

**FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ PARAMETRY VYBRANÝCH
RYBNÍKŮ JIŽNÍ MORAVY A VYSOČINY**
PHYSICAL AND CHEMICAL PARAMETERS OF SELECTED PONDS IN
SOUTHERN MORAVIA AND VYSOCINA REGION

**Radovan Kopp^{1✉}, Tomáš Brabec¹, Lucie Plišťáková¹, Jan
Mareš¹**

1 Mendelova univerzita v Brně, Ústav zoologie, rybářství, hydrobiologie a včelařství, Zemědělská 1,

613 00 Brno

✉ fcela@seznam.cz

Abstract

During the vegetative period (April–October) of the years 2005–2014 hydrochemical monitoring of selected ponds located in Southern Moravia and Vysocina region with different intensity of fishery management and water pollution was carried out. Content of dissolved oxygen, pH, conductivity and water transparency were monitored directly at sampling place and content of total nitrogen, total phosphorus, total organic carbon, N-NH_4^+ , N-NO_2^- , N-NO_3^- , P-PO_4^{3-} , acid neutralization capacity, chemical oxygen demand, biological oxygen demand and concentration of chlorophyll-a were measured in hydrochemical laboratory. Higher pollution of water and higher fish stock caused decreasing of water transparency values, higher values of organic matter and nitrogen compounds, and a high fluctuation of values pH and dissolved oxygen.

Keywords: fish pond, eutrophication, chemism of water

1 ÚVOD

Rybářsky obhospodařované rybníky patří k nejběžnějším typům stojatých vod v ČR a mají důležitou hydrologickou funkci v ekosystému celé krajiny. V minulosti především extenzivní způsob hospodaření na rybnících byl od padesátých let minulého století postupně intenzifikován, kdy vysoké dávky krmiv a hnojiv spolu se zhuštěnými obsádkami ryb vedly ke znatelným změnám ve struktuře a dynamice vodních ekosystémů.

Naprostá většina našich rybníků se nachází v určitém stupni eutrofie. Mezotrofní a oligotrofní rybníky s nízkou biomasou primární produkce jsou na našem území vzácností. Typickým stavem je v průběhu dne vysoké přesycení rozpuštěným kyslíkem, vysoká hodnota pH a nízký obsah CO_2 u hladiny, který je spojený, v důsledku intenzivních rozkladných procesů, s nedostatkem kyslíku a vyšším obsahem iontů fosforu, železa a amoniakálního dusíku u dna rybníka, což vede k celkové destabilizaci rybníčních ekosystémů [1], [2], [3].

Kapr obecný (*Cyprinus carpio* L.) je nejběžnější chovanou rybou v rybnících ČR. Vysoké obsádky kaprovitých ryb mají přímý vliv na výši primární produkce, složení planktonního společenstva a tím i na koncentraci fyzikálně-chemických parametrů vody. Kapr v intenzivních chovech svým tlakem na potravu dna snižuje průhlednost vody a způsobuje vzrůst koncentrace základních biogenů uvolněných ze sedimentu do pelagiálu vod. Tento vliv kaprovitých ryb je nejpatrnější v mělkých nádržích [4], [5].

Stanovit míru vlivu jednotlivých činností na kvalitu vody rybníků je vzhledem k nedostatku informací o vnosu znečišťujících látek velmi problematické. Hlavní příčinou vysokých koncentrací nutrientů v sedimentech rybníků je eroze zemědělsky obhospodařované půdy a přítok na nutrienty bohatých vod z ČOV. Problematické jsou především zvýšené průtoky (povodně), kdy není část odpadních vod vůbec čištěna a rovněž častá praxe ČOV – vypouštění část aktivovaného kalu do toků.

Vliv vlastního rybářského hospodaření na zvyšování obsahu nutrientů v sedimentech rybníků je většinou, vzhledem k hlavním uvedeným vstupům znečištění, výrazně nižší. V některých případech ale může být i obsah nutrientů v důsledku rybářského hospodaření vyšší v důsledku nadměrného krmení a hnojení [3], [6].

