

# Vliv rybníků na kvalitu vody VN Jordán v Táboře

JAN POTUŽÁK, JINDŘICH DURAS, RICHARD FAINA, JAN FIŠER

**Klíčová slova:** kvalita vod – fosfor – rybník – povodí

## SOUHRN

Míra eutrofizace vodní nádrže Jordán v Táboře dosáhla na přelomu milénia velmi vysoké úrovně. To významně omezilo její vodárenské i rekreační využití. V letech 2011–2014 proběhlo na nádrži poměrně rozsáhlé odbahnění, v jehož průběhu bylo odstraněno téměř 270 tis. m<sup>3</sup> sedimentů. Od roku 2015 provádí státní podnik Povodí Vltavy komplexní monitoring kvality vody VN Jordán a blízkého povodí. V roce 2017 bylo součástí tohoto monitoringu také sledování 11 rybníků, které byly vyhodnoceny jako potenciálně rizikové z pohledu eutrofizace VN Jordán. Cílem tohoto monitoringu je zjistit, zdali se realizovaná a plánovaná opatření projeví ve zlepšení kvality vody v této vodní nádrži. Doposud pořízené výsledky potvrzují, že pro zachování dobré kvality vody v nádrži i v budoucích letech je nezbytné výrazně snížit vstup fosforu přítoky. Aktuálně by tento požadavek mělo vyřešit vybudování centrální srážecí stanice pro fosfor umístěné na hlavním přítoku VN Jordán. Získané výsledky dále potvrdily, že většina vzorkovaných rybníků je rizikových nejen jako potencionální zdroje fosforu, ale obsahují také významné inokulum fytoplanktonu. Rybníky jsou také zdrojem drobných planktonofágních druhů ryb, které zhoršují celkový efekt biomanipulačních opatření, která jsou realizována v nádrži Jordán.

## ÚVOD

Postupná eutrofizace vodních ekosystémů, projevující se zejména od druhé poloviny dvacátého století, nešetřila ani vodní nádrž Jordán v Táboře [1]. Míra eutrofizace této nádrže dosáhla na přelomu milénia velmi vysoké úrovně, což významně omezilo její vodárenské využití [2]. Projevy eutrofizace, zejména pak výskyt hladinových vodních květů sinic, také negativně ovlivnily i vodní rekreaci. Příčinou těchto negativních změn byl nadměrný přísun živin, zejména pak fosforu, z povodí Košínského potoka [3]. Hlavní podíl na celkovém přísunu fosforu z tohoto povodí mají bodové zdroje komunálního znečištění. Rizikové jsou zejména proto, že hlavní část celkového fosforu přicházejícího těmito zdroji je ve formě fosforečnanového fosforu, který je přímo dostupný pro růst fytoplanktonu (řas a sinic). Nezanedbatelné množství fosforu se do Košínského potoka dostává také z četných hospodářsky využívaných rybníků [4]. Ty v průběhu vegetační sezony generují značnou biomasu fytoplanktonu, ve které je vázáno i významné množství fosforu. Tento fosfor je relativně dobře uvolnitelný (rozklad biomasy) a musíme ho tedy považovat za prakticky stejně rizikový jako fosfor pocházející z bodových zdrojů znečištění.

V letech 2011–2014 proběhlo na nádrži poměrně rozsáhlé odbahnění, v jehož průběhu bylo odstraněno téměř 270 tis. m<sup>3</sup> sedimentů. Součástí odbahnění byla i výstavba nové spodní výpusti, která kromě regulace hladiny v průběhu

povodní může sloužit i ke zlepšování kyslíkových poměrů v hypolimniu nádrže. Z publikovaných prací vyplývá, že před odbahněním se koncentrace celkového fosforu v horních vrstvách sedimentu (0–5 cm) pohybovala v rozpětí od 1,5 do 2,2 mg.g<sup>-1</sup> sušiny [5, 6]. Současně bylo potvrzeno riziko uvolňování tohoto fosforu ze sedimentu [7]. Je tedy zřejmé, že odbahněním došlo i k odstranění nemalého množství rizikového fosforu.

