

Data sbíraná dětmi potvrdila, že zarybnění je příčinou degradace vodní biodiverzity v Čechách

Střední Evropa se může pochlubit tisíci malých rybníčků a tůň, převážně vytvořených lidmi. Co vznikalo jako napajedla pro dobytek, požární či zavlažovací nádrže, chovné rybí tůně nebo koupaliště, se stalo ekologickým klenotem – vznikla síť malých ostrůvků vysoké biodiverzity (biodiversity hotspots) v krajině, která by jinak byla bezvodá, zoraná a čím dál sušší. Další funkce, kterou nesmíme zanedbat, je vzdělávací – rybníčky jsou přírodní laboratoře, kde děti i dospělí objevují organismy a přírodní jevy jinak mizející z kulturní krajiny. Mnoho z nás si z dětství pamatuje tůň, odkud se v noci ozýval žabí koncert a v níž čistá voda lákala ke koupání. Tyto paměti formovaly naše spojení s krajinou. Neuteklo ale ani několik desetiletí intenzifikace využívání krajiny a převážná většina vodních objektů je dnes silně eutrofní a bez detekovatelného života. Dobrou zprávou je, že malé vodní plochy představují efektivní cíl pro obnovu ekologické funkce a zároveň vděčný objekt ekologického citění a vzdělávání. Asi největší výhodou obnovování rybníčků je, že výborných výsledků dosáhneme i pasivní ochranou. Stačí eliminovat škodlivé vstupy a vodní ekosystém se vytvoří znovu sám, bez investic, jen s pomocí samočisticích procesů, rostlin a planktonu. Většina vodních organismů navíc rekolonizuje obnovené tůně i bez naší účasti.

Cílem projektu bylo otestovat, zda zapojení dětí může vést jak ke vzdělávání, tak k reálným datům pro monitorování kvality vodních ekosystémů. Občanská věda už dnes není nic nového. Zvláště bezobratlí bývají často studováni s využitím dat generovaných zapojením veřejnosti. Příklad takového projektu velmi blízkého našemu tématu je Big Pond Dip ve Velké Británii (<https://freshwaterhabitats.org.uk>). Tento

projekt si dal za cíl vzdělat občany o vodním životě a podpořit údržbu i vytváření tůň, zároveň vedl k vývoji zjednodušeného indexu kvality vodního ekosystému podle indikátorových druhů bezobratlých.

Častým problémem občanské vědy je nízká kvalita dat. Mnoho moderních projektů proto používá digitální aplikace, které umožňují kontrolu nad vkládanými údaji.

V našem projektu jsme se snažili především zjistit, které vlastnosti vodních nádrží podporují bohatá společenstva bezobratlých, které je naopak ochuzují a které tyto vlivy můžeme detekovat pomocí občanské vědy.

Lov bezobratlých a on-line formulář

Jak zapojíme děti do lovení pijavic a splešťulí ze studené vody tak, aby je to bavilo, něco se naučily a dokázaly svá pozorování věrně zapsat? Přece s použitím aplikace v mobilním telefonu! V platformě NestForms jsme vyvinuli on-line formulář, který dokážou ovládat i děti z prvního stupně základní školy. Platforma NestForms byla zvolena proto, že umožňuje záznam GPS souřadnic lokality jedním tlačítkem, ilustrování všech políček obrázky živočichů, a ukládání dat přímo na server, z něhož mohou být kontrolována a analyzována.

Vysvětlující proměnné byly vybrány s ohledem k malým uživatelům. Např. kvalitu vody bylo možné ohodnotit podle barvy, typ znečištění zase podle zřejmého zápachu či známek přítomnosti rybí obsádky. Určitá míra subjektivit se samozřejmě nedala vyloučit, z toho důvodu bylo také nezbytné osobní vysvětlení instruktorem. Jelikož se proměnné hodnotily vizuálně nebo podle čichu, nedokážeme zaznamenat znečištění, které není vidět ani cítit.

