

VZTAH RYBÁŘSKÉHO HOSPODAŘENÍ A FUNGOVÁNÍ RYBNIČNÍ BIOCENÓZY

LIBOR PECHAR, MAREK BAXA

doc. RNDr. LIBOR PECHAR, CSc.
Působí na Zemědělské fakultě Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, kde založil Laborať aplikované ekologie. Je stálým spolupracovníkem obecně prospěšné společnosti ENKI, Třeboň. Dlouhodobě se zabývá hydrobiologií a hydrochemií rybníků, ekologií a ekofyziologií fytoplanktonu a vlivem rybářského hospodaření na rybníční ekosystémy. Zároveň se věnuje výzkumu úlohy vod a mokřadů v krajině.

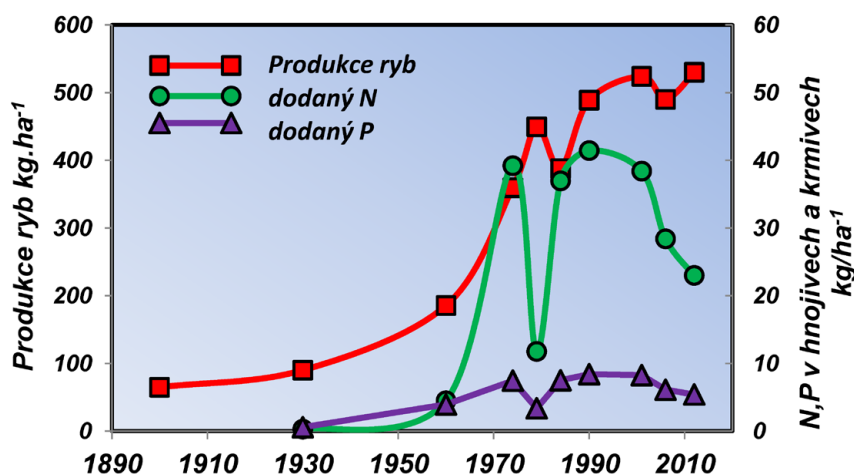
Ing. MAREK BAXA

V současné době studuje na doktorském studiu na Zemědělské fakultě Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, zaměřuje se na hydrobiologii rybníků, zejména na formování planktonních společenstev. Od roku 2006 zaměstnanec ve společnosti ENKI, o.p.s. v Třeboni, kde se mimo jiné zabývá, rybníčním hospodařením šetrným k přírodě, přírodními koupališti a zooplanktonem.

