

Jiho česká univerzita v českých Budějovicích

Přírodovědecká fakulta

Faktory ovlivňující kyslíkový režim produkčních rybníků

Bakalářská práce

Petr Špejtal

Školitel: RNDr. Jakub Borovec, Ph.D.

české Budějovice 2014

Moještál, P., 2014: Faktory ovlivňující kyslíkový režim produkčních rybníků .

[Factors affecting the oxygen regime of production ponds, in Czech.] 62 pp., University of South Bohemia, Faculty of Science, České Budějovice, Czech Republic

Anotace:

Tato práce představuje návrh projektu, který se zabývá produkcí a spotřebou kyslíku v ekosystému produkčního rybníka v průběhu vegetační sezóny a jeho vlivem na hospodářskou produkci.

Annotation:

This thesis presents a concept of project that focuses on the production and oxygen demand in the producing pond ecosystem during the growing season and its impact on economic production.

Prohlášení, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlášení, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby touto elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky kolektivu a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích 10.12.2014.

í . í í í í í í í

Petr Moještál

Abstrakt

Bakalářská práce je zpracována formou projektu. Pomocí literární rešerše a dostupných dat byl vyhodnocen vliv obsahu kyslíku ve vodách produkčních rybníků. Na základě bilanci kyslíku, naměřených na bezjmenné nádrži v průběhu roku v rámci projektu, bude následně vytvořen model. Studie umožní získat znalosti o bilanci kyslíku v nádrži a o jeho produkci při vybraných opatřeních.

Abstract

This bachelor thesis presents a grant application for funding the project. Using a literature search and available data has been evaluated the impact of oxygen content in producing pond ecosystems. Based on the oxygen balance measured during the year in a nameless basin (within the project) will be created a model. The study will provide access to knowledge about the oxygen balance the basin and its production in the selected measures.

Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu práce RNDr. Jakubovi Borovcovi, Ph.D. za odbornou pomoc při vedení mé bakalářské práce.

Obsah

1	Literární řešerše	5
1.1	Úvod.....	5
1.2	Rovnice kyslíkové bilance.....	6
1.3	Nádrže.....	7
1.4	Kyslík.....	8
1.5	Uhlík.....	10
1.6	Bakterioplankton.....	11
1.7	Fytoplankton	12
1.7.1	Sezonní cyklus fytoplanktonu.....	13
1.8	Zooplankton	14
1.8.1	Sezónní dynamika zooplanktonu.....	15
1.9	Deficit kyslíku v nádrži	17
2	Projekt	18
2.1	Cíle	18
2.2	Hypotézy	18
2.3	Návrh projektu	18
2.4	Terénní odběry vzorků.....	19
2.5	Použité metody	19
2.6	časová náročnost projektu	20
2.7	Finanční náročnost projektu.....	20
2.8	Podrobný rozpis nákladů projektu na dva roky.....	21
3	Závěr:.....	22
4	Citovaná literatura	23

1 Literární rešerše

1.1 Úvod

Na území České republiky má velmi dlouhou tradici chov ryb. Chov ryb ale přináší do krajiny některé negativní vlivy. Mezi nejvýznamnější patří nadměrná koncentrace organických látek ve vodě. Tyto látky se do vody dostaly především snaze o co nejvyšší zvýšení produkce rybníků v 50. a 60. letech minulého století, které se prováděly hlavně vápněním, hnojením a přikrmováním, aby se zvýšila produkce rybníků. Tyto látky se také usadily v sedimentech nádrží a postupně se odplavují z krajiny.

V současné době je kladen důraz na udržitelný rozvoj. Proto se pomalu začínají měnit postupy chovu ryb, ve snaze produkovat méně organického znečištění do vody. Věda, která se zabývá procesy a organismy flujícími ve vodním prostředí se nazývá hydrobiologie. Tato bakalářská práce si klade za cíl sjednotit dostupné informace o tomto tématu a přivést je do praxe.

1.2 Rovnice kyslíkové bilance

Celková rovnice kyslíkové bilance v nádrffi:

$$BK_C = P + D_{ZA} + F_F + F_M - O - R_F - R_M - R_Z - R_O - R_{OH} - D_{dA}$$

Rovnice kyslíkové bilance v epilimniu:

$$BK_E = F_F + F_M + D_{ZA} - D_{dA} - R_F - R_M - R_Z - R_O$$

Rovnice kyslíkové bilance v hypolimniu:

$$BK_H = R_F - R_Z - R_O - R_{OH}$$

BK_C = celková bilance kyslíku

O = odtok

BK_E = bilance kyslíku v epilimniu

R_F = respirace fytoplanktonu

BK_H = bilance kyslíku v hypolimniu

R_M = respirace makrofyt

P = p ítok

R_Z = respirace zooplanktonu

D_{ZA} = difúze z atmosféry

R_O = respirace obsádky

F_F = fotosyntéza fytoplanktonu

R_{OH} = rozklad organické hmoty

F_M = fotosyntéza makrofyt

D_{dA} = difúze do atmosféry

V rovnici celkové bilance kyslíku jsou uvedeny hlavní procesy hlavních stavových proměnných, které ovlivní kyslíkový režim v nádrffi. Na odtok a p ítok v nádrffi, která bude vybraná na projekt, nebudeme brát z etel. Difúze kyslíku z atmosféry a do atmosféry ovliví uje nadmo ská vý-ka a teplota vody, dále má na obsah kyslíku ve vod vliv i tvar a hloubka nádrffe a její podloffi. Nejv t-í podíl na zvy-ování obsahu kyslíku v rybníce má fotosyntéza fytoplanktonu a makrofyt, hlavn v oblasti epilimnia. Na snifování kyslíku v nádrffi má velký podíl rozklad organické hmoty, respirace zooplanktonu a obsádky, ale také respirace fytoplanktonu a makrofyt v no ních hodinách, nebo v hypolimniu. Na obsah rozpu-t ného kyslíku ve vod má také vliv koncentrace organických látek, resp. mikrobiální aktivita probíhající na t chto látkách. Celková kyslíková bilance je rovnováha, která se snadno zvrátí, je-li n který z faktor urychlen, nap . lov kem a jeho zásahem do ekosystému

rybníka, tj. hnojení, p íkrmování, nebo nadm rné zvy-ování trofie rybníka. V t-inou pak nastává kyslíkový deficit, kdy se v t-ina sloftek v nádrffi nachází ve stresu a mohou i uhynout. Aby se p ede-lo ztrátám, je d leffité, aby byly v-echny faktory v rovnováze (KALFF, 2002). Uvedené faktory budou dále rozvedeny v následujících kapitolách.

