

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině

Katedra: Katedra krajinného managementu

Vedoucí katedry: doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Respirace zooplanktonu v eutrofních rybnících

Vedoucí bakalářské práce: doc. RNDr. Libor Pechar, CSc.

Konzultant bakalářské práce: Ing. Martin Musil, Ph.D.

Autor: Lucie Lendlerová

České Budějovice, duben 2013

Prohlášení

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

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

Dne 11. dubna 2013 v Českých Budějovicích

.....

Lucie Lendlerová

Poděkování

Na tomto místě bych chtěla poděkovat vedoucímu práce doc. RNDr. Liborovi Pecharovi, CSc. za věcné připomínky a vedení při zhotovování práce. Můj velký dík patří Ing. Martinovi Musilovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky, vedení a konzultace v průběhu mé práce. Děkuji také Ing. Markovi Baxovi za pomoc při terénních odběrech a pokusu.

Abstrakt

Respiration in ponds recycles organic carbon arising from photosynthesis back to inorganic carbon. Zooplankton is most important in the process of respiration in the pond. Prior to this transformation, the organic carbon is potentially available to support secondary production. The efficiency of primary and secondary production relative to respiration is an important feature of ponds and other aquatic ecosystems. Intensive respiration in sediments often leads to oxygen depletion and even anoxia. Thus, the rates and controls of respiration are of central importance in pond ecosystems. The results show that zooplankton respiration make 60% or more of system respiration in the spring stage of clean water. There may be situations when it is possible increase of benthic filamentous algae thanks to high transparency. Their photosynthetic assimilation effectively balances oxygen deficit caused by zooplankton respiration and not occur dangerous deficit situations for fish which are usual in this period.

Key words: photosynthesis, primary production, respiration, secondary production

Procesem dýchání se ve vodě přeměňuje organický uhlík vzniklý fotosyntézou zpět na anorganický uhlík. Největší význam v procesu respirace v rybníku má zooplankton. Prioritně je organický uhlík potenciálně k dispozici pro podporu sekundární produkce. Účinnost primární a sekundární produkce v poměru k dýchání je důležitým ukazatelem v rybnících i jiných vodních ekosystémech. Intenzivní dýchání, například v sedimentech, může vést k vyčerpání kyslíku a dokonce i anoxie. A proto sledování kyslíkového režimu má pro ekosystém rybníka rozhodující význam. Z výsledků vyplývá, že 60 i více % respirace systému tvoří respirace zooplanktonu v jarním stádiu čisté vody. Mohou však nastat situace, kdy je díky vysoké průhlednosti umožněn nárůst bentických vláknitých řas. Jejich fotosyntetická asimilace účinně vyrovnává deficit kyslíku způsobený respirací zooplanktonu a nenastávají tak pro ryby nebezpečné deficitní situace, které bývají jinak v tomto období obvyklé.

Klíčová slova: fotosyntéza, primární produkce, respirace, sekundární produkce

Obsah

1.	Úvod.....	7
2.	Literární přehled	8
2.1.	Rybníky	8
2.1.1.	Eutrofizace rybníků.....	9
2.2.	Plankton.....	10
2.2.1.	Sezónní dynamika.....	11
2.3.	Respirace a fotosyntéza ve vodním prostředí.....	12
2.3.1.	Respirace zooplanktonu.....	15
2.3.2.	Sedimentární respirace	16
2.4.	Faktory ovlivňující respiraci	17
2.4.1.	Světlo a teplota	17
2.4.2.	Obsah rozpuštěného kyslíku.....	18
2.4.3.	Oxid uhličitý a uhličitánový systém	19
2.4.4.	Hodnota pH vody	21
2.4.5.	Primární produkce	22
2.4.6.	Sekundární produkce	23
2.4.7.	Rybí obsádka a její vliv na plankton	23
2.4.8.	Trofické podmínky a zatížení organickou hmotou.....	24
2.5.	Nadměrný rozvoj zooplanktonu	26
3.	Metodika	27
3.1.	Popis experimentálních lokalit a podmínek experimentu	27
3.2.	Metodika experimentů in situ.....	28
3.3.	Experiment in vitro.....	29
3.4.	Hydrobiologický rozbor	29

3.5.	Metodiky stanovení jednotlivých ukazatelů.....	30
3.5.1.	Rozpuštěný kyslík ve vodě.....	30
3.5.2.	Měření pH.....	32
3.5.3.	Konduktivita - vodivost.....	32
3.5.4.	Měření průhlednosti se Secchiho (zkušební) deskou	32
3.5.5.	Stanovení chlorofylu-a	33
3.5.6.	Stanovení živin	33
4.	Výsledky a diskuze	34
4.1.	Výsledky experimentu in situ.....	34
4.1.1.	Dobrá Vůle.....	34
4.1.2.	Lipičí	40
4.1.3.	Kontrolní lokality.....	46
4.2.	Výsledky experimentů in vitro	49
4.2.1.	Dobrá Vůle.....	49
4.2.2.	Lipičí	49
5.	Závěr	51
6.	Seznam použité literatury	52
7.	Přílohy.....	55

1. Úvod

Rybníky jsou účelové vodní nádrže zřizované primárně za účelem chovu ryb. V průběhu staletí se staly integrovanou součástí naší krajiny, což jí dodává světově unikátní ráz. Dobrým příkladem je třeboňská rybníční oblast. Oproti ostatním přirozeným vodním ekosystémům mají svá jedinečná specifika jako je: manipulace s vodou, vysoká koncentrace ryb, množství hospodářských zásahů, jako je manipulace s rybí obsádkou, vápnění, hnojení, vyžínání litorálních porostů atp. Právě rybářský management spolu s vlivy z povodí mají za následek vysokou úživnost těchto ekosystémů. Vápnění, hnojení, splachy ze zemědělského povodí jsou nejdůležitějšími donory živin zvyšujících trofii rybníků. Většinu rybníků lze tedy považovat za eutrofní, nežádka až hypertrofní. Výjimku tvoří některé mimoprodukční rybníky, např. rekreační nádrže, extrémem jsou naopak stabilizační rybníky. Z přirozených světových vodních ekosystémů jsou rybníkům nejbližší mělká eutrofní jezera. Na těchto ekosystémech bylo prováděno mnoho studií a lze je použít pro srovnání s výsledky studií na rybnících.

Vysoký přísun živin do rybníků má za následek vysokou primární a následnou sekundární produkci. Vysoké množství biomasy planktonu, ale i ostatních společenstev se ze své fyziologické podstaty (heterotrofní a autotrofní) projevuje intenzivní respirací a fotosyntézou. Zvýšená míra těchto procesů přímo a protichůdně ovlivňuje kolísání základních fyzikálně chemických parametrů vodního prostředí jako je koncentrace rozpuštěného kyslíku, reakce vody, tedy pH. Amplitudy těchto ukazatelů bývají velmi rozkolísané a v rámci jednoho dne se mohou střídát stavy kyslíkových deficitů a přesycení. To může navodit problémy rybí obsádce. Rybí obsádka, která trpí stresovými situacemi, dosahuje nižší finální produkce.

Hlavním cílem bakalářské práce je shrnout poznatky z literárních zdrojů o respiračních pochodech v rybnících s důrazem na zooplankton a jejich vliv na ostatní složky ekosystému, zvláště na ryby. Další cíl práce je popis experimentu in situ a in vitro s respirací zooplanktonu, kterých jsem se účastnila a zpracování výsledků.

2. Literární přehled

2.1. Rybníky

Rybníky jsou uměle hrazené, většinou mělké, zcela vypustitelné nádrže, určené k chovu ryb. Základním rysem jejich biotypologického rozdělení je jejich úživnost – trofie rybníčních vod, která je kromě geologických, hydrologických a klimatických vlivů určována též rybníkářským obhospodařováním. Kritériem dělení je dosud přirozená produkce rybníků (Sládečková, Sládeček, 1997).

Trofie rybníční vody je ovlivňováno také polohou rybníka v krajině a charakterem povodí. Velikost, hloubka, hydrologické poměry, úživnost a další vlastnosti rozhodují o hospodářském zařazení rybníka pro chov ryb. (Hartman et al., 1998)

Ve většině stojatých vod je uzavřený koloběh živin, výměna látek s okolím je relativně méně významná. Voda se v nich pohybuje pomaleji, střídavě různými směry, v důsledku různých typů cirkulací. Ekosystémy stojatých vod jsou uzavřenější a mají zpravidla zřetelné hranice. (Hartman et al., 1998) V důsledku pravidelného vypouštění je v nich významně omezen výskyt jezerních druhů hydrobiontů, neschopných přežít období bez vody. Jejich základní charakteristikou, odlišnou od ostatních vodních těles je, že jsou pravidelně vypouštěny, sloveny a znovu nasazeny obsádkou obvykle několika druhů, většinou jednotné věkové kategorie. V průběhu staletí byly osídleny více či méně specifickými společenstvy vodních organismů, původem převážně z biotopů tůní a aluvií, které tvoří ekosystém rybníka (Pechar et al., 2002).

Přirozená produkce ryb v nížinných rybnících bohatých na živiny se pohybuje mezi 200-300 kg na hektar, se stoupající nadmořskou výškou (chladnější klima, nižší koncentrace nutrientů) klesá na 100-200 kg.ha⁻¹ až k 50 kg.ha⁻¹ v polohách nad 400-500 m. n. m. S použitím intenzifikačních opatření (přikrmování, hnojení) lze dosáhnout v našich podmínkách produkce až 1000 a více kg na hektar (jižní

Morava). Přirozená produkce rybníka je ovlivněna i druhovým složením obsádky a její schopnosti využívat maximum dostupných potravních zdrojů. Intenzifikační rybníky, v nichž je většina produkce dosahována prakticky výlučně aplikací krmiv s využitím řady dalších technologií (např. aerace), jsou v našich podmínkách charakterizovány produkcí okolo 2-3 tun na hektar. Tyto rybníky však již postrádají funkční rybníční ekosystém a u nás se téměř nevyskytují. (Adámek et al., 2010)

2.1.1. Eutrofizace rybníků

Na počátku své existence byla většina rybníků oligotrofní až mezotrofní. Nebyla na nich uplatňována žádná intenzifikační opatření, jak je známe dnes, a přísun živin z povodí nebyl významně ovlivněn lidskou činností (zemědělství, obyvatelstvo, průmysl). Vápnění rybníků, hnojení a příkrmování se projevilo zvýšením produkce ryb, avšak tyto zásahy se zvláště výrazně uplatnily až v 50. až 80. letech minulého století. Výsledkem exponenciálně rostoucího zatížení rybníků přítokem ze zdrojů v povodí spolu s přísunem živin jako součásti rybníkářského managementu je dnešní extrémně vysoká dotace rybníčních ekosystémů živinami, převážně uloženými v sedimentech. Rybníkářství je tak v současnosti v pozici, kdy musí managementem reagovat na eutrofní (často až hypertrofní) podmínky v rybníčním ekosystému. (Adámek, 2010)

Eutrofizace znamená růst obsahu minerálních živin ve vodách, především sloučenin fosforu a dusíku. Eutrofizace je doprovázena rozvojem fotosyntetizujících organismů. Projevuje se především ve stojatých vodách. Eutrofní voda (nádrž, jezero) je voda bohatá na živiny, s velkou primární i sekundární produkcí a produkcí ryb. Rozlišuje se přirozená eutrofizace, kterou nelze ovlivnit a která je způsobena přítomností sloučenin P a N pocházejících z půdy a dnových sedimentů a z rozkladu odumřelých vodních organismů, a antropogenní (indukovaná) eutrofizace, která je výsledkem civilizačního procesu. Je způsobeno splachem hnojiv ze zemědělsky obdělávané půdy, používáním polyfosforečnanů v pracích a čisticích prostředcích a zvětšujícím se množstvím splaškových vod. Dalším zdrojem jsou atmosférické depozice s rostoucím antropogenním podílem N a P. Přísun anorganických živin, zejména sloučenin fosforu a dusíku, porušuje biologickou rovnováhu ve vodě, vede k

intenzivnější primární produkci a za určitých podmínek dochází k přemnožení fytoplanktonu. Typickým příznakem eutrofizace je změna kvantity společenstva fytoplanktonu, zejména sinic a řas. Pro produkci biomasy je třeba, aby byl splněn stechiometrický poměr C:N:P = 106:16:1. Z tohoto hlediska je důležitý molární poměr celkového dusíku k celkovému fosforu (N:P). Je-li ve vodě N:P > 16, je limitujícím prvkem fosfor, je-li N:P < 16 limituje růst fytoplanktonu dusík. Ve většině nádrží v ČR je poměr N:P podstatně větší než 16. Proto je fosfor považován za klíčový faktor eutrofizace. Za eutrofní vody se považují ty vody, které obsahují 35 až 100 $\mu\text{g l}^{-1}$ fosforečnanového fosforu (P-PO₄). Vody, které pak obsahují více jak 100 $\mu\text{g l}^{-1}$ fosforečnanového fosforu, jsou vody hypertrofní. (Pitter, 2009)

2.2. Plankton

Plankton je tvořen zpravidla drobnými organismy schopnými trvale se vznášet nebo plavat ve volné vodě, přičemž ale nejsou schopné odolávat vodnímu proudu rychlejšímu než 2 $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$. (Hartman et al., 1998)

Součástí sladkovodního planktonu je široký soubor primárních hydrobiontů – od bakterií a jednobuněčných řas a prvoků po mnohobuněčné řasy a různé bezobratlé, zejména vířníky (Rotatoria), klanonožce (Copepoda) a perloočky (Cladocera). Ze sekundárních hydrobiontů sem patří larvy koreter (Chaoborus) a vodule rodu Atax. Výjimečně mohou být součástí sladkovodního planktonu též larvy mlžů (*Dreissena polymorpha*), medúzka sladkovodní (*Craspedacusta sowerbyi*), planktonní larvy parazitických ploštěnců atd. (Lellák, Kubíček, 1991), avšak tyto druhy se v rybnících nevyskytují.

Systematicky třídíme plankton na fytoplankton, zooplankton a bakterioplankton. Každá z těchto skupin má odlišnou ekologickou funkci v ekosystému a vyžaduje jiný metodický přístup při zkoumání. (Hartman et al., 1998)

Bakterie jsou ve vodním sloupci vázány na různé vznášející se částice, hojnější jsou v litorálu a u dna, kde zastávají důležitou funkci při rozkladných procesech. V hlubších nádržích mohou být značné rozdíly v množství bakterií v různých hloubkách. Výraznou stratifikaci mohou vykazovat zvláště různé fyziologické

skupiny: heterotrofní, metanové, siřné, amonizační, nitrifikační aj. (Hartman et al., 1998)

Fytoplankton je tvořen velkým množstvím druhů sinic a řas. V hlubších nádržích je nejhojnější v horní, prosvětlené vrstvě (epilimnionu). Nepohyblivé buňky výlučně autotrofních druhů zpravidla hynou, klesnou-li do větší hloubky s nedostatkem světla. (Hartman et al., 1998)

Zooplankton je tvořen především vířníky, perloočkami, buchankami a vznášivkami. Prvoci se jen zřídka vyskytují ve větším množství v planktonu přirozených vod (především v oligotrofních a naopak hypertrofních vodách). Poměrně pravidelně jsou v různých typech vod přítomny larvy koreter (*Chaoborus*). Zooplankton se aktivně pohybuje, jeho rozmístění v nádržích je proto proměnlivé. (Hartman et al., 1998)

2.2.1. Sezónní dynamika

Život planktonních organismů je krátký. Organismy se rychle rozmnožují, proto se různé změny prostředí rychle odrazí ve složení planktonu. Vedle sezónních změn abiotických faktorů a trofie nádrže má na charakter a dynamiku planktonu největší vliv obsádka ryb. (Hartman et al., 1998)

Klíčovou skupinou planktonu jsou velké perloočky, zejména rodu *Daphnia*, které jsou velmi účinnými filtrátory a stačí jim k růstu i k rozmnožování i velmi malé koncentrace sestonu (detritus a fytoplankton a buňkami menšími než 40 μm). (Hartman et al., 1998) Výsledkem jejich filtrační aktivity nastává obvykle na přelomu května a června fáze tzv. „clear water“ (čistá voda) (Fott et al., 1980), která se vyznačuje vysokou průhledností vody v důsledku redukce fytoplanktonu. Se stoupající teplotou vody se zvyšuje i vyžírání obsádky zaměřené na tyto největší a snadno dostupné organismy. Proto se větší perloočky v rybnících udržují obvykle jen na začátku vegetační sezóny a průhlednost vody se následně opět snižuje v návaznosti na zvýšený rozvoj fytoplanktonu podpořený navíc teplotou a zvýšenou sluneční radiací. Ve společenstvu zooplanktonu pak dominují menší druhy perlooček, klanonožci – buchanky (*Cyclops*, *Acanthocyclops*) a dále

roste podíl vířníků, kteří nejsou zachyceni filtračním aparátem kapra. (Adámek, 2010)

Prostor uvolněný drobným fytoplanktonem (ekologickou nikou) využijí velké druhy fytoplanktonu, jako například sinice vodního květu, velké koloniální rozsivky (*Asterionella*, *Fragilaria*, *Melosira* aj.), obrněnky (*Ceratium*), zelené řasy (*Volvox*, *Eudorina*, *Micractinium*, *Pediastrum* aj.), kryptomonády apod. Výsledkem je druhově chudé, ale poměrně stabilní planktonní společenstvo. V mělkých vodách (např. rybníky) však může současně dojít k rozvoji fyto-bentosu (tzn. vláknitých řas a makrovegetace), který proroste vodní sloupec, přičemž dojde k zániku pelagiálního planktonu. (Hartman et al., 1998)

Je-li v nádrži naopak mnoho planktonožravých ryb, převažují v zooplanktonu drobnější perloočky, klanonožci, popř. i vířníci. Fytoplankton je přitom tvořen pestrým společenstvem drobných sinic, rozsivek, zelených bičíkovců a zejména chlorokokálními řasami. Průhlednost vody je malá a nedochází ani k většímu rozvoji fyto-bentosu. Tyto závislosti se však projevují jen v letním období, kdy ryby intenzivně přijímají potravu. Býložravé ryby, živící se fytoplanktonem (tolstolobici), ovlivňují dynamiku a složení fytoplanktonu i přímo. (Hartman et al., 1998)

Množství planktonních živočichů je silně ovlivňováno množstvím potravy, její nedostatek bývá u perlooček a vířníků podnětem k tvorbě trvalých vajíček. Stejný význam mají pro řasy minerální živiny, zejména fosfor. Druhy, kterým koncentrace některé živiny ve vodě nestačí, z planktonu vymizí. (Hartman et al., 1998)

Tyto i další faktory způsobují změny ve složení planktonu i v jeho celkovém množství, označované jako sezónní dynamika. Ze složení planktonu můžeme zpětně usuzovat, jakými vlivy je určeno: např. odhad velikosti obsádky ryb. (Hartman et al., 1998)

2.3. Respirace a fotosyntéza ve vodním prostředí

Fotosyntéza je biochemický proces přeměny sluneční energie na energii vázanou v chemických vazbách. Respirace je proces s opačným průběhem,

než fotosyntéza. Energie slunečního záření je během fotosyntézy vázána do vazeb organických látek. Během dýchání je tato energie opět uvolňována štěpením organických látek a spotřebovávána k dalším chemickým reakcím. Ve vodě tyto dva procesy spolu úzce souvisí a ovlivňují řadu dalších biochemických a fyzikálních pochodů.

Fotosyntéza probíhá v chloroplastech zelených rostlin, řas, v sinicích a v některých bakteriích. Nejdůležitější fotosyntetizující složkou vod, je tedy fytoplankton. Respirující složky jsou pak hlavně bakterie, zooplankton, vodní rostliny a fytoplankton (disimilace) a ryby. Respirace ve smyslu spotřeby kyslíku probíhá při aerobním biologickém rozkladu organických látek (bakteriální respirace), dále při nitrifikaci a oxidaci železa, manganu a sulfidů (Pitter, 2009). Rovněž účinně snižuje obsah rozpuštěného O_2 přítok podzemních vod s nízkým obsahem O_2 , vzestup teploty a průchod bublin ostatních plynů vodním sloupcem. (Hartman et al., 1998)

Dýchání ovlivňuje čistou bilanci uhlíku v jezerech. Mnoho jezer je čistě heterotrofních, to znamená, že dýchání přesahuje hrubou primární produkci (del Giorgio, Williams, 2005). V tomto případě, parciální tlak oxidu uhličitého je ve vodě vyšší než v atmosféře, a tak oxid uhličitý difunduje z jezera do atmosféry, zatímco kyslíkem je voda nenasyčená a tak difunduje z atmosféry do jezera (Prairie et al., 2002 in del Giorgio, Williams, 2005). Ztráta oxidu uhličitého do atmosféry, však neznamená, že míra ukládání uhlíku v čistých heterotrofních jezerech je nulová. Právě naopak, jezera hromadí organickou hmotu v sedimentech (Dean, Gorham, 1998 in del Giorgio, Williams, 2005).