Dalším plánovaným opatřením, které by v blízké budoucnosti mělo řešit otázku nadměrného přísunu fosforu z povodí, je vybudování srážecí stanice pro fosfor na hlavním přítoku VN Jordán [8].

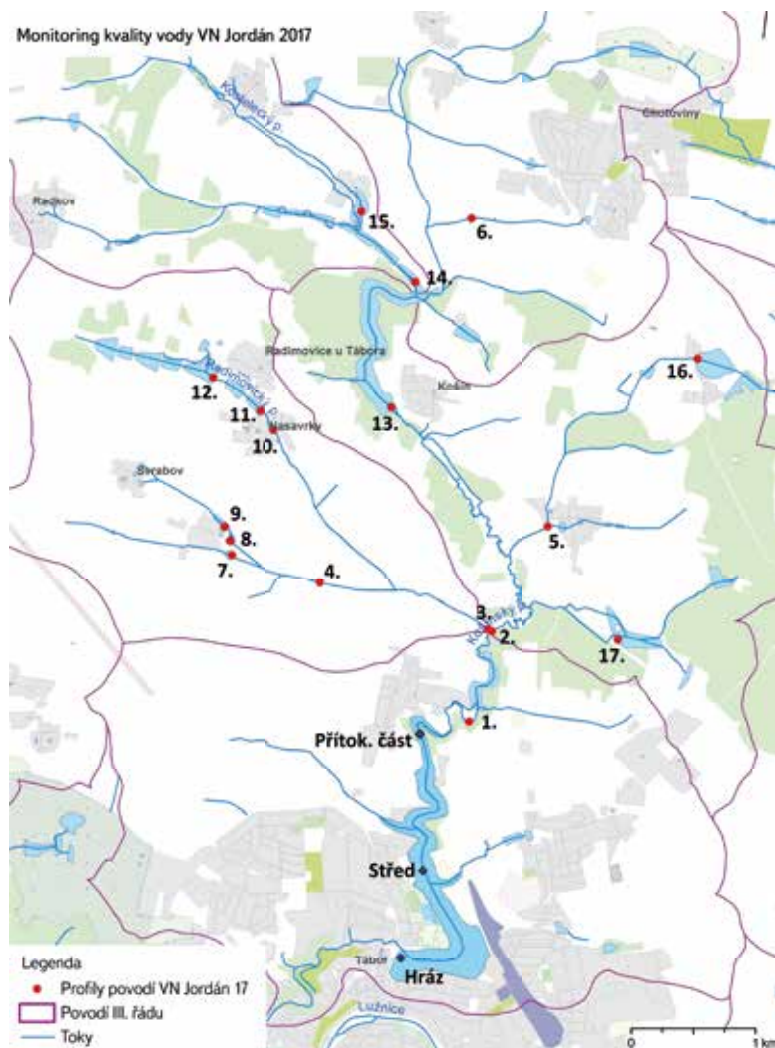
Na otázku, zdali se realizovaná a plánovaná opatření projeví na zlepšování kvality vody, má odpovědět hydrochemický a hydrobiologický monitoring nádrže a jejího blízkého povodí, který provádí od roku 2015 státní podnik Povodí Vltavy. V roce 2017 bylo součástí tohoto monitoringu také sledování 11 rybníků, které byly vyhodnoceny jako potenciálně rizikové z pohledu eutrofizace VN Jordán. Hlavním cílem tohoto příspěvku je představit nejdůležitější výsledky získané v průběhu monitoringu těchto rybníků.