Cílem bylo zhodnotit kvalitu biotopu podle bezobratlých, které chytíme, a vyvinout statistiku, s níž bychom mohli jednotlivé rybníčky vzájemně porovnat. Záměr je podobný jako v projektu Big Pond Dip, s tím rozdílem, že místo abychom vodní nádrže porovnávali podle předem daného indexu (součtu indikátorové hodnoty každého chyceného druhu), rozhodli jsme se vyvinout takové srovnání přímo z našich dat pomocí mnohorozměrné analýzy. Kvůli tomu jsme také zahrnuli více skupin organismů. Tyto skupiny nejsou vždy taxonomicky rovnoměrné, spíše byly definovány podle dvou hledisek – jednoduchého určení dětmi a indikátorové hodnoty. Jako příklad můžeme uvést vodní plošnice klešťanky: velká klešťanka rodu *Corixa* byla hodnocena odděleně od malých klešťanek (*Sigara*, *Hesperocorixa* atd.), protože ji lze snadno poznat a také indikuje kvalitnější biotop. Opačným příkladem jsou malé vodní brouci. Ačkoli jednotlivé druhy fungují potenciálně jako výborné indikátory různých vodních ekosystémů, pro děti bývají takřka nerozeznatelné, a byly tedy zahrnuty do jedné skupiny (obr. 2 a 3, tab. 1).

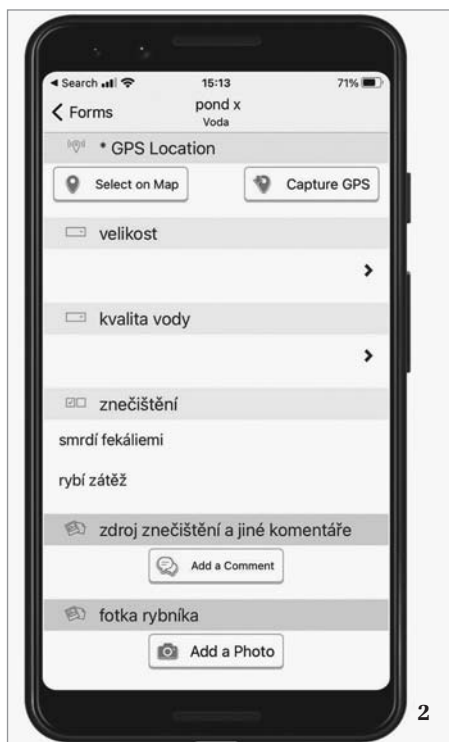
Celý projekt se odehrál v okolí Jílového u Prahy na konci léta a na podzim 2020. Vyhledali jsme 50 veřejně přístupných objektů a používali síť na sběr vodních bezobratlých (www.dobes-site.cz). Děti následovaly tři pravidla:

- Lovíme v každé nádrži; nejen v těch, které vypadají slibně, ale i v neatraktivních.
- V každé nádrži se zaměřujeme na místa s vegetací, pokud existují, nebo postupujeme podél břehu.
- Zalovíme v každé nádrži desetkrát.

Vliv environmentálních proměnných na druhovou diverzitu bezobratlých jsme

1 Typičtí účastníci našeho projektu při práci u výjimečně čisté nádrže bez ryb v obci Libeň. Foto J. Hulcr





2 a 3 Záznamový formulář na mobilním telefonu uživatele. Celkem má pět stran. Orig. J. Hulcr

proces není úplně vhodný pro samostatný sběr dat bez úvodních instrukcí, a to z důvodu nesprávného používání sítě přes chyby v určování až po nekonzistentní odhadování vlastností nádrží.

Alespoň nějakí bezobratlí byli chyceni ve 47 z 50 prosbíranych nádrží. Lineární model ukázal, že diverzita bezobratlých je nejpozitivněji korelována s ponořenou vegetací a litorální vegetací mělčinových partií, a naopak nejnegativněji s rybí obsádkou. Ostatní proměnné, včetně znečištění fekáliemi, se v RDA analýze také podílely na rozlišení dat, ale jiným směrem než tyto parametry a statisticky neprůkazně. Výsledek si vysvětlujeme tak, že rybí obsádka představuje největší příčinu degradace společenstva vodních bezobratlých, ponořené rostliny se pojí s největší diverzitou a chemické znečištění se na rozmanitosti bezobratlých projevuje méně a jiným způsobem než přítomnost ryb.

