

JIHO ČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Agroekologie

Katedra: Katedra krajinného managementu

Vedoucí katedry: prof. Ing. Tomáš Kvítek, CSc.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Charakteristiky fytoplanktonu produkčních rybníků

ČKOT a Bělsko

Autor: Bc. Kateřina Skácelová

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

České Budějovice, duben 2012

Prohlášení

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

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

Datum

Podpis studenta

Děkuji kolegovi doc. RNDr. L. Pecharovi, CSc. za téma a vedení diplomové práce, chemické laboratoři ENKI o.p.s. za provedené rozbory. Dále děkuji všem blízkým a rodině, obzvláště pak mám, za podporu odbornou, materiální i duševní.

Abstrakt:

Práce se zabývá fytoplanktonem produkčních rybníků CHKO Teboško. V každém testovaném vzorku byl stanoven procentuální podíl nejvíce zastoupených taxonů a na základě toho byl porovnán se systémem funkčních skupin podle Kruk et al. (2010). Náhodně vybraní jedinci byli proměřeni a pro každý vzorek byl stanoven průměrný objem a jeho medián, minimální a maximální lineární délka. Bylo zjištěno, že ve většině testovaných rybníků dominovaly kokální zelené řasy (*Chlorococcales*), což je pro produkční funkce rybníků nejvýhodnější. Produkční rybníky zcela neodpovídají funkčním skupinám, které byly stanoveny pro jezera. Většina testovaných vzorků vykazovala největší podobnost s funkční skupinou IV. Závislost objemu, maximální ani minimální velikosti fytoplanktonu na průhlednosti vody se neprokázala. Pro každou vzorkovnu byla nepřímo úměra mezi množstvím sinic (%) a poměrem IC/TC a závislost množství sinic (průměrná) i zelených řas (průměrná) na poměru PN/PP.

Klíčová slova:

fytoplankton, produkční rybník, funkční skupina, objem organismů

Summary:

Phytoplankton of productive fishponds in Landscape Protected Area T ebo sko was studied. In each sample, percentil composition of dominants and abundant organisms was estimated. Then every record was assigned to the system of functional groups (Kruk et al. 2010). Randomly selected individuals were measured. For each sample, an average volume and its median, minimum and maximum dimension were determined. Most fishponds were dominated with coccal green algae, which is best for fish production. However, our plankton communities do not completely correspond to functional groups that were established for lakes. Dependence of the volume, maximum or minimum size of phytoplankton on the water transparency was not proved. Inverse relationship between the amount of cyanobacteria (%) and in the ratio IC / TC and the dependence of cyanobacteria (positive correlation) and green algae (inverse relationship) on the ratio of PN / PP came out significantly.

Key words:

phytoplankton, productive fishpond, functional classification, biovolume

Obsah

1. Úvod.....	8
2. Literární re-er-e.....	9
2.1 Obecné charakteristiky.....	9
2.2. Charakteristika třeboňských rybníků.....	12
2.3 Funk ní skupiny fytoplanktonu.....	14
3. Cíle práce.....	17
4. Metodika a popis lokalit	17
4.1 Metodika.....	17
4.2 Popis lokalit.....	20
5. Výsledky	28
5.1 Odb ry duben 2011.....	28
5.1.1 Spolský 26.4.2011.....	28
5.1.2 Vizír 26.4.2011.....	30
5.1.3 Malý Tisý 26.4.2011	32
5.1.4 Starý Hospodá 27.4.2011.....	34
5.1.5 Nový Vdovec 27.4.2011.....	35
5.2 Odb ry erven 2011.....	37
5.2.1 Spolský 27.6. 2011.....	37
5.2.2 Struflky 27.6.2011.....	39
5.2.3 Nový Vdovec 27.6.2011.....	41
5.2.4 Církví ný 27.6.2011.....	42
5.2.5 Nový u Dunajovic 27.6.2011.....	44
5.3 Odb ry srpen 2011.....	45
5.3.1 Ká ov 29.8.2011.....	45
5.3.2 Staré Jezero 29.8.2011.....	47

5.3.3	Církví ný 29.8.2011	48
6.	Diskuze	50
6.1	Zastoupení taxonomických skupin fytoplanktonu, funk ní skupiny a rozm ry organism	50
6.2	Závislost fytoplanktonu na chemických a fyzikálních faktorech.....	53
7.	Záv r	61
8.	Literatura	63

1. Úvod

Od 15. století hrají rybníky v naší krajině významnou roli. Nejedná se pouze o tržní produkci ryb, která byla pro vodním úelem jejich výstavby, ale ovlivňují také krajinný ráz, vodní režim okolní krajiny a v neposlední řadě mikroklíma.

V Těbošské pánvi má rybníkářství dlouholetou tradici. Jakub Kráčin z Jelčan a Sedlčan a další slavní rybníkáři stavěli v 16. století celé rybníčné soustavy, které byly napájeny umělými kanály a změnily tak mokradní charakter území na kulturní krajinu. Za stovky let rybníky vrostly do krajiny a staly se její přirozenou součástí.

V roce 1979 byla vyhlášena CHKO Těbošsko, která dnes zaujímá plochu 700 km². Její součástí jsou také Ptačí oblasti, mokřady chráněné Ramsarskou konvencí a maloplošná zvláště chráněná území.

Těbošské rybníky jsou také vyhledávaným cílem pro rekreaci. Dleňitou součástí rybníka je fytoplankton, který odráží stav vody. Ten je ovlivněn mimo jiné i zemědělstvím v povodí. Intenzifikace zemědělství v průběhu minulého století vedla k výrazné eutrofizaci prostředí. Významným zdrojem dusíku pro rybníčné fytoplankton jsou splachy z přihnojených polí v povodí. Druhým dleňitým faktorem, který může vést k masovému rozvoji fytoplanktonu, jsou přehutně rybní obsádky. Druhové a velikostní spektrum fytoplanktonu je ovlivněno fyzikálními a chemickými faktory a velmi podstatnou roli hraje také množství a složení zooplanktonu a nepřímo také rybní obsádky.

2. Literární rešerše

2.1 Obecné charakteristiky

Fytoplankton ke svému rozvoji potřebuje 10 základních makroelementů (C, O, H, N, S, P, K, Mg, Ca, Fe) a velké množství mikroelementů. Rozhodující roli však hraje poměr uhlíku, dusíku a fosforu ve vodě. Údaje o ideálním hmotnostním poměru těchto prvků pro rozvoj vodních rostlin se u různých autorů liší, například C:N:P = 39:5:1 (Hesley 1973 in Hrbáček 1980), C:N:P = 41:7:1 (Fiáková 1980). Ideální poměr dusíku a fosforu je do jisté odlišný pro různé taxonomické skupiny, případně druhů specifický. Z výzkumů v terénu i v laboratořích vyplývá, že vysoký hmotnostní poměr N:P (20-50:1) je výhodný spíše pro zelené řasy (Chlorococcales), zatímco nižší hmotnostní poměr (5-10:1) vyhovuje sinicím (Cyanobacteria) (Bulgakov & Levich 1999). Vysvětlením by mohlo být, že zejména heterocytózní sinice dokáží fixovat vzdušný dusík, ale De Nobel et al. (1997) uvádí, že vzhledem k energetické náročnosti fixace molekulárního dusíku je i pro ně výhodnější přijímat anorganický dusík z vody.

