

Limnologická studie dvou vybraných fluviálních jezer řeky Svatky v Milovské kotlině

Limnological Study of Two Chosen Oxbow Lakes of the Svatka River in Milovy fold

PETRA HAVLÍKOVÁ

Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Albertov 6, CZ – 128 43 Praha 2; e-mail: petra.judova@email.cz

Abstract: The article presents the results of limnological study of two oxbow lakes in the upper part of the Svatka river. Small area and volume of accumulated water of the lakes correspond with erosive and accumulative activity of the river. Hydrological regime of the lakes is mostly dominated by the influence of the river. The water column often mixes and this influences the physical-chemical parameters of water quality. The basic chemism of the lakes is comparable to the chemism of the river. It depends on predominant filling in with water – in this case the river water. Conductivity, alkalinity and pH are low due the geological bedrock and absence of huge sources of pollution. The lakes are considerably loaded with organic matters. According to total nitrogen, total phosphorus and chlorophyll *a* concentration lakes in the upper Svatka are eutrophic. The biomass of phytoplankton is low as well as the biomass of zooplankton. No remarkable differences in zooplankton species composition occurred among pools. The dominance of large species of zooplankton indirectly indicates that the lakes permanently or temporarily lack fishstock.

Key words: oxbow, Svatka River, antropogenic impact, water quality, zooplankton

ÚVOD

Niva meandrujícího toku řeky Svatky v Milovské kotlině představuje v celé Chráněné krajinné oblasti Žďárské vrchy ojedinělý fragment podhorské říční krajiny. Řeka zde významně snižuje svůj sklon a vytváří širokou nivu, ve které volně meandruje. Činností toku dochází v kvartérních nivních sedimentech k erozně akumulacím procesům, jejichž výsledkem jsou změny koryta toku, růst a posun meandrů, tvorba agradačních valů aj. Růst meandrů a jejich posun je tím významnější, čím větší jsou průtoky, čím méně odolné jsou břehové sedimenty a čím chudší je stabilizující břehová vegetace (Schumm 2005). Charakteristické pro meandrující toky je oddělování meandrů. Závisí především na době působení a velikosti eroze a akumulace, na povodňových průtocích a snížení nebo zvýšení erozní báze (Schumm 2005, Demek 1987). Existují dva typy oddělování meandrů: méně časté oddělení meandru pomocí boční lavice (chute cutoff) a častější protržení šíje meandru (v češtině vyjadřováno jako odškrcení, neck cutoff). Tak jsou dříve protékající ramena oddělena od toku a stávají se lentickým ekosystémem (ekosystémem stojaté vody). Jiným způsobem vzniku tůní je například působení zpětné eroze přímo v řečišti v ohybech meandrů, kterým vznikají tzv. backwaters (Buřková et Rydlo 2008).

Takto vzniklé vodní plochy můžeme souhrnně označit jako fluviální jezera. Jsou nejčastějším typem jezer v České republice (Hrdinka et al. 2003). Vyznačují se značnou dynamikou, často jsou zaplavována vodou, mohou být prohlubována nebo zanášena sedimenty v závislosti na poloze vůči povodňovým proudům (Černý 1994). Sedimentací a zarůstáním vodními makrofyty se jezera postupně zaměňují. Jejich životnost se pohybuje v řádu desítek až stovek let.

Fluviální jezera jsou významným fenoménem říční nivy. Jsou biotopem na vodu vázaných rostlin a živočichů, významně zvyšují druhovou i biotopovou diverzitu nivy, mají význam při protipovodňové ochraně, aj. Jejich ekologický stav je ovlivňován mnoha faktory. Oblasti kolem řek byly lidmi osídleny jako první, proto je na ně již dlouhou dobu vyvíjen značný antropogenní tlak, který je ovlivňuje jak přímo regulací toků a zavážením niv, tak i nepřímým intenzivním obhospodařováním s vysokým vnosem živin.

Niva řeky Svatky v Milovské kotlině byla negativních lidských zásahů z velké části ušetřena. V současnosti se zde vyskytuje tři až pět fluviálních jezer s otevřenou vodní hladinou. Je zde mnoho pozůstatků dalších ramen, která jsou již vegetací zcela zarostlá. Dvě největší fluviální jezera byla vybrána k podrobnějšímu výzkumu.

Cílem projektu bylo popsat a charakterizovat tato jezera z hlediska limnologických a hydrologických parametrů jako je například poloha, hloubka, hydrologický režim, fyzikální a chemické parametry kvality vody a společenstvo zooplanktonu. V rámci širšího projektu pak byla tato jezera porovnána s dalšími fluviálními jezery z jiných oblastí ČR.

CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

Sledované území se nachází mezi obcemi Křižánky a Milovy mezi říčním kilometrem 152 a 155 řeky Svatky (obr. 1), což je přibližně 17 km od jejího pramene. Náleží ke katastrům České Milovy, Moravské Křižánky a Sněžná na Moravě.

Geologické podloží nivy horní Svatky je tvořeno proterozoickými horninami svrateckého krystalinika – břidlicemi, fylity, svory a pararulami (Chlupáč et al. 2002). Ty jsou pokryty holocenními fluviálními sedimenty.

Z geomorfologického hlediska náleží území do Českomoravské subprovincie, oblasti Českomoravská vrchovina a v jejím rámci do celku Hornosvratecká vrchovina, podcelku Žďárské vrchy, okrsku Devítiskalská vrchovina a části Milovská kotlina (Balatka et Kalvoda 2006).

Průměrná roční teplota vzduchu se v Milovské kotlině pohybuje mezi 6 a 7 °C. Průměrný roční úhrn srážek činí 700–800 mm (Kolektiv autorů 2007). Potenciální přirozenou vegetaci jsou acidofilní bikové bučiny.

Data o využití území jsou dostupná za katastrální území v databázi LUCC ČR. Byly vybrány katastry, které se nachází buď celé nebo více jak polovinou své plochy v pomyslném kruhu o poloměru 3 km od středu spojnice obou jezer. Struktura a využití území a jeho změna v čase je velice zajímavá (tab. 1). V roce 2000 tvořily 60 % území lesy. To je téměř dvojnásobná rozloha oproti průměrné hodnotě rozlohy lesů kraje Vysočina (dříve Jihlavského kraje), která v roce 2000 činila 30,3 % (Kolektiv autorů 2000). Orná půda zabírá pouhých 14 % území, vysoký podíl ploch připadá na louky a pastviny. Podíl orné půdy zaznamenal významný pokles mezi roky 1948 a 1990. Bylo to bezmála 9 % ve prospěch luk, pastvin a kategorie ostatní, do které řadíme kromě komunikací, infrastruktury, opuštěné nebo neplodné půdy i pro naše území významné bažiny, maloplošná chráněná území a 1. zóny CHKO a NP. Zemědělské znečištění je tedy díky nízkému procentu zornění pozemků malé a je značně eliminováno zatravněním velké části pozemků v okolí řeky v celém jejím horním povodí.

Bezprostřední okolí obou jezer není hospodářsky využíváno. Jsou zde louky se společenstvy vysokých ostřic s chrasticí, které přechází ve vlhké pcháčkové louky a tužebníková lada. V nivě jsou zachovány fragmenty údolních jasanovo olšových luhů a vrbín lemující vodní tok a mokřady (Doležalová et Lysák bez vrození). Oblast je nepravidelně kosená v rámci dotací z Programu péče o krajinu.

Hlavní zdroj znečištění pro oblast představovaly v době sledování jezer odpadní vody z drobných sídel nacházejících se v povodí řeky Svratky nad sledovanou oblastí, které ve většině případů neměly čistírnu odpadních vod (ČOV). Největším zdrojem znečištění bylo v době sledování jezer město Svratka s téměř 1500 obyvateli a regionálně významnou průmyslovou činností. Městská ČOV byla uvedena do zkušebního provozu v listopadu roku 2006 a do trvalého provozu v listopadu roku 2007 (ústní sdělení). Dalším znečišťovatelem byla obec Svratouch s téměř 900 obyvateli, jejíž ČOV byla uvedena do trvalého provozu v prosinci roku 2008. Obec Herálec (1285 obyvatel) má ČOV z roku 1997, kde je nutná intenzifikace procesu čištění vody. Obec Křížanky (385 obyvatel), ležící bezprostředně nad sledovanou oblastí, ČOV nemá.

Charakteristika sledovaných jezer

Jezero Březiny se nachází na pravém břehu řeky Svratky. Má typický protáhlý obloukovitě zahnutý tvar. Břehy jsou bez stromů, je plně osluněno. Za normálních vodních stavů není propojeno s tokem řeky Svratky. Od řeky je v nejužším místě odděleno asi 10 m širokým agradačním valem porostlým křovinami vrb. Za normálních vodních stavů je velmi mělké (35–50 cm v nejhlubších částech). Jeho jezerní pánev je vyplněna jemným organickým sedimentem. Dno je porostlé vodním morem kanadským.

