

## PIKOSINICE RODU *Merismopedia* V NÁDRŽI JOSEFŮV DŮL – EPIZODA ČI INDIKÁTOR ZMĚN JAKOSTI VODY?

RNDr. Václav Koza, Ing. Luděk Rederer

Povodí Labe, státní podnik, Víta Nejedlého 951 500 12 Hradec Králové, kozav@pla.cz

### ÚVOD

Vodárenská nádrž Josefův Důl, je nejmladším velkým vodním dílem, na kterém státní podnik Povodí Labe hospodaří a které je současně velkou zásobárnou vody využívanou pro pitné účely. Je to nejdůležitější zdroj pitné vody pro krajské město Liberec.

Výstavba vodního díla Josefův Důl začala 1. června 1976 a do provozu bylo uvedeno o deset let později v roce 1986 [6]. Přehradní nádrž je umístěna v centrální části Jizerských hor v nadmořských výškách nad 700 m n. m. Právě horský charakter lokality formuje hydrologický režim a utváří jakost vody. Vedle přirozených faktorů byl vývoj jakostních poměrů v oblasti také ovlivněn lesní kalamitou, kterou v 70. a 80. letech minulého století způsobily kyselé imise.

### Tabulka 1. Základní údaje o nádrži Josefův Důl

Uvedení do provozu	Provozní hladina	Objem při provozní hladině	Maximální hloubka	Zatopená plocha	Plocha povodí	Tok	Průtok (průměr)
1986	732,00 m n. m.	20 mil. m <sup>3</sup>	38 m	138 ha	20 km <sup>2</sup>	Kamenice	0,76 m <sup>3</sup> /s

Při uvedení vodárenské nádrže do provozu, v období vrcholící acidifikace, se hodnoty pH na přítocích i v samotné nádrži pohybovaly kolem hodnoty 4,8 [8] [11]. Přitoky byly bez ryb a opakované pokusy o zarybnění nádrže nebyly úspěšné. Množství organických látek dle  $CHSK_{Mn}$  se na přítocích pohybovalo v oblasti od 3 do 7 mg/l. V samotné nádrži byly koncentrace  $CHSK_{Mn}$  stabilnější a hodnoty se pohybovaly nejčastěji v intervalu od 2 do 3 mg/l. Oživení drobnými organizmy (zooplankton a fytoplankton) bylo velmi chudé a odpovídalo charakteru oligotrofní až dystrofní nádrže. Zooplanktonnímu společenstvu dominovaly vznášivky (*Eudiptomus*) a drobné perloočky rodu *Ceriodaphnia*. Počty řas nepřesahovaly 300 buněk v ml a v druhově chudém společenstvu byly především obrněnky (rody *Peridinium*, *Gymnodinium*, *Hemidinium* a *Katodinium*) a skrytěnky (rod *Cryptomonas*).

### ZMĚNY

V 90. letech minulého století se však postupně přírodní podmínky v Jizerských horách mění. S poklesem energetických exhalací se také zmírnil vliv kyselých dešťů [7]. Zvyšující se hodnota pH je příznivým stimulem k postupné obnově těžce postiženého horského lesa. Příznivější hodnota pH i vyšší alkalita povrchové vody umožnila návrat ryb a to nejdříve do řeky Kamenice pod hrází. Tím byl vyslán důležitý signál, že další pokus o zarybnění nádrže by již mohl být úspěšný. V roce 1999 správce nádrže vysadil do nádrže 1000 kusů sivena amerického z líhně v Jablonci nad Nisou. Následná opakovaná vysazování sivena posílilo populaci natolik, že od roku 2001 zde žije

přirozeně se reprodukcující rybí obsádka. Od podzimu 2011 se v nádrži také hojně vyskytuje střevle potoční.

Obnova lesa, návrat ryb i posuny v druhové a množstevní skladbě hydrobiontů mají hlubší příčiny ve změnách celkového chemismu vod.

Již několikrát zmíněná hodnota pH se na hlavních přítocích zvedla z původní úrovně kolem 5 až do neutrální oblasti. V letním období jsou zaznamenány dokonce i hodnoty vyšší než 7. Takový trend nezůstal bez odezvy ani v samotné nádrži a je zaznamenán vzestup minimálních hodnot až do úrovně 5,8. Hodnoty pH v nádrži bývají diferencovány jak v prostoru, tak i v čase. V letním období jsou při hladině v posledním období zaznamenávány i hodnoty kolem 6,2.