1.3 Nádrže

Nádrffe jsou vodní t lesa p írozeného p vodu (ledovcová a tektonická jezera), nebo vytvo ená um le p ehrazením vodního toku, nebo jeho svedením stranou (p ehřady, rybníky) (VL EK ET AL, 1984). Jednou z jejich hlavních funkcí je ochrana proti povodním a zadržování vody, která je poté vyuffívána k r zným ú el m jako zavlařování, vodárenství, pr mysl, rekreace, atd. (PETER ET AL, 1967).

Nej ast j-í nádrffi vyskytující se na území eské republiky jsou rybníky, je jich skoro 24 tisíc. Rybníky jsou malé vodní nádrffe, um lé hrazené zemní hrází, v t-inou m lké, vřdy zcela vypustitelné, ur ené hlavn k chovu ryb (POKORNÝ, 2009). První zmínky o budování rybník na na-em území pocházejí z 12. století. Chov ryb byl ve st edov ku velmi výhodný a tak plocha rybník rostla, afl do 16. století, kdy byla t i a p l krát v t-í neř v sou asnosti. V d sledku t icetileté války a poté i díky pokroku v polním hospoda ení se za ala plocha rybník zmen-ovat. Obrat nastal afl v polovin 19. století, díky práci v dc jako Třsty, Fri e, Vávry a Kafky, která na-la postupné uplatn ní v rybníká ství, se rozloha rybník v n kterých oblastech za ala znovu zv t-ovat (P IKRYL, 1996).

K velmi úřivným rybník m pat í rybníky nířinné nap íklad polabské, východo eské, jihomoravské a n které jiho eské. K dobrým úřivným rybník m pat í v t-ina jiho eských rybník a rybníky západo eské. Do skupiny málo úřivných rybník se adí n které rybníky horáckého a rybníky jezerního typu, které jsou i významn pr to né. Trofie rybni ní vody je ovliv ována také polohou rybníka v krajin a charakterem povodí. Podle t chto kritérii rozeznáváme nap íklad rybníky polní, lesní, lu ní, návesní, podvesní apod.

Rybníky se pravideln vypou-t jí v intervalech n kolika let a potom zpravidla z stávají krat-í nebo del-í as bez vody. D sledkem toho je dokonalej-í mineralizace sediment . Obsádku rybník tvo í v t-inou jeden, nebo n kolik málo druh ryb, asto stejného stá í. Její biomasa od vysazení afl do vypu-t ní rybník pravideln nar stá. Obsádka proto není v rovnováze se svým prost edím, udržuje se totifl v t-í po etnost neř v obdobných p írozených biotopech,

jako jsou jezera. Zvýšený tlak potom eliminuje z rybníků v t-í planktonní i bentické živočichy a má i podobu celé rybníkové biocenózy (HARTMAN ET AL, 2005).

Na biologické pochody probíhající v nádrží má velký vliv teplotní stratifikace nádrže, která vzniká díky rozdílnému zahřívání vodní masy. Teplejší voda se drží u hladiny a tvoří epilimnion. Pod ní následuje přechodná vrstva, metalimnion, ve které teplota prudce klesá i o několik stupňů. Nejspodnější vrstvou je hypolimnion, ve kterém teplota klesá až k 4°C. Metalimnion zabráňuje promíchání vody a tím omezuje přesun živin z hypolimnia do epilimnia (KALFF, 2002). Teplotní stratifikace není v našich podmínkách trvalá, ale dají se rozlišit 4 stavy, při nichž dochází 2x během roku k promíchávání vrstev. Jsou to: jarní cirkulace, letní stratifikace, podzimní cirkulace a zimní stagnace. Tyto nádrže se nazývají dimiktické (LELLÁK & KUBÍŠEK, 1991). Vliv teplotní stratifikace nádrže na ekosystém rybníka je popsán v kapitole fytoplankton 1.7.

V podélném profilu lze nádrži dělit na tři části: přechodnou a jezerní. Přechodná část nemá vyvinutou stratifikaci díky neustálému proudění a malé hloubce. V této části bývá také největší podíl živin, kyslíku a jílových částic ve vodním sloupci. V přechodné části dochází díky velkému přesunu živin k rozvoji nádržového planktonu a posléze jeho sedimentaci. Jezerní část nádrže je stratifikovaná, s mírným prouděním a největší přehledností. Nových živin se do jezerní části dostane jen málo, v t-ina se v cyklech uvolňuje ze sedimentů při míchacích procesech spojených se stratifikací (KALFF, 2002).

1.4 Kyslík

Kyslík je nejrozšířenějším prvkem na zemském povrchu, vyskytuje se jako volný prvek, ale je i vázaný v kationtech a tvoří více než 85 hmotn. % hydrosféry. Kyslík je vysoce reaktivní plyn, bez barvy, zápachu a chuti. Rozpouští se v množství 3,08 cm³ ve 100 cm³ H₂O při 20 °C. Rozpustnost ve slané vodě je nižší, ale stále je dostatečná pro existenci života v mořské vodě (GREENWOOD & EARNSHAW, 1993). Množství rozpuštěného kyslíku ve vodách je jedním ze základních ukazatelů kvality vody. Kyslík je důležitý pro zajištění životních pochodů organismů žijících ve vodním prostředí (HARTMAN ET AL, 2005). Jak již z rovnic kyslíkové bilance v kapitole 1.2 víme, tak ke zvýšení koncentrace kyslíku v nádrži dochází hlavně během dne v epilimniu.

Obsah kyslíku ve vodě je proměnlivý. Je-li v rovnováze se vzdušným kyslíkem, pohybuje se jeho koncentrace podle teploty mezi 7 až 14 mg.l⁻¹. V důsledku intenzivní asimilace může

dojit k p esycení afl na 40 mg.l⁻¹ a naopak vlivem respirace m fle rozpu-t ný kyslík z vody i zcela vymizet. K tomu dochází ve stojatých vodách u dna p i dlouhotrvající stratifikaci a ve v-ech typech vod p i rozkladu velkého množství organických látek. Organismy ve stojatých vodách sná-ějí zpravidla pom rn velké kolísání obsahu kyslíku. Dlouhodob nízký obsah (pod 1-2 mg.l⁻¹) má v-ak ufl pronikavý vliv na slofení zoocenóz a limituje výskyt ady druh . V takových podmínkách se vyskytují jen flivo ichové, schopní vyufflívat malé koncentrace kyslíku, nebo dokonce flít v anaerobním prost edí (HARTMAN ET AL, 2005). Vliv nedostatku kyslíku na obsádku je popsán v kapitole 1.9 deficit kyslíku v nádrfli.

Tab. 1. Rozpustnost kyslíku ve vod p i styku se vzduchem nasyceným vodní párou p i tlaku 101 325 Pa (PITTER, 2009).