Jezero Svratka II. se nachází asi 1,5 km níže po toku rovněž na pravém břehu řeky Svratky. Za normálního vodního stavu s řekou komunikuje úzkou mělkou povrchovou sníženinou. Na břehu jezera se nachází vzrostlé olše, které ho částečně zastíňují. Dno jezera je ve východní části písčité, při povodních zde dochází k intenzivnímu proplachování. V západní části je pokryté jemným bahenním sedimentem s tlejícím listím. Zde dochází k největšímu zazemňování jezera. Dno je částečně pokryto vodním morem kanadským.

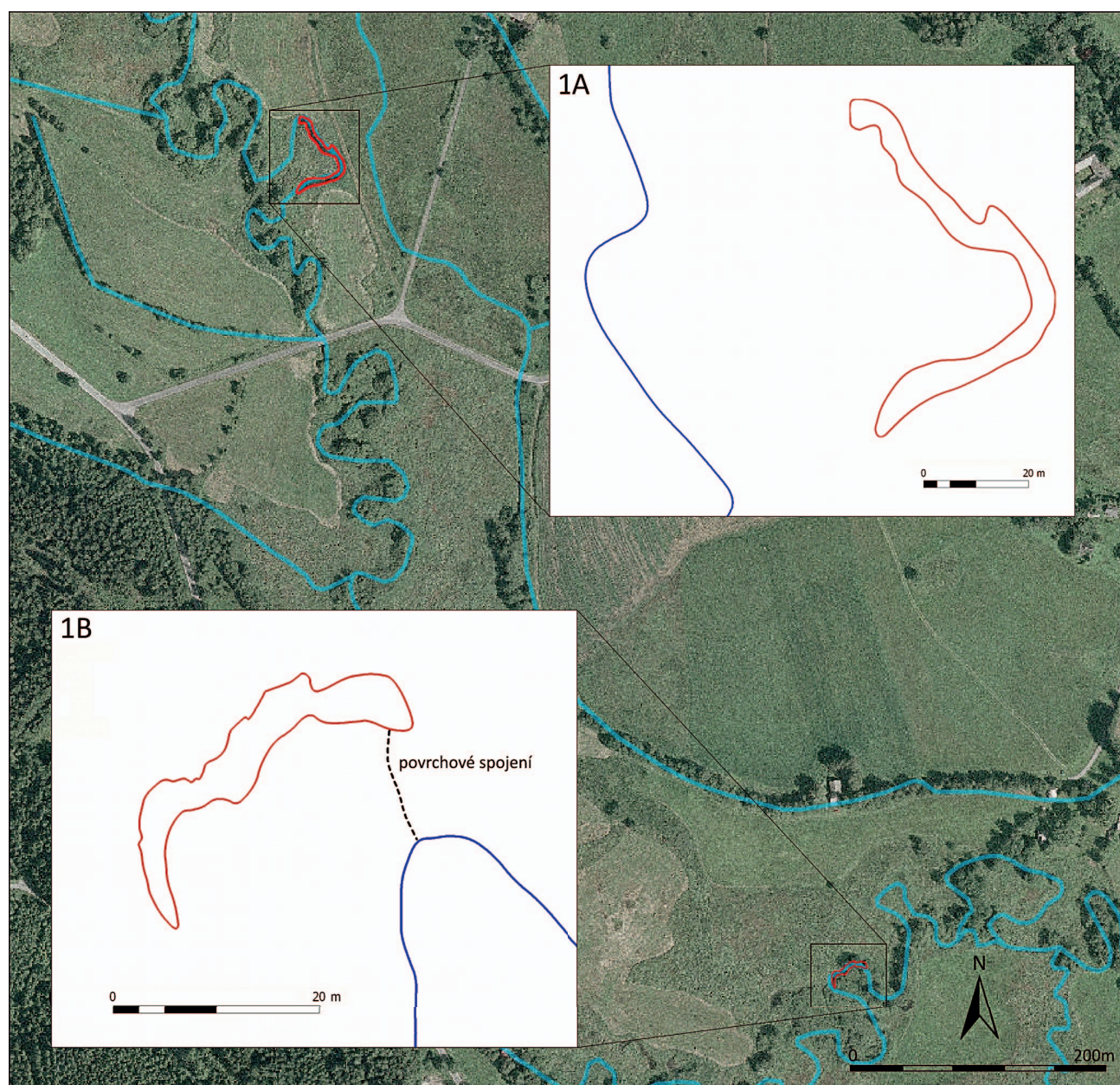
Tab. 1. Data o využití území v okolí jezer Březiny a Svratka II.
Tab. 1. Date of landuse in the surroundings of lakes Březiny and Svratka II.

| kategorie / rok | orná půda (%) | trvalé kultury (%) | louky (%) | pastviny (%) | lesy (%) | vody (%) | zastavěná plocha (%) | ostatní (%) | celkem (%) |
|-----------------|---------------|--------------------|-----------|--------------|----------|----------|----------------------|-------------|------------|
| 1845 | 26,25 | 0,12 | 9,95 | 4,16 | 56,76 | 0,79 | 0,38 | 1,59 | 100,00 |
| 1948 | 23,06 | 0,30 | 12,16 | 3,23 | 58,70 | 0,76 | 0,47 | 1,32 | 100,00 |
| 1990 | 14,51 | 0,34 | 14,95 | 4,09 | 59,10 | 0,75 | 0,56 | 5,70 | 100,00 |
| 2000 | 14,14 | 0,36 | 15,14 | 4,07 | 59,15 | 0,77 | 0,59 | 5,78 | 100,00 |

Zdroj dat: Databáze LUCC, PŘF UK Praha

Obr. 1. Fluviální jezera v nivě Horní Svratky. Detaily 1A (Březiny) a 1B (Svratka II.) zobrazují skutečnou pozici fluviálních jezer (červená linie) vůči mateřskému toku (modrá linie). (Zdroj dat: CENIA © Geodis, VUV TGM).

Fig. 1. Fluvial lakes in the alluvium of the Svratka river. Details 1A (Březiny) and 1B (Svratka II.) show the position of fluvial lakes (red line) and the river (blue line). (Data source: CENIA © Geodis, VUV TGM).



Určení přibližného stáří jezer je bez provedení finančně nákladných analýz problematické. Nejpodrobnějšími mapovými podklady, kde lze sledovat průběh koryta toku, jsou mapy pozemkového katastru. Jezero Svratka II. je na těchto mapách z roku 1836 ještě součástí vodního toku. Meandry níže po toku jsou však již v této době odříznuty. Jezero Březiny je součástí vodního toku ještě v roce 1907. Na mapě 1: 25 000 z roku 1952 není jezero ani meandr toku zaznamenán. K oddělení jezera tedy mohlo dojít mezi roky 1907 až 1952. Tomu odpovídá i jeho značné zazemnění. Nelze ovšem vyloučit, že jezero vzniklo ještě později.

METODIKA PRÁCE

Batymetrické mapování bylo provedeno podle metodiky popsané Česákem a Šobrem (Česák et Šobr 2005). K přesnému zaměření břehové linie bylo použito totální geodetické stanice Leica TCR 705. Totální geodetickou stanicí byly dále změřeny souřadnice vybraných bodů rovnoměrně rozmístěných ve vodní ploše a cejchovanou latí byla změřena jejich hloubka. Data byla zpracována v prostředí GIS.

Z půdorysných a hloubkových měření byly zjištěny následující morfometrické charakteristiky: plocha jezera (P),

objem jezera (V), obvod – délka břehové linie (O), délka jezera (L), maximální šířka (B_{\max}), průměrná šířka ($B_{\text{prům}}=P/L$), maximální hloubka (H_{\max}), střední hloubka ($H_{\text{stř}}=V/P$), hloubkový koeficient ($K=H_{\text{stř}}/H_{\max}$).

Data pro hodnocení hydrologického režimu byla získána ze dvou zdrojů. Prvním bylo vlastní sledování výšky vodního stavu na instalované vodočetné lati. Sledování bylo prováděno s četností 1x týdně v průběhu hydrologického roku 2006, tj. od 1. 11. 2005 do 31. 10. 2006. Druhým zdrojem dat byla automatická vodočetná stanice pobočky Českého hydrometeorologického ústavu v Brně. Vodočetná stanice Borovnice se nachází na Svratce na 133. říčním km. Je od sledované lokality vzdálená asi 20 km, nicméně pro hodnocení hydrologického režimu postačující.

Fyzikálně chemické vlastnosti vody (teplota, konduktivita, pH, rozpuštěný kyslík) byly měřeny in situ celkem šestkrát od podzimu 2005 do zimy 2007 multiparametrickou sondou YSI. Pro měření bylo vždy zvoleno nejhlubší místo jezera. Zde byl proměřen celý vertikální sloupec vody s intervaly 0,1 m. Průhlednost byla měřena Secchiho deskou.

