

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**

**Fakulta rybnářství a ochrany vod**

Výzkumný ústav rybnářský a hydrobiologický

bakalářská práce

**Vliv perifytonu na rozvoj zooplanktonu v rybnících**

**Autor:** Nikola Třešňáková

**Vedoucí bakalářské práce:** Ing. Martin Bláha, Ph.D.

**Konzultant bakalářské práce:** RNDr. Irena Šetlíková, Ph.D.

**Studijní program a obor:** Ekologie a ochrana prostředí, Ochrana vod

**Forma studia:** Prezenční

**Ročník:** 4.

České Budějovice, 2016

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci na téma **Vliv perifytonu na rozvoj zooplanktonu v rybnících** jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění, souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě archivované FROV JU. Zveřejnění probíhá elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum:

Podpis: .....

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Martinu Bláhovi, Ph.D. za přístup, teoretickou i praktickou pomoc. Další poděkování patří konzultantce RNDr. Ireně Šetlíkové, Ph.D. za materiální výpomoc, a pomoc při statistickém zpracování. Dále bych chtěla poděkovat kolegům, Markovi Urbánkovi a Gábině Chadtové, za týmovou spolupráci a pomoc při odběrech. V neposlední řadě děkuji prarodičům za zázemí, morální podporu a pomoc při přepisování výsledků.

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
Fakulta rybářství a ochrany vod  
Akademický rok: 2013/2014

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Nikola TŘEŠŇÁKOVÁ**  
Osobní číslo: **V12B070P**  
Studijní program: **B1601 Ekologie a ochrana prostředí**  
Studijní obor: **Ochrana vod**  
Název tématu: **Vliv perifytonu na rozvoj zooplanktonu v rybnících**  
Zadávající katedra: **Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce bude vyhodnotit vliv dvou různých substrátů pro rozvoj perifytonu na složení a kvantitu zooplanktonu v pokusných rybnících s odchovem plůdku candáta obecného (*Sander lucioperca*). Perifyton, někdy také nazýván fytobentos, je společenstvo významných primárních producentů porůstající ponořené substráty. Krom toho také slouží jako příhodné útočiště a zároveň potrava pro mnoho ostatních organismů, stojí obvykle na začátcích potravních řetězců. V přehledové části by se měla studentka zaměřit na charakteristiku společenstva perifytonu, co jej tvoří a jaký vliv má na okolní vodní prostředí, potažmo na společenstvo zooplanktonu. Předmětem pokusu bude především odběr vzorků zooplanktonu na pokusných rybnících a jejich vyhodnocení pod binokulární lupou.

Rozsah grafických prací: **5 stran**  
Rozsah pracovní zprávy: **30 stran**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**  
Seznam odborné literatury:

- Adámek, Z., Helešic, J., Maršálek, B., Rulík, M. 2010. Aplikovaná hydrobiologie. 350s.
- Azim, M. E., Wahab, M. A., Biswas, P. K., Asaeda, T., Fujino, T., Verdegem, M. C. J. 2004. The effect of periphyton substrate density on production in freshwater polyculture ponds. *Aquaculture* 232, 441-453s.
- Azim, M. E., Verdegem, M. C. J., van Dam A. A., Beveridge, M. C. M. (eds). 2005 *Periphyton: Ecology, Exploitation and Management*. CABI Publishing, 352s. ISBN: 0851990967
- Milstein, A. 2012. Periphyton-based aquaculture: underwater hard surfaces in ponds promote development of natural food for fish. *Indian Journal of Social and Natural Sciences* 1, 93-99s.
- Příkryl, I. 1996. Vývoj hospodaření na českých rybnících a jeho odraz ve struktuře zooplanktonu, jako možného kritéria biologické hodnoty rybníků. In: Flajšhans, M. (red. ) - *Sborník vědeckých prací k 75. výročí založení VÚRH Vodňany*, 13: 3-20s.
- Příkryl, I., Bláha, M. 2007. Klíč středoevropských Cyclopinae (nepublikovaný rukopis).

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Bláha, Ph.D.**  
Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Konzultant bakalářské práce: **RNDr. Irena Šetlíková, Ph.D.**  
Katedra biologických disciplin

Datum zadání bakalářské práce: **14. února 2014**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2015**

  
prof. Ing. Otomar Linhart, DrSc.  
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
FAKULTA RYBÁŘSTVÍ A OCHRANY VOD  
ZÁŘÍŠÍ 725/II  
389 25 Vodňany (2)

  
doc. Ing. Pavel Kozák, Ph.D.  
ředitel

V Českých Budějovicích dne 14. února 2014

# Obsah

1	Úvod .....	7
2	Literární rešerše .....	8
2.1	Společenstvo perifytonu stojatých vod.....	8
2.2	Vlivy působící na složení perifytonu a jeho vliv na vodní prostředí.....	9
2.2.1	Využití perifytonu v akvakultuře .....	12
2.3	Zooplankton stojatých vod.....	13
2.4	Druhové a velikostní složení zooplanktonu .....	15
2.4.1	Vířníci (Rotifera) .....	16
2.4.2	Perloočky (Cladocera) .....	17
2.4.3	Klanonožci (Copepoda) .....	18
2.4.4	Lasturnatky (Ostracoda).....	19
3	Materiál a metodika.....	20
3.1	I. fáze experimentu .....	20
3.2	II. fáze experimentu .....	21
3.3	Odběr zooplanktonu .....	22
3.4	Zpracování zooplanktonu.....	23
3.5	Statistické zhodnocení dat .....	24
4	Výsledky .....	25
4.1	I. fáze experimentu .....	25
4.1.1	Celková početnost a velikostní struktura zooplanktonu.....	25
4.1.2	Početnost zooplanktonu o velikosti 71 - 189 $\mu\text{m}$ .....	27
4.1.3	Početnost zooplanktonu o velikosti 189 - 526 $\mu\text{m}$ .....	28
4.1.4	Početnost zooplanktonu ve frakci $\geq 526 \mu\text{m}$ .....	30
4.1.5	Druhová diverzita zooplanktonu .....	32
4.2	II. fáze experimentu .....	32
4.2.1	Celková početnost a velikostní struktura zooplanktonu.....	32
4.2.2	Početnost zooplanktonu o velikosti 71 - 189 $\mu\text{m}$ .....	35
4.2.3	Početnost zooplanktonu o velikosti 189 - 526 $\mu\text{m}$ .....	36
4.2.4	Početnost zooplanktonu ve frakci $\geq 526 \mu\text{m}$ .....	38
4.2.5	Druhová diverzita zooplanktonu .....	39

5	Diskuze .....	41
5.1	I. fáze experimentu .....	41
5.2	II. fáze experimentu .....	45
6	Závěr.....	48
7	Seznam literatury .....	49
8	Seznam příloh.....	57
9	Přílohy .....	58
10	Abstrakt.....	63
11	Abstract.....	64

# 1 Úvod

Perifyton je ve vodním prostředí významným společenstvem, které se podílí nejen na zvýšené primární produkci, ale také na produkci ryb v akvakultuře. Slouží jako útočiště pro bezobratlé živočichy, a může být přirozenou potravou nebo složkou přirozené potravy pro mnoho ostatních organismů (Azim a kol., 2005; Azim a Wahab, 2005; Milstein, 2012). Proto umělé zavedení substrátu, na kterém se organismy perifytonu přichycují a rozvíjí, pozitivně ovlivňuje kvalitu vody, zlepšuje růst a produkci jiných druhů organismů v rybnících (především ryb; Milstein, 2012). Rybníky, založené na substrátové podpoře rozvoje perifytonu a následném rozvoji dalších potravních organismů, vedou ke zvýšení celkové produkce hospodářsky významných vodních živočichů přírodních i uměle vytvořených vodních ekosystémů (Azim a kol., 2005). Tímto způsobem zvýšená produkce v akvakultuře je finančně výhodnější, neboť jako substrát pro rozvoj perifytonu lze využít téměř jakýkoliv druh materiálu - bambusové stonky, větve, palmové listy, trubky z PVC, síť proti komárům apod. (Azim a kol., 2002; Milstein, 2012). Proto se tato metoda nejčastěji využívá v rozvojových zemích (např. v Číně, Indii, Bangladéši, Thajsku a Vietnamu; Azim a kol., 2005). Experimenty provedené v Indii prokázali zvýšení produkce ryb v rybnících se substráty o 71 – 186 % oproti rybníkům bez substrátu (van Dam a Verdegem, 2005).

Výsledky této práce jsou součástí pilotního projektu VÚRH JU s názvem Podpora rybničního perifytonu s cílem využít trofii rybníků k produkci plůdku candáta obecného (*Sander lucioperca*; CZ.1.25/3.4.00/13.00460). V českém produkčním rybářství je tato metoda nová, a zatím nebyl podobný projekt pro zvýšení množství juvenilních ryb candáta obecného v rybnících pomocí různé podpory potravních organismů v podobě perifytonu, zooplanktonu či potravních ryb bez použití hnojiv ani doplňkových krmiv realizován. Dnovým a substrátovým makrozoobentosem se v tomto experimentu zabýval kolega Marek Urbánek (2015; FROV) a autotrofní složkou perifytonu kolegyně Gabriela Chadtová (2015; ZF).

Cílem této bakalářské práce bylo vyhodnotit vliv dvou různých substrátů (vřesovce a geotextílie) pro podporu výskytu perifytonu na rozvoj zooplanktonu v pokusných rybnících s odchovem juvenilního candáta obecného. Hlavním úkolem tedy bylo determinovat druhové a velikostní složení společenstev zooplanktonu, a porovnat statistickou analýzou, zda se společenstva v rybnících s různým typem substrátu liší.



## 2 Literární rešerše

### 2.1 Společenstvo perifytonu stojatých vod

Společenstvo menších jednobuněčných, koloniálních nebo vláknitých řas (v limnologii se často používá výraz mikroflóra) rostoucí na ponořených předmětech ve vodě se nazývá perifyton (Wetzel, 1983; Fott, 1966; Graham a Wilcox, 2002; Azim a kol., 2005). Někteří autoři, např. Richard a kol. (2009) a Azim a kol. (2002), charakterizují perifyton jako komplex připojené vodní bioty na ponořených substrátech, včetně nepřipojených organismů a detritu. Může být také označován německým termínem „aufwuchs“, kterým se nazývají společenstva jak přichycených, tak i pohybujících se organismů na submerzních rostlinách (Kalff, 2002; Azim a kol., 2005). Avšak v dnešní době se tyto organismy nazývají častěji termínem biofilm. Ačkoliv se perifyton nejčastěji používá k označení přichycených organismů k substrátu, mohou tyto organismy vytvářet ve vodním sloupci volně plovoucí shluky, které se většinou zamotávají do makrovegetace nebo mohou být uvězněny mezi sedimenty. Často však bývají nalezeny v blízkosti břehu. Společenstvo těchto organismů se nazývá metafyton (Kalff, 2002).

Sinice a řasy žijí ve vodním prostředí na nejrůznějších předmětech a v nejrůznějších podmínkách (Fott, 1966). Mezi nejběžnější substrát ve stojatých vodách patří již zmíněná submerzní makrovegetace, na kterou se přichycují epifytické řasy. Na sedimentech dna rybníků (většinou bahno) jsou nárosty tvořeny epipelickými řasami. Epilitické řasy porůstají skály či kamenné povrchy. Epipsamické řasy vytváří nárosty na písčitém substrátu. Nárosty řas se také přichytávají na vodní živočichy, tyto řasy se nazývají epizoické (Wetzel, 1983; Graham a Wilcox, 2002; Azim a kol., 2005). Epixylitické řasy mohou vytvářet nárosty na dřevěných předmětech (Azim a kol., 2005).

Slizové nárosty, které vytváří perifytonní společenstva na ponořených předmětech ve vodě, mohou být tvořeny autotrofními i heterotrofními organismy a mají zelenou či hnědou barvu. Jsou to např. bentické řasy, bakterie, houby, prvoci, plísňe, zooplankton a další bezobratlí živočichové (Fott, 1966; Azim a kol., 2005; Wetzel, 2005; Žižek a kol., 2011). Rybníční perifyton je nejčastěji zastoupen rozsivkami (*Bacillariophyceae*), sinicemi (*Cyanobacteria*) a zelenými řasami

(*Chlorophyta*) - zelenivkami (*Chlorophyceae*). Dále mohou být v nárostech nalezena krásnoočka (Euglenozoa, Euglenoidea), některé druhy zooplanktonu (např. vířníci Rotifera - rody *Ascomorpha*, *Trichocerca*) a bentosu (např. různá Oligochaeta, Chironomidae; Graham a Wilcox, 2002; Azim a Asaeda, 2005; Goldsborouh a kol., 2005). Ve sladkovodním perifytonu mohou být přítomny i zlativky (*Chrysophyceae*) a různobrvky (*Tribophyceae*). Mezi nejčastější řasy tvořící plovoucí perifyton patří spájivky (*Zygnematophyceae*) - *Spirogyra*, *Mougeotia*, *Temnogametum* a *Zygnema*. (Graham a Wilcox, 2002).

## 2.2 Vlivy působící na složení perifytonu a jeho vliv na vodní prostředí

Početnost perifytonu závisí na dostupnosti substrátu pro přichycení mnoha různých organismů, které se mohou na daný substrát přichytit a jejichž rychlost růstu ovlivňuje schopnost vytvářet rozsáhlé nárosty (Vermaat, 2005). Růst a produktivita společenstev perifytonu jsou řízeny dvěma hlavními procesy: dostupností zdrojů a predačním tlakem (Wetzel, 2005). Malé organismy se vyznačují krátkým životním cyklem (přibližně dny až týdny), ale společenstvo perifytonu se mění ještě v kratší době (hodiny až dny; Vermaat, 2005). Zejména řasy mají velmi rychlou regenerační cykly, především vzhledem k dlouhodobému působení predačního tlaku ze strany bezobratlých živočichů, ale i ryb (Wellnitz a Poff, 2006).

Složení společenstev perifytonu je velmi rozdílné. Záleží na biotických a abiotických podmínkách: typu vegetace a substrátu, pH, intenzitě slunečního záření, dostupnosti světla, obsahu kyslíku, teplotě vody, predačním tlaku, typu vod (jezero, rybník, řeka), zákalu, trofii vody, hloubce vodního ekosystému (početnost perifytonu s hloubkou klesá z důvodu nižší intenzity světla), pohybech vody, alkalitě, živinách (dusíku, fosforu, uhlíku), rozpuštěných látkách (vápník, křemík, železo, oxid uhličitý) či nadmořské výšce (Weitzel, 1979; Colon-Gaud a kol., 2004; Wetzel, 2005; McIntyre a kol., 2006; Díaz-Olarte a kol., 2007; Yanygina, 2013). Kromě jednotlivých biotických a abiotických faktorů je početnost perifytonu značně regulována hlavně herbivorními organismy a dostupností živin (Murdock a kol., 2011). Početnost jednotlivých skupin perifytonu je ovlivňována nejen přírodními vlivy, ale také těmi antropogenními. Jsou to např. přítomnost pesticidů, okyselujících látek či zatížení živinami (Sabater a Admiraal, 2005). V přírodních stojatých vodách autotrofní organismy využívají sluneční záření k přeměně oxidu uhličitého na organické látky, jejichž dostupnost

je limitujícím faktorem pro heterotrofní organismy (Milstein, 2005). Přesto, že je perifyton častěji zastoupen spíše autotrofními organismy, v hlubokých málo prosvětlených vodách je tvořen jen heterotrofními organismy. Ti mohou být aerobní, fakultativně anaerobní nebo anaerobní (Vermaat, 2005; Wetzel, 2005). Početnost nejen perifytonu, heterotrofních bakterií, bentických bezobratlých živočichů, ale i planktonu je ovlivněna především dostupností uhlíku a dusíku (Asaduzzaman a kol., 2010).

Mělká jezera a rybníky mají dispozice pro rozvoj vodní vegetace, která je důležitá pro všechny interakce organismů a trofických řetězců jak ve volné vodě, tak u dna. Proto může být v celém vodním sloupci vysoká biodiverzita všech vodních organismů (Declerck a kol., 2007). Jedním z faktorů, které ovlivňují biodiverzitu perifytonu, je stanoviště. Nižší druhová pestrost bude v nárostech na sedimentech dna a vyšší diverzita bude např. na listech vodní vegetace (Wetzel, 2005). Nejčastějším substrátem pro přichycení perifytonu je také již zmíněná submerzní vegetace, která má významnou roli pro vodní bezobratlé, obratlovce a nižší rostliny. Avšak záleží např. na morfologii, povrchu, tkáni, obsahu živin, obraných chemických látkách a ekologii. V souvislosti s životním cyklem, pohybem, predací a sezónností, poskytuje organismům trvalé stanoviště nebo přechodné útočiště (Ali a kol., 2007; dos Santos a kol., 2013). Složení perifytonu se také mění v závislosti na trofickém stavu rybníka. V oligotrofním až mesotrofním stadiu rybníka je vysoká biodiverzita perifytonu spojena se submerzní makrovegetací. Řasy jsou během celé sezóny limitovány nižší dostupností živin. Růst vodní vegetace není omezený stíněním ani vysokou spotřebou oxidu uhličitého perifytonem, protože společenstvo perifytonu je značně regulováno predčním tlakem vodních živočichů (např. měkkýši, mnohoštětinatci, klanonožci, larvami hmyzu, rybami; Pokorný, 1996; Graham a Wilcox, 2002). Při nízké koncentraci živin (zejména v letním období, kdy do vody proniká více slunečního záření a je vyšší dostupnost fosforu) také může dojít k rozrůstání vodní vegetace po celém vodním sloupci, která poskytne více substrátu pro přichycení perifytonu (Zingel a kol., 2006; dos Santos a kol., 2013). Velmi vysoký rozvoj perifytonu je charakteristický pro eutrofní rybníky. Ve vodě je vysoká koncentrace živin, která způsobuje rozrůstání vodní vegetace, na které intenzivně narůstá perifyton (Pokorný, 1996).

Společenstvo perifytonu sladkých stojatých vod významně přispívá k vázání uhlíku a živin v koloběhu látek ve vodním prostředí. Patří mezi hlavní zdroj pevného uhlíku

v mělkých jezerech, poutá dusík a fosfor ze sedimentů, a má schopnost získat tyto prvky také z vodního sloupce (Graham a Wilcox, 2002; Azim a kol., 2005). Díky tomu je používán jako ukazatel změn vodního prostředí. Ovlivňuje také kvalitu vody v rybnících, je součástí potravního řetězce, rozkládá organickou hmotu a může být rovněž využit pro čištění odpadních vod (Azim a kol., 2005; Saikia, 2011).

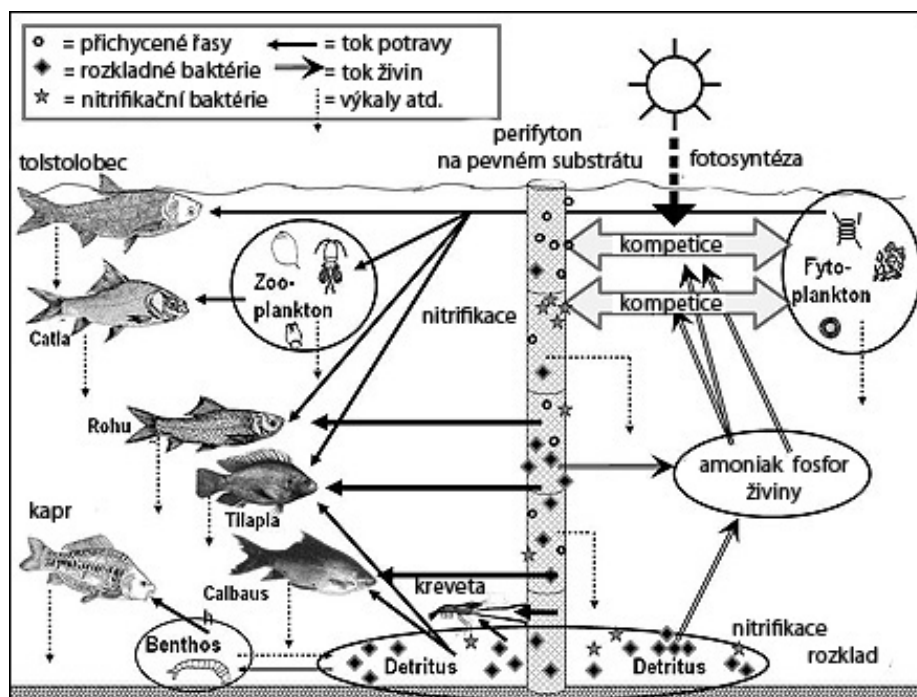
V přírodních stojatých vodách je kvalita vody velmi závislá na autotrofních (řasy a vodní makrovegetace) a heterotrofních (bakterie, protozoa, houby) organismech. Autotrofní druhy perifytonu, které zahrnují také bentické řasy (někdy nazývané fytobentos), se spolu s fytoplanktonem podílí na produkci kyslíku ve vodě, využívání anorganických živin, ale také spolu mohou být v kompetici právě o živiny a světlo. Jsou také důležitým základem potravních sítí s klíčovou rolí v koloběhu živin (Stevenson a Bahls, 1999; Milstein, 2005; Zhang a Xueying, 2013). Proto mají velký význam pro fungování mělkých jezer a vodních nádrží (dos Santos a kol., 2013). Nejčastěji se v těchto vodách vyskytují v příbřežní zóně nebo v blízkosti rozhraní s oblastí volné vody (Goldsborough a kol., 2005) a v závislosti na morfometrii, době zdržení vody, pohybech vody mohou být autotrofní druhy perifytonu významnějšími primárními producenty než fytoplankton (Weitzel, 1979). Společenstvo perifytonu společně s fytoplanktonem mohou ale také způsobit zákal celého vodního sloupce. To může být způsobeno v souvislosti se zvyšujícím se znečištěním vodního prostředí spolu se zvýšenou koncentrací živin (Pokorný, 1996; Milstein, 2005).