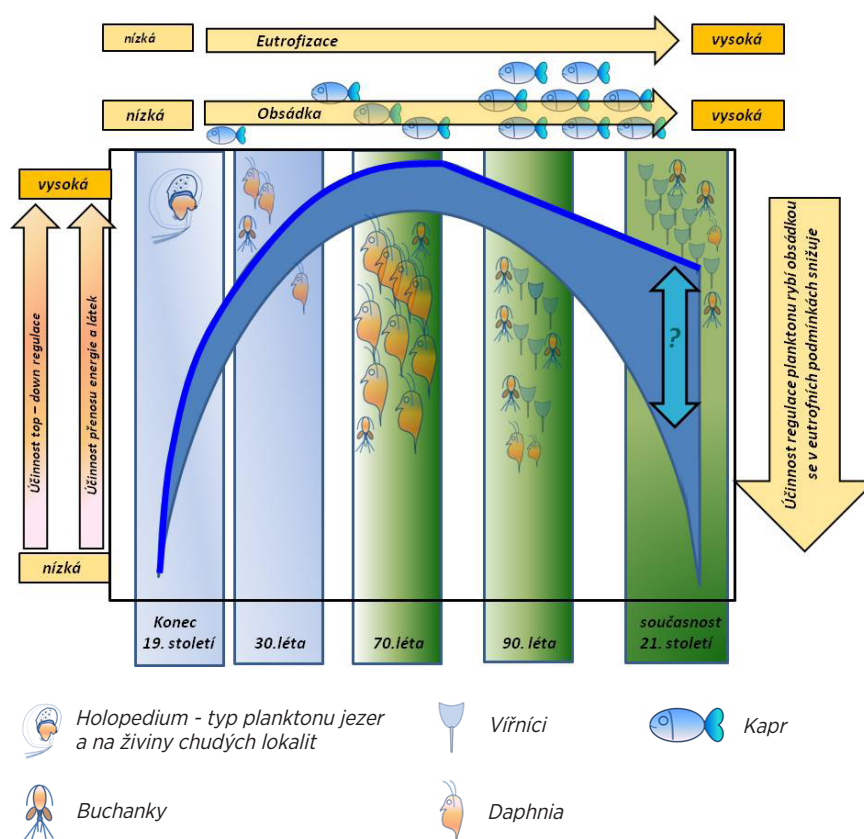
Rybníky, ač uměle vytvořené nádrže, lze nepochybně považovat za přírodě blízké biotopy. Formování struktury rybníční biocenózy a její ekologické funkce jsou výsledkem přirozených procesů, jejichž původ je mnohem starší, než je přibližně tisíciletá historie budování a využívání rybníků. Podobnost rybníčních biocenóz s biocenózami jezer se nabízí na první pohled, a to zejména s jezery v nížinných a rovinatých částech Evropy (Holandsko, Německo nebo Polsko). Taková jezera u nás chybí. Nicméně na některých místech se zachovaly přirozené lokality stojatých vod - tůňe a p říční jezera, které mají kontinuitu vývoje od poslední doby ledové. Právě z těchto typů vodních ekosystémů pochází většina druhů vodních živočichů a rostlin tvořící klíčová společenstva jezerních i rybníčních ekosystémů.

Rybníky byly vekou měrou zakládány ve středověku, především s cílem soustředit vodu do níže položených lokalit a dosáhnout na ostatním území poklesu hladiny podpořkové vody. Chov ryb byl zpočátku omezen na přechovávání ryb a jejich pro-

dukce nebyla cíleně zvyšována. Záměrné nasazování rybníků a organizovaný chov ryb se prosazuje zhruba od 14. století. Maximální rozvoj rybníkářství nastal v 16. století, kdy celková rozloha rybníků v Českých zemích a na Moravě dosahovala asi 180 tis. ha. Po třicetileté válce velké množství rybníků zaniklo, další velký úbytek byl spojen s rozšiřováním orné půdy v 19. století. Zanikly tak velké rybníční soustavy v Polabí, v Podkrušnohoří, na střední Moravě. Zaniklo i mnoho zejména velkých rybníků ve stávajících rybníčních soustavách (na jižní Moravě, na Blatensku). V tomto kontextu je jedinečná třeboňská rybníční soustava, jejíž stav se téměř neliší od situace na konci 16. století. Zároveň podél řeky Lužnice v jižní části Třeboňska se zachoval relativně dlouhý úsek meadrující řeky, s říční nivou s několika stovkami malých tůňe a slepých ramen. Na malém území (CHKO Třeboňsko) tak lze dnes najít současně původní zdroj biodiverzity i umělé vodní lokality, které umožnily její zachování. Rybníky se staly refugiem pro vodní a mokřadní společenstva, jejichž původní biotopy (tůňe, mláky



Obr. 1 Vývoj produkce ryb (kg/ha, především kapra) a rozsahu hnojení a krmení (vyjádřeno jako přísun N a P v kg/ha) ve 20. století. Historická data do 30. let pocházejí ze záznamů ing. Kubů, údaje od 50. do 70. let z dat oborového podniku Rybářství, od 80. let pocházejí data především z údajů dnešní a.s. Rybářství Třeboň. Nicméně výsledky sledování rybníků pro AOPK ČR z 90. let a let 2000–2003 (Přikryl, Faina neubl.) se v podstatě neliší od trendu, který je patrný na Třeboňsku.