Vzorky vody pro analýzu chemismu jezer byly odebrány devětkrát od podzimu roku 2004 do zimy 2007 ve čtvrtletních intervalech. Odběr byl prováděn 10 cm pod

hladinou vody do PET lahví. V prvních pěti rozborech byly stanovovány konduktivita, pH, alkalita, chemická spotřeba kyslíku (CHSK_{Mn}), biochemická spotřeba kyslíku (BSK_5), amoniakální dusík (N-NH_4), dusičnanový dusík (N-NO_3), dusitanový dusík (N-NO_2), fosforečnany (PO_4^{3-}) a celkový fosfor (TP). Rozbory provedla laboratoř Zdravotního ústavu se sídlem v Jihlavě. Tyto hodnoty zvláště pro jednotlivé formy dusíku několikrát vyšly pod mezí detekce, proto byly pro následující odběrovou kampaň stávající parametry doplněny o rozpuštěný organický uhlík (DOC) a celkový dusík (TN). Rozbory byly zadány laboratoři Povodí Vltavy, s. p. a laboratoři Ústavu životního prostředí PřF UK na Blatné. Jako ukazatel biomasy fytoplanktonu byla podle Pittera (Pitter 1999) zvolena koncentrace chlorofylu *a*. Stanovení bylo prováděno podle Pechara (Pechar 1987). Chlorofyl byl odebrán celkem pětkrát od podzimu 2005 do zimy 2007 čtvrtletně (zima 06 nebyla odebrána). Při stanovení byly použity metody uvedené v tab. 2. Při každé odběrové kampani byl odebrán semikvantitativní vzorek zooplanktonu planktonní sítí s velikostí ok 40 μm . Vzorky byly fixovány formaldehydem na výslednou koncentraci 4% a analyzovány pomocí optického mikroskopu.

Tab. 2. Metody použité při chemických analýzách.

Tab. 2. Methods used for chemical analysis.

| parametr | metoda stanovení |
|---|--|
| vodivost | titrator Radiometer MeterLab CDM210 |
| pH | titrator Radiometer Titralab TIM 900 |
| alkalita | titrator Radiometer Titralab TIM 900 |
| ionty | iontový chromatograf |
| chemická spotřeba kyslíku (CHSK_{Mn}) | ČSN EN ISO 8467 (75 7519) Stanovení chemické spotřeby kyslíku manganistanem |
| biochemická spotřeba kyslíku (BSK_5) | ČSN EN 1899-1 stanovení biochemické spotřeby kyslíku po 5 dnech |
| rozpuštěný organický uhlík (DOC) | ČSN EN 1484 vysokoteplotní rozklad vzorku po filtraci (0,45 μm) na analyzátoru N/C 2000 |
| celkový dusík (TN) | ČSN EN 12260 vysokoteplotní rozklad homogenizovaného vzorku na analyzátoru N/C 2000 |
| dusičnany (NO_3^-) | SOP_ZR_ZC_23 |
| dusitany (NO_2^-) | SOP_ZR_ZC_19 |
| amonné ionty (NH_4^+) | SOP_ZR_ZC_16 (ČSN ISO 7150-1) |
| celkový fosfor (TP) | ČSN EN ISO 17294 – stanovení metodou ICP-MS z homogenizovaného vzorku po mineralizaci s HNO_3 |
| fosforečnany (PO_4^{3-}) | ČSN EN ISO 6878 (75 7465), TNV 75 7466 a Hejzlar, Kopáček: Semimikrostanovení fosforu, metodický návrh ČSAV České Budějovice. Spektrofotometrickém měření fosfoantimonylomolybdenanové modře vzniklé redukci komplexu orthofosforečnanů s molybdenanem amonným a vianem antimonylodraselným v kyselém prostředí kyselinou askorbovou. Stanovuje se po filtraci vzorku. |
| chlorofyl <i>a</i> (Chla) | Pechar L. (1987): Use of the acetone – methanol mixture for extraction and spectrophotometric determination of chlorophyll <i>a</i> in phytoplankton – Arch. Hydrobiol. Suppl. 78, Algological Studies, 46: s. 99–117. |

VÝSLEDKY

Morfometrie jezer

Púdorysná a batymetrická měření byla provedena 4. 11. 2005 při nízkém vodním stavu v řece Svatce. Průtok ve vodočetné stanici Borovnice činil 0,45 m³/s. Změřené a vypočtené morfometrické charakteristiky jsou uvedeny v tab. 3.

Jezero Svatka II. je plošně méně rozsáhlé a kumuluje přibližně poloviční množství vody než jezero Březiny. Maximální hloubka 0,95 m byla naměřena ve východní části v trychtýřovité prohlubni. Střední hloubka jezera je malá – 0,3 m. To vyplývá i z batymetrické křivky, kde hloubkový stupeň 0,6–0,8 m zaujímá pouze 7% plochy jezera, zatímco hloubkový stupeň 0–0,2 m tvoří 37% celkové výměry jezera.

Jezero Březiny má přibližně trojnásobnou plochu. Je však velmi mělké. Jeho maximální hloubka byla 0,35 m. Protože pohyb na lodi v tak malé hloubce je problematický, nebyly body s hloubkami zaměřovány na odrazný hranol. Bylo provedeno pouze několik hloubkových sond ze břehu. Lze tak přibližně odhadnout střední hloubku na 0,15 m a následně vypočítat objem akumulované vody na cca 66 m³.

Tab. 3. Morfometrické charakteristiky jezer.

Tab. 3. Morphometry of lakes.

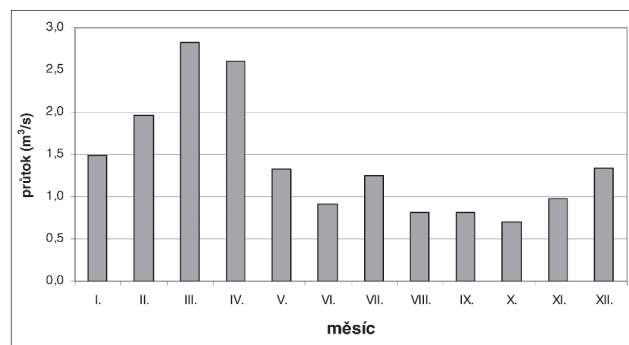
| Parametr | jezero Svatka II. | jezero Březiny |
|---------------------------------|---------------------|---------------------------|
| plocha jezera (P) | 127 m ² | 444 m ² |
| objem jezera (V) | 36,5 m ³ | 66 m ³ (odhad) |
| obvod – délka břehové linie (O) | 90,5 m | 208,1 m |
| délka jezera (L) | 41 m | 97 m |
| maximální šířka (Bmax) | 4,4 m | 8 m |
| průměrná šířka (Bprům) | 3,1 m | 4,6 m |
| maximální hloubka (Hmax) | 0,95 m | 0,35 m |
| střední hloubka (Hstř) | 0,3 m | 0,15 (odhad) |
| hloubkový koeficient (K) | 0,29 | |

Batymetrická měření byla prováděna při nadmořské výšce hladin: Březiny – 590,14 m, Svatka II. – 587,19 m (Bathymetric measurements were carried out at altitude: Březiny – 590,14 m a.s.l., Svatka II. – 587,19 m a.s.l.)

Hydrologický režim a kolísání vodního stavu

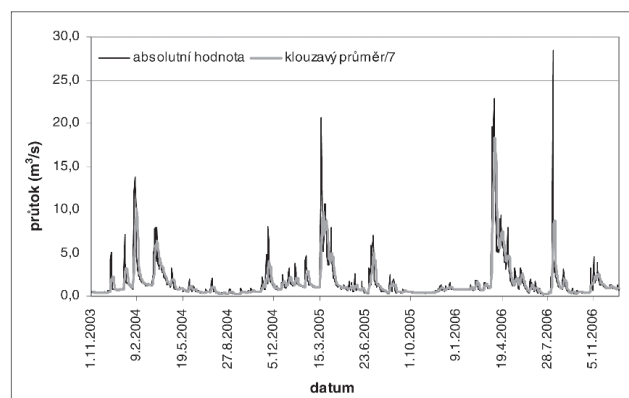
Pro hodnocení vodních stavů jezer horní Svatky byla od ČHMÚ získána data z nejbližší ležícího profilu Borovnice. Dlouhodobý průměrný průtok (Qa) zde činí 1,515 m³/s. Hodnoty dlouhodobých měsíčních průtoků byly vypočítány z dat naměřených v letech 1987–2006 (obr. 2). Období s nejvyšší vodností připadá na březen a duben. Nejnižších průtoků je dosažováno v říjnu. Nejvyššího povodňového průtoků za uplynulých 20 let bylo dosaženo při letní povodni, konkrétně 8. 7. 1997. Řeka kulminovala na průměrné denní hodnotě 41 m³/s. Nejnižšího vodního stavu bylo dosaženo při výrazném suchu v létě 2003, kdy

korytem Svatky v Borovnici protékalo pouze 0,199 m³/s. Chod průměrných denních průtoků v letech 2004–2006 ukazuje obr. 3. Na horní Svatce se vyskytla menší jarní povodeň v roce 2004 a výrazné jarní povodně v roce 2005 a 2006 a co do kulminace průtoků nejvyšší letní povodeň v roce 2006. Ta ovšem velmi rychle odezněla, jak je patrné z grafů na obr. 3 a 4.