2 MATERIÁL A METODIKA

2.1 Popis sledovaných lokalit

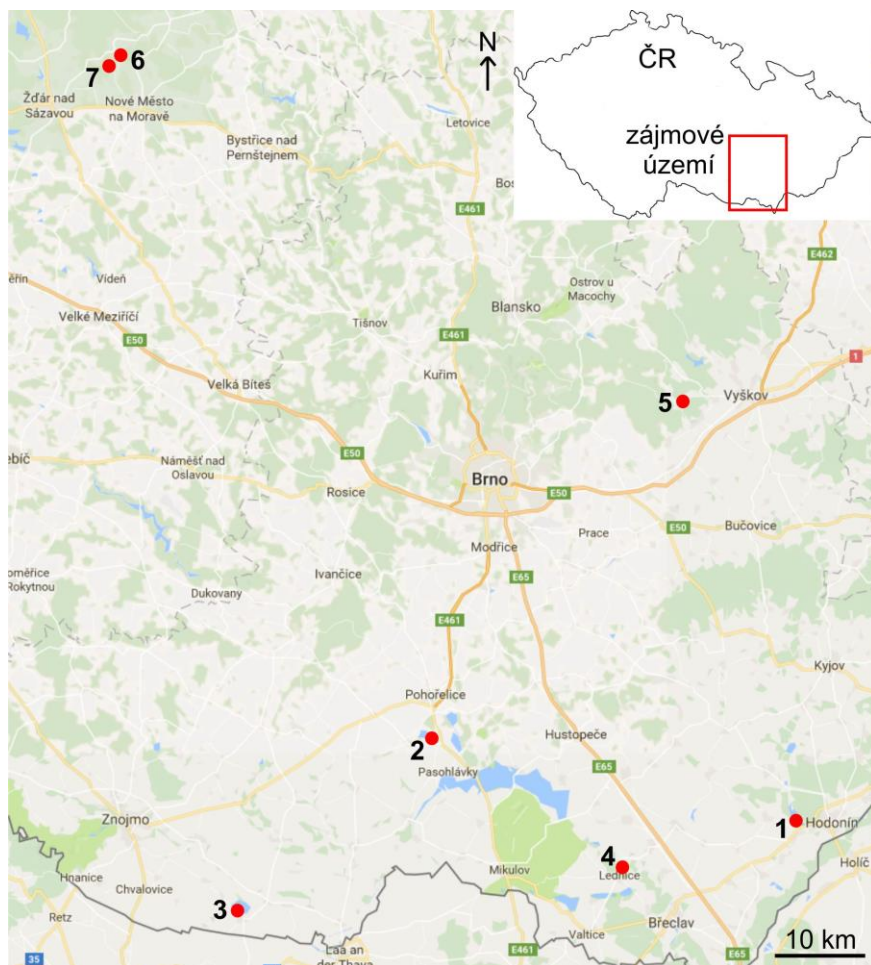
Všechny sledované rybníky (Dvorský, Novoveský, Jaroslavický, Zámecký, Pístovický, Medlov a Sykovec) patří k typickým mělkým nádržím s bahnitým sedimentem, trofický stupeň od eutrofie až po hypertrofii (mapa č. 1).

Dvorský rybník je situován západně od Hodonína v nadmořské výšce 170 m a vodní plocha dosahuje rozlohy 29,9 ha. Rybník je využíván k intenzivnímu chovu ryb s kaprem jako hlavním chovaným druhem a je loven každoročně.

Novoveský rybník je situován jižně od Pohořelic v nadmořské výšce 175 m a vodní plocha dosahuje rozlohy 138,7 ha. Rybník je napájen Olbramovickým potokem a říčkou Miroslavkou. Rybník je využíván k intenzivnímu chovu ryb s

kaprem jako hlavním chovaným druhem. Rybník je loven zpravidla 1x za dva roky (dvouhorkový systém chovu).

Rybník Jaroslavický dolní leží na jižní Moravě, jihovýchodně od Znojma v nadmořské výšce 188,6 m. Napájen je Mlýnským náhonem z řeky Dyje. Na rybníce o výměře 188,7 ha je prováděn polointenzivní chov ryb v jednohorkovém systému. Je pravidelně jedenkrát za dva roky zimován.