## MATERIÁL A METODY

V uplynulých letech probíhaly odběry vzorků na VN Jordán vždy od dubna do listopadu pravidelně ve čtrnáctidenních intervalech. Odběr byl realizován na třech odběrových profilech, v dolní části nádrže v prostoru u hráze a dále pak ve středu nádrže a v přítokové části (*obr. 1*). V rámci vzorkování bylo na každém odběrovém profilu prováděno zónační měření hlavních fyzikálně-chemických parametrů vody (teplota vody, koncentrace a nasycení vody kyslíkem, konduktivita, pH a oxidoredukční potenciál). Odběr hydrochemických vzorků byl realizován tak, aby reprezentativně postihl vertikální gradient sledovaných parametrů ve výšce uvedených odběrových profilech. V průběhu odběrů byla měřena průhlednost vody pomocí Secchiho desky. Hydrochemická analýza byla zaměřena zejména na sloučeniny fosforu, dusíku, železa, nerozpuštěných a organických látek. V rámci monitoringu byla sledována také sezonní dynamika fytoplanktonu a zooplanktonu v epilimnetické části vodního sloupce.

Monitoring blízkého povodí VN Jordán byl zaměřen zejména na vzorkování hlavního přítoku (Košínský potok) nad a pod nádrží Malý Jordán a dále pak na vzorkování dalších významných přítoků (Radimovický, Svrabovský potok a několik drobných bezejmenných přítoků) v úseku mezi nádrží Malý Jordán a nádrží Košín. Od roku 2017 bylo do monitoringu zařazeno také sledování jedenácti rybníků v povodí Košínského potoka (*obr. 1*). Monitoring rybníků byl v roce 2017 realizován třikrát během vegetační sezony (odběr směsného vzorku v prostoru u hráze). Rozsah sledovaných parametrů byl zacílen zejména na měření základních fyzikálně-chemických parametrů vody a stanovení obsahu sloučenin fosforu, dusíku, železa, nerozpuštěných

a organických látek, chlorofylu-*a* a průhlednosti vody. Doplňkově se odebíraly vzorky fytoplanktonu a zooplanktonu. Pro odhad látkových vstupů do VN Jordán byl odběr vzorků doplněn o měření aktuálního průtoku vody přístrojem FlowTracker (SonTek).

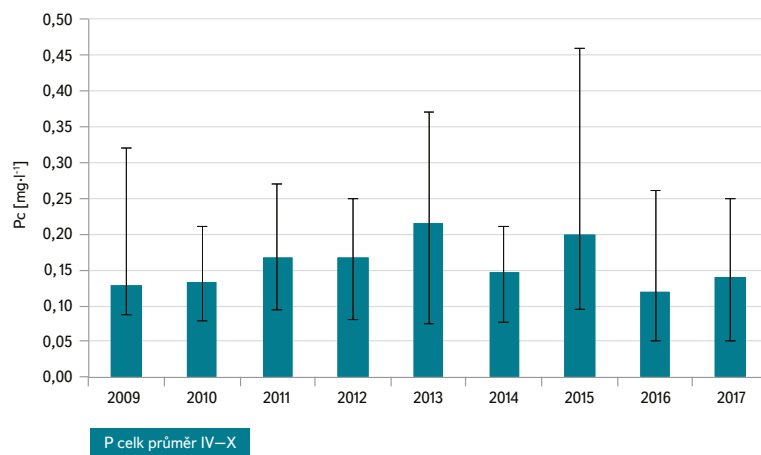


Obr. 1. Schéma znázorňující umístění odběrových profilů na VN Jordán a jeho povodí v roce 2017; 1. Košínský potok pod VN Malý Jordán, 2. Košínský potok nad VN Malý Jordán, 3. Radimovický potok, 4. Svrabovský potok, 5. bezejmenný přítok od Stoklasné Lhoty, 6. bezejmenný přítok od Chotovin, 7. Hejlov Dolní rybník, 8. Hejlov Prostřední rybník, 9. Hejlov Horní rybník, 10. Nasavrky rybník u zastávky, 11. Nasavrky Dolní rybník, 12. Nasavrky Velký rybník, 13. Košín, 14. Košín 2, 15. Liderovice Návesní rybník, 16. Dlážděný rybník, 17. rybník Homolka