Některá jezera jsou čistě autotrofní, kde hrubá primární produkce přesahuje dýchání. Tato jezera čerpají anorganický uhlík z atmosféry a ukládají organický uhlík do sedimentů. Tedy jak čistě autotrofní tak i čistě heterotrofní jezera jsou uložštěm atmosférického uhlíku (když uvažujeme v rámci povodí). (del Giorgio, Williams, 2005)

Současná situace v celé řadě rybníčních ekosystémů je charakteristická vysokou biomasou fytoplanktonu. Tato situace nastává často již v předjarním období a kulminuje obvykle v květnu. Právě v tomto období může fytoplankton svou fotosyntetickou činností navodit zvýšení hodnot pH až nad 10. Příčinou je dostatek

živin umožňující rychlý nárůst biomasy fytoplanktonu, světelné podmínky na jaře (vysoká sluneční radiace, délka dne) a nižší respirace celého planktonního společenstva a sedimentů. Zatímco fotosyntéza není při nižších teplotách významně zpomalena, respirace je na teplotě značně závislá a za nižší teploty je podstatně nižší. V procesu fotosyntézy dochází k alkalizaci, neboť je spotřebováván oxid uhličitý, a pH se tudíž zvyšuje díky úbytku kyseliny uhličitě. Tento proces je charakterizován i fluktuací hodnot pH v rozsahu cca 1 stupně v průběhu dne. Při dýchání dochází k uvolňování oxidu uhličitého a tudíž naopak k acidifikaci. Převaha fotosyntetických procesů na jaře je tak důvodem rapidního růstu pH v tomto období. (Adámek, 2010)

K dalšímu vysokému rozvoji fytoplanktonu dochází v létě poté, co teplota stoupne nad přibližně 16°C, což však vede ke zvýšené respiraci jak planktonu, tak sedimentů. Počátkem léta lze registrovat nárůst dostupných živin, amoniaku a fosfátů, které se intenzivně uvolňují ze sedimentů, případně z aplikovaných hnojiv. To přirozeně stimuluje rozvoj fytoplanktonu, avšak současně vzrůstá intenzita respiračních procesů. Důsledkem toho je paradoxní pokles hodnot pH, přestože biomasa fytoplanktonu může být i řádově vyšší než na jaře. Významnou roli zde hraje také zhoršení světelných podmínek v důsledku „samozastínění“ hustým fytoplanktonem. (Adámek, 2010)

Kritickým obdobím pak bývá konec srpna a začátek září, kdy v důsledku intenzivní respirace planktonu i sedimentů při přetrvávajících vyšších teplotách a snížení intenzity fotosyntézy kvůli markantnímu zkrácení světelné periody může v noci dojít k poklesu koncentrace kyslíku až na hodnoty kritické pro přežití rybí obsádky (Pechar et al., 2002). Tento deficit je zvláště prohloubený hlavně v brzkých ranních hodinách (v srpnu a v září 4. - 6. hodinou ranní), neboť „nastartování“ fotosyntézy má přibližně jedno až dvouhodinové zpoždění za začátkem světla. (Adámek, 2010)

Z hlediska vertikálního gradientu je přes malou hloubku rybníků patrné při vyšší úrovni trofie výrazné přesycení povrchových vrstev kyslíkem především během slunných dnů v důsledku intenzivní asimilační činnosti fytoplanktonu. U dna naopak bývá kyslíku nedostatek, protože je zde nedostatek světla a zvýšený obsah organické hmoty v bahně podléhá bakteriálnímu rozkladu, spojenému s kontinuálním odčerpáváním kyslíku („respirace sedimentů“). (Adámek, 2010)

2.3.1. Respirace zooplanktonu

Respirace zooplanktonu má v rybnících velký význam, neboť biomasa zooplanktonu je zde mnohem vyšší, než v méně úživných vodách. Biomasa zooplanktonu v oligotrofních jezerech činí v průměru 0,01 až 1,5 mg/m³, kolem 5 mg/m³ v extenzivních rybnících, 5 až 20 mg/m³ v polointenzifikačních rybnících, tůních a málo průtočných říčních ramenech, 10 až 40 mg/m³ v intenzifikačních rybnících a rybnících s průmyslovým chovem ryb a až po stovky mg/m³ v planktonních rybnících. (Hartman et al., 2005)

Heterotrofní zooplankton potřebuje organický uhlík jako pohonnou hmotu pro svůj metabolismus. Část organického uhlíku je asimilována a slouží k metabolismu, růstu a rozmnožování. Ta část organického uhlíku, která není asimilována, je vyloučena. Informace o asimilační a růstové efektivitě přijatého uhlíku má zásadní význam pro kvantifikaci toku energie a látkový cyklus zooplanktonu v pelagickém ekosystému. Metabolismus (ve smyslu "spotřeby kyslíku" nebo "dýchání") představuje hlavní část energeticko-materiální bilance všech zooplanktonických druhů (42 až 72%, cf. Ikeda 1985 in del Giorgio, Williams, 2005), a je úzce spojen s růstem (Ikeda a Motoda 1978 in del Giorgio, Williams, 2005). Informace o metabolismu je tedy užitečná ke stanovení minimální potravní poptávky zooplanktonu.

Procesem dýchání se ve vodách přeměňuje organický uhlík z přítoku, alochtonních vstupů a vzniklý fotosyntézou zpět na anorganický uhlík. Prioritně je organický uhlík potenciálně k dispozici pro podporu sekundární produkce. Účinnost primární a sekundární produkce v poměru k dýchání je důležitým ukazatelem jezer a jiných vodních ekosystémů. Relativní míra a lokace primární produkce a respirace také ovlivňuje koncentrace rozpuštěného kyslíku. Intenzivní dýchání v sedimentech často vede k vyčerpání kyslíku a dokonce i anoxie. Tudíž míra dýchání a jeho kontrola mají rozhodující význam ve vodním ekosystému. (del Giorgio, Williams, 2005)

Kyslík získává aerobní organismus z prostředí difúzí přes vnitřní i vnější buněčné membrány. Jednobuněční jsou proto těsně závislé na jeho obsahu v okolním prostředí. U mnohobuněčných se vyvinul systém zajišťující přísun O₂ k jednotlivým orgánům, buňkám a jejich organelám dvěma základními cestami:

1. speciálními chemickými nosiči (např. bílkovinami obsahujícími Fe, Cu) zvyšujícími kapacitu tělních tekutin pro přenos O₂,

2. morfologickou a anatomickou strukturou tracheálního systému a orgánů s velkým povrchem umožňujícím rychlou výměnu plynů mezi organismem a prostředím (žábry, plíce). (Lellák, Kubíček, 1991)

2.3.2. Sedimentární respirace

Sedimenty dna vodních nádrží jsou směsí těžko rozložitelných organických zbytků, biologicky rozložitelných látek a vysrážených minerálních sloučenin. Různý podíl tvoří půdní částice splavované z okolí nádrže a přinášené přítoky. Ve spodních horizontech sedimentů mělkých nádrží, zejména v rybnících, postupně převládá hrubozrný písčité materiál nebo vrstvy jílu. (Lellák, Kubíček, 1991)

Biochemicky rozložitelné složky bahna způsobují nepřetržité odčerpávání kyslíku z vrstev vody nade dnem. Laboratorními pokusy bylo zjištěno (Goldman et Horne, 1983 in Lellák, Kubíček, 1991), že spotřeba kyslíku sedimenty dna se snižuje při poklesu obsahu rozpuštěného kyslíku pod 2 mg.l⁻¹. Není však závislá na obsahu rozložitelných látek v hlubších vrstvách bahna (pod 10 cm). Uvolňování živin z bentických sedimentů zřetelně roste, jestliže obsah rozpuštěného kyslíku v kontaktní vrstvě vody poklesne pod 1,5 mg.l⁻¹. Je třeba zdůraznit, že i za aerobních podmínek u dna je prokysličena jenom svrchní vrstva několika milimetrů, a to i tehdy, když obsah rozpuštěného kyslíku u dna je více než 2 mg.l⁻¹. Platí to zejména pro eutrofní nádrže. (Lellák, Kubíček, 1991)

Rozhraní sediment-voda je místo, kde probíhají některé z nejvíce biologicky intenzivních aktivit sladkovodních systémů (Krumbein et al., 1994 in del Giorgio, Williams, 2005). Ve srovnání s vodním sloupcem jsou sedimenty obvykle až 1000 krát bohatší jak na živiny, tak na uhlík, a tím poskytují vysoce koncentrované růstové médium pro heterotrofní bakterie. Obdobně, bakteriální abundance a produkce jsou obvykle o 2-3 řády vyšší než ve vodním sloupci, což je jev uznán téměř před půl stoletím (Kuznetsov, 1958 in del Giorgio, Williams, 2005). Protože většina sedimentů je mimo eufotickou zónu, respirace je zde zdaleka dominantní metabolický proces (del Giorgio, Williams, 2005). Avšak dno mělkých rybníků

s vysokou průhledností vody, může být porostlé makrofyty a vláknitými řasy schopné asimilace.

Organotrofní bakterie využívají organické látky podle jejich složení jako zdroj energie a živin. Část organických látek je biochemicky oxidována až na CO_2 a H_2O . Energie získaná těmito oxidačními pochody se využije k syntéze nové biomasy ze zbývající části organických látek. Biochemická spotřeba kyslíku (BSK) je definována jako hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku spotřebovaného za stanovených podmínek a v oxickém prostředí biochemickou oxidací organických (popř. anorganických) látek ve vodě. Vyjadřuje se v mg.l^{-1} . Při stanovení chemické spotřeby kyslíku (CHSK) se koncentrace organických látek ve vodě posuzuje podle množství činidla, které se za určitých podmínek spotřebuje na jejich oxidaci. Výsledky se přepočítávají na kyslíkové ekvivalenty a udávají se v mg.l^{-1} . Jako oxidační činidlo se používá dichroman draselný a výjimečně manganistan draselný (CHSK_{Cr} , CHSK_{Mn}). (Pitter, 2009)

2.4. Faktory ovlivňující respiraci

Míra planktonního a bentického dýchání závisí především na trofických podmínkách jezera a sekundárně na teplotě a dalších faktorech, jako je množství rozpuštěného organického uhlíku zatížení a struktura společenství. (del Giorgio, Williams, 2005)

2.4.1. Světlo a teplota

Moshiri et al. (1969) in del Giorgio, Williams (2005) zjistil, že míra respirace sladkovodního zooplanktonu na světle byly dvakrát vyšší než ve tmě.

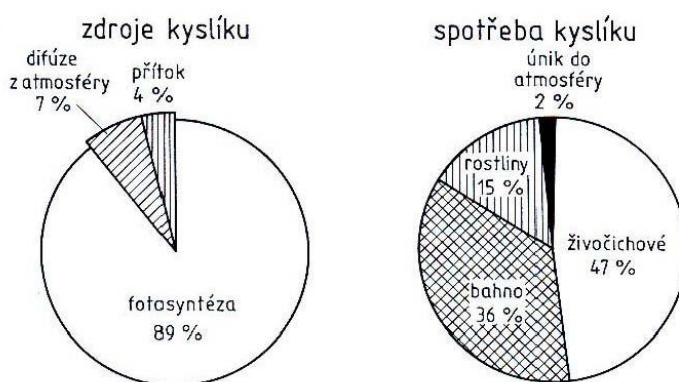
Informace o množství slunečního záření dopadajícího na hladinu vod a absorpci tohoto záření při průchodu vrstvou vody nás zajímají, protože absorpce záření je hlavním procesem, jímž do vodní nádrže vstupuje teplo a zvláště nás zajímá ta část spektra vlnových délek 400 až 700nm, tj. fotosynteticky aktivního záření (PhAR). Množství PhAR procházejícího hladinou a jeho absorpce ve vodním sloupci určuje

světelné klima, v němž probíhá fotosyntéza vodních rostlin, ať už fytoplanktonu, přisedlých mikrofyt či makrofyt. (Lellák et al., 1978)

Zatímco fotosyntéza není při nižších teplotách významně zpomalena, respirace je na teplotě značně závislá a za nižší teploty je podstatně nižší. (Adámek et al, 2010)

2.4.2. Obsah rozpuštěného kyslíku

Kyslíkový režim je jedním z nejdůležitějších faktorů, který ovlivňuje osídlení vody živými organismy a naopak živé organismy ovlivňují obsah rozpuštěného kyslíku. (obr. 1) Aktuální obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě určité nádrže nebo toku pochází ze vzduchu a z fotosyntetické činnosti vodních rostlin. Z toho vyplývá, že obsah kyslíku vzájemně souvisí s obsahem oxidu uhličitého. Přibývá-li ve vodě jednoho plynu, ubývá druhého a naopak. Rostlinný podíl produkce kyslíku závisí na druhu a množství rostlin (makrovegetace i fytoplanktonu), na délce a intenzitě efektivního osvětlení a na dostatku vhodných živin. Kyslík spotřebovávají při dýchání (respiraci) jak živočichové, tak rostliny. Množství absorbovaného kyslíku z ovzduší přímou difúzí závisí na velikosti styčné plochy vody a vzduchu, na barometrickém tlaku ovzduší, salinitě, na pohybu a turbulenci povrchových vrstev vyvolaných větrem, a zvláště na teplotě. (Lellák, Kubíček, 1991; Hartman et al., 1998)



Obrázek 1 Kyslíkový režim ve vodě (Hartman et al., 1998)

V nezakalené vodě s bohatou vegetací a fotosyntetickou aktivitou může výrazně narůstat množství rozpuštěného O_2 v prosvětlené – eufotické vrstvě. Maximální koncentrace obvykle dosahuje v pozdním odpoledni, kdy může dojít k

výraznému přesycení vody rozpuštěným kyslíkem. Během noci dýcháním rostlin a živočichů dochází opět k poklesu obsahu O_2 ve vodě. Ve vodním sloupci se ovšem projevuje výraznou kyslíkovou stratifikací fotosyntetická produkce O_2 v eufotické (trofogenní) zóně a jeho respirační odčerpávání v afotické (trofolytické) vrstvě. (Hartman et al., 1998)

Denní křivky kyslíkového režimu spolu s CO_2 a pH režimem ve vodním sloupci nádrží dávají obraz o fotosyntetické aktivitě vodního ekosystému. Toto kolísání se označuje jako kyslíkové pulsy. Mohou být různě modifikovány rozvrstvením fotosyntetizujících řas ve vodním sloupci, horizontální a vertikální cirkulací vody v nádržích. (Hartman et al., 1998)

2.4.3. Oxid uhličitý a uhličitanový systém

Oxid uhličitý ve vodě jednoznačně ovlivňuje respiraci, neboť spolu se sluneční energií a vodou je výchozí sloučeninou pro fotosyntézu, se kterou respirace tak úzce souvisí. Dále je oxid uhličitý součástí uhličitanového systému ($CO_2 - HCO_3^- - CO_3^{2-}$), který významně ovlivňuje složení a vlastnosti vod (hodnotu pH, neutralizační a tlumivou kapacitu, agresivitu, inkrustační účinky) a také všechny procesy jejich chemické nebo fyzikálně chemické úpravy (odkyselení, stabilizaci aj.) (Pitter, 2009).

Formy anorganického uhlíku

Oxid uhličitý rozpuštěný ve vodě se v hydrochemii nazývá volný oxid uhličitý a často se pro něj používá značka H_2CO_3 . CO_2 je rozpuštěn ve vodě převážně v molekulární formě jako volně hydratované molekuly, označované obvykle jako CO_2 (aq). Na nedisociovanou H_2CO_3 připadá méně než 1% rozpuštěného oxidu uhličitého. Pod pojmem vázaný oxid uhličitý se rozumí hydrogenuhličitan (HCO_3^-) a uhličitan (CO_3^{2-}). Součet všech tří forem oxidu uhličitého (volného, hydrogenuhličitanového a uhličitanového) se nazývá celkový oxid uhličitý. (Pitter, 2009)

Oxid uhličitý přítomný ve vodách může být původu atmosférického, biogenního a hlubinného. Neznečištěný vzduch obsahuje asi 0,03 % CO_2 [parciální tlak $p(CO_2) = 30$ Pa]. Za těchto podmínek se ho v destilované vodě rozpustí při 10 °C asi 0,7 mg l^{-1} a při 25 °C asi 0,44 mg l^{-1} . (Pitter, 2009) Přítom je rozpustnost

závislá na teplotě v souladu s Henryho zákonem podobně jako u jiných plynů. (Lellák, Kubíček, 1991)

Hydrogenuhlčitany (HCO_3^-) vznikají při chemickém zvětrávání hlinitokřemičitanů působením CO_2 a H_2O a reakcí mezi uhličitanovými minerály (např. kalcitem) a CO_2 , rovnice. Někdy se dávkuje do vody (jako NaHCO_3) při její stabilizaci. Dále vznikají při chemickém odkyselování vody (odstraňování rozpuštěného CO_2) dávkováním vápna nebo filtrací přes vápenec, dolomit či magnezit. (Pitter, 2009)

Uhličitany (CO_3^{2-}) se v přírodních vodách vyskytují ve vyšších koncentracích jen zřídka. Ve vyšších koncentracích se mohou vyskytovat jen v alkalicky reagujících vodách, s hodnotami pH asi nad 8,3. K tomu dochází např. v důsledku intenzivní fotosyntetické asimilace zelených organismů v silně eutrofizovaných vodách, kdy se rozpuštěný CO_2 vyčerpává z vody a hodnota pH vzrůstá nad 8,3 (někdy dosahuje i více než 9,5). (Pitter, 2009)

Rozpuštěný CO_2 se slučuje s vodou na **kyselinu uhličitou** ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$) ve velmi malé koncentraci, ovlivňující její pH. Kyselina uhličitá je částečně disociována na ionty H^+ a na hydrouhličitanové ionty HCO_3^- . Hydrogenuhlčitanové ionty dále disociují na vodíkové a uhličitanové (CO_3^{2-}) ionty, zvyšující tak obsah H^+ iontů v roztoku. (Lellák, Kubíček, 1991)

Hydrogenuhlčitan mohou řasy rovněž využívat jako zdroj uhlíku. Při intenzivní fotosyntetické činnosti rostlin a odčerpávání takto „vázaného“ zdroje uhlíku spojeného s vysokými hodnotami pH 10 až 11 ovšem dochází k přeměně rozpustného hydrogenuhlčitanu na uhličitan vápenatý s velmi nízkým produktem rozpustnosti. Proto se vysráží ve formě povlaků na listech submerzní makrovegetace nebo vznikají drobné krystalky uhličitanu činností fytoplanktonu a sedimentují na dně (biogenní dekalifikace). (Lellák, Kubíček, 1991)

V kyselých vodách, při nízkém pH, je vázaný CO_2 přeměňován ve volnou formu. Při hodnotách pH blízkých neutrální reakci (pH 7) je většina CO_2 vázána v hydrogenuhlčitanech. Se vzrůstem obsahu hydrogenuhlčitanových a uhličitanových aniontů roste alkalita a pufrční účinnost prostředí umožňující jen malé kolísání pH sladkých vod. CO_2 , pH a alkalita jsou tudíž navzájem v přímé závislosti; pH závisí

jednak na volném CO₂, jednak na hydrouhličitan - uhličitanovém systému. (Lellák, Kubiček, 1991)

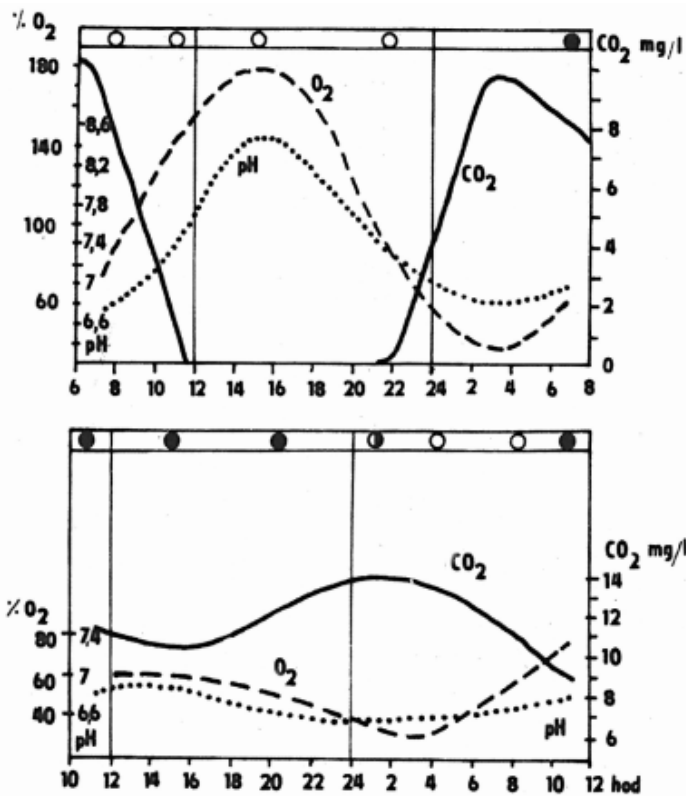
Fotosyntéza vodních rostlin, pohyb vodních mas a povrchová difúze vede ke ztrátě CO₂ z ekosystému. Volný CO₂ je obvykle ve větším množství nashromážděn u dna mělkých vod a v hypolimnionu stratifikovaných nádrží jako výsledek mikrobiálního rozkladu organické hmoty. Za těchto podmínek může plynný CO₂ unikat ve formě bublinek vystupující k hladině a do ovzduší. (Lellák, Kubiček, 1991)

Ve vodách s malým množstvím hydrogenuhličitanů a uhličitanů, a tudíž s malou pufrací kapacitou (měkké vody) může pH značně kolísat i cirkadiálně. Toto kolísání pH je způsobeno fotosyntetickou aktivitou rostlin odčerpávajících CO₂ za světla a dýcháním rostlin i živočichů produkujících volný CO₂ během noci. Tyto změny obsahu CO₂ a hodnot pH jsou v zrcadlovém poměru vůči cirkadiálnímu cyklu obsahu O₂ ve vodě. (Lellák, Kubiček, 1991)

Ve vodních ekosystémech ovlivňuje množství volného CO₂ metabolickou aktivitu a rychlost růstu, vertikální orientaci a migrace mnoha vodních bezobratlých; pH krve stejně jako schopnost vazby krevního hemoglobinu vodních obratlovců i krevních barviv bezobratlých živočichů jsou rovněž ovlivňovány koncentrací oxidu uhličitého v prostředí. (Lellák, Kubiček, 1991)

2.4.4. Hodnota pH vody

V čistých přírodních vodách je hodnota pH v rozmezí asi od 4,5 do 9,5 dána obvykle uhličitanovou rovnováhou. Posun do alkalické oblasti, nad 8, bývá způsoben intenzivní fotosyntetickou asimilací zelených organismů, kdy dochází k vyčerpání volného oxidu uhličitého. Naopak respirace (disimilace, aerobní biologický rozklad) je proces, který hodnotu pH snižuje. Optimální pH pro ryby se pohybuje v rozmezí 6,5 až 8,5. Poškození a úhyn ryb lze pozorovat u lososovitých ryb při 4,8 >pH> 9,2 a u kaprovitých při 5,0 >pH> 10,8. Hodnota pH se během dne mění v závislosti na koncentračních změnách CO₂. Uhličitanová a vápenato-uhličitanová rovnováha se posunuje vpravo nebo vlevo podle změn v koncentraci oxidu uhličitého a hodnot pH. (Pitter, 2009) Přímou souvislost hodnoty pH a obsahu rozpuštěného kyslíku ukazuje obr 2.