Ve sladkých vodách je nižší zastoupení fosforu než dusíku, zejména plyne, že se jedná o limitující prvek pro rozvoj vodní primární produkce (Fiáková 1980). Hlavní zásobník fosforu je v sedimentech a bazických horninách ve formě apatitu ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$). Obecně lze říci, že je ve vodě jen málo zastoupen. Oproti tomu jeho podíl v organismech je vysoký. Do vodního ekosystému se fosfor dostává ve formě ortofosforenanů nebo jejich sraženin (hlavně ve vodě nerozpustný fosforenan železitý). Rozpustné fosforenany jsou přijímány fytoplanktonem a bakteriemi. Po jejich odumření se fosfor opět vrací do koloběhu (PO_4) a opět je ukládán do sedimentů (FePO_4). Během letní a zimní stratifikace v nádržích však dochází k vyerpání kyslíku, trojmocné železo se redukuje na rozpustnou dvojmocnou formu a blokované fosforenany se uvolní ze sedimentu. Následně se při jarní a podzimní cirkulaci fosfor dostává do celého vodního sloupce (Lellák, Kubíček 1992). Vstup fosforu do toků se uskutečňuje hlavně odpadními vodami z domácností a ve vodárnách se téměř odstraňuje (Duras 2010). Další možností je vymývání z podlahy a nejméně splachy ze zemědělství, nebo zadržování

sloučenin fosforu z hnojiv je mnohonásobně vyšší než sloučenin dusíku nebo pokud zadržuje sloučeniny fosforu s mnohonásobně vyšší úrodností než sloučeniny dusíku (Hrbáček 1980). Dusík je v přírodě oproti fosforu obecně dostupný. Ve vodním prostředí může být během jarní sezóny vyerpán rozvojem fytoplanktonu, takže se v létě stane limitujícím prvkem a prosazují se organismy, které mají schopnost fixovat atmosférický dusík - planktonní sinice (Maršálek et al. 1996).

Úrodnost vod (trofie) vypovídá o obsahu chemických látek a charakteru jejich fyzikálně-chemických parametrů. Jedná se o potenciál vodního biotopu produkovat biomasu. Je dána množstvím látek vstupujícím do trofického cyklu a limitována abiotickými faktory (např. teplota, světlo, obsah O₂) (Třeba et al. 2008). Na základě těchto parametrů bývá rozlišováno několik základních stupňů trofie: oligotrofie, mezotrofie, eutrofie, hypertrofie. Trofie je stav zatímco eutrofizace je proces (Adámek et al. 2010).

Eutrofizace se projevuje zvýšením biomasy makrofyt a řas, kvalitativními a kvantitativními změnami bentické a planktonní fauny, mikroflóry a ryb. Podstatné jsou také fyzikální a chemické změny, kdy dochází ke snížení propustnosti světla a změně barvy vody, zvýšení koncentrace živin (hlavně N a P) a jejich akumulaci v hypolimniu (výskyt sirovodíku, amoniaku, železa, manganu a metanu), koncentraci a sedimentaci nemineralizovaných organických látek a kolísání koncentrací kyslíku v průběhu dne způsobené primární produkcí (Fiáková 1980).

Fytoplankton oligotrofních vod má nízkou druhovou bohatost a je druhově velmi rozmanitý. Mezi charakteristické skupiny patří Chlorophyta (Desmidiaceae) a některé rody zelených planktonních řas, např. *Quadrigula*, a skupina *Raphidiphyceae* a Bacillariophyta (*Tabellaria*, *Cyclotella*) (Pouliková 2008). Ze zooplanktonu je charakteristická *Bosmina obtusirostris*, *B. coregoni*, *Holopedium gibberum* a *Diatomus gracilis*. Naopak fytoplankton eutrofních vod je velmi druhově s malou druhovou bohatostí. Jedná se zejména o Cyanobacteria (*Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Microcystis*) a Bacillariophyta (*Melosira*, *Fragilaria*, *Stephanodiscus*, *Asterionella*). V zooplanktonu převládá *Bosmina longirostris* a *Daphnia cucullata* (Fiáková 1980).

Produkční rybníky jsou většinou eutrofní a hypertrofní s nízkou průhledností a vysokým obsahem chlorofylu. Ve fytoplanktonu dominují zelené řasy

(*Desmodesmus*, *Scenedesmus*, *Pediastrum*) a sinice (*Aphanizomenon*, *Microcystis*, *Planktothrix*). V posledních letech nastal posun od p vodn dominujících koloniálních sinic (*Aphanizomenon*, *Microcystis*) k nekoloniálním druh m (*Planktothrix*, *Limnothrix*), které lépe sná-ují zastín ní hustým fytoplanktonem (Ha-ler & Poulí ková 2002).

Druhové slofení i abundance zooplanktonu je p ímo ovliv ována velikostí a skladbou rybí obsádky. V p ípad vysoké obsádky dochází nejprve ke snífení po etnosti velkých typ perloek a k jejímu nahrazení v t-ím po tem organism men-ích velikostních t íd a nakonec drobných druh filtrátor , které nejsou vystaveny fíracímu tlaku ryb. S poklesem množství velkého zooplanktonu roste abundance fytoplanktonu (hlavn zelených as) a dochází k tvorb vegeta ního zákalu (Kubí ek & Zelinka 1982). Podobný princip funguje i ve vztahu zooplankton - fytoplankton. Potravn dostupné pro zooplankton jsou sinice a asy men-ích rozm r (cca 10 aíl 60 μ m) (Potuflák, ústní sd lení). P í silném preda nímu tlaku planktonních filtrátor jsou drobné organismy vyfírány a ve fytoplanktonu p etrvávají v t-í formy (velká coenobia, kolonie a dlouhá vlákna) (Faina 1983).

Druhové slofení fytoplanktonu se v pr b hu sezóny m ní (Lampert & Sommer 2007). U rybník men-ích nefl 200 hektar jsou rozdíly v horizontální zonaci ve slofení pelagiálního planktonu minimální. Také vertikální zonace nebývá v m lkých rybnících podstatná. Výjimkou je jen výskyt vodních kv t u hladiny p í bezv trném letním po sí (Marvan et al. 1978).

Vodivost se v pr b hu roku p íli- nem ní, zatímco alkalita kolísá v d sledku mineralizace zví eného sedimentu, rozkladu organických látek a fotosyntézy (Kosík 2007). V pr b hu dne se v závislosti na sv telných podmínkách vlivem fotosyntézy m ní pH vody a v návaznosti na to dochází také k cirkadiálnímu kolísání nasycenosti kyslíkem (Sláde ková & Sláde ek 1995).

2.2 Charakteristika třeboňských rybníků

CHKO Třeboňsko leží v mloké, rozlehlé sníženině na jihových. Podloží pánve je tvořeno převážně druhohorními a třetihorními písčými a jílovými sedimenty z doby křídového a fluvio-miocénu, okrajová část ležící na východním území, je z magmatických krystalických hornin (Jeník & Květa 2002). Terénní sníženiny jsou vyplněny tvrdohorními náplavovými třetím, bahnem, pískem a rašelinou. Pánev je chudá na živiny a má sklon k podzolizaci (Husák & Hejný 1978). Průměrná roční teplota je zde 8°C a průměrné srážky 651 mm (Jeník & Píbil 1978).

Od pleistocénu byla Třeboňská pánev tvořena bohatou mozaikou vodních a mokradních biotopů zahrnující aluviální tůň a slepá ramena řeky Lufnice, rašelinitá, zamokřená terénní sníženiny a jezera vzniklá oteplením v interglaciálu (Pokorný & Jankovská 2000).