Některé organismy mohou být sledovány jako indikátory kvality vodního prostředí. Například zvýšené koncentrace zinku jsou spojeny s přechodem dominujících rozsivek na vláknité zelené řasy nebo při rozvoji řasy žabí vlas (*Cladophora*). Čímž může dojít k negativnímu ovlivnění jakosti vody pro rybářské i rekreační účely (Graham a Wilcox, 2002). Rozsivky nemusí být vždy spojovány pouze se zvýšenou koncentrací zinku, neboť Morin a kol. (2008) uvádí výskyt společenstva rozsivek v perifytonu jako ukazatele zvýšené hladiny všech kovů v kontaminovaných vodách. Mohou také akumulovat minerální živiny a stopové množství kovů: zachytávají různé částice (např. znečišťující látky), adsorbují ionty, asimilují, ukládají živiny, a ve vysokém pH na nich mohou být sraženiny uhličitanu vápenatého (Graham a Wilcox, 2002; Žižek a kol., 2011). Naopak přítomnost rozsivek společně se zooplanktonem uvádí

ve své práci Riato a kol. (2014) v závislosti na hydrologických charakteristikách dané oblasti a antropogenního vlivu.

### 2.2.1 Využití perifytonu v akvakultuře

Již v úvodu této práce je uveden pozitivní vliv uměle nainstalovaných substrátů v rybnících na zvýšení produkce ryb. Tyto substráty slouží pro přichycení organismů, které jsou zdrojem potravy pro vyšší trofické úrovně. Především v akvakultuře se tímto způsobem zvyšuje dostupnost přirozené potravy pro některé druhy ryb a pro larvy koryšů. Proto společenstvo perifytonu slouží jako základ potravní sítě ve vodním prostředí (Obr. 1; Azim a kol., 2005; Richard a kol., 2010). Cílem je tedy zvýšení početnosti perifytonu a tím i navýšení produkce ryb, jež jsou schopny ho využívat jako potravu (Van Dam a kol., 2002; Azim a kol., 2004). Pro lepší rozvoj organismů je zapotřebí substrát z velké části ponořit, navýšit množství živin ve vodě hnojením, zajistit delší dobu zdržení vody a nižší počáteční hustotu rybí obsádky (Richard a kol., 2010).



Obr. 1: Schéma potravní sítě a toku živin v akvakulturních rybnících s nainstalovaným substrátem pro rozvoj perifytonu (zdroj: Milstein, 2012)

Především díky zvyšujícím se nárokům (efektivita, ekologická šetrnost a finanční náklady) na rybí produkci, se zdá být tato metoda účinná. Je rozšířená především v Asii, odkud pochází cca 90% rybí produkce (Azim a kol., 2005; Verdegem a kol., 2005).

Mezi hlavní faktory ovlivňující kvalitu této metody patří především typ substrátu a doba ponoření (Richard a kol., 2010). Substráty mohou být vyrobeny z přírodního i umělého materiálu. Záleží na dostupnosti daného materiálu v dané oblasti (Milstein, 2012). Často se jako přírodní substrát používají bambusové stonky a větve. Avšak někdy bývá tento materiál špatně dostupný, a proto se používají např. větve stromů, palmové listy či juta. Jako syntetický substrát byly již testovány např. trubky z PVC, síť proti komárům či zahradní síťovina (Azim a kol., 2002; Milstein, 2012).

Většina perifytonu se v rybnících se substrátem pro jeho rozvoj vyvíjí v horních vrstvách vody, kde může probíhat fotosyntéza. Naopak v hlubších vodách probíhá pouze rozklad a nitrifikace, a proto je biomasa perifytonu nízká. Voda v rybnících se substrátem pohlcuje stejné množství světla jako rybník bez substrátu. Se zvyšujícím se rozvojem perifytonu a fytoplanktonu se průhlednost vody snižuje, ale sedimentace částic a zachycování částic perifytonem se zvyšuje. Posiluje se rozvoj nitrifikačních bakterií, probíhá kompetice o amoniak mezi nitrifikačními bakteriemi, planktonními a perifytálními řasami, zvyšuje se rozklad organických látek a uvolňují se živiny do vodního sloupce (Milstein, 2012). Snížit početnost perifytonu mohou vodní herbivorní živočichové. Tím usnadní rozvoj fytoplanktonu, který je konzumován zooplanktonem (Costa a Vonesh, 2013). Na biologicky rozložitelných substrátech se perifyton lépe přichytí a rozvíjí než na substrátech syntetických. Důvodem je vyšší výskyt živin, které jsou z biologicky rozložitelného substrátu vyluhovány do vodního prostředí (van Dam a kol., 2002). Nevýhodou těchto substrátů je ale rychlost rozkladu. Rozkládají-li se příliš rychle, z vody se odčerpá velké množství rozpuštěného kyslíku, čímž se zhorší kvalita vody. Pokud použijeme syntetický substrát, doporučuje se použít zvrásněný materiál, jako je např. zahradní síťovina či síť proti komárům, než materiál s hladkým povrchem (Milstein, 2012).

### **2.3 Zooplankton stojatých vod**

Zooplankton spolu s fytoplanktonem a bakterioplanktonem tvoří ve všech vodách planktonní společenstvo. Ačkoliv zooplankton obývá převážně oblast volné vody, lze také mnoho druhů nalézt i v příbřežní zóně (Sukop, 2006). Nejčastěji bývá zooplankton ve vodách zastoupen třemi hlavními skupinami – vířníci (Rotifera), perloočky (Cladocera) a klanonožci (Copepoda) (Wetzel, 1983). Podle velikosti se může rozdělovat na makrozooplankton (drobní živočichové, 200  $\mu\text{m}$  – 20 mm; patří

sem především perloočky a vývojová stádia s dospělci klanonožců) a mikrozooplankton (živočichové menší než 200  $\mu\text{m}$ , zahrnující vířníky, menší larvální stadia klanonožců, nálevníky a heterotrofní bičíkovce) (Kalf, 2002).

Společně se zoobentosem tvoří zooplankton významnou složku přirozené potravy pro většinu sladkovodních ryb v různých vývojových stádiích, a poskytuje tak rybám základní živiny, které jsou důležité pro zajištění některých životních funkcí organismu (např. pro tvorbu pohlavních produktů, růst či metabolismus). Malou část přirozené potravy tvoří také fytoplankton, řasové nárosty a vyšší vodní vegetace. Proto lze říci, že produkce ryb je závislá na množství přirozené potravy ve vodě, a tudíž se zvyšujícím se výskytem zooplanktonu (ale i zoobentosu a fytoplanktonu) se produkce vždy zlepšuje. Z toho vyplývá důležitost vztahu mezi predací a druhovým či velikostním složením zooplanktonu, který ovlivňuje početnost populací ryb ve vodním prostředí. (Moss, 1988; Hartman a kol., 2005; Adámek, 2010). Dále jsou někteří zástupci zooplanktonu, především perloočky (Cladocera) rodu *Daphnia* významní filtrátoři fytoplanktonu. Částečně tak uvolňují živiny ze strávených řas a ovlivňují početnost i růst fytoplanktonu. Velké druhy filtrátorů však mohou ve vodách chybět, z důvodu vysokého predacího tlaku nebo převahy špatně požitelných vláknitých sinic (Sukop, 2006; ter Heerd a Hootsmans, 2007). Účinnost filtrace neboli rychlosti přijímání potravy, závisí na koncentraci potravy, vzdálenosti brv filtračního aparátu daného jedince (0,2 až 4,7  $\mu\text{m}$ ) a profiltrovaném objemu vody za jednotku času (filtrační kapacita vířníků je jen několik tisíc ml za den, zatímco perloočky mohou profiltrovat až několik ml za den; Moss, 1988; Adámek, 2010) což při jejich množství na 1 l znamená vysokou efektivitu.

Většina druhů má schopnost aktivního pohybu a pasivního vznášení ve vodním sloupci, a proto mohou vykonávat dvě různé migrace (vertikální a horizontální) v závislosti na působení několika faktorů, mezi které patří např. světlo, teplota vody, turbulence, potrava a predací tlak ze strany rybiho společenstva. Zejména teplota vody, ale i viskozita a predací tlak ovlivňují tvoření různých výrůstků na těle organismu. Tvar těla a jeho velikost dokáží měnit různé druhy perlooček, zejména rody *Daphnia*, *Bosmina*, *Ceriodaphnia* a *Chydorus*, ale také třeba drobní vířníci, např. *Brachionus calyciflorus* (Lellák, 1992; Kalf, 2002). Při vertikální migraci zooplankton v ranních hodinách klesá od hladiny ke dnu a zdržuje se v optimální hloubce, která je specifická

pro každý druh, a ve večerních hodinách migrují zpět k hladině (Lellák, 1992). Horizontální migraci vykonávají druhy především v mělkých stojatých vodách, ve kterých je přítomné rybí společenstvo a kde není vyvinuté hypolimnium. Během dne se zooplankton soustřeďuje v rostlinných porostech v litorálu a na noc směřuje zpátky do oblasti volné vody (Kalff, 2002).

## 2.4 Druhové a velikostní složení zooplanktonu

V mělkých vodách jsou především v letním období běžné změny ve velikostním i druhovém zastoupení zooplanktonu (Faina, 1983; Evans a Sell, 1983; Hrbáček, 1996). Složení i početnost zooplanktonu ve vodách je ovlivněna biologickými, fyzikálními i chemickými faktory: vodní makrovegetací, nerozpuštěnými látkami, zákalem, vnitrodruhovou a mezidruhovou kompeticí, dostupností potravy, teplotou vody, dobou zdržení vody, pH, koncentrací kyslíku, predací, koncentrací živin a světlem (Hrbáček, 1977; Vanni, 1987; Kirk a Gilbert, 1990; Dejen a kol., 2004; Brandl, 2005; Devetter a Sed'a, 2005; Badosa a kol., 2006; Cazzanelli a kol., 2008). Ačkoli se druhové i velikostní zastoupení zooplanktonu značně liší v průběhu roku, mezi jednotlivými roky bývá většinou podobné (Dakos a kol., 2009; Burdis a Hoxmeier, 2011). Větší sezónní změny ve složení jsou ovlivněné především hydrologickými poměry, teplotou vody, dostupností potravy a predacním tlakem (Stansfield a kol., 1997; Chang a kol., 2014).

Druhové složení zooplanktonu se mění v souvislostech se změnou trofie vody, intenzitou obhospodařování rybníků, s kompeticí (při níž jsou vířníci jako méně efektivní filtrátoři vytlačováni efektivnějšími filtrátory – perloočkami), s predacním tlakem ryb, s výskytem dravých druhů perlooček (např. *Leptodora kindtii*), vířníků (např. *Asplanchna priodonta*), klanonožců (např. *Cyclops strenuus*, *Acanthocyclops americanus*) a planktonních larev z řádu dvoukřídlí (Diptera; např. *Chaoborus*; Wetzel, 1983; Přikryl, 1996; Adámek, 2010). Tyto dravé planktonní druhy mohou ve vodním prostředí značně snížit početnost drobných druhů zooplanktonu (Wetzel, 1983). Druhové složení je nejbohatší v rybnících s vyšší úživností a s nízkým až středním stupněm obhospodařování, protože v těchto rybnících je také dostatečná plocha pokryta vodní vegetací, která zástupcům zooplanktonu poskytuje do jisté míry úkryt před predací (Přikryl, 1996). Druhové složení zooplanktonu se také liší s nadmořskou



výškou, ve které se vodní plocha nachází (Illyová a Pastuchová, 2012), a během dne v příbřežní zóně i v oblasti volné vody (Šorf a Devetter, 2011).

Změny velikostního i druhového složení zooplanktonu také způsobují změny rybí obsádky, a to především snížením biomasy planktivorních ryb (Matěna a kol., 1996). Větší druhy zooplanktonu, jako jsou např. *Daphnia magna*, *D. pulicaria*, *Simocephalus vetulus* a *Diatomus* sp., se vyskytují v rybnících s nízkou hustotou rybí obsádky (Faina, 1983; Kalff, 2002; Adámek, 2010), tj. průměrná biomasa živých ryb dosahuje max.  $350 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  (Pokorný, 1996). V důsledku účinné filtrační schopnosti větších druhů zooplanktonu je ve vodě nízká biomasa fytoplanktonu a vysoká průhlednost vody (Adámek, 2010). Pokud je v rybníce větší rybí obsádka, tj. průměrná biomasa živých ryb je vyšší než  $400 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , ve vodě se vyskytují menší druhy zooplanktonu (Pokorný, 1996; Adámek, 2010). Mezi drobné druhy zooplanktonu patří např. perloočky rodu *Bosmina*, *Ceriodaphnia*, *Diaphanosoma*, buchanky rodu *Acanthocyclops*, *Thermocyclops* a různé druhy vířníků (Kořínek a kol., 1987; Adámek, 2010). Menší druhy zooplanktonu mají nižší účinnost filtrace, proto je nízká průhlednost vody a vysoká biomasa fytoplanktonu. Pokud se v planktonu masově objevují vířníci, je to způsobeno velmi vysokým predačním tlakem rybí populace (Hrbáček a kol., 1961; Hartman a kol., 2005; Adámek, 2010).

#### 2.4.1 Vířníci (Rotifera)

Většina vířníků se vyskytuje převážně ve sladkých vodách. Někteří jedinci mají schopnost aktivního pohybu, jiní mohou žít dočasně přichyceni na ponořených předmětech a po určité době se mohou podkladu pustit (Smrž, 2013). Mezi běžné omnivorní druhy, přijímající potravu menší než  $20 \mu\text{m}$ , patří vířníci rodu *Keratella*, *Brachionus*, *Filinia* a *Conochilus* (Moss, 1988; Kalff, 2002). Potravu do velikosti  $40 \mu\text{m}$  (i větší) mohou přijímat např. vířníci rodu *Synchaeta*, *Polyarthra* a *Asplanchna* (Kalff, 2002; Smrž, 2013). Ačkoliv jsou vířníci gonochoristé, většina druhů se rozmnožuje partenogeneticky (Smrž, 2013). Patří k velmi významné složce potravy pro raná vývojová stadia ryb. Proto se provádí umělý chov některých druhů, např. *Brachionus plicatilis* a *B. calyciflorus* (Adámek, 2010).

Někteří vířníci, např. druhy rodu *Brachionus*, mají schránku s trny a výběžky (Smrž, 2013), obývají litorál stojatých vod a nejčastějšími zástupci jsou druhy *B. angularis*, *B. calyciflorus* a *B. rubens*. Z rodu *Keratella* lze nejčastěji objevit druhy

*K. quadrata* a *K. cochlearis* (Hartman a kol., 2005). Pohyblivě připojené výběžky a trny ke schránce má rod *Polyarthra*, který lze v planktonu nalézt během letního období (Hartman a kol., 2005; Smrž, 2013). Během léta se ve vodách také vyskytuje *Hexarthra mira*. Naopak v chladnějším období lze ve stojatých vodách nalézt dravý druh *Synchaeta pectinata* (Hartman a kol., 2005). Největší a nejběžnější druhy živící se dravě jsou vířníci rodu *Asplanchna*. Patří mezi predátory ostatních vířníků a malých planktonních koryšů (Wetzel, 1983). Mezi další běžné druhy patří zástupci rodu *Filinia*, kteří k rychlým úskokům využívají tři dlouhé výběžky, nebo druh *Epiphanes senta*, ten se ve vodě objevuje po napuštění rybníka (Hartman a kol., 2005).

#### 2.4.2 Perloočky (Cladocera)

Perloočky se vyskytují téměř ve všech vodách, kromě podzemních a silně znečištěných. Přijímají potravu větší než 50  $\mu\text{m}$ , živí se převážně filtrací fytoplanktonu a bakterií. Dravé druhy se mohou živit drobnými živočichy. Perloočky jsou schopny aktivního pohybu ve vodě a rozmnožují se převážně partenogeneticky, ačkoliv podobě jako vířníci jsou gonochoristy (Moss, 1988; Sukop, 2006). Při nepříznivých podmínkách se rodí samci, kteří oplozují samice a vznikají trvalá vajíčka tzv. efipia, která zůstávají vitální, než nastanou opět vhodné podmínky, které nastartují jejich další vývoj a líhnutí (Smrž, 2013). Pro ryby jsou významným zdrojem živin a energie, a proto se provádí umělý chov některých rodů perlooček (Adámek, 2010).

Mezi významné konzumenty řas patří druhy rodu *Daphnia* a *Bosmina* (Hartman a kol., 2005; Smrž, 2013). Největším druhem rodu *Daphnia* je *D. magna*, kterou lze najít v litorálu i pelagiálu stojatých vod s minimální nebo nulovou obsádkou ryb, zatímco *D. longispina* se vyskytuje spíše v litorálu. V pelagiálu vod se vyskytují *D. cucullata* a *D. galeata*, které se vyznačují nápadnou cyklomorfózou (Hartman a kol., 2005). V porostech makrovegetace se ve vodách vyskytují druhy rodu *Ceriodaphnia*, *Simocephalus* a *Scapholeberis*. Druhy rodu *Diaphanosoma* jsou účinnými filtrátory bakterií. Občas mohou zástupci rodu *Moina* tvořit významnou složku zooplanktonu pro rybí plůdek. Jako zástupce z čeledi Chydoridae, vyskytující se u nás, lze uvést např. druhy *Alona rectangula*, *Pleuroxus truncatus*, *Chydorus sphaericus* a *Eurycercus lamellatus* (Hartman a kol., 2005). Vyskytují se v litorálu vod, kde obývají dno nebo rostlinné porosty, k čemuž je uzpůsobena stavba jejich těla. Potravu získávají seškrabáváním částic rozkládajícího materiálu, ale také se živí jako filtrátoři (Wetzel,

1983). Ve stojatých vodách lze také najít dravé druhy perlooček. V pelagiálu se vyskytuje *Leptodora kindtii*, která pomocí volných hrudních končetin zachycuje malé druhy perlooček. Dravě se také živí menší perloočky rodu *Polyphemus*, které žijí v litorálu, kde vyhledávají stinná místa podél břehů a drobné druhy zooplanktonu jako kořist (Lampert a Sommer, 1997).

### 2.4.3 Klanonožci (Copepoda)

Nejběžnější druhy klanonožců, které mohou být v zooplanktonu nalezeny, se taxonomicky rozdělují do tří řádů: buchanky (Cyclopoida), vznášivky (Calanoida) a plazivky (Harpacticoida). Ačkoliv se většina vznášivek a buchanek volně vznáší ve vodě, plazivky a litorální druhy buchanek žijí bentickým způsobem života. Obecně jsou běžnou složkou rybí potravy (Sukop, 2006). Mnoho druhů klanonožců také žije paraziticky. Mezi parazitické druhy patří např. *Ergasilus sieboldi* a *Lernaea esocina*, parazitující na rybách, ti ovšem patří do jiného řádu (Poecilostomatoida; Smrž, 2013).

Většina druhů vznášivek se živí filtrací planktonních řas, někteří dospělci jsou omnivorní, výjimečně se živí dravě. Pohybují se pomalu, ale díky prudkým skokům mohou uniknout predátorům. Běžně se vyskytují v rybnících, údolních nádržích a tůních (Hartman a kol., 2005; Lampert a Sommer, 1997; Sukop, 2006). Mezi naše nejběžnější druhy vyskytující se ve vodách s různou hustotou rybí obsádky patří *Eudiaptomus gracilis*, *E. vulgaris* a *Diaptomus castor* (Kořínek a kol., 1987; Hartman a kol., 2005).

Buchanky se ve vodě pohybují drobnými skoky, mezi nimiž klesají (Hartman a kol., 2005). Některé planktonní druhy buchanek se živí dravě, jsou to např. *Cyclops strenuus* (v rybnících brzo zjara), *C. vicinus*, *Mesocyclops leuckarti* (vyskytují se v průběhu vegetační sezóny) a *Acanthocyclops americanus* (v rybnících s hustou obsádkou ryb; Faina a Svobodová, 1997). Dravě se také živí litorální druhy rodu *Megacyclops* (Hartman a kol., 2005). Při nedostatku přirozené potravy a v eutrofních až hypertrofních rybnících s prožraným zooplanktonem mohou napadat raná vývojová stadia ryb a způsobit tak velké ztráty rybiho plůdku, běžně se však živí vířníky, perloočkami, vlastními vývojovými stadii, maloštětinatými červy (Oligochaeta) i larvami pakomárů (Wetzel, 1983; Hartman a kol., 2005; Sukop, 2006). Mezi malé herbivorní druhy, obývající litorál stojatých vod, patří např. buchanky rodu *Eucyclops*

a *Microcyclops*. Živí se jednobuněčnými i vláknitými řasami, a mohou také seškrabávat nárosty z rostlin či kamenů (Wetzel, 1983; Hartman a kol., 2005).

Plazivky jsou svým způsobem života vázány na podklad, pohybují se po dně či ponořených částech rostlin a živí se převážně zbytky rostlin a živočichů. V planktonu se může vzácně vyskytovat *Canthocamptus staphylinus* (Hartman a kol., 2005).

#### **2.4.4 Lasturnatky (Ostracoda)**

Lasturnatky žijí především bentickým způsobem života (lezou po dně a vodní vegetaci), ale mohou také plavat a proto jsou občas součástí zooplanktonu a rybí potravy. Vyskytují se ve sladkých i slaných vodách, ve kterých se živí saprofágně (požírají detrit, někdy i živé organismy). Rozmnožují se pohlavně, ale často i partenogeneticky (Kalff, 2002; Sukop, 2006; Smrž, 2013).

Kromě druhu *Notodromas monachca*, který je přichycen přední stranou těla k povrchové blance, kterou využívá k pohybu, se u nás často vyskytuje rod *Cypris* (Smrž, 2013; Hartman a kol., 2005).

### 3 Materiál a metodika

Odběry zooplanktonu byly součástí rozsáhlého experimentu, jehož cílem bylo vyhodnotit vliv uměle nainstalovaných substrátů pro perifyton, jako podpora pro rozvoj přirozené potravy a produkce candáta obecného (*Sander lucioperca*) ve 12 malých rybnících o rozměrech 46 x 38 (cca výměře 0,2 ha) na pokusnictví Výzkumného ústavu rybářského a hydrobiologického ve Vodňanech (GPS 49°09' s. š., 14°09' v. d., nadmořská výška 393 m n. m.). Průměrná hloubka rybníků u výpusti byla 1,2 m.