Zvyšující se alkalita i hodnota pH v povodí nádrže omezuje vyplavování hliníku. Před třiceti lety byly na přítocích zaznamenávány vysoké koncentrace, které přesahovaly i 1mg/l. Takto vysoké hodnoty již dnes na hlavních přítocích do nádrže nenaměříme. Nyní jsou na přítocích běžné koncentrace hliníku v úrovních 200 – 300 µg/l. Snížený odtok hliníku z povodí vygeneroval také významný pokles koncentrace hliníku i v samotné nádrži, kde došlo k poklesu z dříve obvyklých hodnot kolem 400 µg/l na poloviční úroveň.

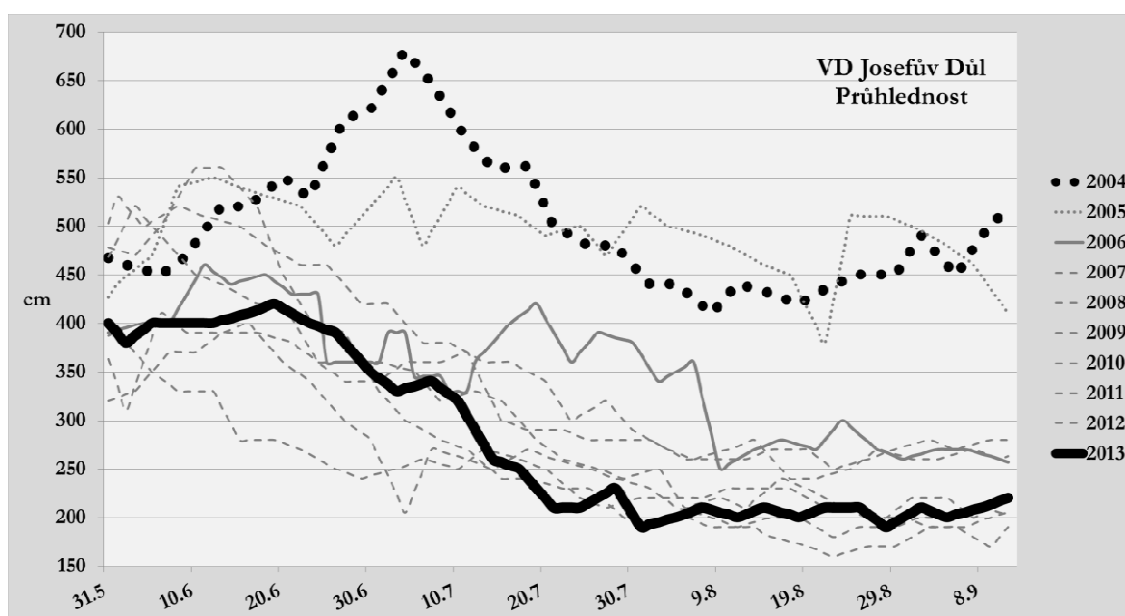
Snížení obsahu hliníku vyvolává procesy, které byly již dříve popsány například na nádrži Karhov [10]. Hliník je element, který váže velmi účinně fosfor. Fosfor vázaný v komplexech s hliníkem je špatně využitelný pro zelené organizmy. Hliník tedy působí jako regulační prvek omezující nežádoucí nadměrný rozvoj řas a sinic. Podobnou roli v ekosystému ve vztahu k fosforu sehrává také železo. Jeho vlastnosti, včetně vazeb s fosforem, však jsou proměnlivé a silně závislé na vývoji oxidoredukčních poměrů. Tím se prostředí, ve kterém má určující roli železo stává méně stabilní a regulace dostupného fosforu méně účinná. S poklesem koncentrace hliníku, při stálé úrovni koncentrace železa, je tedy pravděpodobný častější výskyt volného fosforu ve vodním sloupci. S větším úbytkem kyslíku v hlubších vrstvách nabývá takový vývoj širších rozměrů a podmínky k udržení nezávadné nízké úrovně primární produkce se prudce zhoršují.

