

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra zdravotního a ekologického inženýrství



**Hodnocení kvality vody nádrží
v povodí Botiče**

Diplomová práce

Praha 2016

Vedoucí práce:

doc. Mgr. Jana Nábělková, Ph.D.

Vypracovala:

Bc. Alena Šeinerová



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Bc. Šeinerová	Jméno: Alena	Osobní číslo: 380601
Zadávací katedra: K144 - Katedra zdravotního a ekologického inženýrství		
Studijní program: Stavební inženýrství		
Studijní obor: Inženýrství životního prostředí		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Hodnocení kvality vody nádrží v povodí Botiče

Název diplomové práce anglicky: The assessment of water quality of reservoirs in the Botic catchment

Pokyny pro vypracování:
V diplomové práci bude zhodnocena kvalita vody v pěti nádržích v povodí Botiče na základě odběru vzorků planktonních organismů a vzorků vody pro chemický rozbor v různých obdobích roku. Případné zjištěné rozdíly mezi jednotlivými nádržemi budou interpretovány s ohledem na potenciální zdroje zatížení a režim rybářského hospodaření.

Seznam doporučené literatury:
1) Adámek, Z., Halešic, J., Maršálek, B. a Rulík, M. (2008). Aplikovaná hydrobiologie. VÚRH JU Vodňany.
2) Hartman, P., Štědranský, E., & Příkryl, I. (1998). Hydrobiologie. Informatorium. Praha.
3) Baxa, M. (2008). Vliv rybářského hospodaření na strukturu a dynamiku potravních organismů a na kvalitu vodního prostředí v rybnících. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích- Zemědělská fakulta. České Budějovice.
4) Faina, R. a Kubů, F. (1989). Chov ryb ve stabilizačních a akumulacích rybnících. VÚRH JU Vodňany.
5) Příbyl, I., Faina, R. a Dušek, M. (2010). Obnova rybníčních ekosystémů v České republice a jejich správný management. [online], [cit. 2010-01-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.enki.cz/download.php?id=106>>.

Jméno vedoucího diplomové práce: doc. Mgr. Jana Nábělková, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 22. února 2016 Termín odevzdání diplomové práce: 22. května 2016

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Hodnocení kvality vody nádrží v povodí Botiče vypracovala samostatně, s použitím dostupných informací z uvedených zdrojů a za odborného vedení doc. Mgr. Jany Nábělkové, Ph.D. Nemám námitek proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), pokud bude toto dílo řádně citováno.

V Hranicích dne

.....

Alena Šeinerová

Diplomová práce vznikla v rámci projektu TAČR – Centra kompetence – Smart regions, č. TE02000077.

Poděkování

Děkuji vedoucí své diplomové práce doc. Mgr. Janě Nábělkové, Ph.D. za metodické vedení a poskytnutí odborných informací při konzultacích této práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Kristýně Soukupové za pomoc při odběrech a zpracovávání dat a celému odběrovému týmu za cenné rady a postřehy v terénu. V neposlední řadě děkuji své sestře za podporu a neuvěřitelnou trpělivost.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá kvalitou vody ve vodních nádržích z biologického i chemického hlediska. Poukazuje na specifika stojatých vod, schopnost samoregulace znečištění a propojení celého ekosystému. Pro praktickou část bylo vybráno pět nádrží v povodí Botiče, na nichž byly odebrány planktonní organismy a vzorky vody pro chemický rozbor v různých ročních obdobích. Vzorky byly vyhodnoceny v rámci jednotlivých nádrží i navzájem mezi sebou. Zjištěné rozdíly byly interpretovány s ohledem na potenciální zdroje znečištění a režim rybářského hospodaření.

Klíčová slova: kvalita vody, trofie, eutrofizace, zooplankton, vodní nádrž, stojaté vody

Abstract

This diploma thesis solves the issue of water quality in water reservoirs from the point of view of biology and chemistry. It is concentrated on specifications of stagnant water, ability of self-purification and interconnections of whole ecosystem. In the practical part, there were five reservoirs in the Botič catchment that were chosen for taking the samples. The planktonic organisms and samples of water for chemical analyses were taken in different seasons. The samples were analyzed and compared with samples from the same reservoir and also from the different one. Realized differences were interpreted in consideration of potency source of pollution and of fish management.

Keywords: water quality, trophication, eutrophication, zooplankton, water reservoir, standing water

Obsah

1	ÚVOD.....	8
2	TEORETICKÁ ČÁST.....	10
2.1	VODA.....	10
2.2	STOJATÉ POVRCHOVÉ VODY.....	11
2.2.1	Malá vodní nádrž.....	11
2.2.2	Rybníky.....	12
2.2.3	Čistící procesy ve stojatých vodách.....	12
2.3	FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ VLASTNOSTI VODY.....	14
2.3.1	Teplota.....	14
2.3.2	Konduktivita.....	16
2.3.3	Kyslík.....	16
2.3.4	Oxid uhličitý.....	17
2.3.5	pH.....	17
2.3.6	Dusík.....	18
2.3.7	Fosfor.....	18
2.3.8	Průhlednost vody.....	19
2.3.9	Barva vody.....	19
2.4	BIOCENÓZA STOJATÝCH VOD.....	20
2.4.1	Potravní řetězce.....	20
2.4.2	Plankton.....	21
2.4.3	Sezónní dynamika.....	25
2.5	TROFIE.....	26
2.5.1	Biologická produktivita vod.....	26
2.5.2	Proces eutrofizace stojatých vod.....	26
3	CÍLE PRÁCE.....	28
4	PRAKTICKÁ ČÁST.....	29
4.1	POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ.....	29
4.1.1	Řešené nádrže.....	29
4.2	METODIKA HODNOCENÍ.....	35
4.2.1	Fyzikálně-chemický rozbor.....	36
4.2.2	Stanovení chlorofylu.....	36
4.2.3	Odběr zooplanktonu.....	38
4.2.4	Způsob vyhodnocování.....	38
4.3	VÝSLEDKY A DISKUZE.....	39
4.3.1	Jednotlivé odběry.....	39
4.3.2	Diskuze.....	50

4.3.3	Porovnání nádrží.....	65
5	ZÁVĚR.....	67
6	ZDROJE	68
7	SEZNAM PŘÍLOH	73

1 ÚVOD

Česká krajina je neodmyslitelně spjata s množstvím vodních nádrží, pro které se ujalo lidové označení rybníky. Pravděpodobně jen rybáři budou mít správnou představu o pojmu rybník jakožto nádrži, kde se chovají ryby. Ostatní se přenesou k návesnímu rybníčku a zavzpomínají na prázdniny u babičky, jiní si ten pojem spojí s krásnou tůňkou v lese nebo naopak s koupací nádrží v přeplněném kempu a milovníci zimních sportů si představí zamrzlou hladinu, po které se prohání na bruslích. Každá nádrž je však místem života mnohých organismů, které ani nevnímáme, ale pomáhají nám vodní nádrže udržovat krásně čisté, abychom s nimi mohli mít spojené jen hezké zážitky.

Každé léto slyšíme o zákazu koupání na vodních nádržích a o přemnožených sinicích. Kde se ty sinice v nádrži berou? Zničehonic se objeví, zrovna když se chceme v horku zchladit? Jak vlastně funguje vodní ekosystém? Tato problematika je velice široká, složitá, ale zajímavá. Ve své práci jsem postupně pronikala do problematiky fyzikálně-chemických i biologických procesů v prostředí stojatých vod. Propojenost všech faktorů je fascinující.

K vytvoření si představy o kvalitě našich vod jsem si vybrala pět nádrží na Botiči. Už při prvním průzkumu v terénu bylo jasné, že ač jsou všechny propojené jedním tokem, každá je osobitá. První nádrž je spíš malebnou tůň uprostřed houštin, druhá se rozprostírá na kraji lesa, u cesty spojující dvě obce. Třetí se nachází jen kousek od hlavní silnice, díky husté okolní vegetaci si toho však ani nevšimnete. V její blízkosti prochází cyklostezka, která vás zavede k nádrži čtvrté, která je zasazena do příjemného prostředí lesoparku. Poslední nádrž je velkým vodním dílem, ke kterému se stahují mnozí Pražané kvůli vodním radovánkám, ale díky hezky upravenému přírodnímu okolí láká i k procházce, běhu, či jízdě na kole.

Při odběrech jsme s týmem zjišťovali údaje o barvě a průhlednosti vody, měřili jsme pH vody, vodivost a nasycení rozpuštěným kyslíkem. Všimli jsme si také proměn nádrží při jednotlivých odběrech, které byly uskutečněny v různých částech roku. V laboratoři jsme stanovovali zastoupení některých chemických ukazatelů. Výzkum jsme však zaměřili i na biologický stav nádrží, odebrané vzorky zooplanktonu jsme zkoumali

a určovali pod mikroskopem. Zpočátku se zdálo být nemožné, aby se mé nezasvěcené oko naučilo rozpoznávat jednotlivé druhy, ale záhy jsem si tuto činnost osvojila a oblíbila.

Na následujících stránkách vás seznámím s dosavadními výsledky výzkumu a pokusím se vás zasvětit do dané problematiky podrobněji.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Voda

Voda je nezbytnou podmínkou života na Zemi. Liší se od jiných látek svými mimořádnými vlastnostmi, v současné době je známo 66 anomálií vody. Jednou z nejvýznamnějších je vztah mezi měrnou hmotností vody a její teplotou, kdy nejvyšší hodnoty měrné hmotnosti je dosahováno při teplotě přibližně 4 °C. Při klesající i zvyšující se teplotě se měrná hmotnost vody snižuje.

Základní klasifikace vody je na vodu povrchovou a podpovrchovou. Pojem povrchová voda označuje sladkou vodu, která se vyskytuje na zemském povrchu. Dělíme ji na vodu stojatou, která zaujímá 98 % sladkovodních povrchových zásob, a vodu tekoucí. V hydrologickém cyklu navazuje voda povrchová na vodu podzemní. Ta místy vyvěrá na zemský povrch jako prameny potoků a řek nebo prosakuje do koryt, která jsou hlouběji než podzemní voda.

Doba zdržení povrchové vody se liší, u řek se pohybuje v rozmezí 2 – 6 měsíců, u jezer až 100 let. V porovnání s vodou podzemní, která má často dobu zdržení tisíce až desetitisíce let, se jedná o poměrně krátkou dobu.

Povrchovou vodu řadíme mezi obnovitelné zdroje právě díky její poměrně krátké době zdržení a hlavně díky schopnosti samočištění. Jedná se o přirozený proces zbavování se přírodního i antropogenního znečištění díky součinnosti fyzikálních, chemických a biologických pochodů, např. zředování, odplavování, usazování a rozkládání. Člověk však svou nešetrnou činností narušuje kvalitu vody, tedy i její čistotu, a povrchová voda patří k nejohroženějším ze všech zásobníků v koloběhu vody. Proces samočištění se stává nedostačující a musíme přírodě pomáhat čistírnami odpadních vod.

(Komínková et al., 2014)

2.2 Stojaté povrchové vody

Stojaté vody se dělí podle svých biologických a fyzikálně-chemických vlastností, a také se přihlíží k jejich stálosti z hlediska životních podmínek, které poskytují. Vody eustatické (se stálými životními podmínkami) jsou především jezera. Mezi vody astatické (nestálé) řadíme rašeliniště, bažiny, tůňky, ale hlavně uměle vytvořené nádrže a rybníky.

2.2.1 Malá vodní nádrž

Malé vodní nádrže neodmyslitelně patří do české kulturní krajiny, mají velký význam pro tvorbu a ochranu životního prostředí (Šálek, 1996). Jedná se o prostor uměle vytvořený výstavbou hráze, který je určen k dlouhodobějšímu zadržení vody. Malá vodní nádrž je definována normou ČSN 75 2410 jako nádrž s akumulacním objemem menším než 2 mil. m³ a zároveň maximální hloubkou 9 m.

Malé vodní nádrže lze dělit z různých hledisek, nejčastěji se však užívá rozdělení dle funkce nádrže (Šálek, 1996):

- *Zásobní (akumulační) nádrže* – v době nadbytku vody vytvářejí ve svém zásobním prostoru její zásobu, kterou je možno využít v období nedostatku. Takové nádrže jsou určeny např. k vodárenským účelům, k zásobování průmyslových závodů, na závlahy zemědělských plodin apod.
- *Ochranné (retenční) nádrže* – napomáhají k ochraně území při povodních, zachycují povodňový odtok ve svém retenčním prostoru a transformují povodňovou vlnu. Mohou být suché, jejich dno je mimo povodňový stav využíváno k zemědělským či lesnickým účelům, nebo polosuché s trvalým částečným nadržáním vody, které plní ekologickou funkci malé vodní plochy.
- *Hospodářské nádrže* – jsou určeny k plnění konkrétní hospodářské funkce. Řadí se sem protipožární nádrže, které vytvářejí zásobu vody nezbytnou pro likvidaci požáru, dále nádrže určené pro chov vodní drůbeže, pěstování vodních rostlin, napájení a plavení hospodářských zvířat atd.
- *Nádrže upravující vlastnosti vody* – jsou určeny ke změně fyzikálních, chemických a biologických vlastností vody. Využívají k tomu především přírodní

způsoby úpravy a čištění vody, které probíhají ve vodním prostředí. Mohou vody ochlazovat nebo naopak přehřívát, zachycovat splaveniny pomocí sedimentace nebo odstraňovat znečištění z povrchových a odpadních vod aerobními či anaerobními procesy.

- *Asanační nádrže* – slouží k zachycení a uskladnění látek poškozujících životní prostředí. Patří sem například odkaliště, laguny a vyhnívací nádrže.
- *Krajinotvorné a urbanistické nádrže* – jejich funkce je především estetická, zlepšují mikroklima v sídlištích a parcích, zkrášlují krajinu.
- *Rekreační nádrže* – slouží k provozování vodních sportů, mají upravený přístup do vody a jejich okolí je přizpůsobeno specifickému účelu využití.
- *Rybochovné nádrže (rybníky)* – jsou určeny především k chovu ryb.

2.2.2 Rybníky

Rybníky jsou nejčastějším typem stojatých vod v České republice a zároveň jsou evropsky unikátním typem biotopů. Zákon č. 99/2004 Sb., *o rybníkářství, výkonu rybářského práva, rybářské strážní, ochraně mořských rybolovných zdrojů a o změně některých zákonů* definuje rybník jako vodní dílo, které je vodní nádrží určenou především k chovu ryb, lze v něm regulovat vodní hladinu, včetně možnosti jeho vypouštění a slovení. Technické vybavení rybníka, jeho uspořádání a způsob provozu odpovídají potřebám rybářského hospodaření. Zákon č. 114/1992 Sb., *o ochraně přírody a krajiny* zařazuje rybníky mezi ekologicky, geomorfologicky a esteticky hodnotné části krajiny, které nezřídka utvářejí její typický vzhled a přispívají k udržení její stability, tzv. významné krajinné prvky. Legislativně jsou chráněny před poškozováním, je třeba je využívat tak, aby nedocházelo k narušení nebo zničení jejich stabilizační funkce, k zásahům do jejich režimu je potřeba stanovisko příslušného orgánu ochrany přírody (Kender, 2000).

2.2.3 Čistící procesy ve stojatých vodách

Jakost vody v nádržích bývá narušována různými bodovými či plošnými zdroji znečištění. Jedná se především o splachy z povodí způsobené vodní erozí, vypouštění

komunálních odpadních vod, ale také o hnojení či dokrmování ryb za účelem zvýšení výnosu, kde ale všechny živiny nejsou spotřebovány a zůstávají jako zátěž v rybníku. Nádrž si díky svým přirozeným procesům umí částečně se znečištěním poradit sama.

Příznivý vliv na zvyšování kvality povrchových vod je jednou z dominantních funkcí účelně řízených malých vodních nádrží. Při průtoku vody rybníkem dochází v důsledku přirozeného biologického čištění ke snížení obsahu fosforečanů o 60-95 %, dusičnanů o 25-50 %, amoniaku o 20-40 % a nerozpuštěných látek o 90-98 % (Štěpánek, 1983 in Šálek, 1996).

Základním procesem je sedimentace usaditelných látek. Při dostatečně dlouhé době zdržení dochází k usazení většiny takovýchto látek, záleží samozřejmě na rozsahu znečištění. Fyzikální vlastnosti vody, uspořádání nádrže a rychlost proudění vody v nádrži ovlivňují průběh sedimentace. Narušovat ji může například vítr či turbulentní proudy. (Šálek, 1996)

Důležitou podmínkou odbourávání nečistot je dostatečné množství rozpuštěného kyslíku ve vodě, který umožňuje činnost aerobních mikroorganismů, jež mineralizují organické látky ve znečištěné vodě. Okysličování vody je podporováno asimilací vodních rostlin a čeráním vody, přirozeně či uměle.

Nejvýznamnější roli při samočištění vod mají bakterie a mnozí živočichové, např. zástupci zooplanktonu – vířníci, perloočky a klanonožci. Jejich množství se po ukončení samočisticích procesů ve vodě sníží v důsledku poklesu živin. (Hartman et al., 1998)

2.3 Fyzikální a chemické vlastnosti vody

2.3.1 Teplota

Jedním z nejvýznamnějších fyzikálních činitelů ovlivňujících životní děje ve vodním prostředí je teplota vody. Hlavním zdrojem tepla v nádržích je sluneční záření, které je po dopadu na hladinu absorbováno a přeměněno na teplo. Malé množství tepla se získává také předáváním z ovzduší, ze dna nádrže či přítokem. K ochlazování vody dochází vypařováním, vyzařováním tepla a odtokem z nádrže. Hlavními činiteli majícími vliv na teplotní poměry v nádrži jsou charakter proudění vody, doba zdržení vody, poloha, nadmořská výška, klimatické poměry dané lokality, vegetace, průhlednost, barva apod. (Šálek, 1996)

2.3.1.1 Tepelné vlastnosti vody

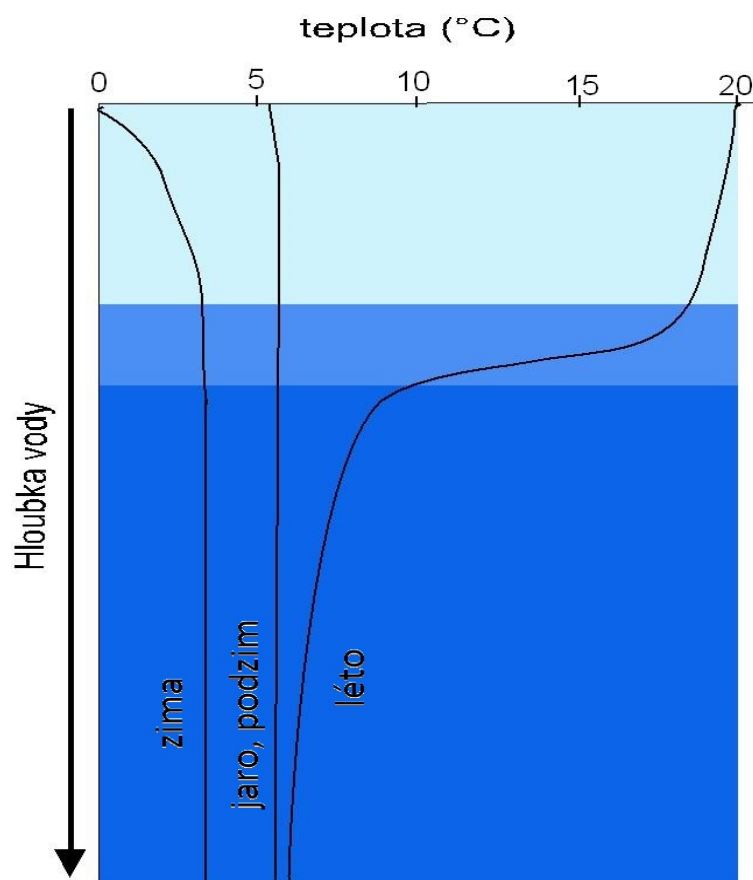
Voda v kapalném skupenství má velkou měrnou tepelnou kapacitu. K ohřátí 1 g vody o 1 °C je potřeba dodat množství tepla o hodnotě asi 4 J, což je 4x více než při ohřívání stejného množství vzduchu. Z toho vyplývá, že se voda na jaře v přírodě ohřívá nejpomaleji, ale také nejpomaleji chladne na podzim. Tím lze také vysvětlit nízkou teplotní rozkolísanost povrchových vod během roku, ale i během dne a noci, na rozdíl od velké teplotní rozkolísanosti vzduchu. (Hartman et al., 1998)

Voda má také vysoká skupenská tepla tuhnutí a varu. Pro přeměnu 1 kg kapalné vody na led se uvolní 334 kJ, stejné množství energie je potřeba dodat při tání ledu. Pro přeměnu 1 kg vody v páru je potřeba dodat 2255 kJ a stejné množství tepelné energie se opět uvolní při kondenzaci. Tyto specifické tepelné vlastnosti vody dodávají vodním biotopům vysokou tepelnou stabilitu a účinně tlumí vlivy kolísání teploty okolní atmosféry. (Lellák a Kubíček, 1992)

2.3.1.2 Hlubková zonace

Teplota vody má velký vliv na vertikální pohyb vody v nádrži. Voda díky své anomálii, že dosahuje největší měrné hmotnosti při 4 °C, pomáhá během roku promíchávat vodní sloupec a distribuovat tak potřebné látky. Rozeznáváme čtyři charakteristická teplotní období (Obr. 1) (Hartman et al., 1998):

- *Období letní stagnace (termální stratifikace)* – slunce prohřívá horní vrstvu stojatých vod, do hlubších vrstev proniká jen malé množství tepelných paprsků. Tyto vrstvy se zahřívají vedením tepla, které probíhá mnohem pomaleji než zahřívání přímým zářením. Voda má tedy v různých hloubkách různou teplotu, je znatelná výrazná vertikální teplotní zonace. Toto období trvá v našich podmínkách přibližně 6 měsíců s vrcholem v červenci a srpnu. Povrchová vrstva je intenzivně prohřívána, teplota u hladiny je jen o několik stupňů nižší než teplota vzduchu. Směrem ke dnu teplota klesá, u dostatečně hlubokých nádrží až k teplotě 4 °C. Mezi teplou vrstvou u hladiny a chladnou vrstvou u dna je vytvořena tzv. skočná vrstva, kde dochází k poklesu teploty minimálně o 1 °C/m.
- *Období podzimní cirkulace* – vodní vrstva při hladině se koncem léta začne v noci ochlazovat a tím zvětší svou měrnou hmotnost. Začne tedy klesat až k vrstvě se stejnou teplotou, respektive měrnou hmotností. Postupně se voda promíchá na stejnou teplotu 4 °C.
- *Období zimní stagnace (obrácená termální stratifikace)* – nejtěžší a nejteplejší voda (4 °C) se ukládá ke dnu, směrem k hladině teplota klesá až na 0°C a dále pokračuje ledovou pokrývkou.
- *Období jarní cirkulace* – s postupujícím jarem se voda na hladině otepluje až na 4 °C a klesá do hloubky, odkud vytlačuje vodu o nižších teplotách. Ta vystupuje na hladinu, ohřívá se a znovu klesá. Tak vznikají svislé proudy, kterými se voda promíchává.