#### 3.1 I. fáze experimentu

V první fázi byl experiment uspořádán do 3 variant se čtyřmi opakováními (obr. 2). První variantou byly zvoleny tzv. rybníky kontrolní (K), které byly bez podpory chovu plůdku candáta obecného. Druhou variantou byly rybníky s přírodním substrátem, a proto byly do těchto rybníků pro podporu perifytonu nainstalovány rohože z vřesovce (VR). Jako třetí varianta podpory perifytonu v rybnících byl zvolen substrát z umělého materiálu – geotextilie (GEO). Cílem této fáze s odchovem rychleného plůdku candáta bylo vyhodnotit vliv výše uvedených substrátů pro podporu perifytonu a následný rozvoj zooplanktonu, a porovnat jejich efektivitu s rybníky bez jakékoliv podpory.



Obr. 2: uspořádání I. fáze experimentu na pokusnictví VÚRH ve Vodňanech (jako podklad byla využita mapa na <https://www.mapy.cz>)

Substráty z vřesovce a geotextilie jako podpora perifytonu a potravních organizmů v rybnících byly nainstalovány na začátku dubna 2014 (1. 4. - 11. 4. 2014). Tvořily

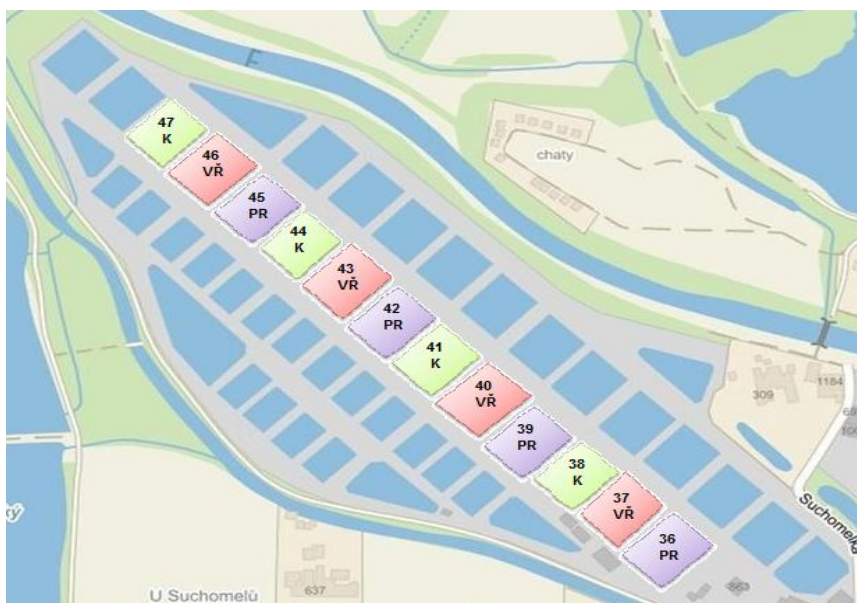
dva souběžné pásy o délce 25 m a výšce 1,5 m (Obr. 3), které byly během experimentu z velké části trvale ponořeny a osidlovány perifytonem. Pro lepší rozvoj perifytonu na nainstalovaných substrátech a pro rozvoj přirozené potravy byly rybníky napuštěny ve dnech 12. 4. až 13. 4., tedy 10 dnů před nasazením larev candáta obecného. Váčekový plůdek o průměrné celkové délce těla ( $\pm$  S.D.)  $194 \pm 0,225$  mm a průměrné hmotnosti ( $\pm$  S.D.)  $0,752 \pm 0.361$   $\mu$ g byl do rybníků nasazen 23. 4. 2014 v hustotě 374 000 ks ha<sup>-1</sup> (tj. 65 000 ks larev do každého rybníka). Na začátku června (3. 6. – 9. 6. 2014) byl plůdek candáta vyloven a rybníky byly vypuštěny.



Obr. 3: Nainstalovaný substrát z vřesovce (vlevo) a z geotextilie (vpravo) v rybnících na pokusnictví VÚRH ve Vodňanech (foto: Bláha a Polícar, 2014)

### 3.2 II. fáze experimentu

Druhá fáze experimentu proběhla ve 12 stejných rybnících jako první fáze experimentu. Po výlovu byly rybníky opět uspořádány do 3 variant se čtyřmi opakováními (Obr. 4). Jako první varianta pro podporu chovu candáta byla použita potravní ryba (PR) - váčekový plůdek kapra obecného (*Cyprinus carpio*) a amura bílého (*Ctenopharyngodon idella*). Rybníky s přirozeným substrátem z vřesovce (VŘ) byly ponechány jako druhá varianta. Z důvodu negativních zkušeností se substrátem tvořeným geotextilií, byly nainstalované rohože z rybníků odstraněny. Tyto rybníky byly třetí variantou, a chov candáta v nich nebyl nijak podpořen, sloužily tedy jako kontrolní rybníky (K). Cílem druhé fáze experimentu s odchovem půlročního (podzimního) plůdku candáta bylo vyhodnotit vliv substrátu z vřesovce pro podporu perifytonu a následný rozvoj zooplanktonu. Porovnat jeho efektivitu s rybníky bez jakékoliv podpory růstu candáta a s rybníky, ve kterých byly přisazeny larvy kapra obecného a amura bílého, jako dodatečná potrava pro plůdek candáta.



Obr. 4: uspořádání II. fáze experimentu na pokusnictví VÚRH ve Vodňanech (jako podklad byla využita mapa na <https://www.mapy.cz>)

Po ukončení první fáze experimentu byly rybníky ponechány jeden den bez vody. Následně po upravení rohoží z vřesovce z prvního experimentu byly rybníky znovu napuštěny vodou. Dne 11. 6. 2014 bylo nasazeno do každého rybníku 1 kg naloveného zooplanktonu – monokultura perloočky rodu *Daphnia* a do čtyř určených rybníků (varianta s potravní rybou) byly vysazeny larvy kapra obecného (100 000 ks na 1 rybník), jako dodatečná potrava pro candáta. Následující den (12. 6. 2014) byla zahájena druhá fáze experimentu, a do všech rybníků byl vysazen rychlený plůdek juvenilního candáta obecného o průměrné celkové délce těla ( $\pm$  S.D.)  $40,2 \pm 3,1$  mm a průměrné váze ( $\pm$  S.D.)  $0,59 \pm 0,13$  g v hustotě 2 000 ks na 1 rybník. Pro udržení dostatečného množství velikostně odpovídajících krmných ryb bylo dne 1. 7. 2014 do čtyř určených rybníků (varianta s potravní rybou) přisazeny larvy amura bílého (50 000 ks na 1 rybník).

### 3.3 Odběr zooplanktonu

V třítydenních intervalech byly odběry zooplanktonu provedeny třikrát během první fáze experimentu (22. 4., 12. 5., 2. 6. 2014) a pětkrát během druhé fáze experimentu (16. 6., 7. 7., 28. 7., 14. 8. a 8. 9. 2014). Metodika i zpracování odebraných vzorků zooplanktonu proběhla stejným způsobem u obou fází experimentu.

Pomocí Patalasova planktonního odběráku, o objemu 10 l, bylo z každého rybníku odebráno 3 x 10 l vody z celého vodního sloupce v několika náhodných místech u výpusti rybníka. Z celkového objemu odebrané vody bylo 2 – 3,5 l přefiltrováno přes síto o velikosti 200 µm pro stanovení fytoplanktonu v rybnících, které prováděla kolegyně Gabriela Chadtová (ZF JU). Zbytek odebrané vody byl přefiltrován přes tři síta o velikosti ok 526, 189 a 71 µm. Z každého síta byly následně jednotlivé velikostní frakce, tj. 71-189, 189-526 a ≥526 µm převedeny do řádně popsanych 20 ml nebo 50 ml plastových lahvíček a fixovány 4 % formaldehydem. Odebrané vzorky byly před zpracováním uloženy v laboratoři.

### 3.4 Zpracování zooplanktonu

Uchované vzorky zooplanktonu byly zpracovány v Laboratoři etologie ryb a raků VÚRH, FROV JU pod stereomikroskopem Olympus (CX21FS2) se zvětšením 10 x 4 (zorné pole 4,5 mm). Z každého řádně promíchaného vzorku (tj. organismy jsou rovnoměrně rozptýlené v lahvičce) byly pomocí automatické pipety odebrány 1 – 2 ml podvzorku, které se následně převedly na Sedgwick – Rafterovu počítací komůrku o objemu cca 2 ml. Z každého vzorku byly spočítány 2 - 3 podvzorky. S pomocí určovacích klíčů: Příkryl a Bláha (2007), Amoros (1984), Kořínek (2005), Schubert a Lellák (1973) a Bartoš (1959) byly organismy zooplanktonu determinovány do rodů nebo druhů, a byla stanovena jejich početnost v jednotlivých velikostních frakcích v daném období. Zpracované podvzorky byly navraceny zpět do lahvičky s daným vzorkem zooplanktonu.

Počet determinovaných druhů v jednotlivých vzorcích byl zapsán do tabulek podle příslušnosti k jednotlivým velikostním frakcím v programu Microsoft Office Excel. Následně byla stanovena početnost (zaokrouhlena vždy nahoru) jednotlivých druhů i vyšších systematických skupin na objem jednoho litru a byla stanovena druhová diverzita podle Shannon-Weaverova indexu diverzity ( $H'$ ) v jednotlivých rybnících.

Početnost byla stanovena podle vzorce:

$$D = \sum Ni \times \frac{V_2}{\sum v} \times \frac{1}{V_1}$$

$D$  [ $\text{ind l}^{-1}$ ] .... Početnost (denzita)

$N_i$  .... Počet jedinců v  $i$  – té počítací komůrce

$V_1$  [ml] .... Objem odebrané vody přefiltrované přes síta



v [ml]        .... Objem vzorku v lahvičce  
V<sub>2</sub> [l]        .... Objem podvzorku

Po výlovu na konci první fáze experimentu zaměstnanci VÚRH JU stanovili přežití odchovaných ryb. Protože v rybnících 40 VŘ, 41 GEO a 42 K bylo zjištěno téměř nulové přežití ryb, nebyly vzorky zooplanktonu z těchto rybníků zpracovány. Z důvodu masivní přítomnosti řasy rodu *Volvox*, nebyla nakonec stanovena biomasa zooplanktonu objemovou metodou.

### 3.5 Statistické zhodnocení dat

Statisticky byla vyhodnocena data početností jednotlivých frakcí, celkové početnosti a indexu diverzity pro obě fáze zvlášť. Jako základ pro statistickou analýzu byly vytvořeny tabulky v programu Microsoft Office Excel se všemi vzorkovanými rybníky s příslušnou variantou podpory perifýtonu v jednotlivých termínech odběrů.

Hierarchická ANOVA byla použita pro vyhodnocení vlivu různých substrátů v první fázi a přítomnosti potravní ryby v druhé fázi (dále variant), přičemž varianta a datum odběru byly považovány za faktor s pevným efektem a rybník, který je zároveň podřízen variantě, jako náhodný efekt. Vliv varianty byl považován za statisticky průkazný, pokud interakce mezi variantou a datem odběru měla hladinu významnosti  $p < 0,05$  nebo když byla hladina významnosti  $p$  v Tukeyho testu mnohonásobného porovnání mezi všemi variantami v daném datu odběru nižší než 0,05. Normalita dat byla testována Shapiro-Wilkův testem (Zar, 1984) v programu Statistica 12. U dat, která se nepodařila Box-Cox transformací (logaritmickou nebo odmononickou transformací) znormalizovat, byl pro porovnání variant použit neparametrický Kruskal-Wallisův test (druhá diverzita a početnosti zooplanktonu v první fázi experimentu, druhá diverzita a celková početnost zooplanktonu v druhé fázi experimentu) a pro výsledné znázornění byly vytvořeny grafy v programu Microsoft Office Excel. Bonferroniho korekce byla použita pro početnosti zooplanktonu.

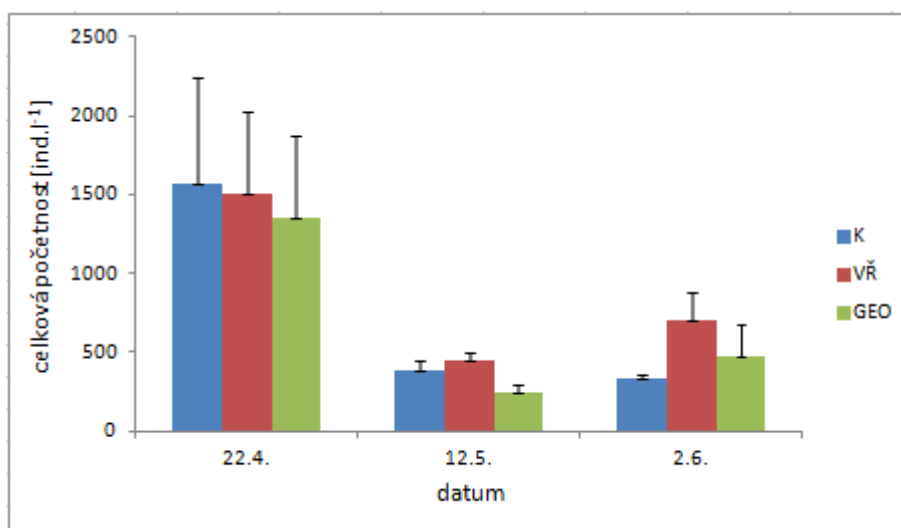
Data jsou prezentována jako průměry spolu se směrodatnými odchylkami ( $\bar{x} \pm S. D.$ ). Podle statistického vyhodnocení jsou pro odlišnost vlivu varianty na rozvoj zooplanktonu v tabulkách uvedeny horní indexy (a, b, c).

## 4 Výsledky

### 4.1 I. fáze experimentu

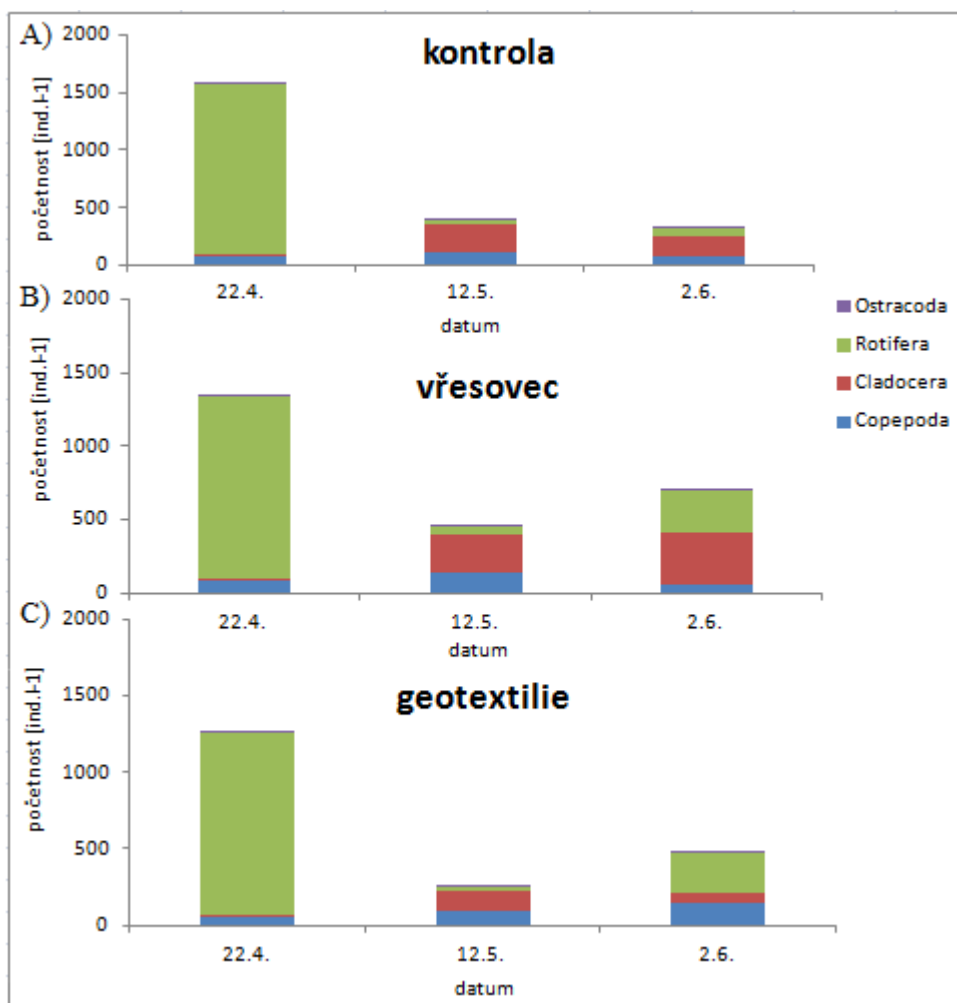
#### 4.1.1 Celková početnost a velikostní struktura zooplanktonu

Nejvyšší množství zooplanktonu bylo zjištěno ve všech variantách na počátku experimentu (K –  $1566 \pm 226 \text{ ind.l}^{-1}$ ; VŘ –  $1338 \pm 755 \text{ ind.l}^{-1}$ ; GEO –  $1253 \pm 348 \text{ ind.l}^{-1}$ ; Graf 1). Po zbytek experimentu už takových hodnot v početnosti zooplanktonu v žádné z variant nebylo dosaženo. Ve variantě kontrola početnost postupně klesala až na hodnotu  $326 \pm 254 \text{ ind.l}^{-1}$  (Graf1). Varianty s nainstalovanými substráty dosahovaly nejnižší početnosti v květnu (VŘ –  $450 \pm 63 \text{ ind.l}^{-1}$ ; GEO –  $246 \pm 175 \text{ ind.l}^{-1}$ ; Graf 1). Statistickou analýzou nebyl prokázán vliv variant na početnost zooplanktonu v průběhu první fáze experimentu ( $p > 0,05$ ).



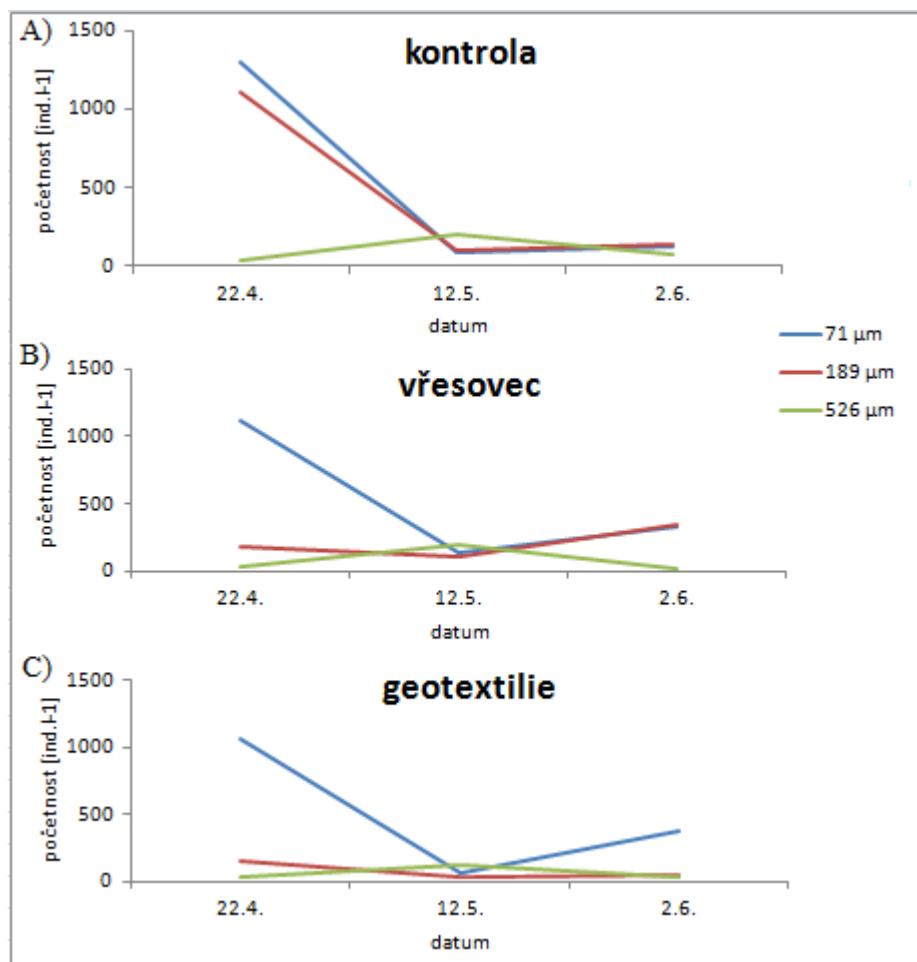
Graf 1: Vývoj celkové početnosti zooplanktonu ( $\bar{x} \pm S. D.$ ) v testovaných variantách během první fáze experimentu

Na počátku experimentu ve všech variantách, a také na konci experimentu ve variantě se substrátem z geotextilie, dominovali vířníci (Graf 2). Zastoupení především druhy *Keratella cochlearis*, *K. quadrata* a *Polyarthra vulgaris*. Druhou nejpočetnější skupinou byly ve variantě kontrola a se substrátem z vřesovce perloočky (Graf 2), s dominantními druhy *Daphnia longispina*, *D. galeata* a *Ceriodaphnia laticaudata*. Ve všech variantách byli klanonožci zastoupeni vývojovými stádii rodu *Cyclops*. Detailnější průměrné početnosti determinovaných druhů a hlavních skupin v testovaných variantách jsou uvedeny v Tab. 1.



Graf 2: Průměrná početnost a podíl jednotlivých skupin zooplanktonu ( $\bar{x}$ ) v testovaných variantách během první fáze experimentu

Podle průměrných hodnot početností všech druhů v jednotlivých frakcích dominovaly ve všech variantách spíše drobnější druhy zooplanktonu, které byly determinovány ve frakci 71 - 189  $\mu\text{m}$  a 189 - 526  $\mu\text{m}$  (Graf 3A - C). Ve sledovaném období dominovaly větší druhy zooplanktonu ( $\geq 526 \mu\text{m}$ ) nad drobnějšími druhy pouze v květnu (Graf 3A - C). Detailnější zastoupení hlavních skupin zooplanktonu v jednotlivých frakcích je popsáno v kapitolách 4.1.2 - 4.1.4.