Teplota °C	Rozpustnost mg.l ⁻¹	Teplota °C	Rozpustnost mg.l ⁻¹
0	14,63	16	9,86
2	13,84	18	9,46
4	13,11	20	9,08
6	12,45	22	8,74
8	11,84	24	8,42
10	11,28	26	8,12
12	10,77	28	7,84
14	10,29	30	7,57

P eváflná ást rozpu-t ného kyslíku je ve vod biologického pvodu, díky asimilaci vodních rostlin. Fotosyntéza tvo í asi 89% ze v-ech zdroj kyslíku (GREENWOOD & EARNSHAW, 1993). Dal-í ást kyslíku rozpu-t ného ve vod je zaji-t na difuzí, která probíhá p eváfln u hladiny. Touto difuzí se dostane do vody 7% kyslíku a z p ítoku 4% kyslíku. Spot ebu kyslíku zp sobuje dýchání rostlin a flivo ich , rozklad organické hmoty a malá ást kyslíku unikne do atmosféry. Obsah kyslíku je nep ímo a nelineárn závislý na teplot vody (HARTMAN ET AL, 2005).

1.5 Uhlík

Uhlík je jednou z hlavních složek biomasy, tvoří zhruba 50% její sušiny. Jeho cyklus je v prostředí velmi úzce svázán s toky energie. Redukované uhlíkaté sloučeniny jsou hlavními zásobními produkty organismů. Přesto je největší zásoba uhlíku, která se prakticky neúčastní koloběhu, v minerálech a mořských sedimentech (STRATKRABOVÁ, 1996). Základní schéma koloběhu uhlíku ve vodních ekosystémech vychází z atmosférického rezervoáru, odkud uhlík vstoupí producenti a předávají ho konzumentům. Z obou těchto trofických článků postupuje uhlík dále k rozkladu a poté zpět do atmosféry. Plynný oxid uhličitý je ve vodě snadno rozpustný, asi 200krát rozpustnější než O_2 . Proto jeho množství je ve vodě v poměru k jiným plynům vyšší než odpovídá jeho objemovému podílu v ovzduchu. Voda v rovnováze se vzduchem při tlaku 101,0 kPa při 0 °C obsahuje $1,005 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1} \text{ CO}_2$, při teplotě 20 °C $0,5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1} \text{ CO}_2$. Rozpustnost CO_2 je závislá na teplotě v souladu s Henryho zákonem.

Dalšími zdroji, kromě absorpce ze vzduchu, které zvyšují obsah volného CO_2 ve vodě je bakteriální rozklad organické hmoty, který je popsán v kapitole bakterioplankton 1.6 a dýchání rostlin a živočichů, jak popisuje rovnice bilance kyslíku v kapitole 1.2. Také i voda prosakující podzemními horizonty je obohacována CO_2 z podzemního vzduchu. Rozpuštěný CO_2 se slučuje s vodou na kyselinu uhličitou ve velmi malé koncentraci, a tím ovlivňuje pH vody. Kyselina uhličitá je částečně disociována na ionty H^+ a na hydrogenuhličitánové ionty HCO_3^- . Hydrogenuhličitánové ionty se dále disociují na vodíkové a uhličitánové ionty, zvyšující tím obsah H^+ iontů v roztoku. Plynný CO_2 obsažený ve vodě v souladu s teplotou je označován jako volný oxid uhličitý, který se vyskytuje ve vodách s vysokou uhličitánovou tvrdostí. Mnohem více oxidu uhličitého je přítomno ve formě rozpustných hydrogenuhličitánů $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Hydrogenuhličitán vyuvlívají často jako zdroj uhlíku. Při intenzivní fotosyntetické činnosti rostlin a oděrpání tohoto zdroje uhlíku spojeného s vysokými hodnotami pH 10 a 11 ovšem dochází k přeměně rozpustného hydrogenuhličitánu na uhličitán vápenatý s velmi nízkou rozpustností. Ten se vysráží ve formě povlaků na listech submerzní makrovegetace nebo vznikají drobné krystalky uhličitánu činností fytoplanktonu a sedimentují na dně. V kyselých vodách, při nízkém pH, CO_2 přeměněn ve volnou formu (LELLÁK & KUBÍČEK, 1991).

Vodní organismy a flivy ovlivňují koncentraci i parciální tlak rozpustného anorganického CO_2 . Poměr hrubé primární produkce (GPP) a procesu dýchání (R) vodními organismy, je v autotrofních jezerech $\text{GPP} : \text{R}$ vyšší než 1,0 a parciální tlak CO_2 ($p\text{CO}_2$) je vyšší než u atmosférického tlaku CO_2 . V heterotrofních jezerech jsou poměry naopak. Tyto výsledky

ovlivňuje obsah organické hmoty ve vodě a teplota vody, která hraje důležitou roli v metabolismu mikroorganismů (BINHE ET AL, 2010).

Organické látky, které se vyskytují ve vodách, jsou přirorodního, nebo antropogenního původu. Mezi přirorodní organické látky lze zařadit výluhy z půdy a sedimentů a produkty flórové aktivity rostlinných a živočišných organismů a bakterií. Organické látky z hnojení a přikrmování jsou ze splaškových a průmyslových odpadních vod, nebo z aktivity v zemědělství. Celkový organický uhlík se skládá z rozpuštěného organického uhlíku (*dissolved organic carbon* DOC) a nerozpuštěného organického uhlíku (*particulate organic carbon* POC) (PITTER, 2009). V oligotrofních vodách nepřesahuje množství rozpuštěného organického uhlíku ve vodě 3 mg/l. V produktivnějších vodách je obsah DOC od 4 do 10 mg/l. V nejproduktivnějších vodách dosahují koncentrace DOC až 25 mg/l (RIEMANN, 1986). Největší zásoby rozpuštěného organického uhlíku jsou v chladných oblastech a v mírném podnebném pásu, protože zde nedochází k rychlé oxidaci organické hmoty jako v tropických oblastech, kde je DOC menší. V podmínkách mírného pásu proto dochází k ukládání organického uhlíku do sedimentu dna jezer (KORTELAJNEN, 1999). V povrchových vodách jsou huminové látky asi 50 % rozpuštěného organického uhlíku (KRONBERG, 1999).