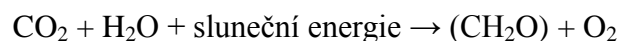


Obrázek 2 Hodnota pH, obsah rozpuštěného kyslíku a oxidu uhličitého v rybníce během 24 hodin v závislosti na světelných podmínkách (Heteša a Sukop, 1985)

2.4.5. Primární produkce

Primární produkce je organická hmota vytvořená fotosyntézou zelených rostlin nebo chemosyntézou autotrofních bakterií. Veškerá organická hmota vytvořená producenty představuje hrubou primární produkci (brutto). Hrubá primární produkce snižená o metabolické ztráty producentů se nazývá čistá primární produkce. Čistá primární produkce je biomasa, která je dále k dispozici dalším článkům v potravním řetězci. (Hartman et al., 1998)

Primární produkce je realizována především fytoplanktonem. Fytoplankton je základní potravním zdrojem pro filtrující zooplankton (většina perlooček a vířníků, část klanonožců), bentické filtrátory (houby, mechovky, mlži, larvy některých pakomárů) a některé ryby (tolstolobik bílý, *Hypophthalmichthys molitrix* a tolstolobec pestrý, *Aristichthys nobilis*). (Adámek, 2010)



Ze sumární rovnice fotosyntézy vyplývá, že primární produkci můžeme vedle měření přírůstku biomasy stanovovat také podle produkce kyslíku nebo spotřeby oxidu uhličitého. (Hartman et al., 1998)

Faktory ovlivňujícími intenzitu primární produkce jsou zejména množství a spektrální složení světla pronikajícím vodním sloupcem, nabídka oxidu uhličitého a dalších sloučenin biogenních prvků. (Lellák, Kubíček, 1991) Produkce do určité míry roste s biomasou fytoplanktonu, avšak denní produkce vztažená na jednotku biomasy klesá. Vliv teploty na primární produkci je malý a uplatňuje se spíše při nedostatku světla a živin. (Hartman et al., 1998)

2.4.6. Sekundární produkce

Sekundární produkce označuje přírůstek organické hmoty v tělech všech konzumentů. Není to však úhrnná produkce celého společenstva, ale pouze jednotlivých populací nebo s jistou rezervou jednotlivých trofických úrovní. Biomasa těchto konzumentů je totiž zdrojem produkce pro další články v potravním řetězci. (Hartman et al., 1998)

Sekundární produkce je reprezentována jak zooplanktonem, tak zoobentosem. Obě společenstva jsou vzhledem k predáčnímu tlaku obsádky (zooplankton) a charakteru prostředí (zoobentos) druhově poměrně chudá, s dominancí taxonů schopných predáčnímu tlaku obsádky (především kapra) odolávat. Znamená to především redukci až eliminaci větších planktonních filtrátorů (*Daphnia pulex*, *D. magna*) a bentických detrito- a fytofágů (*Chironomus plumosus*). (Adámek, 2010)

2.4.7. Rybí obsádka a její vliv na plankton

Kvalitativní i kvantitativní složení rybnického zooplanktonu je zásadně ovlivňováno vyžíráním tlakem rybní obsádky, přičemž ve výsledném efektu se uplatňuje nejen její biomasa, ale také hustota a druhové složení. Na počátku vegetační sezóny, kdy je příjem potravy rybami limitován teplotou vody, se v zooplanktonu rybníků uplatňují i větší druhy perlooček, jako je *Daphnia magna*, *D. pulicaria*, *Simocephalus vetulus* aj. Zvláště perloočky rodu *Daphnia* jsou mimořádně

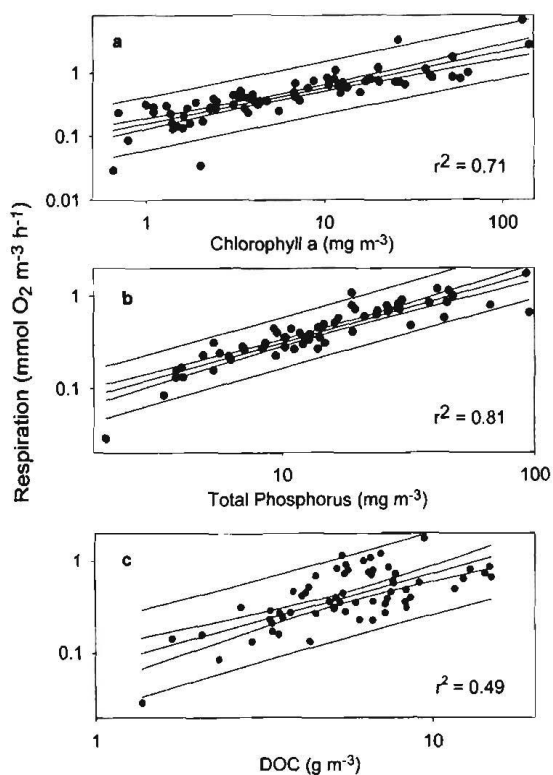
efektivní v redukci potravních zdrojů (fytoplankton, bakterioplankton) pro ostatní druhy zooplanktonu (Brooks a Dodson, 1965 in Adámek, 2010). Biomasa drobných druhů zooplanktonu často významně klesá v přítomnosti početných populací dafnií, které jsou pro ně rozhodujícím konkurentem (Adámek, 2010).

2.4.8. Trofické podmínky a zatížení organickou hmotou

Míra respirace se může lišit v závislosti na příjmu potravy zooplanktonem (Lampert, 1984; Ikeda et al., 2000 in del Giorgio, Williams, 2005). Vyhladovění zooplanktonu vede ke snížení respirace. Velikost snížení se liší v závislosti na délce hladovění a úrovni metabolismu (vzorky zooplanktonu s vyšším metabolismem jsou méně tolerantní (Ikeda, 1974 in del Giorgio, Williams, 2005).

Respirace planktonu úzce souvisí s obsahem živin a zatížením organickými látkami stejně tak jako s biomasou primárních producentů, vliv může mít také potravní síť. Pace a Cole (2000) in del Giorgio, Williams (2005) dokládá z několika studií, že potravní síť má silný vliv na respiraci. Rozdíly ve struktuře potravní sítě silně ovlivňuje i hrubou primární produkci, systémovou respiraci a celkovou produkci (Cole et al., 2000 in del Giorgio, Williams, 2005).

Planktonní dýchání (plankton respiration = PR) se zvyšuje ve shodě s růstem chlorofylu, fosforu a rozpuštěného organického uhlíku (dissolved organic carbon = DOC)(obr. 3).



Obrázek 3 Planktonní dýchání v závislosti na obsahu chlorofylu, fosforu a rozpuštěného organického uhlíku (Giorgio, Williams, 2005)

Sloučeniny fosforu se vyskytují buď jako rozpuštěné, nebo v nerozpuštěné formě. Jedná se o fosfor celkový, rozpuštěný reaktivní a nereaktivní, nerozpuštěný, organicky vázaný, popř. i biologicky dostupný. Biologicky využitelný fosfor je důležitý z hlediska posuzování možností nadměrného rozvoje fotosyntetizujících organismů. Ve stojatých vodách je fosfor inkorporován do nově se tvořící biomasy a na straně druhé je z ní opět uvolňován při jejím rozkladu. Koncentrace rozpuštěných forem se v nádržích obvykle pohybují v setinách až desetínách mg l⁻¹. (Pitter, 2009)

Další důležitou živinou pro zooplankton je dusík. Dusík se vyskytuje ve formě iontů dusičnanových (NO₃⁻), dusitanových (NO₂⁻) a amonných (NH₄⁺). Zdrojem dusíku v povrchových vodách je atmosféra, výluhy z půdy v povodí nádrží a mineralizace organických látek ve vodním prostředí. (Hartman et al., 1998) Biochemické procesy ve vodě způsobují vertikální stratifikaci sloučenin dusíku. V epilimniu bývají vyšší koncentrace dusičnanů díky nitrifikaci a inkorporaci sloučenin dusíku do nové biomasy. Na straně druhé, denitrifikace a uvolňování sloučenin

dusíku z biomasy při jejím rozkladu u dna zapříčiňují vyšší obsah amoniakálního dusíku v hypolimniu. (Pitter, 2009)

Organické látky se dostávají do nádrží z přítoku a splachem z okolní půdy a vznikají také metabolickou činností, odumíráním a rozkladem planktonu. V nádržích značně eutrofizovaných může podíl organických látek připadajících na rozklad biomasy činit 30% až 90% z celkových organických látek ve vodě. Organické látky se v nádrži stratifikují na vrstvu trofogenní, kde se v důsledku fotosyntetické asimilace tvoří biomas řas a na vrstvu trofolytickou, kde dochází k rozkladu nahromaděné biomasy. Větší hodnoty TOC a CHSK lze naměřit u dna eutrofizovaných nádrží, kde dochází k biologickému rozkladu sedimentů a někdy i u hladiny v období rozvoje vodního květu. (Pitter, 2009)

Rozpuštěný organický uhlík (DOC) v jezerech pochází jak z přítoku, tak z primární produkce. Pokud alochtonní vstupy DOC jsou významné pro cyklus uhlíku a doplnění metabolismu ekosystému, pak DOC pozitivně souvisí s PR. Pozitivní vztah PR s DOC zčásti odráží zvýšený mikrobiální metabolismus spojený se zvýšenými vstupy DOC do jezera. (del Giorgio, Williams, 2005)

2.5. Nadměrný rozvoj zooplanktonu

Nadměrný rozvoj hrubého dafniového zooplanktonu nastává obvykle ve vysoce úživných rybnících s bodovými zdroji znečištění a dále v rybnících s plošnými zdroji znečištění. Na těchto hypertrofních a často značně saprobních rybnících se v jarním období rozvíjí fytoplankton, jehož intenzivní fotosyntetickou asimilací se z vody odčerpává oxid uhličitý z uhličitanového systému. Tím se snižuje neutralizační kapacita vody. Následkem toho se vzrůstá reakce pH vody na hodnoty vyšší než 10. V těchto rybnících bývají i vysoké koncentrace celkového amoniaku ($\text{NH}_4 + \text{NH}_3$) a vlivem vysokých hodnot pH jsou vysoké i koncentrace volného (nedisociovaného - pro ryby toxického) amoniaku (NH_3). V následujícím období, se zvyšující se teplotou vody, se však na těchto rybnících prudce rozvíjí i zooplankton. Zooplankton, vedle své vlastní vysoké spotřeby kyslíku, silně redukuje producenty kyslíku (fytoplankton). Následkem úbytku fytoplanktonu roste průhlednost vody,

prudce klesá koncentrace kyslíku rozpuštěného ve vodě (během 1 - 2 dnů z přesycení až na deficitní koncentrace). Při hrozící nadprodukci hrubého zooplanktonu, kterou již není stávající rybí obsádka schopna svým vyžíracím tlakem redukovat, a hrozícím nebezpečí vzniku kyslíkového deficitu má v jarních měsících pro přežití obsádky rozhodující význam použití biocidu (dříve se používal přípravek Soldep, v současné době je to Diazinon 60 EC). Aplikace Diazinonu 60 EC v kritickém období utlumí rozvoj dafniového zooplanktonu (nevyvolá však jeho okamžitý úhyn a následný rozklad) a umožní rozvoj fytoplanktonu, který svou asimilační činností záhy zlepší kyslíkové poměry v nádrži a odčerpá nežádoucí metabolity, včetně amoniakálního dusíku. (Faina, 2007)

3. Metodika

3.1. Popis experimentálních lokalit a podmínek experimentu

Během let 2011 a 2012 byly realizovány 2 experimenty:

- V roce 2011 na rybníku Dobrá Vůle (obr. 24) o rozloze 25 ha (KÚ Klec), který je pod správou střediska Lomnice, Rybářství Třeboň a.s. Experiment proběhl 19. - 20. 4. 2011, ve stádiu čisté vody, na dně byl viditelný porost vláknitých řas a byla zde vysoká biomasa hrubého dafniového zooplanktonu (patrné na obr. 25). Rybník nasazen kaprem (vedlejší ryba-štika a candát), nebyl patrný žádný úhyn ani jiné indikační projevy ryb z nedostatku kyslíku (vyskakování nad hladinu, "troubení"). Měřili jsme v časových intervalech 16:30 – 18:30 – 22:30 – 18:30 – 14:30.
- V roce 2012 se experiment uskutečnil na rybníce Lipičí (obr. 26) o rozloze 24 ha (KÚ Kolence), který je také pod správou střediska Lomnice. Experiment proběhl 8. a 9. 5. 2012 za podobných podmínek jako na lokalitě Dobrá Vůle s tím rozdílem, že rybník Lipičí nebyl dosud nasazen a měřili jsme v jiných časových intervalech a to po 4 hodinách. Stejně

jako Dobrá Vůle, byl Lipiči ve stádiu čisté vody s vysokou biomasou hrubého dafniového zooplanktonu a vláknitých řas na dně (obr. 27).

Dne 9. 5. 2012 byly změřeny i 2 kontrolní lokality: rybník Okřínek a rybník Ostrý (obr. 30 a 32). Rybník Okřínek (19 ha, KÚ Kolence) je ve stejné soustavě jako Lipiči. Rybník byl ve stádiu čisté vody (viditelné na obr. 31). 7. 5. byl aplikován přípravek Diazinon na hubení dafnií a podporu rozvoje fytoplanktonu (resp. O₂ režimu). Došlo k inhibici filtrační aktivity dafnií a v důsledku toho byl v pelagiálu patrný rozvoj planktonních řas. Obsah O₂ nebyl deficitní.

Rybník Ostrý (5,9 ha, KÚ Kolence) je také v soustavě jako Lipiči a Okřínek. Měřeno opět ve stádiu čisté vody. Biomasa dafnií byla srovnatelná s biomasou dafnií v Lipičím, ale na dně nebyly vláknité řasy a ani planktonní řasy (obr. 33). Byl zde patrný výrazný deficit kyslíku. Na hladině množství vrubozobých, hlavně poláků a méně kachen.

3.2. Metodika experimentů in situ

Na experiment v terénu jsme použili modifikaci metody světlých a tmavých lahví, tedy metodu stanovení primární produkce kyslíkovou metodou. Použili jsme 4 válce, 2 neprůhledné z novoduru a 2 z průhledného plexiskla. Válce upevněné ve vodě můžeme vidět na obr. 28. Do průhledných válců mohlo pronikat záření umožňující fotosyntézu. Z toho jeden válec měl izolované dno, druhý ne a byl zapuštěn přímo do dna rybníku. V neprůhledných válcích, díky nepřístupu světla, mohla probíhat pouze respirace. I jeden z tmavých válců nemá izolované dno a je zapuštěn přímo do bahna. Respirace se tedy účastní i bakteriální rozklad organických látek ve dně. Všechny válce mely uzavřený profil shora víkem pro zabránění difúze plynů z atmosféry. Sledované ukazatele (rozpuštěný kyslík, pH, teplota a vodivost) jsme měřili přístrojem HACH-Lange HQ40D (obr. 29) po 4 hodinách v každém válci zvlášť a současně ve vodním sloupci. Proměřovali jsme celý profil od hladiny po 20 cm až ke dnu.

Z experimentálních lokalit byl odebrán vzorek zooplanktonu pro stanovení biomasy a druhového složení.

1. Kvalitativní (semikvantitativní) vzorek - pro kvalitativní stanovení (determinace jednotlivých taxonů). Semikvantitativní vzorek byl odebrán planktonní sítí-kou velikosti ok 80 μm (tah 3 x 5m, ode dna šikmo vzhůru k hladině pro zachycení pokud možno celého vodního sloupce) a poté fixován ve 4 % roztoku formaldehydu (Příkryl, 2006).

2. kvantitativní vzorek - pro stanovení kvantity a biomasy (sušiny – DWZ = dry weight of zooplankton). Kvantitativní vzorek pelagiálního zooplanktonu byl odebrán paralelně s experimentem in situ pomocí odběráku typu „Schindler“ o objemu 10 l ze 100 l vody, tj. 10x z různých míst na ploše rybníku. Vzorek byl fixován roztokem formaldehydu na finální koncentraci přibližně 4 % v PE vzorkovnici.

3.3. Experiment in vitro

Jako kultivační médium byla použita rybníční voda z měřené lokality, která se přefiltrovala přes Whatman GF/C filtr. Vzorek se přemístil do čirých, skleněných lahví se zabroušeným uzávěrem o objemu 100 ml (obr. 34). Do každé lahve byly nasazeny dafnie odebrané ze sledované lokality, v různých počtech. Změřila se teplota a kyslík. Kultivace trvala 4 hodiny, poté se opět změřil kyslík a teplota. Dva vzorky zooplanktonu pak byly ponechány na stanovení sušiny, dva vzorky zakonzervovány formaldehydem pro kvalitativní a kvantitativní stanovení. Experiment byl proveden celkem 3x. 2x v roce 2011 z lokality Dobrá Vůle, a 1x v roce 2012 z lokality Lipičí. Statistické zpracování a grafické znázornění dat se provedlo v programu Excel MS office.

3.4. Hydrobiologický rozbor

Postup stanovení sušiny zooplanktonu byl následující: živý vzorek přivezený ze sledované lokality, stejně tak vzorek po ukončení laboratorního experimentu byl

filtrován přes uhelonoový filtr. Vzorek byl sušen v laboratorní sušárně, po usušení a vytemperování byla zjištěná suchá hmotnost a přepočítána na objem vody. Cílem je přepočet spotřeby kyslíku na jednotku sušiny zooplanktonu na objem a čas.

Při zpracování kvantitativního vzorku byla nejprve standardně zjištěna objemová biomasa zooplanktonu převedením konzervovaného vzorku do kalibrované odměrné nádoby, kde se nechal vzorek sedimentovat. Hodnota v mililitrech byla následně přepočítána na hmotnost a objem, kdy se počítá, že 1 ml sedimentu odpovídá přibližně 0,5 g čerstvé váhy zooplanktonu (Přikryl, 2006). Poté byla homogenní část suspenze zooplanktonu o známém objemu převedena do počítací komůrky typu „Sedgwick-Rafter“. Zde se za pomoci binokulárního mikroskopu determinovaly, počítaly. Pro zjištění individuálních velikostí jedinců se měřily jednotlivé organismy pomocí mikroměřítka v okuláru mikroskopu. Cílem je přepočet spotřeby kyslíku na individuuum, objem a čas.

Kvalitativní (semikvantitativní) analýza spočívá v co možná nejpřesnější determinaci jednotlivých organismů za pomoci binokulárního mikroskopu a determinačních klíčů (Bartoš, 1959; Šrámek-Hušek, 1953,1962) a odhadu jejich procentického zastoupení ve vzorku (Přikryl, 2006).