Pokles koncentrace hliníku ve vodách Jizerských hor však není jediný fenomén, který usnadňuje autotrofním organizmům přístup k jejich základnímu nutrientu. S regenerací vegetačního pokryvu, nastala v horském povodí nádrže Josefův Důl velká poptávka po dalším důležitém nutrientu – dusičnanovém dusíku. V oblasti přirozeně chudé na tento zdroj dusíku, nastává v posledním období jeho skutečný nedostatek. Ve vodách odtékajících z oblasti jsou zjišťovány pouze desetiny původního obsahu. V porovnání s koncentracemi kolem 2 mg/l obvyklými kolem roku 1986, se dnešní hodnoty koncentrace N-NO<sub>3</sub> pohybují v intervalu od pouhých 0,2 do 0,4 mg/l. V samotné nádrži došlo v průběhu dvou desetiletí k poklesu z 1,5 mg/l na pouhé 0,1 – 0,2 mg/l. A jsou zaznamenány i stavy s koncentracemi pod mezí stanovitelnosti [11]. Zdánlivě se může jednat o pozitivní jev, který by měl působit proti rozvoji vodních řas a sinic. Pro autotrofní organizmy je však limitující přítomnost dostupného fosforu. Dle logicky zpracované hypotézy není obsah dusičnanového dusíku důležitý pro autotrofy ani tak jako živina jako spíše tzv. „oxidoredukční pufr“ [10]. Je-li dusičnanový dusík přítomen ve vodním prostředí v dostatečné míře, bude při poklesu kyslíku redukována především tato látka (na dusitany, amoniak a posléze i volný dusík). Při jeho nedostatku a minimální úrovni denitrifikace je nutné očekávat především redukcí železa. Vazba redukovaných sloučenin železa s fosforem není pevná a podle podmínek je reverzibilní. Z toho vyplývá riziko vzestupu dostupných forem fosforu a vytvoření podmínek, které jsou příznivé pro rozvoj řas i sinic.

Vzájemná dynamika rozpustných a nerozpustných forem železa, byla na nádrži Josefův Důl hodnocena v průběhu roku 2013. I z poměrně krátké řady výsledků lze vyvodit, že výše popsané proměny vazeb železa s fosforem, se odehrávají i na této nádrži. Na počátku vegetačního období (konec května) za dobrých kyslíkových poměrů byl poměr rozpuštěného a nerozpuštěného železa přibližně 1:1 i ve velké hloubce. V srpnu, kdy kyslíkatost poklesla k 50%, se ve větší hloubce zvýšil obsah rozpuštěného železa na úroveň cca 80 – 100% veškerého železa. Je tedy zřejmé, že mechanismy, které poutají fosfor byly hodně oslabeny.

Nádrž i povodí nádrže jsou hodně chudé na fosfor. Koncentrace se pohybují na úrovni 10 mikrogramů a tato hodnota byla donedávna i mezi stanovitelnosti vodohospodářských laboratoří správce nádrže. Výjimečně jsou na přítocích zaznamenány dvojnásobné koncentrace. Ovšem i malá množství fosforu v dlouhodobém horizontu zvolna zvyšují eutrofní potenciál této oligotrofní nádrže. S poklesem koncentrace hliníku se mění přirozené regulační nástroje a zvyšuje se riziko nadměrného výskytu autotrofních organismů. Do této mozaiky faktorů, které podporují vzestup rostlinám dostupného fosforu je zřejmě nutné také zahrnout tzv. „ichtyoeutrofizaci“. Jedná se zatím v místních podmínkách o hypotetické, obtížně měřitelné obohacování vodního sloupce fosforem. Zdrojem takového fosforu je potrava ryb (včetně náletu) a následné vylučování exkrementů do volné vody, tj. v místech, kde je snadno využitelný rostlinami.

Pozorované tendence ve vývoji chemismu vody však již vyústily do zřetelných změn fyzikálních a biologických charakteristik. Výrazně se změnila optická vlastnost vody. A to jak barva, tak především průhlednost. Na obrázku č. 1 je dobře patrné, jak počínaje rokem 2006 se na nádrži Josefův Důl, zejména v průběhu vegetačního období, snížila průhlednost. Z úrovní, které od roku 2002 neklesaly pod 4 m a často byla měřena šestimetrová průhlednost, je pozorován nástup dlouhodobého poklesu; dokonce pod 2m. Tento vývoj nelze přisuzovat jen zvýšeným teplotním poměrům, zaznamenaným zejména v posledním decenniu. Zvýšené teploty vody ve vegetační sezóně jsou pozorovány i na sousední nádrži Souš, ale zde snížení průhlednosti nebylo zjištěno [11]. Příčinu zhoršené průhlednosti na Josefově Dole vidíme právě ve výše popsaných souvislostech, které se na nádrži manifestovaly v podobě dříve nepozorovaného jevu - rozvoje pikoplanktonních sinic.