Obr. 1: Teplotní stratifikace vodních nádrží (Upraveno dle Nábělkové a Nekovářové, 2010)

2.3.2 Konduktivita

Konduktivita neboli vodivost vyjadřuje míru koncentrace ionizovatelných anorganických a organických součástí vody. Konduktivita závisí na koncentraci iontů, jejich nábojovém čísle, pohyblivosti a teplotě. Obvykle je měřena při 25 °C nebo se na tuto teplotu přepočítává. (Pitter, 2015)

Konduktivita je jedním ze základních fyzikálně-chemických parametrů běžně stanovovaných při hodnocení kvality vod. Jednotkou je $\mu\text{S}/\text{cm}$ a u povrchových vod se hodnoty běžně pohybují v rozmezí 50 – 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (Nábělková a Nekovářová, 2010)

2.3.3 Kyslík

Obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě je velmi důležitým indikátorem celkové čistoty vody, protože na něm závisí život vodních organismů. Kyslík se do vody dostává

přestupem z atmosféry na hladinu, fotosyntézou vodních rostlin a u stojatých vod je nezanedbatelné množství rozpuštěného kyslíku přiváděno do nádrže také přítokem.

Produkce kyslíku fotosyntetickými procesy závisí na druhu a množství rostlin (makrovegetace i fytoplanktonu), na délce a intenzitě efektivního osvětlení a na dostatku vhodných živin. Kyslík je spotřebováván dýcháním (respirací) živočichů i rostlin a rozkladem organické hmoty. (Ambrožová, 2001)

Obsah kyslíku ve vodě je nepřímo úměrný teplotě vody, se stoupající teplotou klesá absolutní obsah rozpuštěného kyslíku. Velmi důležitými faktory pro rozpouštění kyslíku ve vodě jsou atmosférický tlak, nadmořská výška a počasí. Rovnovážný stav nasycení vody kyslíkem (100 %) je dán množstvím rozpuštěného kyslíku při dané teplotě a tlaku. Dojde-li k poklesu, nastává deficitní stav, který může být nebezpečný pro vývoj některých vodních organismů. (Hartman et al., 1998)

2.3.4 Oxid uhličitý

Koncentrace oxidu uhličitého (CO_2) ve vodě je stejně důležitá jako obsah kyslíku. Oxid uhličitý je uvolňován dýcháním a rozkladem vodních organismů. Anorganická forma uhlíku je využívána asimilujícími organismy při fotosyntéze. Při intenzivní fotosyntéze může docházet k úplnému vyčerpání CO_2 z vodního prostředí. (Ambrožová, 2001)

2.3.5 pH

Dalším fyzikálním faktorem ovlivňujícím život ve vodním prostředí je reakce vody pH, neboli záporně vzatý dekadický logaritmus koncentrace vodíkových iontů. Nejpriznivější podmínky pro většinu organismů nastávají v neutrální oblasti pH, tedy v rozsahu přibližně pH 6,5 – 8,3. Hodnota pH má úzký vztah s probíhající fotosyntézou. Při intenzivní fotosyntetické asimilaci dochází k odčerpání volného CO_2 z vody a tím se hodnota pH posouvá do alkalické oblasti, v extrémních případech až na pH 10 – 11. Tím se narušuje rovnováha mezi oxidem uhličitým a hydrogenuhličitany, které se začnou přeměňovat na uhličitán vápenatý, který je velmi málo rozpustný. Může se vysrážet ve formě povlaků na ponořené makrovegetaci nebo z něj činností fytoplanktonu vznikají drobné krystalky, které sedimentují na dně. (Ambrožová, 2001)

2.3.6 Dusík

Sloučeniny dusíku ve vodě mohou mít negativní vliv na chov ryb. Jedná se o dusík ve formě iontů dusičnanových (NO_3^-), dusitanových (NO_2^-) a hlavně amonných (NH_4^+). Amoniakální dusík je důležitým ukazatelem znečištění vody. Může se do nádrže dostávat splachem dusíkatých hnojiv ze zemědělských ploch, splaškovými vodami apod. a vzniká také při rozkladu organických látek ve vodě. (Šálek, 1996)

Amoniakální dusík se ve vodě vyskytuje ve formě amonného kationtu (NH_4^+) a v nedisociované formě jako molekula NH_3 , která má toxický účinek na ryby, protože snáze proniká buněčnými membránami. Poměrné zastoupení jednotlivých forem se mění v závislosti na teplotě a především na pH. Např. při pH 7,2 je obsah toxického NH_3 0,86 %, při pH 8,2 je to již 8,01 %. (Pitter, 2015)

V souvislosti s denními změnami pH v nádrži, kdy nejnižších hodnot je dosahováno před rozedněním a nejvyšších v pozdním odpoledni, je i koncentrace nedisociovaného amoniaku nejnižší v brzkých ranních hodinách a nejvyšší před západem slunce (Wurts, 2003).

2.3.7 Fosfor

Fosfor je důležitým biogenním prvkem limitujícím biologickou produktivitu povrchových vod. Je nezbytný pro stavbu těl živočichů. Ve vodě je přítomen ve formě fosforečnanů, které jsou při fotosyntéze využívány řasami a bakteriemi, jimiž se dostávají do biomasy. (Hartman et al., 1998)

Antropogenním zdrojem anorganického fosforu mohou být některé prací, čisticí, odmašťovací a mycí prostředky. Vyhláškou č. 78/2006 Sb. bylo omezeno používání sloučenin fosforu v pracích prostředcích pro praní textilu. Týkalo se to však pouze prostředků prodávaných fyzickým osobám, výjimku dostaly prostředky používané pro praní v průmyslu a institucích, které je prováděno školenými pracovníky, protože v současné době neexistuje náhrada fosfátových pracích prostředků v průmyslu (Ekolist.cz). Tato vyhláška nijak neomezovala používání sloučenin fosforu v prostředcích na mytí nádobí. Toto omezení přišlo až s nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 259/2012. Dalšími zdroji fosforu jsou anorganická fosforečná hnojiva, fosfor obsažený v živočišných odpadech a fosfor vylučovaný močí, který přechází do splaškových

odpadních vod. Organický fosfor je výsledkem rozkladu fytoplanktonu a zooplanktonu usazujícího se na dně nádrží. (Pitter, 2015)

2.3.8 Průhlednost vody

Průhlednost vody ovlivňuje množství světla pronikajícího vodním sloupcem do nádrže. Zákal snižující průhlednost vody je způsoben částicemi rozptýlenými ve vodním sloupci. Často se jedná o zvýšený rozvoj planktonních organismů, tedy vegetační zákal, který může být zdrojem potravy jiných organismů. Zákal se může měnit i v krátkých intervalech vlivem přívalů deště a splachy z okolí, zvířenými kaly apod. V tomto případě se jedná spíše o zákal způsobený anorganickými částicemi a ten má na biologický režim, produkční procesy a složení biocenóz vodních ekosystémů zcela odlišný dopad než zákal vegetační. (Lellák a Kubíček, 1992)

Zakalená voda má za následek to, že se sluneční záření pohlcuje už v horní vrstvě vody, která se začne rychle prohřívat. Teplá a prosvětlená horní vrstva je vhodná k produkci (fytoplankton, kyslík, organické látky, spotřeba živin), zatímco u dna v temné zóně dochází k rozkladu organických látek, spotřebě kyslíku a uvolňování živin. (Duras et al., 2015)

K určení průhlednosti vody se používá Secchiho deska, což je kovová čtvercová deska o hraně 20 cm, která je rozdělena na čtyři kvadranty střídavě natřené bílou a černou barvou. Deska je upevněna na laně s vyznačeným měřítkem, na kterém se odečítá hloubka, při které již nelze od sebe rozeznat bílá a černá pole desky. (Ambrožová, 2001)

2.3.9 Barva vody

Barva vody je optický parametr vodního biotopu ovlivněný obsahem rozpuštěných látek ve vodách. Skutečná barva souvisí s propustností světla a značně se liší u různých typů vod. Většinou je však překryta druhotným zbarvením různého původu, lze tedy určit jen zdánlivou barvu vody. Barva hladiny je ovlivněna odrazem barev z okolí (obloha, okolní vegetace, půda) a zbarvením dna. Původní barva vody bývá také překryta barvou planktonních organismů a suspendovaných organických látek. (Lellák a Kubíček, 1992)

K určení zdánlivé barvy vody se využívá Secchiho deska, která se ponoří do hloubky odpovídající polovině průhlednosti. Barva se určí pohledem na bílou část desky.

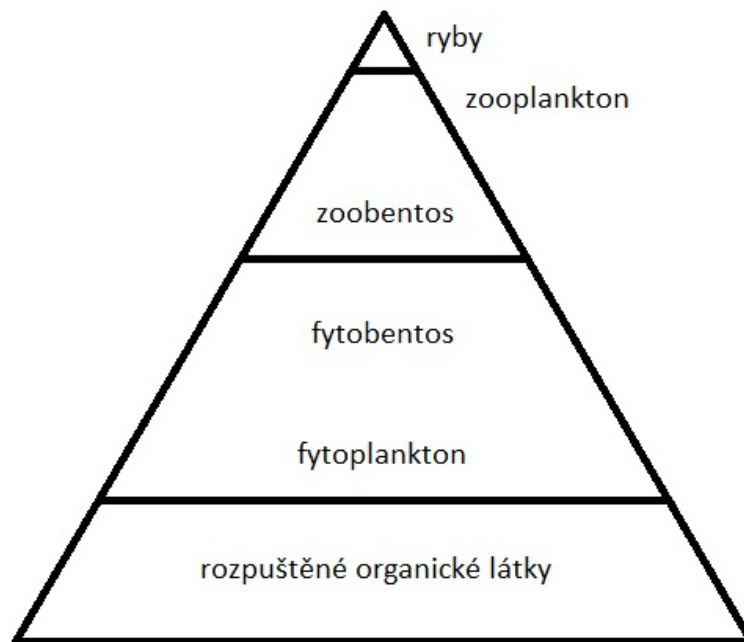
2.4 Biocenóza stojatých vod

Biocenóza neboli společenstvo stojatých vod je vertikálně rozdělena na pelagiál (prostor volné vody) a bentál (dno). Pelagiál je obýván planktonem (dělí se na fytoplankton a zooplankton, pojednáno níže) a nektonem (volně a aktivně se pohybující vyšší živočichové, ryby a obojživelníci), bentál je obýván bentosem, do kterého patří mikroorganismy, rostliny zakořeněné na dně nebo připevněné k nejrůznějším podkladům a živočichové žijící na dně, ve vrstvě sedimentů i na jiném pevném podkladu. (Ambrožová, 2001, Hartman et al., 1998)

2.4.1 Potravní řetězce

Populace (soubor všech jedinců téhož druhu vyskytujících se v určitém prostoru) je v ekosystému propojena různými vztahy s okolím. Nejvýznamnější jsou vztahy potravní, které se projevují vytvářením potravních řetězců, v nichž dochází k přenosu látek a energie. V řetězci je obvykle čtyři až pět článků, např. 1. stupeň – rostliny, 2. stupeň – býložravci, 3. stupeň – živočichové požírající býložravce, 4. stupeň – živočichové požírající masožravce. (Hartman et al., 1998)

Potravní pyramida (Obr. 2) zobrazuje posloupnost jednotlivých skupin. V základně pyramidy jsou rozpuštěné organické látky, které jsou nezbytnou potravou pro fytoplankton a fytobentos, ten je zdrojem potravy pro zoobentos a zooplankton, a na vrcholu pyramidy stojí ryby, kde by mohly figurovat prvně planktonofágní druhy (živící se planktonem) a až nad nimi dravé druhy ryb. Zároveň ve směru odspoda nahoru klesá hustota výskytu jednotlivých složek, ale zvětšuje se velikost jedinců.



Obr. 2: Potravní pyramida vodních ekosystémů (Hartman et al., 1998)

Existují dva rozdílné názory na způsob regulace jednotlivých potravních článků v nádrži. Jeden předpokládá, že je potravní řetězec závislý na svém zdroji odspodu, např. fytoplankton je závislý na živinách a světle, zooplankton je závislý na fytoplanktonu. Druhý názor je postaven na opačném principu – omezení odshora. Zooplankton je regulován rybami, fytoplankton zooplanktonem atd. (Jeppesen, 1998)

Na základě studií o pevninském životním prostředí stanovil Persson et al. (1988, in Jeppesen, 1998) hypotézu, že oba způsoby regulace mohou být uplatňovány, ale záleží na počtu článků v potravním řetězci. Pokud je počet sudý (2, 4), systém je ovládán predátory a uplatňuje se tedy systém odshora, při lichém počtu článků se uplatňuje závislost na zdrojích a systém je řízen odspodu.

2.4.2 Plankton

Plankton je soubor drobných organismů rostlinného (fytoplankton) a živočišného (zooplankton) původu, které se vznášejí nebo omezeně plavou ve vodním prostředí. Planktonní druhy mají různou velikost, od velmi drobných organismů mikroskopických rozměrů až po druhy viditelné lidským okem. Mezi druhy větší než 200 μm a tedy zachytitelné planktonní sítí – tzv. síťový plankton – patří především korýši a vířníci.

Pro planktonní organismy je typická vertikální migrace. Migrace fytoplanktonu je řízena světelnou intenzitou (fotoperiodický jev), některé řasy chrání svůj fotosyntetický aparát před zvýšenou světelnou aktivitou, a proto se nevyskytují v příhadinové vrstvě, ale obývají spodnější vrstvy pod hladinou. S výskytem fytoplanktonu souvisí i migrace zooplanktonu, která je řízena dostupností potravy. (Ambrožová, 2001)

Mnohé planktonní organismy umí reagovat na změny podmínek prostředí změnou tvaru nebo velikosti svého těla. Tento jev se obvykle periodicky opakuje a nazývá se cyklomorfóza. Zvětšený povrch těla planktonních řas je výhodou v soutěži o živiny a světelnou energii, změna tvaru těla může zvýšit odpor prostředí apod. Zooplanktonní organismy reagují cyklomorfózou především na potravní nabídku, ale i na změnu jiných faktorů. (Lellák a Kubíček, 1992)

2.4.2.1 Fytoplankton

Fytoplankton je zastoupen řasami a sinicemi. Tyto zelené rostliny jsou ve vodě prvním článkem v potravním řetězci, protože asimilací oxidu uhličitého za pomoci slunečního světla a minerálních látek vytvářejí organickou hmotu svého těla, která je přímou nebo nepřímou potravou živočišných organismů (Hartman et al., 1998). Takto vytváří fytoplankton až 90 % organické hmoty, která je základem potravních sítí celých biocenóz vodních nádrží.

Některé druhy řas a sinic jsou lehčí než voda a proto především v létě a časném podzimu vytvářejí na hladině stojatých a mírně tekoucích vod souvislý povlak, kterému se říká vodní květ. Jiné druhy se při mimořádném přemnožení stejnoměrně rozptýlí ve vodním sloupci a dávají tak vodě příznačné zbarvení, v tomto případě mluvíme o vegetačním zbarvení vody. Vodní květ a fytoplankton způsobující vegetační zbarvení sice produkují kyslík a množství jemné rostlinné hmoty potřebné pro výživu zooplanktonu, za určitých podmínek však může docházet i k narušení biologických podmínek v rybochovných a vodárenských nádržích kvůli přesycení vody kyslíkem, nebo naopak jeho nedostatku obzvláště v noci, kdy fytoplankton kyslík spotřebovává. Také je nebezpečná fáze náhlého rozkladu většího množství odumřelého fytoplanktonu, která způsobuje značný úbytek kyslíku a hromadění zplodin rozkladu (sulfan, čpavek

i specifické toxiny), jež jsou pro ryby jedovaté a mohou vyvolat i úhyn vodního ptactva. (Hartman et al., 1998)

2.4.2.2 Zooplankton

Zooplankton je v našich vodách zastoupen převážně pěti hlavními skupinami drobných živočichů, jedná se o prvoky (*Protozoa*), lasturnatky (*Ostracoda*), perloočky (*Cladocera*), klanonožce (*Copepoda*) a vířníky (*Rotifera*). Jak uvádí Zelinka et al. (1959), ač jsou prvoci běžní a velmi charakterističtí např. pro znečištěné vody, jedná se o obsáhlou a špatně určitelnou skupinu. Lasturnatky naopak nejsou příliš zastoupeny ve stojatých vodách. K určování jakosti vody se tedy zkoumá výskyt pouze perlooček, klanonožců a vířníků.

Bylo zjištěno, že s úživností nádrže (zvyšujícím se množstvím živin v nádrži, viz kapitola Proces eutrofizace stojatých vod) stoupá množství zooplanktonu v daném druhovém složení. Zooplankton má důležitou roli ve složitém biologickém cyklu stojatých vod a je často hlavní potravou ryb. Především v letním období, kdy ryby intenzivně přijímají potravu, jsou velmi zřetelné změny ve vodních společenstvech. Mění se také množství dostupných živin. Pokud koncentrace některé živiny ve vodě určitým druhům nedostačuje, z planktonu vymizí. (Baxa, 2008)

Perloočky (*Cladocera*)

Perloočky jsou drobní korýši o velikosti 0,5 – 15 mm žijící ve stojatých nebo mírně tekoucích vodách. Zploštělé tělo je chráněno dvouchlopňovou skořápkou, která může být u některých dravých druhů zakrnělá. Na hlavě, která není kryta, je jedno velké složené oko a často i naupliové očko. K pohybu perloočkám slouží druhý pár tykadel, první má smyslovou funkci. Čtyři až šest párů končetin je určeno k filtraci potravních částic a k dýchání. Konec zadečku je pozměněn ve zvláštní orgán zakončený dvěma drápkami. (Hartman et al., 1998)

Perloočky se většinou živí filtrací sestonu (organickými a anorganickými částicemi plovoucími ve vodě), některé druhy, např. *Chydoridae*, jsou schopny také sbírat částice z povrchu bahna a nánosů. Skupina dravých perlooček se živí drobnými živočichy. (Hartman et al., 1998)

Rozmnožování perlooček je převážně nepohlavní, až koncem vegetačního období se líhnou samečci a po oplození se líhnou tzv. trvalá (zimní) vajíčka. Jedná se o embrya s pozastaveným vývojem, která zvládnou dokonale vzdorovat nepříznivým podmínkám a v životaschopném stavu vydrží i desetiletí. Přečkávají dlouhodobá sucha i pobyt v bezkyslíkatém prostředí rybnického sedimentu. Když jsou signalizovány vhodné podmínky (dostatek kyslíku, prodlužování dne apod.), embryo zahájí svůj růst a líhne se z něj mladá samička. Dospělé samičky se rozmnožují nepohlavně po celou dobu, kdy přetrvávají vhodné podmínky. Když se podmínky v nádrži začnou zhoršovat, samice vyhledají k páření samce a po úspěšném oplození vznikají zárodky, které opět čekají na období vhodných podmínek. (Petrusek, 2010)

Klanonožci (*Copepoda*)

Klanonožci jsou drobní korýši o velikosti 0,5 – 10 mm. Mají válcovitý nebo kapkovitý tvar těla bez krunýřku. Na hlavě mají dva páry tykadél, z nichž první pár je nápadně dlouhý. Zadeček je zakončen furkou s dlouhými štětinami. Dýchají celým povrchem těla. Rozmnožování je pohlavní, samičky mají jeden nebo dva vaječné vajíčky. Vývoj je nepřímý, probíhá přes několik naupliových a kopepoditových stadií. Mezi klanonožci jsou druhy býložravé i dravci. Podle tvaru těla a způsobu života se rozdělují do tří skupin – buchanky, vznášivky a plazivky. (Langrová et al., 2010)

Vířníci (*Rotifera*)

Vířníci žijí ve sladkých vodách nebo vlhkém prostředí, obvykle jsou 0,1 – 1 mm velcí, průhlední, s nečlánkovaným tělem krytým kutikulou, která může být různě zbarvena, zpevněna i tvarována. Charakteristickým orgánem vířníků je vířivý aparát, který používají k plynulému pohybu, ale také k přihrávání potravy. Vířníci jsou odděleného pohlaví, zpravidla se však vajíčka vyvíjejí bez oplození a vznikají z nich samé samičky. Za určitých okolností se začnou rodit samci a z oplozených vajíček se obdobně jako u perlooček vytvářejí trvalá vajíčka, která přečkávají nepříznivé podmínky. Vířníci mají rychlý vývoj a za příznivých podmínek se populace velmi rychle rozrůstá (především na jaře). Většina vířníků je také velmi citlivá na obsah kyslíku ve vodě, jejich přítomnost v nádrži tedy indikuje dobré kyslíkové poměry. (Langrová et al., 2010, Hartman et al., 1998)

2.4.3 Sezónní dynamika

Planktonní organismy mají krátký život, rychle se rozmnožují a rychle reagují na změny prostředí. Vliv na sezónní složení planktonu mají abiotické faktory, trofie nádrže, ale nejvíce rybí obsádka.