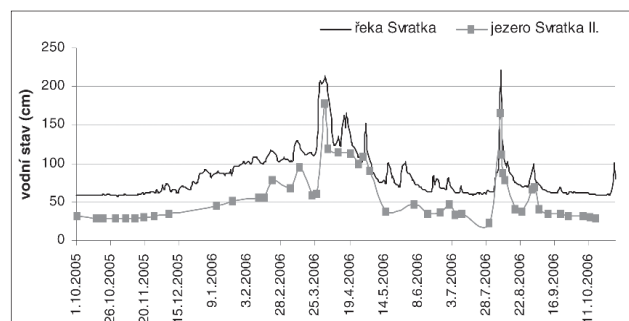
Obr. 2. Dlouhodobé průměrné měsíční průtoky v profilu Borovnice na Svatce (1987–2006). Zdroj dat: ČHMÚ.

Fig. 2. Longterm mean discharges in Borovnice profile on the Svatka river (1987–2006). Data source: CHMI.



Obr. 3. Průměrné denní průtoky v profilu Borovnice na Svatce v letech 2004–2006. Zdroj dat: ČHMÚ.

Fig. 3. Mean daily discharges in Borovnice profile on the Svatka river in years 2004–2006. Data source: CHMI.



Obr. 4. Průměrné denní vodní stavy v profilu Borovnice na řece Svatce a okamžité vodní stavy na jezeře Svatka II. Zdroj dat: ČHMÚ.

Fig. 4. Mean daily water-level stages in Borovnice profile on the Svatka river and instant water-level stages on the Svatka II. Lake. Data source: CHMI.

Průměrné denní průtoky v řece Svratce a kolísání výšky vodní hladiny v jezeře (obr. 4), spolu velmi úzce souvisí. Jakýkoli pohyb hladiny v řece má odezvu v kolísání vodní hladiny na jezeře Svratka II. Toto se projevuje i u jezera Březiny, které s řekou povrchově spojeno není. Vlastním pozorováním bylo zjištěno, že zvýšení vodní hladiny v jezeře následuje maximálně za několik hodin po zvýšení hladiny vody v řece.

Jarní povodeň v roce 2006 zasáhla meandry Svratky u Milov velmi výrazně. Za několik hodin se celá niva zaplnila vodou. Výsledky sledování vodního stavu ukazují, že voda v nivě se udržela celý měsíc (od 4. 4. do 4. 5. 2006). Poté se vrátila poměrně rychle zpět do koryta řeky.

Fyzikálně chemické parametry jakosti vody

Hodnoty fyzikálně chemických parametrů naměřené v hloubkových profilech YSI sondou byly převedeny do grafů. Vzhledem k předpokládaným gradientům hodnot byly detailně zpracovány údaje z hladiny a blízkosti dna, které jsou uvedeny v tab. 4.

Jezera Horní Svratky jsou velice mělká. Rychle dochází ke změně teploty celého vodního sloupce. Teplotní režim jezer je tedy velmi rozkolísaný. V jezeře Březiny, které není zastíněno a je velmi mělké, byla změřena průměrná teplota vody u hladiny o 1,7 °C vyšší než v jezeře Svratka II. Na jaře roku 2006 činil rozdíl hladinových teplot mezi jezery 5 °C a na podzim roku 2006 4 °C. Směrodatná odchylka (S) hladinových teplot od průměru je v jezeře Březiny 7,09, na Svratce II. 5,38. Teplotní režim na Březinách je tedy rozkolísanější.

Průměrná koncentrace kyslíku je v jezerech horní Svratky poměrně nízká, přestože všechna měření byla prováděna v době nejvyšší fotosyntetické aktivity autotrofů mezi 12 a 16 hodinou (tab. 4). U hladiny se pohybuje okolo 7 mg/l. Pouze na jaře v roce 2006 bylo naměřeno na Březinách 120% nasycení kyslíkem (na Svratce II. 90%). V letních měsících dosahovalo nasycení 40–50%, na

podzim 60–70% a v zimě okolo 25%. V jezeře Březiny, které je velmi mělké, byly hodnoty rozpuštěného kyslíku vždy rozkolísanější (u hladiny S=3,25). V jezeře Svratka II., které je hlubší, byl zaznamenán stabilnější kyslíkový režim (u hladiny S=1,89) a typický pokles rozpuštěného kyslíku s hloubkou (klinográdní kyslíkový profil). Na Březinách byly v jednom případě v létě 2006 u dna zaznamenány anoxické podmínky. Tento výjimečný stav byl způsoben pravděpodobně vypláchnutím fytoplanktonu z tůň při povodni, která nivu postihla čtrnáct dní před měřením, a rozkladem organických látek, které byly do jezera povodní přineseny.

Průhlednost byla při každém měření zjištěna až na dno. To je dáno malou hloubkou jezer, malým množstvím anorganických i organických suspendovaných látek a malým množstvím planktonu.

Výsledky laboratorních rozborů vzorků vody z poříčních jezer byly porovnávány jak mezi sebou, tak s výsledky pěti rozborů vody z přílehlé řeky Svratky sledované v profilu mezi vybranými jezery (tab. 5).

Ukazatele jakosti vody můžeme pomyslně rozdělit na dvě skupiny. První odráží souhrnné chemické ukazatele, jakými jsou vodivost (konduktivita), alkalita a pH, druhá koncentrace konkrétních iontů (živin) a organických látek.

Srovnáváme-li hodnoty parametrů první skupiny u fluvialních jezer a přílehlé řeky, můžeme říci, že jejich hodnoty jsou podobné (tab. 5).

Vodivost jezer i řeky je poměrně nízká. V jezerech se pohybuje mezi 7 až 11 mS/m. V řece je rozpětí hodnot konduktivity větší (12 až 17 mS/m). V jezeře Svratka II., které s řekou komunikuje otevřeným propojením, je konduktivita zřejmě vlivem řeky nepatrně vyšší. Během roku konduktivita významně nekolísá (obr. 5). V jezerech v hloubkovém profilu směrem od hladiny ke dnu narůstá (tab. 4).

Reakce vody je v jezerech horní Svratky i řece poměrně nízká. Hodnoty se pohybují mezi 6 a 7. Na nízké pH ukazuje i přítomnost zooplanktonního druhu *Keratella serrulata*, která je typická pro kyselou vodu. V hloubkovém profilu pH od hladiny směrem ke dnu klesá.

Tab. 4. Průměrné hodnoty vybraných fyzikálně chemických parametrů.

Tab. 4. Mean values of chosen physical – chemical parameters.

| lokality | koncentrace O ₂ (mg/l) | | konduktivita (mS/m) | | pH | | teplota (°C) | |
|--------------------|-----------------------------------|-------|---------------------|-------|-----------|-------|--------------|-------|
| | u hladiny | u dna | u hladiny | u dna | u hladiny | u dna | u hladiny | u dna |
| Svratka II. | 7,5 | 4,3 | 11,0 | 11,5 | 7,1 | 6,5 | 11,0 | 8,9 |
| Březiny | 7,3 | 6,0 | 8,2 | 9,2 | 6,7 | 6,5 | 12,7 | 11,6 |

Průměrné hodnoty jsou vypočtené z šesti hodnot. (Mean values have been calculated from six values)

Tab. 5. Výbrané chemické parametry.
Tab. 5. Chosen chemical parameters.