**Obr. 1. Parametr průhlednost - výrazné zhoršení v průběhu vegetačního období po roce 2006**

## PIKOSINICE

V roce 2006 byl poprvé na obou nádržích zaznamenán výskyt pikosiníc rodu *Merismopedia*. Na nádrži Souš vhodné podmínky k přežití zřejmě sinice nenalezly a brzy zde vymizely. Jinak tomu však bylo na nádrži Josefův Důl. Zde byly zaznamenávány od srpna do října 2006 v počtech 40 až 80 tisíc buněk/ml. V roce 2008 již byly v srpnu při hladině zjištěny počty přesahující 300 tisíc buněk/ml. Podobná situace byla i v roce 2009. V těchto letech na konci vegetačního období pikosinice vždy téměř vymizely. Proto během podzimní cirkulace, kdy je homogenizován celý vodní sloupec, již vodárenský odběr umístěný cca 20 m pod hladinou nebyl jejich výskytem ovlivněn.

Překvapivý vývoj však byl zaznamenán v lednu 2011, kdy podzimní vymizení sinic nenastalo a hluboko pod ledovým příkrovem byly zaznamenány vysoké počty (cca 100 tisíc buněk/ml). Sinice ve významném množství procházely se surovou vodou na úpravnu vody. Na žádost pracovníků akciové společnosti SČVK Teplice byla zahájena dlouhodobá pravidelná monitorovací kampaň s měsíčním krokem hodnocení. Cílem bylo posoudit dynamiku tohoto dříve na nádrži nepozorovaného jevu a pokusit se popsat okolnosti, které vedou k nežádoucímu oživení nádrže. Vzhledem k požadované frekvenci pozorování bylo nutné přizpůsobit monitorovací metody i zimním podmínkám (viz obr. 2).



**Obr. 2. Monitorovací souprava pro zimní měření na nádrži Josefův Důl**

Výskyt pikosinic rodu *Merismopedia* byl průvodním jevem prakticky po celý rok 2011. Nejméně jich bylo zjištěno v květnu, kdy se objevovaly pouze v horních vrstvách v maximálním počtu 25 tis. buněk/ml. Bylo zajímavé, že měření pod ledem ukázalo nejvyšší počty ve středních a největších hloubkách. Například v únoru v hloubce 25 m bylo 120 tis buněk/ml, ale v hloubce 2 m bylo pouze 40 tis. buněk/ml. Maximálního rozvoje dosáhly pikosinice v září, kdy se v horních vrstvách objevily i v počtech 400 tis. buněk/ml.

Také leden 2012 byl ovlivněn přežívajícími počty z minulého podzimu. Pikosinice se v lednu opět vyskytovaly v celém objemu, ale v počtech již značně nižších (do 30 tis. buněk/ml). Poté byl až do července 2012 zaznamenáván hluboký pokles početnosti. V letním období byla biomasa pikosinic vázána především do svrchních vrstev. Postupně abundance rostla a v říjnu ve vodním sloupci až do hloubky kolem 15 metrů byly zjištěny počty kolem 200 tis buněk/ml. Rozvoj pikosinic vyvrcholil v prosinci 2012, kdy prakticky v celém objemu se počty buněk pohybovaly v počtech od 400 do 500 tis/ml. V zimě i na jaře 2013 nastával postupný útlum početnosti populace a v květnu nebyly pikosinice zaznamenány prakticky vůbec. V srpnu pak byl zaznamenán explozivní nástup s abundancí dokonce nad 800 tis buněk/ml. Ale výskyt byl omezen jen na eufotickou vrstvu do hloubky 8 metrů. Poté následoval opět rychlý ústup, který vyústil v absenci sinic od prosince 2013 až do března 2014.

## ZÁVĚREČNÁ ÚVAHA

Zvýšený rozvoj fytoplanktonu zaznamenaný v posledních sedmi letech na Josefově Dole je výslednicí několika postupných procesů, jež jsou na nádrži a jejím povodí popsány a zdokumentovány. Lze jen stěží stanovit míru jejich uplatnění na celkových změnách, ale jejich vývojové tendence se již markantně projeví.