Nejdůležitější skupinou ve složení planktonu jsou velké perloočky, zejména rodu *Daphnia*. K růstu a rozmnožování jim stačí malá koncentrace sestonu a zároveň jsou velmi účinnými filtrátory. Pokud je v nádrži málo planktonofágních ryb, perloočky nejsou vystaveny predáčnímu tlaku a značně se rozmnoží. Takové množství perlooček odfiltruje většinu drobného sestonu a ostatní zooplankton (drobnější perloočky, naupliová stadia buchanek, vířníci), kterému tak malá koncentrace nestačí, je vytlačen. Značně se zvýší průhlednost vody a koncentrace živin ve vodě. Místo uvolněné po drobném fytoplanktonu využijí velké druhy fytoplanktonu (např. sinice vodního květu, velké koloniální rozsivky, zelené řasy aj.). Zůstane druhově chudé, ale poměrně stabilní planktonní společenstvo.

Pokud je v nádrži velké množství planktonofágních ryb, v zooplanktonu převažují drobnější perloočky, klanonožci a vířníci. Fytoplankton je tvořen pestrým společenstvem, průhlednost vody je malá. Tyto závislosti jsou viditelné jen v letním období, kdy ryby intenzivně přijímají potravu.

U organismů, které slouží jako potrava jiným, jsou často vlivem predáčního tlaku vyvolány nápadné změny. Příkladem mohou být perloočky rodu *Daphnia*. Ty jsou vystaveny predaci ryb, které polykají perloočky celé, přednost dávají velkým kusům a kořist obvykle vyhledávají zrakem. Obranou perlooček může být proporcionalní zmenšení těla nebo změna barvy těla (červené zbarvení hemoglobinem je moc nápadné). Naproti tomu obranou proti bezobratlým predátorům (např. larvy koretry), kteří snadněji loví drobnější kusy a spoléhají na náhodné setkání s kořistí, je proporcionalní zvětšení těla, prodlužování skořápečního trnu i výšky hlavy a zlepšení únikových schopností. Pokud je predáční tlak tak velký, že obranné mechanismy nestačí k obnovování populace, dojde k nahrazení dafnií jinými drobnějšími druhy.

(Hartman et al., 1998)

2.5 Trofie

Trofie neboli úživnost charakterizuje určitý hydrochemický režim a s ním související biologii vodního ekosystému. V angličtině se označuje jako „nutrient pollution“, což v českém překladu „znečištění živinami“ lépe vystihuje podstatu problému (Adámek et al., 2008).

2.5.1 Biologická produktivita vod

Při popisu charakteru trofie nádrží je třeba přesně definovat pojmy produkce a produktivita. Biologická produktivita je schopnost společenstva organismů vytvořit biomasu, tedy organickou hmotu. Celkové množství vytvořené biomasy za určitou jednotku času na dané ploše biotopu je produkce. Produkce se dělí na primární a sekundární. (Ambrožová, 2001)

- *Primární produkce* – je dána fotosyntetickou činností organismů, které využívají energii slunečního záření a uhlík z oxidu uhličitého a přeměňují je na biomasu. Vytvořená organická hmota je nezbytná pro další produkci a výskyt organismů. Primární produkce je závislá zejména na množství světla dopadajícího na hladinu a procházejícího vodním sloupcem, dále také na teplotě a dostupnosti biogenních prvků (oxid uhličitý, sloučeniny fosforu a dusíku). Na tvorbě biomasy má 80-90% podíl fytoplankton.
- *Sekundární produkce* – je představována produkcí konzumentů, kteří ve svém těle kumulují organickou hmotu vytvořenou buď primárními producenty, nebo konzumenty nižšího řádu.

2.5.2 Proces eutrofizace stojatých vod

Podle obsahu biogenních prvků a primární produkce rozlišujeme dva základní typy vodních nádrží (Lellák a Kubíček, 1992):

- *Oligotrofní nádrže* – vody chudé na živiny, s malou produkcí organické hmoty (týká se většinou spíše horských jezer).
- *Eutrofní nádrže* – vody s velkým obsahem minerálních živin, s vysokou produkcí rostlin i konzumentů prvního i druhého řádu (býložravci a masožravci).

V publikacích se objevují také další pojmy jako mezotrofní (středně úživný) či hypertrofní (extrémně úživný). Stupně trofie pro hodnocení vod však nejsou jednotné ani v rámci Evropy, je snaha o jejich sjednocení a podrobnější kategorizaci (Adámek et al., 2008).

Nádrže jsou o živiny obohacovány přirozenými procesy, ale i uměle – činností člověka. Eutrofizace však není pouhé znečišťování vod. Fakticky probíhá již od počátku existence vodní nádrže, kdy se do vodního ekosystému dostávají různé živiny z okolního území. Eutrofizace je využívána v rybníkářství, protože zvyšuje produktivitu nádrže a výnosy ryb. Není však žádoucí u nádrží sloužících jako zdroj pitné vody nebo k rekreačním účelům. (Lellák a Kubíček, 1992)

Za příčinu eutrofizace je obecně považováno zvýšení koncentrace sloučenin dusíku a fosforu. Za skutečným zhoršováním kvality vody v nádrži však stojí biologické procesy, které mohou být vyvolány právě zvýšenou nabídkou živin. Prvotním signálem počínající eutrofizace je nárůst planktonních sinic, řas a vodních makrofyt. Dále dochází ke zhoršování kyslíkového režimu, ke vzniku a hromadění jedovatých plynů a ke zmenšení produkční plochy nádrže z důvodu jejího zarůstání. Snižuje se průhlednost vody, mění se její zbarvení, zvyšuje zákal, mění se pH a v období letní stratifikace jsou znatelné změny koncentrace kyslíku a zvýšení koncentrace živin. (Ambrožová, 2001)

Vrcholem eutrofizace je vytvoření vodního květu sinic, který způsobuje deficit kyslíku ve spodních vrstvách postižené nádrže, zvyšuje se koncentrace železa a manganu a v horších případech dochází i k produkci sirovodíku a metanu. K vytvoření vodního květu stačí 10 µg fosforu v jednom litru vody. Vodní květ je způsoben masovým rozvojem sinic se schopností tvořit povlaky na vodní hladině. Jeho vznik a rozvoj prochází třemi fázemi, na jejichž konci dochází k hromadnému úhynu buněk a rozkladu organické hmoty, která vytvoří plovoucí vrstvu na hladině. Vodní květ se nevytváří u vod s nižším pH než 6,5. (Ambrožová, 2001)

3 CÍLE PRÁCE

1. Zhodnotit kvalitu vody v několika nádržích v určitém povodí na základě odběrů vzorků planktonních organismů a vzorků vody pro chemický rozbor v různých obdobích roku.
2. Zjištěné rozdíly mezi jednotlivými nádržemi interpretovat s ohledem na potenciální zdroje zatížení a režim rybářského hospodaření.

4 PRAKTICKÁ ČÁST

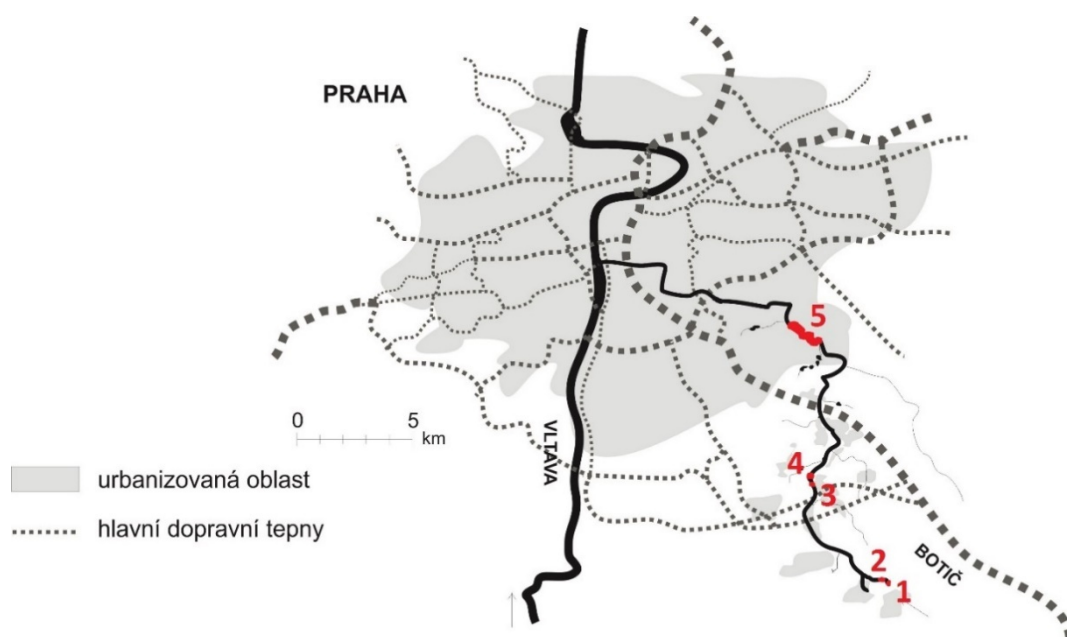
4.1 Popis zájmového území

Zájmovým územím této práce je povodí Botiče. Jedná se o druhý nejdelší pražský potok, jeho délka činí přibližně 34 km. Pramení v malém lesním rybníčku nedaleko obce Křížkový Újezdec, jihovýchodně od Prahy, v nadmořské výšce asi 480 m n. m. Voda do rybníčku proniká průsakem z okolí. Botič protéká velmi rozmanitým terénem, zastavěnými územími i neporušenou krajinou, skoro polovinu cesty pak má na území hlavního města Prahy a na Výtoni se vlévá do Vltavy. Povodí Botiče zaujímá plochu okolo 135 km².

Charakter Botiče je značně ovlivňován jeho přítoky. Oleška, Jesenický, Dobřejovický a Pitkovický potok jsou relativně velmi čisté přítoky bez chemických odpadů a znečištění, problém nastává u bezejmenných levostranných přítoků na Kocandě a pod Průhonicemi, jež odvádějí vodu z průmyslových zón (Technická zpráva Povodí Vltavy). Vliv na čistotu vody v Botiči mají také nově vybudované ČOV pod Kocandou a pod Průhonicemi.

4.1.1 Řešené nádrže

Na Botiči se nachází asi 12 nádrží, z nich bylo vybráno pět pro zhodnocení v této práci (Obr. 3). Jedná se o rybníček na prameni Botiče, dále nádrže Ovčáry, Osnice, Bořín a nakonec vodní nádrž Hostivař. Každá z nádrží má jiný charakter, kromě pramenného rybníčku jsou všechny průtočné a tedy přímo ovlivněné Botičem. Rozdíl je i ve funkcích jednotlivých nádrží a v pravděpodobném způsobu hospodaření na nich.



Obr. 3: Botič se zaznačenými řešenými nádržemi na toku

1. Rybníček u pramene Botiče (BR1)

Malý rybníček u pramene Botiče (Obr. 4) se nachází v mokřadu pod lesem, asi 1 km severovýchodně od obce Křížkový Újezdec ve významné přírodní lokalitě Ovčáry. Voda do rybníčku proniká průsakem z okolí, které je značně zarostlé a špatně přístupné.

Základní údaje

Číslo hydrologického povodí: 1-12-01-014

Katastrální území: Čenětice

Rozloha: cca 0,025 ha

Umístění na toku: km 33,8

Typ nádrže: neprůtočná



Obr. 4: Rybníček u pramene Botiče (BR1) v dubnu 2016 (Foto: Autor)

2. Nádrž Ovčáry (BR2)

Nádrž Ovčáry (Obr. 5) se nachází severně od Křížkového Újezdce, jen několik set metrů pod prameništěm. Je v soukromém vlastnictví společnosti ALBORG a.s.

Základní údaje

Číslo hydrologického povodí: 1-12-01-014

Katastrální území: Čenětice

Rozloha: 0,91 ha

Umístění na toku: km 33,4

Typ nádrže: průtočná



Obr. 5: Nádrž Ovčáry (BR2) v dubnu 2016

3. Nádrž Osnice (BR3)

Nádrž Osnice (Obr. 6) se nachází na severním okraji obce Osnice, části města Jesenice. Ve správě jej má Povodí Vltavy s. p. Voda z nádrže byla v minulosti využívána společností AGRO Jesenice u Prahy, a.s. pro zemědělské účely (závlahy). Nyní má nádrž funkci zásobní, nadlepšuje průtok v Botiči, je sedimentační ochranou pro VN Hostivař, má také funkci dočišťovací, krajinytvornou a protipožární. Jedná se o první velkou nádrž od pramene Botiče.

Základní údaje

Číslo hydrologického povodí: 1-12-01-014

Katastrální území: Osnice

Rozloha: 4,5 ha

Objem vody: 46,5 tis. m³

Umístění na toku: km 26,7

Typ nádrže: průtočná



Obr. 6: Nádrž Osnice (BR3) v červenci 2015 (Foto: Autor)

4. Nádrž Bořín (BR4)

Nádrž Bořín (Obr. 7) se nachází na jižním okraji Průhonického parku. Je pod správou Botanického ústavu Akademie věd ČR, v. v. i. Nad rybníkem je zaústěna ČOV z Jesenice a Kocandy, která by mohla ovlivňovat jakost vody v nádrži.

Základní údaje

Číslo hydrologického povodí: 1-12-01-014

Katastrální území: Průhonice

Rozloha: 5,02 ha

Umístění na toku: km 25,3

Typ nádrže: průtočná



Obr. 7: Nádrž Bořín (BR4) v říjnu 2014 (Foto: Autor)

5. VN Hostivař (BR5)

Vodní nádrž Hostivař (Obr. 8) se nachází v JZ části hlavního města Prahy, většina jeho plochy je v katastrálním území Hostivař, ale zasahuje i do k. ú. Petrovice a k. ú. Háje. Vlastníkem je hlavní město Praha, spravují ji Lesy hl. m. Prahy. Jedná se o největší nádrž na Botiči. Účel nádrže je rekreační, ochranný, krajínovorný a ekologický. Slouží také k výrobě elektrické energie.

Základní údaje

Číslo hydrologického povodí: 1-12-01-020

Katastrální území: Hostivař, Háje Petrovice

Rozloha: 35 ha

Objem vody: 1 310 tis. m³

Umístění na toku: km 13,3

Typ nádrže: průtočná



Obr. 8: Vodní nádrž Hostivař (BR5) v červenci 2015 (Foto: Autor)

4.2 Metodika hodnocení

Pro fyzikálně-chemický rozbor byly ve zvolených nádržích odebírány vzorky vody. Současně s odběrem vzorků bylo přímo na místě měřeno pH, teplota vody, vodivost, obsah rozpuštěného kyslíku a zjišťována průhlednost vody a její zbarvení. Pro biologický rozbor byly odebírány vzorky vody pro stanovení chlorofylu-*a* a vzorky zooplanktonu. Způsoby stanovení jednotlivých ukazatelů jsou uvedeny v Tab. 1.

Tab. 1: Metody stanovení jednotlivých sledovaných ukazatelů

Hodnocené ukazatele	Metoda stanovení
pH, O ₂ , teplota, vodivost	Multimetr HACH LANGE
N-NH ₄ ⁺ , P-PO ₄ ³⁻	Kyvetové testy HACH LANGE
Chlorofyl-a	Spektrofotometrické stanovení
Průhlednost a barva	Secchiho deska

4.2.1 Fyzikálně-chemický rozbor

Vzorky vody pro fyzikálně-chemický rozbor byly odebírány přímo z nádrže do PE lahvíček o objemu 100 ml. V laboratoři byly pomocí kyvetových testů HACH LANGE určovány koncentrace amoniového dusíku (N-NH₄⁺) a fosforečnanového fosforu (P-PO₄³⁻).

4.2.2 Stanovení chlorofylu

Příprava vzorků

Pro účely stanovení chlorofylu byly odebírány vzorky vody z nádrže o objemu 500 ml. V laboratoři byly vzorky přefiltrovány přes GF/C filtr, vždy 250 ml vzorku (V), z každé nádrže byla tedy analýza provedena dvakrát z důvodu možnosti kontroly a odhadu chyby měření. Každý GF/C filtr byl uložen do zkumavky HACH a zmrazen.

Analýza chlorofylu

Do zkumavky se zmrazeným filtračním papírem bylo přidáno 7,2 ml (v) směsi 90% acetonu a metanolu (5:1). Obsah zkumavek byl rozdrcen vrtačkou. Následně se zkumavky ve stojanu ponořily na 2 minuty do nádoby s vodou o teplotě 65 °C a poté rychle zchladily studenou vodou. Vzorky byly odstředěny 3000 otáček při 5 °C po dobu 15 minut. Vrchní odstředěná část byla opatrně odebrána pipetou a v kyvetě spektrofotometru měřena při vlnové délce 664 nm (A₍₀₎). Pro přesnější stanovení

chlorofylu byla absorbance změřena znovu s korekcí na pheophytiny. Do změřeného vzorku byla do kyvety přidána kapička HCL a znovu změřena absorbance ($A_{(a)}$) po acidifikaci.

Výpočet koncentrace chlorofylu

Nekorigovaný chlorofyl je vypočítán ze vzorce (1):

$$\text{Nekorigovaný chlorofyl} = \frac{A_{(0)} \cdot 11,9 \cdot v}{V \cdot \text{kyveta}} \quad (1)$$

kde	$A_{(0)}$	naměřená absorbance;
	v	objem extraktu [ml];
	V	objem vzorku prolitého přes GF/C filtr;
	kyveta	tloušťka kyvety [cm].

Korigovaný chlorofyl je vypočítán ze vzorce (2):

$$\text{Korigovaný chlorofyl} = \frac{28,9 \cdot (A_{(a)} - A_{(0)}) \cdot v}{V \cdot \text{kyveta}} \quad (2)$$

kde	$A_{(a)}$	naměřená absorbance po acidifikaci;
	$A_{(0)}$	naměřená absorbance před acidifikací;
	v	objem extraktu [ml];
	V	objem vzorku prolitého přes GF/C filtr;
	kyveta	tloušťka kyvety [cm].

4.2.3 Odběr zooplanktonu

Srovnávací vzorky zooplanktonu je vhodné odebírat za alespoň přibližně stejných podmínek (počasí, čas odběru, odběrné zařízení, stejný způsob odběru, stejné místo). Je třeba si všimnout také fyzikálních změn prostředí a odběr doplnit o změření a zapsání některých veličin (např. teplota, barva vody, průhlednost).

Zooplankton byl odebírán vrhací planktonní sítí o světlosti ok 80 μm . Jedná se o síť kuželovitého tvaru s pevným horním okrajem, dolní kónicky zúžený konec je opatřen malou jímkou a výpustním zařízením. Síť byla vrhána třikrát do různých směrů, vždy na vzdálenost 5 metrů. Odebraný vzorek byl v plastové vzorkovnici o objemu 100 ml konzervován formaldehydem a označen k pozdější správné identifikaci.

Vzorky byly podrobeny kvalitativnímu rozboru, při němž se zjišťuje přítomnost či absence druhů organismů. Analýza vzorků proběhla v laboratoři. Prvně byl pohledem zhodnocen obsah vzorkovnice, zabarvení vzorku, množství usazené biomasy, částičky či organismy plovoucí na hladině apod. Následně byl odebrán asi 1 ml směsné biomasy a zhodnocen pod mikroskopem.

4.2.4 Způsob vyhodnocování

Z důvodu zavádění odběrového systému nejsou výsledky kompletní (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**). Při prvním odběru v říjnu 2014 se začalo s hodnocením základních fyzikálně-chemických ukazatelů – pH, vodivost, kyslík na hladině (jen na dvou nádržích byl doplněn i kyslík u dna), teplota vody pouze na hladině, a chemickým rozbohem v laboratoři byl zjišťován amoniový dusík a fosforečnanový fosfor. Při druhém odběru (červenec 2015) byly výsledky doplněny o kyslík u dna všech nádrží a od třetí nádrže byla měřena i teplota u dna. Také byly zaznamenány údaje o průhlednosti a zabarvení vody. Od třetího odběru (září 2015) bylo přidáno stanovení koncentrace chlorofylu.

U každé nádrže jsou přiloženy fotografie PE lahviček s odebraným zooplanktonem a k porovnání orientačně objemově kalibrovaná prázdná PE lahvička. Objem biomasy v lahvičce je vždy výsledkem protažení zhruba 545 litrů vody v nádrži planktonní sítí.

Celkové grafy (Příloha č. 2) jsou koncipovány takovým způsobem, že data z jednotlivých nádrží jsou u sebe, ale pro lepší rozlišení odběrů, je každý odběr označen jinou barvou. V grafech jsou také červenou čarou se šipkou zaznačeny hodnoty přípustného znečištění povrchových vod dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb., pokud je daný ukazatel nařízením omezen. U fosforečnanů ($P-PO_4^{3-}$) je uváděna limitní hodnota pro celkový fosfor (TP), jehož hlavní složkou jsou právě fosforečnany. Limit samotných fosforečnanů by tedy měl být o trochu nižší. Z toho vyplývá, že pokud je překročena hodnota pro celkový fosfor, je jisté, že je překročen i limit fosforečnanů, který není nařízením určen. V případě saturace (nasyčení vody rozpuštěným kyslíkem) je červenou čarou označeno 100% nasycení, které představuje rovnovážný stav mezi respiračními procesy a primární produkcí v nádrži.

4.3 Výsledky a diskuze

V první části kapitoly jsou prvně objasněny podmínky jednotlivých odběrů a následuje výčet výsledků fyzikálně-chemických a biologických rozborů na jednotlivých nádržích, vždy za všechna sledovaná období. Následně jsou v kapitole Diskuze na straně 50 výsledky komentovány a diskutovány.