Do dnešní podoby se tato oblast začala proměňovat ve středověku současně s osídlováním. Krajina byla odvodňována, přirozené mokřady vysoušeny a voda soustředěna do nově budovaných rybníků, které vlivem přirozených procesů a málo intenzifikovaného hospodaření za několik stovek let vrostly do krajiny (Pechar 2006). Mokradní druhy se v raných dobách objevovaly v litorálech, ale se začátkem intenzifikace postupně vymizely, takže dnes již litorály nelze považovat za jejich refugia. Návrat mokradních společenstev je do jisté míry možný v případě snížení rybí obsádky (Lampert & Sommer 2007).

Základní informace o stavu třeboňských rybníků až do 19. století jsou shrnuty v práci rybníkáře Josefa Tlustého (Tlustý 1889).

Behem minulého století docházelo k intenzifikaci rybníčního hospodaření na českých rybnících. V první polovině 20. století šlo především o vápnění a pouflívání minerálních hnojiv pro zvýšení primární produkce a tím i pádem zooplanktonu jakožto potravy pro ryby (Pechar 2008).

Ve 30. letech byly prováděny první studie zaměřené na chemii vody a složení fytoplanktonních společenstev. Poměrně nízké rybí obsádky vedly k velkému namnožení zooplanktonu na konci jara, což vedlo k vyfiltrování fytoplanktonu

a následnému namnožení sinicového vodního květu v n kterých produk ních rybnících (Pechar et al. 2002).

V 50. a 70. letech se pokračovalo ve hnojení a navýšené rybí obsádky byly navíc intenzivně přikrmovány. Ve druhé polovině vzrostla průměrná koncentrace celkového dusíku z 1,0 na 2,9 mg/l a koncentrace celkového fosforu z 0,2 na 0,3 mg/l (Pechar 2008). Přechod od oligotrofie k mezotrofii vedl k dominanci zlatých řas (*Chrysophyceae*) a obrněnek (*Dinophyceae*) a poměrně častým výskytem skrytek (*Cryptophyceae*) (Pechar et al. 2002).

Od 80. let se s další intenzifikací zemědělství a rybářského hospodářství (zahusťované kaprové obsádky, hnojení včetně kejdování, vápnění) k posunu k silné eutrofii a hypertrofii (Pechar 1995). V tomto stavu se nacházejí velké rybníky soustav Těboš, Blatenska a jihní Moravy (Lednické rybníky, Hodonínsko).

Mokřady a rašeliniště nyní zaujímají v CHKO Těboš plochu okolo 17 000 ha (Spitzer & Jelínek 2002). Pro většinu rybníků jsou typické vysoké rybí obsádky, což s sebou nese hospodářství podporující masový růst fytoplanktonu. Jeho množství se od začátku 20. století zvýšilo 4krát (nyní je koncentrace chlorofylu *a* průměrně 120 µg/l) a produkce ryb v tomto období vzrostla z méně než 50 kg/ha na 600 kg/ha. Tyto faktory způsobují výraznou nestabilitu vodního ekosystému a kolísání klíčových faktorů prostředí jako je pH nebo koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě (Pechar 2008). Hypertrofní rybníky prostředí je ohrožením i pro rašeliniště v litorálech, a to jak při zvýšení vodní hladiny, tak při povodňových událostech. Příkladem je přelití rašeliniště v NPR Rodpě povodní v roce 2002 (Skácelová 2005). Naproti tomu v méně zatížených rybníkových soustavách (Lutovská rybníky soustava na jihovýchodním Těboš) nebyla litorální rašeliniště ani po přelití degradována (Skácelová 2007).

Zdejší výzkum vyplývá, že efektivita přenosu živin a látek potravním řetězcem závisí mimo jiné na složení zooplanktonu. V přítomnosti velkých perlooek rodu *Daphnia* je efektivita vysoká a následně je vysoká i rybí produkce (Košíněk et al. 1987 in Potušík et al. 2008). V posledních letech se však tato efektivita výrazně

snížila, nebo se podstatná část flivín realizuje přes mikrobiální smyčku. Z výsledků vyplývá, že s rostoucí eutrofizací dochází k nestabilitě a poklesu produkční schopnosti rybníčních ekosystémů (Potušík et al. 2008).

U malých vodních nádrží bývá navíc problém s rozrůstáním mléčného litorálního pásma vlivem vysoké trofie vody a následným zmenšováním plochy vodní hladiny a akumulací vodního prostoru. Na druhé straně však litorály poskytují vhodné flivotní podmínky pro množství flivních a rostlin (Vrána et al. 2009) a přispívají k vyrovnanému fungování celé rybníční biocenózy.

2.3 Funkční skupiny fytoplanktonu

Fylogenetické klasifikace rostlin často neodrážejí jejich ekologickou funkci. Ve skutečnosti je možné funkční mechanismy biologických společenstev lépe chápat, pokud jsou druhy sloučeny do skupin s podobnými vlastnostmi (Salmaso & Padisák 2007). Teorie funkčních skupin byla původně používána pro terestrická rostlinná společenstva (Schulze & Mooney 1993, McIntyre et al. 1999).

Hydrobiologové si uvědomili, že planktonní organismy, stejně jako vyšší rostliny, se za určitých okolností vyskytují v určitých seskupeních (Reynolds 1980). Nazývat seskupení sinic a společenstev ve smyslu rostlinné fytoecologie se ačkoliv na výjimky (Stojanovski & Kalina 1989) neosvědčilo vzhledem k dynamice změn druhové skladby během sezóny (Reynolds 1984). Jedná se o klasifikaci na základě adaptivní strategie (Salmaso N. & Padisák J. 2007, Crossetti & Bicudo 2008), kdy soubory druhů reagují podobně na flivotní prostředí, protože mají podobné vlastnosti. Stanovení těchto funkčních skupin umožní vytvořit model pro předpověď abundance fytoplanktonu v závislosti na čas, prostoru a podmínkách prostředí (Mieleitner et al. 2008). Odrážejí stav bioty jako růst populace, sedimentace, množství flivín, ztráty flivím zooplanktonu (Weithoff 2003, van Gremberghe et al. 2008). Funkční skupiny tedy mohou pomáhat limnologům v analýzách a prezentaci dat z terénu (Mieleitner et al. 2008) a vytvářet predikce vývoje fytoplanktonu během sezóny (Kruk et al. 2010).

Identifikace funkčních skupin bývá prováděna na základě taxonomického určení a naměřených vlastností fytoplanktonu (Mieleitner et al. 2008, Hillebrand et al. 1999).

Reynolds v podrobný systém založený na ekologických podmínkách v jezerech (Reynolds et al. 2002) dále rozpracovali a zjednodušili pro lepší využití v praxi Kruk et al. (2002, 2010) (Tab.1). Jejich rozdělení do 7 skupin je založeno na morfologii organismů, s níž souvisí chování planktonu ve vodním sloupci (tvary, pohyblivost). Ve studii bylo použito více než 700 druhů sladkovodních řas a sinic z více než 200 jezer v rozmezí od subpolární po tropickou klimatickou zónu.

Tento trend zjednodušování byl v současné době naopak opět vystředán snahou rozbrat fytoplanktonní společenstva jezer co nejpodrobněji (Kruk et al. 2011, Padišák 2011).

