toku a jeho ekosystémové služby. Pro zapojení široké veřejnosti do společného výzkumu byla v rámci projektu vyvinuta mobilní aplikace DRYRivERS (www.dryver.eu/app). Kdokoli tak může významně pomoci celosvětové iniciativě při studiu vysychavých povodí tím, že do ní bude zaznamenávat vyschlé toky napříč planetou. Aplikace je volně ke stažení v obchodech Google Play a App Store, odkazy, včetně detailního manuálu v češtině, najdete na stránkách projektu (www.dryver.eu/citizen-science/how-does-it-work). Používání aplikace je snadné: sama si načte z mobilního telefonu GPS souřadnice sledovaného říčního úseku, uživatel pouze zadá aktuální hydrologické podmínky – zda je říční koryto zaplavené, zcela vyschlé, nebo jsou přítomny nepropojené zbytkové tůně – a rovnou vloží fotografii daného úseku v toku. Záznamy lze zadávat i zpětně přes webový rozhraní aplikace, kde jsou pak veřejně dostupné. Všechna takto nashromážděná data slouží jako podklady k tvorbě evropského Atlasu vysychavých říčních sítí, který bude využit k vývoji modelů předpovídajících dopady klimatické změny na říční ekosystémy.

Príspevek vznikl v rámci projektu DRYvER programu Evropské unie Horizon 2020 (869226) a dále byly použity výstupy projektu podpořeného Grantovou agenturou České republiky (GA20-17305S).

Seznam použité literatury je uveden na webové stránce Živý.