4.3.1 Jednotlivé odběry

Odběry byly prováděny v letech 2014 – 2016. Celkem proběhly 4 odběry, každý v jiném období roku.

První odběr ze 7. října 2014 by měl charakterizovat stav nádrží po vegetační sezóně. Během odběru bylo zataženo, teplota se pohybovala kolem 15 °C. Předchozí týden se denní teploty pohybovaly stabilně v rozmezí 14 – 17 °C, převládalo polojasno.

Druhý odběr se uskutečnil 8. července 2015 a výsledky by měly odpovídat vrcholu vegetační sezóny. Během odběru bylo zataženo, přes poledne byla dešťová přehánka, teplota 23 °C. Předchozí týden přetrvávaly vysoké teploty až 35 °C, noční teploty neklesaly pod 20 °C, noc před odběrem byla bouřka se silným deštěm.

Třetí odběr z 8. září 2015 by měl charakterizovat závěr vegetační sezóny. V den odběru bylo polojasno, 18 °C. Předchozí týden bylo polojasno, místy dešťové přeháňky, teploty okolo 17 °C. Od července přetrvávala sucha, na nádržích to bylo znát poklesem hladin.

Čtvrtý odběr byl proveden 13. dubna 2014 a stav nádrží by měl odpovídat začátku vegetační sezóny. Při odběru bylo polojasno, teplota 14 °C. Předchozí týden bylo zataženo, déšť, denní teploty v rozmezí 7 – 11 °C.

4.3.1.1 Výsledky z nádrže BR1

Chemie vody

Tab. 2: Výsledky fyzikálně-chemických ukazatelů na BR1

BR1	čas odběru	zabarvení	průhlednost	konduktivita	pH	T dno	T hlad.
			cm	μS/cm	-	°C	°C
10/2014	-	-	-	254	7,42	-	10,4
07/2015	11:00	šedožlutohnědá	40 (dno)	243	6,89	-	21,5
09/2015	11:00	šedivá	20	311	6,83	11,8	12,5
04/2016	9:00	hnědošedá	40 (dno)	254	8,85	11,4	10,7
	O2 dno	O2 hlad.	saturace dno	saturace hlad.	P- PO ₄ ³⁻	N- NH ₄ ⁺	Chl <i>a</i>
	mg/l	mg/l	%	%	mg/l	mg/l	μg/l
10/2014	-	7,3	-	65,2	0,240	0,113	-
07/2015	1,45	2,16	18,7	24,5	0,463	1,11	-
09/2015	0,26	1,92	2,4	19	0,212	0,16	31,2
04/2016	11,89	12,84	116,2	123,7	0,095	0,08	38,9

Zooplankton

Říjen 2014

Cladocera (perloočky) – *Chydorus sphaericus*, *Daphnia parvula*, *Simocephalus vetulus*, *Daphnia pulex*, množství neonát, *Scapholeberis sp. (mucronata)*

Copepoda (klanonožci) – plazivka, *Acanthocyclops sp.*

Rotifera (vířníci) – *Keratella quadrata*, *Lecane sp.*, *Polyarthra sp.*, *Anuraeopsis fissa*

Červenec 2015

Cladocera (perloočky) – *Daphnia pulex*

Copepoda (klanonožci) – dospělci (1mm), vývojová i naupliová stadia, *Thermocyclops crasus*, *Acanthocyclops sp.*, neurčený dospělý jedinec

Rotifera (vířníci) – *Keratella cochlearis*, *Keratella quadrata*, *Asplanchna brightwelli*, *Anuraeopsis fissa*

Září 2015

Cladocera (perloočky) – *Chydoridae sp. (Pleuroxus truncatus)*

Copepoda (klanonožci) – naupliová stadia i dospělci

Rotifera (vířníci) – *Brachionus sp.*, *Keratella sp. (quadrata)*, *Platyias quadricornis*, *Anuraeopsis fissa*, *Lecane sp.*

Duben 2016

Cladocera (perloočky) – *Daphnia sp. (longispina)*

Copepoda (klanonožci) – naupliová a kopepoditová stadia buchanek, těžko určitelný druh, na základě ročního období (jaro) a oranžového zabarvení odhadujeme na *Cyclops strennus*

Rotifera (vířníci) – nenalezeno

4.3.1.2 Výsledky z nádrže BR2

Chemie vody

Tab. 3: Výsledky fyzikálně-chemických ukazatelů na BR2

BR2	čas odběru	zabarvení	průhlednost	konduktivita	pH	T dno	T
			cm	μS/cm	-	°C	hlad. °C
10/2014	-	-	-	197	7,09	-	11,4
07/2015	11:15	šedožlutá	80 (dno)	233	7,08	-	21
09/2015	11:15	rezavohnědá	60	250	7,3	13,7	14,3
04/2016	9:15	šedohnědá	80 (dno)	259	8,81	10,8	11,5
	O2 dno	O2 hlad.	saturation dno	saturation hlad.	P-PO ₄ ³⁻	N-NH ₄ ⁺	Chl α
	mg/l	mg/l	%	%	mg/l	mg/l	μg/l
10/2014	-	1,2	-	11	0,540	0,102	-
07/2015	1,28	1,16	15,2	13	0,186	0,029	-
09/2015	1,86	2,5	18,7	25,5	0,252	0,039	99,5
04/2016	13,79	13,46	133,1	132	0,096	0,042	29,3

Zooplankton

Říjen 2014

Cladocera (perloočky) – *Chydorus sphaericus*, *Pleuroxus aduncus*, *Pleuroxus truncatus*, neonáty dafnií, *Daphnia sp.* (spíše *pulex* nebo možná *pulicaria*)

Copepoda (klanonožci) – *Harpacticoida sp.*, *Cyclops sp.* (možná dva druhy, *strennus* určitě), *Eucyclops sp.* (pravděpodobně *serrulatus*), *Macrocylops sp.* (bezpečně ne *fuscus*)

Rotifera (vířníci) – *Lecane sp.*, *Keratella hiemalis*, *Anuraeopsis fissa*, *Brachionus angularis*

Červenec 2015

Cladocera (perloočky) – *Daphnia magna*, *Daphnia pulex*

Copepoda (klanonožci) – naupliová stadia vznášivek

Rotifera (vířníci) – *Polyarthra dolichoptera*, *Keratella quadrata*, *Hexarthra mira*

Září 2015

Cladocera (perloočky) – *Chydoridae sp.* (*Chydorus sphaericus*), *Daphnia sp.*

Copepoda (klanonožci) – naupliová stadia i dospělci

Rotifera (vířníci) – *Filinia sp.*, *Keratella quadrata*, *Anuraeopsis fissa*, *Asplanchna sp.*, *Polyarthra dolichoptera*, *Lecane sp.*, *Brachionus quadridentatus*

Duben 2016

Cladocera (perloočky) – *Daphnia sp.* (*pulex* nebo *pulicaria*), *Daphnia sp.* (*longispina*, *galeata*)

Copepoda (klanonožci) – naupliová stadia buchanek i dospělci

Rotifera (vířníci) – *Brachionus angularis*

4.3.1.3 Výsledky z nádrže BR3

Chemie vody

Tab. 4: Výsledky fyzikálně-chemických ukazatelů na BR3

BR3	čas odběru	zabarvení	průhlednost	konduktivita	pH	T dno	T hlad.
			cm	μS/cm	-	°C	°C
10/2014	-	-	-	541	8,57	-	12,9
07/2015	11:30	zelenošedá	15	543	7,43	21,9	24,2
09/2015	11:30	šedohnědá	20	562	7,62	16,4	16,5
04/2016	9:45	žlutohnědá	80	569	8,13	12,2	12,4
	O2 dno	O2 hlad.	saturace dno	saturace hlad.	P-PO ₄ ³⁻	N-NH ₄ ⁺	Chl α
	mg/l	mg/l	%	%	mg/l	mg/l	μg/l
10/2014	15,16	20,38	-	192,9	0,430	0,223	-
07/2015	0,18	9,84	2,2	120,4	0,289	0,156	-
09/2015	12,36	10,35	131,2	109,8	0,196	0,138	90,3
04/2016	15,54	21,99	159	218,5	0,170	0,036	147,5

Zooplankton

Říjen 2014

Cladocera (perloočky) – *Scapholeberis sp.*

Copepoda (klanonožci) – kopepoditová stadia

Rotifera (vířníci) – *Synchaeta pectinata*, *Polyarthra dolichoptera*, *Asplanchna priodonta*, *Keratella cochlearis*, *Brachionus calyciflorus*

Červenec 2015

Cladocera (perloočky) – hodně perlooček *Bosmina longirostris*, vývojové stadium jiné perloočky, *Daphnia ambigua*, *Alona sp.*, *Ceriodaphnia sp.*

Copepoda (klanonožci) – naupliová a kopepoditová stadia, 2 druhy buchanek, *Thermocyclops* a druhý neurčený druh

Rotifera (vířníci) – *Asplanchna sp.*, *Notholca squamula* ?, *Filinia sp.*, *Brachionus calyciflorus*, *Brachionus angularis*, *Rotaria sp.*

Září 2015

Cladocera (perloočky) – *Bosmina longirostris*, *Daphnia sp.* (*parvula* s vysokou pravděpodobností), *Moina micrura*

Copepoda (klanonožci) – kopepoditová stadia, ojedinele dospělci (pravděpodobně rod *Acanthocyclops*), *Thermocyclops crassus*

Rotifera (vířníci) – *Asplanchna sp.*, *Keratella quadrata*, *Polyarthra sp.*, *Pompolyx sulcata*, *Filinia longiseta*, *Polyarthra dolichoptera*, *Keratella cochlearis*, *Asplanchna priodonta*, *Anuraeopsis fissa*

Duben 2016

Cladocera (perloočky) – velikostně malé druhy, *Bosmina longirostris*

Copepoda (klanonožci) – *Calanoida sp.*, buchanka (dospělci), ale většinou spíš vývojová stadia, malé množství

Rotifera (vířníci) – *Brachionus calyciflorus* (velké množství), *Keratella sp.*

4.3.1.4 Výsledky z nádrže BR4

Chemie vody

Tab. 5: Výsledky fyzikálně-chemických ukazatelů na BR4

BR4	čas odběru	zabarvení	průhlednost	konduktivita	pH	T dno	T hlad.
			cm	μS/cm	-	°C	°C
10/2014	-	-	-	508	8,26	-	14,3
07/2015	12:30	žlutozelená	70	489	9,5	24,2	25,4
09/2015	12:30	žlutozelená	50	554	8,08	18,2	18,8
04/2016	10:15	hnědožlutá	35	552	8,53	12,7	12,8
	O2 dno	O2 hlad.	saturace dno	saturace hlad.	P-PO ₄ ³⁻	N-NH ₄ ⁺	Chl <i>a</i>
	mg/l	mg/l	%	%	mg/l	mg/l	μg/l
10/2014	7,76	9,33	-	91,1	0,310	0,376	-
07/2015	16,84	20,99	200,7	268,1	0,346	0,034	-
09/2015	3,82	7,77	41,9	86,3	0,407	0,655	67,4
04/2016	17,48	15,94	173,1	158,1	0,194	0,114	57,7

Zooplankton

Říjen 2014

Cladocera (perloočky) – *Daphnia parvula*, *Ceriodaphnia pulchela*, *Daphnia galeata*

Copepoda (klanonožci) – naupliová a kopepoditová stadia, *Acanthocyclops sp.*, *Thermocyclops crassus*, *Cyclops sp.*

Rotifera (vířníci) – *Polyarthra dolichoptera*, *Keratella cochlearis*, *Asplanchna priodonta*

Červenec 2015

Cladocera (perloočky) – *Bosmina longirostris*, *Daphnia cucullata*, *Ceriodaphnia quadrangula*, *Ceriodaphnia sp.*, *Daphnia galeata*

Copepoda (klanonožci) – naupliová stadia

Rotifera (vířníci) – *Polyarthra sp.*, *Brachionus angularis*, *Keratella quadrata*, *Keratella cochlearis*, *Asplanchnella priodonta*, *Brachionus calyciflorus*, *Filinia sp.*

Září 2015

Cladocera (perloočky) – *Bosmina longirostris*, *Daphnia sp.* (*galeata*, možná i *cucullata*)

Copepoda (klanonožci) – naupliová stadia i dospělci

Rotifera (vířníci) – *Keratella quadrata*

Duben 2016

Cladocera (perloočky) – *Bosmina longirostris*, *Daphnia sp.* (*galeata*)

Copepoda (klanonožci) – malé množství naupliových stadií

Rotifera (vířníci) – *Keratella sp.* (*quadrata* nebo *hiemalis* – odpovídala by roční době, resp. teplotě vody), *Brachionus angularis*, *Brachionus calyciflorus*, *Polyarthra dolichoptera*, *Asplanchna sp.*

4.3.1.5 Výsledky z nádrže BR5

Chemie vody

Tab. 6: Výsledky fyzikálně-chemických ukazatelů na BR5

BR5	čas odběru	zabarvení	průhlednost	konduktivita	pH	T dno	T hlad.
			cm	μS/cm	-	°C	°C
10/2014	-	-	-	580	8,43	-	15,6
07/2015	14:30	žlutozelená	80	608	8,92	24,8	26
09/2015	9:45	žlutozelená	> 100	647	6,67	18,6	18,8
04/2016	11:15	zelenožlutá	> 100	782	8,58	13,7	13,4
	O2 dno	O2 hlad.	saturace dno	saturace hlad.	P-PO ₄ ³⁻	N-NH ₄ ⁺	Chl α
	mg/l	mg/l	%	%	mg/l	mg/l	μg/l
10/2014	-	10,6	-	106,5	0,330	0,312	-
07/2015	10,19	11,13	122,9	142,6	0,110	0,165	-
09/2015	5,76	6,62	63,2	73	0,223	0,637	52
04/2016	13,62	14,79	136,4	147,7	0,089	0,103	18,7

Zooplankton

Říjen 2014

Cladocera (perloočky) – *Bosmina longirostris*, *Daphnia galeata*

Copepoda (klanonožci) – naupliová a kopepoditová stadia s největší pravděpodobností rodu *Acanthocyclops*

Rotifera (vířníci) – *Asplanchna priodonta*, *Polyarthra* sp. (přikláním se k *vulgaris*), *Keratella cochlearis*

Červenec 2015

Cladocera (perloočky) – *Bosmina longirostris* – ojediněle

Copepoda (klanonožci) – *Acanthocyclops* sp., *Thermocyclops crassus*, (dospělci, naupliová a kopepoditová stadia)

Rotifera (vířníci) – *Asplanchna brightwelli*, *Keratella quadrata*, *Polyarthra dolichoptera*, *Polyarthra* sp.

Září 2015

Cladocera (perloočky) – *Bosmina longirostris*, *Daphnia* sp. (*cucullata*), *Ceriodaphnia* sp., *Chydorus sphaericus*

Copepoda (klanonožci) – naupliová a kopepoditová stadia *Acanthocyclops* sp. a *Thermocyclops* (*crassus*)

Rotifera (vířníci) – *Polyarthra* sp. (*vulgaris*, *major*, *euryptera*), *Keratella cochlearis*, *Keratella quadrata*, *Brachionus* sp., *Pompolyx sulcata*, *Brachionus angularis*, *Brachionus calyciflorus*, *Lecane* sp.

Duben 2016

Cladocera (perloočky) – perloočky malého vzrůstu (< 0,1 mm), *Chydorus sphaericus*, *Bosmina longirostris*

Copepoda (klanonožci) – naupliová a kopepoditová stadia, dospělec vznášivky (*Eudiaptomus gracilis*)

Rotifera (vířníci) – *Keratella quadrata*, *Asplanchna* sp. (*priodonta*), *Polyarthra* sp. (*dolichoptera*), *Brachionus angularis*, *Brachionus calyciflorus*, *Filinia* sp., *Trichocerca* sp., *Brachionus* (*urceolaris* nebo *nilsoni*)

4.3.2 Diskuze

Tabulka celkových výsledků je uvedena v příloze č. 1. Způsob vyhodnocování jednotlivých ukazatelů vychází z Operačního programu rybníkářství 2012 a 2014 (dále jen OPR 2012 a OPR 2014) a výsledky jsou porovnávány s uceleným souborem dat z dlouhodobého pozorování rybníků na Třeboňsku.

4.3.2.1 Zhodnocení stavu nádrže BR1

Výsledky jsou uvedeny na str. 40 v kapitole Výsledky z nádrže BR1, grafy se shrnutými výsledky se nacházejí v příloze č. 2.

Fyzikálně-chemické ukazatele

Hodnoty vodivosti se na první nádrži pohybovaly mezi 243 a 311 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve všech sledovaných obdobích. Jedná se o hodnoty, které jsou zcela běžné u povrchových vod. Hodnota pH se ve sledovaných obdobích pohybovala převážně v neutrální oblasti (pH 6,8 – 7,4), až při odběru na jaře 2016 byl vidět značný nárůst pH na hodnotu 8,9. Toto je obvyklý stav při jarních odběrech, způsobený pravděpodobně intenzivní fotosyntézou fytoplanktonu nebo nárůstů na dně, jak uvádí OPR 2012.

Nádrž má problém s nedostatkem rozpuštěného kyslíku, jen jarní odběr z roku 2016 přesáhnul stoprocentní nasycení kyslíkem. Obzvláště v období července 2015 a září 2015 je vidět velký kyslíkový deficit jak u hladiny, tak i u dna. V té době byla hladina pokryta okřehkem (Obr. 10, Obr. 12), který pravděpodobně produkuje velké množství kyslíku, ale vypouští jej do okolní atmosféry a ne do vody. Zastínění hladiny okřehkem a okolní vegetací zabraňuje přístupu sluneční energie do hlubších vrstev, kde dochází k rozkladu organismů za anaerobních podmínek (při odběrech byl znatelný zápach z nádrže dosvědčující toto tvrzení).

Hodnoty fosforečnanů a amoniakálního dusíku jsou v červenci 2015 poměrně vysoké, obzvláště amoniakální dusík pětikrát převyšuje hodnotu udanou nařízením. Šedivé zabarvení vody ve všech obdobích poukazuje na absenci fytoplanktonu (při jeho

výskytu by se voda zbarvovala spíše dozelena). To by odpovídalo vyššímu množství živin ve vodě, které nejsou využity k primární produkci.

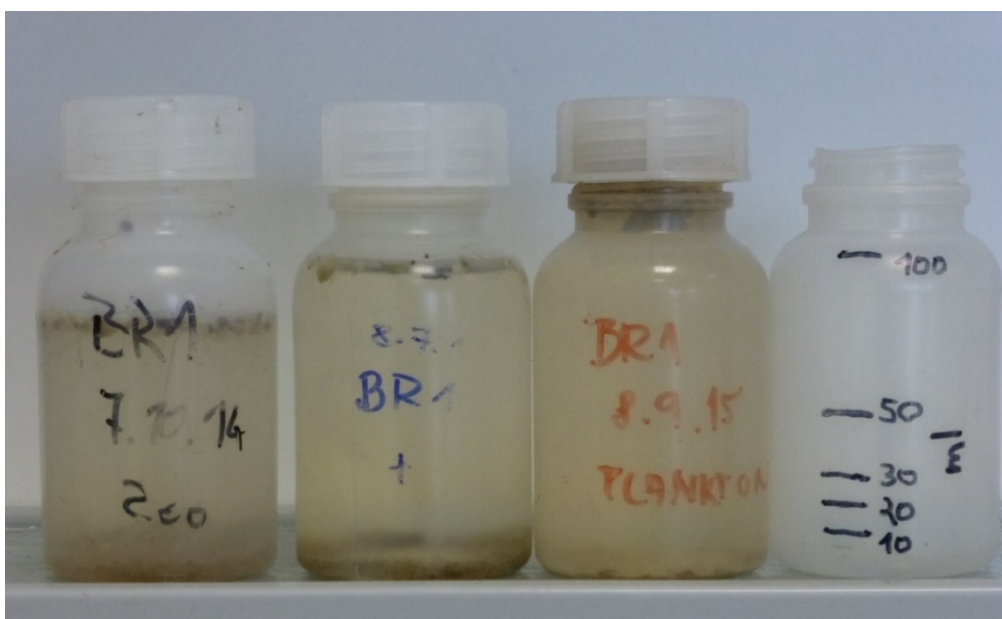
Zooplankton

Už první odběr provedený v říjnu 2014 (Obr. 9) jasně indikoval předpokládaný charakter nádrže. *Daphnia pulex* je vázána spíše na organicky zatížené vody (Hartman et al., 1998). Tomu odpovídaly i další organismy jako plazivky, *Chydorus* či *Simocephalus*, kteří se zpravidla vyskytují v zarostlých nádržích.

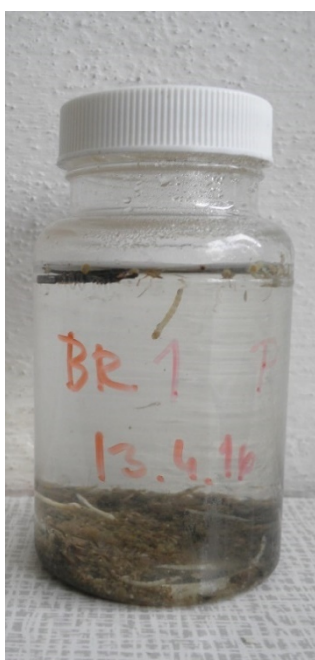
Červencovému odběru roku 2015 dominovaly buchanky, systém pravděpodobně funguje predátorsky. Opět se vyskytovala *Daphnia pulex*, dospělci i juvenilní jedinci, i když jen ojediněle. Vířníci byli nalezeni jen velmi malého vzrůstu, odpovídá to deficitnímu kyslíkovému stavu, zároveň v zastíněném rybníku neprobíhá fotosyntéza a vířníci zde nemají dostatek potravy.