Fig. 1. The scheme of water quality monitoring of reservoir Jordán and nearby catchment in 2017; 1. Košínský stream under VN Malý Jordán, 2. Košínský stream above VN Malý Jordán, 3. Radimovický stream, 4. Svrabovský stream, 5. nameless tributary from Stoklasné Lhoty, 6. nameless tributary from Chotovin, 7. Hejlov Dolní pond, 8. Hejlov Prostřední pond, 9. Hejlov Horní pond, 10. Nasavrky pond at the stop, 11. Nasavrky Dolní pond, 12. Nasavrky Velký pond, 13. Košín, 14. Košín 2, 15. Liderovice Návesní pond, 16. Dlážděný pond, 17. Homolka pond

## VÝSLEDKY A DISKUSE

Hlavní riziko pro eutrofizaci VN Jordán představuje přísun fosforu z povodí Košínského potoka. Z porovnání průměrných a maximálních koncentrací celkového fosforu v Košínském potoce na přítoku do VN Jordán za uplynulých devět let (2009–2017) je patrné, že koncentrace se drží na stále velmi vysoké úrovni. Průměrné koncentrace celkového fosforu (P<sub>c</sub>) za vegetační sezonu jsou přinejmenším 5× až 10× vyšší, než je z pohledu dobré kvality vody ve VN Jordán přijatelné (cílová průměrná koncentrace P<sub>c</sub> za vegetační sezonu < 0,020 mg.l<sup>-1</sup>) (obr. 2).



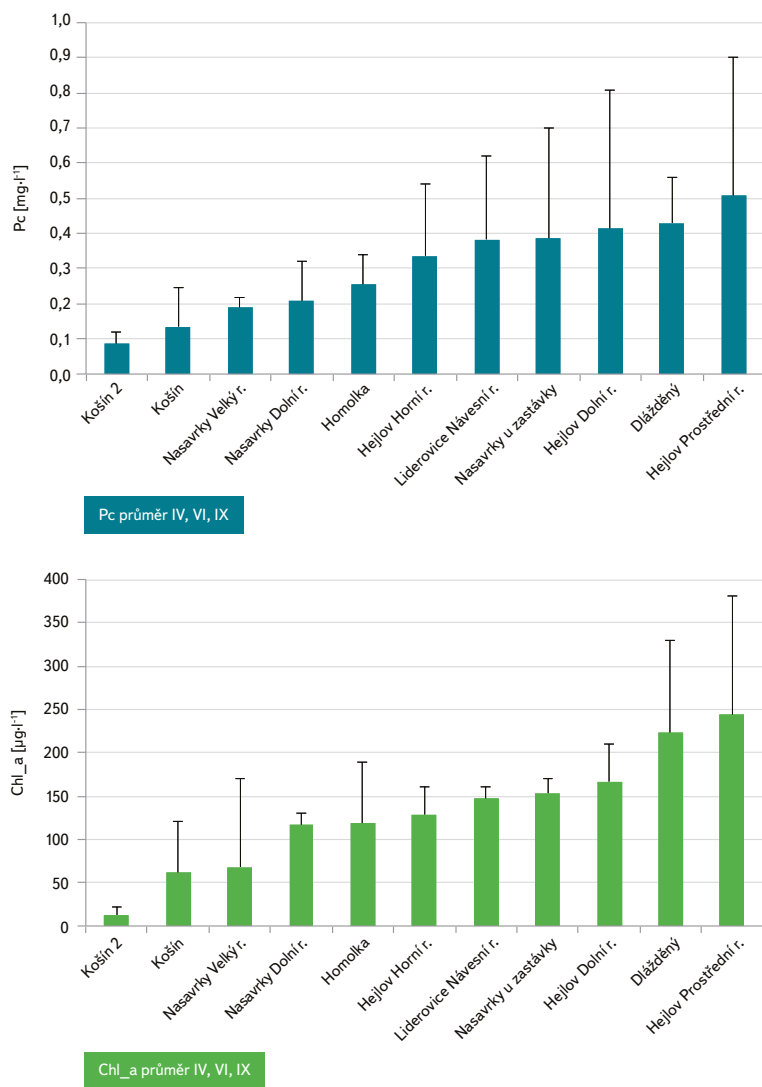
Obr. 2. Průměrné, minimální a maximální koncentrace celkového fosforu (P<sub>c</sub>) za vegetační sezonu (duben–říjen) v Košínském potoce na přítoku do VN Jordán za období 2009–2017