3.5. Metodiky stanovení jednotlivých ukazatelů

3.5.1. Rozpuštěný kyslík ve vodě

Obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě se vyjadřuje v hmotnostní koncentraci (mg.l^{-1}) a v procentech nasycení vody kyslíkem, vztažených k rozpustnosti kyslíku ve vodě za dané teploty vody a daného atmosférického tlaku. (Horáková, 2003)

Odměrné jodometrické stanovení (Alsterbergova modifikace Winklerovy metody)

Kyslík rozpuštěný ve vzorku vody reaguje s hydroxidem manganatým v alkalickém prostředí za vzniku ekvivalentního množství hydroxidu manganitého a manganičitého. Mangan s vyšším oxidačním číslem přechází po okyselení vzorku v pří-

tomnosti jodidu opět na iont manganatý, přičemž oxiduje jodid na ekvivalentní množství jodu. Jod se pak stanoví titrací odměrným roztokem thiosíranu na škrob jako indikátor. Kyslík se tedy stanovuje nepřímou, a to jako jod. Metodu je možno použít pro stanovení rozpuštěného kyslíku ve vodě od koncentrace $0,2 \text{ mg.l}^{-1}$ až do dvojnásobného nasycení vody kyslíkem. (Horáková, 2003)

Elektrochemické stanovení membránovou sondou

Metoda se přednostně používá tam, kde selhává jodometrická metoda, tj. u vod silně zbarvených či velmi zakalených nebo u vod s obsahem látek, které vážou jod. Metoda umožňuje měřit kyslík ve vodě od 0 % do 100 % nasycení. Metoda využívá sondy, která se skládá z dvojice kovových elektrod (indikační a referenční) a vhodného elektrolytu, které jsou od měřeného prostředí odděleny tenkou selektivní membránou z plastu. Funkce membrány spočívá v tom, že nepropouští vodu ani iontově rozpuštěné látky, ale propouští pouze plyny, a z nich jen kyslík reaguje s elektrodami. Vzhledem k potenciálovému rozdílu mezi elektrodami, který je dán galvanickým působením (u elektrod galvanického typu) nebo externím zdrojem napětí (u elektrod polarografického typu), kyslík difundující membránou je na katodě redukován na hydroxidové ionty a na anodě vcházejí do roztoku kovové ionty. Takto vznikající proud je přímo úměrný transportní rychlosti kyslíku membránou a vrstvou elektrolytu, a tedy i parciálnímu tlaku rozpuštěného kyslíku ve vzorku vody za dané teploty vody a daného atmosférického tlaku. (Horáková, 2003)

Optické měření rozpuštěného kyslíku

Optické vlákno má čidlo s tenkou vrstvou, na kyslík citlivého, fluorescenčního barviva. Excitační dioda LED (light emitting diode) vyšle pulzní modré světlo. To stimuluje barvivo emitovat fluorescenční světlo, které se vrací zpět na optické vlákno do fotosnímače. Kyslík proniká čidlem a váže se na fluorescenční barvivo, čímž snižuje ("zhasíná") intenzitu jeho vyzařujícího světla. Míra zhášení je tedy přímo úměrná koncentraci kyslíku (čím více kyslíku, tím nižší fluorescence). Tzv. princip zhášení fluorescence. (Hargreaves, Tucker, 2002; Häck)

3.5.2. Měření pH

Pro přesné měření hodnot pH vodných roztoků se v současné době používá prakticky výlučně potenciometrie s využitím skleněné elektrody jako měrného členu. Podstatou uvedené metody je velmi přesné měření elektrického potenciálu mezi měrnou (skleněnou) a referentní elektrodou. Kyselost měřeného roztoku určuje elektrický potenciál měrné skleněné elektrody. Základní část skleněné elektrody tvoří tenkostěnná miniaturní baňka ze speciálního skla propustného pro H^+ a nepropustného pro jiné ionty. Vnitřní objem baňky je naplněn pufrem, tedy roztokem o konstantním pH. Vnější povrch baňky je ve styku s měřeným roztokem a rovnováha mezi hydroxoniovými ionty ve zkoumaném roztoku a ionty v povrchu skla způsobují změnu elektrického potenciálu elektrody. Elektrický potenciál mezi měrnou a referentní elektrodou je měřen citlivým voltmetrem. Komerčně dodávané přístroje, pH-metry současně převádějí měřené napětí mezi elektrodami přímo na hodnotu pH, kterou zobrazují digitálně na displeji. (<http://vyuka.pavelrozsival.cz/isame/ph.pdf>)

3.5.3. Konduktivita - vodivost

Stanovení konduktivity umožňuje bezprostřední odhad koncentrace iontově rozpuštěných látek a celkové mineralizace ve vodách. Konduktivita roztoku je závislá na koncentraci iontů, jejich náboji, pohyblivosti a na teplotě roztoku. Změna teploty o 1 °C způsobuje změnu konduktivity nejméně o 2 %, proto má temperování vzorku při stanovování jeho konduktivity velký význam. Konduktivita se obvykle měří nebo přepočítává na teplotu 25 °C (K25). Jednotka konduktivity je $S \cdot m^{-1}$. Obvykle se užívá $mS \cdot m^{-1}$, nebo $\mu S \cdot cm^{-1}$. Vodivost se měří konduktometrem podle pokynů návodu od výrobce. (Schejbal in Horáková, 2003)

3.5.4. Měření průhlednosti se Secchiho (zkušební) deskou

Způsob měření průhlednosti se zkušební deskou Principem měření je zjistit hloubku vody, kdy není viditelná bílá deska, připevněná na závěsu s vyznačenými hodnotami délky v cm. Deska má být vyrobená z bronzu, potažená bílým plastem a provrtaná 6 otvory. Deska se spouští do vody tak hluboko, kdy je při pohledu shora právě postřehnutelná. Doporučuje se měření několikrát opakovat a hloubku zjišťovat jak při pohybu desky shora dolů, tak při pohybu zdola nahoru. Zaznamenaná se délka ponořeného závěsu s přesností na dvě platné číslice. (Kollerová in Horáková, 2003)

3.5.5. Stanovení chlorofylu-a

Koncentrace chlorofylu-a se stanovuje spektrometricky. Použili jsme přístroj Helios. Množství fytoplanktonu bylo hodnoceno jako koncentrace chlorofylu-a. Postup stanovení chlorofylu byl následující: Vzorek vody se přefiltruje přes Whatman GF/C filtr. Tento materiál se následně vloží do zkumavky a zmrazí se (aby se narušily stěny buněk a chloroplastů). Pak se přidá organické rozpouštědlo (směs 90% acetonu a ethanolu v poměru 5:1) a vzorek se zhomogenizuje a přivede k varu (60 – 70 °C). Po centrifugaci se kapalina s rozpuštěným chlorofylem měří spektrometricky (při 660 nm) (Pechar, 1987). Výsledek se uvádí v $\mu\text{g.l}^{-1}$.

3.5.6. Stanovení živin

Sloučeniny a formy dusíku a fosforu byly stanoveny na automatickém průtokovém analyzátoru Foss-Tecator 5000, který využívá spektrofotometrické metody.

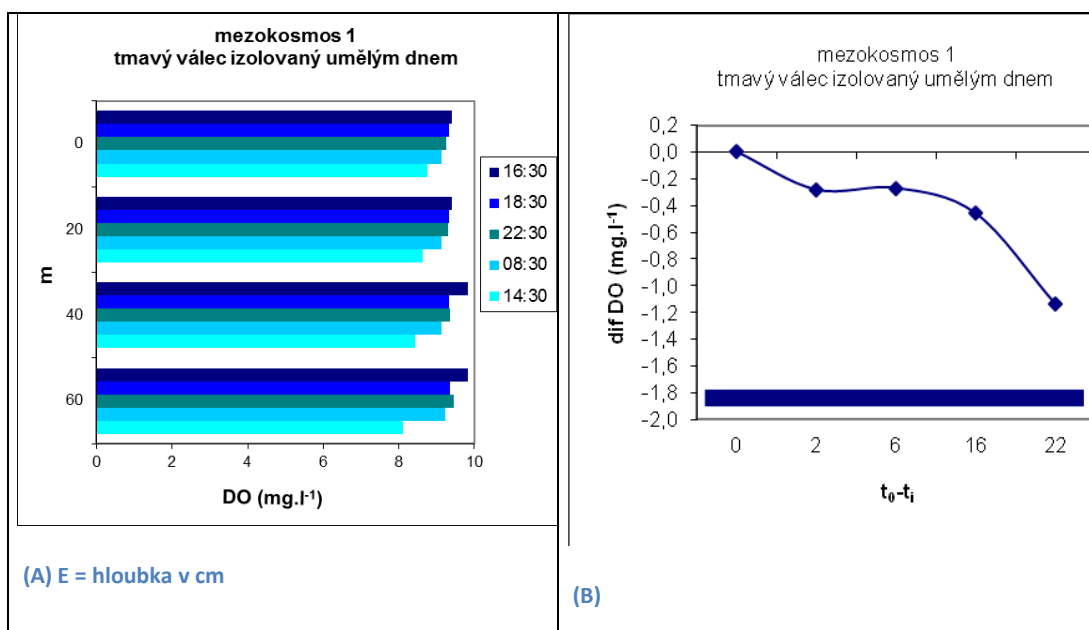
4. Výsledky a diskuze

4.1. Výsledky experimentu in situ

4.1.1. Dobrá Vůle

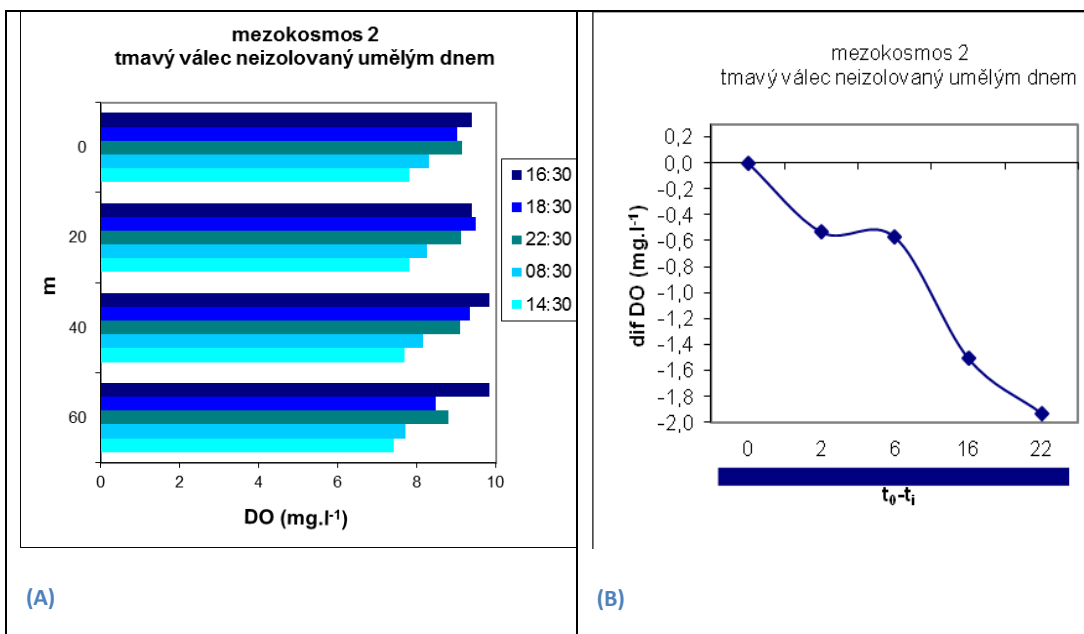
Koncentrace rozpuštěného O_2 ($mg.l^{-1}$) a rychlost jeho úbytku, popř. nárůstu, v čase jsou dokumentovány na obr. 4 až 8. Obsah O_2 se ve válcích měnil v souvislosti s časem a hloubkou. Dále se obsah O_2 měnil v závislosti na přístupu či nepřístupu světla a účasti či neúčasti procesů rybníčního dna.

Mezokosmos 1 (obr. 4) – tmavý válec izolovaný umělým dnem. V tomto válci probíhala pouze respirace vodního sloupce. Obsah O_2 pozvolně klesal.



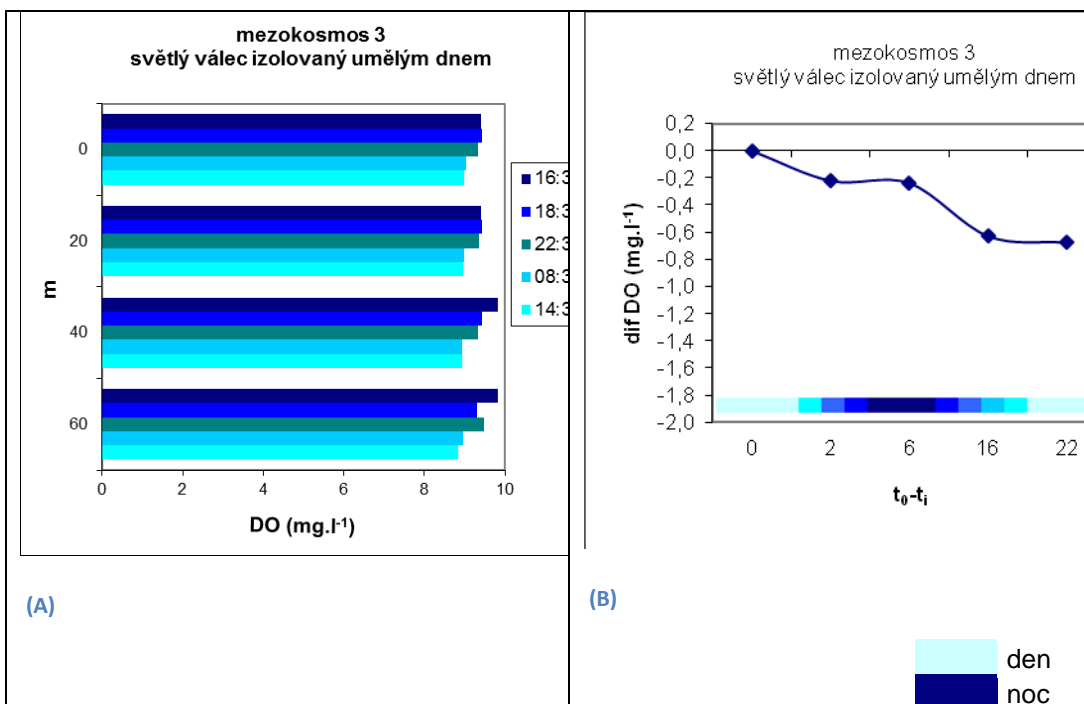
Obrázek 4 Kyslíková stratifikace v jednotlivých časech ($mg.l^{-1}$) (A) a průměrný rozdíl (úbytek) kyslíku od počáteční hodnoty (B) ve tmavém válci s izolovaným dnem

Mezokosmos 2 (obr. 5) – tmavý válec neizolovaný umělým dnem. Zde probíhala respirace pelagiálu, ale i dna, a proto jsme naměřili úbytek DO (dissolved oxygen – rozpuštěný kyslík) větší a i rychlejší.



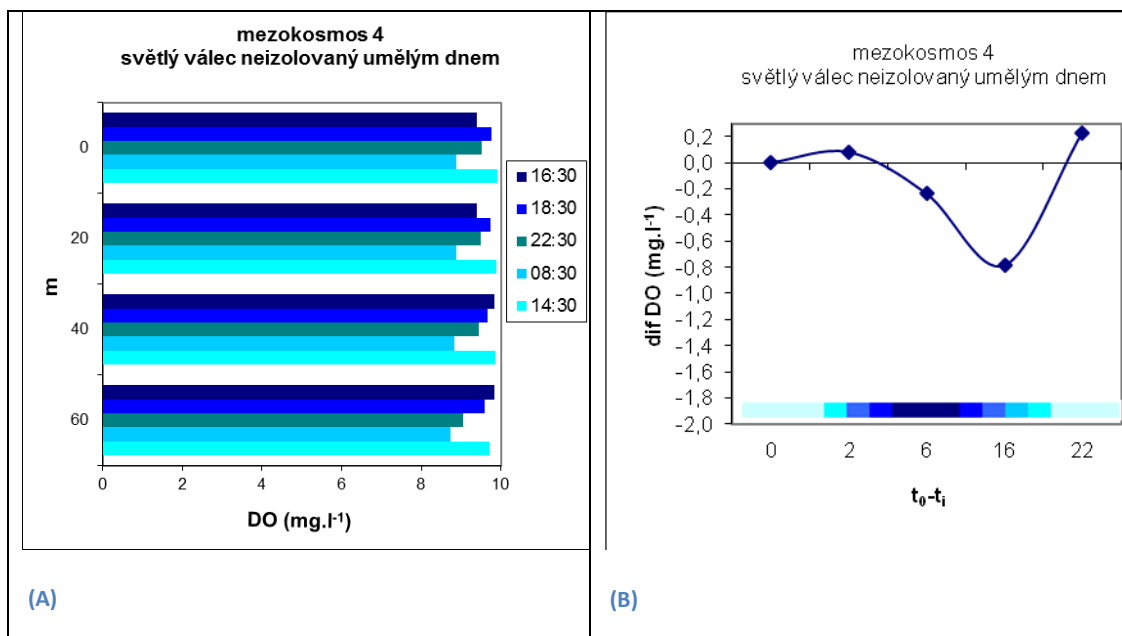
Obrázek 5 Kyslíková stratifikace v jednotlivých časech (mg.l^{-1}) (A) a průměrný rozdíl (úbytek) kyslíku od počáteční hodnoty (B) ve tmavém válci s neizolovaným dnem

Mezokosmos 3 (obr. 6) – světlý válec izolovaný umělým dnem. V tomto válci probíhala fotosyntéza, ale i respirace pelagiálu. Pokles DO a rychlost jeho úbytku nebyl tak výrazný. Během dne, mezi 16. – 22. hodinou experimentu došlo k zvýšení koncentrace rozpuštěného kyslíku.



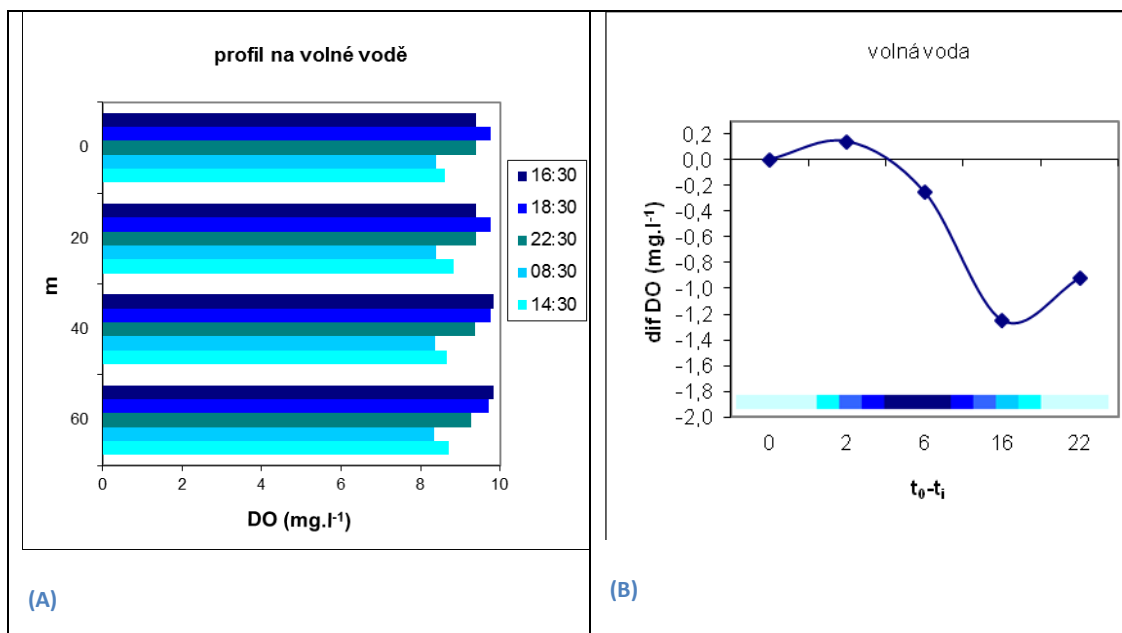
Obrázek 6 Kyslíková stratifikace v jednotlivých časech (mg.l^{-1}) (A) a průměrný rozdíl (úbytek) kyslíku od počáteční hodnoty (B) ve světlém válci s izolovaným dnem

Mezokosmos 4 (obr. 7) – světlý válec neizolovaný umělým dnem. Zde probíhala jak fotosyntéza, tak i respirace a to jak v pelagiálu tak i u dna. Vypovídá o tom i průběh měnícího se DO (pokles v noci a nárůst ve dne). Vysoký obsah DO u dna je způsoben přítomností zelených vláknitých řas. Dle předpokladu je trend v pohybu nasycení vody kyslíkem podobný trendu v profilu volné vody (obr. 7 a 8).



Obrázek 7 Kyslíková stratifikace v jednotlivých časech (mg.l^{-1}) (A) a průměrný rozdíl (úbytek) kyslíku od počáteční hodnoty (B) ve tmavém válci s neizolovaným dnem

V profilu volné vody (obr. 8) se obsah kyslíku měnil v závislosti na intenzitě fotosyntetické asimilaci a následného dýchání. Na obr. 8 (B) můžeme vidět rozdíl mezi maximem v odpoledních hodinách a denním minimem v ranních hodinách.



Obrázek 8 Kyslíková stratifikace v jednotlivých časech (mg.l^{-1}) (A) a průměrný rozdíl (úbytek) kyslíku od počáteční hodnoty (B) v profilu volné vody

Jednotlivé varianty experimentu se lišily v koncentraci rozpuštěného kyslíku. Úbytky nebo produkce kyslíku za dobu, kdy experiment probíhal, v tomto případě za 22 hodin jsou sumarizovány v tab.1. Hodnoty úbytku/nárůstu rozpuštěného kyslíku v jednotlivých časech měření shrnuje příloha č. 4.