V září 2015 dominovala naupliová stadia buchaneček, bylo nalezeno i několik jedinců dospělých buchaneček ve velikosti přibližně 1 mm. Středně bohaté je zastoupení perlooček, jsou však malého vzrůstu (přibližně 0,3 mm) a odpovídají druhům vyskytujícím se při dně. Je pravděpodobné, že byl sediment při odběru zviřen, protože rybníček, který za normálních okolností nedosahuje hloubky ani půl metru, měl po horkém suchém létě hladinu asi o 15 cm níže. Vířníci byli zastoupeni bohatěji než v předchozích odběrech, ale obecně se jedná o poměrně chudý a ne příliš rozmanitý vzorek. Druhá struktura zooplanktonu však odpovídá charakteru nádrže, *Pleuroxus truncatus* i *Platylabus quadricornis* jsou druhy, které se vyskytují v zarostlých nádržích. Při tomto odběru nebyla nalezena žádná dafnie.

Dubnový vzorek z roku 2016 (Obr. 11) je bez jakéhokoliv zabarvení, na hladině je velké množství koreter. Jejich dravost může být příčinou absence vířníků, jak uvádí Baxa (2010). Byla nalezena naupliová i kopepoditová stadia buchaneček a velké množství vajíček, pravděpodobně pocházejících od perlooček. V tomto období se vyskytovaly dafnie.



Obr. 9: Vzorky zooplanktonu z BR1 (říjen 2014, červenec 2015 a září 2015) s orientačně kalibrovanou PE lahvičkou (Foto: Autor)



Obr. 11: Vzorek zooplanktonu z BR1 – duben 2016 (Foto: Autor)



Obr. 10: Nádrž BR1 v červenci 2015 (Foto: Autor)



Obr. 12: Nádrž BR1 v září 2015 (Foto: Autor)

4.3.2.2 Zhodnocení stavu nádrže BR2

Výsledky jsou uvedeny na str. 42 v kapitole Výsledky z nádrže BR2, grafy se shrnutými výsledky se nacházejí v příloze č. 2.

Fyzikálně-chemické ukazatele

Hodnoty vodivosti se na druhé nádrži pohybovaly mezi 197 a 259 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve všech sledovaných obdobích. Jedná se o hodnoty, které jsou zcela běžné u povrchových vod. Hodnota pH se ve sledovaných obdobích pohybovala převážně v neutrální oblasti (pH 7,1 – 7,3), až při odběru na jaře 2016 byl vidět značný nárůst pH na hodnotu 8,8. Tento stav je obvyklý při jarních odběrech, pravděpodobně jej způsobuje intenzivní fotosyntéza fytoplanktonu.

Nádrž má problém s nedostatkem rozpuštěného kyslíku, v říjnu 2014, červenci 2015 i září 2015 je viditelný kyslíkový deficit, nasycení u hladiny dosahuje sotva 25 % a u dna jen necelých 19 %. Ve všech těchto obdobích byla značná část hladiny pokryta okřehkem (Obr. 15, Obr. 16, Obr. 17), který zabraňuje přístupu slunečního záření do hlubších vrstev a produkci kyslíku v těchto místech. Jen odběr z dubna 2016 vykazuje vyšší než 100% saturaci, u dna i u hladiny bylo naměřeno kolem 130 %, což je pravděpodobně způsobeno nárůstem fytoplanktonu na počátku nové vegetační sezóny.

Hodnoty amoniakálního dusíku ve všech měřených obdobích splňují limit udaný nařízením, množství fosforečnanového fosforu se však vešlo do limitu jen v dubnu 2016. Obzvláště v říjnu 2014 bylo na této nádrži naměřeno největší množství P-PO_4^{3-} za celé sledované období na všech nádržích (0,540 mg/l), které již není běžnou hodnotou v rybnících (Baxa, 2010).

Zooplankton

V říjnu 2014 ve vzorku zooplanktonu dominovaly buchanky, čemuž odpovídala i velmi malá biomasa vířníků. Bylo nalezeno i několik kusů dospělých dafnií, pravděpodobně *Daphnia pulex*.

V červenci 2015 se vyskytovaly dva druhy dafnií, *Daphnia magna* a *Daphnia pulex*, velké 2 – 2,5 mm. Z klanonožců byla nalezena pouze naupliová stadia vznášivek a vířníci se vyskytovali jen ojediněle. V nádrži byly přítomny dravé larvy koretry, což by mohlo vysvětlovat chudost vzorku.

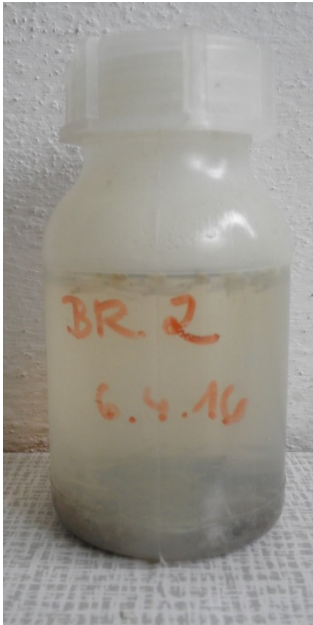
I v zářijovém odběru 2015 bylo velmi málo biomasy a vzorek byl chudý. Opět se vyskytují dravé larvy koretry. Dafnie (velikost cca 0,2 mm) a buchanky se vyskytovaly jen ojediněle.

Odběr z dubna 2016 vykazoval oproti předchozím odběrům poměrně velké množství biomasy, i když se stále jedná maximálně o 10 ml biomasy v lahvičce. Opět se vyskytovaly larvy koretry a také další larvy, s velkou pravděpodobností larvy komára. Dominovaly perloočky s velkým množstvím vajíček. Objevovali se i dospělci a naupliová stadia buchaneček, vířníci jen ojediněle.

Častý výskyt *Daphnia pulex* svědčí o předpokládaném dlouhodobém organickém zatížení nádrže. Prakticky při všech prováděných odběrech byla velká část hladiny pokryta okřehkem, který nepropouští sluneční záření do vody a pravděpodobně dochází v nádrži ke zvýšeným rozkladným procesům, které ji organicky zatěžují.



Obr. 13: Vzorky zooplanktonu z BR2 (říjen 2014, červenec 2015 a září 2015) s orientačně kalibrovanou PE lahvičkou (Foto: Autor)



Obr. 14: Vzorek zooplanktonu
z BR2 – duben 2016 (Foto: Autor)



Obr. 15: Nádrž BR2 v říjnu 2014
(Foto: Autor)



Obr. 16: Nádrž BR2 v červenci 2015 (Foto: Autor)



Obr. 17: Nádrž BR2 v září 2015 (Foto: Autor)

4.3.2.3 Zhodnocení stavu nádrže BR3

Výsledky jsou uvedeny na str. 44 v kapitole Výsledky z nádrže BR3, grafy se shrnutými výsledky se nacházejí v příloze č. 2.

Fyzikálně-chemické ukazatele

Konduktivita u třetí nádrže byla mezi hodnotami 541 – 569 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Je vidět její položení již níže na toku než jsou předchozí nádrže a tedy projevující se vliv zemědělské krajiny, kterou tok protéká. V porovnání s hodnotami rybníků na Třeboňsku z OPR 2012 se jedná již o zvýšené hodnoty konduktivity, třeboňské rybníky vykazovaly maximální hodnotu konduktivity 486 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

V říjnu 2014 byla naměřena nejvyšší hodnota pH (8,6), dále se vyskytovalo v rozmezí 7,4 – 8,1. Kyslík na hladině při všech měřeních přesahoval 100% nasycení, v červenci 2015 však došlo k deficitnímu stavu u dna nádrže, kde bylo naměřeno jen 0,18 mg/l kyslíku, což odpovídá nasycení 2,2 %. Takovéto stavy, kdy je hladina kyslíkem přesycena (větší než 100% nasycení) a u dna dochází k deficitním stavům, jsou podle OPR 2012 charakteristické pro vrchol vegetační sezóny při masovém rozvoji vodního květu sinic. Ten však na hladině pozorován nebyl (Obr. 20). V té době ještě nebyly stanovovány koncentrace chlorofylu *a*, které by nám možná tento stav na nádrži lépe objasnily.

Při odběru v dubnu 2016 však již koncentrace chlorofylu *a* stanovována byla a nádrž dosáhla hodnoty 147 $\mu\text{g}/\text{l}$. V porovnání s třeboňskými rybníky dle OPR 2012 se jedná o průměrnou hodnotu, v našem souboru je to však hodnota nejvyšší. V té době byla na nádrži změřena i poměrně velká průhlednost oproti předchozím odběrům. Současně se zvýšenou hodnotou pH a nasycením kyslíkem přesahujícím 200 % by to odpovídalo masivnímu rozvoji fytoplanktonu.

Množství živin v nádrži (P-PO_4^{3-} a N-NH_4^+) má při našich odběrech klesající tendenci, amoniakální dusík ve všech případech dodržel limit z nařízení, fosforečnany se stále pohybují nad limitem. V dubnu 2016 byla na nádrži zjištěna značně vyšší průhlednost vody (80 cm) oproti předchozím odběrům (15 – 20 cm).

Zooplankton

Vzorek zooplanktonu z října 2014 byl prakticky jen vířníkový, dominoval druh *Synchaeta pectinata*, který se nejhojněji vyskytuje v chladnější části roku, což odpovídá datu odběru. Nebyly nalezeny žádné dafnie. Podle Jeppesena (1998) by stav, kdy dominují vířníci, perloočky se skoro nevyskytují a zároveň se v nádrži nachází zvýšené množství fosforu, odpovídal výskytu většího množství planktonofágních ryb.

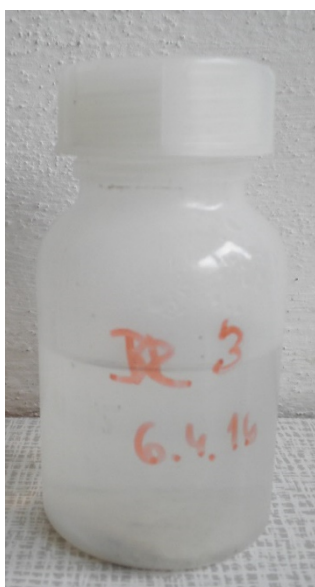
Odběr z července 2015 je bohatý na druhy perlooček menšího vzrůstu, především *Bosmina longirostris*, a také se ve vzorku vyskytuje velké množství naupliových stadií buchaneček. Vzorek je druhově bohatý, množství biomasy je větší než u předchozích vzorků, ale drobná velikost zooplanktonu je dána pravděpodobným vyžíráním tlakem ryb a odpovídá velikosti jejich filtračního aparátu (Hartman et al., 1998). Zároveň je evidentní živinová bohatost nádrže, protože jinak by se zooplankton nevyskytoval v takovém množství.

V září 2015 bylo ve vzorku největší množství planktonu ze všech měření na nádržích, stále se však pohybujeme jen kolem 10 ml biomasy. Z velké části se však jedná o fytoplankton z vodního sloupce, především sinice *Anabaena sp.* a *Microcystis sp.* Dominují perloočky *Bosmina longirostris*, velikosti asi 0,3 mm. Ojedinele se vyskytují i dafnie. Buchaneček je velmi málo, vzrůstově jsou však větší než perloočky. Jedná se o velice prožraný zooplankton, lze předpokládat vyšší obsádku ryb, včetně planktonofágních. Dokládá to střední biomasa zooplanktonu s malou velikostní strukturou.

V dubnu 2016 byl vzorek velmi chudý na množství biomasy, opět se vyskytují drobné perloočky *Bosmina longirostris*, tentokrát však nebyla nalezena žádná dafnie. Z klanonožců byly nalezeny buchanky i vznášivky, často však jen vývojová stadia. Dominovali vířníci, především *Brachionus calyciflorus*, který se obvykle masově vyskytuje v nádržích vystavených vyžíránímu tlaku ryb, jak uvádí Hartman et al. (1998), což by opět podtrhovalo domněnku o silném vyžírání tlaku na této nádrži.



Obr. 18: Vzorčky zooplanktonu z BR3 (říjen 2014, červenec 2015 a září 2015) s orientačně kalibrovanou PE lahvičkou (Foto: Autor)



Obr. 19: Vzorek zooplanktonu z BR3 – duben 2016 (Foto: Autor)



Obr. 20: Nádrž BR3 v červenci 2015 (Foto: Autor)

4.3.2.4 Zhodnocení stavu nádrže BR4

Výsledky jsou uvedeny na str. 46 v kapitole Výsledky z nádrže BR4, grafy se shrnutými výsledky se nacházejí v příloze č. 2.

Fyzikálně-chemické ukazatele

Konduktivita na tomto rybníku se vyvíjela podobně jako na BR3, byly naměřeny hodnoty mezi 489 a 554 $\mu\text{S}/\text{cm}$, což by opět odpovídalo položení nádrže níže na toku než nádrže BR1 a BR2. Významnější je však hodnota pH, která se ve všech obdobích pohybovala nad pH 8, ale v červenci 2015 (pH 9,5) dokonce překračovala nařízením udanou hodnotu (pH 5 – 9). Jedná se o jediný případ překročení hodnoty pH v rámci celého souboru měření na všech nádržích. Tomu odpovídá i vysoká hodnota kyslíku, nasycení u dna i na hladině překračovalo 200 %. S ohledem na čas odběru (12:30) a proměnu počasí (z polojasna na slunečno – viz srovnání Obr. 20 a Obr. 23) se může jednat pouze o stav ovlivněný souhrou okamžitých podmínek. V tomto období byla současně naměřena nejnižší hodnota amoniakálního dusíku (0,034 mg/l).

O dva měsíce později, v září 2015, byla situace značně jiná. Kyslík klesnul na hodnoty 3,82 mg/l u dna a 7,77 mg/l na hladině, což je méně než nařízením udávaná minimální hodnota 9 mg/l. Množství amoniakálního dusíku vyskočilo na hodnotu 0,655 mg/l a fosforečnanový fosfor také dosáhl vysoké hodnoty (0,407 mg/l). Tato nádrž většinou vykazuje zelené zbarvení, které společně se zvýšeným pH odpovídá probíhající intenzivní fotosyntéze (Hartman et al., 1998). Narůstá velké množství fytoplanktonu, který produkuje hodně kyslíku (červenec 2015). Tato masa fytoplanktonu začne později odumírat, při rozkladu spotřebovává kyslík a zároveň se uvolňuje amoniakální dusík (září 2015).

Zooplankton

V říjnu 2014 byla zjištěna velmi nízká biomasa zooplanktonu, dominovali klanonožci, z vírníků pak *Asplanchna priodonta*. Vyskytovaly se i dafnie, konkrétně *Daphnia parvula* a *Daphnia galeata*.

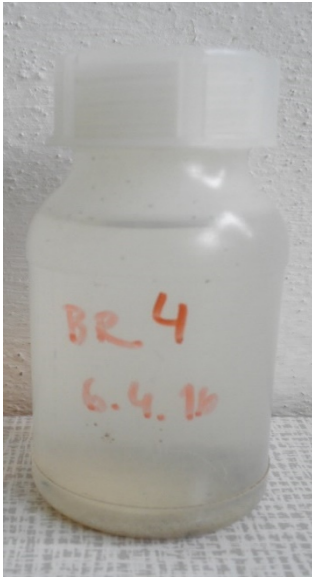
Vzorek z července 2015 byl druhově velmi rozmanitý, krom jiných se vyskytuje i *Daphnia cucullata*, která bývá spíše v jezerech a velkých nádržích.

V září 2015 je v lahvičce viditelná zelenobílá krusta zaujímající horní čtvrtinu obsahu, což jsou sinice *Microcystis* a rozpadlá vlákna *Aphanizomenon*, která v nádrži vytvářela vodní květ. V tomto období byla biomasa zooplanktonu velmi nízká, vyskytují se dafnie, perloočky i buchanky jsou podobného vzrůstu asi 0,6 mm, organismy jsou špatně rozpoznatelné. Obsah lahvičky je zeleně zbarven. Tento vzorek jednoznačně nasvědčuje tvrdému vyžírání tlaku ze strany přítomné rybi obsádky.

Dubnový vzorek z roku 2016 je bez zbarvení, bez znečištění, ale velmi chudý na biomasu. Bohatě je druhově zastoupení vířníků, buchanky byly nalezeny jen v naupliových stádiích, přítomné jsou i dafnie.



Obr. 21: Vzorky zooplanktonu z BR4 (říjen 2014, červenec 2015 a září 2015) s orientačně kalibrovanou PE lahvičkou (Foto: Autor)



Obr. 22: Vzorek zooplanktonu
z BR4 – duben 2016 (Foto: Autor)



Obr. 23: Nádrž BR4 v červenci 2015 (Foto: Autor)

4.3.2.5 *Zhodnocení stavu nádrže BR5*

Výsledky jsou uvedeny na str. 48 v kapitole Výsledky z nádrže BR5, grafy se shrnutými výsledky se nacházejí v příloze č. 2.

Fyzikálně-chemické ukazatele

Konduktivita na poslední nádrži má ve sledovaných obdobích stoupající charakter, od hodnoty 580 $\mu\text{S}/\text{cm}$ v říjnu 2014 k hodnotě 782 $\mu\text{S}/\text{cm}$ v dubnu 2016. Tyto hodnoty jsou o dost vyšší než hodnoty třeboňských rybníků dle OPR 2012. Nádrž se již nachází v urbanizované oblasti, tok však předtím v délce 20 kilometrů protéká spíše zemědělskou a průmyslovou krajinou. Soukupová et al. (2015) ve svém výzkumu poukazuje na výskyt mnohých bodových (chatové osady), ale i nebodových (komunikace) zdrojů znečištění Botiče před zaústěním do nádrže BR5, které by mohly mít vliv na zvyšující se hodnoty konduktivity. Hodnota pH byla v říjnu 2014 zvýšená (pH 8,4), v červenci 2015 se přiblížila limitu (pH 8,9), v září 2015 se dostává do neutrální oblasti (pH 6,7) a v dubnu 2016 se zase zvýšila na pH 8,6. Tento trend kopíruje kyslík,

který v červenci 2015 dosahoval nasycení u dna 122,9 % a u hladiny 142,6 %, v září 2015 se propadnul na 63,2 % u dna a 73,0 % na hladině. Hodnoty z dubna 2016 však byly nejvyšší, u dna bylo naměřeno 136,4% nasycení kyslíkem a na hladině 147,7%. Tyto stavy by odpovídaly nárůstu fytoplanktonu na počátku vegetační sezóny, který fotosyntetickou asimilací produkuje velké množství kyslíku (červenec 2015), ale s končící sezónou (září 2015) pravděpodobně převládají v nádrži respirační procesy nad primární produkcí. Duben 2016 svými hodnotami vykazuje začátek nové vegetační sezóny.

V říjnu 2014 a září 2015 bylo naměřeno zvýšené množství fosforečnanového fosforu (0,330 mg/l a 0,223 mg/l) oproti hodnotě udávané nařízením (0,150 mg/l). V červenci 2015 a v dubnu 2016 se fosforečnany vešly do limitu (0,110 mg/l a 0,089 mg/l). Podobný trend vykazuje i amoniakální dusík, v říjnu 2014 bylo jeho množství lehce zvýšené (0,312 mg/l), v červenci 2015 a dubnu 2016 se vešel do limitu udávaného normou (0,165 mg/l a 0,103 mg/l). V září 2015 však bylo naměřeno 0,637 mg/l, což by společně s nižším množstvím rozpuštěného kyslíku odpovídalo převažujícím rozkladným procesům v nádrži. Nižší hodnoty živin na začátku sezóny (duben 2016) odpovídají nárůstu fytoplanktonu, který spotřebovává při fotosyntéze fosforečnany, jak uvádí Lellák a Kubiček (1992), a zároveň odpovídá nízkému amoniakálnímu dusíku na začátku vegetačního období podle Ambrožové (2001).

Zooplankton

Ve vzorku zooplanktonu z října 2014 dominovaly buchanky, převážně v naupliových a kopepoditových stádiích. Jejich dominanci je pravděpodobně omezeno množstvím vírníků, dafnie se vyskytují jen ojediněle. Množství biomasy patří v porovnání s ostatními sledovanými nádržemi ve všech obdobích k tomu většímu, ale organismy jsou jen malého vzrůstu. Hrubší zooplankton je evidentně regulován rybami, celkový vzorek odpovídá nádrži s dlouhodobou přítomností planktonofágních druhů ryb.

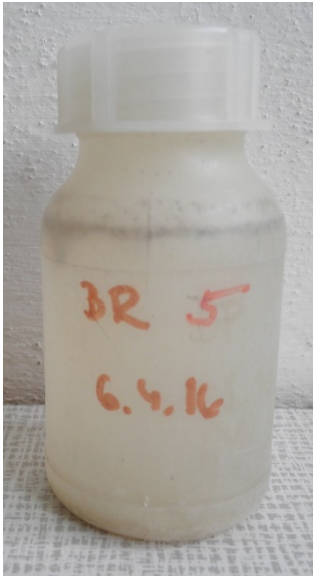
V červencovém odběru roku 2015 dominují klanonožci, zooplankton je velmi prožraný, nevyskytují se žádné dafnie. Vzorek opět nasvědčuje trvalému tlaku planktonofágních ryb.

V září 2015 dominují naupliová a kopepoditová stadia buchanek velikosti asi 0,2 mm, nebyl nalezen žádný dospělec. Vyskytují se drobnější perloočky včetně dafnií, velikostně okolo 0,1 mm. Vířníci jsou bohatě druhově zastoupeni, dominuje *Polyarthra sp.* Množství biomasy je nízké. Velikostní zastoupení zooplanktonu poukazuje na pravděpodobný silný vyžírací tlak rybí obsádky.

V dubnu 2016 byla opět biomasa zooplanktonu velmi nízká, vzorek je však rozmanitý. Vyskytují se perloočky malého věku (do 0,1 mm), naupliová a kopepoditová stadia klanonožců, byl nalezen dospělý jedinec vznášivky. Vířníci jsou zastoupeni mnoha různými druhy.