Uhlík, je velmi důležitý při fotosyntéze fytoplanktonu a rostlin. Při jeho nedostatku je minimální flóva, proto se aplikují uhlíkatá hnojiva jako kompost, chlévská mrva, kejda, nebo zelené hnojení, aby se zamezilo deficitu uhlíku. Uhlík, ale ani ostatní prvky z hnojiv nejsou beze zbytku zpracovány a proto po aplikaci hnojiv zůstává část flóvy nevyužitá a usadí se v sedimentech (KALFF, 2002). Dalším zdrojem uhlíku je přikrmování. V našich podmínkách k přikrmování ryb slouží především obiloviny. Na celkovém příjmu obsádky se přikrmování podílí okolo 25%. Pravidelné přikrmování na určitých místech v nádrži vede k flóvinové zátěži celého rybníčního ekosystému, nejen uhlíkem, ale i dalšími flóvinami. Obsádka také přestává využívat přirozenou potravu v jiných částech nádrže (ADÁMEK ET AL, 2010).

1.6 Bakterioplankton

Bakterie jsou jednobuněčné, nezelené, heterotrofní, mikroskopické organismy, které mají velký význam pro koloběh flóvy ve vodě, dekompozici organické hmoty a tím i pro produkci schopnost vodních nádrží i toků (KALFF, 2002). Podle rovnice celkové bilance kyslíku v kapitole 1.2. má bakteriální rozklad organické hmoty nezanedbatelný záporný vliv na

celkový stav kyslíku v nádrfí. Aktivita bakterií a jejich r st jsou ovliv ovány zejména teplotou, množstvím dostupných organických a anorganických flivin (tzv. botom-up control), predací prvok a zooplanktonu a virovou lyzí (FUHRMAN & NOBLE, 1995). Bakterie také vyuffívají DOC alochtonního p vodu pocházející z terestrických ekosystém a tudífl množství DOC významn ovliv uje jejich r stovou rychlost (TRAVNIK, 1990). R st bakterií v planktonním prost edí je limitován dostupností snadno rozloflitelných organických látek produkovaných fytoplanktonem, tzv. exudáty (COLE ET AL, 1982). Krom exudace se také jako autochtonní zdroj uplat uje rozkládající se fytoplankton a nespotebované zbytky fytoplanktonu z exkrement zooplanktonu. Proto také po ty bakterií ve stojatých vodách korelují s biomasou fytoplanktonu i kvalitou substrátu. Po et a druhy bakterií se v nádrfí m ní s místem jejich výskytu, podle aerobních a anaerobních podmínek, nebo trofií nádrfle (STRATKRABOVÁ ET AL, 1996).

Významnými predátory bakterií jsou heterotrofní bi íkovci a nálevníci. Preda ní tlak zp sobený prvoky a zooplanktonem dokáfle vyvolat zm ny v po etnosti, aktivit , velikosti a slofení bakterioplanktonu. Bylo dokázáno, fle predáto i bakterioplanktonu p íjímají selektivn ur itou ko ist: nap . v t-í bu ky, i vybrané skupiny bakterií, a tím regulují slofení bakteriálního spole enstva v p írodních sladkovodních ekosystémech (TYMEK ET AL, 1997 a 1999).

1.7 Fytoplankton

Fytoplankton je spole enstvo autotrofních mikroorganism vzná-ějících se voln ve vodním sloupci. Svojí schopností fotosynteticky vázat CO₂ rozpu-t ný ve vod a zp ístup ovat ho tak ostatním vodním organism m, jsou autotrofní mikroorganismy pro vodní spole enstva velmi d leflitá (REYNOLDS, 1997). Mají nezastupitelnou úlohu v produkci kyslíku v rovnici celkové kyslíkové bilance, jak je popsáno v kapitole 1.2. Fytoplankton je tvo en asami a sinicemi. Jeho množství i slofení se v pr b hu sezóny m ní v závislosti na fyzikálních, chemických i biologických podmínkách. Klí ovými podmínkami pro r st fytoplanktonu jsou dostupnost flivin, sv tlo a teplota vody. V hlub-ích nádrfích jsou nejhojn j-í v horní, prosv tlené vrstv (KALFF, 2002).

1.7.1 Sezonní cyklus fytoplanktonu

Fytoplankton bhem sezóny ovlivují různé fyzikální, chemické a biologické parametry. Jelikož tvoří fotoautotrofní organismy, je jeho růst plně závislý na světelné energii. Fytoplankton využívá fotosynteticky aktivní záření v rozmezí vlnových délek 380-720 nm. Toto záření je přímo vodou rozptylováno molekulami vody i suspenzovanými částicemi. Jen 1% povrchového záření pronikne do vrstvy vody, která se nazývá eufotická vrstva, ve které jediné probíhá fotosyntéza. Dlouhodobé přežití fytoplanktonu tedy závisí na schopnosti daného organismu udržet se ve svrchní osvětlené části vodního sloupce. Pod touto vrstvou se nachází tzv. kompenzační bod, ve kterém je fotosyntéza a respirace v rovnováze. Pod tímto bodem se nachází afotická zóna, kde již není světlo a proto v ní fytoplankton jen respiruje (KALFF, 2002, FINDLAY & SINSABAYGH, 2003). Dostupnost světla pro fytoplankton je také závislá na intenzitě a době záření dopadajícího na hladinu. Druhá je rozptyl a ztráta intenzity záření s rostoucí hloubkou. Hrubá primární produkce fytoplanktonu ve vodních ekosystémech značně kolísá v průběhu roku i v jedné určité nádrži od jednotek až po desítky $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{den}^{-1}$, vyjádřeno v první hmotnosti. Pro obtížnou měřitelnost fytoplanktonu v první hmotnosti i sušiny, často se v literatuře uvádí nejvíce údaje o množství fytoplanktonu a jeho produkci v jednotkách chlorofylu, nebo v hodnotách asimilovaného uhlíku (LELLÁK & KUBÍEK, 1991).

Dalším stejným důležitým faktorem je dostupnost živin. Nejzákladnějšími prvky, které limitují růst sinic a řas, je dusík, fosfor a uhlík, v kterých skupinách se také nacházejí. Dalšími faktory pak ovlivující růst a složení fytoplanktonu, jsou teplota a doba zdržení vody. Teplota vody pak působí na buzení fytoplanktonu a tím ovlivní její metabolismus. Teplota ovlivňuje i stratifikaci nádrže, rozhoduje o velikosti a stabilitě vrstev vody. (REYNOLDS, 2006). Doba zdržení je teoretická doba nutná k výměně celého objemu vody v nádrži. Když je tato doba nižší, než je průměrná generační doba fytoplanktonu, dojde k tzv. hydraulickému vymytí. To znamená, že populace sinic a řas nejsou schopné svým růstem nahradit ztráty způsobené odtokem vody.