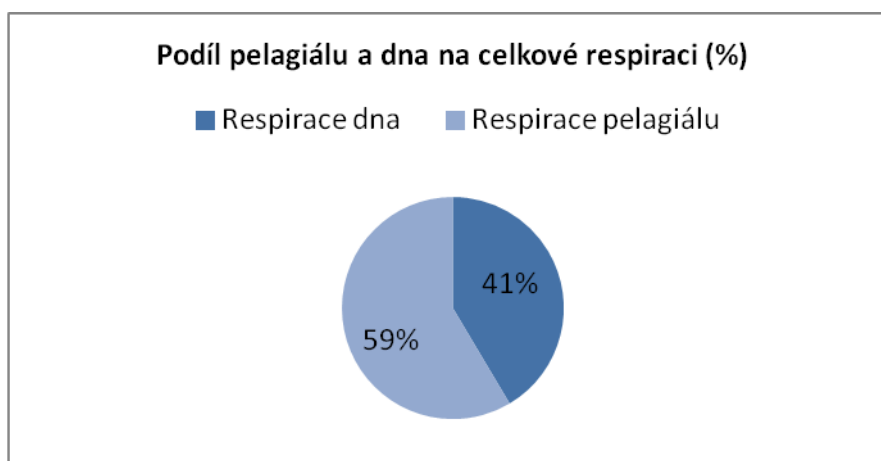
Průměrná respirace dna (úbytek DO)	0,80
Průměrná respirace pelagiálu (úbytek DO)	1,13
Celková průměrná respirace (úbytek DO)	1,93
Průměrná produkce DO v pelagiálu	0,46
Průměrná produkce DO u dna	1,7
Celková průměrná produkce DO	2,16

Tabulka 1 Úbytek a produkce kyslíku na lokalitě Dobrá Vůle v dubnu 2011, vypočtená na základě rozdílů koncentrace DO (mg.l^{-1}) v jednotlivých variantách experimentu

Úbytky kyslíku lze přičíst respiraci v různých částech životního prostoru nádrže, tedy pelagiál a bentál. Byly vypočteny z rozdílů mezi tmavými válci. Z tabulky 10 je zřejmé, že vyšší podíl z celkové respirace připadl na pelagiál (1,13 mg DO.l^{-1}), což by se mohlo brát jako respirace zooplanktonu. Je však třeba vzít v úvahu, že na této respiraci se mohou podílet i další složky jako fytoplankton a

bakteriální rozklad organických látek, jak uvádí Pitter (2009), Hartman et al. (1998) a Lellák, Kubiček (1991).

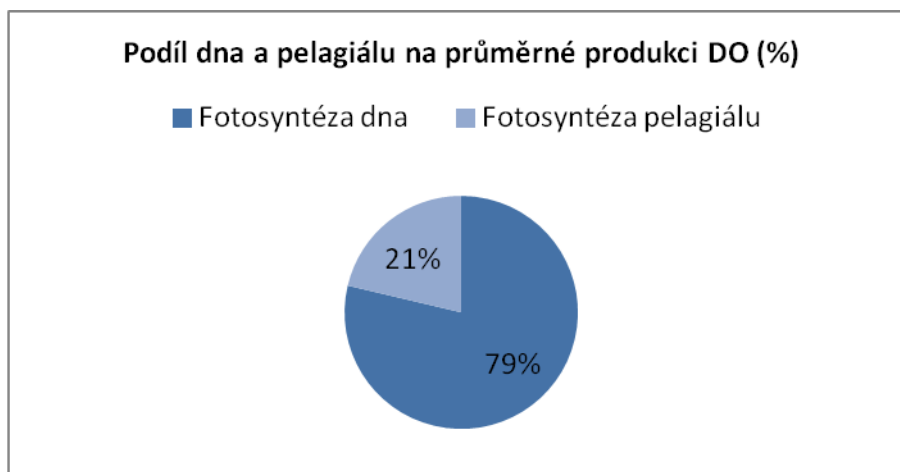
Však za situace, kdy je voda zooplanktonem značně přefiltrovaná, hodnota chlorofylu-a dosahuje pouze hodnot $14,6 \mu\text{g.l}^{-1}$ a průhlednost vody je vysoká, můžeme počítat, že ve vodě je minimum nerozpuštěných látek a fytoplanktonu, a tudíž jejich respirace bude nepodstatná. Úbytek kyslíku u dna, hodnotu $0,8 \text{ (mg DO.l}^{-1}\text{)}$ můžeme přičíst bakteriální respiraci dna (bentálu). Rozdíl mezi těmito složkami životního prostoru nádrže je patrný z obr. 9.



Obrázek 9 Podíl průměrné respirace pelagiálu a dna na celkové průměrné respiraci (%)

Z rozdílů mezi světlými a tmavými válci, byla vypočítána produkce kyslíku v jednotlivých složkách životního prostoru nádrže. Tento nadbytek můžeme přičíst fotosyntéze. Ne však za dobu 22 hodin, ale pouze za světelné fáze dne, v tomto případě za dobu cca 9 hodin.

Znatelně vyšší produkce kyslíku byla zaznamenána u dna ($1,7 \text{ mg DO.l}^{-1}$). To lze přičíst fotosyntéze vláknitých řas, jimiž bylo v tuto dobu dno porostlé. Rozvoj vláknitých řas je umožněn především v mělkých stojatých vodách s vysokou průhledností a podle Adámka (2010) mají při svém růstu pozitivní vliv na kyslíkovou bilanci. V pelagiálu byla produkce kyslíku ani ne čtvrtinová ($0,46 \text{ mg DO.l}^{-1}$), vlivem velmi nízké hladiny chlorofylu-a v pelagiálu, tedy nízké biomasy fytoplanktonu. Poměr produkce O_2 dnem a pelagiálem lze vidět na obr. 10.



Obrázek 10 Podíl průměrné produkce DO pelagiálu a dna na celkové průměrné produkci DO (%)

Z tabulky 2 je patrné, že nejvyšší početní zastoupení mají v zooplanktonu Dobré Vůle (2011) perloočky (Cladocera), zvláště bosminy a dafnie, hlavně velké formy *D. galeata*, dále pak velké druhy jako *D. magna* a *D. pulicaria*.

Taxon			Kvantita (Ind.l ⁻¹)	Celková biomasa WWZ (mg.l ⁻¹)	Celková biomasa DWZ (mg.l ⁻¹)	
Cladocera	<i>Daphnia</i>	<i>D. pulicaria</i>	13,5	65	3,705	
		<i>D. magna</i>	5,4			
		<i>D. galeata</i>	124,2			
	<i>Daphnia</i> celkem		143,1			
	Bosminidae	<i>B. longirostris</i>	164,7			
		<i>B. coregoni</i>	16,2			
	Ostatní Cladocera		180,9			
	Copepoda	Cyclopoida	adult			0
			copepodit			8,1
nauplia			89,1			
Calanoida		adult	0			
		copepodit	10,8			
		nauplia	45,9			
Copepoda celkem		18,9				
nauplia celkem		135				
Rotifera		<i>Keratela sp.</i>	8,1			
		<i>Brachionus sp.</i>	2,7			
	Rotifera celkem		10,8			
Zooplankton celkem			488,7			

Tabulka 2 Kvantita jednotlivých taxonů zooplanktonu (ind.l⁻¹) v lokalitě Dobrá Vůle v dubnu 2011 a celková biomasa zooplanktonu vyjádřená jako čerstvá váha zooplanktonu WWZ (mg.l⁻¹) a sušina zooplanktonu DWZ (mg.l⁻¹)

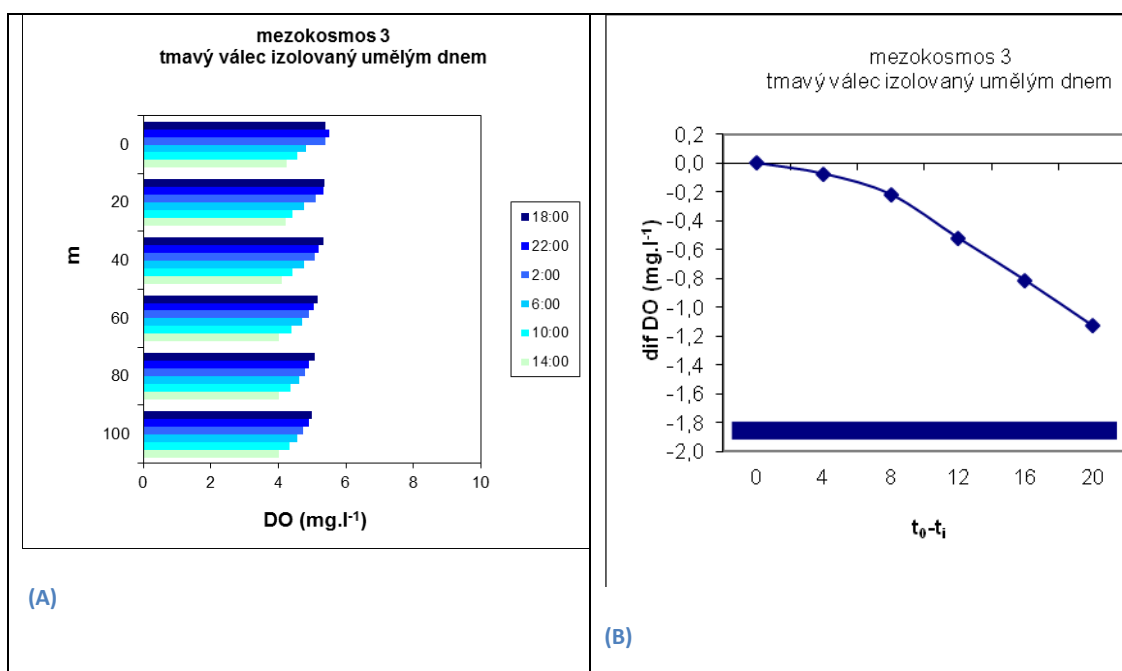
Celková kvantita je velmi vysoká, nejvyšší ze všech sledovaných lokalit (obr. 19). Celková biomasa je též poměrně dost vysoká, avšak o poznání nižší než na ostatních lokalitách (s výjimkou rybníku Okřínek) (obr. 20). To způsobuje vysoké

procento zastoupení drobných druhů, jako jsou bosminy, případně nauplia, které nevytvoří vysokou biomasu (obr. 21). Biomasa jako sušina byla odhadnuta přepočtem, kdy poměr čerstvé váhy a sušiny zooplanktonu činí v průměru 5,7 u hrubé složky zooplanktonu větší jak 0,7 mm (Musil, nepublikovaná data).

Z výsledků kvalitativní analýzy se na lokalitě kromě výše zmíněných druhů (tab. 2) objevily z vířníků *Keratela quadrata*, méně *Keratela cochlearis* a z brachionů ojedinele *Brachionus budapestinensis*. U dospělých samic dafní nebyly na rozdíl od lokality Lipiči (2012) pozorovány samičky se zimními (trvalými) vajíčky, tedy efiptii. Ty se tvoří, pouze za specifických podmínek prostředí (Hartman et al., 1998). Strukturu jarního zooplanktonu Dobré Vůle lze též vidět ve fotodokumentaci v příloze č. 6, obr. 35 a 36.

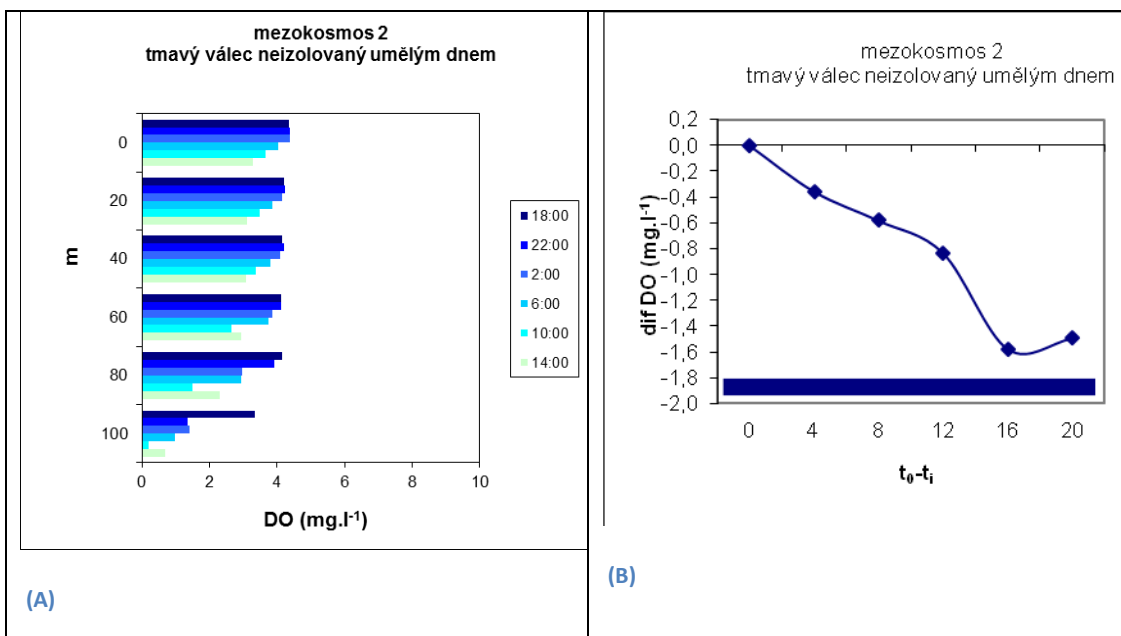
4.1.2. Lipiči

Koncentrace rozpuštěného O_2 ($mg.l^{-1}$) a rychlost jeho úbytku, popř. nárůstu, v čase jsou dokumentovány na obr. 11 až 15. Podrobné výsledky měření z obou lokalit jsou uvedené v příloze č. 1 a 2, která zahrnuje i hodnoty dalších sledovaných ukazatelů. V tmavém izolovaném válci (obr. 11) probíhala pouze respirace pelagiálu, a to zejména respirace zooplanktonu. To způsobilo pozvolný pokles obsahu kyslíku.



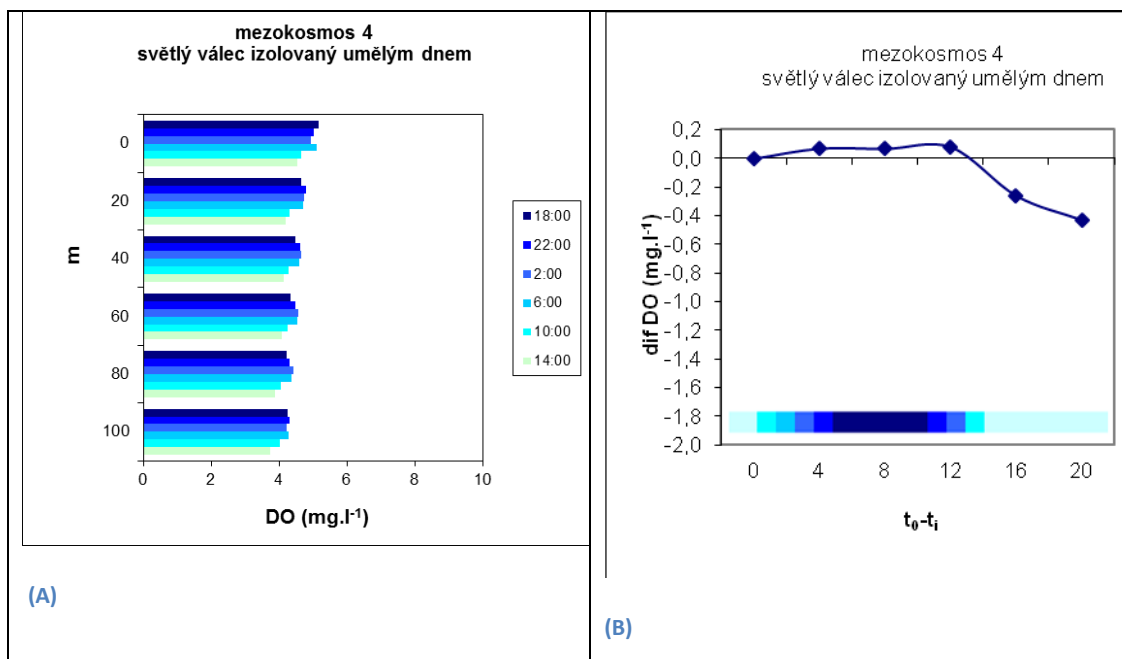
Obrázek 11 Kyslíková stratifikace v jednotlivých časech ($mg.l^{-1}$) (A) a průměrný rozdíl (úbytek) kyslíku od počáteční hodnoty (B) ve tmavém válci s izolovaným dnem

V tmavém válci neizolovaným dnem (obr. 12) byla umožněna pouze respirace v pelagiálu a u dna. Pokles obsahu kyslíku v 16. hodině pokusu a opětovný nárůst ve 20. hodině, lze vysvětlit metodickou chybou při měření, kdy jsme kyslíkovou sondu pravděpodobně omylem ponořili do bahna. Neboť v temnostních podmínkách nebyl nárůst obsahu kyslíku možný.



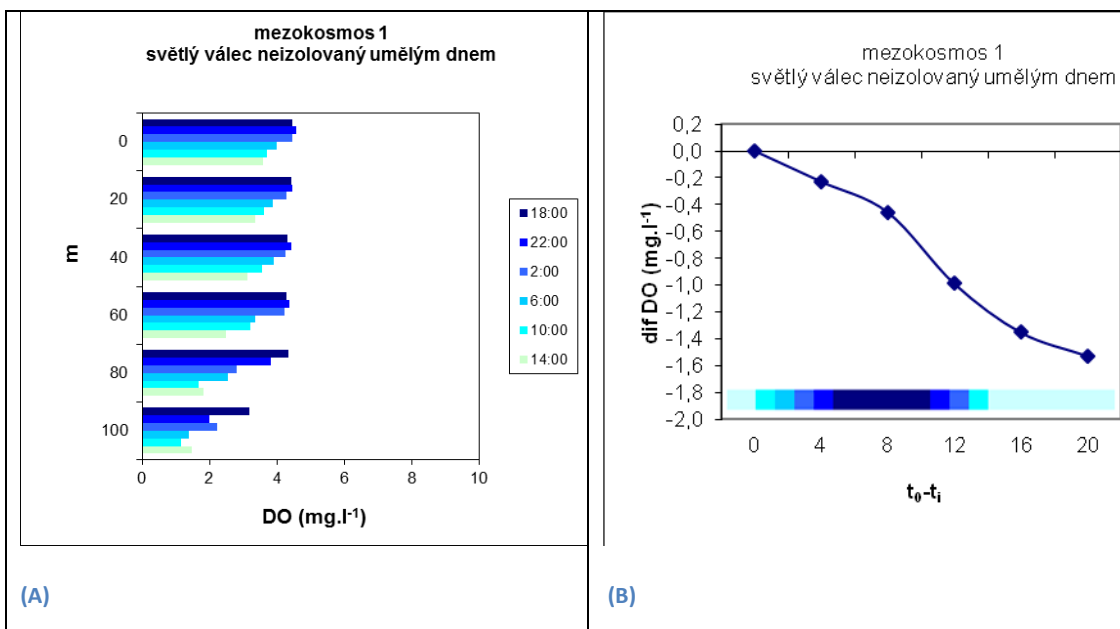
Obrázek 12 Kyslíková stratifikace v jednotlivých časech (mg.l^{-1}) (A) a průměrný rozdíl (úbytek) kyslíku od počáteční hodnoty (B) ve tmavém válci s neizolovaným dnem

Ve světlém izolovaném válci (obr. 13) byl umožněn průběh fotosyntézy i respirace pelagiálu. Avšak respirace velké biomasy zooplanktonu přesáhla fotosyntézu fytoplanktonu, který zde byl jen v malém množství, a proto koncentrace kyslíku v denních hodinách nestoupala.



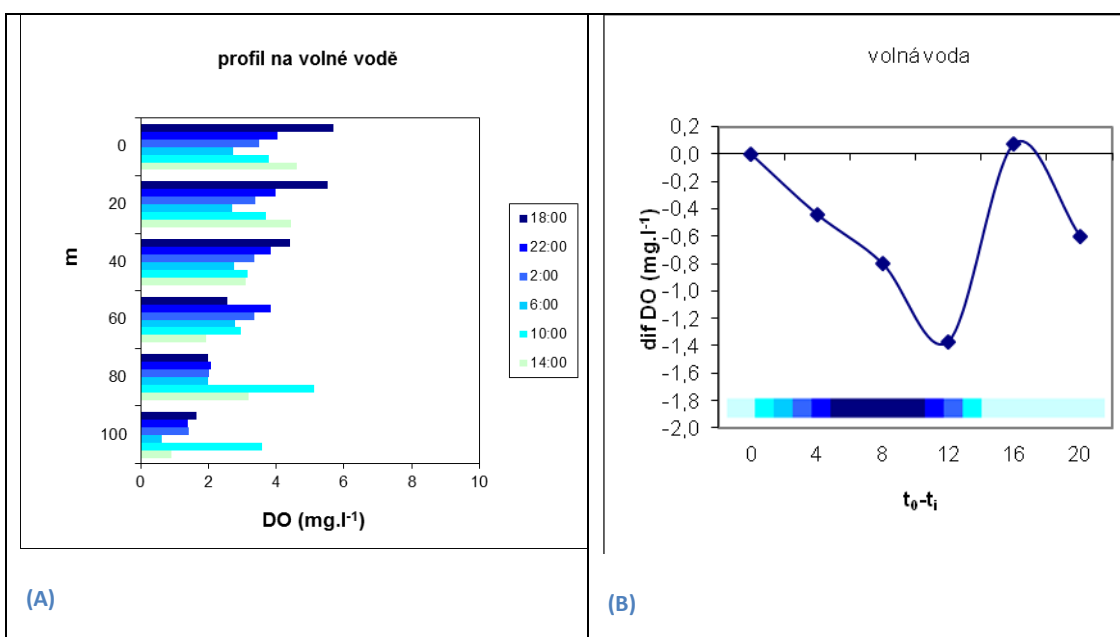
Obrázek 13 Kyslíková stratifikace v jednotlivých časech (mg.l^{-1}) (A) a průměrný rozdíl (úbytek) kyslíku od počáteční hodnoty (B) ve světlém válci s izolovaným dnem

Předpokládali jsme, že ve světlém válci neizolovaném dnem (obr. 14) bude probíhat fotosyntéza a respirace ve vodním sloupci i na dně. Avšak převládajícím procesem byla respirace, neboť obsah kyslíku se nezvyšoval ani v odpoledních hodinách. Celkově nízký obsah kyslíku na konci pokusu si můžeme vysvětlit metodickou chybou, kdy jsme při měření omylem zkalili vodu a rozvířené sedimenty spotřebovaly kyslík. Další důvod může být ten, že při instalaci válců nebyl (konkrétně ve světlém válci neizolovaném umělým dnem) zachycen porost vláknitých řas na dně. A to také může být i důvod proč se pohyb kyslíku nepodobal pohybu kyslíku ve volné vodě (obr. 14 a 15).