Obr. 24: Vzorky zooplanktonu z BR5 (říjen 2014, červenec 2015 a září 2015) s orientačně kalibrovanou PE lahvičkou (Foto: Autor)



Obr. 25: Vzorek zooplanktonu z BR5 – duben 2016 (Foto: Autor)



Obr. 26: Nádrž BR5 v dubnu 2016 – hromadící se znečištění u hráze (Foto: Autor)

4.3.3 Porovnání nádrží

Hodnoty sledovaných ukazatelů často vykazují podobné hodnoty u nádrží BR1 a BR2 (konduktivita, pH, O₂, teplota), které se nacházejí na počátku toku Botiče a zároveň jsou blízko sebe. Hodnoty konduktivity a teploty se podobaly také na nádržích BR3 a BR4, které jsou na toku již dále, ale opět jsou ve vzájemné blízkosti a je pravděpodobné, že se ovlivňují. Nádrž BR5 vykazuje některé hodnoty odpovídající její velikosti a také položení v urbanizovaném území (vyšší konduktivita, teplota).

Z pohledu konduktivity jsme u prvních dvou nádrží (BR1 a BR2) měřili hodnoty mezi 200 – 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$, které jsou zcela běžné u povrchových vod. Třetí a čtvrtá nádrž (BR3 a BR4) se pohybovaly v rozmezí 500 – 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Tyto již vyšší hodnoty jsou způsobeny tím, že nádrže se vyskytují níže na toku, který protéká zemědělskou krajinou, a lze předpokládat, že dochází ke splachům z povodí. Nádrž BR5 s konduktivitou 580 – 782 $\mu\text{S}/\text{cm}$ poukazuje na pravděpodobné větší množství bodových znečištění na toku před nádrží. Podle místních rybářů je všeobecně známo, že rodinné domy v místech, kde Botič přitéká do nádrže, vypouštějí do toku odpadní vodu.

U nádrže BR4 byl předpoklad zvýšeného živinového zatížení z důvodu zaústění ČOV z Kocandy a Jesenice nad vtokem do nádrže. V porovnání s nádrží BR3, jejíž hráz se nachází méně než kilometr nad BR4, se zjišťované ukazatele výrazně neliší. Značně vyšší koncentrace P-PO₄³⁻ a N-NH₄⁺ jsou na nádrži BR4 zaznamenány jen v září 2015, kdy byl odběr prováděn po deštivém období, při němž mohla dešťová voda ředit vodu splaškovou a na ČOV tak mohlo docházet k horšímu přečištění vody. Kvalita vody v BR4 by tedy zaústěnou ČOV ovlivněna být mohla, ale je potřeba tuto teorii potvrdit dalšími výzkumy.

Vzorky zooplanktonu zřídka dosahují objemu 10 ml biomasy v lahvičce. Obecně lze tedy říci (dle hodnocení OPR 2014), že je ve všech posuzovaných nádržích velmi nízká biomasa planktonu. V případě první nádrže (BR1) je to pravděpodobně způsobeno dlouhodobým organickým zatížením, které neposkytuje podmínky k masivnímu rozvoji zooplanktonu. U ostatních nádrží je předpokládán silný vyžírací tlak ze strany rybí obsádky, na který poukazuje druhové a velikostní složení zooplanktonu, porovnané s výsledky výskytu zooplanktonu v nádržích s rybami a bez ryb podle

Gliwicze (2009). Kromě nádrže BR5 by žádná neměla mít rybochovnou funkci. To však nekoresponduje s výsledky tohoto výzkumu a pozorováním při odběrech, kdy byly několikrát ryby zahlédnuty.

V první nádrži (BR1) při všech odběrech dominovala *Copepoda*. Tento jev je obvyklý na menších nádržích, jak uvádí Williamson a Reid (2009), což odpovídá charakteru této nádrže.

Na všech nádržích se minimálně při dvou odběrech vyskytovaly perloočky rodu *Daphnia*. Z celkového počtu odběrů byly dafnie identifikovány v 75 % případů. Díky jejich schopnosti filtrovat drobný fytoplankton zabraňují masivnímu rozvoji řas a sinic. V eutrofních nádržích jsou podle Istvánovicse (2009) schopny přefiltrovat celý objem vody 4–5 krát za den. Tento jev je však závislý na početním zastoupení dafnií, které nebylo v této studii určováno.

5 ZÁVĚR

Tato diplomová práce vznikla v rámci projektu *TACR TE02000077 Smart Regions – Buildings and settlements information modelling, technology and infrastructure for sustainable development* a během dalšího pokračování projektu bude výzkum rozšířen. Práce shrnuje a vyhodnocuje dosavadní výsledky, je nástrojem ke zjištění, kterým směrem je potřeba výzkum ubírat a jaká další data by bylo vhodné doplnit.

Zájmové nádrže byly pozorovány v průběhu tří let, v odlišných ročních dobách. Není k dispozici ucelený soubor dat vystihující všechny fyzikálně-chemické i biologické změny v nádržích během jedné vegetační sezóny. Výsledky nám tedy ukazují pouze okamžité stavy, nelze z nich dobře vypozařovat žádný trend, který by charakterizoval stav nádrže z dlouhodobého hlediska. Za tímto účelem byly dílčí výsledky porovnány a konzultovány s širokým souborem dat, které vyplývají z dlouhodobého pozorování soustavy rybníků na Třeboňsku.

Přes absenci vstupních údajů o způsobu hospodaření na řešených nádržích byly nádrže BR2 – BR5 identifikovány jako nádrže s vysoce pravděpodobnou dlouhodobou rybí obsádkou, která ve všech těchto nádržích vyvíjí během sezóny silný vyžírací tlak na přítomný zooplankton.

Nádrže na Botiči tvoří na sebe navazující soustavu. Je předpoklad zhoršující se kvality vody směrem od pramene dolů po toku s ohledem na postupné přibývání zdrojů znečištění. Tato teorie se potvrdila jen částečně, k lepšímu posouzení by bylo potřeba větší množství vstupních údajů.

Další výzkum by bylo vhodné rozšířit o vyhodnocování celkového fosforu (TP), celkového dusíku (TN) a množství nerozpuštěných látek. K větší reprezentativnosti výsledků by bylo také třeba provádět odběry v kratších intervalech, aby byl zřetelnější trend jednotlivých ukazatelů.

6 ZDROJE

ADÁMEK, Zdeněk, J. Helešic, B. Maršálek, M. Rulík. *Aplikovaná hydrobiologie*. Vyd. 1. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický, 2008. ISBN 978-80-85887-79-2.

AMBROŽOVÁ, Jana. *Aplikovaná a technická hydrobiologie*. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2001. ISBN 80-7080-463-7.

BAXA, Marek. *Vliv rybářského hospodaření na strukturu a dynamiku potravních organismů a na kvalitu vodního prostředí na vybraných rybníčních soustavách*. Lišov, 2010. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí práce doc. RNDr. Libor Pechar, CSc.

BAXA, Marek. *Vliv rybářského hospodaření na strukturu a dynamiku potravních organismů a na kvalitu vodního prostředí v rybnících*. Vodňany, 2008. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí práce doc. RNDr. Libor Pechar, CSc.

Botič | Pražská příroda, © Hlavní město Praha, 2013 [online]. [cit. 2016-05-01].
Dostupné z: <http://www.praha-priroda.cz/vodni-plochy-a-potoky/vodni-toky/botic/>

ČSN 75 2410 *Malé vodní nádrže* ze dne 1. listopadu 1997.

ČSN 75 7221 *Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod* ze dne 1. července 1990.

DURAS, Jindřich, Jan POTUŽÁK, Michal MARCEL a Libor PECHAR. Rybníky a jakost vody. *Vodní hospodářství*. 2015, 65(7), 16 - 24.

Evidence vodních nádrží (Voda, eAgri), © 2009 – 2015 Ministerstvo zemědělství [online]. [cit. 2016-04-15]. Dostupné z:
<http://eagri.cz/public/web/mze/voda/aplikace/evidence-vodnich-nadrzi.html>

FAINA, R. a F. KUBŮ. *Chov ryb ve stabilizačních a akumulacích rybnících*. Vodňany: Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický, 1989.

GLIWICZ, Z. M. Competition and Predation. In: ED.-IN-CHIEF: GENE E. LIKENS. *Encyclopedia of inland waters*. Amsterdam: Elsevier; Academic Press, 2009, s. 623-632. ISBN 9780123706300.

HAVEL, J. E. Cladocera. In: ED.-IN-CHIEF: GENE E. LIKENS. *Encyclopedia of inland waters*. Amsterdam: Elsevier; Academic Press, 2009, s. 611-622. ISBN 9780123706300.

HARTMAN, Pavel, Ivo PŘIKRYL a Eduard ŠTĚDRONSKÝ. *Hydrobiologie*. 2., přeprac. vyd. Praha: Infomatorium, 1998. ISBN 80-86073-27-0.

ISTVÁNOVICS, V. Eutrophication of Lakes and Reservoirs. In: ED.-IN-CHIEF: GENE E. LIKENS. *Encyclopedia of inland waters*. Amsterdam: Elsevier; Academic Press, 2009, s. 157-165. ISBN 9780123706287.

JEPPESEN, Erik. *The ecology of shallow lakes: trophic interactions in the pelagial : doctor's dissertation (DSc)*. Silkeborg: Ministry of Environment and Energy, National Environmental Research Institute, 1998. ISBN 8777724143. [online] [cit. 2016-05-10]. Dostupné z:

http://www.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrappporter/rappporter/FR247.pdf

KENDER, Jan (ed.). *Teoretické a praktické aspekty ekologie krajiny*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2000. ISBN 80-7212-148-0.

KOMÍNKOVÁ, Dana, Gabriela ŠTASTNÁ, David STRÁNSKÝ, Jana NÁBĚLKOVÁ, Lucie DOLEŽALOVÁ, Libuše BENEŠOVÁ a Jakub HORECKÝ. *Nesmrtelnost vody*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2014. ISBN 978-80-01-05596-0.

LANGROVÁ et al. *Zoologie bezobratlých*. Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2010. ISBN 978-80-213-2111-3.

LELLÁK, Jan a František KUBÍČEK. *Hydrobiologie*. 1. vyd. Praha: Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum, 1992. ISBN 80-7066-530-0.

NÁBĚLKOVÁ, Jana a Jana NEKOVÁŘOVÁ. *Chemie: chemie životního prostředí*. V Praze: České vysoké učení technické, 2010. ISBN 978-80-01-04534-3.

Nařízení č. 401/2015 Sb. *o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech* ze dne 14. prosince 2015.

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 259/2012 ze dne 14. března 2012, kterým se mění nařízení (ES) č. 648/2004, pokud jde o používání fosforečnanů a jiných sloučenin fosforu v pracích prostředcích pro spotřebitele a v detergentech určených pro automatické myčky nádobí pro spotřebitele.

Obchody mohou své zásoby pracích prostředků s fosforem doprodat – Ekolist.cz, © BEZK [online]. [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: http://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/obchody-mohou-sve-zasoby-pracich-prostredku-s-fosforem-doprodat?add_disc=1

Operační program rybnářství: Technická zpráva pilotního projektu *Identifikace a eliminace rizik kyslíkových deficitů*. Třeboň, 2014

Operační program rybnářství: Technická zpráva pilotního projektu *Komplexní systém kontroly kvality rybníčních nádrží – klíčový nástroj pro efektivní produkci ryb*. Třeboň, 2012

PECHAR, Libor. Století eutrofizace rybníků - synergický efekt zvyšování zátěže živinami (fosforem a dusíkem) a nárůstu rybích obsádek. *Vodní hospodářství*. 2015, 65(7), 1 - 6.

PETRUSEK, Adam. Modelka Daphnia. *Vesmír*. 2010, 89(7), 470-473.

PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. 5. aktualizované a doplněné vydání. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2015. ISBN 978-80-7080-928-0.

PŘÍKRYL, Ivo, Richard FAINA a Martin DUŠEK. *Obnova rybníčních ekosystémů v České republice a jejich správný management* [online]. [cit. 2016-03-27]. Dostupné z: <http://www.enki.cz/download.php?id=106>

Soukupová, K., Nábělková, J., Pollert, J. Monitoring vlivu bodových a nebodových zdrojů znečištění na vodní tok Botič. *Vodovod.info - vodárenský informační*

portál[online]. 13.11.2015, 11/2015, [cit. 2016-05-13]. Dostupný z WWW:
<http://vodovod.info>. ISSN 1804-7157.

ŠÁLEK, Jan. *Malé vodní nádrže v životním prostředí*. Ostrava: Vysoká škola báňská -
Technická universita, 1996. Phare, sv. 27. ISBN 80-7078-370-2.

Technická zpráva Botič, Povodí Vltavy s. p.

Vodní hospodářství a ochrana vod, © ČÚZK [online]. [cit. 2016-04-15]. Dostupné z:
http://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=mp_heis_voda&TMPL=AJAX_MAIN&IFRAME=1&LEGEND_HIDE=0&QUERY_SELECTION=1&FULLTEXT_CHECKED=1

Vodní toky: Hostivařská přehrada (Vodní dílo Hostivař), © 2016 Vodní toky [online].
[cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://www.lhmp.cz/vt/prazske-nadrze-2/vodni-dila/hostivarska-prehrada-vodni-dilo-hostivar/>

Vyhláška č. 78/2006 Sb., kterou se mění vyhláška č. 221/2004 Sb., kterou se stanoví
seznamy nebezpečných chemických látek a nebezpečných chemických přípravků, jejichž
uvádění na trh je zakázáno nebo jejichž uvádění na trh, do oběhu nebo používání je
omezeno, ve znění vyhlášky č. 109/2005 Sb. ze dne 20. února 2006.

WALLACE, R. L., H. A. SMITH. Rotifera. In: ED.-IN-CHIEF: GENE E.
LIKENS. *Encyclopedia of inland waters*. Amsterdam: Elsevier; Academic Press, 2009,
s. 689-703. ISBN 9780123706300.

WILHELM, F. M. Pollution of Aquatic Ecosystems I. In: ED.-IN-CHIEF: GENE E.
LIKENS. *Encyclopedia of inland waters*. Amsterdam: Elsevier; Academic Press, 2009,
s. 110-119. ISBN 9780123706300.

WILLIAMSON, C. E., J. W. REID. Copepoda. In: ED.-IN-CHIEF: GENE E.
LIKENS. *Encyclopedia of inland waters*. Amsterdam: Elsevier; Academic Press, 2009,
s. 633-642. ISBN 9780123706300.

WURTS, William A. *Pond pH and Ammonia Toxicity* [online]. 2003 [cit. 2016-05-14].
Dostupné z: <http://www2.ca.uky.edu/wkrec/pHAMmonia.PDF>

Zákon č. 99/2004 Sb., o rybníkářství, výkonu rybářského práva, rybářské stráží, ochraně mořských rybolovných zdrojů a o změně některých zákonů (zákon o rybářství) ze dne 5. března 2004.

Zákon č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny ze dne 19. února 1992.

Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) ze dne 25. července 2001.

ZELINKA, Miloš, Petr MARVAN a František KUBÍČEK. Hodnocení čistoty povrchových vod. Opava: Slezský ústav Československé akademie věd v Opavě, 1959.

7 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1: Tabulka fyzikálně-chemických ukazatelů

Příloha č. 2: Grafy fyzikálně-chemických ukazatelů

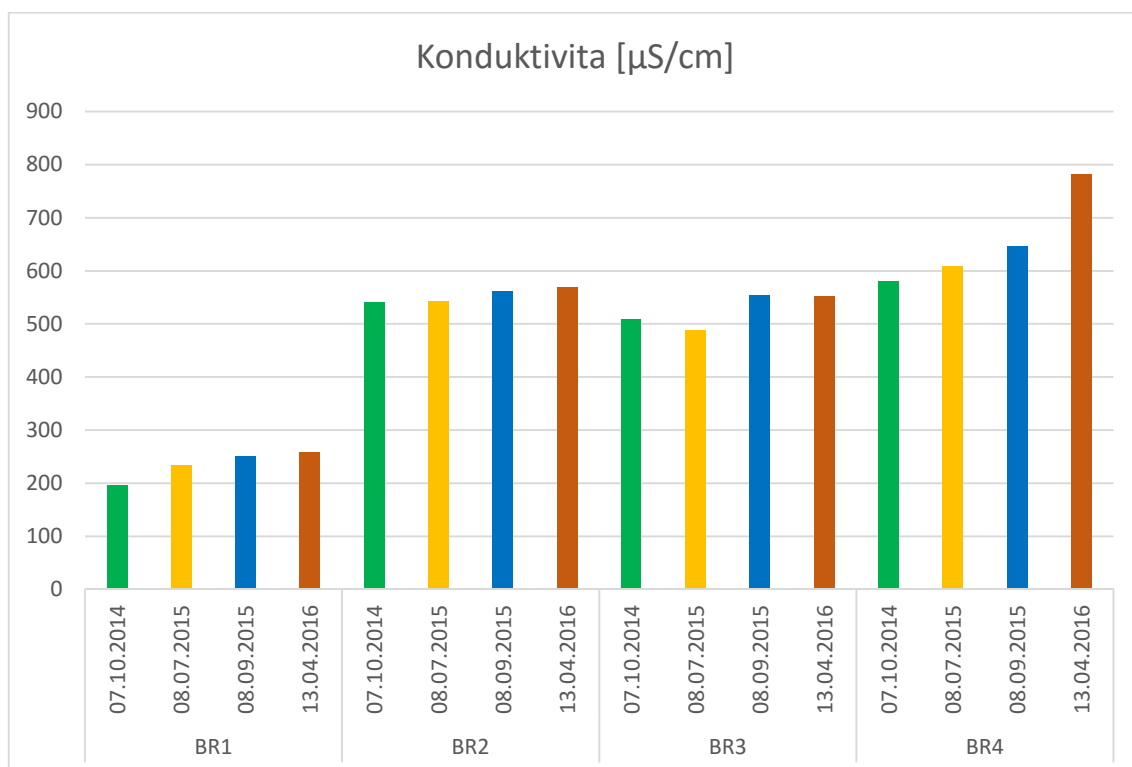
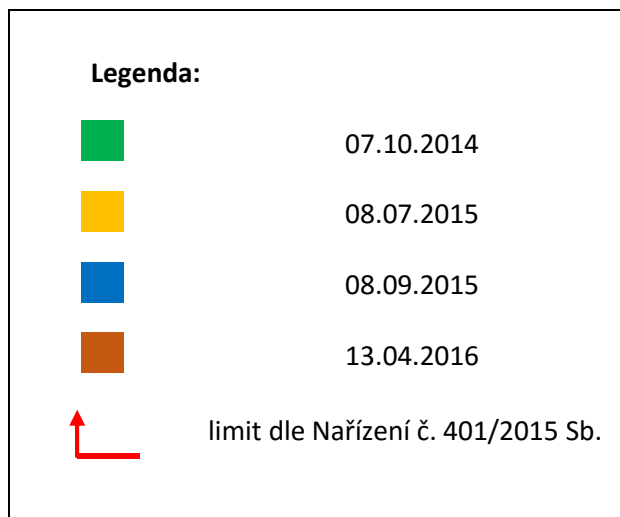
Příloha č. 3: Taxalist nalezených druhů zooplanktonu