Obr 1 Mapa zájmového území s vyznačením sledovaných rybníků. 1 – Dvorský rybník, 2 – Novoveský rybník, 3 – Jaroslavický rybník, 4 – Zámecký rybník, 5 – Pístovický rybník, 6 – rybník Medlov, 7 – rybník Sykovec

Zámecký rybník o velikosti 30 ha se nachází na Jižní Moravě u hranic s Rakouskem v katastrálním území města Lednice na Moravě v nadmořské výšce 165 m. Zámecký rybník je od roku 2004 bez nasazované obsádky ryb.

Pístovecký rybník leží v nadmořské výšce 295 m u obce Pístovice západně od města Vyškov. Vodní plocha dosahuje rozlohy 11,0 ha a slouží převážně k odchovu násady kapra a dravých ryb.

Rybník Medlov leží v nadmořské výšce 700 m pod rybníkem Sykovec. Na rybníku o výměře 28,5 ha je prováděn polointenzivní chov ryb v jednohorkovém systému.

Rybník Sykovec leží na Českomoravské vrchovině, severovýchodně od Žďáru nad Sázavou v nadmořské výšce 740 m. Je napájen vodou z potoka Medlovka, který pramení 250 metrů před ústím do rybníka v převážně v jehličnatém porostu. Na rybníku o výměře 17,2 ha je prováděn polointenzivní chov ryb v jednohorkovém systému.

2.2 Stanovení sledovaných parametrů

Vzorky vody pro chemické analýzy byly odebírány u výpustního zařízení jednotlivých rybníků do 1 litrových plastických vzorkovnic 20 cm pod hladinou. Odběry vzorků vody a měření fyzikálně chemických parametrů přímo na místě odběru probíhalo vždy v rozmezí mezi 7 až 12 hod. Vzorky byly odebírány v průběhu vegetačního období přibližně v měsíčním intervalu od dubna do října (u dvouhorkového hospodářského cyklu) nebo do výlovu rybníka.

Základní fyzikálně-chemické parametry (nasycení vody kyslíkem, pH a teplota vody) byly stanovovány pomocí přístrojů německé firmy WTW Oxi 340i a pH 340i, od roku 2008 pomocí přístroje HACH HQ 40D (Hach–Lange, Colorado, USA). Ke stanovení měrné vodivosti byl použit Conductivity meter Conmet 1 americké firmy Hanna Instruments automatickou teplotní korekci na 25 °C. Průhlednost vody byla stanovována Secchiho deskou. Chlorofyl a byl stanovován dle platné české normy extrakcí do ethanolu [7]. Další uvedené chemické parametry byly stanovovány standardními postupy [8].

3 VÝSLEDKY A DISKUZE

Výsledky dlouhodobého monitoringu sledovaných rybníků jsou uvedeny v tabulkách 1 až 3 a na obrázku 2. Uvedené výsledky je třeba posuzovat s ohledem na rychlou dynamiku chemizmu mělkých rybníků, kterou měsíční interval monitoringu není schopen celkově zachytit. I přes tento handicap je víceleté sledování vývoje základních fyzikálně-chemických parametrů poměrně dobrým ukazatelem kvality vody a jejich změn.

Tab. 1 Základní fyzikální parametry sledovaných rybníků a hodnota chlorofylu a v průběhu vegetačních sezón let 2005-2014. (uvedena je průměrná, minimální a maximální hodnota za sledované období)