Obr. 2 Schéma změn planktonu a účinnosti vlivu rybí obsádky (top-down regulace). Na počátku 20. století doznívá období, kdy řada rybníků měla plankton i celou biocenózu podobné mělkým mezotrofním jezerům. Zvyšování úživnosti se projevilo v celkově větší produktivitě ekosystému, v dominanci velkých perlooček rodu *Daphnia*. Tato struktura planktonu umožňovala velmi efektivní produkční proces a vysokou účinnost využití primární produkce do produkce ryb. To je znázorněno modrou křivkou, která kulminuje v 70. letech minulého století. Modrá plocha pod ní, naznačuje míru variability a nejistoty v účinnosti top-down regulace. Účinnost tohoto mechanismu klesá se zvyšující se mírou eutrofizace s zároveň se zvyšuje i rozsah nejistoty. Chování rybníčního planktonu se stává hůře předpověditelné a možnost efektivně ovlivnit rozvoj sinic a řas snížením rybí obsádky je problematická. Gradient modrých až zelených sloupců znázorňuje nárůst biomasy fytoplanktonu.

a přirozené mokřady) z krajiny téměř zmizely jako důsledek rozšiřování především zemědělského hospodaření.

Je třeba zdůraznit, že intenzita rybářského hospodaření do poloviny 19. století byla minimální, o čemž svědčí velmi důkladná „analýza“, kterou sepsal Šusta (1898) v knize Pět století rybníčního hospodářství v Třeboni. Z těchto údajů lze odhadnout, že produkce se do poloviny 19. století pohybovala průměrně okolo 30 kg/ha. Šusta také dobře doložil „stárnutí“ rybníků, tj. postupné snižování produkce rybníků tak, jak byly postupně vyčerpány živiny, které byly při vybudování rybníka ve výtopě přítomné. Tento popis situace dobře odpovídá i prvním studiím rybníků, jejichž výsledky byly publikovány v Archivu pro přírodovědecký výzkum Čech (1886–1895). Podle dnešních kritérií by bylo možné zařadit většinu rybníků k oligotrofním, nejvýše mezotrofním typům vodních nádrží.

Produkce ryb i celého rybníčního ekosystému byla na přelomu 19. a 20. století zřetelně limitována nedostatkem živin. Rybí obsádka nebyla zpravidla početně velká, nicméně často větší, než odpovídalo produkčním možnostem na živiny chudých rybníků. Její vliv na plankton a ostatní složky rybníční biocenózy lze těžko odhadovat, ale nemohl být velký. Nedostatek živin ve vodním sloupci prohlubovaly porosty makrofyty, spolu s břehovými porosty ostřic, orobince a rákosu, které čerpají živiny ze sedimentů. Výskyt druhů *Littorella uniflora*, dále druhů rodu *Utricularia* a parožnatek (Hejný et al. 2002) ukazují na podobnost tehdejších rybníků se současným stavem některých mělkých jezer severovýchodního Německa nebo severního Polska. Také záznamy o převaze dvojčatkovitých řas (*Desmidiaceae*), zlatívek (*Chrysophyceae*) stejně jako často zjišťované druhy zooplanktonu *Polyphemus pediculus*, *Holopedium*

gibberum, *Heterocope saliens* ukazují, že podobnost s oligotrofními nebo mezotrofními jezery je reálná.

Informace o rybníčním planktonu z historických studií (Kavka 1891, Frič, Vávra 1895), potvrzují, že vliv rybí obsádky, který by způsobil eliminaci velkých druhů zooplanktonu, byl zaznamenán jen ojediněle. Takové případy, kdy byl zooplankton tvořen drobnými druhy s převahou vírňíků, byly patrně důsledkem většího výskytu plevných ryb a jejich úspěšného výtěru (Příkryl 1996, Pechar et al. 2002). I když většina historických záznamů potvrzuje, že rybníční ekosystémy byly většinou na živiny chudé, existují už doklady o eutrofizovaných lokalitách a výskytu vodních květů sinic, zejména rodů *Aphanizomenon* a *Anabaena*, stejně jako údaje o vegetačním zákalu chlorokokálních řas (Hansgirg 1889, 1892).