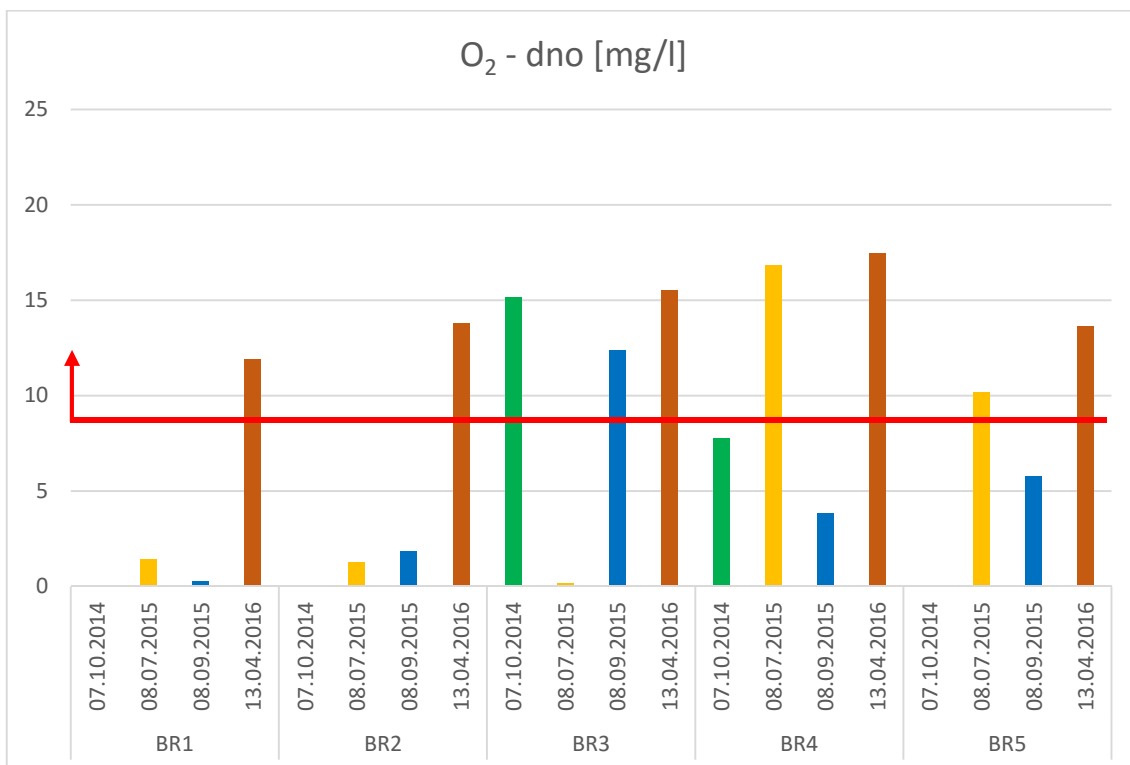
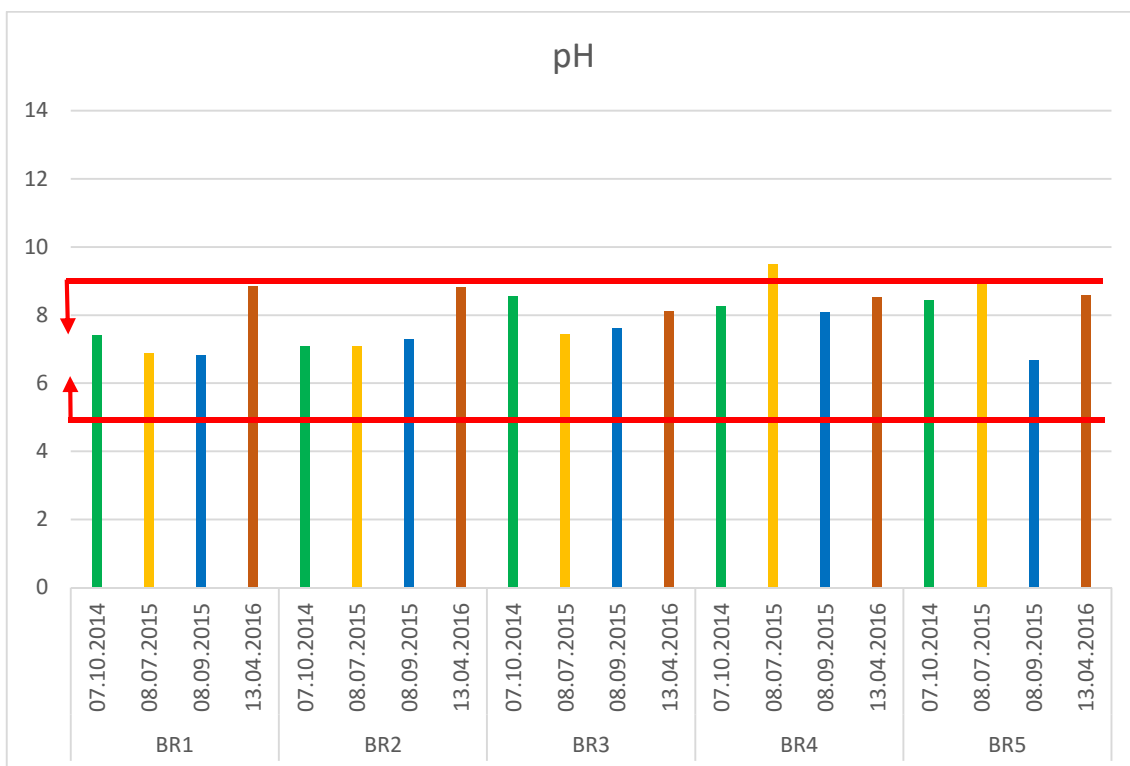
Příloha č. 4: Fotografie zooplanktonu

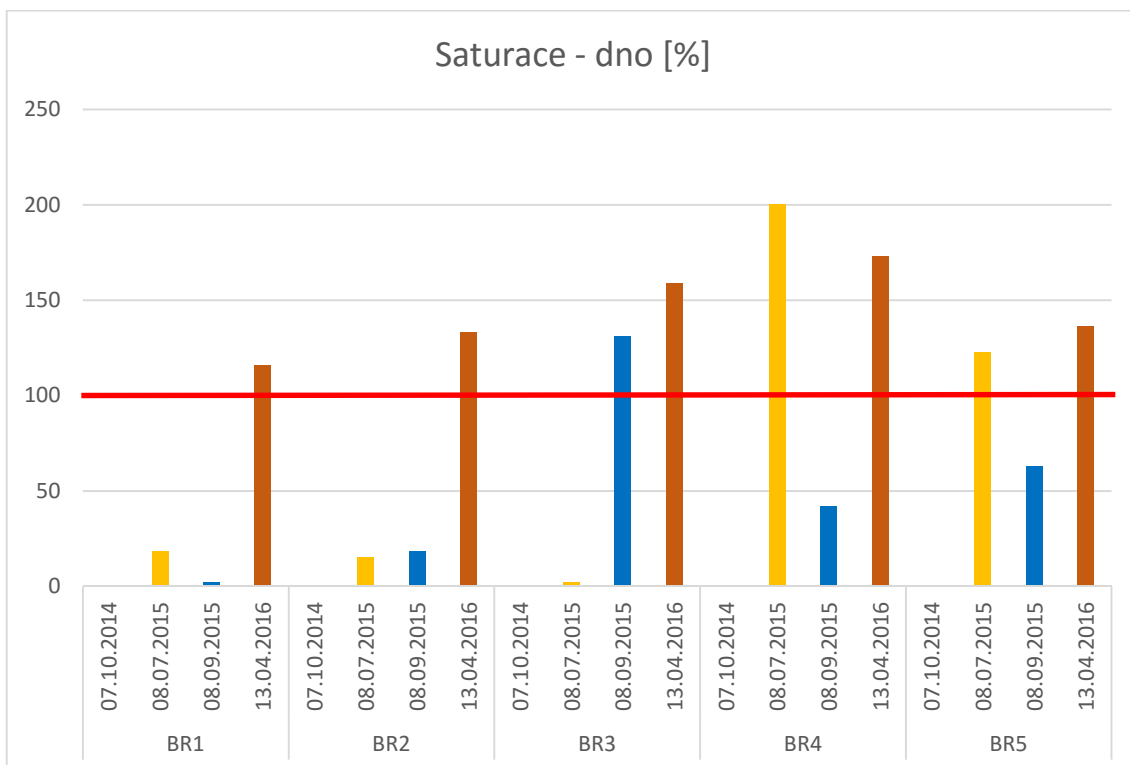
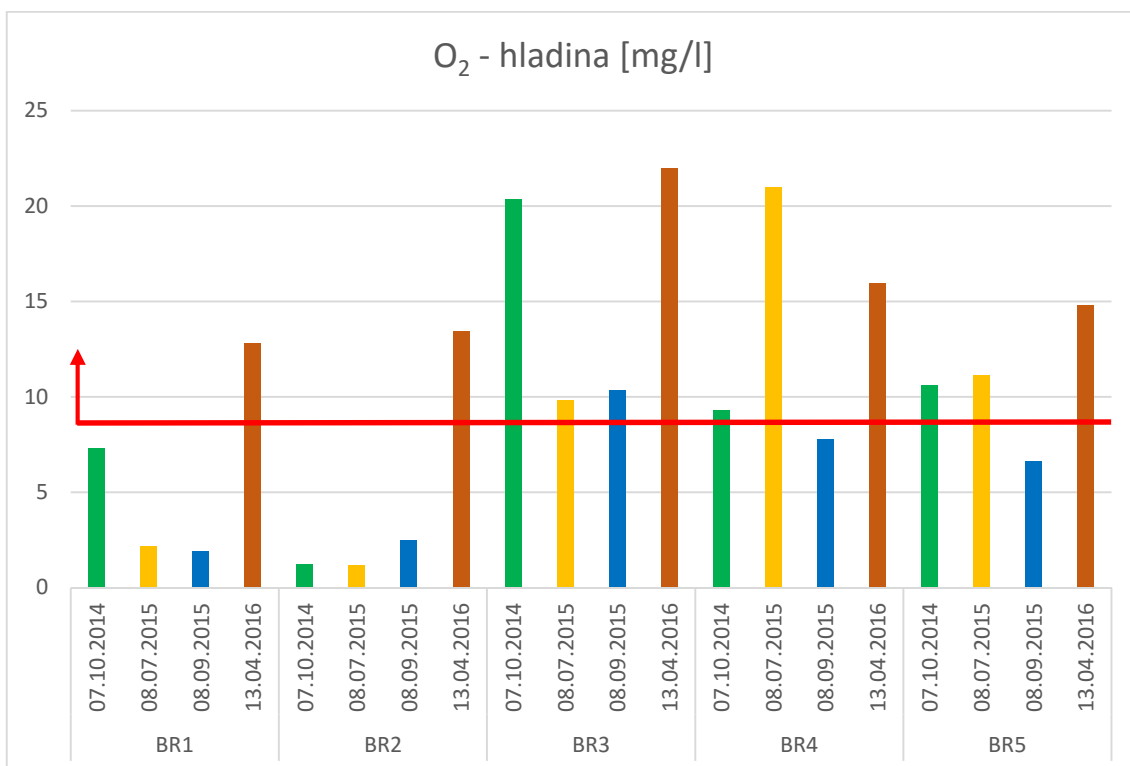
		čas odběru	zabarvení	průhlednost	vodivost	pH	O2 dno	O2 hlad.	saturace dno	saturace hlad.	T dno	T hlad.	P-PO ₄ ³⁻	N-NH ₄ ⁺	Chl α
				cm	μ S/cm	-	mg/l	mg/l	%	%	°C	°C	mg/l	mg/l	μ g/l
	limit					5 - 9	> 9	> 9			< 29	< 29	0,15	0,23	
BR1	10/2014	-	-	-	254	7,4	-	7,30	-	65,2	-	10,4	0,240	0,113	-
	07/2015	11:00	šedožlutohnědá	40 (dno)	243	6,9	1,45	2,16	18,7	24,5	-	21,5	0,463	1,110	-
	09/2015	11:00	šedivá	20	311	6,8	0,26	1,92	2,4	19,0	11,8	12,5	0,212	0,160	31,2
	04/2016	9:00	hnědošedá	40 (dno)	254	8,9	11,89	12,84	116,2	123,7	11,4	10,7	0,095	0,080	38,9
BR2	10/2014	-	-	-	197	7,1	-	1,20	-	11,0	-	11,4	0,540	0,102	-
	07/2015	11:15	šedožlutá	80 (dno)	233	7,1	1,28	1,16	15,2	13,0	-	21,0	0,186	0,029	-
	09/2015	11:15	rezavohnědá	60	250	7,3	1,86	2,50	18,7	25,5	13,7	14,3	0,252	0,039	99,5
	04/2016	9:15	šedohnědá	80 (dno)	259	8,8	13,79	13,46	133,1	132,0	10,8	11,5	0,096	0,042	29,3
BR3	10/2014	-	-	-	541	8,6	15,16	20,38	-	192,9	-	12,9	0,430	0,223	-
	07/2015	11:30	zelenošedá	15	543	7,4	0,18	9,84	2,2	120,4	21,9	24,2	0,289	0,156	-
	09/2015	11:30	šedohnědá	20	562	7,6	12,36	10,35	131,2	109,8	16,4	16,5	0,196	0,138	90,3
	04/2016	9:45	žlutohnědá	80	569	8,1	15,54	21,99	159,0	218,5	12,2	12,4	0,170	0,036	147,5
BR4	10/2014	-	-	-	508	8,3	7,76	9,33	-	91,1	-	14,3	0,310	0,376	-
	07/2015	12:30	žlutozelená	70	489	9,5	16,84	20,99	200,7	268,1	24,2	25,4	0,346	0,034	-
	09/2015	12:30	žlutozelená	50	554	8,1	3,82	7,77	41,9	86,3	18,2	18,8	0,407	0,655	67,4
	04/2016	10:15	hnědožlutá	35	552	8,5	17,48	15,94	173,1	158,1	12,7	12,8	0,194	0,114	57,7
BR5	10/2014	-	-	-	580	8,4	-	10,60	-	106,5	-	15,6	0,330	0,312	-
	07/2015	14:30	žlutozelená	80	608	8,9	10,19	11,13	122,9	142,6	24,8	26,0	0,110	0,165	-
	09/2015	9:45	žlutozelená	> 100	647	6,7	5,76	6,62	63,2	73,0	18,6	18,8	0,223	0,637	52
	04/2016	11:15	zelenožlutá	> 100	782	8,6	13,62	14,79	136,4	147,7	13,7	13,4	0,089	0,103	18,7

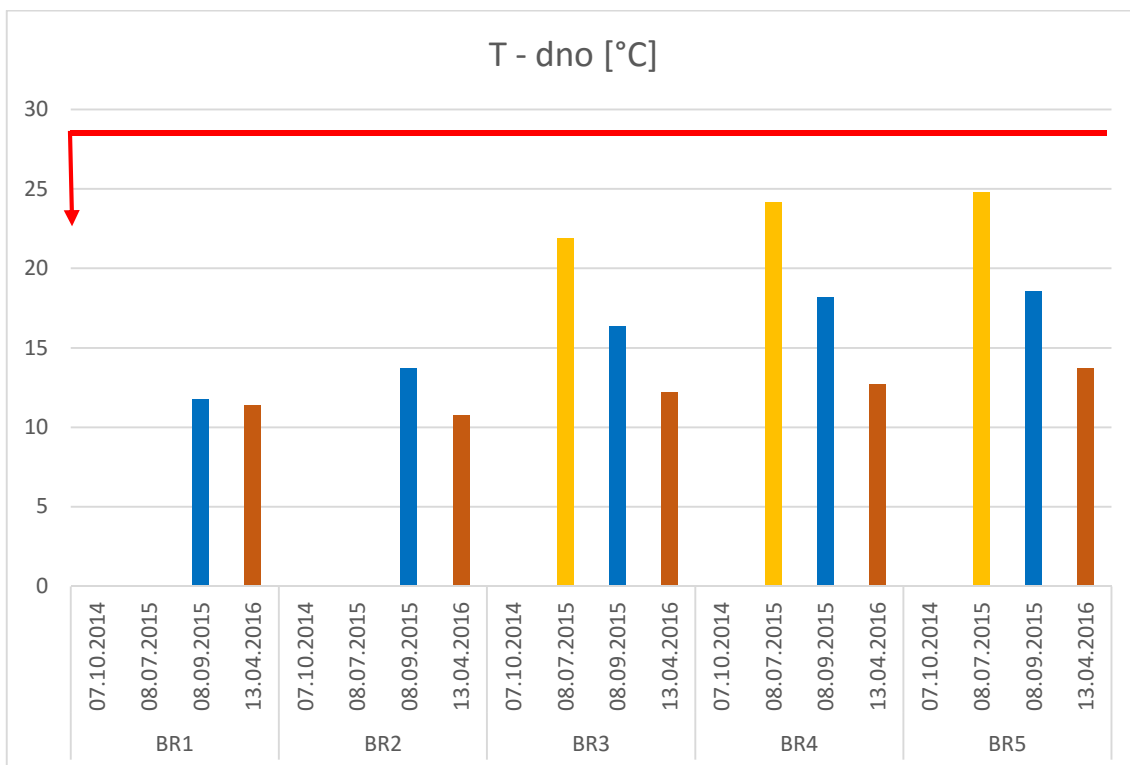
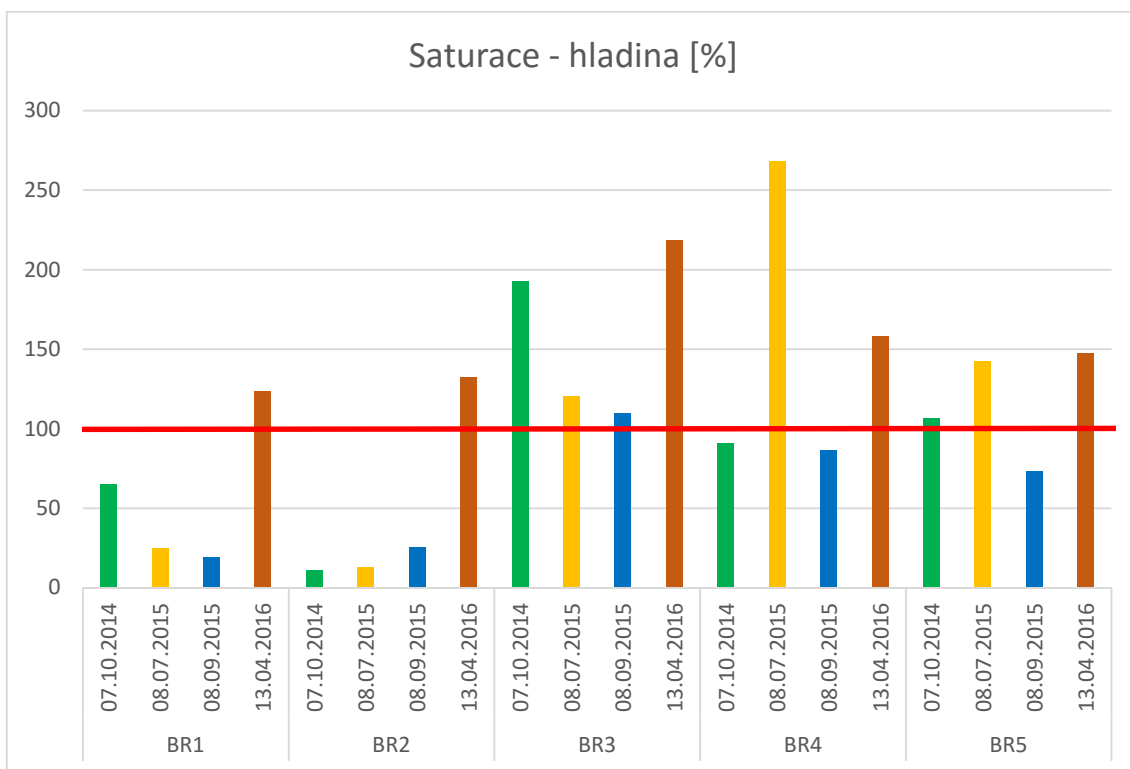
Příloha č. 1: Tabulka fyzikálně-chemických ukazatelů

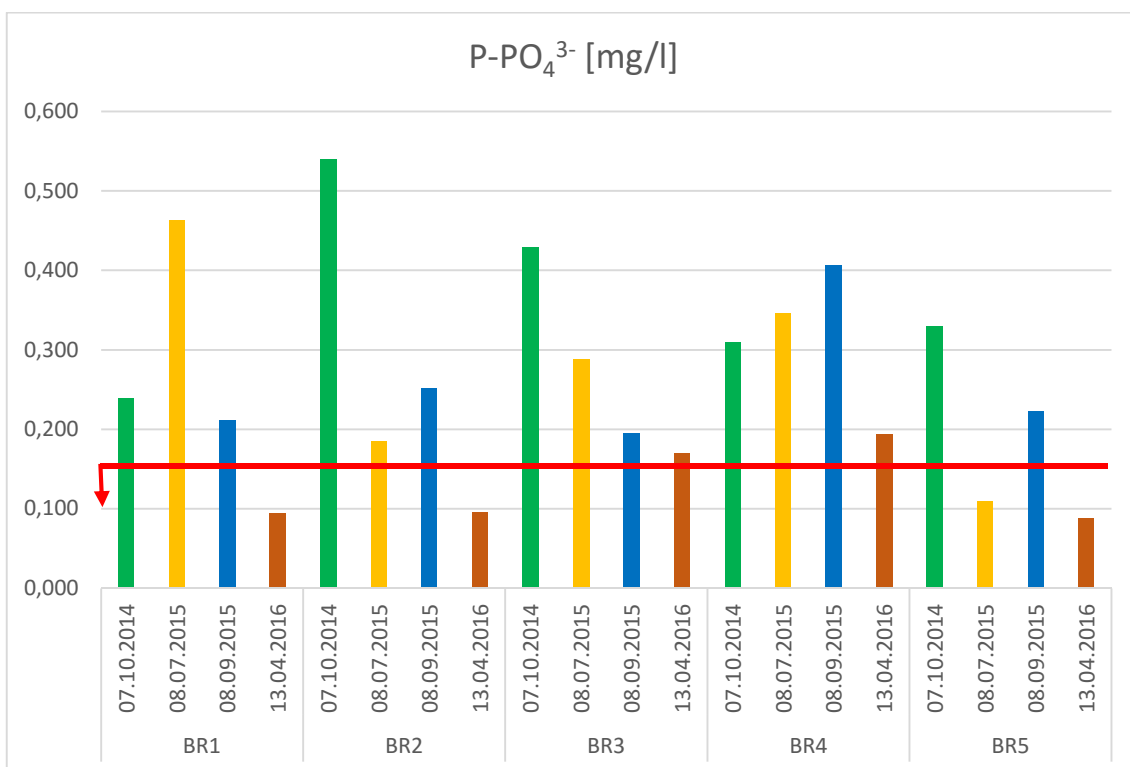
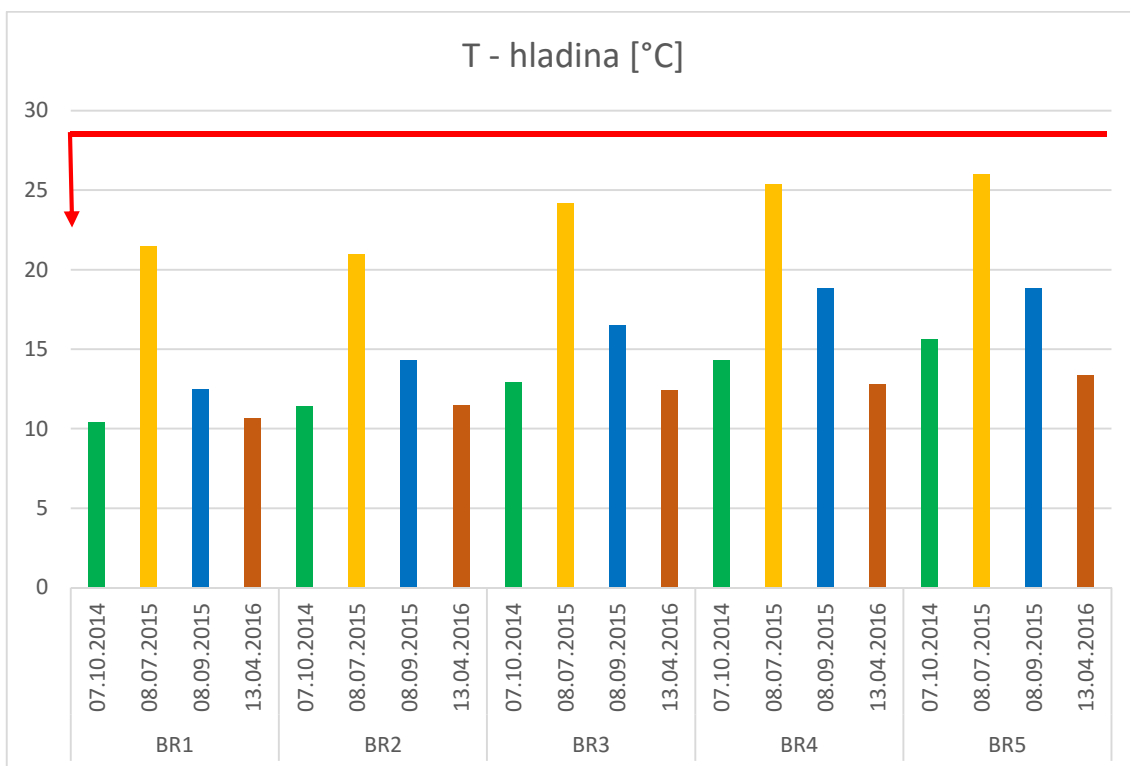
Příloha č. 2: Grafy fyzikálně-chemických ukazatelů