Skóre jednotlivých skupin bezobratlých z redundantní analýzy bylo použito jako jejich indikátorová hodnota. Skupiny lze podle toho seřadit od těch, které vyžadují zachovalý ekosystém charakterizovaný vodními rostlinami, až po ty schopné tolerovat chov ryb: malí brouci z čeledi vlhkomilovití (Noteridae), potápníkovití (Dytiscidae) a vodomilovití (Hydrophilidae), dále bruslařkovití (Gerridae) a vodoměrkovití (Hydrometridae), velcí brouci z čeledi potápníkovití, následují pakomárovití (Chironomidae), larvy vážek a šidélek, berušky rodu *Asellus*, blešivci rodu *Gammarus*, znakoplavkovití (Notonectidae), jepice rodu *Cloeon*, pijavice, střechatky (Megaloptera), velcí šneci (plži), velké klešťanky (*Corixa*) nebo splešťulovití (Nepidae) a nakonec malí zástupci klešťankovitých (Corixidae). Tato RDA analýza byla také použita obráceně – k hodnocení environmentální kvality jednotlivých nádrží na základě fauny bezobratlých (viz tabulka na webu Živý).

Test vlivu kategorie nádrže nebyl sice statisticky průkazný, ale naznačuje, že malé rybníčky podporují větší bohatost vodních živočichů než návesní nádrže a velké rybníky. Tento výsledek není překvapivý vzhledem k tomu, že téměř všechny větší vodní nádrže na Jílovsku jsou využité pro intenzivní chov kapra, a tím pádem podporují jen minimální ekosystém. Ve velkých rybnících náš tým většinou nechytil nic než malé klešťanky.

Co to znamená pro ochranu vodních ekosystémů

Náš projekt ukázal, že kombinace jednoduchého mobilního softwaru a trochy tréninku umožní i školním dětem generovat data vědecké kvality. Naznačil ale také, že právě trénink zkušenější osobou je zásadní částí úspěchu. Je málo pravděpodobné, že taková data by se dala získat bez naučení základních skupin bezobratlých, znaků rybí obsádky apod. Nejdůležitějším poznatkem z hlediska ochrany přírody je, že velké vodní plochy ve sledované oblasti podporují nižší biodiverzitu. To se zdá odporovat jednomu ze základních ekologických principů – species-area curve, jenž říká, že čím větší

modelovali s použitím obecných lineárních modelů ve statistické platformě R. Neefektivnější model byl vybrán pomocí Akaike kritéria. Dále jsme statistickou analýzou odvozovali korelace jednotlivých bezobratlých s celkovou degradací či kvalitou biotopu. To bylo vyvozeno z eigenvalues každého druhu v redundantní analýze (RDA) v R. Poslední analýzou jsme se snažili zjistit, který ze tří typů nádrže – tůň, obecní nádrž, nebo rybník – podporuje největší rozmanitost bezobratlých. Opět jsme

použili obecný lineární model, v tomto případě s negativní binomiální distribucí dat a log-link funkcí. Statistické metody jsou podrobně popsány v publikaci na BioRxive (Hulcr a Gomez 2021, odkaz na webu Živý).

Jak se dařilo dětem, a jak se daří rybníkům a tůňm?