Je třeba zdůraznit, že všechny dostupné historické informace ukazují na to, že ekologický stav rybníků na přelomu 19. a 20. století byl výsledkem převážně přírodních procesů. Vliv rybníkářství od svého vzniku do konce 19. století spočíval především ve stavebně-technickém a vodohospodářském udržování rybníků. Na tradici založená rybářská praxe neměla v té době možnost ani znalosti jak produkci ryb ovlivňovat a tudíž přímý vliv rybářského hospodaření na rybníční ekosystém byl minimální.

Právě zřetelný pokles přirozené produkce rybníků v procesu jejich stárnutí, způsobený vyčerpáním původní zásoby živin, nepochybně simuloval koncem 19. století zájem J. Šusty o pochopení produkční podstaty rybníční biocenózy. Jeho snaha zvýšit úživnost rybníčních vod odstartovala století trvající proces intenzifikace produkce ryb. Vápnění rybníků a zvyšování úživnosti hnojením stejně jako příkrmování ryb zaváděné od konce 19. století umožnily zvyšovat hustotu rybích obsádek. Výsledkem bylo řádové zvýšení produkce ryb a její stabilizace (Obr. 1). Současné došlo ke zvýšení množství i druhové pestrosti planktonu, bentosu. Kromě nárůstů biodiverzity to znamenalo také zvýšení potravní nabídky jak pro ryby, tak i po oboživelníky a vodní ptáky.

K největšímu nárůstu produkce ryb došlo v průběhu 50.-70. let. V tomto období je také zaznamenána vysoká účinnost produkčních procesů rybníčního ekosystému (Kořínek et al. 1987). Znamená to, že

bylo dosaženo rovnováhy mezi úrovní živin (fosfor a dusík) a produkčním potenciálem rybníční biocenózy. Hlavní část toku energie a látek v trofické struktuře byla zajištěna velmi účinným přenosem od primárních producentů (fytoplankton) ke konzumentům prvního řádu (zooplankton) a následně k rybám. V takové situaci se rybí obsádka stává zcela determinující složkou, která spouští „top-down“ kaskádovou regulaci všech nižších úrovní v trofické struktuře rybníčního ekosystému. V konečném důsledku se vliv ryb projeví na fyzikálně-chemických vlastnostech vody i na distribuci dostupných živin, tj. sloučenin a forem fosforu a dusíku.

Sezónní dynamika planktonu i celkový stav rybníční biocenózy s vysokou pravidelností odrážely způsob rybářského obhospodařování, které většinou dodržovalo dvouhorkový hospodářský cyklus. V prvním roce cyklu rybí obsádka měla jen slabý vliv na zooplankton, velké perloočky rodu *Daphnia* převládaly po většinu sezóny a průhlednost vody zůstávala vysoká i koncem léta. V létě se běžně vyskytovaly sinice tvořící velké makroskopické kolonie - *Aphanizomenon flos-aquae* a *Microcystis*. Biomasa fytoplanktonu zůstávala i během letní sezóny poměrně nízká, pokud nenastal masový rozvoj vodního květu. Ve druhém roce hospodářského cyklu, ve druhém horku, intenzivní predační tlak ryb způsobil eliminaci velkého zooplanktonu a jeho nahrazení drobnými druhy. Fytoplankton vytvářel zřetelný vegetační zákal, avšak průhlednost výjimečně klesla pod 40 cm (Fott et al. 1980, Komárková et al. 1986). V 60. a zejména v 70. letech bylo fungování rybníčního ekosystému velmi efektivně a jednoznačně určováno velikostí a věkovou strukturou rybí obsádky. Lze shrnout, že rybářské hospodaření bylo hlavním faktorem, který určoval stav rybníčního ekosystému.