Obrázek 14 Kyslíková stratifikace v jednotlivých časech (mg.l^{-1}) (A) a průměrný rozdíl (úbytek) kyslíku od počáteční hodnoty (B) ve světlem válci s neizolovaným dnem

V profilu volné vody (obr. 15) se obsah kyslíku měnil v závislosti na intenzitě fotosyntetické asimilaci a následného dýchání. Na obr. 15 (B) můžeme vidět rozdíl mezi denním minimem v ranních hodinách a maximem v odpoledních hodinách. Podle Hartmana (1998) může rozdíl obsahu kyslíku mezi dnem a nocí dosahovat v úrodných rybnících až 8 mg.l^{-1} a více.



Obrázek 15 Kyslíková stratifikace v jednotlivých časech (mg.l^{-1}) (A) a průměrný rozdíl (úbytek) kyslíku od počáteční hodnoty (B) v profilu volné vody

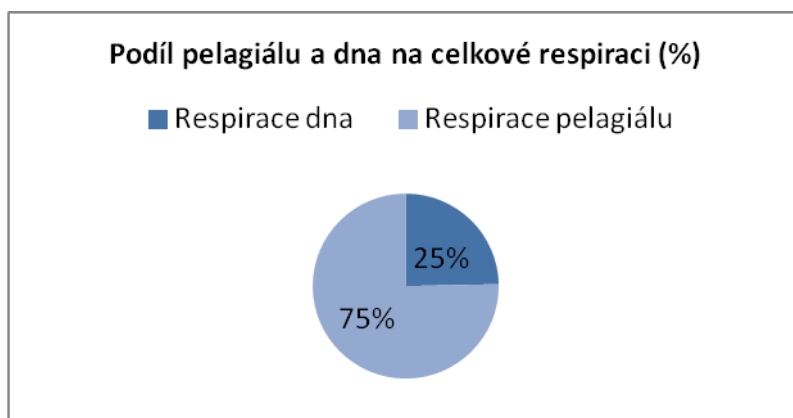
Na základě rozdílů mezi jednotlivými variantami experimentu v koncentraci rozpuštěného kyslíku byly vypočteny úbytky nebo produkce kyslíku za dobu kdy experiment probíhal, v tomto případě za 20 hodin. Hodnoty úbytku/nárůstu rozpuštěného kyslíku v jednotlivých časech měření lze vidět v příloze č. 5.

Úbytky kyslíku byly vypočteny z rozdílů mezi tmavými válci. Z tabulky 3 je zřejmé, že vyšší podíl z celkové respirace připadl na pelagiál ($1,3 \text{ mg DO.l}^{-1}$). Tuto hodnotu můžeme přičíst respiraci zooplanktonu, neboť voda je značně přefiltrovaná a hodnota chlorofylu-a je velmi nízká ($3 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1}$).

Průměrná respirace dna (úbytek DO)	0,37
Průměrná respirace pelagiálu (úbytek DO)	1,3
Celková průměrná respirace (úbytek DO)	1,49
Průměrná produkce DO v pelagiálu	0,7
Průměrná produkce DO u dna	-0,66
Celková průměrná produkce DO	0,3

Tabulka 3 Úbytek a produkce kyslíku na lokalitě Lipiči v květnu 2012, vypočtená na základě rozdílů koncentrace DO (mg.l^{-1}) v jednotlivých variantách experimentu

Úbytek kyslíku u dna, hodnotu $0,37 \text{ (mg DO.l}^{-1}\text{)}$ můžeme přičíst bakteriální respiraci dna (bentálu). Rozdíl mezi těmito složkami životního prostoru nádrže je patrný z obr. 16.



Obrázek 16 Podíl průměrné respirace pelagiálu a dna na celkové průměrné respiraci (%)

Produkce kyslíku pelagiálu odpovídala hodnotě 0,7 mg DO.l⁻¹. Respirace dna byla však vypočtena jako záporná hodnota (-0,66 mg DO.l⁻¹). Celková průměrná produkce kyslíku byla tedy pouhých 0,03 mg DO.l⁻¹ a podíl pelagiálu na fotosyntéze byl 100%. Nízká produkce kyslíku souvisí s jen nepatrným obsahem chlorofylu-a (3 µg.l⁻¹).

Kvalitativní vzorek z lokality Lipiči byl druhově chudý. Na obr. 21 můžeme vidět, že dafnie jsou zde jednoznačně dominujícím druhem. Z tabulky 4 je patrné, že nejvyšší početní zastoupení mají v zooplanktonu hlavně *Daphnia pulicaria* a *D. magna*. Tyto druhy dafnií jsou účinnými filtrátory a dokáží úplně eliminovat fytoplankton (Adámek, 2010; Lellák, Kubiček, 1991), tedy producenty kyslíku. To odpovídá velmi nízké hodnotě chlorofylu-a (3 µg.l⁻¹). Kromě dafnií byly ve vzorku zastoupeny v malém počtu také Copepoda a jejich nauplia, Rotifera (*Keratela quadrata*) a ostatní Cladocera jako *Bosmina longirostris*. Složení zooplanktonu z lokality Lipiči je možné si prohlédnout také v příloze č. 6, obrázek 37 a 38.

Taxon			Kvantita (Ind.l ⁻¹)	Celková biomasa WWZ (mg.l ⁻¹)	Celková biomasa DWZ (mg.l ⁻¹)	
Cladocera	<i>Daphnia</i>	<i>D. pulicaria</i>	91,2	155	8,84	
		<i>D. magna</i>	57,6			
		<i>D. galeata</i>	0			
	<i>Daphnia</i> celkem		148,8			
	Bosminidae	<i>B. longirostris</i>	1,2			
		<i>B. coregoni</i>	0			
	Ostatní Cladocera		1,2			
	Copepoda	Cyclopoida	adult			0
			copepodit			3,6
			nauplia			2,4
Calanoida		adult	0			
		copepodit	2,4			
		nauplia	0			
Copepoda celkem		6				
nauplia celkem		2,4				
Rotifera		<i>Keratela sp.</i>	2,4			
		<i>Brachionus sp.</i>	0			
	Rotifera celkem		2,4			
Zooplankton celkem			160,8			

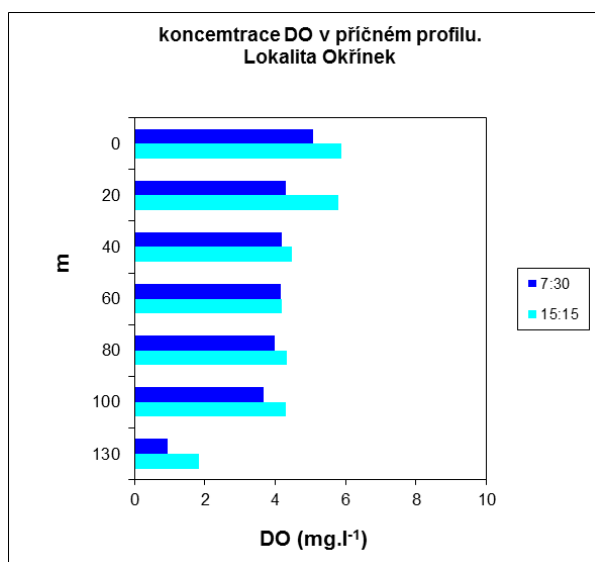
Tabulka 4 Kvantita jednotlivých taxonů zooplanktonu (ind.l⁻¹) v lokalitě Lipiči v květnu 2012 a celková biomasa zooplanktonu vyjádřená jako čerstvá váha zooplanktonu WWZ (mg.l⁻¹) a sušina zooplanktonu DWZ (mg.l⁻¹)

Celková biomasa je nejvyšší ze všech lokalit (obr. 20). Celková kvantita, je ale mnohem nižší než na Dobré Vůli nebo Okříнку (obr. 19). To způsobuje vysoké procento zastoupení velkých druhů perlooček, jako jsou dafnie, které tvoří vysokou biomasu (obr. 21).

4.1.3. Kontrolní lokality

Okřínek

Filtrační aktivita dafnií byla inhibována díky aplikaci přípravku Diazinon, což se projevilo nízkou kvantitou a biomasou zooplanktonu (obr. 19 a 20). To zapříčinilo pozvolný rozvoj planktonních i vláknitých řas na dně a tudíž obsah O_2 v profilu volné vody nebyl deficitní (obr. 17). Kvalitativní složení zooplanktonu lokality Okřínek je zobrazen v tabulce 5.

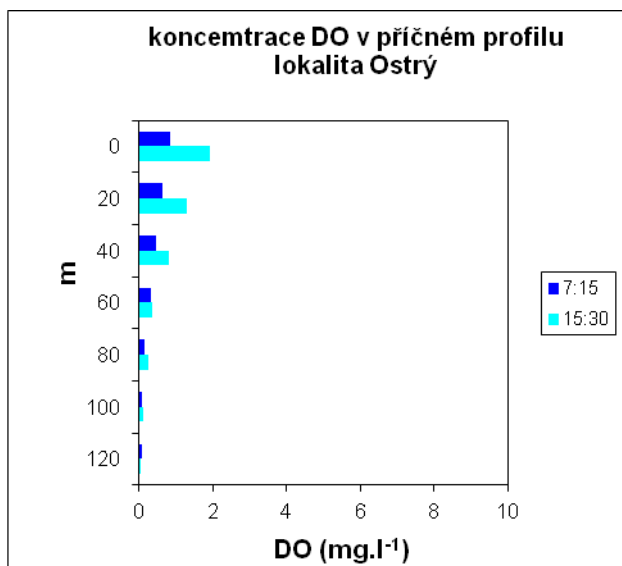


Obrázek 17 Okřínek - obsah O_2 v příčném profilu volné vody

Ostrý

Ačkoliv biomasa zooplanktonu (8,24 mg DW/l) se velice podobá biomase zooplanktonu na lokalitě Lipiči (8,84 mg DW/l), obsah O_2 byl výrazně deficitní. V odpoledních hodinách činil obsah O_2 pouhých 1,9 mg.l⁻¹ (obr. 18), což odpovídá 23% nasycení O_2 . Důvodem je nepřítomnost producentů kyslíku, včetně vláknitých řas na dně. Na hladině bylo patrné množství kachen a poláků. To bývá běžný jev na rybnících v období čisté vody a souvisí to s vysokou biomasou hrubého zooplanktonu (tab. 6), neboť právě u poláků převládá v potravě živočišná složka.

Zooplankton vyskytující se v rybnících Okřínek a Ostrý si lze prohlédnout v příloze č. 6., obrázek 39 a 40. Podrobné výsledky měření in situ kontrolních lokalit jsou uvedeny v příloze č. 3.



Obrázek 18 Ostrý - obsah O₂ v příčném profilu volné vody

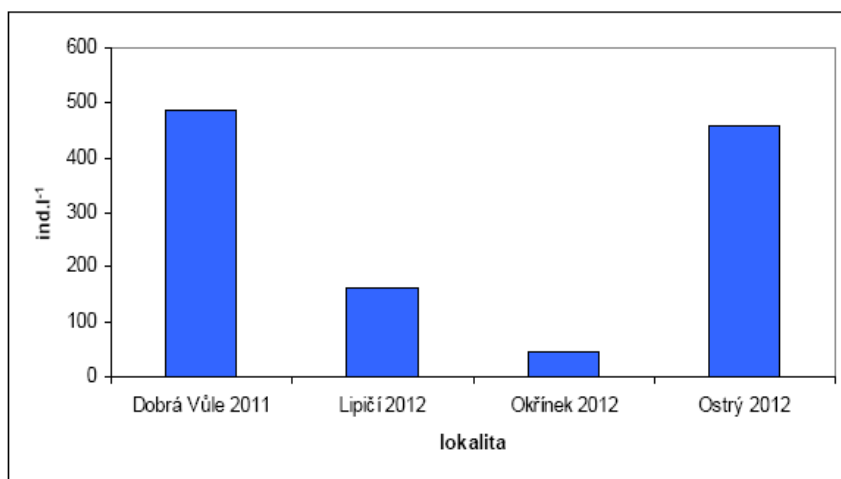
Taxon			Kvantita (Ind.l ⁻¹)	Celková biomasa WWZ (mg.l ⁻¹)	Celková biomasa DWZ (mg.l ⁻¹)
Cladocera	<i>Daphnia</i>	<i>D. pulicaria</i>	0	15	0,85
		<i>D. magna</i>	1,73		
		<i>D. galeata</i>	2,77		
	<i>Daphnia</i> celkem		4,51		
	Bosminidae	<i>B. longirostris</i>	1,39		
		<i>B. coregoni</i>	3,12		
	Ostatní Cladocera		5,55		
Copepoda	Cyclopoida	adult	0		
		copepodit	0		
		nauplia	14,57		
	Calanoida	adult	1,39		
		copepodit	7,63		
		nauplia	7,63		
	Copepoda celkem		9,02		
nauplia celkem		22,2			
Rotifera		<i>Keratela sp.</i>	4,16		
		<i>Brachionus sp.</i>	0		
	Rotifera celkem		4,16		
Zooplankton celkem			45,43		

Tabulka 5 Kvantita jednotlivých taxonů zooplanktonu (ind.l⁻¹) v lokalitě Okřínek v květnu 2012 a celková biomasa zooplanktonu vyjádřená jako čerstvá váha zooplanktonu WWZ (mg.l⁻¹) a sušina zooplanktonu DWZ (mg.l⁻¹)

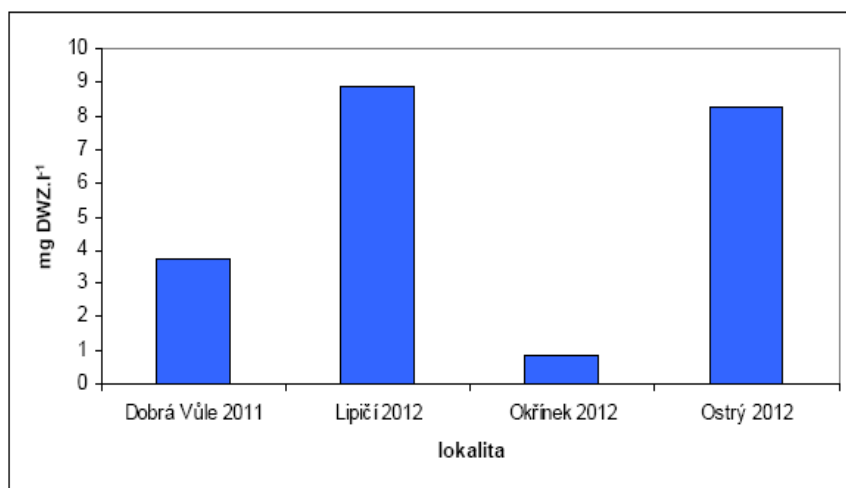
Taxon			Kvantita (Ind.l ⁻¹)	Celková biomasa WWZ (mg.l ⁻¹)	Celková biomasa DWZ (mg.l ⁻¹)
Cladocera	<i>Daphnia</i>	<i>D. pulicaria</i>	20,81		
		<i>D. magna</i>	20,81		
		<i>D. galeata</i>	98,84		
	<i>Daphnia</i> celkem		140,46		
	Bosminidae	<i>B. longirostris</i>	270,52		
		<i>B. coregoni</i>	31,21		
	Ostatní Cladocera		301,73		

Taxon			Kvantita (Ind.l ⁻¹)	Celková bio- masa WWZ (mg.l ⁻¹)	Celková bio- masa DWZ (mg.l ⁻¹)
Copepoda	Cyclopoida	adult	0		
		copepodit	10,4		
		nauplia	5,2		
	Calanoida	adult	0		
		copepodit	0		
		nauplia	0		
	Copepoda celkem		10,4		
	nauplia celkem		5,2		
Rotifera		<i>Keratela sp.</i>	0		
		<i>Brachionus sp.</i>	0		
	Rotifera celkem		0		
Zooplankton celkem			457,8		

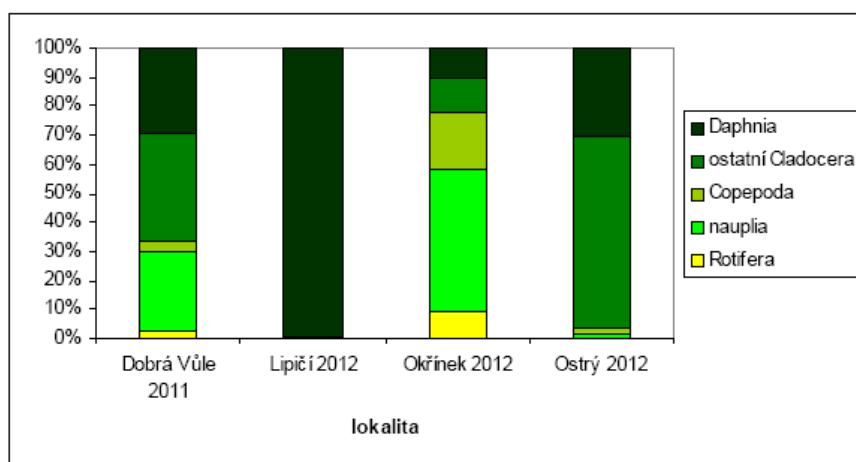
Tabulka 6 Kvantita jednotlivých taxonů zooplanktonu (ind.l⁻¹) v lokalitě Ostrý v květnu 2012 a celková biomasa zooplanktonu vyjádřená jako čerstvá váha zooplanktonu WWZ (mg.l⁻¹) a sušina zooplanktonu DWZ (mg.l⁻¹)



Obrázek 19 Celková kvantita zooplanktonu na zkoumaných lokalitách (ind.l⁻¹)



Obrázek 20 Celková biomasa zooplanktonu na zkoumaných lokalitách vyjádřená jako sušina zooplanktonu DWZ (mg.l⁻¹)



Obrázek 21 Struktura zooplanktonu vyjádřená v % zastoupení jednotlivých taxonomických skupin na zkoumaných lokalitách

4.2. Výsledky experimentů in vitro

4.2.1. Dobrá Vůle

K prvnímu experimentu in vitro jsme použili vzorek zooplanktonu z Dobré Vůle, který byl odebrán 5.4.2011. Na obr. 22 vidíme, že vzorek obsahoval velký podíl hrubého dafniového zooplanktonu s podílem Copepoda a drobných perlooček. Dále se zde vyskytovali Rotifera a naupliová stádia buchaneček a vířníků. Sušina vzorku činila $185,91 \text{ mg.l}^{-1}$ (obr. 23) a při teplotě 20°C byla průměrná spotřeba kyslíku zooplanktonem $7,82 \text{ } \mu\text{l/l/1 mg DWZ/hod}$ (tab. 7).

Ve druhém pokusu in vitro byl použit vzorek ze stejné lokality, který byl ale odebraný 20.4.2011 a obsahoval větší podíl velkých druhů rodu *Daphnia* a dále jen ostatní Cladocera a Copepoda (obr. 22). Na obr. 23 vidíme, že biomasa tohoto vzorku byla $340,45 \text{ mg.l}^{-1}$. Experiment probíhal v teplotě 25°C a průměrná spotřeba kyslíku byla nižší než v předešlém vzorku ($3,61 \text{ } \mu\text{l/l/1 mg DWZ/hod}$).