Sezonní cyklus fytoplanktonu v nádržích mírného pásu popisuje tzv. PEG model (plankton ecology group model). Tento model vysvětluje sled událostí, které se v ideální nádrži rok od roku opakují. V zimním období je vodní sloupec stratifikován tak, že voda u dna má 4 °C, zatímco u hladiny je voda chladnější, případně je nádrž pokryta ledem. Nízké teploty společně s nedostatkem světla limitují rozvoj fytoplanktonu, jehož biomasa dosahuje nízkých hodnot. S příchodem jara se zvyšuje množství světla a zároveň postupně dochází k ohřívání vrchních vrstev vody. V okamžiku vyrovnání teplot u hladiny a u dna nastává jarní míchání celého vodního sloupce a tím i přísun živin ze spodních vrstev nádrže (KALFF, 2002). Zlepšující se

podmínky pro růst fytoplanktonu umožní její následný rozvoj vedoucí k vytvoření jarního maxima biomasy fytoplanktonu. Biomasa tvoří zpravidla malé, rychle rostoucí formy jako jsou skrytinky, zlativky nebo drobné centrické rozsivky (POULÍKOVÁ, 2011). Poté dochází k rozvoji herbivorního zooplanktonu společně s možnou limitací řiviny, které mohou být v období růstu fytoplanktonu vyčerpany, dochází k rychlému poklesu biomasy řas. Tento jev se často projevuje zvýšením průhlednosti vody v nádrži. Tato fáze sezonního cyklu na přelomu jara a léta se nazývá období *šclear water* a pak následně dochází k recyklaci řiviny a utváření teplotní stratifikace. Herbivorní zooplankton je během tohoto sezonního cyklu často limitován nedostatkem potravy, a proto následuje pokles jeho četnosti a biomasy.

V letním období je nádrž zpravidla již teplotně stratifikována a za těchto podmínek dochází k rozvoji letního fytoplanktonu, jehož růst je charakterizován stídním nejrůznějších limitujících faktorů, jako množství dostupného rozpustného fosforu, ale i dalších prvků, nebo intenzita světla, i predatorní tlak zooplanktonu. V této době převládá dominance zelených řas a jejich postupné nahrazení velkými rozsivkami, které jsou kvůli úbytku křemíku nahrazeny obrůnkami anebo sinicemi. Možný pokles koncentrace dusíku může vést k rozvoji vláknitých sinic, schopných dusík fixovat (FINDLAY & SINSABAYGH, 2003). S koncem léta dochází k postupnému ochlazení vody v epilimniu až do doby, kdy se teploty u hladiny a dna vyrovnají a nastane období podzimní cirkulace. Biomasa fytoplanktonu postupně klesá a s ní se také jeho složení. Dominují druhy adaptované na míchání vodního sloupce, jako jsou rozsivky a skrytinky. Se zkracujícím se dnem klesá množství světla, které limituje růst fytoplanktonu. Teplota u hladiny se snižuje a s příchodem zimy se celý cyklus uzavírá. Tato modelová sekvence sukcesního vývoje složení fytoplanktonního společenstva může mít v konkrétních případech značné odlišnosti především v závislosti na mnoha faktorech specifických pro danou lokalitu (REYNOLDS, 2006). Vliv teplotní stratifikace je také v kapitole 1.3 nadřeno.

1.8 Zooplankton

Zooplankton je složka biocenózy poměrně dobře přístupná pozorování, která je dostatečně dynamická i dostatečně konzervativní, ve svém druhovém a velikostním složení, v celkové biomase a v abundanci jednotlivých druhů. Nese mnoho informací umožňujících sledovat vývoj rybníčního ekosystému jako celku a také informace, jak tento ekosystém podle potřeb řídit (PÍKRYL, 1996). V rybníkářské praxi je společenstvo zooplanktonu dobrým ukazatelem zdravotního stavu, potravní aktivity obsádky i její početnosti, vztahu k

vyflírajícímu tlaku. čím nižší nebo nemocná obsádka, tím pravděpodobněji přítomnost v těchto druhů zooplanktonu v nádrži a naopak (FAINA, 1983).

Společenstvo zooplanktonu tvoří hlavní skupiny organismů: vířníci (*Rotifera*), perloočky (*Cladocera*) a klanonofci (*Copepoda*). Heterotrofní jednobuněčné organismy se jen zřídka vyskytují ve větším množství v planktonu přirozených vod. Poměrně pravidelně jsou však v různých typech vod přítomny larvy koreter (*Chaoborus sp.*) (LAMPERT, 1997).

Abundance zooplanktonu je v jednotlivých typech vod proměnlivá. V jezerech, tedy oligotrofních nádržích, je jeho početnost nejvyšší asi 100 ind.l⁻¹ (FRUTOS ET AL, 2009). Abundance v rybnících může podle úživnosti a hustoty rybí obsádky kolísat od 10 do 1000 ind.l⁻¹ (MICHELS ET AL, 2001).

Zooplankton a zoobentos je pro ryby velmi dobře stravitelný. To znamená, že obsahuje 10% sušiny u zooplanktonu a až 20% sušiny u zoobentosu. V sušině je obsaženo 50 až 65% bílkovin, 3 až 30% tuků, 5 až 25% sacharidů.

1.8.1 Sezónní dynamika zooplanktonu

Kvalitativní i kvantitativní složení rybníčního zooplanktonu je ovlivňováno vyflíracím tlakem rybí obsádky. Na výsledném efektu se uplatňuje nejen biomasa obsádky, ale i druhové složení a její hustota.

Na počátku vegetační sezóny, kdy je příjem potravy rybami limitován teplotou vody, se v zooplanktonu rybníků setkáme i s většími druhy perlooček, jako *Daphnia magna*, *D. pulex* nebo *Simocephalus vetulus* (ADÁMEK ET AL, 2010). Perloočky rodu *Daphnia* jsou velmi efektivní v redukci potravních zdrojů fytoplanktonu a bakterioplanktonu pro ostatní druhy zooplanktonu. Výsledkem jejich filtračního tlaku na fytoplankton je pak obvykle na přelomu května a června vznik fáze "clear water", která se vyznačuje vysokou průhledností vody v důsledku redukce fytoplanktonu (BRÖNNMARK & HANSSON, 1998). Se stoupající teplotou vody se zvyšuje také vyflírací tlak rybí obsádky zaměřený na nejvíce a snadno dostupné velké druhy filtračního zooplanktonu. Proto se větší perloočky v rybnících udržují obvykle jen v počátku vegetační sezóny a průhlednost vody se poté opět snižuje v návaznosti na zvýšený rozvoj fytoplanktonu podporovaný teplotou vody a zvýšenou sluneční radiací. Ve společenstvu zooplanktonu začíná dominovat menší druhy perlooček (*Bosmina longirostris*, *Ceriodaphnia sp.*) a klanonofci (*Cyclops vicinus* a *Acanthocyclops trajani*) s přechodem svých vývojových stádií. Masový výskyt velkých planktonních filtrátorů v tomto období, jako jsou *Daphnia magna*, *D. pulex*, *D. longispina* je doprovázen vysokou průhledností vody. To indikuje slabý vyflírací tlak obsádky nádrže v důsledku nízké biomasy a může to ukazovat na