Účastníci se naučili celý proces sběru dat, určování základních skupin bezobratlých a vkládání údajů. Neobešlo se to ale bez počátečního tréninku. Zdá se tedy, že tento

Tab. 1 Struktura dat elektronického formuláře v platformě NestForms

Kategorie	Proměnná	Typ záznamu
obecné	jméno lokality	text
	GPS souřadnice	tlačítko
vysvětlující proměnné	typ vodní plochy	seznam: rybník, malý rybníček nebo tůňka, návesní nádrž
	kvalita vody	seznam: čistá, mírně kalná, zelená či hnědá
	příčina znečištění	seznam: zápach fekálií, známky rybí zátěže
bezobratlí	larvy vážek nebo šidélek	checkbox
	jepice <i>Cloeon</i>	checkbox
	larvy chrostíků	checkbox
	larvy střechatek	checkbox
	malé klešťanky	checkbox
	znakoplavky	checkbox
	velké plošnice: <i>Corixa</i> , splešťule, jehlanka	checkbox
	bruslařky, vodoměrky	checkbox
	malí brouci	checkbox
	velcí brouci	checkbox
	blešivci	checkbox
	beruška vodní	checkbox
	velcí šneci	checkbox
	malí šneci	checkbox
pijavice	checkbox	
pakomáři	checkbox	
rostliny	okřehek	checkbox
	ponořené vodní rostliny	checkbox
	litorální vegetace	checkbox
obratlovci	čolci	checkbox
	žáby nebo pulci	checkbox
	kachna divoká	checkbox
	jiní vodní ptáci	checkbox

biotop, tím více druhů. Skutečnost, že ve středoevropských rybnících žije méně druhů živočichů než v příkopech u silnice, neznamená, že by odporovaly ekologickým zákonům. Je to dáno tím, že téměř všechny větší nádrže byly přeměněny na intenzivní produkční rybníky. Většina našeho seznamu vodních bezobratlých a jejich pořadí podle environmentální indikátorové hodnoty odpovídá předchozím výzkumům, i projektům občanské vědy, jako zmíněnému Big Pond Dip. Ukazuje ale zároveň několik zajímavých rozdílů. V našich výsledcích např. vypovídají pakomáři a larvy šídélka o zachovalém ekosystému, zatímco Big Pond Dip je uvádí jako tolerantní k degradaci.

Pozoruhodný je výskyt dvou skupin v silně znečištěných rybnících – malých klešťanek (Corixidae, nikoli rod *Corixa* s velkými zástupci) a dále jepic rodu *Cloeon*. Ačkoliv jepice zpravidla považujeme za indikátory velmi čisté vody, tento rod dokáže výjimečně žít v silně znečištěné, eutrofní vodě.

Zajímavé také je, že zápach fekálií měl menší vliv na druhové složení než přítomnost ryb. Předpokládáme, že malá statistická

síla této proměnné je spíše důsledkem neschopnosti našeho amatérského týmu správně odhadnout znečištění, protože vliv kvality vody na vodní ekosystémy je nesporný a mnohokrát prokázáný. Naše data však ukazují, že vliv chemického znečištění a vliv rybí obsádky představují dva různé typy degradace ekosystému, a každý tedy vytváří i trochu jiná výsledná společenstva. Je to pravděpodobně způsobeno tím, že mnozí bezobratlí, především vodní hmyz, nedýchají žábrami, ale dýchají vzdušný kyslík, což jim umožňuje přežít i ve znečištěných nádržích. I tyto druhy ale většinou zmizí, pokud je voda přerybněná.

Ekopasti

České rybníky mají velký potenciál pro podporu biodiverzity v jinak vysychající obdělávané krajině. Bohužel tato role je obrácena intenzivním obhospodařováním, z rybníků se tak stávají tzv. ekopasti. Zbytek populací vodních živočichů přežívají jen v malých okrajových biotopech, do velkých migrují, ale nedokážou se v nich udržet a už vůbec ne rozmnožit. Rybou

nejčastěji spojovanou s touto degradací je kapr obecný. Tento druh do našich ekosystémů nepatří, do rybníků byl v Čechách vysazen ve středověku, aby jeho konzumace nahradila věřícím při půstu maso. Ještě katastrofálnější je zarybnování vyložené býložravými druhy jako amur. Bez ohledu na druh ryby je ale největším problémem intenzita. Názor, že rybník je k ničemu, pokud neprodukuje ryby, vedl k tomu, že zarybnění i malých nádrží a tůň přesahuje jejich ekologickou kapacitu.