Graf 3: Fluktuace početnosti jednotlivých velikostních frakcí zooplanktonu ( $\bar{x}$ ) v testovaných variantách (71  $\mu\text{m}$  – 71-189  $\mu\text{m}$ , 189  $\mu\text{m}$  – 189-526  $\mu\text{m}$  a 526  $\mu\text{m}$  – větší než 526  $\mu\text{m}$ ) použitých při odběru během první fáze experimentu

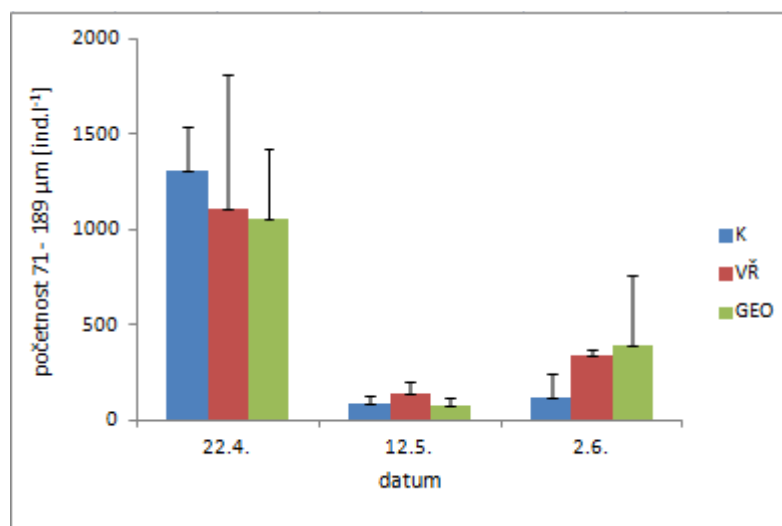
#### 4.1.2 Početnost zooplanktonu o velikosti 71 - 189 $\mu\text{m}$

Nejvyšší průměrná početnost drobného zooplanktonu byla zaznamenána ve variantě s vřesovcem. Následovala varianta s geotextilií, která se příliš nelišila od varianty bez substrátu (Tab. 2). V zooplanktonu získaného ze síta o velikosti ok 71  $\mu\text{m}$  byli nalezeni zástupci vířníků a klanonožců. Ve všech variantách dominovali vířníci, zejména druhy *Polyarthra vulgaris*, *Keratella cochlearis* a *K. quadrata*. Přičemž se jich nejvíce vyskytovalo ve variantě s vřesovcem (Tab. 2). Vysoká početnost vířníků byla zjištěna při prvním odběru v dubnu, poté jejich početnost klesla. Klanonožci se v této velikostní frakci vyskytovali v nižší početnosti než skupina vířníků. Nejvíce jich bylo determinováno při odběru v květnu a začátkem června. Zastoupeni byli vývojovými stádii buchanek a vznášivek. Nejvyšší průměrná početnost této skupiny byla zaznamenána ve variantě s geotextilií (Tab. 2).

Tabulka 2: Početnost jednotlivých skupin zooplanktonu ( $\bar{x} \pm S. D.$ ) ve frakci 71 - 189  $\mu\text{m}$  v testovaných variantách během první fáze experimentu

skupina	Početnost [ind.l <sup>-1</sup> ]		
	kontrola	vřesovec	geotextilie
Rotifera	457 ± 624	463 ± 575	435 ± 512
Copepoda	43 ± 23	61 ± 34	70 ± 89
<b>Suma</b>	504 ± 616 <sup>a</sup>	529 ± 570 <sup>a</sup>	505 ± 510 <sup>a</sup>

Vysoké početnosti zooplanktonu z této velikostní frakce bylo dosaženo při prvním odběru v dubnu ve všech variantách (K - 1304 ± 242 ind.l<sup>-1</sup>; VŘ - 1112 ± 707 ind.l<sup>-1</sup>; GEO - 1060 ± 367 ind.l<sup>-1</sup>). Následoval výrazný pokles, zaznamenaný během druhého odběru, v květnu, ve všech variantách (K - 88 ± 38 ind.l<sup>-1</sup>; VŘ - 140 ± 65 ind.l<sup>-1</sup>; GEO - 71 ± 44 ind.l<sup>-1</sup>). Na konci první fáze (začátek června) se početnost nepatrně zvýšila ve variantách s nainstalovanými substráty (VŘ - 335 ± 33 ind.l<sup>-1</sup>; GEO - 387 ± 370 ind.l<sup>-1</sup>). Přesto, že početnost zooplanktonu v jednotlivých variantách během sledovaného období kolísala, mezi variantami se příliš nelišila (Graf 4). Na základě statistické analýzy, lze uvést, že vliv testovaných variant na početnost zooplanktonu o velikosti 71 - 189  $\mu\text{m}$  nebyl statisticky významný ( $p > 0,05$ ).



Graf 4: Početnost zooplanktonu ( $\bar{x} \pm S. D.$ ) velikostní frakce 71-189  $\mu\text{m}$  v testovaných variantách během první fáze experimentu

#### 4.1.3 Početnost zooplanktonu o velikosti 189 - 526 $\mu\text{m}$

V zooplanktonu této velikostní frakce byli determinováni vířníci, perloočky, klanonožci a lasturnatky (velmi nízká početnost; Tab. 3). Vířníci byli dominující

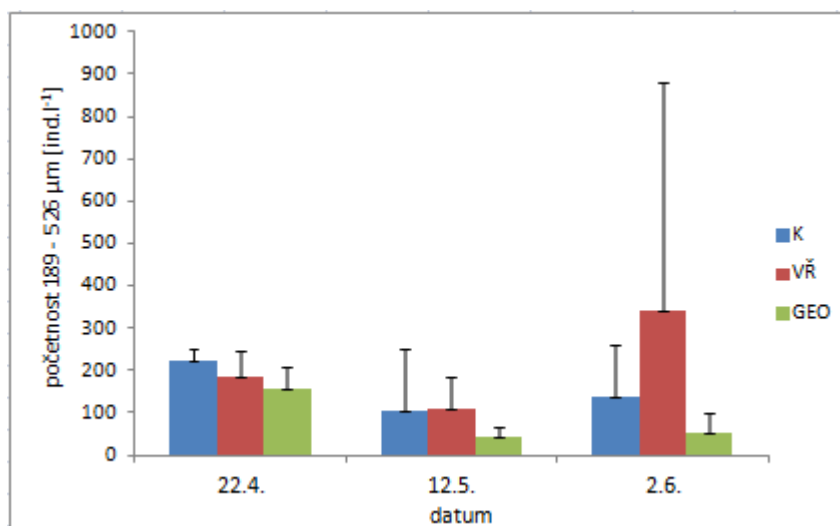
skupinou na počátku experimentu, zastoupeni především druhy *Brachionus calyciflorus*, *Keratella quadrata* a *Filinia longiseta*. V květnu a začátkem června se staly dominující skupinou perloočky, zastoupeni především druhy *Ceriodaphnia laticaudata*, *Daphnia longispina* a *Chydorus sphaericus*. Klanonožci byli zastoupeni kopepoditovými stádii buchanek a vznášivek, a nebylo zaznamenáno výraznější kolísání v jejich početnosti.

Nejvyšší početnost vykazovala varianta se substrátem z vřesovce, následovala varianta bez substrátu a varianta se substrátem z geotextilie (Tab. 3). V kontrolní variantě dominovali vířníci s perloočkami (Tab. 3). Ve variantě se substrátem z vřesovce početnost perlooček výrazně převyšovala ostatní skupiny, ale ve variantě se substrátem z geotextilie dominovali nad ostatními skupinami vířníci (Tab. 3). Méně početnou skupinou v této frakci byli klanonožci, kteří nejvyšší početnosti dosáhli ve variantě bez substrátu (Tab. 3). Ve všech variantách byly také nalezeny lasturnatky.

Tabulka 3: Početnost jednotlivých skupin zooplanktonu ( $\bar{x} \pm S. D.$ ) ve frakci 189 – 526  $\mu\text{m}$  v testovaných variantách během první fáze experimentu

skupina	Početnost [ind.l <sup>-1</sup> ]		
	kontrola	vřesovec	geotextilie
Rotifera	69 ± 99	62 ± 91	54 ± 73
Ostracoda	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1
Cladocera	69 ± 98	144 ± 304	22 ± 18
Copepoda	17 ± 13	7 ± 4	9 ± 5
<b>Suma</b>	156 ± 111 <sup>a</sup>	214 ± 232 <sup>a</sup>	86 ± 67 <sup>a</sup>

Početnost se příliš nelišila mezi variantami ani v průběhu první fáze experimentu. Pokles početnosti mezi prvním a druhým odběrem, tj. 22. 4. a 12. 5. 2014, byl zaznamenán ve všech variantách (Graf 5). Na konci první fáze (2. 6. 2014) jsou patrné rozdíly v početnosti mezi variantou se substrátem z geotextilie a variantou se substrátem z vřesovce i kontrolní variantou (K - 135 + 124536 ind.l<sup>-1</sup>; VŘ - 343 + 536 ind.l<sup>-1</sup>; GEO - 51 + 48 ind.l<sup>-1</sup>; Graf 5). Avšak statistické rozdíly nebyly v početnosti zooplanktonu u testovaných variant prokázány ( $p > 0,05$ ).



Graf 5: Početnost zooplanktonu ( $\bar{x} \pm S. D.$ ) velikostní frakce 189 – 526  $\mu\text{m}$  v testovaných variantách během první fáze experimentu

#### 4.1.4 Početnost zooplanktonu ve frakci $\geq 526 \mu\text{m}$

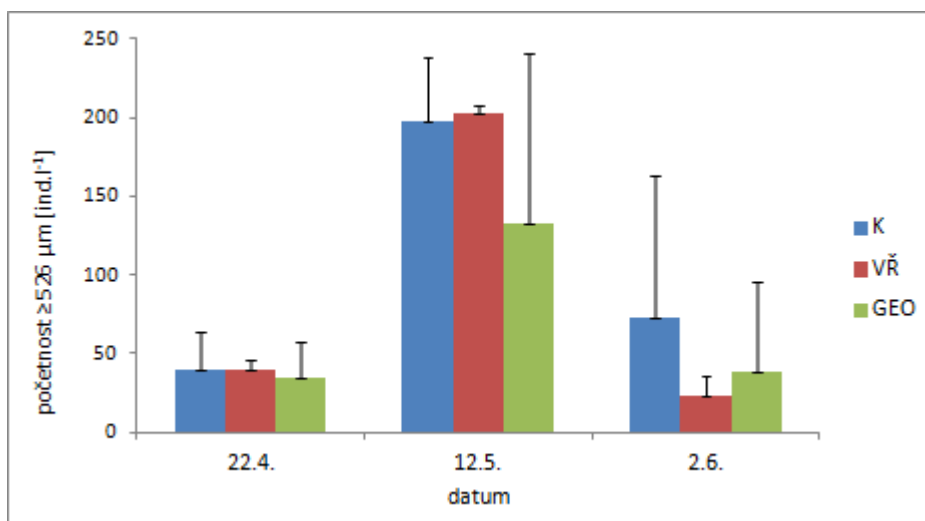
V zooplanktonu o velikosti větší než 526  $\mu\text{m}$  byli nalezeni klanonožci, perloočky a lasturnatky. Na počátku experimentu dominovali klanonožci, zastoupeni především druhy *Cyclops strenuus*, *C. vicinus* a *Eudiaptomus gracilis*. V průběhu experimentu se staly dominantní skupinou perloočky, zastoupeny především rodem *Daphnia* (*D. galeata* a *D. longispina*), ale i druhy *Bosmina longirostris* a *Scapholeberis mucronata*. Lasturnatky se více vyskytovaly na konci první fáze, přesto je jejich početnost velmi nízká (Tab. 4).

Nejvyšší početnost zooplanktonu byla zaznamenána ve variantě bez substrátu, následně pak ve variantě se substrátem z vřesovce a se substrátem z geotextilie (Tab. 4). Ve všech variantách dominovaly perloočky, přičemž nejvyšší početnost perlooček byla zjištěna v kontrolní variantě a nejnižší ve variantě se substrátem z geotextilie (Tab. 4). Nejvyšší početnost klanonožců vykazovala varianta bez substrátové podpory, dále varianta s vřesovcem a s geotextilií (Tab. 4). Nejméně početná skupina lasturnatky byla determinována ve všech variantách se stejnými průměrnými hodnotami početnosti (Tab. 4).

Tabulka 4: Početnost jednotlivých skupin zooplanktonu ( $\bar{x} \pm S. D.$ ) ve frakci  $\geq 526 \mu\text{m}$  v testovaných variantách během první fáze experimentu

skupina	Početnost [ $\text{ind.l}^{-1}$ ]		
	kontrola	vřesovec	geotextilie
Ostracoda	$1 \pm 1$	$1 \pm 1$	$1 \pm 1$
Cladocera	$73 \pm 72$	$66 \pm 73$	$51 \pm 65$
Copepoda	$32 \pm 22$	$24 \pm 19$	$18 \pm 19$
<b>Suma</b>	$106 \pm 88^a$	$91 \pm 87^a$	$70 \pm 78^a$

Ačkoliv se početnost zooplanktonu v testovaných variantách v průběhu první fáze lišila, mezi variantami dosahovala podobných hodnot (Graf 6). Na počátku experimentu, v dubnu, byla početnost ve všech variantách téměř shodná ( $K - 40 \pm 24 \text{ ind.l}^{-1}$ ;  $VŘ - 40 \pm 7 \text{ ind.l}^{-1}$ ;  $GEO - 35 \pm 23 \text{ ind.l}^{-1}$ ; Graf 6). Poté došlo ve všech variantách k výraznému zvýšení početnosti ( $K - 198 \pm 40 \text{ ind.l}^{-1}$ ;  $VŘ - 203 \pm 5 \text{ ind.l}^{-1}$ ;  $GEO - 133 \pm 109 \text{ ind.l}^{-1}$ ), a ve všech variantách tak početnost dosahovala nejvyšších hodnot během první fáze (Graf 6). Avšak na začátku června, se početnost ve variantách snížila ( $K - 73 \pm 91 \text{ ind.l}^{-1}$ ;  $VŘ - 23 \pm 14 \text{ ind.l}^{-1}$ ;  $GEO - 39 \pm 58 \text{ ind.l}^{-1}$ ; Graf 6). Celkově však nebyl vliv variant na početnost zooplanktonu  $\geq 526 \mu\text{m}$  statistickou analýzou prokázán ( $p > 0,05$ ).



Graf 6: Početnost zooplanktonu ( $\bar{x} \pm S. D.$ ) velikostní frakce  $\geq 526 \mu\text{m}$  v testovaných variantách během první fáze experimentu



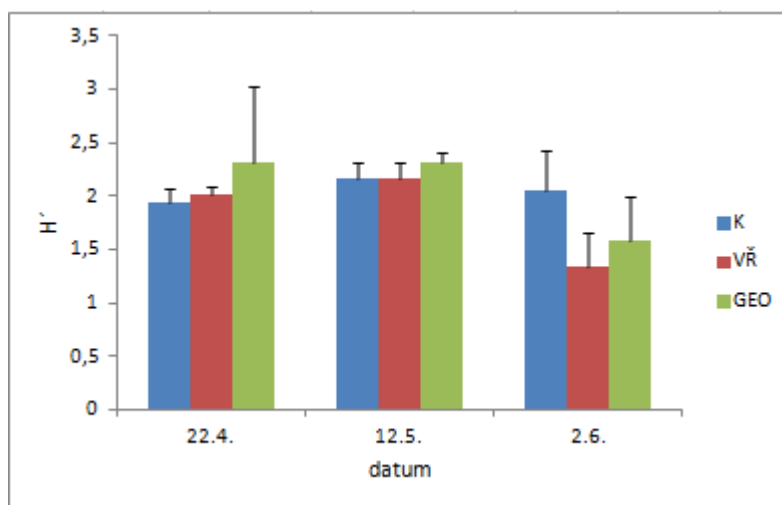
#### 4.1.5 Druhá diverzita zooplanktonu

Druhá diverzita, vyjádřena hodnotami Shannon-Weaverova indexu ( $H'$ ), byla ve všech testovaných variantách podobná (Tab. 5). Ve variantě bez substrátové podpory a se substrátem z geotextilie byly zaznamenány téměř stejné hodnoty druhové diverzity, vyšší než ve variantě s vřesovcem (Tab. 5).

Tabulka 5: Druhá diverzita zooplanktonu ( $\bar{x} \pm S. D.$ ) v testovaných variantách během první fáze experimentu

	kontrola	vřesovec	geotextilie
$H'$	$2,05 \pm 1,8^a$	$1,84 \pm 0,4^a$	$2,07 \pm 0,5^a$

Vliv testovaných variant na druhovou diverzitu zooplanktonu nebyl statisticky prokázán ( $p > 0,05$ ). Druhá diverzita se téměř nelišila v průběhu experimentu, ani mezi variantami (Graf 7). Přesto ve variantách s nainstalovanými substráty, byl na konci experimentu, zaznamenán menší pokles hodnoty Shannon-Weaverova indexu (Graf 7).



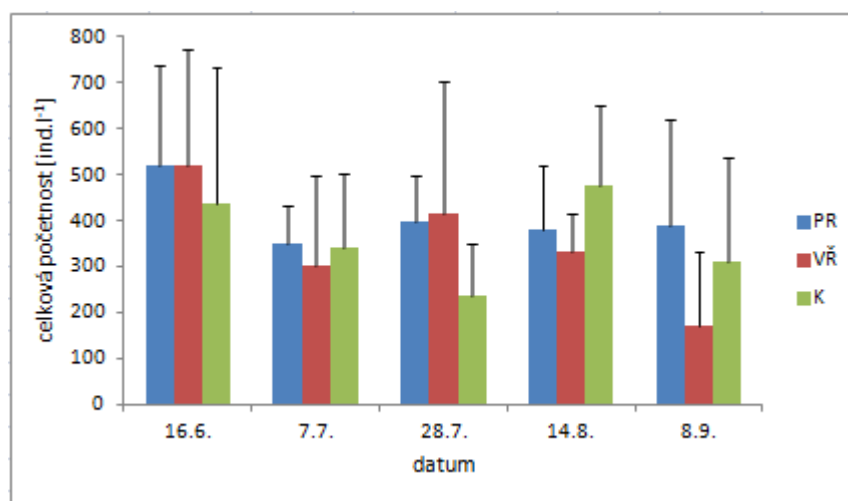
Graf 7: Vývoj druhové diverzity ( $H'$ ;  $\bar{x} \pm S. D.$ ) v testovaných variantách během první fáze experimentu

## 4.2 II. fáze experimentu

### 4.2.1 Celková početnost a velikostní struktura zooplanktonu

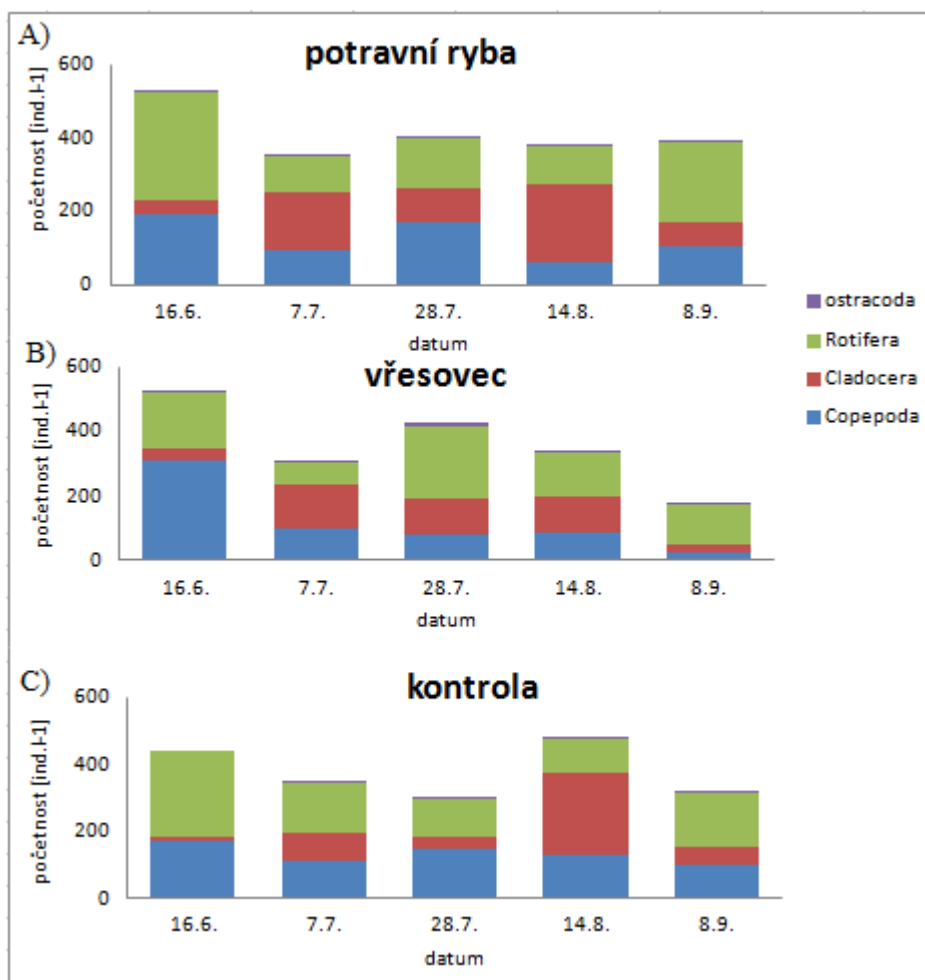
Množství zooplanktonu v druhé části experimentu kolísalo ve všech variantách (Graf 8) a nedosahovalo tak vysokých hodnot jako v první fázi experimentu. Varianta s potravní rybou vykazovala nejvyšší početnost ( $522 \pm 214 \text{ ind.l}^{-1}$ ) na začátku

experimentu (16. 6, 2014), poté klesla (7. 7. 2014;  $348 \pm 84 \text{ ind.l}^{-1}$ ), a po zbytek sledovaného období nebyla v množství zooplanktonu zaznamenána výraznější změna (Graf 8). Ve sledovaném období početnost zooplanktonu ve variantě se substrátem z vřesovce nepatrně kolísala, přičemž nejvyšší početnost ( $522 \pm 254 \text{ ind.l}^{-1}$ ) byla zaznamenána na počátku experimentu, tj. 16. 6. 2014; a nejnižší početnost ( $174 \pm 159 \text{ ind.l}^{-1}$ ) na konci experimentu (8. 9. 2014; Graf 8). Ve variantě kontrola byla zjištěna nejnižší početnost ( $297 \pm 116 \text{ ind.l}^{-1}$ ) při odběru na konci července, tj. 28. 7. 2014. Během následujícího odběru, 14. 8. 2014, bylo dosaženo v této variantě nejvyšší početnosti ( $478 \pm 176 \text{ ind.l}^{-1}$ ; Graf 8). Na základě statistické analýzy, lze uvést, že testované varianty neměly žádný vliv na početnost zooplanktonu ( $p > 0,05$ ).