nedostatek kyslíku. V případě nepříznivého poměru mezi koncentrací dusíku a fosforu, při limitaci dusíkem, jsou pak ve vegetačním období vytvořeny příznivé podmínky pro rozvoj sinicového vodního květu. Naproti tomu z masového výskytu drobných forem zooplanktonu spolu s nízkou průhledností vody lze vyvozovat vysokou biomasu obsádky, nebo masový výskyt drobných kaprovitých ryb, které také značí nedostatek obsahu kyslíku ve vodě. Obvykle se s ním v rybnících můžeme setkávat na konci vegetační sezóny. Vysoký výskyt buchanek a vířníků v letním období je pak signálem extrémně vysokého vyfířacího tlaku. Se zvýšeným rozvojem buchankovitého zooplanktonu v rybnících se normálně setkáváme hlavně v chladnějších ročních obdobích (ADÁMEK ET AL, 2010; NEGREIROS ET AL, 2009; POTUŠÁK ET AL, 2007). Na sezonní dynamiku zooplanktonu má velký vliv sezonní cyklus fytoplanktonu, který je popsán v kapitole 1.7 fytoplankton.

Početnost planktonních druhů se v průběhu roku značně mění, u některých druhů dosti pravidelně, u jiných ne. Chladnomilné druhy se vyskytují hlavně v zimním období, ve studených nádržích nebo v hypolimnionu hlubokých jezer, kde se mohou vyskytovat celoročně, jako například *Keratella hamalis*. V teplém ročním období je vázán výskyt v tůňkách, nádržích, v kterých vířník a mnohých buchanek jako jsou *Thermocyclops crassus*, *Mesocyclops leuckartii* a *Acanthocyclops trajani*. Jen málo druhů se vyskytuje po celý rok, jako například *Chydorus sphaericus*, vířníci *Keratella quadrata* nebo *Polyarthra* sp. (HARTMAN ET AL, 2005).

V mesotrofních sladkovodních jezerech v mírném zeměpisném pásmu se vyskytuje 50 až 100 druhů zooplanktonu (KALFF, 2002). Nejvíce počet druhů zooplanktonu není zjištěn v neuflivných rybnících s extenzivním chovem ryb, ale v rybnících s nízkou až střední úrovní intenzifikace. V těchto rybnících zůstává zachován dostatečný rozsah vodní vegetace a je v nich i dostatečně velká potravní nabídka. V přechodných zónách vodní vegetace se vyskytuje litorální zooplankton, jehož struktura je pravděpodobně lepším indikátorem biologické hodnoty rybníka a obnovy přechodných vodních společenstev nežli struktura pelagiálního zooplanktonu. Druhová pestrost celé rybníční biocenózy významně koreluje s rozvojem rybníční vegetace. Po určitou dobu ale litorál může být značně nezávislý na vodní mase ovlivněné chovem ryb (PĚKRYL, 1996).

1.9 Deficit kyslíku v nádrži

V souasně dob je zjišován kyslíkový deficit v rybnících s vyšími p i krmovanými obsádkami ryb. Jedním z p edpoklad ů jeho vzniku je do asné snížení fotosyntetické aktivity fytoplanktonu., který je z p soben nedostatkem disponibilního fosforu. To se projevuje nízkou a v pr b hu sv tlé ásti dne nezvyšující se koncentrací kyslíku ve vodním sloupci i p i vysoké koncentraci chlorofylu a. Tento jev je známý hlavn v eutrofních a hypertrofních, organicky zatížených rybnících, p i vyších teplotách vody. V této vod se obvykle vyskytuje vysoká biomasa zooplanktonu, provázená zjevným sníženým pr hledností vody.

I kdyů deficit kyslíku nevyvolá akutní úhyn ryb, p ináší pro rybí obsádku ádu problém , jako je snížená celková kondice obsádky, zhoršený p ůjem potravy, zvýšená citlivost ryb k bakteriálním a plís ovým onemocn ěním. P i malém i ůládném zvyšování koncentrace kyslíku b hem dne ryby p ijímají potravu aůl v odpoledních hodinách, nebo v bec. P i p ijímání potravy v odpoledních hodinách dochází k trávení aůl v noci, což je pro ryby ůlivotn nebezpe né, protoůe v té dob dochází k prohloubení kyslíkového deficitu, jelikoů se b hem dne nevytvo íla dostate ná zásoba kyslíku. Ryby také musí z stat u hladiny v p ípad vertikální stratifikace, která je v teplém období b ůlná, pro nedostatek kyslíku v hlubší vrstv . Ryba se tak m ůe stát snadnou ko ístí dravých pták (FIANA ET AL, 2011).

2 Projekt

2.1 Cíle

Na základě měření vybraných veličin obsahu kyslíku ve vodě v p e dem vybraných místech nádrže.

- Popsat změny produkce a spotřeby kyslíku v ekosystému produkčního rybníka v průběhu vegetační sezóny.
- Popsat příčiny těchto změn a jejich důsledky pro ekosystém.
- Navrhnout opatření (pokud budou možná) pro zlepšení stávajícího stavu.

2.2 Hypotézy

1. Podáním velké krmné dávky pro ryby se negativně změní kyslíkový režim v nádrži.
2. Snížení obsahu kyslíku v nádrži vede k menšímu přírůstku u ryb a tedy k ekonomické ztrátě.
3. Aplikací dostatečného množství krmné dávky ve správnou dobu se omezí její negativní vliv na kyslíkový režim nádrže.

2.3 Návrh projektu

Projekt se zabývá typickým malým eutrofním a hypertrofním rybníkem o rozměrech 1 ha na území České republiky s biomasou obsádky do $500 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, u kterého se bude první rok projektu hospodařit stejně intenzivně jako doposud a druhý rok trvání projektu se bude hospodařit podle navrhovaných opatření. Mezi navrhovaná opatření patří snížení hnojení statkovými hnojivy, maximálně na tzv. startovací dávku $0,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ na začátku vegetační sezóny. Dále se omezí vápnění, hnojení kejdami a průmyslovými hnojivy na nezbytné minimum v průběhu roku. Omezí se také krmná dávka pro obsádku, dle aktuálního množství planktonu. Tyto opatření se upraví s ohledem na nadmořskou výšku rybníka a jeho celkové umístění v krajině s ohledem na zemědělské hospodaření v jeho povodí.