Recentně se zvýšila míra tepelného, ale i světelného požitku. Mění se poměry bilančních toků některých látek a s tím i celkový chemismus hydrického prostředí. Zjevným indikátorem změn je i návrat rybích společenstev. Méně patrné, ale svým významem stejně zásadní jsou změny v druhovém zastoupení drobných živočichů či rostlin [12]. S tím souvisí až explozivní rozvoj druhů, které dokáží využít zdánlivě nepatrný vzestup dostupnosti živin či růst potravní nabídky. Epizoda pikosinic rodu *Merismopedia* je možná za námi, ale nástup jiného nežádoucího jevu vyplývajícího z popsaných změn je hodně pravděpodobný.

Příliš alternativ jak pozitivně ovlivnit nastoupené změny nemáme. Zbývá se jim přizpůsobit a kontinuálně je sledovat vhodně nastaveným monitoringem. Nedávno byla již zahájena realizace řady opatření, která přímo reagují na pozorované změny. Mezi ně určitě patří probíhající rozsáhlá rekonstrukce technologie na úpravě vody v Bedřichově. Se stejným cílem, byť na opačné straně vodního kontinua, byla v loňském roce technologicky řešena eliminace dvou nejvýznamnějších antropogenních zdrojů fosforu v povodí. Odpadní vody z Prezidentské chaty jsou zaústěny do půdní infiltrace a na zámečku Nová Louka bylo instalováno dlouho připravované srážení fosforu na ČOV.

## Literatura

- [1] GESSNER F., *Das Plankton der Isergebirgstalsperren*, Jahrb. d. Naturfreunde in Reichenberg, 1925, 48: 51-69
- [2] GESSNER F., *Die Biologie der Mooreseen. Untersucht an den Moortalsperren des Isergebirges*, Archiv Hydrobiologia, 20:, 1929, 1 – 64.
- [3] ŠIMEK Z., *Rybářství na tekoucích vodách*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha 1954, 1. vydání, 442.

- [4] LHOTSKÝ O., *Dystrofní údolní nádrže Jizerských hor*, Vodní hospodářství 5:, 1963, 166 – 168.
- [5] PERMAN J., LHOTSKÝ O., *Über das Vorkommen von Wasserblüten in einigen Wasserbecken Nordböhmens*, Sborník VŠCHT, Technologie vody, Praha, 1963, 305 – 327.
- [6] CHLUM A., *Vodní dílo Josefův Důl*, Státní zemědělské nakladatelství Praha 1978.
- [7] KŘEČEK J., *Vodohospodářská funkce lesa v Jizerských Horách*, Sborník XXI Teplické vodohospodářské aktuality, ČSVTS SČVaK Teplice, 1988, 171 – 181.
- [8] KUCHAROVÁ M., KUCHAR M., *Srovnání a vývoj kvality surových vod v nádržích Souš a Josefův Důl a problémy související s jejich úpravou.*, Sborník 1. celostátní konference Nádrže jako zdroj pitné vody, ČVTS České Budějovice 1990, 99 – 112.
- [9] DUSCHER K., *Untersuchungen zur Schwermetallbelastung im Sediment der Talsperre Souš*, Institut für Geographische Wissenschaften, Freien Universität Berlin, 1997, 123 ss.
- [10] DURAS J., Přehradní nádrže a kvalita vody. Už nemusíme vápnit ani zápasit s dusičnany. Veronica číslo 3, XXIV ročník 2010, 1 – 4,
- [11] KOZA V, REDERER L., *Vodárenské nádrže Jizerských hor kvalita vody a její změny*, Sborník vodní nádrže 2013 25. – 26. září 2013, Brno, Česká republika. Kosour, Dušan ed Brno, Povodí Moravy, s.p. 2013, 104 – 108,
- [12] HOŘICKÁ Z., BÍMOVÁ T., PROCHÁZKOVÁ L., STUHLÍK E., VONDRÁK D., *Biological recovery of reservoirs in the Jizera Mountains, the Czech Republic, from acidification*, Proceedings of the 28<sup>th</sup> Task Force meeting of the ICP Waters Programme in Verbania Pallanza, October 8 – 10. 2012, ICP Waters Report 112/2013, NIVA Oslo, 27 – 30,