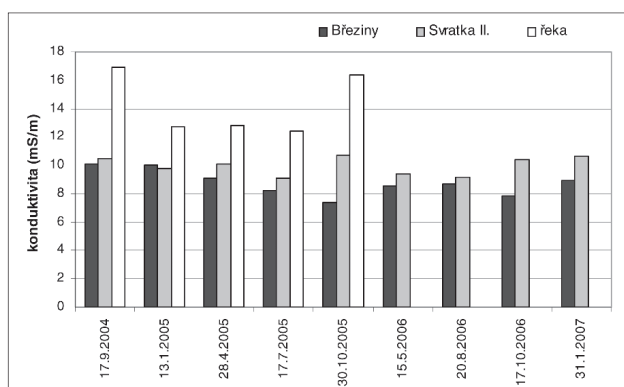
| lokality | Březiny | | | Svratka II. | | | řeka Svratka | | | | | |
|---|--------------|-------|-------|-------------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|-------|-------|
| | X | max. | min. | S | X | max. | min. | S | X | max. | min. | S |
| vodivost ⁹ (mS/m) | 9,0 | 10,1 | 7,4 | 0,85 | 10,0 | 10,7 | 9,1 | 0,60 | 14,2 | 16,9 | 12,4 | 1,98 |
| KNK _{4,5} ⁵ (mmol/l) | 0,6 | 0,8 | 0,4 | 0,18 | 0,7 | 0,9 | 0,5 | 0,14 | 0,7 | 0,9 | 0,5 | 0,16 |
| reakce ⁹ (pH) | 6,64 | 6,90 | 6,09 | 0,302 | 6,58 | 7,10 | 6,02 | 0,355 | 6,63 | 7,07 | 6,06 | 0,314 |
| BSK ₅ ⁵ (mg/l) | 8,1 | 19,7 | 4,6 | 5,83 | 4,4 | 8,9 | 1,0 | 2,54 | 2,5 | 3,9 | 1,7 | 0,94 |
| CHSK _{Mn} ⁹ (mg/l) | 18,40 | 36,27 | 6,99 | 10,178 | 8,13 | 11,58 | 5,41 | 2,692 | 6,40 | 8,13 | 4,98 | 1,203 |
| DOC ⁴ (mg/l) | 14,2 | 17,0 | 9,7 | 2,71 | 7,3 | 9,1 | 4,2 | 1,87 | n | n | n | n |
| celkový N ⁴ (mg/l) | 1,20 | 1,70 | 0,80 | 0,340 | 1,05 | 1,90 | 0,70 | 0,497 | n | n | n | n |
| N-NH ₄ ⁹ (mg/l) | 0,095 | 0,354 | 0,010 | 0,117 | 0,062 | 0,177 | 0,010 | 0,048 | 0,138 | 0,270 | 0,040 | 0,092 |
| N-NO ₂ ⁵ (mg/l) | 0,004 | 0,009 | 0,002 | 0,003 | 0,005 | 0,009 | 0,003 | 0,002 | 0,026 | 0,080 | 0,003 | 0,028 |
| N-NO ₃ ⁹ (mg/l) | 0,15 | 0,35 | 0,00 | 0,120 | 0,59 | 1,57 | 0,00 | 0,480 | 2,04 | 2,53 | 1,83 | 0,258 |
| celkový P ⁹ (mg/l) | 0,140 | 0,540 | 0,029 | 0,146 | 0,073 | 0,220 | 0,017 | 0,058 | 0,112 | 0,140 | 0,080 | 0,026 |
| PO ₄ ³⁻ ⁵ (mg/l) | 0,32 | 0,50 | 0,20 | 0,104 | 0,16 | 0,33 | 0,09 | 0,092 | 0,36 | 0,40 | 0,20 | 0,080 |

X = aritmetický průměr, S = směrodatná odchylka, max = maximální hodnota, min = minimální hodnota, ^{9,5,4} hodnoty X a S vypočteny z 9,5,4 hodnot, n – neměřeno. (X = arithmetic mean, S = standard deviation, max = maximum value, min = minimum value, ^{9,5,4} values X and S were calculated from 9,5,4 values, n – not measured)

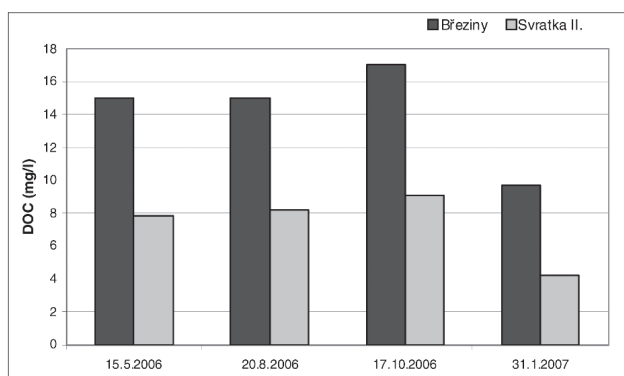
Obsah živin a organických látek se v jezerech i řece významně odlišoval. Množství organických látek bylo sledováno nepřímo pomocí metod CHSK_{Mn} a BSK₅, v druhé odběrové kampani byl doplněn ještě rozpuštěný organický uhlík (DOC). Hodnoty koncentrací CHSK_{Mn}, BSK₅ i DOC jsou v jezerech velmi vysoké, v jezeře Březiny dvojnásobně vyšší než v jezeře Svratka II a trojnásobně vyšší než v řece Svratce. Průměrná hodnota CHSK_{Mn} činí na Březinách 18,4 mg/l, BSK₅ 8,1 mg/l a DOC 14,2 mg/l. Sezónní vývoj DOC (obr. 6) je u obou jezer totožný. Během jara, léta a podzimu zde byly zaznamenány srovnatelné koncentrace. V zimním období výrazně poklesly.

V grafu na obr. 7 jsou znázorněny průměrné hodnoty celkového dusíku (celková výška sloupce) a podíl dusičnanového a amoniakálního dusíku na celkovém dusíku. Vzhledem k tomu, že koncentrace dusitanového dusíku jsou ve stojatých vodách zanedbatelné, připadá téměř celý podíl z kategorie N-ostatní na organické formy dusíku. Na jezerech horní Svratky jsou koncentrace celkového dusíku poměrně nízké díky menšímu zatížení dusičnany. Podíl dusičnanů na celkovém dusíku činil u jezera Březiny 10% u jezera Svratka II. více než 50%. Na Březinách připadá největší podíl na organicky vázaný dusík, který pochází z rozkladu značné biomasy vodních makrofyta a organického detritu.

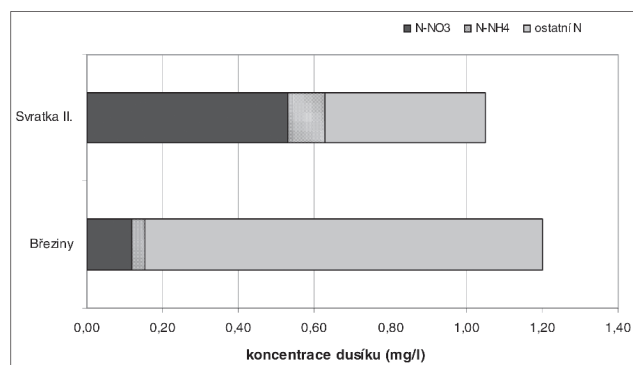
Nejvyšší průměrné koncentrace celkového i fosforečnanového fosforu byly zaznamenány na Březinách a to dvojnásobně oproti Svratce II. Koncentrace obou parametrů jsou značně rozkolísané (obr. 8).



Obr. 5. Vývoj hodnot konduktivity v jezerech a řece Svratce.
Fig. 5. Development of conductivity values in lakes and the Svratka river.

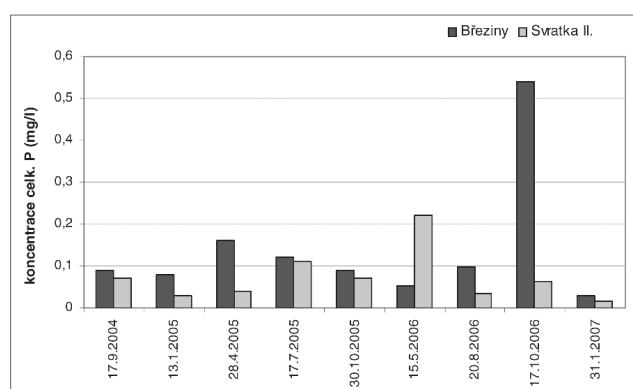


Obr. 6. Vývoj koncentrací DOC v jezerech.
Fig. 6. Development of DOC concentrations of lakes.



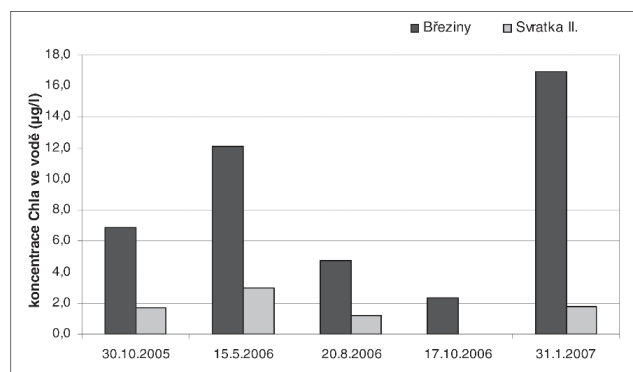
Obr. 7. Koncentrace vybraných forem dusíku (průměrné hodnoty ze 4 odběrů – jaro 2006 až zima 2007).

Fig. 7. Concentrations of chosen nitrogen forms (average values from 4 samples – spring 2006 to winter 2007).



Obr. 8. Vývoj koncentrací celkového fosforu.

Fig. 8. Development of total phosphorus concentrations.



Obr. 9. Vývoj koncentrací chlorofylu a ve vodě.

Fig. 9. Development of chlorophyll a concentrations in water.

Tab. 6. Zařazení jezer do stupňů trofie (podle Kalffa 2002).