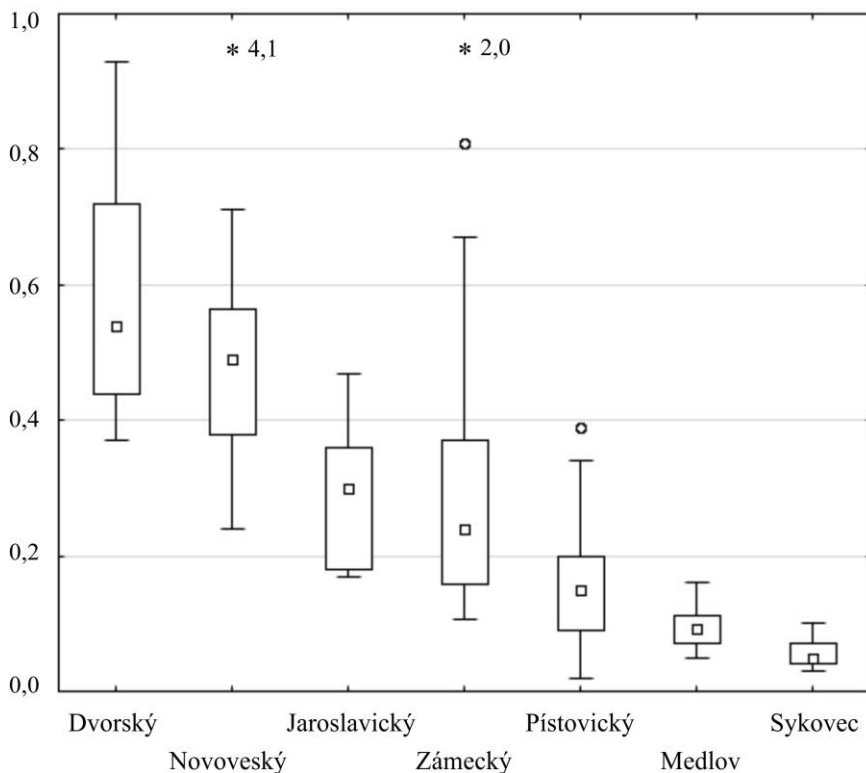
Lokalita	Průhlednost	pH	O ₂	Vodivost	Chlorofyl a
	cm		%	mS.m ⁻¹	µg.l ⁻¹
Dvorský (2005-2013)	22 10 – 40	8,63 7,7 – 9,5	83 38 – 138	71,1 43,2 – 89,1	353,6 107 – 876
Novoveský (2005-2012)	32 0 – 90	8,75 7,5 – 10,0	99 6 – 181	92,2 43,8 – 123	382,1 56 – 616
Jaroslavický (2007-2010)	27 15 – 50	8,44 7,1 – 9,6	100 32 – 140	34,9 18,4 – 40,1	181,8 53 – 361
Zámecký (2005-2014)	55 20 – 195	8,95 7,5 – 10,1	115 46 – 213	51,7 35,8 – 70,1	149,7 15 – 562
Pístovický (2009-2013)	56 20 – 170	8,19 6,4 – 9,4	63 4 – 157	34,1 26,3 – 44,2	67,7 1 – 288
Medlov (2008-2010)	90 50 – 150	7,19 5,8 – 9,4	101 70 – 145	9,9 8,8 – 11,8	68,9 15 – 200
Sykovec (2008-2010)	129 65 – 210	6,93 5,9 – 8,1	96 61 – 117	7,8 7,1 – 9,4	25,1 2 – 64

Jedním z poměrně snadno stanovitelných parametrů, který ukazuje na výši oživení vody je její průhlednost (Tab. č. 1). Vzhledem k požadavkům na vyšší kvalitu vody je žádaná hodnota nad 50 cm, která je často uváděna v plánech péče o rybníky s různým stupněm ochrany přírody. Z námi sledovaných rybníků tuto hodnotu ve všech měřeních splňují pouze rybníky z Vysočiny, z chladnější oblasti a nízkou hodnotou pH, které omezují rozvoj fytoplanktonu. Svoji roli hraje i nižší produkce ryb, která se ve sledovaných letech pohybovala v rozmezí 200 až 400 kg.ha⁻¹ u rybníka Sykovec a 400 až 600 kg.ha⁻¹ u rybníka Medlov.

Přibližně stejná produkce ryb jako u rybníka Sykovec byla i u rybníka Pístovický, který má ale díky nižší nadmořské výšce a alkaličtější hodnotě pH mnohem lepší podmínky pro rozvoj fytoplanktonu. To se projevilo i na nižších hodnotách průhlednosti vody. Zámecký rybník má stejnou průměrnou hodnotu průhlednosti vody jako rybník Pístovický. Tento rybník prošel od roku 2004, kdy se přestala nasazovat obsádka ryb, velmi rychlým vývojem s jednoletou vysokou průhledností skoro po celý rok až na dno rybníka a pak snižováním průhlednosti v letech následujících. Snížení průhlednosti způsobil rychlý nárůst obsádky plevných ryb (především karase stříbříteho), kdy od roku 2008 již byla průhlednost srovnatelná s roky, kdy byl rybník standardně obhospodařován [9].

Rybníky Jaroslavický, Novoveský a Dvorský mají po celé vegetační období nízkou průhlednost vody, způsobenou především vysokou obsádkou ryb (produkce často nad $1000 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$).