Fig. 2. Average, minimal and maximal concentration of total phosphorus (P<sub>c</sub>) during the vegetation season (April–October) 2009–2017; Košínský stream – inflow of reservoir Jordán

Hlavním zdrojem tohoto fosforu zůstávají komunální odpadní vody. Nemalé riziko však mohou představovat i v povodí hojně hospodářsky využívané rybníky.

V povodí první nádrží rybníčního typu je nádrž Malý Jordán. Jedná se o mělkou, průtočnou nádrž (teoretická doba zdržení ~ 4–5 dní) ležící na hlavním přítoku VN Jordán (Košínský potok). Do konce roku 2014 sloužila tato nádrž k chovu ryb. Hospodařícím subjektem byla společnost ESOX, s. r. o. V roce 2015 bylo Radou města Tábor schváleno odkoupení této nádrže s cílem jejího využití pro zlepšování kvality přitékající vody do VN Jordán.

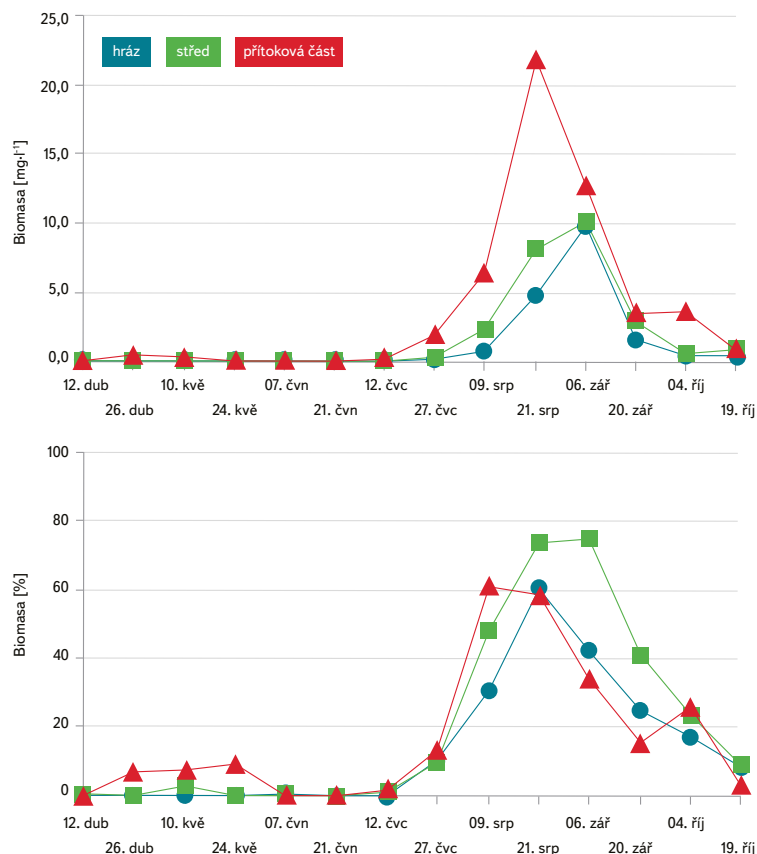
Od roku 2016 je na nádrži Malý Jordán realizován živinově bilanční monitoring s cílem zjistit potenciál této nádrže k zadržování fosforu. Doposud vyhodnocené výsledky ukázaly, že v hydrologických podmínkách roku 2016 (relativně suchý rok s podprůměrnými srážkami) byla tato nádrž schopná zadržet ~ 16 % celkového fosforu (za období duben–říjen). Ve vztahu k teoretické době zdržení se její potenciální retence však měla pohybovat na úrovni 27 %. Naopak v hydrologických podmínkách roku 2017 (relativně suchá první polovina léta, od srpna intenzivní srážková činnost) vykazala tato nádrž za vegetační sezonu prakticky nulovou retenci celkového fosforu. Z porovnání výsledků získaných v uplynulých dvou letech je tedy zřejmé, že význam této nádrže z pohledu retence P vzrůstá v hydrologicky podprůměrných letech. Nádrž Malý Jordán však i přes případné budoucí snahy o nastolení vhodného „protieutrofizačního“ managementu sama o sobě k výraznému snížení vstupu fosforu Košínským potoce do VN Jordán stačit nebude. Role nádrže Malý Jordán bude tedy zejména v tom, že by v budoucnu měla sloužit jako „záchytné místo“, umožňující sedimentaci částic vyflokulovaného materiálu pocházejícího z procesu srážení fosforu v Košínském potoce.