Navzdory pesimistickým závěrům měla tato práce jeden velmi povzbuzující výsledek – skupinu dětí, které umějí rozlišit klešťanku od znakoplavky a chápou zodpovědnost za přírodu jako samozřejmost.

Autor pracuje na University of Florida, jeho pobyt v České republice byl financován Organizací pro hospodářskou spolupráci a rozvoj (OECD) a Fulbrightovou komisí USA.

Seznam použité literatury a doplňující tabulku s výsledky najdete na webu Živý.

Jan Černý

Rovnováha na buněčné a tkáňové úrovni a homeostatická histologie



Z textu k 56. ročníku biologické olympiády (2021/2022; viz Živa 2020, 6; 2021, 1) představujeme téma další kapitoly, týkající se tentokrát počtu a velikosti buněk, včetně rychlosti jejich obměny v našich tělech.

Lidské tělo se v dospělosti skládá z plus minus 37 bilionů buněk. To plus minus je důležité. Jejich počet není v čase konstantní, ale pohybuje se kolem hodnoty nastavené molekulami regulujícími buněčné dělení během naší ontogeneze. Obměna buněk je přísně regulována a v podstatě platí, že kolik jich ubude (za den mnoho miliard), tolik jich vznikne diferenciací z buněk kmenových. Pokud se tato rovnováha naruší, dochází k degenerativním onemocněním (nedostatek buněk pro plnění konkrétní funkce) nebo vznikají nádory (nekontrolované, vlastně nesmyslné bu-

něčné dělení). Tuto rovnováhu dokážou změnit také některé mikroorganismy, jako např. virus Epstein-Barr, způsobující mononukleózu, při níž se v krvi objeví obrovské množství bílých krvinek. Jiným příkladem mohou být papilomaviry způsobující bradavice, zvyšující buněčné dělení buněk naší pokožky – keratinocytů. Mimochodem, keratinocyty mohou být stimulovány k dělení a produkci mezibuněčné hmoty na našich dlaních i jinak – prací, tedy mechanickým tlakem na kůži. Ti pracovitější z nás mají zkušenosti s tozoly, zbytnělou částí pokožky, která má vlastně za úkol udržet rovnováhu – zabránit mechanickému poškození vnitřních vrstev kůže a bránit poškození těla jako takového. Chodíte-li bosí, tlustší pokožka na ploskách nohou vzniká podobným způsobem.

Občas zjistíme, že se naše tělo mění – zmenšuje, či zvětšuje, a to často podstatným způsobem. Nutně to nemusí souviset s tím, že bychom nejednou měli více buněk. Některé buněčné typy se totiž působením vnějších podnětů dokážou zvětšovat nebo zmenšovat, např. buňky tukové a svalové. Samozřejmě i zde je zajištěno, aby to za fyziologických podmínek nepřesáhlo rozumnou mez. Je vhodné si v případě nadbytku uložit energeticky bohaté sloučeniny pro období hladu. Zvýšená svalová aktivita odrážející potřebu posílit svalstvo se projevuje nárůstem svalové hmoty, nikoli však nekontrolovaným způsobem.

Svalovina u štíhlého jedince tvoří 40 až 50 % hmoty těla. Bez svalů se na rozdíl od bílé tukové hmoty nedá žít. Někteří z nás mají genetickou predispozici mít více svalové hmoty, někdo méně. Známe řadu molekul, které se podílejí na vývoji svaloviny

1 Obměna jednotlivých buněčných typů přepočtená na hmotnost a počet buněk. Na počet (vpravo) jasně vítězí červené krvinky, na hmotnost je situace vyrovnanější, spolu s červenými krvinkami jde o neutrofilní granulocyty a epitelové tenkého a tlustého střeva. Upraveno podle: R. Sender a R. Milo (2021)