U všech rybníků, bez ohledu na intenzitu rybářského hospodaření, dochází v průběhu vegetačního období k velké fluktuaci hodnot pH a nasycení vody kyslíkem. Ranní minima v nasycení vody kyslíkem a nízká hodnota pH je v odpoledních hodinách vystřídána výrazným přesycením vody kyslíkem a vysokou hodnotou pH. Tyto fluktuace jsou přirozenou reakcí na vysokou a nerovnovážnou živinovou zátěž a chování celého ekosystému se stává obtížně předpověditelné. Příčinou destabilizace ekosystému je především vysoká biologická aktivita biomasy fytoplanktonu [10].



Obr 2 Graf rozsahu hodnot celkového fosforu ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$) rybníků za sledované období. Obdélník zobrazuje rozsah hodnot 25-75%,

□ - zobrazuje medián, ○ - odlehlé hodnoty, * - extrémní hodnoty

V posledních letech bývá nejčastěji diskutovaným parametrem obsah fosforu, který je klíčovým prvkem eutrofizace vod. Námi zjištěné hodnoty celkového fosforu (Obr. 2) korespondují s intenzitou hospodaření na jednotlivých rybnících, svůj vliv má ale i komunální znečištění z ČOV u rybníka Novoveský, stará zátěž z odchovu vodní drůbeže na rybníce Jaroslavický i velký přísun organické hmoty u Zámeckého rybníka. Podobné hodnoty celkového fosforu u rybníků v ČR uvádí i další autoři [1], [11].

Z hlediska kvality (jakosti) vody je stěžejním předpisem nařízení vlády (NV) č. 401/2015 Sb., kde je mimo jiné uvedeno přípustné znečištění povrchových vod. U fosforu se připouští roční průměr $0,15 \text{ mg.l}^{-1}$ u tekoucích vod, který by v našem případě splnily jen oba rybníky z Vysočiny. Problémem současné legislativy je, že nikdo sledování kvality odtokové vody z rybníků pro potřeby legislativy nemonitoruje [12].

Tab. 2 Obsah organických látek sledovaných rybníků v průběhu vegetačních sezón let 2005-2014. (uvedena je průměrná, minimální a maximální hodnota za sledované období)

Lokalita	CHSK _{Mn}	CHSK _{Cr}	TOC	BSK ₅
	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹
Dvorský (2005-2013)	41,1 28 – 61	142,4 103 – 191	55,4 31 – 81	– –
Novoveský (2005-2012)	33,1 9 – 143	113,1 65 – 311	35,6 20 – 85	19,0 16,1 – 21,9
Jaroslavický (2007-2010)	18,4 11 – 38	51,6 23 – 109	24,1 16 – 41	12,1 2,9 – 26,0
Zámecký (2005-2014)	13,9 6 – 21	42,2 19 – 68	26,2 18 – 36	10,0 2,3 – 17,5
Pístovický (2009-2013)	8,7 4 – 13	32,7 8 – 72	15,6 5 – 33	6,3 2,3 – 12,6
Medlov (2008-2010)	15,2 11 – 21	37,4 20 – 52	17,4 11 – 26	5,4 2,9 – 15,4
Sykovec (2008-2010)	13,5 10 – 21	34,0 18 – 53	15,4 9 – 21	3,2 2,0 – 4,7

V tabulce 2 jsou uvedeny hodnoty zjištěných organických látek. Vysoká biomasa fytoplanktonu v rybnících (viz i obsah chlorofylu a v Tab. 1) spolu s externím přísunem organické hmoty (přítok, spad listů apod.) způsobují nárůst organických látek ve vodě rybníků. Požadavky legislativy, hodnota TOC pod 10

mg.l^{-1} , hodnota CHSK_{Cr} pod 26 mg.l^{-1} a hodnota BSK_5 pod $3,2 \text{ mg.l}^{-1}$ nejsou reálně dosažitelné ani při úplném vyloučení rybářského hospodaření. Vysoké hodnoty organických látek překračující legislativní limity jsou běžné na většině rybníků v ČR [3], [11].