Obr. 3. Průměrné a maximální koncentrace celkového fosforu (Pc) a chlorofylu-a (Chl\_a) v rybnících sledovaných v průběhu vegetační sezony 2017

Fig. 3. Average and maximal concentration of total phosphorus (Pc) and chlorophyll-a (Chl\_a) in investigated fishponds during the vegetation season 2017

Kromě Malého Jordánu jsme v roce 2017 v rámci průzkumného monitoringu odzorkovali také 11 vybraných hospodářsky využívaných rybníků v povodí Košínského potoka, o kterých jsme se domnívali, že mohou představovat přímé eutrofiční riziko pro Košínský potok a následně pak pro vlastní VN Jordán. Získané výsledky potvrdily, že většina těchto rybníků se nachází v silně eutrofním až hypertrofním stavu, kdy průměrné koncentrace celkového fosforu výrazně přesahují 0,2 mg.l<sup>-1</sup>. Nadměrné množství živin se odráží v celkové biomase fytoplanktonu. Průměrné koncentrace chlorofylu-a u více než 72 % rybníků přesahovaly 100 µg.l<sup>-1</sup> (obr. 3). Nejhorší situace panovala na rybnících u obce Hejlov a na rybníce Dlážděný u obce Vrážná. Rybníky u obce Hejlov jsou málo průtočné, organickými látkami a živinami přetížené rybníky, které v případě intenzivní srážkové činnosti (vypláchnutí velkého objemu vody z rybníka) představují nemalé eutrofiční riziko pro VN Jordán. Hlavní míra přetížení je dána zejména vstupem komunálních odpadních vod z obce Hejlov. Tyto rybníky nejsou přímo využívány k produkčnímu chovu ryb. Naopak v pozitivním světle se ukázal vlastní rybník Košín a nad ním ležící rybník Košín 2. Ten vykazoval ze všech sledovaných rybníků v průměru nejnižší koncentrace celkového fosforu i chlorofylu-a (obr. 3).



Obr. 4. Sezonní dynamika biomasy planktonních sinic (mg.l<sup>-1</sup>) a procentuálního zastoupení planktonních sinic v biomase fytoplanktonu

Fig. 4. Seasonal dynamics of the planktonic cyanobacteria biomass (mg.l<sup>-1</sup>) and their frequency (%) in the phytoplankton biomass

Kromě nezanedbatelného množství fosforu představují tyto rybníky také významné inokulum fytoplanktonu pro VN Jordán. Abychom získali alespoň orientační představu o druhovém složení fytoplanktonu ve sledovaných rybnících, bylo v letním a pozdně letním odběrovém termínu ve smíšených vzorcích stanoveno procentuální zastoupení biomasy hlavních taxonomických skupin fytoplanktonu (fluorescenční sonda FluoroProbe (bbe-Moldaenke)). Nejhojnější skupinou fytoplanktonu se ukázaly být zelené řasy. Ty dominovaly na více než 60 % sledovaných rybníků. Sinice a rozsivky byly dominantou shodně na 20 % rybníků.