Tab. 1: Funkční skupiny fytoplanktonu podle Kruk et al. (2010)

kategorie	popis	taxonomická skupina
I	malé organismy s vysokým poměrem velikost/objem	<i>Chlorococcales, Chroococcales, Oscillatoriales, Xanthophyceae, Ulothricales</i>
II	malí bičíkovci s křemítkovým exoskeletem	<i>Chrysophyceae</i>
III	velká vlákna s aerotopy	<i>Nostocales, Oscillatoriales</i>
IV	organismy střední velikosti bez specifických rysů	<i>Chlorococcales, Oscillatoriales, Xanthophyceae, Zygnematophyceae</i>
V	jednobuněční bičíkovci střední velikosti	<i>Cryptophyceae, Dinophyceae, Euglenophyceae, Volvocales, Chlorococcales, Bacillariophyceae</i>
VI	nebičíkaté organismy s křemítkovým exoskeletem	<i>Bacillariophyceae</i>
VII	velké slizovité kolonie	<i>Chlorococcales, Chroococcales, Oscillatoriales</i>

Mieleitner et al. (2008) se pokusili charakterizovat funkční skupiny fytoplanktonu pro široké spektrum vod na základě výzkumu tří jezer v Třinecku, které mají odlišnou trofickou úroveň. Výzkumy prováděné během několika let na dvou hlubokých jezerech (Lago di Garda v severní Itálii a Stechlin na severovýchodě Německa) nasvědčují tomu, že se výskyt jednotlivých funkčních skupin opakuje v pravidelných ročních cyklech. Dojde-li ovšem k neobvyklému masovému

namnožení určitého druhu v jarních nebo letních měsících, ovlivní to i výskyt celé komunity fytoplanktonu na podzim, jak se to stalo v případě jezera Stechlin, kde v roce 1998 došlo k produkci neobvykle vysoké biomasy sinice *Planktothrix rubescens* (Salmaso & Padisák 2007). Sezónní variabilitou v morfologii vodních květů sinic se podrobněji zabývali Yamamoto & Nakahara (2009), kteří mimo jiné populi a objem buněk zejména u různých druhů rodů *Microcystis* a *Anabaena*. Alam et al. (2001) zjistili, že progres buněného cyklu je časově regulována velkým počtem vnějších faktorů jako je teplota, živiny, obsah rozpuštěného kyslíku (DO) a pH, které jsou pravděpodobně specifické pro jednotlivé druhy. Například při vysokém pH a teplotě dochází ke zvýšení buněného dělení některých druhů fytoplanktonu (*Synedra*, *Cyclotella*, *Chlamydomonas* a *Melosira*).

Problematika struktury planktonního společenstva v různých funkčních skupinách je v celosvětovém měřítku podrobně prostudována hlavně pro jezera a zejména i pro ehradní nádrže, ne však pro rybníky. Dokladem toho je například konference Workshop of International Association Phytoplankton Taxonomy and Ecology (IAP), která se konala v roce 2011 v Itálii a odráží aktuální stav poznání této problematiky ve světě. Bylo zde prezentováno 28 příspěvků o stavu fytoplanktonu v jezerech, 8 o údolních nádržích, 7 o nádržích, ale žádný příspěvek o fytoplanktonu rybníků (Salmaso 2011).

V České republice má naopak výzkum rybníčního fytoplanktonu dlouhou tradici (Bayer & Bajkov 1929, Losos & Heteš 1971, Marvan et al. 1978, Komárková et al. 1986). Komárek (1973) definoval hlavní typy letních společenstev fytoplanktonu v eutrofních rybnících jížních částech. Pro každý typ uvádí dominantu, subdominanty, převládající druh nebo skupinu druhů, ostatní skupiny planktonních řas, hnojení (ve smyslu od přirozené eutrofizace přes minerální a organické hnojení až po chov kachan), fyzikální podmínky (průhlednost, pH, alkalinita, formy N a P), zooplankton, rybí obsádku, charakteristiku nádrže (od tůň po velkoplošné rybníky) a roční období. Z toho plyne, že systémy Reynoldse et al. (2002) ani Kruk (2010) nebyly prvním pokusem charakterizovat funkční skupiny fytoplanktonu.

3. Cíle práce

- Charakterizovat zastoupení taxonomických skupin v produkčních rybnících Těbošské pánve
- Zdokumentovat velikostní strukturu rybníčního fytoplanktonu
- Ověřit, zda funkční skupiny fytoplanktonu vytvořené na základě studia jezer (Kruk et. al 2010) jsou použitelné i pro charakteristiky společenstev v produkčních rybnících
- Otestovat vztahy fytoplanktonu k chemickým a fyzikálním parametrům

4. Metodika a popis lokalit

4.1 Metodika

Odběry probíhaly na 40 rybnících dlouhodobě sledovaných společenstvy ENKI o.p.s. a ZF JU za účasti jejích pracovníků.

První série odběrů byla z důvodu zachycení jarního aspektu fytoplanktonu provedena dubnu (26.-27.4.2011). Další odběry proběhly v únoru (27. února 2011) a v srpnu (29. srpna 2011).

Odebrané vzorky fytoplanktonu byly konzervovány formaldehydem na výslednou koncentraci roztoku 2-4%. Průhlednost vody (Z_s) byla měřena Secchiho deskou o průměru 20 cm.

Na základě zbytkového prohlédnutí pod mikroskopem byly vybrány vzorky vhodné pro podrobnější analýzy.

Vzorky byly determinovány pomocí optickým mikroskopu (Olympus CX21). U každého vzorku bylo v procentech vyjádřeno zastoupení nej etn j-ích druh nebo taxonomických skupin.

Pro determinaci organism byla pouffita následující literatura:

