

Souhrn

Předkládaná práce se zabývá zejména různými aspekty ekologie planktonu horských jezer, které se v současnosti zotavují z acidifikace. Následuje stručný souhrn přiložených publikací s důrazem na fytoplankton.

1. Biologické zotavování šumavských jezer z acidifikace

(NEDBALOVÁ & al. 2006a)

Tato práce se na základě údajů získaných na podzim 2003 zaměřila na podrobné vyhodnocení současného stavu chemického a biologického zotavování osmi šumavských jezer z acidifikace. Ve srovnání s daty z roku 1999 již došlo ve čtyřech jezerech k obnovení jejich uhlíčitanového pufračního systému (Kleiner Arbersee, Prášílské, Grosser Arbersee a Laka). Zbývající čtyři jezera však stále zůstávají acidifikována (Černé, Čertovo, Rachelsee a Plešné). Množství a složení objemově vážených průměrů biomasy planktonu odráželo rozdíly v acidifikačním statutu a v přísunu živin do jednotlivých jezer. Zatímco bakterioplankton byl hlavní složkou biomasy v acidifikovaných jezerech s výjimkou Plešného jezera, v zotavujících se jezerech dominoval fytoplankton společně se zooplanktonem. Převaha fytoplanktonu byla charakteristická pro mezotrofní Plešné jezero, které se vyznačuje vyšším přísunem fosforu. Celkově lze shrnout, že druhové složení a množství biomasy fytoplanktonu v jednotlivých jezerech bylo ovlivněno zejména rozdíly ve stupni jejich acidifikace, dostupnosti živin a charakteru zooplanktonu. Například příčinou vysokého podílu velké obrněnky *Gymnodinium uberrimum* na biomase fytoplanktonu v některých jezerech je pravděpodobně filtrace perlooček potlačující menší druhy. Pokud jde o nově pozorované známky biologického zotavování jezer, pozorovali jsme nárůst biomasy zooplanktonu v jezerech s obnoveným pufračním systémem a vzestup početnosti vířníků o dva řády v acidifikovaném Plešném jezeře. V této práci jsme navíc poprvé zaznamenali návrat některých druhů makrozoobentosu, které vyhynuly v důsledku acidifikace (zejména ze skupin Ephemeroptera a Plecoptera).

2. Fytoplankton vysokohorského jezera (Ľadové pleso, Tatry, Slovensko): sezónní vývoj a první náznaky odpovědi na snížení kyselé atmosférické depozice (NEDBALOVÁ & al. 2006b)

V této roční studii jsme sledovali sezónní a vertikální distribuci fytoplanktonu v neacidifikovaném vysokohorském jezeře (Ľadové pleso, Vysoké Tatry) s důrazem na vliv v současnosti již méně výrazné epizodické acidifikace povrchových vrstev, ke které pravidelně dochází v období tání sněhové a ledové pokrývky. Ve společenstvu fytoplanktonu převažovali jednobuněční bičíkovci (zejména ze skupin Cryptophyceae a Chrysophyceae) a rozdíly ve výskytu dominantních druhů (*Plagioselmis lacustris*, *Cryptomonas* cf. *erosa*, *Ochromonas* spp. a *Mallomonas akrokomos*) během sezóny a ve vertikálním profilu prokázaly rozdíly v jejich ekologických nárocích. Celková biomasa fytoplanktonu nepřekročila hodnoty charakteristické pro oligotrofní jezera a vyznačovala se výrazným sezónním vývojem se dvěma výraznými maximy v hlubších vrstvách. První maximum bylo pozorováno v prosinci pod tenkou vrstvou čirého ledu, druhé ihned po zlepšení podmínek k růstu díky roztátí ledové pokrývky. Pokud jde o dlouhodobý vývoj chemismu jezerní vody v období 1980–2004, byl zaznamenán průkazný vzestup pH a kyselá neutralizační kapacity a rozsah epizodické acidifikace se zmenšil z časového i prostorového hlediska. Předpokládáme, že posun ve druhovém složení fytoplanktonu, stejně jako nárůst jeho početnosti ve srovnání se studii z let 1990–1991 může být považován za první náznak biologické odpovědi na snížení kyselé atmosférické deposice.

3. Dlouhodobý výzkum acidifikace a zotavování šumavských jezer (1871-2000) (VRBA & al. 2003a)

V této práci jsme se zabývali dlouhodobými změnami v kyselé atmosférické deposici, chemismu jezerní vody a biodiverzitě osmi šumavských ledovcových jezer. Díky 130 let dlouhé tradici výzkumu těchto jezer jsme byli schopni pokrýt (zejména v případě nejvíce sledovaného Černého jezera) období předcházející antropogenní acidifikaci, období kulminující acidifikace a také období začátku zotavování jezer z acidifikace. Během 60. a 70. let 20. století způsobilá kyselá deposice v Černém jezeře pokles pH jezerní vody o dvě jednotky. Změny chemického složení vody zde byly doprovázeny drastickým poklesem