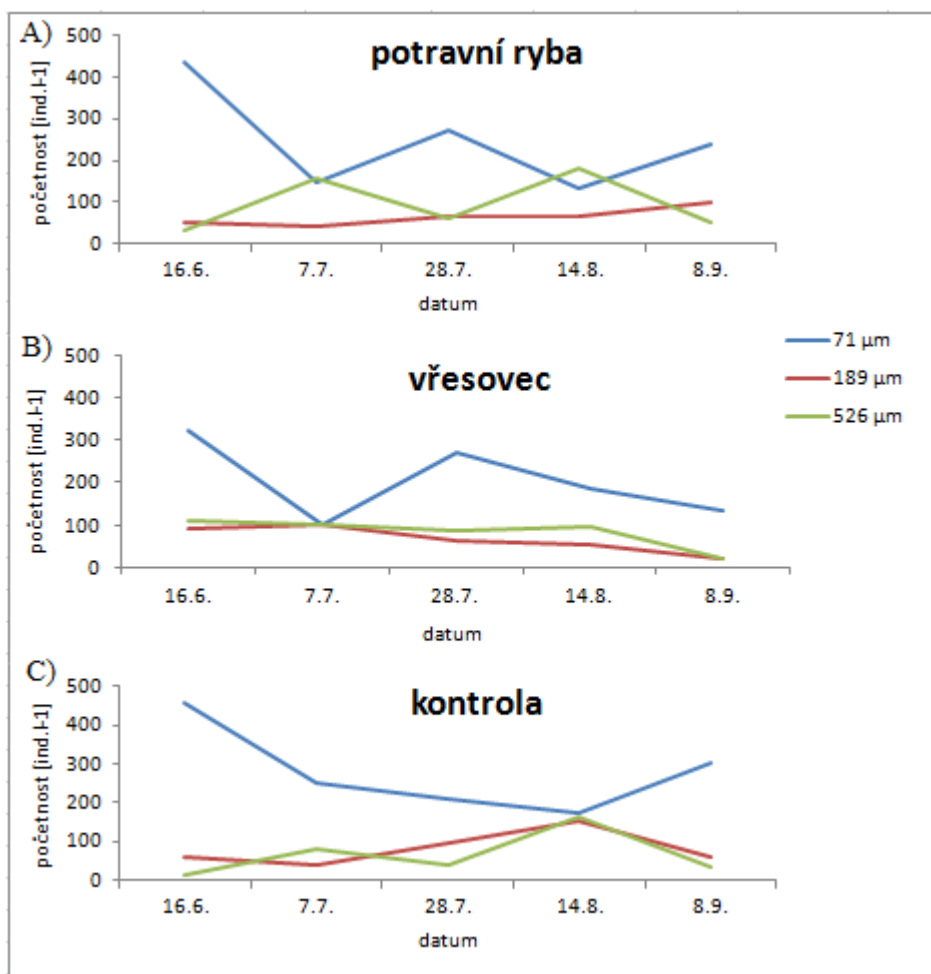
Graf 8: Vývoj celkové početnosti zooplanktonu ( $\bar{x} \pm S. D.$ ) v testovaných variantách během druhé fáze experimentu

V průběhu druhé fáze většinou dominovali vířníci spolu s klanonožci nad perloočkami (Graf 9). Ve všech variantách byli vířníci zastoupeni především druhy *Keratella cochlearis*, *K. quadrata* a *Polyarthra vulgaris*. Skupina perloočky s dominantním zastoupením druhů *D. galeata* a *D. longispina*, a klanonožci reprezentovaný všemi vývojovými stádii buchanek. Nejnižší početnosti ve všech variantách dosahovala skupina lasturnatky. Detailnější průměrné hodnoty početností determinovaných druhů a hlavních skupin v testovaných variantách jsou uvedeny v Tab. 6.



Graf 9: Početnost a podíl jednotlivých skupin zooplanktonu ( $\bar{x}$ ) v testovaných variantách během druhé fáze experimentu

Podle průměrných hodnot početností všech druhů v jednotlivých frakcích dominovaly ve všech variantách spíše drobné druhy zooplanktonu (71 – 189  $\mu\text{m}$ ). Velké druhy (z frakce  $\geq 526 \mu\text{m}$ ) se vyskytovaly ve všech variantách v závislosti s menšími druhy. Tzn., je-li ve vodě méně drobných druhů, v zooplanktonu dominují větší druhy, a naopak (Graf 10A - C). Detailnější zastoupení hlavních skupin zooplanktonu v jednotlivých frakcích je popsáno v kapitolách 4.2.2 – 4.2.4.



Graf 10: Fluktuace početnosti jednotlivých velikostních frakcí zooplanktonu ( $\bar{x}$ ) v testovaných variantách (71  $\mu\text{m}$  – 71-189  $\mu\text{m}$ , 189  $\mu\text{m}$  – 189-526  $\mu\text{m}$  a 526  $\mu\text{m}$  – větší než 526  $\mu\text{m}$ ) použitých při odběru během druhé fáze experimentu

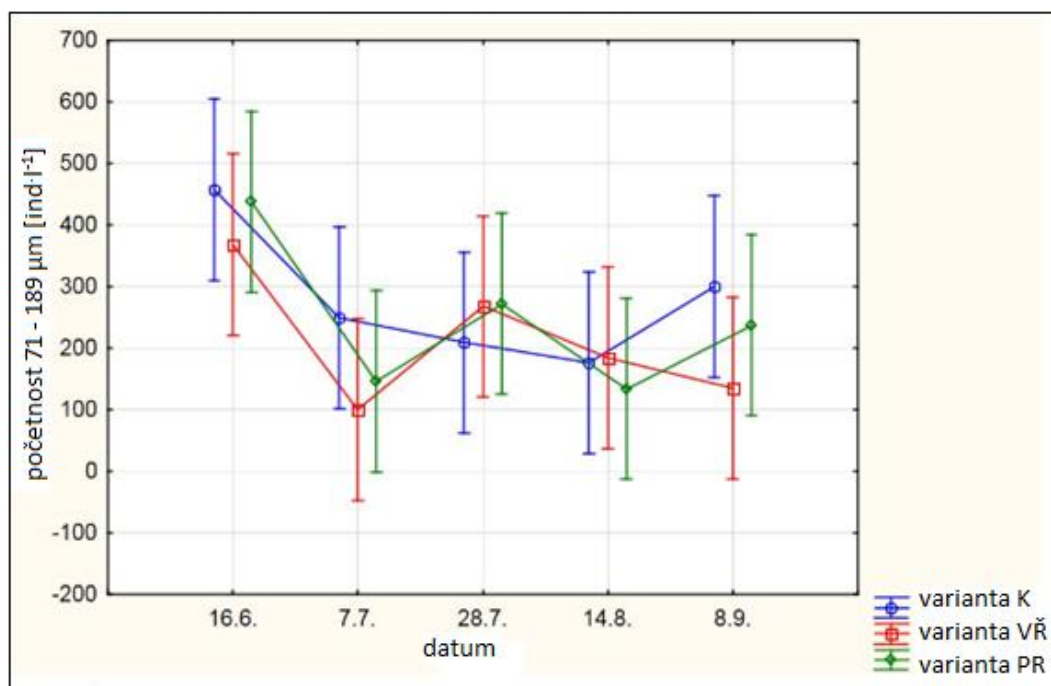
#### 4.2.2 Početnost zooplanktonu o velikosti 71 - 189 $\mu\text{m}$

Nejvyšší hodnotu početnosti zooplanktonu této velikostní frakce dosahovala varianta bez substrátové podpory, dále potom varianta s potravní rybou a následovala varianta se substrátem z vřesovce (Tab. 7). Ve všech variantách dominovali vířníci nad klanonožci (Tab. 7). Vířníci byli reprezentováni především druhu rodu *Keratella* a *Polyarthra*. Klanonožci byli zastoupeni všemi vývojovými stádii buchanek, ale i vznášivek.

Tabulka 7: Početnost jednotlivých skupin zooplanktonu ( $\bar{x} \pm S. D.$ ) ve frakci 71 – 189  $\mu\text{m}$  v testovaných variantách během druhé fáze experimentu

skupina	Početnost [ $\text{ind.l}^{-1}$ ]		
	potravní ryba	vřesovec	kontrola
Rotifera	163 $\pm$ 138	131 $\pm$ 121	184 $\pm$ 143
Copepoda	84 $\pm$ 70	80 $\pm$ 91	95 $\pm$ 56
<b>Suma</b>	248 $\pm$ 164 <sup>a</sup>	212 $\pm$ 175 <sup>a</sup>	280 $\pm$ 177 <sup>a</sup>

Početnost drobného zooplanktonu v průběhu druhé fáze experimentu kolísala ve všech variantách, přičemž nejvyšších průměrných hodnot bylo dosaženo na začátku experimentu, tj. 16. 6. 2014 (PR – 438  $\pm$  208  $\text{ind.l}^{-1}$ ; VŘ – 369  $\pm$  224  $\text{ind.l}^{-1}$ ; K – 458  $\pm$  250  $\text{ind.l}^{-1}$ ; Graf 11). Mezi jednotlivými variantami ale nebyly zjištěny výraznější odlišnosti (Graf 11). Podle statistické analýzy, testované varianty nemají vliv na početnost zooplanktonu o velikosti 71 – 189  $\mu\text{m}$  ( $p > 0,05$ ).



Graf 11: Početnost zooplanktonu ( $\bar{x} \pm S. D.$ ) velikostní frakce 71 – 189  $\mu\text{m}$  v testovaných variantách během druhé fáze experimentu

#### 4.2.3 Početnost zooplanktonu o velikosti 189 - 526 $\mu\text{m}$

V této velikostní frakci se vyskytovali vířníci, perloočky, klanonožci a lasturnatky. Nejnižší početnost byla zaznamenána u skupiny lasturnatky, přičemž ve variantě s potravní rybou v této frakci nebyly zjištěny vůbec (Tab. 8). Klanonožci byli

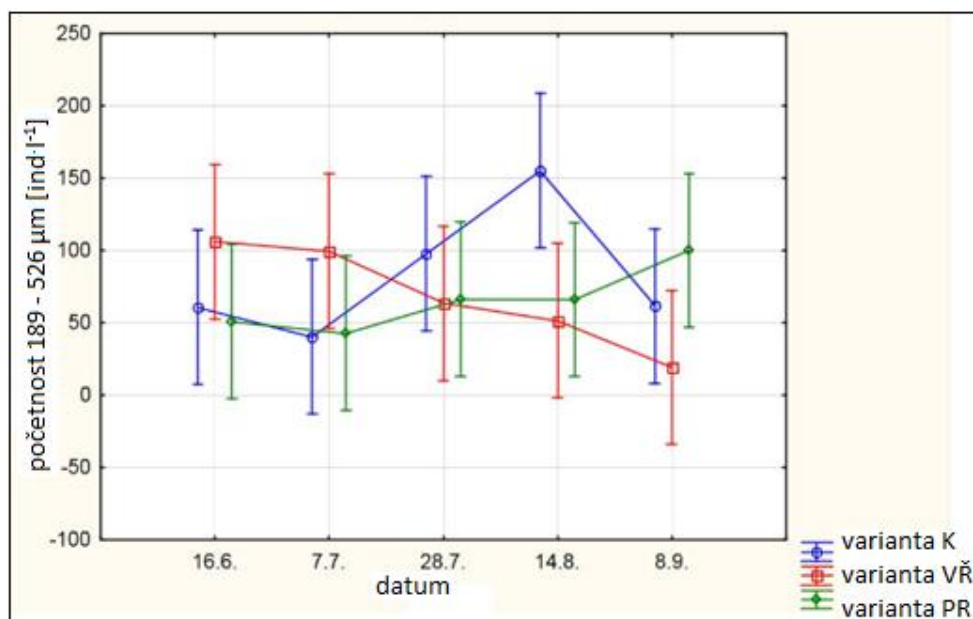
reprezentování především kopepoditovými stádii buchanek. Ve skupině perloočky dominovaly druhy rodu *Ceriodaphnia* a *Daphnia*, a vířníci byli zastoupeni především druhy *Keratella quadrata*, *Brachionus calyciflorus* a *Asplanchna priodonta*.

Podle průměrných hodnot početností zooplanktonu ve velikostní frakci 189 µm, bylo dosaženo nejvyšší početnosti u varianty bez substrátové podpory, dále pak ve variantě se substrátem z vřesovce a potravní rybou (Tab. 8). Ve všech variantách dominovali klanonožci, následované perloočkami. Značně nižší početnosti dosahovali vířníci (Tab. 8).

Tabulka 8: Početnost jednotlivých skupin zooplanktonu ( $\bar{x} \pm S. D.$ ) ve frakci 189 - 526 µm v testovaných variantách během druhé fáze experimentu

skupina	Početnost [ind.l <sup>-1</sup> ]		
	potravní ryba	vřesovec	Kontrola
Rotifera	7 ± 10	8 ± 20	10 ± 13
Ostracoda	0	1 ± 1	1 ± 1
Cladocera	23 ± 30	25 ± 39	27 ± 50
Copepoda	37 ± 36	36 ± 43	48 ± 37
<b>Suma</b>	67 ± 55 <sup>a</sup>	70 ± 68 <sup>a</sup>	86 ± 99 <sup>a</sup>

Statisticky nebyl prokázán vliv testovaných variant na početnost zooplanktonu ve frakci 189 -526 µm ( $p > 0,05$ ). Varianta s potravní rybou dosáhla nejvyšší početnosti ( $101 \pm 162 \text{ ind.l}^{-1}$ ) zooplanktonu na konci sledovaného období (8. 9. 2014; Graf 12). Na začátku (16. 6. 2014) sledovaného období dosahovala varianta s nainstalovaným substrátem nejvyšší početnosti ( $107 \pm 250 \text{ ind.l}^{-1}$ ), která po zbytek experimentu klesala (Graf 12). Množství zooplanktonu ve variantě kontrola kolísala po celé sledované období, přičemž nejvyšší hodnota ( $156 \pm 36 \text{ ind.l}^{-1}$ ) byla zjištěna v srpnovém odběru (Graf 12).



Graf 12: Početnost zooplanktonu ( $\bar{x} \pm S. D.$ ) velikostní frakce 189 – 526  $\mu\text{m}$  v testovaných variantách během druhé fáze experimentu

#### 4.2.4 Početnost zooplanktonu ve frakci $\geq 526 \mu\text{m}$

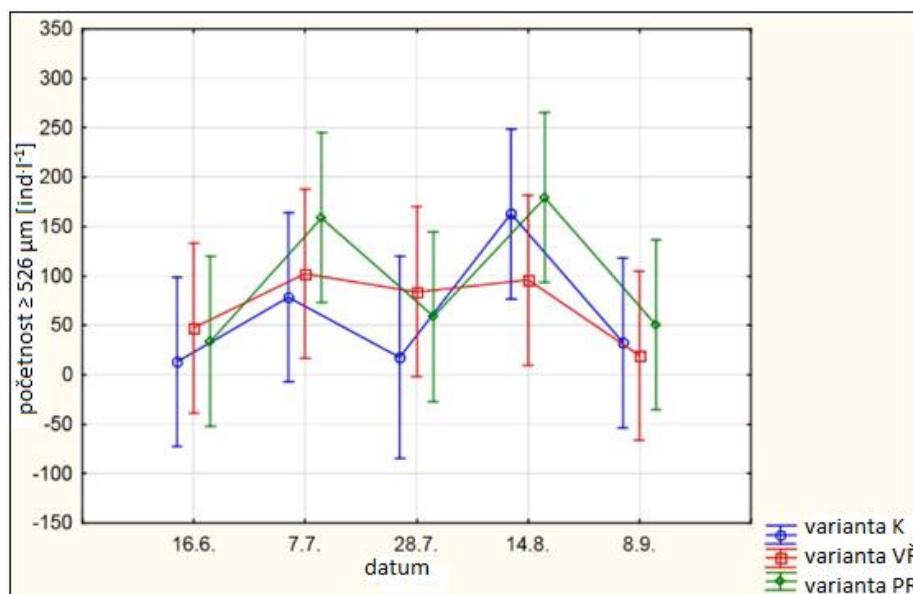
Průměrná početnost hrubého zooplanktonu dosahovala nejvyšších hodnot ve variantě s potravní rybou, dále varianta se substrátem z vřesovce a kontrola (Tab. 9). Ve všech variantách byla zaznamenána nejvyšší početnost u skupiny perloočky (Tab. 9). Výrazně nižší početnost pak měla skupina klanonožci a lasturnatky (Tab. 9). Ve skupině klanonožci dominovala kopepoditová stádia buchanek, a na konci experimentu *Eudiaptomus gracilis*. Perloočky byly zastoupeny především druhy rodu *Daphnia* a *Ceriodaphnia*.

Tabulka 9: Početnost jednotlivých skupin zooplanktonu ( $\bar{x} \pm S. D.$ ) ve frakci  $\geq 526 \mu\text{m}$  v testovaných variantách během druhé fáze experimentu

Skupina	Početnost [ $\text{ind} \cdot \text{l}^{-1}$ ]		
	potravní ryba	vřesovec	kontrola
Ostracoda	1 ± 2	8 ± 17	2 ± 3
Cladocera	92 ± 91	59 ± 108	62 ± 99
Copepoda	5 ± 6	5 ± 11	4 ± 5
<b>Suma</b>	98 ± 91 <sup>a</sup>	72 ± 107 <sup>a</sup>	68 ± 99 <sup>a</sup>

Ve sledovaném období množství zooplanktonu kolísalo ve všech variantách, ale mezi variantami bylo přibližně stejné (Graf 13). Nízké početnosti byly

zjištěny ve všech variantách na začátku (16. 6. 2014) a na konci (8. 9. 2014) druhé fáze (Graf 13). Přičemž nejvyšší početnost ( $180 \pm 116 \text{ ind.l}^{-1}$ ) byla ve variantě s potravní rybou v srpnovém odběru, ve variantě s nainstalovaným substrátem v polovině července ( $103 \pm 119 \text{ ind.l}^{-1}$ ), a ve variantě kontrola v srpnovém odběru ( $163 \pm 119 \text{ ind.l}^{-1}$ ). Během srpnového odběru, nebyla v jednom z kontrolních rybníků (47K) zjištěna přítomnost zooplanktonu o velikosti  $\geq 526 \mu\text{m}$ . Celkově nebyl vliv variant na početnost zooplanktonu této velikostní frakce statisticky prokázán ( $p > 0,05$ ).



Graf 13: Početnost zooplanktonu ( $\bar{x} \pm S. D.$ ) velikostní frakce  $\geq 526 \mu\text{m}$  v testovaných variantách během druhé fáze experimentu

#### 4.2.5 Druhá diverzita zooplanktonu

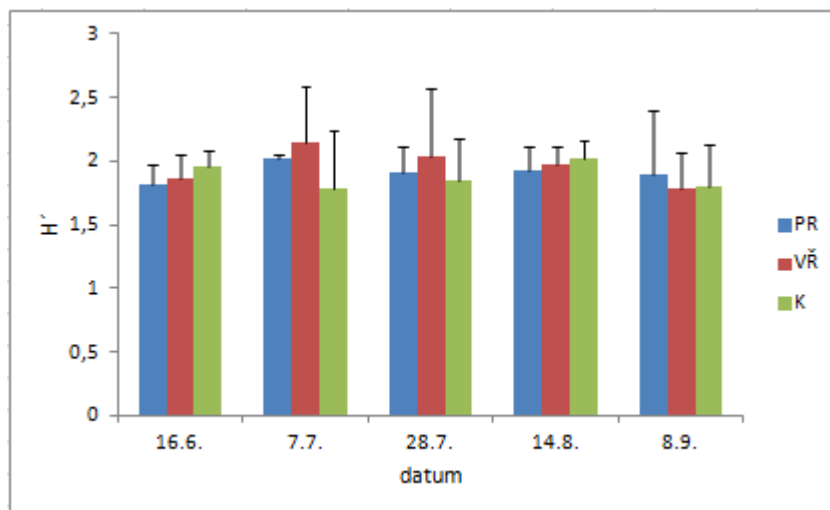
Druhá diverzita, vyjádřena průměrnými hodnotami Shannon-Weaverova indexu ( $H'$ ), je ve všech testovaných variantách téměř stejná (Tab. 10).

Tabulka 10: Druhá diverzita zooplanktonu ( $\bar{x} \pm S. D.$ ) v testovaných variantách během druhé fáze experimentu

	kontrola	vřesovec	Geotextilie
$H'$	$1,92 \pm 0,3^a$	$1,96 \pm 0,3^a$	$1,88 \pm 0,3^a$

Vliv testovaných variant na druhovou diverzitu v průběhu druhé fáze experimentu nebyl statistickou analýzou prokázán ( $p > 0,05$ ). Ani v průběhu experimentu nebyly zaznamenány změny v jednotlivých variantách (Graf 14).