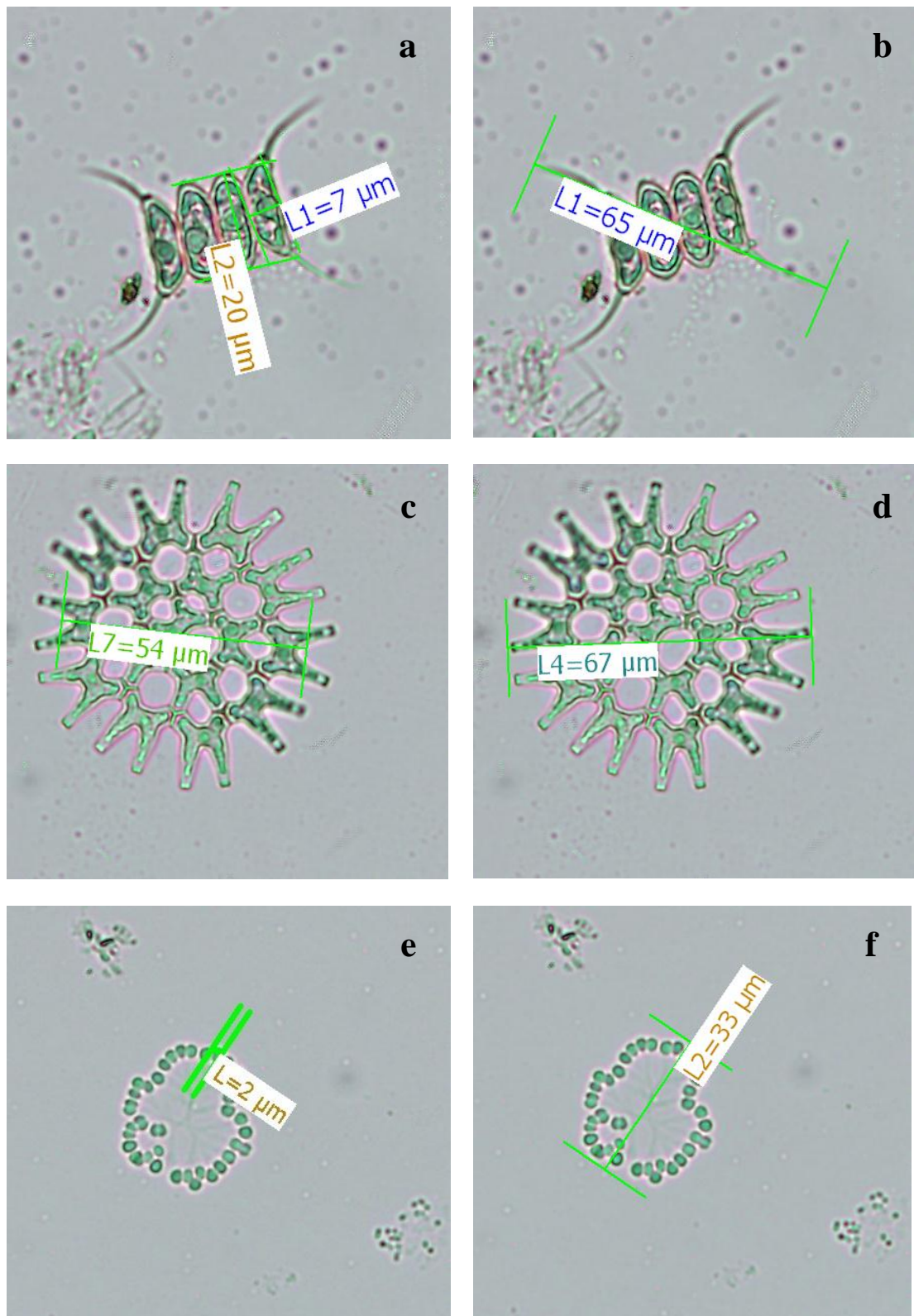
- Sládek & Sládková (1997): Atlas vodních organism se z etelem na vodárenství, povrchové vody a istírny odpadních vod. 2. díl: Konzumenti.
- Hindák et al. (1973): Klú na ur ovanie výtrusných rastlín.
- Hindák et al. (1978): Sladkovodné riasy.
- Komárek & Anagnostidis (1999): Cyanoprokaryota. I. Chroococcales - Süßwasserflora von Mitteleuropa.
- Komárek & Anagnostidis (2005): Cyanoprokaryota. II. Oscillatoriales. Süßwasserflora von Mitteleuropa.

Nomenklatura byla aktualizována podle on-line databází:

- www.cyanodb.cz
- <http://hydro.chmi.cz/isarrow>

V každém preparátu bylo stanoveno procentuální zastoupení relativní etnosti dominantních druh nebo taxon podle Hindák et al. (1978). Na jejich základ byl fytoplankton každého vzorku porovnáván se systémem funk ních skupin vytvo eným Kruk et al. (2010).

Z náhodn vybraných zorných polí preparát vytvo ených z jednotlivých vzork byly v programu Quick Photo Micro 2.0 po ízeny obrazové záznamy p í zv t-ení 20 x 10. Jednotlivé objekty na nich zachycené byly prom eny pomocí analýzy obrazu (Obr. 1) a data následn vyexportována do programu Microsoft Excel. Z každého vzorku bylo m eno cca 100 objekt . P íklady zp sobu m ení r zných typ organism jsou znázorn ny na Obr. 1.



Obr. 1: P íklady m ení bun k a coenobií. a ó m ení bun k *Desmodesmus quadricauda*, b ó max. LD *Desmodesmus quadricauda*, c - m ení coenobia *Pediastrum duplex*, d ó max. LD *Pediastrum duplex*, e - m ení bun k *Dictyosphaerium pulchelum*, f ó max. LD *Dictyosphaerium pulchelum*

Každému objektu byl přiřazen geometrický tvar a rovnice pro výpočet objemu podle Hillebrand et al. (1999). V Microsoft Excel byly prováděny výpočty pro jednotlivé vzorky - medián a průměr objemu organismů, výbojová směrodatná odchylka (SD). Pro optickou tloušťku vyjádřenou jako minimální lineární rozměr (min. LD) bylo počítáno minimum, maximum a průměr. Stejně tak pro maximální lineární rozměr (max. LD). Dále byl vytvořen histogram četností objemů přítomného fytoplanktonu (%) v kategoriích 1, 5, 10, 50, 100, 500, 1000, 5000, 10000, 50000 a 100000 μm^3 .

Chemické analýzy vzorků byly provedeny zaměstnanci společnosti ENKI o.p.s. v laboratoři v Třeboni. Jednalo se o stanovení těchto parametrů: vodivost, alkalita, anorganický uhlík (IC), anorganický dusík ($\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$), rozpustný reaktivní fosfor (DRP), celkový dusík (TN), celkový fosfor (TP), celkový uhlík (TC), partikulovaný dusík (PN), partikulovaný fosfor (PP), partikulovaný organický uhlík (POC) chlorofyl *a* (Chl-*a*), sušina (DW).

Na základě závislostí mezi hydrochemickými parametry a přítomným fytoplanktonem byly pro celý sledovaný soubor dat vytvořeny grafy a prokaznost jejich vzájemných vztahů byla ověřena pomocí korelací v programu Statistica na 5% hladině významnosti.

4.2 Popis lokalit

Třebošské rybníky jsou uměle vytvořeným systémem mletých nádrží vzájemně propojených stokami. Za svou několikasetletou existenci vrostly do krajiny a získaly víceméně pirozený charakter s mnohými cennými biotopy. Dnešní CHKO Třebošsko je mozaikou mokřadních a rybníčních biotopů s vysokou biodiverzitou a výskytem mnoha chráněných druhů.

Rybníky sledované v této diplomové práci jsou součástí CHKO Třebošsko a některé z nich spadají i mezi maloplošná zvláště chráněná území. Jedná se o rybníky Nový Vdovec (PR Rybníky u Vitmanova), Malý Tisý (NPR Velký a Malý Tisý), Staré

Jezero (PR Staré Jezero), Vizír (NPP Vizír). Dalšími odebíranými rybníky byly Kálov, Starý Hospodář, Spolský, Církevní, Nový u Dunajovic a Struffky.

Rybníky ležící v maloplošných chráněných územích:

Nový Vdovec



Obr. 2: Mapa s vyznačením polohy rybníka Nový Vdovec. (<http://maps.google.cz>)

Nový Vdovec

Rybník Nový Vdovec byl založen v letech 1562-64. Nachází se v katastru Stará Hlína v nadmořské výšce 430 - 431 m n. m. Roku 1827 byl zrušen, ale vzhledem k neúrodnosti místní půdy byl o 38 let později opět obnoven. Nyní zaujímá rozlohu 74 ha a spolu s rybníkem fieních a pilehlými rašeliništi je součástí přírodní rezervace Rybníky u Vitmanova (202,8 ha), která byla vyhlášena roku 1995. Hlavní hráz je v západní části a stojí na ní několik prastarých chráněných dubletních. V mrtvých kmenech, z nichž se vyvíjejí larvy chráněného tesaříka

obrovského. Hráz na jižním břehu její odděluje od rybníka Fienich (dostupné z: <http://www.trebonsko.cz>, <http://cs.wikipedia.org>).