Tab. 6. Classification of lakes in different trophic state categories (according to Kalff 2002).

| jezero | TN | TP | Chla | celkem |
|-------------|-------------|----------|-------------|-----------------|
| Březiny | hypertrofie | eutrofie | mezotrofie | eutrofie |
| Svratka II. | eutrofie | eutrofie | oligotrofie | eutrofie |

Fytoplankton a trofický stav jezer

Určování druhů fytoplanktonu je velmi náročné, proto byla jako ukazatel biomasy fytoplanktonu zvolena koncentrace chlorofylu *a*, který je podle Pittera (Pitter 1999) jako ukazatel biomasy fytoplanktonu všeobecně akceptován jako vhodný.

U jezer horní Svratky je koncentrace chlorofylu *a* celkově velmi nízká. V jezeru Březiny dosahuje dvojnásobných hodnot než v jezeru Svratka II (obr. 9). Vyšších hodnot bylo u obou jezer dosaženo na jaře roku 2006, což souvisí s jarním rozvojem fytoplanktonu a v zimě 2007.

Podle koncentrace celkového fosforu (TP), celkového dusíku (TN) a chlorofylu *a* (Chla) lze jezera zařadit do jednotlivých kategorií trofie. Mezní hodnoty ve vztahu k trofii v letních měsících uvádí Kalff (2002). Pro porovnání trofie jezer byly vybrány pouze letní hodnoty sledovaných ukazatelů, které byly zařazeny podle mezních hodnot do stupňů trofie. Letní hodnoty koncentrací nijak nevybočovaly z hodnot průměrných, proto dávají poměrně dobrou představu o trofickém stupni jezer.

Jezero horní Svratky mají celkově eutrofní charakter. Z tabulky 6 vyplývá, že v ukazateli celkový dusík náleží jezero Březiny do kategorie hypertrofie. To je způsobeno především vysokou koncentrací organického dusíku. V ukazateli chlorofyl *a* vykazuje jezero Březiny mezotrofní s jezero Svratka II. oligotrofní charakter.

Zooplankton vybraných jezer horní Svratky

Všechny odebrané vzorky jezer horní Svratky se vyznačují celkově malou biomasou zooplanktonu.

V jezeře Březiny v letním vzorku z roku 2005 převažuje skupina Copepoda (obr. 10). Naupliová stadia tvoří 77% všech jedinců ve vzorku. Rotatoria jsou zastoupena 13%. Většina jedinců patří rodu *Polyarthra*. Cladocera tvoří 7% vzorku. Při počítání bylo nalezeno pět druhů, z nichž nejčastější byly *Chydorus sphaericus*, *Alonella nana* a *Simocephalus vetulus*. V podzimním vzorku z roku 2005 se zvýšil podíl skupiny Cladocera na 17%. Z nich byly hojněji zastoupeny *Simocephalus vetulus*, *Alonella nana* a *Pleuroxus truncatus*. Cladocera byla druhově nejvíce zastoupena. Početně zde však dominovala skupina Copepoda, tvořila 76% jedinců celého vzorku. Asi polovinu z nich tvořila naupliová stadia, druhou polovinu copepoditová stadia. Jarní vzorek z roku 2006 byl tvořen pouze skupinou Copepoda, 68% tvořila nauplia, 31% copepoditová stadia. Bylo zde nalezeno několik dospělých jedinců druhu *Cyclops strenuus*.

Letní vzorek 2006 byl odebrán 14 dní po náhlé letní povodni, která zalila celou nivu. Jezero však leží v části nivy, kde se nesoustředí silný proud, proto zde zooplankton nebyl zcela odplaven. V jezeru opět dominovala Copepoda. 60% z celého vzorku tvořila naupliová a 27% copepoditová stadia. Byli zde nalezeni dospělí jedinci druhu

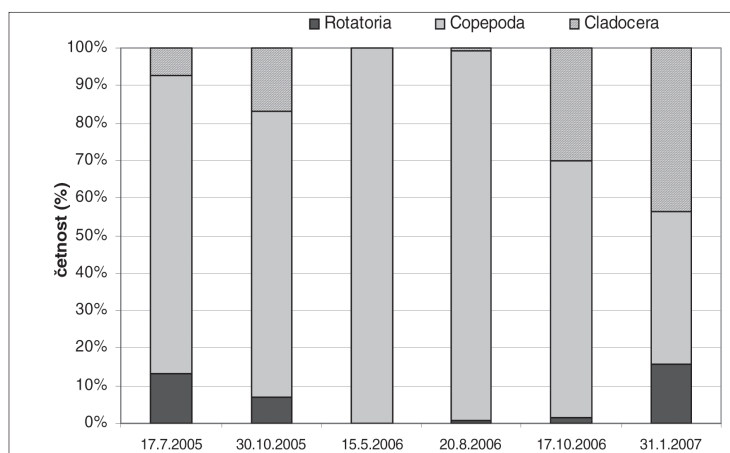
Thermocyclops crassus a *Cyclops strenuus*. V podzimním vzorku z roku 2006 tvořila významný podíl Cladocera (30%). Z nich převažovala *Daphnia pulex* (17% celého vzorku) a *Alonella nana*, která tvořila 10% vzorku. V zimním vzorku se podíl Cladocera ještě zvýšil na 43%. Nejhojnější z této skupiny byla zastoupena *Alonella nana*. Tvořila 34% celého vzorku. Významnější podíl tvořili jedinci druhu *Chydorus sphaericus*. Podíl skupiny Copepoda činil 40%. Z nich převládala opět nauplia. Bylo zde nalezeno několik dospělců *Cyclops strenuus* a *Acanthocyclops*. Mezi vířníky, kteří tvořili 16% jedinců, převládala *Synchaeta*.

V jezeru Svratka II. nebylo ve dvou případech nalezeno dostatečné množství jedinců pro relativní zhodnocení (obr. 11). V letním vzorku z roku 2005 převažovala Copepoda se 70% celkového počtu jedinců, 64% jedinců ve vzorku tvořila nauplia. Podíl skupiny Cladocera byl 17%. Nejhojnější byly zastoupeny druhy *Daphnia pulex*, *Simocephalus vetulus* a *Alonella nana*. Podíl skupiny Rotatoria činil 13%. Rovnoměrně byly zastoupeny rody *Keratella*, *Platylas*, *Synchaeta* a *Polyarthra*. V podzimním vzorku z roku 2005 převážila Cladocera s podílem 77% na celkovém vzorku. V celém vzorku dominovala *Daphnia pulex* (76 %).

Naupliová a copepoditová stadia tvořila 20% vzorku. Podíl vířníků byl zanedbatelný. V jarním vzorku z roku 2006 zcela převládla Copepoda. Naupliová stadia tvořila 91%. Letní vzorek byl odebrán cca 14 dnů po povodni. V tomto případě na rozdíl od jezera Březiny se při povodni v místě jezera Svratka II. tvořil silný proud, téměř veškerý zooplankton byl z jezera vypláchnut. Ve vzorku bylo nalezeno pouze několik nauplií a copepoditů rodu *Cyclops*.

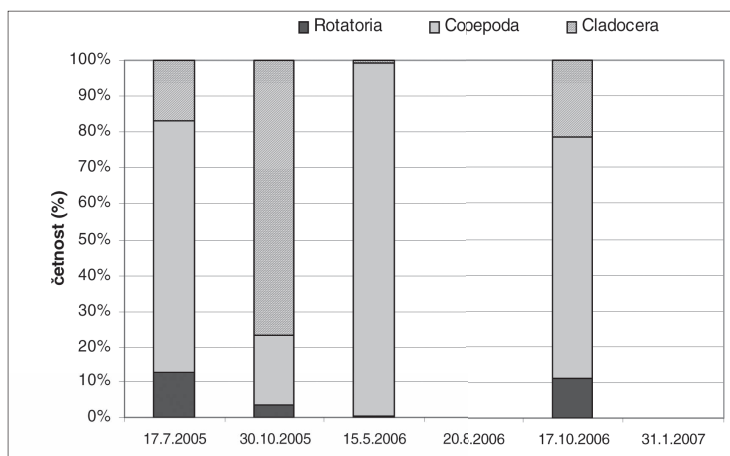
Ve vzorku z podzimu 2006 opět převládla skupina Copepoda. Nejvíce byla zastoupena naupliová stadia (57%). Bylo zde nalezeno několik jedinců druhu *Cyclops strenuus*. Podíl 22% připadl na Cladocera, kde jednoznačně převažovala *Daphnia pulex*. Z vířníků, jejichž podíl činil 11%, byly nejvíce zastoupeny rody *Synchaeta* a *Polyarthra*. Zimní vzorek byl opět chudý na plankton. Ve velmi malém počtu byla nalezena Cladocera, Copepoda i Rotatoria.

Počet zjištěných druhů zooplanktonu je u jezera Březiny 33, u Svratky II. 34 (tab. 7). Vyskytují se zde běžné druhy. Hojnější je zastoupení druhů litorálních. V jezeru Svratka II. se nachází větší počet druhů vířníků, v jezeru Březiny, bylo zaznamenáno více druhů klanonožců.