biodiverzity, který zahrnoval vyhynutí většiny druhů planktonních koryšů, litorálního makrozoobentosu (zejména ze skupin Ephemeroptera a Plecoptera) a ryb. Acidifikace způsobila pokles biodiverzity ve všech jezerech a mikroorganismy se staly dominantní složkou pelagických potravních sítí. Pokud jde o fytoplankton, studie z roku 1999 zaznamenala přítomnost 20–23 druhů v sedmi dimiktických jezerech. Kvůli omezeným historickým záznamům nebylo možné podrobně vyhodnotit změny ve společenstvech fytoplanktonu v souvislosti s antropogenní acidifikací. Porovnání údajů z roku 1999 se staršími daty však ukázalo, že mnoho druhů fytoplanktonu je schopno přežít změnu podmínek spojenou s acidifikací jezera. Co se týče možných známek biologického zotavování jezer z acidifikace, pozorovali jsme vzestup koncentrací chlorofylu-*a* v Plešném jezeře téměř o 50 %, který byl pravděpodobně důsledkem snížené imobilizace fosforu hliníkem. Kromě toho se do pelagiálu Černého jezera vrátila populace perloočky *Ceriodaphnia quadrangula* a v Plešném jezeře došlo ke vzestupu početnosti vířníků.

4. Klíčová role hliníku v dostupnosti fosforu, strukturách potravních sítí a dynamice planktonu v silně acidifikovaných jezerech (VRBA & al. 2006)

Tato studie se zaměřila na obecné zhodnocení hliníku jako klíčového faktoru, který řídí strukturu planktonu ve čtyřech acidifikovaných jezerech na Šumavě. Nejvyšší podíl iontového hliníku byl zjištěn v nejvíce acidifikovaném Čertově jezeře; na druhé straně nejvyšší přísun fosforu byl charakteristický pro Plešné jezero. Fytoplankton byl ve všech jezerech limitován fosforem, což se projevovalo zvýšeným poměrem uhlík:fosfor v sestonu a extrémně vysokou aktivitou kyselých extracelulárních fosfatáz. Změny v chemismu jezerní vody (zejména v pH a speciaci hliníku) mezi roky 1998 a 2003 vyústily ve významný nárůst biomasy fytoplanktonu. Navrhli jsme, že jak iontový, tak partikulovaný hliník mohou řídit dostupnost fosforu, a to zejména prostřednictvím přímé toxicity, inhibice aktivity extracelulárních fosfatáz a inaktivace dostupného fosforu. V jezerech s nižší koncentrací fosforu v biomase fytoplanktonu dominovali bičíkovci, pravděpodobně díky jejich schopnosti aktivní migrace. Mixotrofní druhy (např. hojné druhy z rodu *Dinobryon*) mohou navíc alespoň částečně pokrýt svou potřebu fosforu fagotrofií jednobuněčných bakterií. Nepohyblivé druhy fytoplanktonu (např. *Monoraphidium dybowskii*) pravděpodobně využily výhody vyššího přísunu fosforu do Plešného jezera. Dominance

tohoto druhu v Plešném jezeře může být dále podpořena jeho tolerancí k vyšším koncentracím toxických forem hliníku. Jako důsledek rozdílu v přísunu hliníku a fosforu a v acidifikačním statutu se tak v jezerech vyvinul jedinečný soubor specifických potravních sítí charakterizovaných převahou mikroorganismů.

5. Masivní výskyt heterotrofních vláken v acidifikovaných jezerech:

sezónní dynamika a složení (VRBA & al. 2003b)

Pozorovali jsme masivní výskyt extrémně dlouhých (> 100 μm) heterotrofních vláken v planktonu acidifikovaných jezer na Šumavě. Cílem této práce bylo zjistit možné příčiny jejich sezónní dynamiky a jejich vysokého podílu na celkové biomase planktonu ve sledovaných jezerech. Výsledky ukázaly, že hlavními faktory, které ovlivňují dynamiku výskytu vláken je fagotrofie mixotrofních bičíkovic z rodu *Dinobryon* (Chrysophyceae), kteří se žíví jednobuněčnými bakteriemi, a také filtrace perloočky *Daphnia longispina*, která příležitostně potlačovala jak kolonie buněk *Dinobryon* spp., tak heterotrofní vlákna. V obou oligotrofních jezerech (Čertovo a Prášilské) byl často nejpočetnějším druhem fytoplanktonu *Dinobryon pediforme*, který využíval výhody mixotrofní výživy v podmínkách silné limitace fosforem. Na druhé straně v mezotrofním Plešném jezeře se obvykle v malých počtech vyskytoval druh *Dinobryon sociale* var. *americana* a celkově v tomto jezeře díky zvýšenému přísunu živin dominovaly čistě autotrofní druhy fytoplanktonu. Složení a dynamika planktonu ve sledovaných jezerech tedy jasně odrážely kombinovaný vliv fagotrofie rodu *Dinobryon* a "top-down" regulace filtrace perlooček na formování struktury pelagických společenstev.