Zre-e-e vyplývá, že jednotlivá opatření budou mít pozitivní vliv na kyslíkový režim nádrže. Proto navrhuji, aby u vybraného rybníka proběhly odběry vzorků před a po uplatnění navrhovaných opatření. Vzorky vody budou odebírány v měřicí květině a září na p e dem vytipovaných místech.

2.4 Terénní odběry vzorků

Projekt se bude řídit podle rovnic kyslíkové bilance z literární re-e. V nádrfi bude pravideln probíhat odb r vzork , p i emfl vzorky budou odebírány dvakrát týdn po dobu 4 vybraných m síc po dobu dvou let. Na míst budou p enosnými p ístroji zm eny základní veli iny: množství rozpu-t ného kyslíku ve vod , teplota a pH v celém vodním sloupci. První odb rové místo je v míst kbelu rybníka, druhé odb rové místo je uprost ed rybníka. První vzorek vody z jednoho odb rového místa se odebere v epilimniu, druhý v hypolimniu. Do odb rných nádob budou odebrány vzorky vody, u kterých následn prob hne laboratorní analýza.

2.5 Použité metody

V projektu bude zji-t n vliv vybraných hospodá ských opat ení na kyslíkový reffim. Odebrané sm sné homogenní vzorky vody se zpracují v laborato i následujícím zp sobem. Reprezentativní vzorky o známém objemu p ecedím p es síto 200 m, aby se zachytil zooplankton, na sítu 20 m fytoplankton, na sítu 4 m bakterioplankton. Vzorek vody se p efiltruje p es 0,2 m filtr, aby se odstranilo co nejvíce organických a anorganických ástic. Do takto zfiltrované vody se do jedné tmavé láhve dá zfiltrovaný zooplankton, do druhé fytoplankton, do dal-í bakterioplankton a v dal-í lahvi bude rozpu-t ná organická hmota. V jedné sv tlé lahvi, kde budou simulovány stejné sv telné podmínky jako v rybníce bude také fytoplankton, aby se dala zm ít tvorba kyslíku. Jedna láhev se nechá bez planktonu. V poslední lahvi bude nezfiltrovaná voda. Ve v-ech láhvích se zm í BSK₅. Lahve s planktonem se poté zfiltrují v akreditované laborato i, kde se ur í dominantní skupiny planktonu a zm í se su-ina a obsah uhlíku v zooplanktonu, fytoplanktonu a bakterioplanktonu. Výsledky se vyjád í v $\text{mg}^{-1}\text{g}^{-1}\text{d}^{-1}$.

2.6 časová náročnost projektu

Doba příprav zahrnuje výběr lokality, zařízení pronájmu a koupení potřebného vybavení. Odběr a zpracování vzorků bude probíhat v květnu a září, v měsících, kdy se mění podmínky v rybníce. Vyhodnocení dat proběhne hned následující měsíc a prezentace výsledků proběhne v sídle investora.

Tab. 2. časový harmonogram projektu

Úloha a načasování	2015				2016				
	Duben	Květen	Září	říjen	Duben	Květen	Září	říjen	Listopad
Příprava									
Odběr a zpracování vzorků									
Vyhodnocení dat									
Prezentace výsledků									

2.7 Finanční náročnost projektu

Tab. 3. Finanční náročnost projektu

	1. rok řešení	2. rok řešení	Projekt
Včetně nákladů	30 000	10 000	40 000
Služby	166 500	166 500	333 000
Cestovní náklady	10 000	10 000	20 000
Mzdové náklady	95 000	105 000	200 000
Refijní náklady	75 400	72 900	148 300
Celkem (K)	376 900	364 400	741 300

2.8 Podrobný rozpis nákladů projektu na dva roky

Výšné náklady:

Vybavení 40 tisíc K

Služby:

Analýzy vzorků stanovené odbornou laboratoří 333 tisíc K

Cestovní náklady:

Cestovní náklady 20 tisíc K

Mzdové náklady:

1 pracovník 50% úvazek 200 tisíc K

Analýzu 128 vzorků vody provedu sám. Odborná laboratoř provede zpracování 64 vzorků, kde podle jejich tržní ceny určí dominantní skupiny zooplanktonu, fytoplanktonu a bakterioplanktonu. Dále spočítá i jejich počty a zmasivinu. Tyto testy budou dohromady stát 333 000 K. Pronájem vybavení do terénu včetně přístrojů jako pH metr, oxymetr a další, pronájem lokality, spolu s kancelářskými potřebami bude stát 40 000 K. Cestovní náklady na terénní měření ve zkoumaném rybníku vzdáleném přibližně 20 km a doprava vzorků do odborné laboratoře činí 20 000 K. Mzdové náklady budou za 32 odběrů, kdy jeden odběr bude přibližně trvat 8 hodin. Dále za zpracování vzorků a vyhodnocení dat, zpracování konečné zprávy a prezentace výsledků projektu trvajících dohromady přibližně 300 hodin. Celkem mzdové náklady budou činit 200 000 K. Refijní náklady budou 20% z ceny projektu. Proto celková cena projektu bude 741 300 K.

3 Závěr:

Zreer-e plyne, fe kyslíkový reffim nádrfe je velmi ovlivn n hospodá skou inností v rybníce. V t-ina na-ích rybník je díky d ív j-ímu hospoda ení eutrofního afl hypertrofního charakteru a je to také jeden z d vod , pro se v na-í krajín vyskytuje mnohem více flivin nefl v minulosti, díky jejich usazení v sedimentech nádrflí a tok . Nadm rná koncentrace t chto flivin ve vod m fe zp sobit kyslíkový deficit, nebo eutrofizaci.

V sou asné dob se za íná obracet pozornost k udrflitelnému rozvoji hospoda ení v krajín . Proto se í rybá ství za íná zkoumat, kde by se dalo u-et it, zachovat p im ený zisk a p íli- nezat flovat flivotní prost edí. Navrhovaný projekt je zam en na vyrovnaný kyslíkový reffim p í co nejmen-ích investicích do hnojení nádrfe a krmení obsádky. Tak se zajistí, fe se do rybní ního ekosystému nedostalo tolik organických látek, které by negativn ovlivnily kyslíkový reffim. Na základ porovnání odebraných vzork p ed a po úprav hospoda ení na vybraném rybníce se zjistí, jestli navrhované úpravy jsou ú inné a pomohou sníflit mnoflství flivin v krajín p í zachování podobných zisk .

Výsledky projektu mohou hlavn vyuflít rybá ské spole nosti, pro sníflení po áte ních náklad a sníflení zne ít ní vod svých rybník . Také mohou poslouflit státní správ p í navrhování hospoda ení ve zvlá-t chrán ných územích.