Již během 70. let se začalo intenzivněji hnojit statkovými hnojivy. Tento způsob zvýšení úživnosti byl znám již koncem 19. století a J. Šusta zaznamenal velmi příznivé výsledky aplikace statkových hnojiv nebo pozitivní vliv jen neřízeného přísunu živin z polí, hnojišť apod. V 70. letech byly aplikace statkových hnojiv z hlediska produkce ryb velmi úspěšné. Dodání organické hmoty do rybníků umožnilo rozvoj heterotrofního mikrobiálního společenstva. Zooplankton s převahou perlooček rodu *Daphnia* na tuto energeticky i nutričně bohatou nabídku zareagoval zvýšenou

produkcí. Zdálo se, že statková hnojiva mohou dobře nahradit stále dražší hnojiva minerální. K enormnímu zvýšení organického hnojení rybníků přispěl rozmach živočišné výroby a nutnost zbavovat se hnoje a kejdy. Jejich užití v rybnících tak vrcholilo v 80. letech. Kromě toho i intenzifikace celkového produkčního využití zemědělské krajiny způsobila další enormní nárůst zatížení rybníků živinami, které se do rybníků dostávaly z povodí. Ke změně tohoto trendu dochází od poloviny 90. let (Obr. 1). Jak pokles celkové zemědělské produkce a dostupnosti statkových hnojiv, ale i tlak na zlepšení kvality vod v rybnících, vede k tomu, že spotřeba hnojiv (alespoň u většiny velkých rybářských podniků a společností) klesla přibližně na polovinu. Stejně tak je zpravidla úspornější využívání krmiv, obilovin a zejména granulovaných krmných směsí. Rybníky zatím na tuto změnu nezareagovaly. Z výsledků z Třeboňska a Blatenska i dalších rybníčních oblastí vyplývá, že míra eutrofizace zůstává od let 2000-2001 přibližně na stejné úrovni (Tab. 1). Celkově lze konstatovat, že stav rybníků podle koncentrací celkového fosforu, celkového dusíku a množství chlorofylu se v posledních 15 letech určitě nezhoršuje. Mírný trend poklesu koncentrací celkového fosforu se musí v následujících letech teprve potvrdit.

Intenzivní sledování některých rybníků na Třeboňsku v posledních 10 letech potvrzuje skutečnost, že ani úplné upuštění od aplikace jakýkoliv hnojiv do rybníka se zatím neprojevuje na snížení koncentrací celkového fosforu, dusíku a množství fytoplanktonu. Není to až tak překvapivé, protože zásoba živin v sedimentech a substrátu litorálu může být dosud velmi vysoká.

Poněkud překvapivější je skutečnost, že se poměrně často vyskytují situace, kdy struktura planktonu neodpovídá

„top-down“ regulaci. Výskyt velkých perlooček byl zaznamenán i při vysoké rybí obsádce a podobně rozvoj fytoplanktonu, zejména sinic, nastává v situacích, kdy je přítomná silná populace velkých dafnií. Tyto poznatky potvrzují teoretické předpoklady, které formuloval Carney 1990, že **účinnost top-down regulace klesá jak v podmínkách oligotrofie, kdy ekosystém je limitován živinami, tak v případě hypertrofie** (Obr. 2). A to je současná situace vysoce eutrofních a hypertrofních rybníků. Regulační kapacita zooplanktonu se stává menší, než je produkční potenciál fytoplanktonu. Zároveň je značná část primární produkce realizována v tzv. bakteriální smyčce, a to znamená, že není využita pro transfer do vyšších trofických úrovní a do produkce ryb. V takových podmínkách je vliv rybářského hospodaření daleko méně účinný, a změny ve velikosti a struktuře rybí obsádky nebudou mít takový efekt, jako tomu bylo v 70. letech. Další komplikací, která snižuje efekt změn ve velikosti rybí obsádky, je výskyt invazních druhů ryb jako stěvlička východní (*Pseudorasbora parva*) a karas stříbřitý (*Carrasius auratus*). Při snížení obsádky kapra tyto druhy využijí volnější niku a jejich efekt na plankton i bentos je devastující (Musil et al. 2014). Nicméně radikální změna, jako je úplné vyloučení obsádky kapra, se projeví i v případě vysoce eutrofního rybníka. Příkladem je ponechání rybníka Rod (přírodní rezervace) bez kapří obsádky v letech 2014 a 2015. V obou sezónách byl vývoj planktonu a obraz rybníčního ekosystému výrazně odlišný od běžného stavu třeboňských rybníků. V roce 2014 byl velký dafniový plankton přítomen po celou sezónu. V létě však nastal velmi intenzivní rozvoj vodního květu sinice *Aphanizomenon flos-aquae*. Jeho biomasa vyjádřená jako koncentrace chlorofylu dosáhla v maximum 800 µg/L.