Tab. 3 Obsah jednotlivých forem dusíku a hodnota kyselinové neutralizační kapacity sledovaných rybníků v průběhu vegetačních sezón let 2005-2014. (uvedena je průměrná, minimální a maximální hodnota za sledované období)

Lokalita	N_T	N-NH_4	N-NO_2	N-NO_3	KNK
	mg.l^{-1}	mg.l^{-1}	mg.l^{-1}	mg.l^{-1}	mmol.l^{-1}
Dvorský (2005-2013)	5,3 4,1 – 7,7	0,33 0,01 – 1,10	0,009 0 – 0,039	0,9 0,1 – 4,5	3,17 2,50 – 3,80
Novoveský (2005-2012)	5,3 1,2 – 7,8	0,29 0,02 – 1,02	0,020 0 – 0,074	1,6 0 – 4,9	3,19 2,56 – 3,95
Jaroslavický (2007-2010)	2,4 0 – 3,3	0,15 0 – 0,42	0,029 0 – 0,061	0,3 0 – 0,8	1,94 1,34 – 2,41
Zámecký (2005-2014)	2,8 1,1 – 5,8	0,15 0,01 – 0,73	0,020 0 – 0,094	1,3 0 – 4,6	2,34 1,30 – 3,28
Pístovický (2009-2013)	2,4 0,3 – 5,0	0,12 0,01 – 1,06	0,026 0 – 0,086	1,3 0 – 4,8	2,21 0,95 – 3,11
Medlov (2008-2010)	2,1 0,9 – 6,8	0,08 0 – 0,49	0,006 0 – 0,023	0,4 0 – 1,4	0,52 0,22 – 0,69
Sykovec (2008-2010)	1,5 0,7 – 2,9	0,05 0 – 0,46	0,004 0 – 0,020	0,4 0 – 1,4	0,33 0,16 – 0,50

V tabulce 3 jsou uvedeny nejběžnější sledované formy výskytu dusíkatých sloučenin v rybnících. Vyšší koncentrace dusíku ve vodách rybníků nejsou běžné a vyskytují se především při aplikaci hnojiv nebo vlivem znečišťujících látek, které se do rybníka dostávají nejčastěji s přítokem. Stěžejní sledovanou formou je z rybářského hlediska amoniakální dusík, který může za podmínek vysokých hodnot pH a vyšší teploty vody působit na vodní živočichy toxicky. Vzhledem k tomu, že se jedná o primární produkt rozkladu dusíkatých sloučenin ve vodách, jsou hodnoty amoniakálního dusíku vyšší v intenzivně obhospodařovaných rybnících s aplikací krmiv a hnojiv. Legislativně požadovaná hodnota pro amoniakální dusík je $0,16 \text{ mg.l}^{-1}$, což je hodnota krátkodobě překračovaná na většině rybářsky obhospodařovaných rybníků spojená s příkrmováním ryb.

Legislativní požadavek na dusitanový dusík ($0,12 \text{ mg.l}^{-1}$) splňují všechny sledované rybníky ve všech naměřených hodnotách. U rybníků bez

dlouhodobých deficitů kyslíku běžně nedochází ke zvýšení dusitanového dusíku. Tento stav je častější u hlubších rybníků, které nejsou tak často promíchány větrem až ke dnu jako u rybníků mělkých. Vyšší hodnoty, řádově v desetinách až jednotkách N-NO_2 pak bývají způsobeny antropogenním znečištěním rybníka.

Rybníky i intenzivně obhospodařované většinou bez problémů splňují legislativní požadavek $5,4 \text{ mg.l}^{-1}$ dusičnanového dusíku. Pokud dochází k překročení těchto hodnot, jedná se většinou o jarní období při nízké intenzitě rozvoje fytoplanktonu. V průběhu nejteplejších měsíců roku bývají hodnoty N-NO_3 často pod limitem detekce, díky intenzivnímu odčerpávání dusíku primárními producenty.

Podobně i celkový dusík, jehož legislativní požadavek je 6 mg.l^{-1} , nebývá často překračován. Obdobné hodnoty jako u námi sledovaných rybníků udávají i další autoři [1], [11].

4 ZÁVĚR

K celkovému zhodnocení kvality vody rybníků je potřeba dlouhodobé sledování širokého spektra parametrů. Interpretace získaných výsledků je vzhledem k rychlým změnám v chemizmu rybníčních vod komplikovaná. Bez znalosti intenzity rybářského hospodaření, vstupům znečištění nejen ze sledovaného roku, ale i let předchozích nelze získané výsledky kvalitně interpretovat.