Graf 14: Vývoj druhové diverzity ( $H'$ ;  $\bar{x} \pm S. D.$ ) v testovaných variantách během druhé fáze experimentu

## 5 Diskuze

V České Republice, ani v zemích s podobnými klimatickými podmínkami nebyl zatím podobný experiment pro podporu růstu perifytonu a zvýšení produkce ryb proveden. Avšak experimenty tohoto typu jsou zcela běžné v zemích Afriky a Asie, kde jsou v porovnání s naším podnebným pásmem vhodnější klimatické podmínky. V rozvojových zemích bylo provedeno několik studií (např. Ramesh a kol., 1999; van Dam a kol., 2002; Azim a kol., 2004; Milstein a kol., 2013) pro zvýšení produkce akvakultury především kaprovitých ryb (*Labeo rohita*, *Cyprinus carpio*, *Catla catla*), ale také některých zástupců ostnoploutvých ryb (*Oreochromis niloticus*, *O. aureus*).

### 5.1 I. fáze experimentu

Dle výsledků experimentu nebyla zaznamenána průkazná odlišnost v početnosti zooplanktonu (celkové, ani jednotlivých velikostních frakcí) mezi testovanými variantami. Přesto nejvyšší množství zooplanktonu v průběhu první fáze ( $829 \pm 572 \text{ ind.l}^{-1}$ ) bylo zjištěno ve variantě s nainstalovaným substrátem z přírodního materiálu, vřesovcem. Následovala varianta kontrolní ( $760 \pm 594 \text{ ind.l}^{-1}$ ) a varianta s umělým substrátem z geotextilie ( $658 \pm 502 \text{ ind.l}^{-1}$ ). Lze tedy říci, že varianta s vřesovcem měla větší vliv na výskyt zooplanktonu v rybnících, než varianta s geotextilií. Nicméně je nutné zmínit vysokou hodnotu směrodatných odchylek (Graf 1), která vypovídá o značné variabilitě v množství zooplanktonu v rámci jednotlivých odběrů (Graf 15). Dle výsledků bakalářské práce Marka Urbánka (FROV) a diplomové práce Gabriely Chadtové (ZF), které probíhaly současně se sledováním početnosti zooplanktonu, bylo množství makrozoobentosu a autotrofní složky perifytonu také vyšší ve variantě s vřesovcem (Chadtová, 2015; Urbánek, 2015). Je tak možné se domnívat, že díky bohatší potravní nabídce mohl být významně podpořen růst, přežití a tedy i produkce rychleného plůdku candáta v této variantě.

Právě v rybnících se substrátem z vřesovce byl v průběhu experimentu zjištěn stabilnější výskyt zooplanktonu (Graf 15). To mohlo být způsobeno rozkladem organického substrátu bakteriemi ve vodě, díky němuž se vyluhovaly do okolního prostředí živiny. Tyto živiny pak mohly být využity perifytonem, ale i fytoplanktonem (van Dam a kol., 2002). Z tohoto důvodu mohl být v rybnících s přírodním substrátem

dostatek živin a koncentrace potravy pro zooplankton po celý průběh experimentu v porovnání s rybníky s umělým substrátem.

Zachycené společenstvo zooplanktonu představovalo především druhy volné vody, neboť zde byl zooplankton vzorkován. Většina determinovaných druhů tedy patří mezi filtrátory a ve vodním sloupci se pohybují aktivně nebo se pasivně vznášejí (Adámek, 2010; Kalf, 2002). Přesto je možné, že některé druhy zooplanktonu, které se živí sbíráním částic z povrchu dna či rostlin (Hartman a kol., 2005), nárosty perifytonu jako potravu využili. Z druhů zaznamenaných v průběhu první fáze experimentu získává potravu tímto způsobem *Chydorus sphaericus* (nalezen ve všech testovaných variantách ošetření rybníků; od 3 do 5 ind.l<sup>-1</sup>) a *Eurycercus lamellatus* (nalezen pouze ve variantě kontrola;  $6 \pm 15$  ind.l<sup>-1</sup>). Avšak dle výsledků kolegyně Chadtové (2015), lze říci, že zooplankton jako potravu využíval spíše fytoplankton než perifyton, neboť v něm bylo zjištěno vyšší množství řas. Naopak v perifytonu se vyskytovalo vyšší množství sinic, které jsou spolu s vláknitými řasami pro filtrující druhy zooplanktonu nepoživatelné (Kořínek a kol., 1987; Adámek, 2010; Chadtová, 2015). Je ale důležité zmínit, že zooplankton se může živit také detritem, který obsahuje těž rozpadlé částice perifytonu (Fott, 1966; Hartman a kol., 2005). Této potravy mohly z determinovaných druhů využít *Daphnia magna* (nalezena ve variantě kontrola a se substrátem z vřesovce; od 1 do 3 ind.l<sup>-1</sup>) a *D. longispina* (nalezena ve všech variantách ošetření rybníků; od 13 do 41 ind.l<sup>-1</sup>).

Celkově se ve všech testovaných variantách vyskytovaly spíše drobnější druhy zooplanktonu. Mnoho autorů, např. Hrbáček a kol. (1961), Kalff (2002), Hartman a kol. (2005) či Adámek (2010), popisuje vzájemné ovlivňování velkých a malých druhů zooplanktonu (většinou spolu s hustotou rybí obsádky). Pokud jsou hojněji zastoupeny drobné druhy zooplanktonu, je ve vodě málo velkých druhů, a naopak. Ve všech testovaných variantách na začátku a na konci dominovaly drobnější druhy zooplanktonu, a pouze v květnu dominovaly velké druhy zooplanktonu ( $\geq 526 \mu\text{m}$ ; Graf 3A - C).

Vývoj velikostní struktury zooplanktonu popsany v této práci je koherentní s vývojem fytoplanktonu a průhledností vody. Těmito parametry se v našem experimentu zabývala Chadtová (2015). Na počátku experimentu (odběr 22. 4. 2014) bylo v rybnících vysoké množství zelených řas, poté (odběr 12. 5. 2014) nastalo

tzv. stádium „clear water“, po kterém se opět rozvinuly řasy i sinice (odběr 2. 6. 2014). Tomu odpovídá nejen průhlednost vody, která se v květnu zvýšila a poté klesla, ale také velikostní složení zooplanktonu. Krátce po napuštění rybníků (4 -7 dní) dominovali vířníci, po kterých následoval rozvoj velkých filtrujících druhů (perlooček). Je tedy pravděpodobné, že tato změna velikostního i druhového složení zooplanktonu byla ovlivněna především kompeticí, kdy efektivní filtrátoři (druhy rodu *Daphnia*; Tab. 1) spásaly řasy a vytlačily méně efektivní filtrátory (vířníky; Tab. 1). Následovaný pokles početnosti velkých druhů zooplanktonu byl zřejmě způsoben predaním tlakem ryb (Adámek, 2010). Výskyt převážně drobných druhů také mohl souviset s nepřítomností makrovegetace ve sledovaných rybnících, neboť v rybnících s žádným nebo téměř minimálním výskytem vodní makrovegetace byl v podobných experimentech determinován především drobný zooplankton (van Donk a van de Bund, 2002).

Na početnost i druhovou diverzitu také mohly mít vliv dravé druhy zooplanktonu. V této práci se ve všech variantách vyskytovala *Asplanchna priodonta*, *Leptodora kindtii*, *Cyclops strenuus* a *C. vicinus*. Druhy *Acanthocyclops americanus* a *Polyphemus pediculus* se vyskytovaly pouze ve variantě kontrola. Tyto druhy běžně loví jiné druhy vířníků, perlooček a vývojová stádia klanonožců (Hartman a kol., 2005).

Kromě abiotických faktorů a trofie vod má na sezónní dynamiku zooplanktonu největší vliv obsádka ryb (Hartman a kol., 2005; Adámek, 2010). Nejméně početnou skupinou zooplanktonu v průběhu první fáze experimentu byli klanonožci a perloočky, což může být výsledek predaním tlaku candáta, u něhož bylo zjištěno vysoké zastoupení těchto skupin v trávicím traktu (Policar a kol., 2014). Klanonožci a perloočky tedy byli v tomto období preferovanou potravní složkou ryb. Stejný vzor vývoje poměru hlavních taxonomických skupin jako v této práci byl popsán v rybníce Hadač s odchovem plůdku candáta (Svatek, 2010). Ačkoliv zde, dosáhla početnost zooplanktonu na počátku června nejvyšších hodnot pouze  $136 \text{ ind} \cdot \text{l}^{-1}$ , což je v porovnání s výslednými početnostmi zooplanktonu v jednotlivých variantách ošetření rybníků v našem experimentu (kontrola  $760 \pm 594 \text{ ind} \cdot \text{l}^{-1}$ , vřesovec  $829 \pm 572 \text{ ind} \cdot \text{l}^{-1}$ , geotextilie  $658 \pm 502 \text{ ind} \cdot \text{l}^{-1}$ ) výrazně méně. Výrazný rozdíl v celkové početnosti zooplanktonu mohl být dán rozdílným typem prostředí, ve kterém experimenty probíhaly, neboť rybník Hadač se vyskytuje v lesním prostředí u Nových Hradů. Avšak pravděpodobnější vysvětlení je téměř 5x vyšší obsádka plůdku candáta

v rybníku Hadač v porovnání s našimi rybníky. Hrbáček (1996) uvádí, že při obsádce 10 000 –100 000 ks·ha<sup>-1</sup> různých věkových tříd kapra, v rybnících převládají drobnější druhy perlooček rodu *Daphnia*, *Bosmina* a *Ceriodaphnia*. Je tedy pravděpodobné, že vyšší početnost zooplanktonu v této práci byla zaznamenána i díky nižší hustotě rybí obsádky.

Index druhové diverzity byl zjištěn ve variantě kontrola a se substrátem s geotextilie nepatrně vyšší než ve variantě se substrátem z vřesovce (Tab. 5). Celkově ale bylo determinováno 35 druhů ve variantě s vřesovcem, 32 druhů ve variantě kontrola a 31 druhů ve variantě s geotextilií (Tab. 1). Je možné, že druhová diverzita byla ovlivněna trofíí vody, protože v průběhu experimentu byly rybníky ve všech variantách oligotrofní až mezotrofní (Chadtová, 2015). Podle Příkryla (1996) je vyšší druhová diverzita zooplanktonu v rybnících s vyšší úživností, ale s nízkou až střední úrovní intenzifikace. Druhová diverzita ale může být ovlivňována nejen trofíí vody, ale i hydrologickými podmínkami, teplotou vody a vnitrodruhovou a mezidruhovou kompeticí (Stansfield a kol., 1997; Azim a kol., 2005; Adámek, 2010; Chang a kol., 2014). Nicméně rozdíly v diverzitě zooplanktonu popsané v této práci, nejsou natolik výrazné, abychom mohli na jejich základě usuzovat na vliv konkrétního substrátu.

Interakce mezi zooplanktonem a perifytonem byly zatím málo prozkoumány. Nicméně ve studii Rameshe a kol. (1999), byl zjištěn pozitivní vliv těchto substrátů na zvýšení početnosti zooplanktonu. Třemi druhy substrátu byly: vylisovaná cukrová třtina, rýžová sláma a suchý vodní hyacint rodu *Eichhornia*. Naopak Wahab a kol. (1999) nezaznamenal rozdíly v početnosti zooplanktonu ve variantě se substrátem a bez substrátu, ale vliv substrátu se pozitivně projevil na přežití a rychlosti růstu plůdku. Je však důležité zdůraznit rozdílnost klimatických podmínek, které mají významný vliv na vodní ekosystém. Zdá se, že v našich podmínkách není výsledný efekt tak markantní jako v teplejších klimatických oblastech.

Nakonec vzorky vody, ze kterých byla stanovována početnost, a druhové složení zooplanktonu, byly odebírány vždy z volné vody v okolí výpustního zařízení, což mohlo částečně zkreslit skutečnou početnost a index druhové diverzity zooplanktonu.

## 5.2 II. fáze experimentu

Podle statistické analýzy nebyly prokázány odlišnosti testovaných variant na početnost zooplanktonu (celkové, ani jednotlivých velikostních frakcí) v druhé fázi experimentu. Přesto byly zaznamenány výrazně nižší početnosti zooplanktonu ve všech variantách - s krmnými rybami ( $407 \pm 154 \text{ ind.l}^{-1}$ ), se substrátem z vřesovce ( $348 \pm 215 \text{ ind.l}^{-1}$ ) a kontrola ( $374 \pm 191 \text{ ind.l}^{-1}$ ). Avšak tento pokles je v druhé polovině vegetačního období běžný, neboť příjem potravy u ryb není limitován teplotou vody, a proto ryby podstatně zvyšují predanční tlak (Kořínek a kol., 1987; Adámek, 2010). Směrodatná odchylka v příslušných grafech vypovídá o variabilitě v množství zooplanktonu v rámci jednotlivých odběrů. Toto množství kolísalo v průběhu druhé fáze ve všech variantách (Graf 16 – 18). Rozdílné početnosti byly výrazné především ve variantě kontrola a ve variantě se substrátem z vřesovce při porovnání s první fází experimentu, ve které byly početnosti značně vyšší.

Pravděpodobným vysvětlením nízké početnosti zooplanktonu ve všech variantách může být také výskyt submerzní makrovegetace, sinic a vláknitých řas, které byly během druhé fáze experimentu ve všech rybnících zaznamenány ve velkém množství. Pro mělké rybníky v našich klimatických podmínkách je běžný výskyt submerzní makrovegetace po celé ploše dna, a proto má většina rybníků litorální charakter (Declercq a kol., 2007; Hartman a kol., 2005). To platilo i pro námi sledované rybníky. Avšak pro některé druhy zooplanktonu, např. determinované perloočky rodu *Ceriodaphnia*, *Simocephalus vetulus*, *Scapholeberis mucronata*, *Chydorus sphaericus*, *Eurycercus lamellatus*, také pro determinované buchanky *Acanthocyclops einslei*, *A. vernalis*, *Megacyclops viridis*, mohla makrovegetace sloužit jednak jako nika, kde si hledaly potravu, a také jako úkryt před predací ryb (van Donk a van de Bund, 2002).

Z důvodu vysokého výskytu již zmíněné submerzní vodní vegetace není možné zcela jasně oddělit její vliv od vlivu perifytonu na vlastní zooplankton. Podle výsledků Chadtové (2015) převažovala autotrofní složka perifytonu (hlavně řasy a bakterie, v malém množství i sinice). Toho mohla ve variantě se substrátem z vřesovce využít perloočka *Diaphanosoma brachyurum*, která je v rybnících významným filtrátorem bakterií (Hartman a kol., 2005). Ve všech variantách mohly být také řasy vhodnou potravou pro filtrující druhy zooplanktonu. Nejen nárosty perifytonu na ponořené vegetaci, ale také plovoucí nárosty (tzv. metafyton), mohly být pro zooplankton

útočištěm před predací ryb a dravých druhů bezobratlých živočichů (Kalff 2002; Azim a kol., 2005; v našem experimentu např. dravé druhy perlooček *Leptodora kindtii*, *Polyphemus pediculus*, nebo druhy buchanek *Acanthocyclops americanus*, *Mesocyclops leuckarti*, *Cyclops strenuus*, *C. vicinus*; Tab. 6).

Je pravděpodobné, že důležitým faktorem ovlivňujícím početnost zooplanktonu v první i v druhé fázi experimentu byl predací tlak rybí obsádky. Přestože byla rybí obsádka, v porovnání s první fází, ve variantě kontrola a se substrátem z vřesovce nižší, a byl tak zároveň snížen predací tlak na zooplankton, bylo zjištěno menší množství zooplanktonu v těchto variantách. V rybnících s krmnými rybami byla, oproti ostatním rybníkům, hustota obsádky vyšší. V této variantě mohl být na zooplankton vyvíjen větší predací tlak, avšak v průběhu experimentu tato varianta nevykazovala nejnižší početnost zooplanktonu. V potravě candáta v této variantě byla zachycena potravní ryba v malém množství až ke konci experimentu, a candát v této fázi preferoval perloočky a bentické organismy (Policar a kol., 2014). Candát s kaprem zřejmě působili vyžíráním tlakem selektivně na společenstvo tzv. hrubého zooplanktonu. V této variantě dominovaly velké druhy zooplanktonu na začátku července a v srpnu (Graf 10A).

Stejně tak jako v první fázi, i ve druhé fázi lze pozorovat vzájemné ovlivňování velkých a malých druhů zooplanktonu (Graf 10A – C). Stejný byl také obecný vývoj vířníků a perlooček. To bylo pravděpodobně způsobeno vypuštěním rybníků po ukončení první fáze experimentu, a jejich opětovným napuštěním. Po napuštění se vyvíjeli vířníci společně s klanonožci (především druhy rodu *Keratella*, *Polyarthra*, vývojová stádia buchanek; Tab. 6). Následoval rozvoj velkých druhů zooplanktonu (v průběhu července zastoupen dominantními druhy *Daphnia galeata* a *D. longispina*), který byl následovně redukován ze strany rybí obsádky (Adámek, 2010). Na konci experimentu tedy opět dominovali vířníci s klanonožci, zastoupeni stejnými druhy jako na začátku druhé fáze.

Výskyt převážně drobného zooplanktonu (vířníci, některé druhy perlooček a klanonožců) v nepřítomnosti velkých filtrujících perlooček (které byly selektivně vyžírány rybami) mohl být ve spojení s nízkou průhledností vody způsobenou masovým výskytem sinic či vláknitých řas, které jsou pro velké filtrující druhy nepoživatelné, jak již bylo popsáno (např. Kořínek a kol., 1987; Adámek, 2010). Nízká početnost velkých druhů zooplanktonu tedy mohla souviset s nedostatkem potravy. To potvrzují

výsledky Chadtové (2015), která zaznamenala v průběhu experimentu klesající množství řas ve fytoplanktonu.

Je tedy pravděpodobné, že nižší početnost zooplanktonu byla způsobena predací ryb společně s nedostatkem potravy a přítomností vodní vegetace (Kalff, 2002; Adámek, 2010). Nejen početnost, ale také index druhové diverzity, mohl být značně ovlivněn místem odběru vzorků.



## 6 Závěr

V první fázi experimentu byla nejvyšší početnost zooplanktonu, počet determinovaných druhů a přežití plůdku candáta zjištěna v rybnících s podporou substrátu z přírodního materiálu (vřesovec). Nejnižší početnost zooplanktonu, počet determinovaných druhů a přežití ryb bylo zjištěno v rybnících se substrátem z umělého materiálu (geotextilie). Zdá se, že substrát z vřesovce, má pozitivní vliv nejen na rozvoj zooplanktonu, ale i na celkovou produkci rybníka. Avšak statisticky nebyl prokázán vliv této testované varianty na rozvoj zooplanktonu, ani u ostatních variant (substrát z geotextilie a kontrola). Přestože rychlený plůdek candáta se v této fázi experimentu živil výhradně planktonními organismy, početnosti zooplanktonu v testovaných variantách byly poměrně vysoké.

V druhé fázi experimentu již nebyl pozitivní vliv přírodního substrátu potvrzen. Důvodem mohl být zvýšený výskyt ponořené makrovegetace, sinic a vláknitých řas, které na jedné straně konkurovaly drobnému fytoplanktonu, na straně druhé však poskytovaly zejména v případě ponořené makrovegetace podobnou potravní základnu jako substrát z vřesovce a tím snižovaly rozdíly mezi variantami. V druhé fázi bylo determinováno více druhů zooplanktonu ve všech variantách. Nicméně ani v této fázi nebyl vliv testovaných variant na rozvoj zooplanktonu v rybnících statisticky významný.

Jako uměle dodaný substrát pro podporu je vhodnější použít přírodní materiál. Tato domněnka byla potvrzena několika jak citovanými autory v rámci této bakalářské práce, tak i v první fázi našeho experimentu, kdy byla celková produkce ve variantě právě s přírodním substrátem o 7 – 21 % vyšší. Přírodní substrát je také vhodné zvolit z hlediska menšího zásahu do vodního ekosystému. Je však důležité brát v ohledu intenzifikaci obhospodařování rybníků, klimatické podmínky v dané oblasti či výskyt vodní makrovegetace. Neboť rybníky jsou ovlivňovány biologickými, abiotickými i antropogenními faktory, a proto je každý rybník specifický.

## 7 Seznam literatury

- Adámek, Z., 2010. Hydrobiologie v rybářství, In: Adámek, Z., Helešic, J., Maršálek, B., Rulík, M., Aplikovaná hydrobiologie, 2. roz. upr. vyd., Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, 299-334.
- Ali, M. M., Mageed, A. A., Heikal, M., 2007. Importance of aquatic macrophyte for invertebrate diversity in large subtropical reservoir, In: *Limnologica*, 37: 155-169.
- Amoros, C., 1984. Introduction pratique a la systematique des organismes des eaux continentales francaises: 5: Crustacés cladocères, In: *Bulletin mensuel de la Société Linnéenne de Lyon*, Lyon: Association Francaise de Limnologie, 72-105.
- Asaduzzaman, M., Rahman, M. M., Azim, M. E., Islam, M. A., Wahab, M. A., Verdegem, M. C. J., Verreth, J. A. J., 2010. Effects of C/N ratio and substrate addition on natural food communities in freshwater prawn monoculture ponds, In: *Aquaculture*, 306: 127-136.
- Azim, M. E., Asaeda, T., 2005. Periphyton structure, diversity and colonization, In: Azim, M. E., Verdegem, M. C. J., van Dam, A. A., Beveridge, M. C. M. (eds.), *Periphyton: ecology, exploitation and management*, Wallingford: CABI Publishing, 14-34.
- Azim, M. E., Beveridge, M. C. M., van Dam, A. A., Verdegem, M. C. J., 2005. Periphyton and aquatic production: an introduction, In: Azim, M. E., Verdegem, M. C. J., van Dam, A. A., Beveridge, M. C. M. (eds.), *Periphyton: ecology, exploitation and management*, Wallingford: CABI Publishing, 1-14.
- Azim, M. E., Verdegem, M. C. J., Rahman, M. M., Wahab, M. A., van Dam, A. A., Beveridge, M. C. M., 2002. Evaluation of polyculture of Indian major carps in periphyton-based ponds, In: *Aquaculture*, 213: 131-149.
- Azim, M. E., Wahab, M. A., 2005. Periphyton-based pond polyculture, In: Azim, M. E., Verdegem, M. C. J., van Dam, A. A., Beveridge, M. C. M. (eds.), *Periphyton: ecology, exploitation and management*, Wallingford: CABI Publishing, 207-222.
- Azim, M. E., Wahab, M. A., Biswas, P. K., Asaeda, T., Fujino, T., Verdegem, M. C. J., 2004. The effect of periphyton substrate density on production in freshwater polyculture ponds, In: *Aquaculture*, 232: 441-453.
- Badosa, A., Boix, D., Brucet, S., López-Flores, R., Gascón, S., Quintana, X. D., 2006. Zooplankton taxonomic and size diversity in Mediterranean coastal lagoons (NE Iberian Peninsula): Influence of hydrology, nutrient composition, food resource availability and predation, In: *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 71: 335-346.