Malý Tisý a Káňov



Obr. 3: Mapa s vyznačením polohy rybníků Malý Tisý a Káňov. (<http://maps.google.cz>)

Malý Tisý

Rybník Malý Tisý založil roku 1505 TM páněk Netolický. Leží v nadmořské výšce 431 m n. m. a nyní zaujímá rozlohu 32 ha. Od roku 1957 je spolu s dalšími rybníky součástí biosferické rezervace zařazené na seznam UNESCO. Patří také do NATURA 2000 a mezi Významné přírodní oblasti.

Rybník má velmi lenité pobřeží s rozsáhlým litorálním pásmem. Na břehu volně navazují podmáčené louky, lesy a vřesoviště a rašeliniště. Z chráněných rostlinných druhů se zde vyskytuje například špatka stělobláha, žabák bahenní, vachta trojlistá

nebo rosnatka okrouhlostá. Shromáždí se zde a hnízdí celá řada ohrožených druhů ptáků vázaných na mokřadní ekosystém (např. orel moucholap, volavka červená, kvakoň, bučák velký) (Knížetová 1976).

Rybníční soustava je napájena ze Zlaté stoky a má vodohospodářský význam jako retenční nádrž v případě povodní, čímž je však tato řeka poškozena ekosystém dotčených nádrží. Rybníky jsou také využívány pro chov ryb. Předtím byla v 50. letech 20. století vyhlášena rezervací, došlo k výraznému zvýšení rybích obsádek a tím i k devastaci litorálních porostů, nebo tehdejší vyhlášená chov ryb neupravovala. Rybí obsádka s převahou kapra byla v roce 2010 snížena na 70 kg K2 na hektar vodní plochy (dostupné z: <http://cs.wikipedia.org>).

Káňov

Jméno získal rybník Káňov od slova káň, jak se ve zdejší kraji lidově říkalo rackému chechtavému. Založen byl roku 1516 tehdejším pánkem Netolickým. S plochou 159 ha nepatří k největším rybníkům v obci, ale je velmi úrodný a má vysoké výnosy ryb. Jako většina zdejších rybníků je mělký a v letních měsících dosahuje voda poměrně vysokých teplot (dostupné z: <http://www.trebonsko.cz>).

Napájen je Zlatou stokou, Bělčickým potokem a dvěma dalšími drobnými potoky. Ústí do rybníka Rožmberk, na kterém je proto třeba dle lat výlov v daném datu není na Káňov (dostupné z: <http://cs.wikipedia.org>)

Staré jezero a Vizír



Obr. 5: Mapa s vyznačením polohy rybník Staré Jezero a Vizír. (<http://maps.google.cz>)

Staré jezero

Rybník Staré jezero o výměře 128 ha se nachází v nadmořské výšce 440 m n. m. nedaleko obce Lutová, která je jednou z nejstarších na Třeboňsku. V 70. letech zde vyhrnutím sedimentu a litorálních porostů byl vytvořen systém umělých ostrůvků. Roku 1994 byl spolu s přilehlými slatinitými vyhlášen přírodní rezervací. Hnízdí zde mnoho druhů vodních ptáků, z chráněných rostlin je třeba zmínit zejména suchopýr

úzkolistý, bublinatku menší nebo áblík bahenní (dostupné z: <http://old.ochranaprirody.cz>).

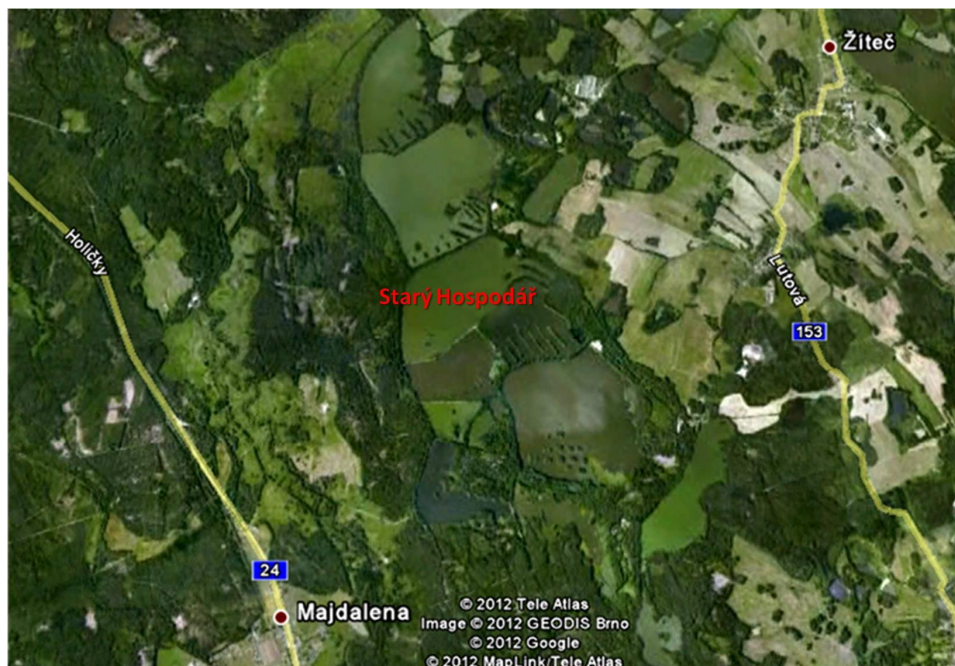
Vizír

Rybník Vizír má od roku 1988 status Národní přírodní památka. Nachází se v nadmořské výšce 440 m n.m. a má výměru 10 ha. Jedná se o lesní rybník se zrašenými zátokami.

Tento rybník prošel v posledních 20 letech výraznými změnami. V dnešní době zde není nasazována žádná rybí obsádka a stává se z něj postupně zarostlá bažina, aby byly zajištěny vhodné životní podmínky pro kriticky ohroženého vodního brouka potápníka dvojřádkového (*Graphoderus bilineatus*), pro nějž je Vizír v současné době jediným místem výskytu na našem území (Hájek 2004). Z chráněných druhů rostlin je třeba zmínit rojovník bahenní, bublinatku bledoflutou i rosnatku prostřední (dostupné z: <http://www.cittadella.cz>).

Ostatní rybníky:

Starý Hospodá



Obr. 6: Mapa s vyznačením polohy rybníka Starý Hospodář . (<http://maps.google.cz>)

Spolský



Obr. 7: Mapa s vyznačením polohy rybníka Spolský. (<http://maps.google.cz>)

Církví ný



Obr. 8: Mapa s vyznačením polohy rybníka Církví ný. (<http://maps.google.cz>)

Nový u Dunajovic a Strufky



Obr. 4: Mapa s vyznačením polohy rybníků Nový u Dunajovic a Stružky. (<http://maps.google.cz>)

5. Výsledky

Fytoplankton sledovaných rybníků byl hodnocen na základě zastoupení pítomných organismů do taxonomických skupin a jejich procentuálního zastoupení. Na základě toho byla zkoumána podobnost jednotlivých vzorků s funkčními skupinami stanovenými Kruk et al. 2010. Společně s taxonomickou klasifikací byly hodnoceny morfologické parametry - optická tloušťka vyjádřená jako minimální lineární rozměr a maximální lineární rozměr. Taxonomickou přesnost a velikostní poměry lze interpretovat z hlediska životních strategií a adaptace fytoplanktonu na dané podmínky ve sledovaných lokalitách.