Získané výsledky potvrdily, že většina vzorkovaných rybníků je rizikových nejen jako potenciaální zdroje fosforu, ale obsahují také významné inokulum fytoplanktonu pro níže ležící VN Jordán. Důkazem je situace, která nastala na Košínském rybníce v srpnu 2017. Dne 13. 8. 2017 došlo k poruše na výpustním objektu rybníka Košín a následkem toho k nekontrolovatelnému odtoku vody z této nádrže do VN Jordán. Odtok vody se podařilo zastavit až 15. 8. 2017. Během tří dnů však odtoklo z Košína bezmála 400 tis. m<sup>3</sup> vody. Na tento neočekávaný přísun vody reagoval provozovatel VN Jordán odpouštěním vody spodní výpustí (cca 1,5 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>). Tento manipulační zásah měl na jednu stranu pozitivní vliv na zlepšení oxidoredukčních podmínek u dna nádrže Jordán. Na druhou stranu však do nádrže přiteklo nemalé množství vody bohaté na fosfor (průměrná koncentrace P<sub>celk</sub> v epilimniu Košína se v průběhu srpna pohybovala kolem 0,2 mg.l<sup>-1</sup>) i na biomasu fytoplanktonu. Z průběhu sezonní dynamiky fytoplanktonu v roce 2017 je patrné, že tato jednorázová „živinová infuze“ výrazně podpořila rozvoj planktonních sinic, které na konci prázdnin tvořily dominantní složku fytoplanktonu v podélném profilu VN Jordán (obr. 4).

## ZÁVĚR

Rybníky obecně mohou být přínosné z pohledu retence živin, zejména pak fosforu. Pokud jsou však dlouhodobě přetěžovány, dílem ze strany komunálních odpadních vod nebo ze strany neúměrně intenzivního rybářského obhospodařování, chovají se přesně opačně a jsou tím pádem rizikové pro eutrofizaci níže ležících vodních ekosystémů. I přestože řada rybníků v povodí není příliš průtočná, mohou představovat významné riziko pro nádrž Jordán. Jedná se zejména o období intenzivní letní srážkové činnosti, kdy může dojít k propláchnutí velkého objemu vody těchto rybníků, které jsou v té době bohaté na živiny i na biomasu fytoplanktonu, a tedy ke značné jednorázové dotaci Jordánu živinami využitelnými pro růst řas a sinic. To má za následek zhoršení kvality vody a zhoršení podmínek pro vodní rekreaci.

Výsledky pořízené od roku 2015 potvrzují, že pro zachování dobré kvality vody ve VN Jordán i v budoucích letech je nezbytné výrazně snížit vstup fosforu přítoky. Aktuálně by tento požadavek mělo vyřešit vybudování centrální srážecí stanice pro fosfor umístěné na hlavním přítoku pod hrází rybníka Košín. Důležité bude vyzkoušet a následně navrhnout optimální dávku koagulátu (síran železitý) s ohledem na významné množství fosforu, které se do VN Jordán dostává z výše položených rybníků ve formě partikulované, vázané v biomase fytoplanktonu. Vybudování srážecí stanice však neznamená, že není nutné problematiku rybníků v povodí VN Jordán i nadále řešit. Důležité bude provést zejména revizi stávajícího způsobu rybářského obhospodařování. Samostatnou kapitolou je minimalizace odnosu fosforu a nerozpuštěných látek v průběhu výlovů. Důraz by měl být také kladen na omezení rozvoje a následného nekontrolovatelného transportu drobných planktonofágních druhů ryb z výše ležících rybníků, který může zhoršit celkový efekt biomanipulačních opatření, která jsou realizována ve vlastní nádrži Jordán. V posledních letech se ukazuje také jako velký problém šíření a výskyt nepůvodních druhů ryb (např. střevlička východní, sumeček americký) v povodí Košínského potoka.

Původní příspěvek byl publikován ve sborníku Rybníky 2018, ISBN 978-80-01-06452-8.