Obr. 10. Relativní četnost zooplanktonu v jezeře Březiny.

Fig. 10. Relative representation of zooplankton of Březiny Lake.



Obr. 11. Relativní četnost zooplanktonu v jezeře Svratka II.

Fig. 11. Relative representation of zooplankton of Svratka II. Lake.

Tab. 7. Zastoupení jednotlivých druhů (rodů) zooplanktonu.

Tab. 7. Representation of zooplankton species (genera).

| seznam druhů/lokality | Březiny | Svratka II. |
|--|---------|-------------|
| celkový počet druhů | 33 | 34 |
| Rotatoria | | |
| <i>Anuraeopsis fissa</i> (Gosse, 1851) | . | 1 |
| <i>Asplanchna priodonta</i> (Gosse, 1850) | . | 1 |
| <i>Brachionus angularis</i> (Gosse, 1851) | . | 1 |
| <i>Brachionus calyciflorus</i> (Pallas, 1766) | . | 1 |
| <i>Brachionus diversicornis</i> (Daday, 1883) | 1 | 1 |
| <i>Brachionus patulus</i> (O. F. Müller, 1786) | 1 | 1 |
| <i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851) | 1 | 1 |
| <i>Keratella quadrata</i> (O. F. Müller, 1786) | 1 | 1 |
| <i>Keratella testudo</i> (Ehrenberg, 1832) | . | 1 |
| <i>Keratella serrulata</i> (Ehrenberg, 1838) | 1 | . |
| <i>Lecane luna</i> (O. F. Müller, 1776) | 1 | 1 |
| <i>Lepadella</i> sp. | 1 | 1 |
| <i>Platyas quadricornis</i> (Ehrenberg, 1832) | . | 1 |
| <i>Polyarthra dolichoptera</i> (Idelson, 1925) | 1 | . |
| <i>Polyarthra remata</i> (Skorikov, 1896) | 1 | 1 |
| <i>Synchaeta</i> sp. | 1 | 1 |
| <i>Trichocerca</i> sp. | 1 | 1 |
| Copepoda | | |
| <i>Acanthocyclops einsleii</i> (Mirabdullayev et Defaye, 2004) | 1 | 1 |
| <i>Cyclops strenuus</i> (Fischer, 1851) | 1 | 1 |
| <i>Eucyclops macrurus</i> (Sars, 1863) | 1 | . |
| <i>Eucyclops serrulatus</i> (Fischer, 1851) | 1 | 1 |
| <i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine, 1820) | 1 | . |
| <i>Macrocyclus fuscus</i> (Jurine, 1820) | 1 | . |
| <i>Megacyclus gigas</i> (Claus, 1857) | 1 | . |
| <i>Megacyclus viridis</i> (Jurine, 1820) | 1 | 1 |
| <i>Thermocyclops crassus</i> (Fischer, 1853) | 1 | . |
| řád Harpacticoida | . | 1 |
| Cladocera | | |
| <i>Acantholeberis</i> sp. | . | 1 |
| <i>Acroperus harpae</i> (Baird, 1835) | 1 | 1 |
| <i>Alona costata</i> (Sars, 1862) | 1 | 1 |
| <i>Alonella nana</i> (Baird, 1843) | 1 | 1 |
| <i>Bosmina longirostris</i> (O. F. Müller, 1776) | 1 | 1 |
| <i>Camptocercus</i> sp. | 1 | . |
| <i>Ceriodaphnia megops</i> (Sars, 1862) | 1 | 1 |
| <i>Daphnia ambigua</i> (Scourfield, 1946) | . | 1 |
| <i>Daphnia cucullata</i> (Sars, 1862) | 1 | . |
| <i>Daphnia longispina</i> (O. F. Müller, 1776) | . | 1 |
| <i>Daphnia pulex</i> (Leydig, 1860) | 1 | 1 |
| <i>Eurycercus lamellatus</i> (O. F. Müller, 1776) | 1 | 1 |
| <i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer, 1848) | 1 | 1 |
| <i>Chydorus sphaericus</i> (O. F. Müller, 1776) | 1 | 1 |
| <i>Pleuroxus truncatus</i> (O. F. Müller, 1785) | 1 | 1 |
| <i>Simocephalus vetulus</i> (O. F. Müller, 1776) | 1 | 1 |

1 – přítomný, . – nepřítomný (1 – present, . – not present)

DISKUZE

Velikost jezer horní Svratky odpovídá velikosti erozní a akumulační schopnosti toku, jehož činností vznikla. Jezera jsou protáhlého obloukovitého tvaru a jsou velmi mělká na rozdíl od poměrně hlubokých tůň Lužnice (srovnej např. s Pithart et al. 2003). Díky malé hloubce mají jezera velmi rozkolísaný teplotní režim. Malá tepelná kapacita vodního sloupce způsobuje rychlou změnu teploty vody v závislosti na změnách teploty vzduchu. Nastává míchání vody konvekčním prouděním (Šobr 2007). Změna teploty mícháním v důsledku působení větru typická pro jezera s velkou vodní plochou (Lellák et Kubíček 1991) není u jezer na horní Svratce častá. Důvodem jsou vysoké břehy jezer, malá rozloha jezer a ochrana vegetací (Pithart et al. 1997). Časté míchání vody ovlivňuje její fyzikálně chemické parametry.

Výška vodní hladiny jezer kolísá v souvislosti s pohybem hladiny vody v řece. U jezera Svratka II. spojeného s řekou reaguje hladina okamžitě, u jezera Březiny s odstupem několika hodin. Podobnou situaci zaznamenal u vybraných tůň i Šimek (2008) na řece Lužnici. Při zvýšených srážkových úhrnech v povodí řeka velmi rychle vybřeží a voda zaplaví celou nivu. Tyto povodně jsou poměrně časté. Proudění v nivě má svoje zákonitosti. V některých místech dochází k soustředění silného proudu, na jiných místech proudí voda pomalu, dochází zde k sedimentaci materiálu (Černý 1994). Jezero Svratka II. leží v hlavním povodňovém proudu. Dochází zde k vyplachování organických usazenin, jezero si udržuje svoji hloubku především ve východní části. Jezero Březiny se nachází v tišině. Usazuje se zde materiál unášený řekou, nedochází k vymývání organického detritu a jezero se postupně zazemňuje. Pozice jezer vůči povodňovým proudům je pravděpodobně nejvýznamnějším faktorem, který způsobuje rozdíly v živinové bilanci, množství organických látek i množství fytoplanktonu obou jezer.

V jezeru Březiny, ležícím mimo povodňový proud, se akumulovala mocnější vrstva jemného sedimentu, celou jezerní pánev porůstají vodní makrofyty, která nejsou při povodni odplavována. Vysoké koncentrace organických látek mohou mít původ v organických sedimentech, které se zde usazují za vysokých vodních stavů. Část může pocházet z odumírající biomasy makrofyt, která se kvůli nízkému pH pomaleji rozkládají (Lellák et Kubíček 1991). Při rozkladu organických zbytků se uvolňují živiny. Jsou zde extrémně vysoké koncentrace organického dusíku a vyšší koncentrace celkového fosforu. Vyšší koncentrace dostupných živin v jezeru Březiny má za následek vyšší biomasu fytoplanktonu. K tomu zcela jistě přispívá vyšší množství slunečního záření, které na nezastíněné jezero dopadá.

Jezero Svratka II. je často proplachováno, jeho živinová bilance je nižší a oproti jezeru Březiny je více zastíněno, což rozvoj sinic a řas omezuje.

Velmi malá hloubka jezera Březiny způsobuje intenzivnější ovlivňování vodního sloupce sedimentem (Pithart 1999). Vliv sedimentu vzrůstá při záklesu vodní hladiny.

Tento faktor se zřejmě značně podílí na rozkolísaných hodnotách celkového i fosforečnanového fosforu. Vysoké koncentrace těchto parametrů v jezerech na podzim roku 2006 korelovaly se záklesem vodní hladiny. Mohou však rovněž souviset s velmi nízkou biomasou fytoplanktonu v tomto období, která fosfor aktivně nepřijímala, tudíž se ve vodním sloupci hromadil.

Rozdíly v chemismu jezer mohou být způsobeny i přímým spojením jezera Svratka II. s řekou. Jednoznačný vliv má povrchové spojení na koncentrace dusičnanů, které jsou několikanásobně vyšší, než v jezeru Březiny.

Obsah živin a organických látek se v jezerech a řece značně liší, protože se řídí autonomními procesy, které v jezerech a v řece probíhají (Pechar et al. 1996).

Řeka má přesto na chemismus poříčních jezer významný vliv a to především na souhrnné chemické ukazatele (pH, vodivost a alkalitu). Pokud s jezery nekomunikuje přímo povrchovým spojením jako v případě jezera Svratka II., infiltruje do nich říční voda dobře propustnými fluvialními sedimenty. Tato voda si podle Pitharta (Pithart et al. 2003) udržuje částečně vlastnosti povrchové vody. U každého jezera však chemismus závisí na tom, jakou vodou je ve větší míře syceno. Vybraná jezera horní Svratky jsou značně vzdálena od terasového stupně, proto zde dominuje vliv vody poříční, což se projevuje i ve výsledcích chemických rozborů.