5.1 Odběry duben 2011

5.1.1 Spolský 26.4.2011

Jarní fytoplankton z dubnového odběru provedeného na rybníce Spolský byl tvořen z 60% drobnými vláknitými sinicemi rodu *Planktolyngbya*. V menší míře zde byly zastoupeny zelené řasy rodu *Scenedesmus* a *Desmodesmus* (dohromady 10%)

a rozsivky *Synedra acus* (10%). Ostatní zelené řasy tvořily 15% a ostatní sinice 5% (Tab. 2).

Z hlediska klasifikace funkčních skupin fytoplanktonu podle Kruk et al. 2010 vykazoval nejvyšší shodu s funkční skupinou IV, která zahrnuje následující jednoduché vláknité sinice řádu Oscillatoriales (pravděpodobně by sem patřil i rod *Planktolyngbya*, který vykazuje podobné znaky s rodem *Pseudanabaena*, typickým pro IV. funkční skupinu uvedeným v literatuře) i kokální zelené řasy řádu Chlorococcales (rody *Scenedesmus*, *Desmodesmus*) (Tab. 2).

Objemy organismů spadají do pěti velikostních kategorií na logaritmické škále. Nejmenší buněčné objemy patří do kategorie $5 \mu\text{m}^3$ a nejvyšší $5000 \mu\text{m}^3$. Kategorie $10 \mu\text{m}^3$ se zde nevyskytuje vůbec a nejvyšší frekvence výskytu má objem $500 \mu\text{m}^3$ (cca 75% měřených organismů) (Obr. 9).

Průměrný objem organismů v tomto vzorku byl malý ($239,3 \mu\text{m}^3$) a medián činil pouze $135 \mu\text{m}^3$. Průměrná optická tloušťka organismů činila $2,5 \mu\text{m}^3$ a její celkový rozsah se pohyboval v rozmezí od $0,5 \mu\text{m}^3$ do $8 \mu\text{m}^3$. Průměrný maximální lineární rozměr byl $43,1 \mu\text{m}^3$, jeho minimum $1 \mu\text{m}^3$ a maximum $182 \mu\text{m}^3$ (Tab. 2).

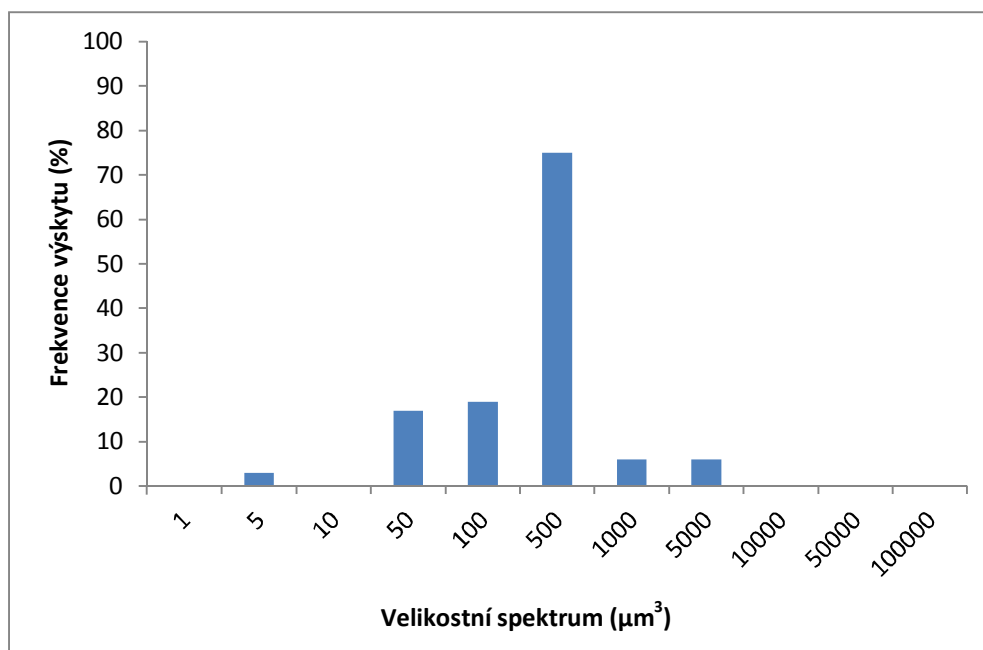
Tab. 2: Tabulka uvádí procentuální zastoupení jednotlivých druhů v rybníce Spolský (26.4.2011). Podobnost s funkční skupinou podle Kruk et al. 2010. Průměr, minimum, maximum, výbojovou směrodatnou odchylku a počet měřených jedinců pro minimální a maximální lineární rozměr. Průměr a medián objemu měřených organismů.

organismus	relativní četnost (%)
<i>Planktolyngbya</i>	60
<i>Scenedesmus+Desmodesmus</i>	10
<i>Synedra acus</i>	10
ostatní zelené řasy	15
ostatní sinice	5

Funkční skupina podle Kruk	IV.
-----------------------------------	-----

	průměr	minimum	maximum	SD	N
minLD	2,5	0,5	8	1,4	127
maxLD	43,1	1	182	37,3	127

AVG	239,3
Medián	135



Obr. 9: Zastoupení velikostních tříd objem organismů v rybníce Spolský (26.4.2011).

5.1.2 Vizír 26.4.2011

Rybník Vizír je velmi odlišný od většiny studovaných rybníků nebo má spíše charakter malého mezotrofního mokřadu s malou plochou volné vody a velkým podílem litorálu. Vzhledem k nízkým obsádkám plynoucím ze statusu národní přírodní památky zde převládají druhy planktonu charakteristické spíše pro tyto než rybníky. Problémem jsou však drobné plevelné ryby, které vytvářejí poměrně vysoký predationální tlak.

Jarní fytoplankton je tvořen převážně zlativkami s výraznou dominancí rodu *Dinobryon* (85%). Další zlativka rodu *Uroglena* tvořila 10% a zbývající 5% byly zelené kokální a sybřiných druhů. Dominance zlativek vzorek patří do funkční skupiny II (Tab. 3).

Jak je vidět z Obr. 10, buněčné objemy se pohybovaly mezi 50 a 5000 μm^3 a vykazovaly přibližně log-normální rozdělení s hlavním maximem 500 μm^3 .

Přeměrný objem měřených objektů v tomto vzorku činil 442,7 μm^3 , medián byl 134 μm^3 . Přeměrné lineární rozměry vypovídají v podstatě o velikostní variabilitě

zlativky *Dinobryon* sp.¹ Průměrný minimální lineární rozměr byl poměrně velký (4,3 μm³), nebo se zde téměř nevyskytovaly drobné organismy. Jeho minimum bylo 0,5 μm³ a maximum 9 μm³. Průměrný maximální lineární rozměr byl 30,6 μm³, jeho minimum 7 μm³ a maximum 144 μm³ (Tab. 3).