Roky	TN [mg.l-1]	TP [mg.l-1]	Chlorofyl [mg.l-1]	Průhlednost [m]
1954-56	1,70	(0,16)	(40)	1,10
1990-91	2,60	0,29	121	0,45
2000-01	2,27	0,29	140	0,42
2010-11	2,70	0,27	129	0,49
2012-14	2,36	0,21	120	0,52

Tab. 1 Průměrné koncentrace celkového dusíku (TN), fosforu (TP), chlorofylu a průměrná průhlednost vody (data v závorkách jsou odhady na základě korelačních vztahů). Třeboňsko, 76 lokalit v letech 1954-1956 1-4 odběry ročně, 35 lokalit 1990-1991 a 40 lokalit 2000-2001, 2010-2011, 2012, 2014 3-12 odběrů ročně. Podobný trend lze doložit například z Blatenských rybníků.

Zároveň se do vody uvolnilo extrémní množství rozpuštěného reaktivního fosforu (měřítka potenciálně dostupného fosfátového P). Spolu s fosforem v biomase sinic dosáhla koncentrace celkového fosforu ve vodě mimořádně vysoké hodnoty 1,4 mg/L. Také v roce 2015 převládala až do poloviny srpna velký zooplankton a průhlednost vody byla zřetelně vyšší než maximální hloubka rybníka (1,9 m). Od června však nastal nárůst ponořené makrovegetace, kterou kromě vláknitých řas tvořil převážně růžkatec ostnitý (*Ceratophyllum demersum*). V době maximální biomasy byl růžkatec na jedné třetině plochy rybníka a jeho biomasa dosahovala v průměru 0,35 g sušiny/m². Tato biomasa vážala celkem 86 kg fosforu. Spolu s koncentrací celkového P ve vodním sloupci je bilance aktivovaného fosforu podobná jako v roce 2014. Přepočtem z biomasy na objem vody

vychází koncentrace celkového fosforu na 1,3 mg/L. To jsou hodnoty 4-5x vyšší než je dlouhodobý průměr na třeboňských rybnících a více než 2x vyšší než dosud zaznamenané maximální sezónní hodnoty. Nicméně na enormní potravní nabídku (plankton, patrně i bentos a rostlinná biomasa) nabídku zareagovali vodní ptáci a zejména potápivé kachny v roce 2014 a v roce 2015 i herbivorní druhy. Počty samic, vodících mláďata, zde výrazně převýšily početnosti na okolních rybnících. I v postházídním období byl rybník Rod pro vodní ptáky atraktivní. V roce 2015 koncem srpna a v září kromě stovek kachen se na rybníce shromáždilo okolo 100 labutí a 1 000 lysek (Musil et al. 2016). Výsledek ekosystémového experimentu na rybníce Rod prokázal, že **vyloučení kapří obsádky a minimální nasazení rybníka (v tomto případě generačním línem**

a candátem) má zásadní dopad na rybníční ekosystém. Může tak navodit příznivé podmínky z hlediska ochrany některých skupin organismů vázaných na tyto biotopy. Na druhé straně se ukázalo, že takové opatření může v podmínkách vysokého stupně eutrofizace způsobit zhoršení kvality vody z hlediska nejen chovu ryb (např. kyslíkové deficity a vysoké pH), ale i z hlediska limitních koncentrací pro vodoprávní hodnocení kvality rybníčních vod.