Poměrně nízká konduktivita i pH jsou dány jednak geologickým podložím, jednak malým množstvím allochtoních rozpuštěných látek unášených řekou Svratkou. Ty pochází především z drobných bodových zdrojů znečištění tzn. odpadních vod obyvatelstva a průmyslu. Velké zdroje znečištění v horním povodí Svratky chybí. Pravděpodobně menší měrou se na znečištění podílejí splachy ze zemědělsky obdělávaných ploch.

Nízké hodnoty pH řeky jsou způsobeny i přirozeně kyselou vodou, která pramení v jehličnatých lesích v horní části povodí. Důvodem nižšího pH v jezerech může být kromě sycení poříční vodou i zrašelinění nivy, ke kterému dochází na některých místech a kde dochází k vyluhování huminových kyselin.

Celkově nízká biomasa fytoplanktonu neposkytuje dostatečnou potravní základnu pro zooplankton. Jeho biomasa je poměrně nízká. Častá je přítomnost velkých druhů např. *Daphnia pulex*. Je zde větší výskyt litorálních druhů perlooček i buchaneč. To je způsobeno tím, že jezera jsou velmi malá a mělká, a litorální druhy jsou přítomny i ve volném vodním sloupci. Vyšší počet zaznamenaných druhů vířníků v jezeru Svratka II. je pravděpodobně dán větší hloubkou jezera a větším objemem volné vody. V jezeru Březiny, které je mnohem mělké a porostlé vodními rostlinami, se vyskytuje vyšší počet druhů ze skupiny Copepoda a to druhů litorálních jako např. *Macrocyclus albidus*, *M. fuscus*, *Megacyclus viridis* a *M. gigas*.

Struktura zooplanktonu a její vývoj během roku je u obou jezer podobný. Ve většině vzorků početně převažují Copepoda v naupliových a copepoditových stadiích

a Cladocera. Převaha velkých druhů zooplanktonu nepřímo ukazuje na to, že jezera jsou buď trvale nebo po určité době bez rybí obsádky. Vyhynutí rybí obsádky v některých obdobích by mohly způsobovat anoxické podmínky v jezerech, ke kterým se koncentrace rozpuštěného kyslíku přibližují v zimních obdobích.

DOPORUČENÍ K OCHRANÁŘSKÉMU MANAGEMENTU

Fluviální jezera v různém stupni zazenění významně zvyšují druhovou i biotopovou diverzitu nivy řeky Svratky. Představují biotopy stojatých vod, které jsou díky častému proplachování v neustálém vývoji.

Místa, kde se jezera nachází, jsou člověkem poměrně málo ovlivněna. Bezprostřední okolí není koseno, proto jsou místa obtížněji přístupná. Nejvhodnějším managementem pro stojaté vody tohoto typu je ponechat je přirozenému vývoji, což se v současnosti děje. Jezera sice postupně zaniknou, ale pokud bude vývoj koryta řeky ponechán rovněž přirozenému vývoji, vzniknou v budoucnu činnostmi toku biotopy stejné kvality. Jiný management ovšem vyžadují dříve kosené nyní ladem ležící vlhké druhově bohaté louky, které v současnosti spontánně zarůstají chřasticí. V poměrně rozsáhlé nivě by bylo možné aplikovat oba typy managementu, důležitý je však zájem vlastníků pozemků a dostatek finančních prostředků. Vyšší ochrana území a potenciální přísun finančních prostředků by měly být zajištěny vyhlášením maloplošného chráněného území kategorie přírodní památka, kterou Správa CHKO Žďárské vrchy dlouhodobě připravuje.

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek vznikl za podpory Grantové agentury Univerzity Karlovy, projekt č. GEO/321/2004 „Biologické hodnocení jakosti vody – srovnávací studie říčních toků a jezer fluviálního původu“, Specifického vysokoškolského výzkumu 2010 – 261 201 a Výzkumného záměru MSM 0021620831 „Geografické systémy a rizikové procesy v kontextu globálních změn a evropské integrace“.

LITERATURA

- BALATKA B. et KALVODA J. (2006): Geomorfologické členění reliéfu Čech. – Kartografie Praha, a.s.
- BUFKOVÁ I. et RYDLO J. (2008): Vodní makrofyty a mokřadní vegetace odstavených říčních ramen horní Vltavy (Hornovltavský luh, NP Šumava). – *Silva Gabreta*, 14 (2): 93–134.
- ČESÁK J. et ŠOBR M. (2005): Metody batymetrického mapování českých jezer. – *Geografie, Sborník ČGS*, 110 (3): 141–151.
- ČERNÝ R. (1994): Vegetace makrofyt tůň a slepých ramen nivy řeky Lužnice a její bonifikační význam. – Ms. [Diser. pr., depon. in: Pedag. fakulta Jihočes. univerzity v Čes. Budějovicích].
- DEMEK J. (1987): *Obecná geomorfologie*. – Academia, Praha.
- DOLEŽALOVÁ P. et LYSÁK F. (bez vrocení): Meandry Svratky u Milov (botanické zastavení). – Nepublikovaný materiál Správy CHKO Žďárské vrchy.
- HRDINKA T., JANSKÝ B. et ŠOBR M. (2003): Genetická klasifikace jezer České republiky. – In: JANSKÝ B. et ŠOBR M. [eds.]: *Jezera České republiky, současný stav geografického výzkumu*. – Katedra fyzické geografie a geoeekologie, PřF UK, Praha.
- CHLUPÁČ I. et al. (2002): *Geologická minulost České republiky*. – Academia, Praha.
- KALFF J. (2002): *Limnology*. – Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- KOLEKTIV AUTORŮ (2000): Jihlavský kraj – signální informace. – Referát regionálního rozvoje OÚ Jihlava, Jihlava.
- KOLEKTIV AUTORŮ (2007): *Atlas podnebí Česka*. – ČHMÚ, Univerzita Palackého v Olomouci, Praha – Olomouc.
- LELLÁK J. et KUBÍČEK F. (1991): *Hydrobiologie*. – Karolinum, Praha.
- PECHAR L. (1987): Use of the acetone – methanol mixture for extraction and spectrophotometric determination of chlorophyll a in phytoplankton. – *Arch. Hydrobiol. Suppl.*, 78, *Algological Studies*, 46: 99–117.
- PECHAR L. et al. (1996): Ecology of pools in the floodplain. – In: PRACH K., JENÍK J. et LARGE A. [eds.]: *Floodplain Ecology and Management*. – SPB Academic Publishing, Amsterdam, 201–209.
- PITHART D., PECHAR L. et MATTSON G. (1997): Summer blooms of raphidophyte *Gonyostomum* semen and its diurnal vertical migration in a floodplain pool. – *Algological Studies*, 85: 119–133.
- PITHART D. (1999): Phytoplankton and water chemistry of several alluvial pools and oxbows after the flood event – a process of diversification. – *Algological Studies*, 95: 93–113.
- PITHART D. et al. (2003): Vodní ekosystémy v nivě. – In: PRACH K., PITHART D. et FRANCIKOVÁ T. [eds.]: *Ekologické funkce a hospodaření v říčních nivách*. – Botanický ústav AVČR – Úsek ekologie rostlin, Třeboň, 37–53.
- PITTER P. (1999): *Hydrochemie*. – VSTL, Praha.
- SCHUMM S. A. (2005): *River Variability and Complexity*. – Cambridge University Press, New York.
- ŠIMEK M. (2008): Hydrologická funkce fluviálních jezer v nivě Horní Lužnice. – Ms. [Dipl. pr., depon. in: PřF UK Praha].
- ŠOBR M. (2007): Jezera České republiky. Fyzickogeografické a fyzikálně-limnologické poměry. – Ms. [Diser. pr., depon. in: PřF UK Praha].

ZDROJE DAT

Český hydrometeorologický ústav
Český statistický úřad
Mišingerová Věra, Městský úřad Žďár nad Sázavou
Databáze LUCC ČR: Databáze projektu Grantové agentury České republiky GAČR 205/09/0995, Regionální diferenciace a potenciální rizika využití ploch jako odraz funkčních změn krajiny Česka 1990–2010 (<http://lucc.ic.cz/>)

MAPOVÉ PODKLADY

Barevné ortofoto ČR (1 m) [online]. GEODIS BRNO, s.r.o., 2005, vytvořeno 2003 [cit. 2007-04-12]. Dostupný z WWW: <<http://geoportal.cenia.cz>>.
A – základní jevy povrchových a podzemních vod : A02 – vodní tok (jemné úseky). In: DIBAVOD [online]. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2006-04-06 [cit. 2007-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.vuv.cz/oddeleni-gis/>>.

PŘÍLOHA: Batymetrická mapa jezera Svratka II.