4 Citovaná literatura

ADÁMEK, Z., HELENYC, J., MARTÁLEK, B., RULÍK, M. (2010) Aplikovaná hydrobiologie. 2. rozšířené upravené vydání. Vodany: Jihoeská univerzita v českých Budovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, 350 s.

BIHNE, G., CLAIRE. L., SCHELSKE, COVENEY, M. F. (2010) Low carbon dioxide partial pressure in a productive subtropical lake. *Aquatic Science*, 73, (3), 317-330.

BRÖNMARK, Ch., HANSSON, L. A. (1998) The biology of lakes and ponds. New York: Oxford University Press, 216 s.

COLE, J. J., LIKENS, G. E., STRAYER, D. L. (1982) Photosynthetically produced dissolved organic carbon: an important carbon source for planktonic bacteria. *Limnology and Oceanography*, 27: 1080 - 1090

FIANA, R. (1983) Vyuffívání p írozené potravu kaprem v rybnících. Vodany: Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický, 16 s. Edice metodik, Svazek . 8.

FIANA, R., MÁCHOVÁ, J., VALENTOVÁ, O. (2011) Možnosti e-ení kritických deficit kyslíku v rybním chovu ryb pomocí aplikace nízké dávky superfosfátu. Vodany: Jihoeská univerzita v českých Budovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, 13 s. Edice metodik, Svazek . 116.

FINDLAY, S. E. G., SINSABAUGH, R. L., (2003) Aquatic ecosystems: interactivity of dissolved organic matter. Amsterdam: Academic Press, 512 s.

FUHRMAN, J. A., NOBLE, R. T. (1995) Viruses and protists cause similar bacterial mortality in coastal seawater. *Limnology and Oceanography*, 40: 1236 ó 1242

FRUTOS, S. M., POI DE NEIFF A. S. G., NEIFF, J. J. (2009) Zooplankton abundance and species diversity in two lakes with different trophic states (Corrientes, Argentina). *Acta limnológica brasiliensia*. . 21, s. 367-375.

GREENWOOD, N. N., EARNSHAW, A. (1993) Chemie prvk . Svazek 1, Praha: Informatorium, 793 s.

HARTMAN, P., P IKRYL, I., TĚ DRONSKÝ, E. (2005) Hydrobiologie. 3., p eprac. vyd. Praha: Informatorium, 359 s.

KALFF, J. (2002) Limnology: inland water ecosystems. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 592 s.

KORTELAJNEN, P. (1999) Source of Aquatic organic Carbon in Keskitalo. *Limnology of Humic Waters*. Leiden: Backhuys Publishers, 95 ó 109 s., 284 s.

KRONBERG, L. (1999) Content of Humic Substances in Freshwater in Keskitalo. *Limnology of Humic Waters*. Lieden: Backhuys Publishers, 9 ó 10 s., 284 s.

LAMPERT, W. (1997) *Limnoecology: the ecology of lakes and streams*. 2nd ed. New York: Oxford University Press, 382 s.

LELLÁK, J., KUBÍ EK, F. (1991) *Hydrobiologie*. Praha : Karolinum, 257 s.

MICHELS, E., COTTENIE, K., NEYS, L., DE MEESTER, L. (2001) Zooplankton on the move: first results on the quantification of dispersal of zooplankton in a set of interconnected ponds. *Hydrobiologia*. 442, s. 117-126.

NEGREIROS, NF., ROJAS, NE., ROCHA, O., SANTOS WISNIEWSKI, MJ. (2009) Composition, diversity and short-term temporal fluctuations of zooplankton communities in fish culture ponds (Pindamonhangaba), SP. *Brazilian journal of biology = Revista brasileira de biologia*. ro . 69, . 3, s. 785-794.

PETER, P., VOTRUBA, L., MEJZLÍK, L. (1967) *Údolné nádrfle a priehrady*. Bratislava : Slov. vydav. techn. lit. 477 s.

PITTER, P. (2009) *Hydrochemie*. 4. aktualiz. vyd. Praha: Vydavatelství V^TCHT, 579 s.

POKORNÝ, J. (2009) *Vodní hospodá ství: stavby v rybá ství*. Praha: Informatorium, 318 s.

POTUfÁK, J., H DA, J., PECHAR, L. (2007) Changes in fish production effectivity in eutrophic fishponds-impact of zooplankton structure. *Aquaculture international*. 15(3-4), 201-210.

POULÍ KOVÁ, A. (2011): *Základy ekologie sinic a as*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 91 s.

P IKRYL, I. (1996): Vývoj hospoda ení na eských rybnících a jeho odraz ve struktu e zooplanktonu, jako mofného kritéria biologické hodnoty rybník . In: Flaj-hans, M.(red.), *Sborník v deckých prací k 75. výro í založení VÚRH*, str. 151-164.

REYNOLDS, C. S. (1997) *Vegetation processes in the pelagic: a model for ecosystem theory* Oldendorf/Luhe: Ecology Institute, 371 s.

REYNOLDS, C. S. (2006) *The ecology of phytoplankton*. Cambridge: Cambridge University Press, 535 s.

RIEMANN, B., SØNDERGAARD, M. (1986) *Carbon dynamics in eutrophic, temperate lakes*. Elsevier Science Publisher, Kalifornská univerzita, 284 s.

STRAT^TKRABOVÁ, V., HARTMAN, P., MACEK, M., NEDOMA, J., ^TMEK, K., VRBA, J. (1996) *Mikrobiální ekologie vody*. Praha: Ministerstvo flivotního prost edí R, 119 s.

TYMEK, K., KOJECKÁ, P., NEDOMA, J., HARTMAN, P., VRBA, J., DOLAN, J. R. (1999) Shifts in bacterial community composition associated with different microzooplankton size fractions in a eutrophic reservoir. *Limnology and Oceanography*, 44: 1634 - 1644

TYMEK, K., VRBA, J., PERTNHALER, J., POSCH, T., HARTMAN, P., NEDOMA, J., PSENNER, R. (1997) Morphological and compositional shifts in an experimental bacterial community influenced by protists with contrasting feeding modes. *Applied and Environmental Microbiology*, 63: 587 - 595

TRANVIK, J. L. (1990) Bacterioplankton growth on fractions of dissolved organic carbon of different molecular weights from humic and clear lakes. *Applied and Environmental Microbiology*, 56: 1672 - 1677

VLČEK, V., KESTĀNEK, J., KŘÍŽ, H., NOVOTNÝ, S., PÍŠEK, J. (1984) Vodní toky a nádrže. *Zemepisný lexikon ČSR*, Praha: Academia, 315 s.