Zároveň se ukázalo, že možnosti rybářským hospodařením (tj. snížením hnojení a krmení, stejně tak úpravou rybí obsádky), ovlivnit stav rybníčního ekosystému jsou v současných podmínkách daleko méně účinné, než tomu bylo v 70. letech minulého století.

LITERATURA

- Carney J.H. (1990):** A general hypothesis for the strength of food web interactions in relation to trophic state. - *Verh Internat Verein Limnol* 24: 487-492.
- Fott J., Pechar L., Pražáková M. (1980):** Fish as a factor controlling water quality in ponds.- In: Barica J., Mur L. R. (eds.) *Hypertrophic ecosystems. Develop. Hydrobiol.* 2, p. 255-261.
- Frič A., Vávra V. (1895):** Výzkumy zvířeny ve vodách českých. IV. Zvířena rybníků Dolno-Počernického a Kačležského. - *Arch. pro přír. prozk. Čech.* 9, p. 1-123.
- Hansgirk A. (1889):** *Prodromus českých řas sladkovodních, díl první.*- *Arch. pro přír. výzkum Čech.* V., č. 6, p. 219.
- Hansgirk A. (1892):** *Prodromus českých řas sladkovodních, díl druhý.*- *Arch. pro přír. výzkum Čech.* VIII., č. 4, p. 182.
- Hejný S., Hroudová Z., Květ J. (2002):** Fishpond vegetation: an historical view.- In: Květ J., Jeník J., Soukupová L. (eds.), *Freshwater Wetlands and Their Sustainable Future: A Case Study of the Třeboň Basin Biosphere Reserve, Czech Republic.- Man and the Biosphere Series 28, UNESCO & The Parthenon Paris*, p. 63-95.
- Kafka J. (1891):** Zvířena českých rybníků.- *Arch. pro přír. prozk. Čech.* 8, p. 1-115.
- Komárková J., Faina R., Pařízek J. (1986):** Influence of the watershed and fish stock upon the fishpond biocenoses. - *Limnologica (Berlin)* 17: 335-354.
- Kořínek V, Fott J., Fuksa J., Lellák J., Pražáková M. (1987):** Carp ponds of central Europe. - In: Michael R. G., (ed), *Managed aquatic ecosystems.- Ecosystems of the World*, vol 29. Elsevier, Amsterdam, p. 29-63.
- Musil M., Novotná K., Potužák J., Hůda, J. and Pechar L. (2014):** Impact of topmouth gudgeon (*Pseudorasbora parva*) on production of common carp (*Cyprinus carpio*) - question of natural food structure. - *Biologia* 69 (12): 1757-1769 (doi: 10.2478/s11756-014-0483-4).
- Musil P., Poláková K., Musilová Z., Čehovská M., Kočicová P., Kejzlarová T. (2016):** Zpráva o rybníku Rod v hnízdní sezóně 2014 a 2015, FOP 3/2016, p. 19.
- Pechar L., Příkryl I., Faina R. (2002):** Hydrobiological evaluation of Třeboň fishponds since the end of 19th century.- In: Květ J., Jeník J. & Soukupová L. (eds.): *Freshwater Wetlands and Their Sustainable Future: A Case Study of the Třeboň Basin Biosphere Reserve, Czech Republic.- Man and the Biosphere Series 28, UNESCO & The Parthenon Paris*, 31-62 pp.
- Příkryl I. (1996):** Vývoj hospodaření na českých rybnících a jeho odraz ve struktuře zooplanktonu, jako možného kritéria biologické hodnoty rybníků. - In: Flajšhans, M.(ed.), *Sborník vědeckých prací k 75. výročí založení VÚRH*, p. 151-164.
- Šusta J. (1898):** *Fünf Jahrhunderte der Teichwirtschaft zu Wittingau. Štětín.* - překlad: Lhotský O. (1995): *Pět století rybníčního hospodářství v Třeboni.- Carpio, Třeboň.*