- Bartoš, E., 1959. Fauna ČSR: Sv. 15, Vříšáci – Rotatoria, Praha: Československá akademie věd, 969 p.
- Brandl, Z., 2005. Freshwater copepods and rotifers: predators and their prey, In: *Hydrobiologia*, 546: 475-489.
- Burdis, R. M., Hoxmeier, R. J. H., 2011. Seasonal zooplankton dynamics in main channel and backwater habitats of the Upper Mississippi River, In: *Hydrobiologia*, 667: 69-87.
- Cazzanelli, M., Warming, T. P., Christoffersen, K. S., 2008. Emergent and floating-leaved macrophytes as refuge for zooplankton in eutrophic temperate lake without submerged vegetation, In: *Hydrobiologia*, 605: 113-122.
- Colon-Gaud, J-Ch., Kelso, W. E., Rutherford, D. A., 2004. Spatial distribution of macroinvertebrates inhabiting Hydrilla and coontail beds in the Atchafalaya Basin, Louisiana, In: *Journal of Aquatic Plant Manage*, 42: 85-91.
- Costa, Z. J., Vonesh, J. R., 2013. Interspecific differences in the direct and indirect effects of two neotropical hylid tadpoles on primary producers and zooplankton, In: *Biotropica*, 45: 503-510.
- Dakos, V., Beninca, E., van Nes, E. H., Philippart, C. J. M., Scheffer, M., Huisman, J., 2009. Interannual variability in species composition explained as seasonally entrained chaos, In: *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 276: 2871–2880.
- Declerck, S., Vanderstukken, M., Pals, A., Muylaert, K., De Meester, L., 2007. Plankton diversity along a gradient of productivity and its mediation by macrophytes, In: *Ecology*, 88: 2199-2210.
- Dejen, E., Vijverberg, J., Nagelkerke, L. A. J., Sibbink, F. A., 2004. Temporal and spatial distribution of microcrustacean zooplankton in relation to turbidity and other environmental factors in a large tropical lake (L. Tana, Ethiopia), In: *Hydrobiologia*, 513: 39-49.
- Devetter, M., Sed'a, J., 2005. Decline of clear-water rotifer populations in reservoir: the role of resource limitation, In: *Hydrobiologia*, 546: 509-518.
- Díaz-Olarte, J., Valoyes-Valois, V., Guisande, C., Ned Torres, N., González-Bermúdez, A., Sanabria-Aranda, L., Manjarrés Hernández, A.M., Duque, S. R., Marciales, L. J., Nuñez-Avellaneda, M., 2007. Periphyton and phytoplankton associated with the tropical carnivorous plant *Utricularia foliosa*, In: *Aquatic Botany*, 87: 285-291.

- dos Santos, T., Ferragut, C., de Mattos Bicudo, C. E., 2013. Does macrophyte architecture influence periphyton? Relationships among *Utricularia foliosa*, periphyton assemblage structure and its nutrient (C, N, P) status, In: *Hydrobiologia*, 714: 71-83.
- Evans, M. S., Sell, D. W., 1983. Zooplankton sampling strategies for environmental studies. In: *Hydrobiologia*, 99: 215–223.
- Faina, R., 1983. Využívání přirozené potravy kaprem v rybnících, Vodňany: Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický, edice metodik: č. 8, 15 p.
- Faina, R., Svobodová, Z., 1997. Vliv dravých buchanek na raná vývojová stádia ryb, Vodňany: Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický, edice metodik: č. 44, 8 p.
- Fott, M., 1966. Sinice a řasy, 2. vyd., Praha: Academia; 520 p.
- Goldsborough, L. G., McDougal, R. L., North, A. K., 2005. Periphyton in freshwater lakes and wetlands, In: Azim, M. E., Verdegem, M. C. J., van Dam, A. A., Beveridge, M. C. M. (eds.), *Periphyton: ecology, exploitation and management*, Wallingford: CABI Publishing, 71-90.
- Graham, L. E., Wilcox, L. W., 2002. *Algae*, Upper Saddle River: New Jersey: Prentice Hall, 640 p.
- Hartman, P., Příkryl, I., Štědranský, E., 2005. *Hydrobiologie*, 3. přeprac. vyd., Praha: Informatorium, 359 p.
- Hrbáček, J., 1977. Competition and predation in relation to species composition of freshwater zooplankton, mainly Cladocera, In: Cairns, J. (ed.), *Aquatic microbial communities*, New York: Garland publishing, 305-354.
- Hrbáček, J., 1996. Vztahy v potravní síti, In: Eistelová, M. (ed.), *Obnova jezerních ekosystémů: holistický přístup: odborná příručka*, Newbury: The Nature conservation bureau Ltd., 44-58.
- Hrbáček, J., Dvořáková, M., Kořínek, V., Procházková, L., 1961. Demonstration of the effect of the fish stock on the species composition of zooplankton and the intensity of metabolism of the whole plankton association, In: *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, 14: 192-195.
- Chadtová, G., 2015. Vztah rozvoje fytoplanktonu a perifýtonu, Diplomová práce, České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 79 p.
- Chang, CH., Shiah, F., Wu, J., Miki, T., Hsieh, CH., 2014. The role of food availability and phytoplankton community dynamics in the seasonal succession of zooplankton community

- in a subtropical reservoir, In: *Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters* 46: 131-138.
- Illyová, M., Pastuchová, Z., 2012. The zooplankton communities of small water reservoirs with different trophic conditions in two catchments in western Slovakia, In: *Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters*, 42: 271-281.
- Kalff, J., 2002. *Limnology: inland water ecosystems*, Upper Saddle River: New Jersey: Prentice Hall, 592 p.
- Kirk, K. L., Gilbert, J. J., 1990. Suspended clay and the population dynamics of planktonic rotifers and cladocerans [online], In: *Ecology*, 7: 1741-1755, [cit. 11. 3. 2015], dostupné na [www: http://www.jstor.org/stable/1937582?seq=1#page\\_scan\\_tab\\_contents](http://www.jstor.org/stable/1937582?seq=1#page_scan_tab_contents)
- Kořínek, V., 2005. Dichotomický klíč perlooček (Cladocera) České republiky (Nepublikovaný rukopis), 38 p.
- Kořínek, V., Fott, J., Fuksa, J., Lellák, J., Pražáková, M., 1987. Carp ponds of central Europe, In: Michael, R. G. (ed.), *Managed aquatic ecosystems, Ecosystems of the World vol. 29*, Amsterdam: Elsevier, 29–62.
- Lampert, W., Sommer, U., 1997. *Limnoecology: the ecology of lakes and streams*, New York: Oxford university press, 382 p.
- Lellák, J., Kubiček, F., 1992. *Hydrobiologie*, Praha: Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum, 256 p.
- Matěna, J., Vyhnálek, V., Šimek, K., 1996. Ovlivňování potravních sítí v nádržích, In: Eistelová, M. (ed.), *Obnova jezerních ekosystémů: holistický přístup: odborná příručka*, Newbury: The Nature conservation bureau Ltd., 97-103.
- McIntyre, P. B., Michel, E., Olsgard, M., 2006. Top-down and bottom-up controls on periphyton biomass and productivity in Lake Tanganyika, In: *Limnology and Oceanography*, 51: 1514-1523.
- Milstein, A., 2005. Effect of periphyton on water quality, In: Azim, M. E., Verdegem, M. C. J., van Dam, A. A., Beveridge, M. C. M. (eds.), *Periphyton: ecology, exploitation and management*, Wallingford: CABI Publishing, 179-190.
- Milstein, A., 2012. Periphyton-based aquaculture: underwater hard surfaces in ponds promote development of natural food for fish, In: *Indian Journal of Social and Natural Sciences*, 1: 93-99.

- Milstein, A., Naor, A., Barki, A., Harpaz, S., 2013. Utilization of periphytic natural food as partial replacement of commercial food in organic tilapia culture – an overview, In: *Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research*, 1: 49-60.
- Morin, S., Duong, T. T., Dabrin, A., Coynel, A., Herlory, O., Baudrimont, M., Delmas, F., Durrieu, G., Schafer, J., Winterton, P., Blanc, G., Coste, M., 2008. Long-term survey of heavy-metal pollution, biofilm contamination and diatom community structure in the Riou Mort watershed, South-West France, In: *Environmental Pollution*, 151: 532-542.
- Moss, B., 1988. *Ecology of fresh waters: man and medium*, 2nd ed., Boston: Blackwell Scientific Publications, 417 p.
- Murdock, J. N., Dodds, W. K., Gido, K. B., Whiles, M. R., 2011. Dynamics influences of nutrients and grazing fish on periphyton during recovery from flood, In: *Journal of the North American Benthological Society*, 30: 331-345.
- Pokorný, J., 1996. Rozvoj vodních makrofyt v mělkých jezerech a rybnících, In: Eistelová, M. (ed.), *Obnova jezerních ekosystémů: holistický přístup: odborná příručka*, Newbury: The Nature conservation bureau Ltd., 36-43.
- Polícar, T., Svačina, P., Bláha, M., Šetlíková, I. 2014. Technická zpráva pilotního projektu: Podpora rybníčního perifytonu s cílem využít trofií rybníků k produkci plůdku candáta obecného, Vodňany, 49 p.
- Příkryl, I., 1996. Vývoj hospodaření na českých rybnících a jeho odraz ve struktuře zooplanktonu jako možného kritéria biologické hodnoty rybníků, In: Flajšman, M. (red.) – *Sborník vědeckých prací k 75. výročí založení VÚRH Vodňany*, 151-164.
- Příkryl, I., Bláha, M., 2007. *Klíč středoevropských Cyclopinae (Nepublikovaný rukopis)*, 36 p.
- Ramesh, M. R., Shankar, K. M., Mohan, C. V., Varghese, T. J., 1999. Comparison of three plant substrates for enhancing carp growth through bacterial biofilm, In: *Aquacultural Engineering*, 19: 119–131.
- Riato, L., van Ginkel, C., Taylor, J. C., 2014. Zooplankton and diatoms of temporary and permanent freshwater pans in the Mpumalanga Highveld region, South Africa, In: *African Zoology*, 49: 113-127.
- Richard, M., Maurice, J. T., Anginot, A., Paticat, F., Verdegem, M. C. J., Hussenot, J. M. E., 2010. Influence of periphyton substrates and rearing density on *Liza aurata* growth and production in marine nursery ponds, In: *Aquaculture*, 310: 106-111.

- Richard, M., Trottier, C., Verdegem, M. C. J., Hussenost, J. M. E., 2009. Submersion time, depth, substrate type and sampling method as variation sources of marine periphyton, In: *Aquaculture*, 295: 209-217.
- Sabater, S., Admiraal, W., 2005. Periphyton as a biological indicators in managed aquatic ecosystems, In: Azim, M. E., Verdegem, M. C. J., van Dam, A. A., Beveridge, M. C. M. (eds.), *Periphyton: ecology, exploitation and management*, Wallingford: CABI Publishing, 159-179.
- Saikia, S. K., 2011. Review on periphyton as mediator of nutrient transfer in aquatic ecosystems, In: *Ecologia Balkanica*, 2: 65-78.
- Schubert, A., Lellák, J., 1973. *Život ve sladkých vodách*, Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 285 p.
- Smrž, J., 2013. *Základy biologie, ekologie a systému bezobratlých živočichů*, Praha: Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum, 192 p.
- Stansfield, J. H., Perrow, M. R., Tench, L. D., Jowitt, A. J. D., Taylor, A. A. L., 1997. Submerged macrophytes as refuges for grazing Cladocera against fish predation: observations on seasonal changes in relation to macrophyte cover and predation pressure, In: *Hydrobiologia*, 342/343: 229-240.
- Stevenson, R. J., Bahls, L. L., 1999. Periphyton protocols [online], In: Barbour, M. T., Gerritsen, J., Snyder, B. D., Stribling, J. B. (eds.), *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish*, 2nd ed., Washington D. C.: Environmental Protection Agency, Office of Water; 6-23, [cit. 10. 3. 2014], dostupné na [www: http://water.epa.gov/scitech/monitoring/rsl/bioassessment/ch06main.cfm](http://water.epa.gov/scitech/monitoring/rsl/bioassessment/ch06main.cfm)
- Sukop, I., 2006. *Ekologie vodního prostředí*, Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 199 p.
- Svatek, P., 2010. Porovnání růstu a potravy juvenilního okouna říčního (*Perca fluviatilis*) a candáta obecného (*Sander lucioperca*) v rybnících, Bakalářská práce, České Budějovice: Jihočeská univerzita, Fakulta rybářství a ochrany vod, 57 p.
- Šorf, M., Devetter, M., 2011. Coupling of seasonal variations in the zooplankton community within the limnetic and littoral zones of shallow pond, In: *International Journal of Limnology*, 47: 259-268.
- ter Heerdt, G., Hootsmans, M., 2007. Why biomanipulation can be effective in peaty lakes, In: *Hydrobiologia*, 584: 305–316.

- Urbánek, M., 2015. Vliv perifytonu na rozvoj bentosu v rybnících, Bakalářská práce, České Budějovice: Jihočeská univerzita, fakulta rybářství a ochrany vod, 72p.
- van Dam, A. A., Verdegem, M. C. J., 2005. Utilization of periphyton for fish production in ponds: a systems ecology perspective, In: Azim, M. E., Verdegem, M. C. J., van Dam, A. A., Beveridge, M. C. M. (eds.), *Periphyton: ecology, exploitation and management*, Wallingford: CABI Publishing, 91-112.
- van Dam, A. A., Beveridge, M. C. M., Azim, M. E., Verdegem, M. C. J., 2002. The potential of fish production based on periphyton, In: *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 12: 1-31.
- van Donk, E., van de Bund, W. J., 2002. Impact of submerged macrophytes including charophytes on phyto- and zooplankton communities: allelopathy versus other mechanisms, In: *Aquatic Botany*, 72: 261-274.
- Vanni, M. J., 1987. Effects of Food Availability and Fish Predation on a Zooplankton Community [online], In: *Ecological Monographs*, 57: 61–88, [cit. 11. 3. 2015], dostupné na [www:](http://www.jstor.org/discover/10.2307/1942639?sid=21106103004723&uid=2&uid=4)  
<http://www.jstor.org/discover/10.2307/1942639?sid=21106103004723&uid=2&uid=4>
- Vermaat, J. E., 2005. Periphyton dynamics and influencing factors, In: Azim, M. E., Verdegem, M. C. J., van Dam, A. A., Beveridge, M. C. M. (eds.), *Periphyton: ecology, exploitation and management*, Wallingford: CABI Publishing, 35-50.
- Wahab, M. A., Azim, M. E., Ali M. H., Beveridge, M. C. M., Khan, S., 1999. The potential of periphyton-based culture of the native major carp calbaush, *Labeo calbasu* (Hamilton), In: *Aquaculture Research*, 30: 409-419.
- Weitzel, R. L., 1979. Periphyton measurements and applications, In: Weitzel, R. L. (ed.), *Methods and measurements of periphyton communities: a review*, Philadelphia: American Society for Testing and Materials, 3-33.
- Wellnitz, T., Poff, N. L., 2006. Herbivory, current velocity and algal regrowth: how does periphyton grow when the grazers have gone?, In: *Freshwater Biology*, 51: 2114-2123.
- Wetzel, R. G., 1983. *Limnology*, 2nd ed., Forth Worth: Saunders College Publishing, 767 p.
- Wetzel, R. G., 2005. Periphyton in the aquatic ecosystem and food webs, In: Azim, M. E., Verdegem, M. C. J., van Dam, A. A., Beveridge, M. C. M. (eds.), *Periphyton: ecology, exploitation and management*, Wallingford: CABI Publishg, 51-70.
- Yanygina, L. V., 2013. Phytoplous zoocenoses of Lake Teletskoye, In: *Contemporary Problems of Ecology*, 3: 375-380.



- Zar, H., 1984. Biostatistical analysis, 2nd ed., Englewoog Cliffs: Prentice-Hall, 718 p.
- Zhang, X., Xueying, M., 2013. Periphyton response to nitrogen and phosporus enrichment in a eutrophic shallow aquatic ecosystem, In: Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 1: 59-64.
- Zingel, P., Nõges, P., Tuvikene, L., Feldmann, T., Järvalt, A., Tõnno, I., Agasild, H., Tammert, H., Luup, H., Salujõe, J., Nõges, T., 2006. Ecological processes in macrophyte- and phytoplankton-dominated shallow lakes, In: Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Biology and Ecology, 55: 280-307.
- Žižek, S., Milačič, R., Kovač, N., Jaćimović, R., Toman, M. J., Horvat, M., 2011. Periphyton as a bioindicator of mercury pollution in a temperate torrential river ecosystem, In: Chemosphere, 85: 883-891.

## 8 Seznam příloh

- Příloha 1:** Tabulka 1: Přehled determinovaných druhů a jejich početnost [ind<sup>l</sup><sup>-1</sup>] (průměr ± S. D.) v jednotlivých variantách během první fáze experimentu
- Příloha 2:** Tabulka 6: Přehled determinovaných druhů a jejich početnost [ind<sup>l</sup><sup>-1</sup>] (průměr ± S. D.) v jednotlivých variantách během druhé fáze experimentu
- Příloha 3:** Graf 15: Početnost a podíl hlavních skupin zooplanktonu v kontrolních rybních (K; 36, 39, 45), v rybnících s vřesovcem (VŘ; 37, 40, 46) a v rybnících s geotextilií (GEO; 38, 41, 47) během první fáze experimentu; kvůli jednotnému rozsahu os, uvedené hodnoty nad sloupci vyjadřují početnost v případě, že byla vyšší než 1200 [ind<sup>l</sup><sup>-1</sup>]
- Příloha 4:** Graf 16: Početnost a podíl hlavních skupin zooplanktonu v rybnících s potravní rybou (PR; 36, 39, 42, 45) během druhé fáze experimentu
- Příloha 5:** Graf 17: Početnost a podíl hlavních skupin zooplanktonu v rybnících s vřesovcem (VŘ; 37, 40, 43, 46) během druhé fáze experimentu
- Příloha 6:** Graf 18: Početnost a podíl hlavních skupin zooplanktonu v kontrolních rybnících (38, 41, 44, 47) během druhé fáze experimentu

## 9 Přílohy

### Příloha č. 1

Tabulka 1: Přehled determinovaných druhů a jejich početnosti [ $\text{ind}\cdot\text{l}^{-1}$ ] (průměr  $\pm$  S. D.) v jednotlivých variantách během první fáze experimentu

Druh	Početnost [ $\text{ind}\cdot\text{l}^{-1}$ ]		
	kontrola	vřesovec	geotextilie
<b>ROTIFERA</b>			
<i>Asplanchna priodonta</i>	5 $\pm$ 3	4 $\pm$ 3	2 $\pm$ 3
<i>Brachionus calyciflorus</i>	25 $\pm$ 63	24 $\pm$ 50	3 $\pm$ 42
<i>Brachionus diversicornis</i>			1 $\pm$ 1
<i>Brachionus quadridentatus</i>		1 $\pm$ 1	
<i>Brachionus rubens</i>	10 $\pm$ 21	4 $\pm$ 7	2 $\pm$ 2
<i>Collotheca pelagica</i>		2 $\pm$ 3	1 $\pm$ 1
<i>Conochilus unicornis</i>	1 $\pm$ 1	1 $\pm$ 2	
<i>Epiphanes senta</i>		2 $\pm$ 2	
<i>Filinia longiseta</i>	47 $\pm$ 88	56 $\pm$ 104	33 $\pm$ 55
<i>Filinia terminalis</i>	2 $\pm$ 4	9 $\pm$ 19	1 $\pm$ 1
<i>Hexarthra mira</i>	1 $\pm$ 1	3 $\pm$ 4	1 $\pm$ 1
<i>Keratella cochlearis</i>	95 $\pm$ 127	79 $\pm$ 105	38 $\pm$ 54
<i>Keratella quadrata</i>	74 $\pm$ 105	76 $\pm$ 116	22 $\pm$ 29
<i>Polyarthra vulgaris</i>	65 $\pm$ 69	146 $\pm$ 115	43 $\pm$ 40
<i>Synchaeta pectinata</i>		2 $\pm$ 2	1 $\pm$ 1
<i>Trichocerca similis</i>	2 $\pm$ 4	5 $\pm$ 13	1 $\pm$ 1
<b>Suma Rotifera</b>	<b>525 <math>\pm</math> 718</b>	<b>524 <math>\pm</math> 657</b>	<b>489 <math>\pm</math> 580</b>
<b>OSTRACODA</b>			
<b>Suma Ostracoda</b>	<b>1 <math>\pm</math> 1</b>	<b>1 <math>\pm</math> 1</b>	<b>1 <math>\pm</math> 1</b>
<b>CLADOCERA</b>			
<i>Bosmina coregoni</i>	3 $\pm$ 3	1 $\pm$ 1	1 $\pm$ 1
<i>Bosmina longirostris</i>	10 $\pm$ 10	17 $\pm$ 20	8 $\pm$ 12
<i>Ceriodaphnia</i> sp.	4 $\pm$ 6	6 $\pm$ 8	1 $\pm$ 1
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	2 $\pm$ 5	12 $\pm$ 17	
<i>Ceriodaphnia laticaudata</i>	49 $\pm$ 83	48 $\pm$ 94	5 $\pm$ 4
<i>Ceriodaphnia reticulata</i>	8 $\pm$ 21	9 $\pm$ 26	
<i>Ceriodaphnia setosa</i>			1 $\pm$ 1
<i>Daphnia cucullata</i>	1 $\pm$ 1	1 $\pm$ 1	1 $\pm$ 1
<i>Daphnia galeata</i>	25 $\pm$ 22	24 $\pm$ 30	11 $\pm$ 14
<i>Daphnia longispina</i>	41 $\pm$ 41	39 $\pm$ 47	13 $\pm$ 17
<i>Daphnia magna</i>	2 $\pm$ 3	1 $\pm$ 1	
<i>Daphnia pulicaria</i>		1 $\pm$ 1	
<i>Eurycerus lamellatus</i>	6 $\pm$ 15		
<i>Leptodora kindtii</i>	1 $\pm$ 1	1 $\pm$ 1	1 $\pm$ 1
<i>Leidygia quadrangularis</i>		1 $\pm$ 1	1 $\pm$ 1
<i>Chydorus sphaericus</i>	5 $\pm$ 6	3 $\pm$ 3	3 $\pm$ 1
<i>Polyphemus pediculus</i>	1 $\pm$ 1		
<i>Scapholeberis mucronata</i>	4 $\pm$ 9	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 2
<b>Suma Cladocera</b>	<b>145 <math>\pm</math> 142</b>	<b>215 <math>\pm</math> 310</b>	<b>74 <math>\pm</math> 75</b>