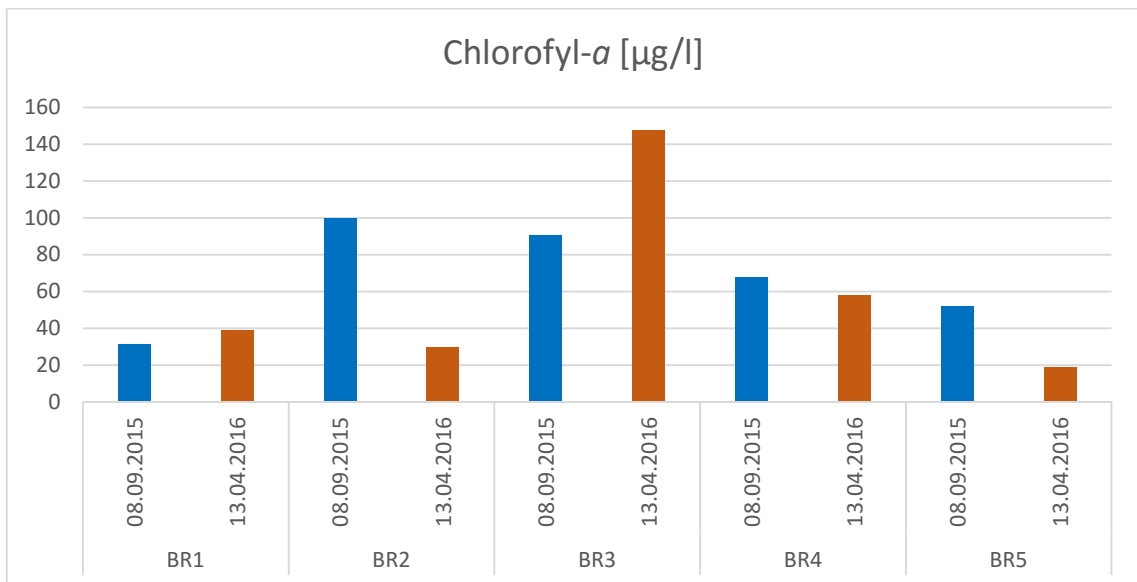
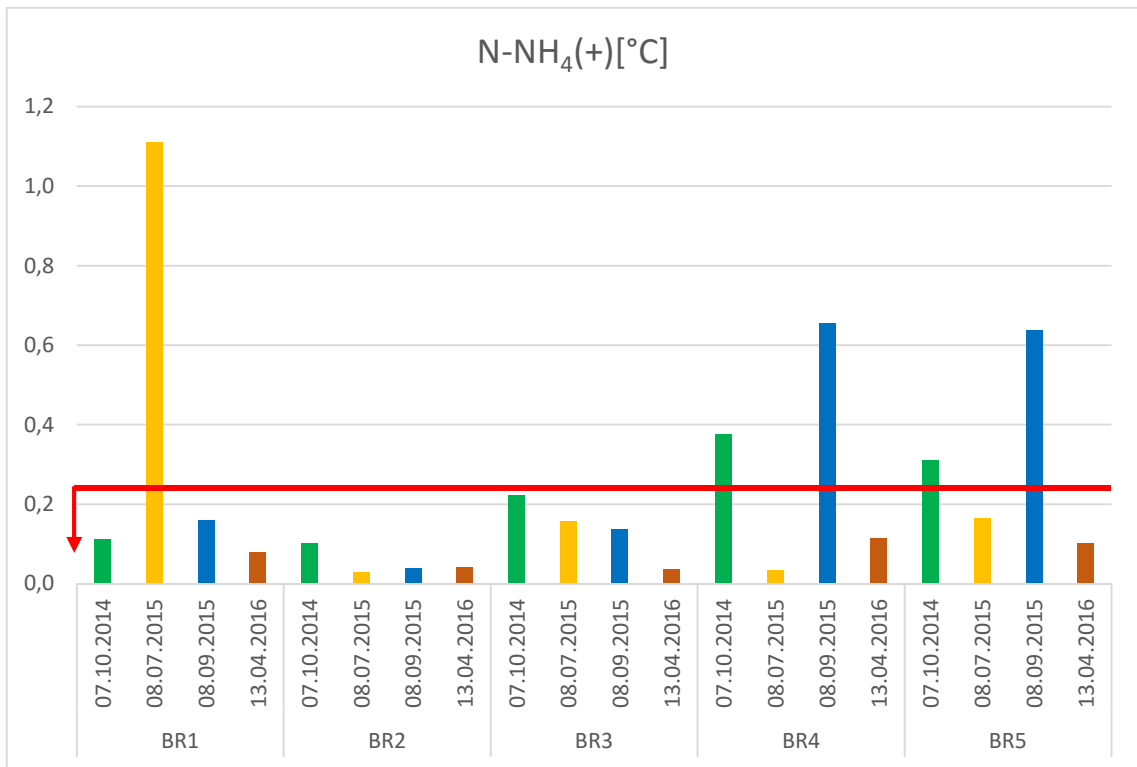












Příloha č. 3: Taxalist nalezených druhů zooplanktonu

cl	<i>Bosmina longirostris</i>	
cl	<i>Ceriodaphnia pulchella</i>	
cl	<i>Ceriodaphnia</i> sp.	
cl	<i>Daphnia cucullata</i>	
cl	<i>Daphnia galeata</i>	
cl	<i>Daphnia longispina</i>	
cl	<i>Daphnia parvula</i>	
cl	<i>Daphnia pulex</i>	
cl	<i>Daphnia pulicaria</i>	*
cl	<i>Daphnia</i> sp.	
cl	Chydoridae sp.	
cl	<i>Chydorus sphaericus</i>	
cl	<i>Moina micrura</i>	
cl	<i>Pleuroxus truncatus</i>	
cl	<i>Scapholeberis mucronata</i>	*
cl	<i>Scapholeberis</i> sp.	
cl	<i>Simocephalus vetulus</i>	
co	<i>Acanthocyclops</i> sp.	
co	Calanoida sp.	
co	<i>Cyclops</i> sp.	
co	<i>Cyclops strennus</i>	
co	<i>Eucyclops serrulatus</i>	*
co	<i>Eucyclops</i> sp.	
co	Harpacticoida sp.	
co	<i>Macrocyclops</i> sp.	
co	<i>Thermocyclops crassus</i>	
ro	<i>Anuraeopsis fissa</i>	
ro	<i>Asplanchna priodonta</i>	
ro	<i>Asplanchna</i> sp.	
ro	<i>Brachionus angularis</i>	
ro	<i>Brachionus calyciflorus</i>	
ro	<i>Brachionus nilsoni</i>	*
ro	<i>Brachionus quadridentatus</i>	
ro	<i>Brachionus</i> sp.	
ro	<i>Brachionus urceolaris</i>	*
ro	<i>Filinia longiseta</i>	
ro	<i>Filinia</i> sp.	
ro	<i>Keratella cochlearis</i>	

ro	Keratella hiemalis	
ro	Keratella quadrata	
ro	Lecane sp.	
ro	Platylabus quadricornis	
ro	Polyarthra dolichoptera	
ro	Polyarthra euryptera	*
ro	Polyarthra major	*
ro	Polyarthra sp.	
ro	Polyarthra vulgaris	*
ro	Pompolyx sulcata	
ro	Synchaeta pectinata	
ro	Trichocerca sp.	

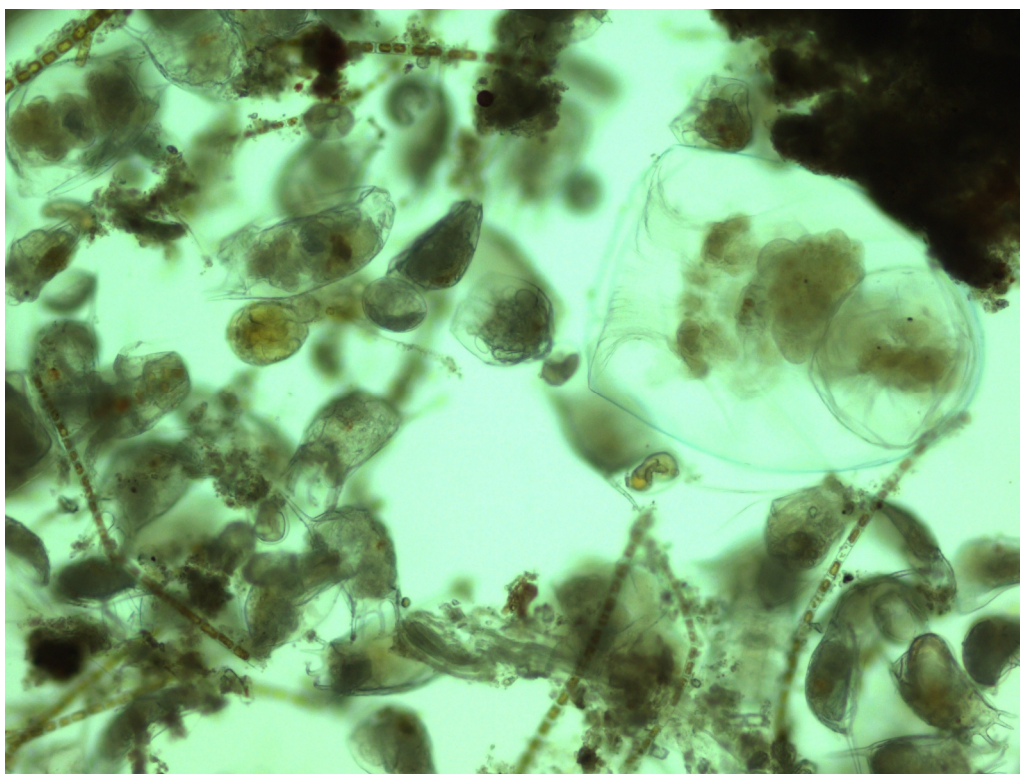
Vysvětlivky:

- cl *Cladocera* (perloočky)
- co *Copepoda* (klanonožci)
- ro *Rotifera* (vířníci)
- * nepotvrzený druh

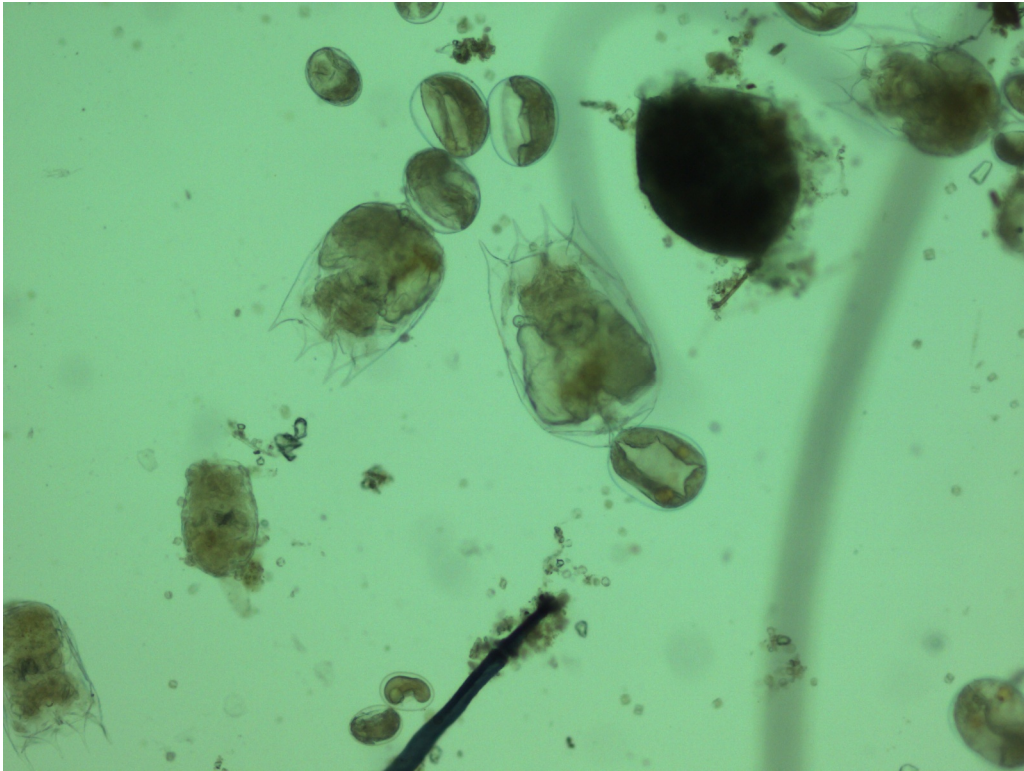
Příloha č. 4: Fotografie zooplanktonu



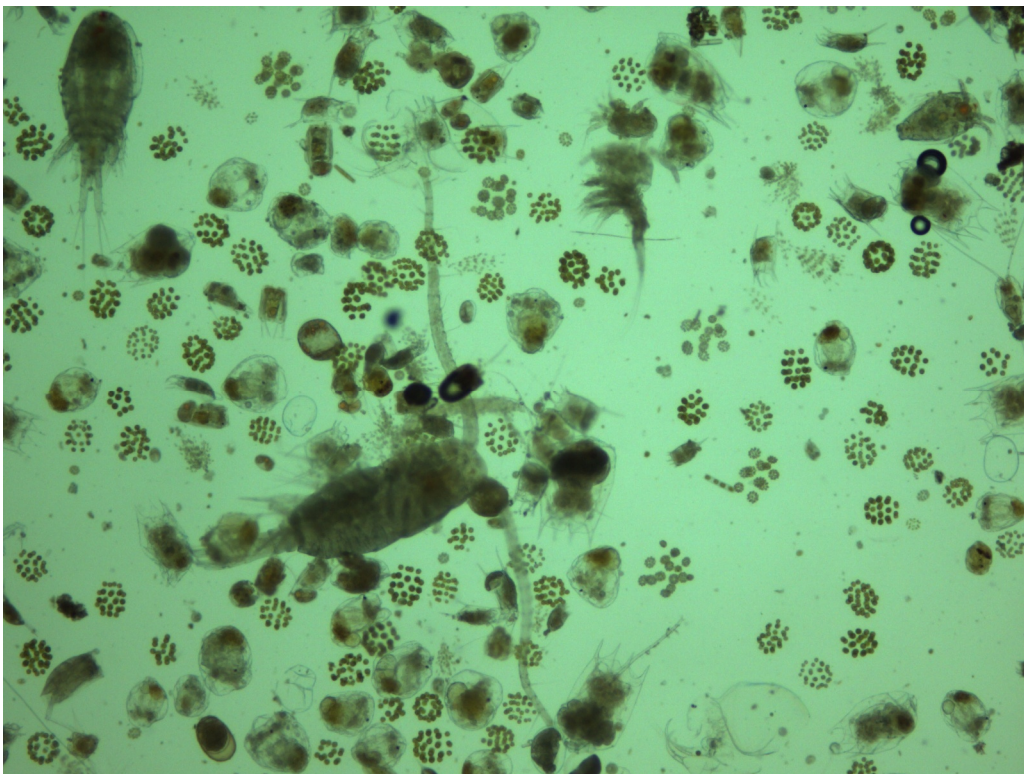
Obr. 1: perloočka *Daphnia* sp. (Foto: Autor)



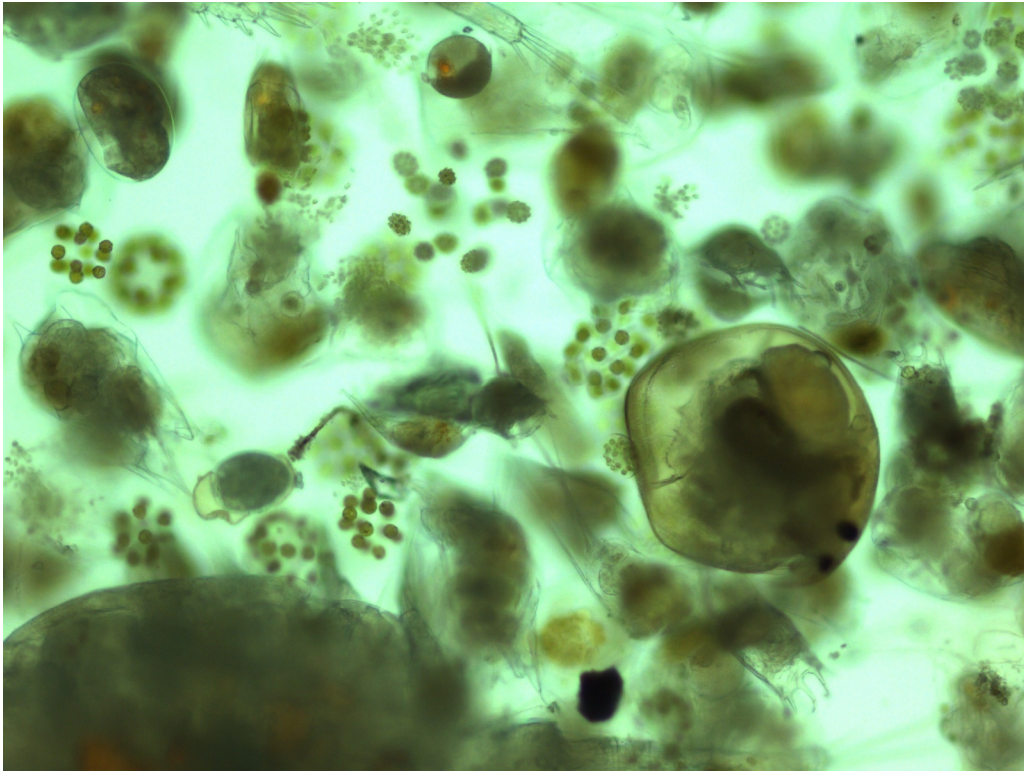
Obr. 2: pravý horní roh – vířník *Asplanchna* sp. (Foto: Autor)



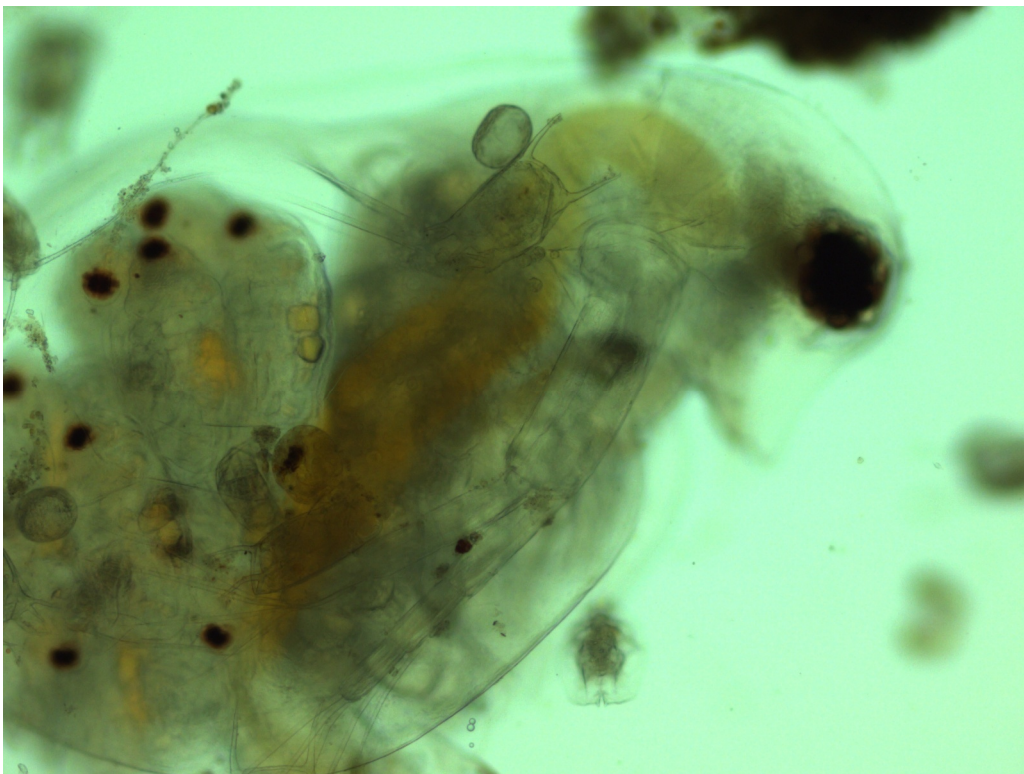
Obr. 3: vířníci *Brachionus angularis* (Foto: Autor)



Obr. 4: levý horní roh – kopepoditové stadium klanonožce, uprostřed – dospělec vznášivky *Eudiaptomus gracilis*, okolo množství vířníků (Foto: Autor)



Obr. 5: vpravo perloočka *Chydorus sphaericus* (dvě oči) (Foto: Autor)



Obr. 6: perloočka *Daphnia galeata* (Foto: Autor)