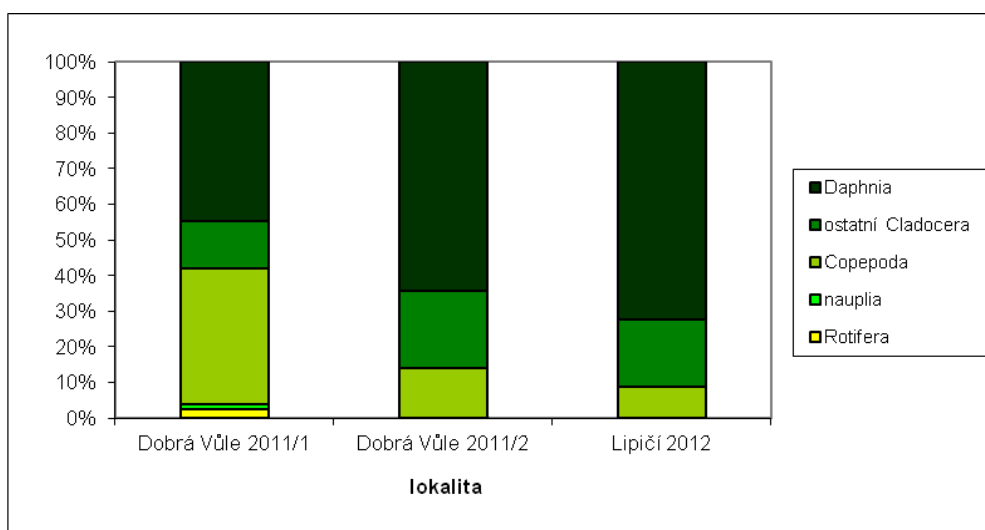
4.2.2. Lipiči

Nejvyšší zastoupení ve vzorku z lokality Lipiči měl rod *Daphnia*, a to asi 70% (obr. 22). V menší míře se zde vyskytovali i ostatní Cladocera a Copepoda. Jak můžeme vidět na obr. 23, biomasa vzorku byla nejnižší ze všech. Avšak v tabulce 7 vidíme, že průměrná spotřeba kyslíku byla nejvyšší ($47,56 \text{ } \mu\text{l/l/1 mg DWZ/hod}$). To

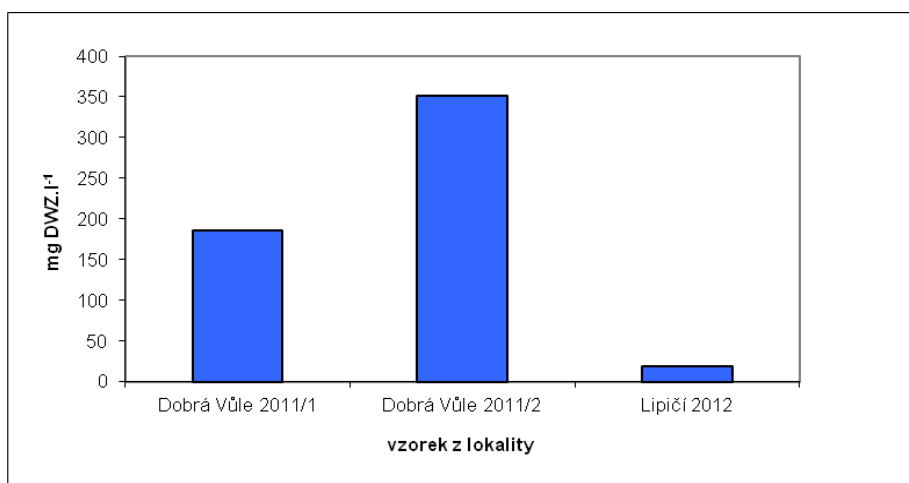
mohlo být způsobeno vysokou teplotou, která během experimentu vystoupala až na 30°C a vysokým zastoupením dafnií jako *D. magna*, která průměrně vydýchá 3,4 $\mu\text{l}/1 \text{ mg DWZ}/\text{hod}$ (Jørgensen, 1979).

Datum odběru	Lokalita	Teplota (°C)	AVG spotřeba O ₂ $\mu\text{l}/1/1 \text{ mg DWZ}/\text{hod}$	AVG spotřeba O ₂ $\mu\text{g}/1/1 \text{ mg DWZ}/\text{hod}$
5.4.2011	Dobrá Vůle	15	7,82	5,47
20.4.2011	Dobrá Vůle	20	3,61	2,53
10.5.2012	Lipičí	30	47,56	33,29

Tabulka 7 Průměrná spotřeba O₂ vzorků zooplanktonu použitých v experimentu in vitro



Obrázek 22 Struktura kvantitativního zastoupení taxonomických skupin zooplanktonu použitého in vitro (%)



Obrázek 23 Celková biomasa zooplanktonu ve vzorcích použitých v experimentu in vitro (mg DWZ.l⁻¹)

5. Závěr

Největší význam v procesu respirace v rybníku má zooplankton. Z výsledků vyplývá, že v jarním stádiu čisté vody tvoří respirace zooplanktonu 60 i více % z celkové respirace systému. Z výsledků také vyplývá, že spotřeba kyslíku zooplanktonem vzrůstá se zvyšující se teplotou vody. Intenzivní dýchání a filtrační tlak zooplanktonu redukující fytoplankton, může v rybníku vést k vyčerpání kyslíku a dokonce i anoxie. A proto sledování kyslíkového režimu má pro ekosystém rybníka rozhodující význam. Mohou však nastat situace, kdy je díky vysoké průhlednosti vody umožněn nárůst bentických vláknitých řas. Jejich fotosyntetická asimilace účinně vyrovnává deficit kyslíku způsobený respirací zooplanktonu a nenastávají tak pro ryby nebezpečné deficitní situace, které bývají jinak v tomto období obvyklé.

6. Seznam použité literatury

Adámek Z. (2010): Aplikovaná hydrobiologie. 2. rozš. upr. vyd., Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, 350 s.

Bartoš E. (1959): Fauna ČSSR, Věrníci-Rotatoria. Nakladatelství Československé akademie věd, Praha, 969 s.

Brooks J.L., Dodson S.L. (1965): Predation, body size and composition of plankton. *Science*, 150: 28-35.

Cole J.J., Pace M.L., Carpenter S.R., Kitchell J.F. (2000): Persistence of net heterotrophy in lakes during nutrient addition and food web manipulation. *Limnol. Oceanogr.*, 45: 1718-1730.

Dean J.M., Gorham E. (1998): Magnitude and significance of carbon burial in lakes, reservoirs and peatlands. *Geology*. 26(6): 535-538.

Del Giorgio P. A., Williams J. le B. (2005): Respiration in aquatic ecosystems. Oxford University Press, New York, 315 s.

Faina R. (2007): Použití přípravku Diazinon 60 EC v rybníkářské praxi k tlumení nadměrného rozvoje hrubého dafniového zooplanktonu. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický, Edice metodik, Vodňany, 18 s.

Fott J., Pechar L., Pražáková M. (1980): Fish as a factor controlling water quality in ponds. s. 255-261. In: Barica J., Mur L. R. (eds.) Hypertrophic ecosystems. Developments in Hydrobiology 2. Junk, Hague.

Goldman Ch.R., Horne A.J. (1983): Limnology. Mc. Graw-Hill Book Comp., 464 s.

Hartman P., Štědranský E., Přikryl I. (1998): Hydrobiologie. 2. přepr. vyd. Informatorium, Praha, 335 s.

Hartman P., Štědranský E., Přikryl I. (2005): Hydrobiologie. 3. přepr. vyd. Informatorium, Praha, 359 s.

Heteša J., Sukop I. (1985): Aplikovaná hydrobiologie II. Skriptum VŠZ Brno, SPN, Praha, 83 s.

Horáková M. (2003): Analytika vody. 2. rozš. upr. vyd., Vydavatelství VŠCHT, Praha, 335 s.

Ikedo T. (1974): Nutritional ecology of marine zooplankton. Mem. Fac. Fish Hokkaido Univ., 22: 1-97.

Ikeda T. (1985): Metabolic rates of epipelagic marine zooplankton as a function of body mass and temperature. *Mar. Biol.*, 85: 1-11.

Ikeda T. et al. (2000): Metabolism. In: Harris R.P., Wiebe P.H., Skjoldal H.R., Huntley M. (eds): *ICES Zooplankton Methodology Manual*. Academic Press, San Diego, 455-532.

Ikeda T., Motoda S. (1978): Estimated zooplankton production and their ammonia excretion in the Kuroshio and adjacent seas. *Fish Bull. US*, 76: 357-367.

Jørgensen, S.E. (ed.) (1979): *Handbook of environmental data and ecological parameters*. International Society for Ecological Modelling, Denmark, 1162 s.

Kollerová L. (2003): Průhlednost. Odd. 2.3., In: Horáková a kol. (eds.) *Analytika vody*. Vydavatelství VŠCHT, Praha, s. 67.

Krumbein W.E., Paterson D.M., Stal L.J. (eds) (1994): *Biostabilization of Sediments*. BISVerlag, Oldenburg, 526 s.

Kuznetsov S.I. (1958): A study of the size of bacterial populations and of organic matter formation due to photo- and chemosynthesis in water bodies of different types. *Verh. Int. Verein. Limnol.*, 13: 156-169.

Lampert W. (1984): The measurement of respiration. In: Downing J.A., Rigler F.H. (eds): *A manual on Methods for the Assessment of Secondary Productivity in Fresh Waters*. Blackwell Scientific Publishers, Oxford, 413-468.

Lellák J., Kubíček F. (1992): *Hydrobiologie*. Karolinum, Praha, 257 s.

Lellák J. et al. (1978): *Hydrobiologie pro postgraduální studium*. SPN, Praha, 93 s.

Moshiri G.A., Cummins K.W., Costa R.R. (1969): Respiratory energy expenditure by the predaceous zooplanktoner *Leptodora kindtii* (Focke). *Limnol. Oceanogr.* 14: 475-484.

Pace M.L., Cole J.J. (2000): Effects of whole-lake manipulations of nutrient loading and food web structure on planktonic respiration. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 57: 487-496.

Pechar L., Příkryl I., Faina R. (2002): Hydrobiological evaluation of Třeboň fishponds in the end of the nineteenth century. In: Květ J., Jeník J., Soukupová L. (eds.) *Freshwater wetlands and their sustainable future*, Paris, 31 – 61.

Pechar L. (1987): Use of an acetone:methanol mixture for the extraction and spectrophotometric determination of chlorophyll a in phytoplankton, *Arch. Hydrobiol. Suppl.*, 78: 99-117.

Pitter P. (2009): *Hydrochemie*. 4. aktualiz. vyd., Vydavatelství VŠCHT, Praha, 579 s.

Prairie Y.T., Bird D.F., Cole J.J. (2002): The summer metabolic balance in the epilimnion of southeastern Quebec lakes. *Limnol. Oceanogr.*, 47: 316-321.

Příkryl I. (2006): Metodika odběru a zpracování vzorků zooplanktonu stojatých vod. Metodika VÚV TGM, Praha, 14 s.

Schejbal P. (2003): Konduktivita. Odd. 2.7., In: Horáková a kol. (eds.) Analytika vody. Vydavatelství VŠCHT, Praha, 72-76.

Sládečková A., Sládeček (1997): Hydrobiologie. 1. vyd. ČVUT, Praha, 141 s.

Šrámek-Hušek R. (1953): Naši klanonožci. Nakladatelství Československé akademie věd, Praha, 61 s.

Šrámek-Hušek R. a kol. (1962): Fauna ČSSR, Lupenonožci-Branchipoda. Nakladatelství Československé akademie věd, Praha, 470 s.

Ostatní informační zdroje:

Hargreaves John A., Tucker Craig S. (2002): Measuring Dissolved Oxygen Concentration in Aquaculture in SRAC Publication No. 4601. Dostupné z http://cop.extension.org/mediawiki/files/c/c3/Measuring_Dissolved_Oxygen_Concentration_in_Aquaculture.pdf

Häck M.: Optické měření koncentrace kyslíku ve vodách. Aplikační zpráva – Procesní analýza LDO. Dostupné z http://www.de.hach-lange.ch/shop/action_q/download%3Bdocument/DOK_ID/14781862/type/pdf/lkz/CH/spkz/fr/TOKEN/6i0Usw0TID9Rfdg-XcVU-cIMxqc/M/CYDhbA

<http://vyuka.pavelrozival.cz/isame/ph.pdf>

7. Přílohy

Příloha č. 1: Výsledky experimentu in situ: Dobrá Vůle (19. – 20. 4. 2011)

experiment respirace planktonu in situ

datum: 19 - 20.4.2011

lokality Dobrá Vůle ve stádiu čisté vody, vysoká biomasa velkých dafnií, vláknité řasy na dně, rybník nasazen rybou.

1	tmavý válec izolovaný umělým dnem
2	tmavý válec neizolovaný
3	světlý válec izolovaný umělým dnem
4	světlý válec neizolovaný

hloubka - 60 cm = dno; 0 cm = hladina
VV - volná voda

čas (h:m)	mesocosm. č.		hloubka (cm)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	pH	t (°C)
16:30	1	TI	60	9,83	122,5	7,94	17,2
16:30	1	TI	40	9,83	122,5	7,94	17,2
16:30	1	TI	20	9,40	118,8	7,94	17,6
16:30	1	TI	0	9,40	118,8	7,94	17,6
16:30	2	TN	60	9,83	122,5	7,94	17,2
16:30	2	TN	40	9,83	122,5	7,94	17,2
16:30	2	TN	20	9,40	118,8	7,94	17,6
16:30	2	TN	0	9,40	118,8	7,94	17,6
16:30	3	SI	60	9,83	122,5	7,94	17,2
16:30	3	SI	40	9,83	122,5	7,94	17,2
16:30	3	SI	20	9,40	118,8	7,94	17,6
16:30	3	SI	0	9,40	118,8	7,94	17,6
16:30	4	SN	60	9,83	122,5	7,94	17,2
16:30	4	SN	40	9,83	122,5	7,94	17,2
16:30	4	SN	20	9,40	118,8	7,94	17,6
16:30	4	SN	0	9,40	118,8	7,94	17,6
16:30	VV		60	9,83	122,5	7,94	17,2
16:30	VV		40	9,83	122,5	7,94	17,2
16:30	VV		20	9,40	118,8	7,94	17,6
16:30	VV		0	9,40	118,8	7,94	17,6
18:30	1	TI	60	9,36	100,9	7,63	16,9
18:30	1	TI	40	9,32	100,7	7,77	17,0
18:30	1	TI	20	9,33	101,0	7,86	17,1
18:30	1	TI	0	9,32	100,9	7,86	17,1
18:30	2	TN	60	8,47	91	7,86	17
18:30	2	TN	40	9,34	100,8	7,85	17
18:30	2	TN	20	9,49	102,5	7,87	17
18:30	2	TN	0	9,03	96,9	7,86	16,9
18:30	3	SI	60	9,31	99,2	7,81	16,2
18:30	3	SI	40	9,42	101	7,8	16,7
18:30	3	SI	20	9,43	101,7	7,84	16,9

čas (h:m)	mesocosm. č.		hloubka (cm)	O2 (mg/l)	O2 (%)	pH	t (°C)
18:30	3	SI	0	9,42	101,7	7,87	17
18:30	4	SN	60	9,60	103,7	7,94	16,9
18:30	4	SN	40	9,66	104,5	7,97	17,1
18:30	4	SN	20	9,75	105,6	7,96	17,1
18:30	4	SN	0	9,77	105,7	7,99	17,1
18:30	VV		60	9,72	103,3	7,86	16,8
18:30	VV		40	9,77	104,8	7,93	16,8
18:30	VV		20	9,77	104,9	7,96	16,8
18:30	VV		0	9,76	104,8	7,97	16,8
22:30	1	TI	60	9,46	98,8	7,95	15,6
22:30	1	TI	40	9,35	98,5	7,94	15,9
22:30	1	TI	20	9,31	98,7	7,87	16,2
22:30	1	TI	0	9,26	98,7	7,95	16,5
22:30	2	TN	60	8,79	93,6	7,6	16,5
22:30	2	TN	40	9,10	97,1	7,71	16,6
22:30	2	TN	20	9,13	97,6	7,75	16,6
22:30	2	TN	0	9,15	97,8	7,78	16,6
22:30	3	SI	60	9,49	98,8	7,79	15,5
22:30	3	SI	40	9,34	98,3	7,74	15,9
22:30	3	SI	20	9,35	99,1	7,8	16,3
22:30	3	SI	0	9,33	99,1	7,84	16,4
22:30	4	SN	60	9,05	96,5	7,58	16,5
22:30	4	SN	40	9,44	100,7	7,75	16,6
22:30	4	SN	20	9,50	101,4	7,81	16,6
22:30	4	SN	0	9,53	101,6	7,85	16,6
22:30	VV		60	9,28	98,5	7,78	16,3
22:30	VV		40	9,36	99,4	7,84	16,4
22:30	VV		20	9,39	99,7	7,86	16,3
22:30	VV		0	9,40	99,8	7,88	16,3
08:30	1	TI	60	9,23	93,3	7,72	14,1
08:30	1	TI	40	9,14	92,9	7,75	14,3
08:30	1	TI	20	9,13	93,1	7,77	14,5
08:30	1	TI	0	9,13	93,4	7,8	14,6
08:30	2	TN	60	7,71	79	7,54	14,6
08:30	2	TN	40	8,15	83,7	7,6	14,7
08:30	2	TN	20	8,27	85,1	7,62	14,8
08:30	2	TN	0	8,30	85,5	7,63	14,8
08:30	3	SI	60	8,97	92,1	7,66	14,7
08:30	3	SI	40	8,94	91,8	7,65	14,6
08:30	3	SI	20	8,99	92,4	7,67	14,7
08:30	3	SI	0	9,05	93,3	7,69	14,8
08:30	4	SN	60	8,73	90	7,54	14,8
08:30	4	SN	40	8,83	91	7,61	14,8
08:30	4	SN	20	8,88	91,7	7,64	14,9
08:30	4	SN	0	8,89	91,9	7,66	14,9
08:30	VV		60	8,33	85,3	7,52	14,4
08:30	VV		40	8,36	85,6	7,56	14,4

čas	mesocosm. č.	hloubka	O ₂	O ₂	pH	t	
(h:m)		(cm)	(mg/l)	(%)		(°C)	
08:30	VV	20	8,38	85,8	7,58	14,4	
14:30	1	TI	60	8,12	90,5	8,1	17,1
14:30	1	TI	40	8,44	92,2	7,97	16,8
14:30	1	TI	20	8,62	93,7	7,94	16,8
14:30	1	TI	0	8,75	95,3	7,92	16,9
14:30	2	TN	60	7,41	77,3	7,39	16,2
14:30	2	TN	40	7,70	82,5	7,52	16,2
14:30	2	TN	20	7,81	83,8	7,56	16,5
14:30	2	TN	0	7,81	84	7,58	16,7
14:30	3	SI	60	8,85	95	7,63	16,5
14:30	3	SI	40	8,95	96,9	7,67	16,8
14:30	3	SI	20	8,96	97,5	7,69	17
14:30	3	SI	0	9,00	98,1	7,7	17,3
14:30	4	SN	60	9,71	105,4	7,81	17
14:30	4	SN	40	9,85	107,1	8,01	17
14:30	4	SN	20	9,89	107,1	8,07	17,1
14:30	4	SN	0	9,91	108,2	8,1	17,3
14:30	VV	60	8,70	95,4	7,53	17,5	
14:30	VV	40	8,65	95,5	7,71	17,9	
14:30	VV	20	8,82	95,4	7,68	18	
14:30	VV	0	8,61	95,4	7,68	18,1	

Příloha č. 2: Výsledky experimentu in situ: Lipiči (8. – 9. 5. 2012)

experiment respirace planktonu in situ

datum: 8.5.2012

lokality Lipiči:

rybník zatím nenasazený, ve stádiu
čisté vody, vysoká biomasa velkých
dafnií. Na dně zelené řasy. Nejsou
absolutní deficity DO

1	světlý válec neizolovaný umělým dnem
2	tmavý válec neizolovaný umělým dnem
3	tmavý válec izolovaný umělým dnem
4	světlý válec izolovaný umělým dnem

hloubka - 100 cm = dno; 0 cm = hladina

VV - volná voda

čas	mesocosm. č.	hloubka	O ₂	O ₂	pH	t	cond.
(hh:mm)		(cm)	(mg/l)	(%)		(°C)	(uS/cm)
18:00	1	100	3,18	36,21	7,44	20,0	222
18:00	1	80	4,34	50,70	7,73	21,3	222
18:00	1	60	4,30	51,41	7,73	22,5	222
18:00	1	40	4,31	51,92	7,75	22,9	222
18:00	1	20	4,44	53,59	7,77	23,0	222
18:00	1	0	4,46	53,63	7,79	22,8	222
18:00	2	100	3,35	38,60	7,67	20,6	222
18:00	2	80	4,16	48,60	7,67	21,3	222