Druh	Početnost [ind·l <sup>-1</sup> ]		
	kontrola	vřesovec	geotextilie
<b>COPEPODA</b>			
<i>Acanthocyclops americanus</i>	1 ± 1		
<i>Cyclops strenuus</i>	7 ± 7	3 ± 3	2 ± 2
<i>Cyclops vicinus</i>	13 ± 10	19 ± 27	6 ± 6
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	16 ± 19	10 ± 14	4 ± 4
Kopepoditi buchanky	12 ± 11	4 ± 2	3 ± 3
Kopepoditi vznášivky	9 ± 8	5 ± 5	2 ± 1
Nauplia	41 ± 29	66 ± 58	22 ± 19
<b>Suma Copepoda</b>	<b>90 ± 37</b>	<b>91 ± 42</b>	<b>96 ± 89</b>
<b>SUMA CELKEM</b>	<b>760 ± 594<sup>a</sup></b>	<b>829 ± 572<sup>a</sup></b>	<b>658 ± 502<sup>a</sup></b>

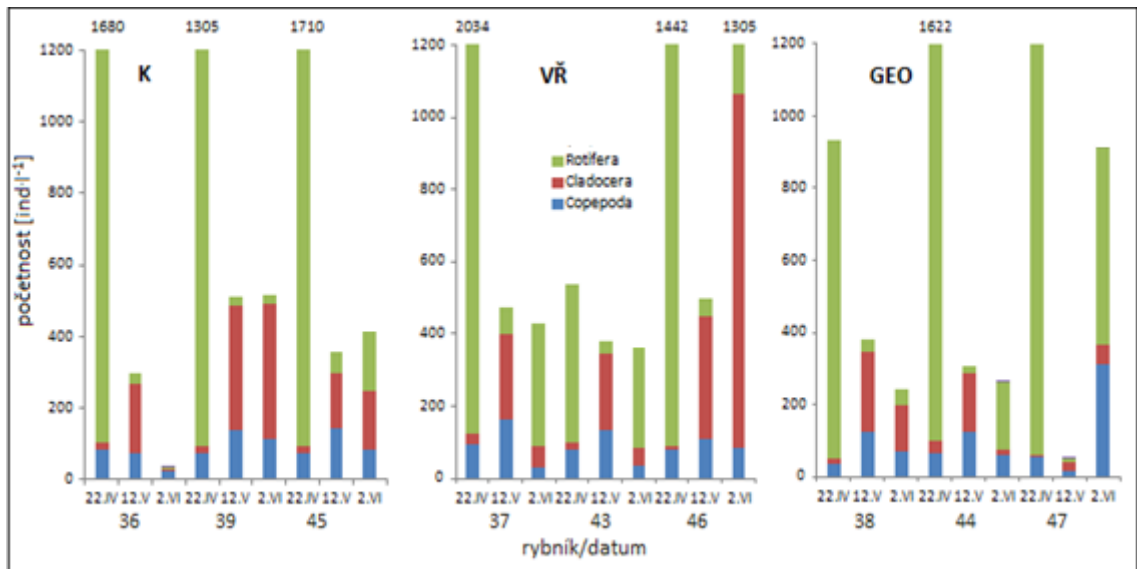
## Příloha č. 2

Tabulka 6: Přehled determinovaných druhů a jejich početnosti [ind·l<sup>-1</sup>] (průměr ± S. D.) v jednotlivých variantách během druhé fáze experimentu

Druh	Početnost [ind·l <sup>-1</sup> ]		
	Potravní ryba	vřesovec	kontrola
<b>ROTIFERA</b>			
<i>Asplanchna priodonta</i>	3 ± 5	5 ± 11	3 ± 5
<i>Brachionus angularis</i>	10 ± 29	1 ± 2	4 ± 14
<i>Brachionus calyciflorus</i>	6 ± 13	3 ± 5	15 ± 28
<i>Brachionus diversicornis</i>	1 ± 1	1 ± 1	2 ± 7
<i>Brachionus quadridentatus</i>	3 ± 10	1 ± 2	2 ± 6
<i>Brachionus rubens</i>	7 ± 15	5 ± 9	9 ± 16
<i>Conochilus unicornis</i>			1 ± 1
<i>Epiphanes senta</i>		1 ± 1	2 ± 3
<i>Filinia longiseta</i>	2 ± 5	2 ± 4	16 ± 41
<i>Filinia terminalis</i>	1 ± 1		
<i>Hexarthra mira</i>	11 ± 14	4 ± 4	9 ± 8
<i>Keratella cochlearis</i>	28 ± 45	18 ± 34	25 ± 27
<i>Keratella quadrata</i>	10 ± 24	4 ± 6	8 ± 19
<i>Polyarthra vulgaris</i>	103 ± 75	49 ± 50	107 ± 101
<i>Synchaeta pectinata</i>	4 ± 7	2 ± 2	3 ± 3
<i>Trichocerca longiseta</i>		2 ± 8	2 ± 7
<i>Trichocerca similis</i>	1 ± 2	1 ± 1	1 ± 1
<b>Suma Rotifera</b>	<b>170 ± 140</b>	<b>138 ± 124</b>	<b>194 ± 146</b>
<b>OSTRACODA</b>			
<b>Suma Ostracoda</b>	<b>1 ± 1</b>	<b>6 ± 11</b>	<b>2 ± 2</b>
<b>CLADOCERA</b>			
<i>Bosmina coregoni</i>	1 ± 1		
<i>Bosmina longirostris</i>	2 ± 3	1 ± 1	1 ± 1
<i>Ceriodaphnia sp.</i>	1 ± 1	1 ± 2	1 ± 1
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	12 ± 23	2 ± 2	10 ± 28
<i>Ceriodaphnia laticaudata</i>	14 ± 26	10 ± 19	10 ± 30
<i>Ceriodaphnia megops</i>	1 ± 3	1 ± 1	1 ± 1
<i>Ceriodaphnia pulchella</i>	2 ± 5	1 ± 1	
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>	2 ± 6	1 ± 3	1 ± 1
<i>Ceriodaphnia reticulata</i>	4 ± 13	5 ± 10	6 ± 13
<i>Daphnia cucullata</i>	2 ± 5	1 ± 1	

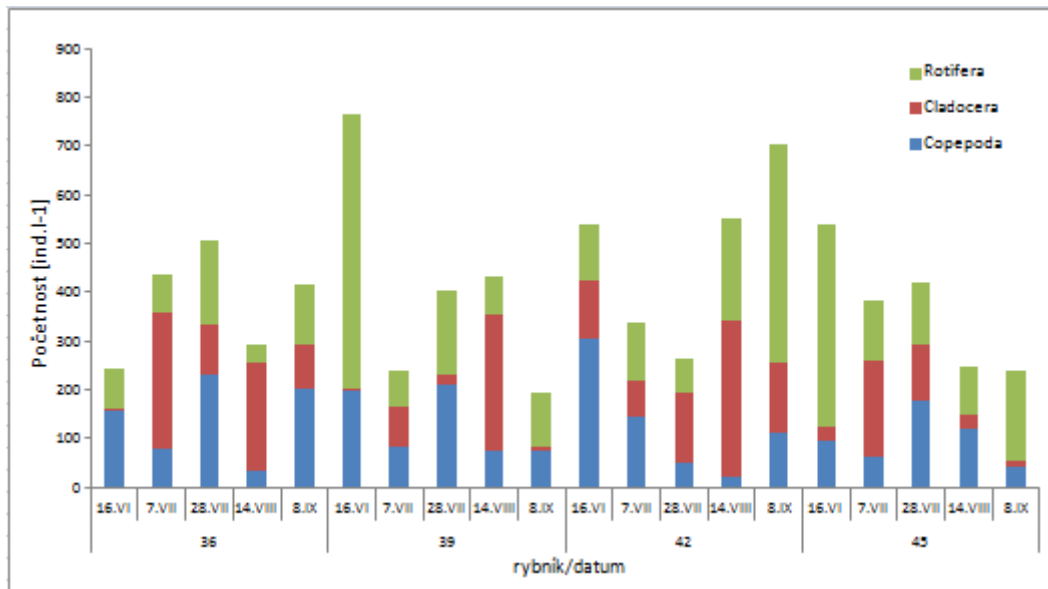
Druh	Početnost [ind.l <sup>-1</sup> ]		
	Potravní ryba	vřesovec	Kontrola
<i>Daphnia galeata</i>	28 ± 36	9 ± 18	14 ± 21
<i>Daphnia longispina</i>	31 ± 36	19 ± 34	22 ± 32
<i>Daphnia magna</i>	6 ± 12	8 ± 20	6 ± 12
<i>Daphnia pulicaria</i>	3 ± 10	2 ± 5	4 ± 11
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>		1 ± 1	
<i>Eurycerus lamellatus</i>			1 ± 1
<i>Leptodora kindtii</i>	1 ± 1		
<i>Chydorus sphaericus</i>	3 ± 8	2 ± 2,0	2 ± 2
<i>Moina micrura</i>	1 ± 1	1 ± 0,8	1 ± 1
<i>Polyphemus pediculus</i>		1 ± 0,7	1 ± 1
<i>Scapholeberis mucronata</i>	2 ± 3	2 ± 1,5	3 ± 4
<i>Simocephalus vetulus</i>	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1
<b>Suma Cladocera</b>	<b>114 ± 99</b>	<b>85 ± 110</b>	<b>86 ± 113</b>
<b>COPEPODA</b>			
<i>Acanthocyclops americanus</i>	4 ± 5	4 ± 7	7 ± 9
<i>Acanthocyclops einslei</i>	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1
<i>Acanthocyclops vernalis</i>	1 ± 1	1 ± 2	1 ± 2
<i>Cyclops strenuus</i>	3 ± 4	3 ± 6	2 ± 3
<i>Cyclops vicinus</i>		1 ± 1	1 ± 1
<i>Thermocyclops crassus</i>	1 ± 1		1 ± 1
<i>Megacyclops viridis</i>	1 ± 2	1 ± 1	1 ± 1
<i>Mesocyclops leuckarti</i>	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	2 ± 3	1 ± 1	2 ± 4
Kopepoditi buchanky	39 ± 33	30 ± 41	54 ± 42
Kopepoditi vznášivky	4 ± 7	4 ± 9	2 ± 3
Nauplia	78 ± 66	37 ± 37	85 ± 48
<b>Suma Copepoda</b>	<b>124 ± 77</b>	<b>120 ± 133</b>	<b>145 ± 59</b>
<b>SUMA CELKEM</b>	<b>407 ± 154<sup>a</sup></b>	<b>348 ± 215<sup>a</sup></b>	<b>374 ± 191<sup>a</sup></b>

### Příloha č. 3:



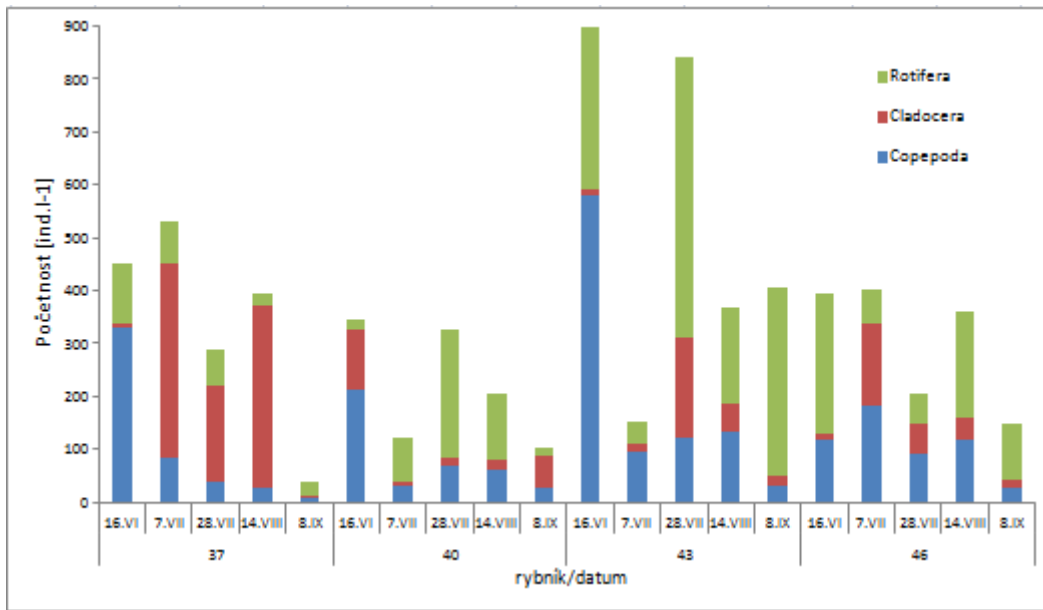
Graf 15: Početnost a podíl hlavních skupin zooplanktonu v kontrolních rybnících (K; 36, 39, 45), v rybnících s vřesovcem (VŘ; 37, 40, 46) a v rybnících s geotextilií (GEO; 38, 41, 47) během první fáze experimentu; kvůli jednotnému rozsahu os, uvedené hodnoty nad sloupci vyjadřují početnost v případě, že byla vyšší než 1200 [ind l<sup>-1</sup>]

### Příloha č. 4:



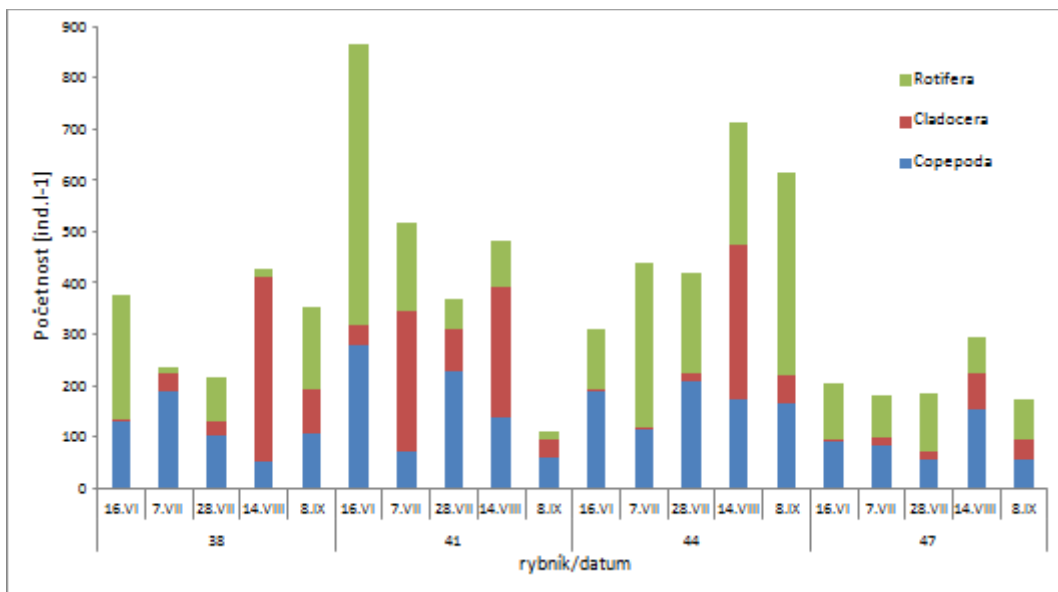
Graf 16: Početnost a podíl hlavních skupin zooplanktonu v rybnících s potravní rybou (PR; 36, 39, 42, 45) během druhé fáze experimentu

**Příloha č. 5:**



Graf 17: Početnost a podíl hlavních skupin zooplanktonu v rybnících s vřesovcem (VŘ; 37, 40, 43, 46) během druhé fáze experimentu

**Příloha č. 6:**



Graf 18: Početnost a podíl hlavních skupin zooplanktonu v kontrolních rybnících (38, 41, 44, 47) během druhé fáze experimentu

## 10 Abstrakt

### Vliv perifytonu na rozvoj zooplanktonu v rybnících

Ve své bakalářské práci jsem studovala rozvoj zooplanktonu ve 12 pokusných rybnících s odchovem juvenilního candáta obecného (*Sander lucioperca*). V rybnících byly nainstalovány dva různé typy substrátů pro zvýšení výskytu rybničního perifytonu a následný rozvoj ostatních potravních organismů s konečným cílem zvýšit produkci plůdku candáta. Odběry zooplanktonu proběhly na pokusnictví VÚRH JU ve Vodňanech v třítydenních intervalech jak u první fáze (22. 4. - 2. 6. 2014), tak u druhé fáze (16. 6. – 8. 9. 2014). Vzorky zooplanktonu byly získány přefiltrováním odebrané vody přes tři síta o velikosti ok 71, 189 a 526  $\mu\text{m}$ . Mým úkolem bylo určit druhové a velikostní složení zooplanktonu v rybnících s různými substráty. Zatímco v první fázi byl sledován rozvoj zooplanktonu v rybnících se substráty z přírodního (vřesovec) a umělého (geotextilie) materiálu společně s rybníky bez substrátové podpory, v druhé fázi byla z důvodu negativních zkušeností namísto substrátu z geotextilie zvolena podpora produkce candáta nasazením potravních ryb – larev kapra obecného (*Cyprinus carpio*) a amura bílého (*Ctenopharyngodon idella*). V první fázi experimentu nebyl statisticky prokázán vliv testovaných substrátů (dále variant) na druhovou diverzitu, a na početnost zooplanktonu. Nejvyšších průměrných hodnot početností zooplanktonu bylo dosaženo ve variantě se substrátem z vřesovce ( $829 \pm 572 \text{ ind.l}^{-1}$ ), naopak varianta se substrátem z geotextilie vykazovala nejnižší průměrné hodnoty početností ( $658 \pm 502 \text{ ind.l}^{-1}$ ). Zdá se, že substrát z přírodního materiálu má pozitivní vliv na rozvoj zooplanktonu v rybnících. Tento pozitivní vliv však nebyl v druhé fázi experimentu potvrzen. Nejvyšší průměrné hodnoty početnosti zooplanktonu bylo dosaženo u varianty s potravní rybou ( $407 \pm 154 \text{ ind.l}^{-1}$ ) a nejnižší u varianty se substrátem z vřesovce ( $349 \pm 215 \text{ ind.l}^{-1}$ ). Vliv testovaných variant v druhé fázi nebyl statisticky prokázán ani u početností, ani u druhové diverzity zooplanktonu.

**Klíčová slova:** Rotifera, Cladocera, Copepoda, ponořený substrát, nárostové společenstvo



## 11 Abstract

### The effect of periphyton on the development of zooplankton communities in ponds

In my bachelor thesis, I studied the development of zooplankton communities in 12 experimental ponds for rearing of juvenile pikeperch (*Sander lucioperca*). Two different types of substrates were installed in the ponds to support the growth of pond periphyton and the subsequent development of other food organisms with the main aim to increase the production of pikeperch fry. The sampling of zooplankton communities took place at the Experimental Fish Culture and Facility RIFCH, SBU in Vodňany in three-week intervals during the first phase (22/4 – 2/6 2014) and the second phase (16/6 – 8/9 2014) as well. The samples of zooplankton communities were obtained by filtering the 30 l of water through three sieves with the mesh size of 71, 189, 526  $\mu\text{m}$ . Main task of my study was to determine the species and size composition of the zooplankton communities in ponds with different substrates. In the first phase, ponds with natural (*Erica* sp.) and artificial (geotextile) material were monitored for the development of zooplankton communities, together with control ponds without any substrate. Due to negative experience, pikeperch production in the second phase was supported with the prey fish stocking rather than the geotextile substrate – the larvae of common carp (*Cyprinus carpio*) and grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). In the first phase of the experiment, the influence of the tested substrates (variants hereafter) on species diversity and abundance of the zooplankton communities was not statistically proven. Higher average values of zooplankton abundance were achieved in the variant with *Erica* sp. substrate ( $829 \pm 572 \text{ ind.l}^{-1}$ ), while the variant with geotextile substrate showed lower average value of abundance ( $658 \pm 502 \text{ ind.l}^{-1}$ ). It seems that the substrate from the natural material has a positive effect on the development of zooplankton communities in ponds. However, this positive effect was not confirmed in the second phase. Higher average values of zooplankton abundance were achieved in the variant with food fish ( $407 \pm 154 \text{ ind.l}^{-1}$ ) and lower abundance values in the variant with *Erica* sp. substrate ( $348 \pm 215 \text{ ind.l}^{-1}$ ). Any influence of the tested variants on the species diversity or the abundance of zooplankton communities was not statistically proven in the second phase.

**Keywords:** Rotifera, Cladocera, Copepoda, submerged substrate, periphytic communities