## Literatura

- [1] HEJZLAR, J., BOROVEC, J., MATĚNA, J., PORCAL, P. a ŽALOUĐÍK, J. *Nádrž Jordán v roce 2000, trofie, zdroje živin, možnosti obnovy*. České Budějovice: Hydrobiologický ústav AV ČR, 2000.
- [2] PORCALOVÁ, P. *Nádrž Jordán – celkové posouzení nádrže Jordán jako zdroje pitné vody pro zásobování města Tábor. Zpráva pro Vodovody a kanalizace Jižní Čechy, a. s., 1997.*
- [3] HEJZLAR, J., BOROVEC, J., JAROŠÍK, J. a RŮŽIČKA, M. Koloběh živin v eutrofizované nádrži (Jordán, Jižní Čechy). *Vodní hospodářství*, 2004, č. 9, s. 267–270.
- [4] FAINA, R., BOROVEC, J., ŽALOUĐÍK, J. a BAXA, M. *Studie řešení hospodaření na rybnících v povodí Jordánu*. Třeboň: ENKI, o. p. s., a Biologické centrum AV ČR, v. i., 2009.
- [5] BOROVEC, J., HEJZLAR, J., BRZÁKOVÁ, M., and JAN, J. *Sediments as a dynamic pool of phosphorus in a stratified reservoir*. Proceedings of the XXII<sup>nd</sup> Conference of Danubian Countries on the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management. August 30 to September 2, 2004, Brno, Czech Republic. Czech Hydrometeorological Institute. ISBN 80-86690-19-9, part 5–4.
- [6] BOROVEC, J. and HEJZLAR, J. Phosphorus fractions and phosphorus sorption characteristics of freshwater sediments and their relationship to sediment composition. *Arch. Hydrobiol.*, 2001, vol. 151, No. 4, p. 687–703.
- [7] HEJZLAR, J. a kol. *Nádrž Jordán v roce 2000 – trofie, zdroje živin, možnost obnovy*. Hydrobiologický ústav AV ČR, 2001, s. 1–48.
- [8] BOROVEC, J. *Srážecí stanice fosforu na vtoku do VN Jordán v Táboře – technický podklad pro VZ*. 2015, 23 str.

## Autoři

**Ing. Jan Potužák, Ph.D.<sup>1</sup>**

✉ jan.potuzak@pvl.cz

**RNDr. Jindřich Duras, Ph.D.<sup>1</sup>**

✉ jindrich.duras@pvl.cz

**RNDr. Richard Faina<sup>2</sup>**

✉ faina@enki.cz

**Ing. Jan Fišer<sup>3</sup>**

✉ jan.fiser@mutabor.cz

<sup>1</sup>Povodí Vltavy, s. p.

<sup>2</sup>ENKI, o. p. s.

<sup>3</sup>Městský úřad Tábor, Odbor životního prostředí

Příspěvek prošel lektorským řízením.

## IMPACT OF FISHPONDS ON WATER QUALITY OF THE JORDÁN WATER RESERVOIR IN TÁBOR

**POTUZAK, J.<sup>1</sup>; DURAS, J.<sup>1</sup>; FAINA, R.<sup>2</sup>; FISER, J.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Povodí Vltavy, State Enterprise

<sup>2</sup>ENKI, o. p. s.

<sup>3</sup>Tábor City Office, Department of the Environment

**Keywords:** water quality – phosphorus – fishponds – watershed

High eutrophication is the main factor that has recently disabled the Jordán water reservoir for water supply and recreational purposes. Large-scale dredging of sediments was done between years 2011 and 2014. Thereafter a complex monitoring of water quality has been initiated since 2015. Our results show that high level of eutrophication still persisted. The major sources of phosphorus are point sources (i.e. municipal wastewaters) and fishponds which are situated in the watershed of Jordán. One solution how to restrict an excessive amount of incoming phosphorus is to build a coagulant dosing station on the main inflow to Jordán and simultaneously reduce phosphorus emissions from both municipal wastewaters and fishponds.