čas (hh:mm)	mesocosm. č.	hloubka (cm)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	pH	t (°C)	cond. (uS/cm)
18:00	2	60	4,13	49,00	7,69	22,1	222
18:00	2	40	4,16	49,83	7,71	22,6	222
18:00	2	20	4,20	50,41	7,74	22,7	222
18:00	2	0	4,35	52,01	7,78	22,5	222
18:00	3	100	5,00	58,98	7,82	21,8	222
18:00	3	80	5,07	60,38	7,8	22,3	222
18:00	3	60	5,17	61,81	7,81	22,5	222
18:00	3	40	5,34	64,45	7,84	23,0	222
18:00	3	20	5,37	64,82	7,88	23,0	222
18:00	3	0	5,40	64,93	7,88	22,8	222
18:00	4	100	4,26	49,86	7,69	21,4	222
18:00	4	80	4,24	50,21	7,68	22,0	222
18:00	4	60	4,33	52,46	7,69	23,2	222
18:00	4	40	4,48	54,28	7,68	23,2	222
18:00	4	20	4,66	56,57	7,47	23,3	222
18:00	4	0	5,17	62,76	7,4	23,3	222
18:00	vv	100	1,65	18,56	7,33	19,4	220
18:00	vv	80	2,00	22,50	7,49	19,4	220
18:00	vv	60	2,56	29,38	7,6	20,4	220
18:00	vv	40	4,40	52,81	7,75	22,7	220
18:00	vv	20	5,53	66,62	7,93	22,9	220
18:00	vv	0	5,70	68,15	8	22,5	220
22:00	1	100	1,99	22,66	7,2	20,0	223
22:00	1	80	3,82	44,54	7,65	21,2	223
22:00	1	60	4,37	51,65	7,67	21,9	223
22:00	1	40	4,42	52,44	7,69	22,1	223
22:00	1	20	4,47	53,03	7,72	22,1	223
22:00	1	0	4,59	53,62	7,77	21,3	223
22:00	2	100	1,35	15,40	7,38	20,1	227
22:00	2	80	3,92	45,61	7,62	21,1	227
22:00	2	60	4,12	48,88	7,63	22,1	227
22:00	2	40	4,21	50,04	7,66	22,2	227
22:00	2	20	4,23	50,28	7,69	22,2	227
22:00	2	0	4,38	51,57	7,75	21,7	227
22:00	3	100	4,91	56,35	7,77	20,4	224
22:00	3	80	4,92	57,14	7,78	21,0	224
22:00	3	60	5,04	59,68	7,78	22,0	224
22:00	3	40	5,19	61,69	7,79	22,2	224
22:00	3	20	5,34	63,48	7,82	22,2	224
22:00	3	0	5,50	64,63	7,89	21,6	224
22:00	4	100	4,30	48,96	7,65	20,0	229
22:00	4	80	4,32	49,88	7,65	20,7	229
22:00	4	60	4,48	52,64	7,65	21,6	229
22:00	4	40	4,62	54,71	7,65	22,0	229
22:00	4	20	4,80	56,84	7,64	22,0	229
22:00	4	0	5,04	59,34	7,65	21,7	229
22:00	vv	100	1,40	15,78	7,43	19,5	223
22:00	vv	80	2,09	23,80	7,51	20,0	223
22:00	vv	60	3,85	44,62	7,65	20,9	223
22:00	vv	40	3,84	45,30	7,6	21,8	223
22:00	vv	20	3,97	46,74	7,64	21,7	223

čas (hh:mm)	mesocosm. č.	hloubka (cm)	O2 (mg/l)	O2 (%)	O2	pH (°C)	t (uS/cm)
22:00	vv	0	4,05	47,59	7,68	21,6	223
2:00	1	100	2,23	25,29	7,41	19,8	224
2:00	1	80	2,82	32,37	7,55	20,4	224
2:00	1	60	4,23	49,03	7,61	20,9	224
2:00	1	40	4,26	49,38	7,62	20,9	224
2:00	1	20	4,29	49,63	7,68	20,8	224
2:00	1	0	4,46	51,19	7,76	20,4	224
2:00	2	100	1,41	15,90	7,06	19,5	228
2:00	2	80	2,97	34,02	7,49	20,3	228
2:00	2	60	3,85	44,71	7,58	21,0	228
2:00	2	40	4,10	47,71	7,6	21,1	228
2:00	2	20	4,15	48,29	7,66	21,1	228
2:00	2	0	4,38	50,57	7,71	20,7	228
2:00	3	100	4,73	53,54	7,72	19,7	224
2:00	3	80	4,80	54,98	7,73	20,3	224
2:00	3	60	4,92	57,03	7,72	20,9	224
2:00	3	40	5,08	59,00	7,73	21,0	224
2:00	3	20	5,12	59,34	7,78	20,9	224
2:00	3	0	5,39	61,62	7,83	20,2	224
2:00	4	100	4,24	47,13	7,63	18,8	224
2:00	4	80	4,42	50,53	7,63	20,2	224
2:00	4	60	4,57	52,35	7,63	20,3	224
2:00	4	40	4,66	53,06	7,64	20,0	224
2:00	4	20	4,73	53,86	7,67	20,0	224
2:00	4	0	4,93	55,47	7,72	19,4	224
2:00	vv	100	1,43	16,15	7,43	19,6	223
2:00	vv	80	2,01	23,02	7,52	20,3	223
2:00	vv	60	3,36	38,72	7,53	20,6	223
2:00	vv	40	3,36	38,72	7,56	20,6	223
2:00	vv	20	3,38	38,95	7,59	20,6	223
2:00	vv	0	3,49	40,06	7,62	20,4	223
6:00	1	100	1,40	15,85	7,26	19,7	223
6:00	1	80	2,55	28,92	7,5	19,8	223
6:00	1	60	3,36	38,18	7,55	19,9	223
6:00	1	40	3,91	44,43	7,57	19,9	223
6:00	1	20	3,89	44,21	7,61	19,9	223
6:00	1	0	3,99	44,98	7,67	19,5	223
6:00	2	100	0,99	11,12	7,27	19,3	226
6:00	2	80	2,93	33,16	7,42	19,7	226
6:00	2	60	3,75	42,79	7,57	20,1	226
6:00	2	40	3,80	43,36	7,57	20,1	226
6:00	2	20	3,85	43,84	7,62	20,0	226
6:00	2	0	4,03	45,71	7,67	19,8	226
6:00	3	100	4,56	50,79	7,66	18,9	225
6:00	3	80	4,62	52,29	7,64	19,7	225
6:00	3	60	4,72	53,64	7,63	19,9	225
6:00	3	40	4,75	54,09	7,64	20,0	225
6:00	3	20	4,77	54,21	7,67	19,9	225
6:00	3	0	4,82	54,78	7,78	19,9	225
6:00	4	100	4,28	47,48	7,6	18,7	228

čas (hh:mm)	mesocosm. č.	hloubka (cm)	O2 (mg/l)	O2 (%)	pH (°C)	t (uS/cm)	
6:00	4	80	4,36	48,86	7,6	19,2	228
6:00	4	60	4,55	51,09	7,6	19,3	228
6:00	4	40	4,60	51,65	7,6	19,3	228
6:00	4	20	4,71	52,67	7,62	19,1	228
6:00	4	0	5,12	56,34	7,7	18,3	228
6:00	vv	100	0,64	7,20	7,38	19,4	225
6:00	vv	80	2,00	22,59	7,45	19,6	225
6:00	vv	60	2,79	31,52	7,49	19,6	225
6:00	vv	40	2,75	31,07	7,53	19,6	225
6:00	vv	20	2,71	30,61	7,54	19,6	225
6:00	vv	0	2,73	30,84	7,55	19,6	225
10:00	1	100	1,15	12,99	6,95	19,6	215
10:00	1	80	1,68	19,13	7,44	20,0	215
10:00	1	60	3,20	36,51	7,51	20,1	215
10:00	1	40	3,56	40,78	7,57	20,3	215
10:00	1	20	3,63	41,58	7,59	20,3	215
10:00	1	0	3,70	42,21	7,61	20,1	215
10:00	2	100	0,21	2,36	7,24	19,4	215
10:00	2	80	1,51	17,09	7,26	19,7	215
10:00	2	60	2,66	30,23	7,44	19,9	215
10:00	2	40	3,38	38,49	7,53	20,0	215
10:00	2	20	3,48	39,63	7,57	20,0	215
10:00	2	0	3,66	41,59	7,63	19,9	215
10:00	3	100	4,32	48,12	7,63	18,9	215
10:00	3	80	4,35	48,94	7,63	19,4	215
10:00	3	60	4,40	49,90	7,63	19,8	215
10:00	3	40	4,42	50,33	7,63	20,0	215
10:00	3	20	4,43	50,44	7,67	20,0	215
10:00	3	0	4,56	51,82	7,72	19,9	215
10:00	4	100	4,02	45,23	7,72	19,4	215
10:00	4	80	4,05	46,12	7,73	20,0	215
10:00	4	60	4,27	48,91	7,74	20,3	215
10:00	4	40	4,28	49,12	7,76	20,4	215
10:00	4	20	4,31	49,66	7,71	20,6	215
10:00	4	0	4,65	53,16	7,79	20,2	215
10:00	vv	100	3,57	40,25	7,65	19,5	216
10:00	vv	80	5,11	57,96	7,73	19,8	216
10:00	vv	60	2,97	33,89	7,51	20,1	216
10:00	vv	40	3,17	36,46	7,58	20,5	216
10:00	vv	20	3,69	42,52	7,62	20,6	216
10:00	vv	0	3,78	43,47	7,64	20,5	216
14:00	1	100	1,49	17,10	7,36	20,4	230
14:00	1	80	1,81	20,94	7,44	20,8	230
14:00	1	60	2,48	28,97	7,5	21,3	230
14:00	1	40	3,12	37,09	7,55	22,2	230
14:00	1	20	3,37	40,37	7,57	22,6	230
14:00	1	0	3,60	43,04	7,6	22,5	230
14:00	2	100	0,68	7,73	7,34	19,9	230
14:00	2	80	2,31	26,72	7,45	20,8	230
14:00	2	60	2,94	34,21	7,5	21,1	230
14:00	2	40	3,08	36,12	7,53	21,5	230

čas (hh:mm)	mesocosm. č.	hloubka (cm)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	pH (°C)	t (uS/cm)	
14:00	2	20	3,11	36,76	7,55	21,9	230
14:00	2	0	3,28	38,84	7,6	22,0	230
14:00	3	100	4,01	45,30	7,61	19,6	230
14:00	3	80	4,01	46,02	7,6	20,4	230
14:00	3	60	4,02	46,78	7,6	21,1	230
14:00	3	40	4,10	48,08	7,61	21,5	230
14:00	3	20	4,21	49,85	7,65	22,0	230
14:00	3	0	4,25	50,71	7,71	22,4	230
14:00	4	100	3,73	43,57	7,74	21,3	230
14:00	4	80	3,88	46,12	7,78	22,2	230
14:00	4	60	4,08	49,25	7,72	23,0	230
14:00	4	40	4,15	50,95	7,72	23,9	230
14:00	4	20	4,20	52,63	7,75	25,0	230
14:00	4	0	4,53	58,77	7,76	26,9	230
14:00	vv	100	0,90	10,21	7,38	19,8	230
14:00	vv	80	3,20	36,80	7,5	20,5	230
14:00	vv	60	1,94	22,44	7,5	20,8	230
14:00	vv	40	3,11	36,68	7,65	21,8	230
14:00	vv	20	4,45	54,22	7,7	23,5	230
14:00	vv	0	4,62	55,66	7,69	22,9	230

Příloha č. 3: Výsledky experimentu in situ: rybníků Okřínek a Ostrý (9. 5. 2012)

lokality	čas (h:m)	hloubka (cm)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	pH	t (°C)	cond. (uS/cm)
Okřínek	7:30	130	0,96	10,61	7,43	18,5	337
Okřínek	7:30	100	3,67	40,96	7,62	19,0	337
Okřínek	7:30	80	4,00	44,73	7,64	19,1	337
Okřínek	7:30	60	4,15	46,41	7,65	19,1	337
Okřínek	7:30	40	4,20	46,88	7,66	19,0	337
Okřínek	7:30	20	4,30	47,90	7,66	18,9	337
Okřínek	7:30	0	5,07	56,47	7,77	18,9	337
Okřínek	15:15	130	1,84	20,74	6,8	19,5	337
Okřínek	15:15	100	4,30	48,96	6,98	20,0	337
Okřínek	15:15	80	4,34	49,91	6,82	20,5	337
Okřínek	15:15	60	4,20	48,49	6,81	20,7	337
Okřínek	15:15	40	4,49	52,66	6,77	21,5	337
Okřínek	15:15	20	5,80	69,74	6,85	22,8	337
Okřínek	15:15	0	5,87	70,58	6,83	22,8	337
Ostrý	7:15	120	0,07	0,77	7,22	18,0	349
Ostrý	7:15	100	0,09	0,99	7,35	18,2	349
Ostrý	7:15	80	0,14	1,54	7,36	18,3	349
Ostrý	7:15	60	0,32	3,55	7,38	18,7	349
Ostrý	7:15	40	0,47	5,21	7,39	18,7	349
Ostrý	7:15	20	0,65	7,21	7,41	18,7	349
Ostrý	7:15	0	0,86	9,58	7,51	18,9	349
Ostrý	15:30	120	0,06	0,66	7,01	18,5	349

lokality (hh:mm)	čas (cm)	hloubka (mg/l)	O ₂ (%)	O ₂	pH (°C)	t (uS/cm)	cond. (hh:mm)
Ostrý	15:30	100	0,10	1,12	7,34	19,0	349
Ostrý	15:30	80	0,24	2,73	6,76	19,9	349
Ostrý	15:30	60	0,35	4,09	7,01	21,3	349
Ostrý	15:30	40	0,80	9,66	7,02	23,0	349
Ostrý	15:30	20	1,28	15,27	7,04	22,4	349
Ostrý	15:30	0	1,92	23,09	7,38	22,8	349

Příloha 4: Úbytky/produkce rozpuštěného kyslíku v mg.l⁻¹ nasycení v časech jednotlivých měření v průběhu experimentu na lokalitě Dobrá Vůle 19-20.4.2011.

16:30	respirace pelagiálu	TI	0,00
18:30	respirace pelagiálu	TI	0,28
22:30	respirace pelagiálu	TI	0,27
08:30	respirace pelagiálu	TI	0,46
14:30	respirace pelagiálu	TI	1,13
16:30	respirace dna	TN-TI	0,00
18:30	respirace dna	TN-TI	0,25
22:30	respirace dna	TN-TI	0,30
08:30	respirace dna	TN-TI	1,05
14:30	respirace dna	TN-TI	0,80
16:30	celková respirace	TN	0,00
18:30	celková respirace	TN	0,53
22:30	celková respirace	TN	0,57
08:30	celková respirace	TN	1,51
14:30	celková respirace	TN	1,93
16:30	fotosyntéza pelagiálu	SI-TI	0,00
18:30	fotosyntéza pelagiálu	SI-TI	0,06
22:30	fotosyntéza pelagiálu	SI-TI	0,03
08:30	fotosyntéza pelagiálu	SI-TI	-0,17
14:30	fotosyntéza pelagiálu	SI-TI	0,46
16:30	fotosyntéza dna		0,00
18:30	fotosyntéza dna		0,55
22:30	fotosyntéza dna		0,31
08:30	fotosyntéza dna		0,90
14:30	fotosyntéza dna		1,70
16:30	celková fotosyntéza	SN-TN	0,00
18:30	celková fotosyntéza	SN-TN	0,61
22:30	celková fotosyntéza	SN-TN	0,34
08:30	celková fotosyntéza	SN-TN	0,73
14:30	celková fotosyntéza	SN-TN	2,16

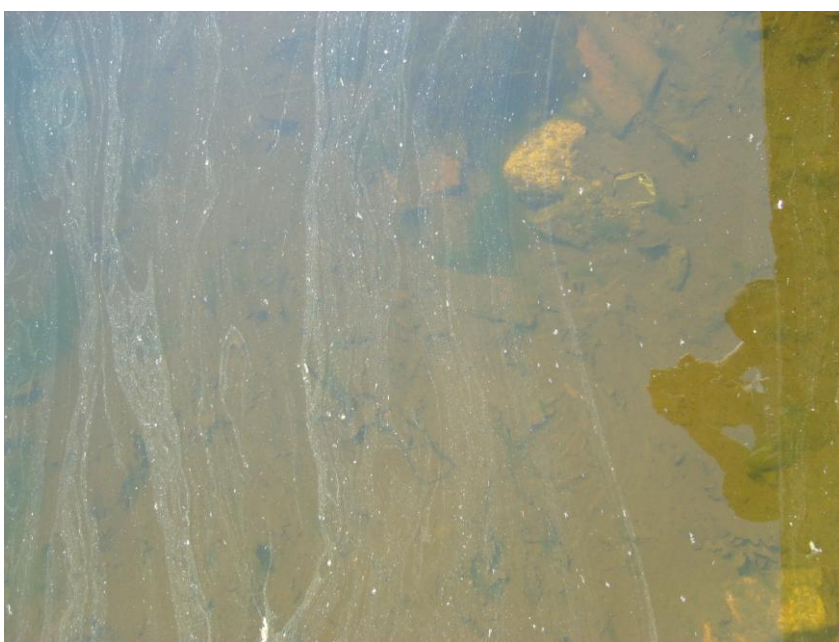
Příloha č. 5: Úbytky/produkce rozpuštěného kyslíku v mg.l^{-1} a v % nasycení v časech jednotlivých měření v průběhu experimentu na lokalitě Lipiči 8.-9.5.2011.

18:00	respirace pelagiálu	TI	0,00	0,00
22:00	respirace pelagiálu	TI	0,08	2,07
02:00	respirace pelagiálu	TI	0,22	4,98
06:00	respirace pelagiálu	TI	0,52	9,26
10:00	respirace pelagiálu	TI	0,81	12,64
14:00	respirace pelagiálu	TI	1,13	14,77
18:00	respirace dna	TN-TI	0,00	0,00
22:00	respirace dna	TN-TI	0,28	2,37
02:00	respirace dna	TN-TI	0,36	2,90
06:00	respirace dna	TN-TI	0,32	2,15
10:00	respirace dna	TN-TI	0,76	7,21
14:00	respirace dna	TN-TI	0,37	3,24
18:00	celková respirace	TN	0,00	0,00
22:00	celková respirace	TN	0,36	4,44
02:00	celková respirace	TN	0,58	7,87
06:00	celková respirace	TN	0,83	11,41
10:00	celková respirace	TN	1,58	19,84
14:00	celková respirace	TN	1,49	18,01
18:00	fotosyntéza pelagiálu	SI-TI	0,00	0,00
22:00	fotosyntéza pelagiálu	SI-TI	0,15	1,44
02:00	fotosyntéza pelagiálu	SI-TI	0,29	2,69
06:00	fotosyntéza pelagiálu	SI-TI	0,60	6,26
10:00	fotosyntéza pelagiálu	SI-TI	0,55	6,98
14:00	fotosyntéza pelagiálu	SI-TI	0,70	10,63
18:00	fotosyntéza dna		0,00	0,00
22:00	fotosyntéza dna		-0,27	-2,63
02:00	fotosyntéza dna		-0,41	-3,80
06:00	fotosyntéza dna		-0,44	-4,19
10:00	fotosyntéza dna		-0,78	-9,45
14:00	fotosyntéza dna		-0,66	-10,31
18:00	celková fotosyntéza	SN-TN	0,00	0,00
22:00	celková fotosyntéza	SN-TN	-0,13	-1,19
02:00	celková fotosyntéza	SN-TN	-0,13	-1,11
06:00	celková fotosyntéza	SN-TN	0,16	2,07
10:00	celková fotosyntéza	SN-TN	-0,22	-2,47
14:00	celková fotosyntéza	SN-TN	0,03	0,32

Příloha č. 6: Fotodokumentace



Obrázek 24 Rybník Dobrá Vůle



Obrázek 25 Rybník Dobrá Vůle: pohled do vody



Obrázek 26 Rybník Lipičí



Obrázek 27 Rybník Lipičí: Pohled do vody



Obrázek 28 Rybník Lipičí: pokusné válce upevněné v rybníce



Obrázek 24 Rybník Lipičí: měřicí přístroj HACH-Lange HQ40D



Obrázek 30 Rybník Okřínek



Obrázek 31 Rybník Okřínek: pohled do vody



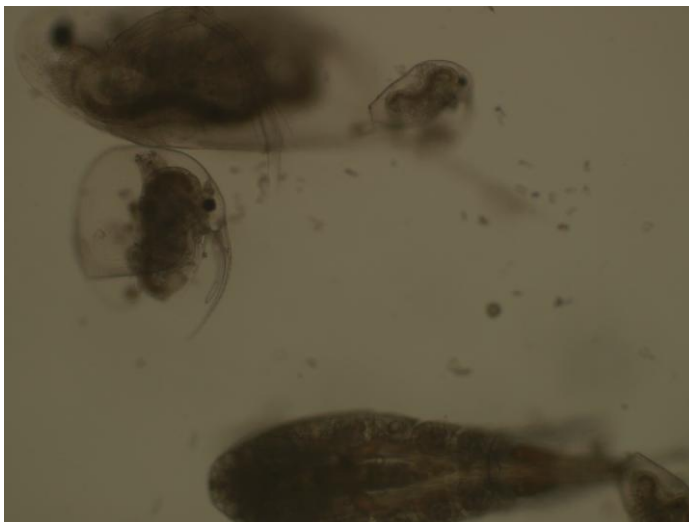
Obrázek 32 Rybník Ostrý



Obrázek 33 Rybník Ostrý: pohled do vody



Obrázek 34 Experiment in vitro



Obrázek 35 Složení zooplanktonu z Dobré Vůle: *Bosmina coregoni*, *B. longirostris*, *Daphnia galeata*, samička buchanky



Obrázek 36 Složení zooplanktonu z Dobré Vůle: *Daphnia galeata*



Obrázek 37 Složení zooplanktonu z Lipičí: *Daphnia magna*



Obrázek 38 Složení zooplanktonu z Lipičí: *Daphnia pulex*



Obrázek 39 Složení zooplanktonu Okříinku: Vznášivka s vajíčky, Keratella quadrata, Chidorus sphaericus



Obrázek 40 Zooplankton rybníku Ostrý: detail postabdomenu *D. magna*