Vzhledem k vysoké živinové zátěži většiny našich rybníků je nutné počítat s vysokou fluktuací řady fyzikálně-chemických parametrů nejen v průběhu vegetačního období, ale i během dne a noci. Z legislativního pohledu není u většiny rybníků problém s dodržением limitů u sloučenin dusíku, naopak splnit dané limity u obsahu organických látek se jeví jako nereálné. Samostatnou kapitolou je fosfor, jehož klíčová role z hlediska eutrofizace vyžaduje jeho koncentrace ve vodě co možná nejnížší.

Pokud rybářské hospodaření na rybnících nebude obsah fosforu zvyšovat (vnos fosforu krmivy a hnojivy nebude vyšší než podíl fosforu ve vylovených rybách), což je na řadě rybníku realitou, měla by být hlavní pozornost zaměřena na správnou funkci ČOV s využitím nejlepších dostupných technologií pro odstranění fosforu. Rybníky fungují jako přirozené čistírny nadměrné živinové zátěže, ale rozhodně by neměly sloužit k dočišťování špatně fungujících ČOV a jako skladiště jejich odlehčených kalů.

Literatura

- [1] PECHAR, L *Impacts of long-term changes in fishery management on the trophic level water quality in Czech fish ponds*. Fisheries management and Ecology, 2000, 7: 23–31.
- [2] POTUŽÁK, J., HUĐA, J., PECHAR, L *Changes in fish production effectivity in eutrophic fishponds-impact of zooplankton structure*. Aquacult. Int. 2007, 15: 201–210.
- [3] KOPP, R *Hydrochemie nejen pro rybáře*. Praha, ASTRON studio CZ, a.s., 2015, 120 s. ISBN 978-80-7509-352-3.
- [4] PARKOS, J. J., SANTUCCI, J. V., WAHL, H. D *Effects of adult common carp (Cyprinus carpio) on multiple trophic levels in shallow mesocosms*. Can. J. Fish Aquat. Sci. 2003, 60: 182–192.
- [5] RAHMAN, M., M., VERDEGEM, M., NAGELKERKE, L., WAHAB, A., M., MILSTEIN, A., VERRETH, J *Effects of common carp Cyprinus carpio (L.) and feed addition in rohu Labeo rohita (Hamilton) ponds on nutrient partitioning among fish, plankton and benthos*. Aquaculture Research, 2008, 39: 85–95.
- [6] POTUŽÁK, J., DURAS, J *Jsou rybníky zdroje či naopak příjemci znečištění?* Fórum ochrany přírody, 2016, 3: 38–41.
- [7] ČSN ISO 10260 (757575) *Jakost vod. Měření biochemických ukazatelů. Spektrofotometrické stanovení koncentrace chlorofylu-a*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 12 s.
- [8] HORÁKOVÁ, M. (ed.) *Analytika vody*. Praha, VŠCHT, 2007, 335 s. ISBN 978-80-7080-520-6.
- [9] KOPP, R. ZIKOVÁ, A., MAREŠ, J *Zámecký rybník v Lednici - změny kvality vody v závislosti na intenzitě rybářského hospodaření*. Rybníky 2016, Praha, 2016. 115–123.
- [10] ADÁMEK, Z., HELEŠIC, J., MARŠÁLEK, B., RULÍK, M *Aplikovaná hydrobiologie*. JU v Českých Budějovicích, FROV, 2010, 350 s. ISBN 978-80-7514-025-8
- [11] DURAS, J., POTUŽÁK, J., MARCEL, M., PECHAR, L *Rybníky a jakost vody*. Vodní hospodářství, 2015, 7: 16–24.
- [12] DURAS, J., POTUŽÁK, J *Rybníky: jakost vody a legislativa*. Fórum ochrany přírody, 2016, 3: 47–50.

Poděkování

Výstupy publikace byly zpracovány v rámci projektu NAZV QJ1620240 a na vybavení financovaném z projektu OP VaVpI CZ.1.05/4.1.00/04.0135 Výzkumové a výzkumné kapacity pro biotechnologické obory a rozšíření infrastruktury.