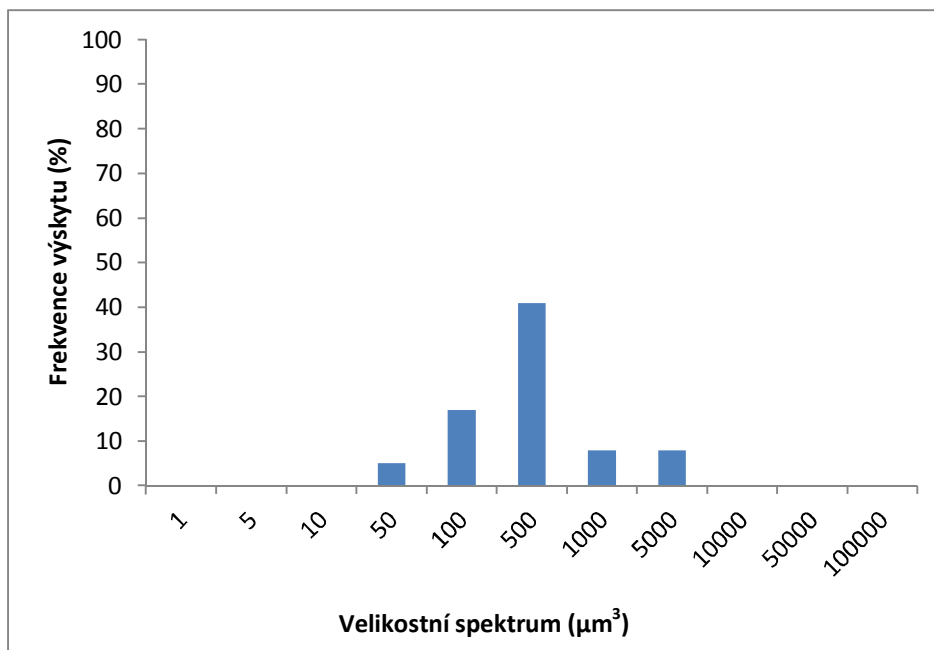
Tab. 3: Tabulka uvádí procentuální zastoupení nejčastějších druhů v rybníce Vizír (26.4.2011). Podobnost s funkční skupinou podle Kruk et al. 2010. Průměr, minimum, maximum, výbojovou směrodatnou odchylku a počet měřených jedinců pro minimální a maximální lineární rozměr. Průměr a medián objemu měřených organismů.

organismus	relativní četnost (%)
<i>Dinobryon</i>	85
<i>Uroglena</i>	10
zelené kokální řasy	5

Funkční skupina podle Kruk	II.
----------------------------	-----

	průměr	minimum	maximum	SD	N		
minLD	4,3	0,5	9	1,8	80	AVG	442,7
maxLD	30,6	7	144	18,9	80	Medián	134

¹ min LD zlativky *Dinobryon* - byly brány rozměry buněk uvnitř kolónií.
max LD zlativky *Dinobryon* - byly měřeny jednotlivé schránky ne celé koloniovité kolonie, nebo ty se mohou rozpadat (Starmach 1968).



Obr. 10: Zastoupení velikostních tříd objem organismů v rybníce Vizír (26.4.2011).

5.1.3 Malý Tisý 26.4.2011

Dominantním druhem je *Desmodesmus* (hlavně *Desmodesmus quadricauda*), který tvoří 70% početného fytoplanktonu. Další 20% je zastoupeno sinicemi tvořícími dlouhá tenká vlákna rodu *Limnothrix* a *Planktolyngbya*. V malé míře (po 5%) se zde také vyskytují další druhy zelených řas (rody *Monoraphidium*, *Pediastrum*, *Dictyosphaerium*, *Coelastrum*) a rozsivky (*Nitzschia holsatica*) (Tab. 4).

Fytoplankton na základě druhového zastoupení odpovídá funkční skupině IV (Tab. 4).

Buněčné objemy nabývají hodnoty mezi 50 a 5000 μm^3 s nejvyšší frekvencí výskytu mezi 500-5000 μm^3 (Obr. 11).

Menší objekty mají poměrně vysoký průměrný objem (1556,3 μm^3), medián činí 628 μm^3 . Průměrný minimální lineární rozměr činí 3,4 μm , jeho minimum bylo

0,5 μm^3 a maximum 8,5 μm^3 . Průměrný maximální lineární rozměr byl 46,9 μm^3 , jeho minimum 7 μm^3 a maximum 283 μm^3 (Tab. 4).

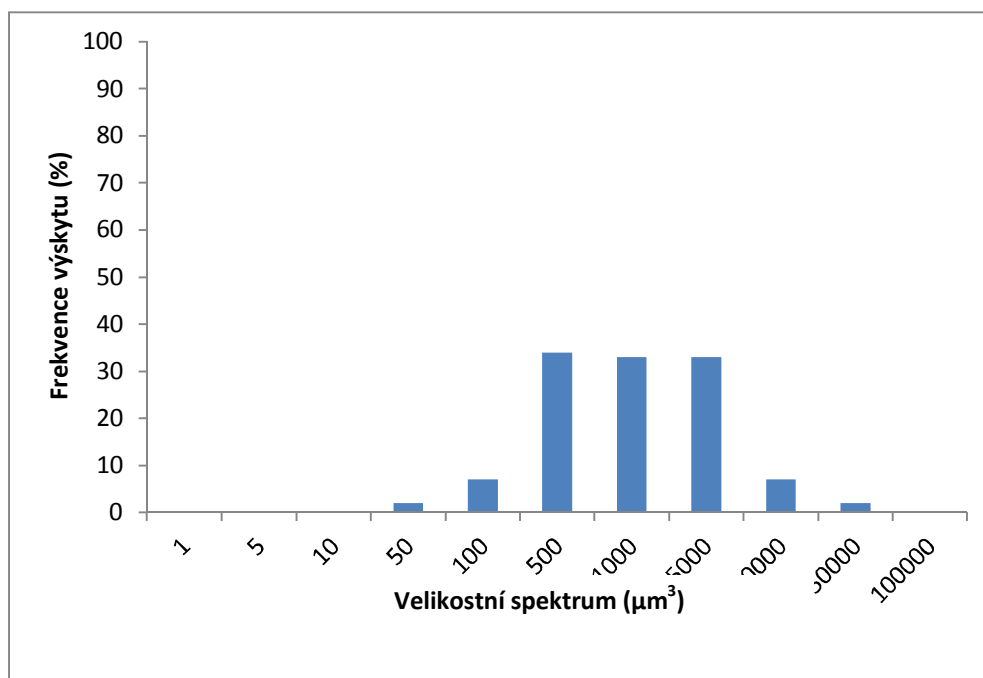
Tab. 4: Tabulka uvádí procentuální zastoupení nejčastějších druhů v rybníce Malý Tisý (26.4.2011). Podobnost s funkční skupinou podle Kruk et al. 2010. Průměrný, minimum, maximum, výběrovou směrodatnou odchylku a počet měřených jedinců pro minimální a maximální lineární rozměr. Průměrný a medián objemu měřených organismů.

organismus	relativní četnost (%)
<i>Desmodesmus quadricauda</i>	70
vláknité sinice	20
ostatní zelené kokální řasy	5
rozsvivky	5

Funkční skupina podle Kruk	IV.
-----------------------------------	-----

	průměr	minimum	maximum	SD	N
minLD	3,4	0,5	8,5	1,6	119
maxLD	46,9	7	283	40,1	119

AVG	1556,3
Medián	628



Obr. 11: Zastoupení velikostních tříd objem organismů v rybníce Malý Tisý (26.4.2011).

5.1.4 Starý Hospodář 27.4.2011

Vzorek bez výrazné druhové dominance obsahoval nadpoloviční vlnu sinic (celkově 60%). Nejčastěji se vyskytovaly rody tvořící cca 2 μm tenká vlákna (*Planktolyngbya*, *Limnothrix*), které tvořily 30% z celkového množství fytoplanktonu. Ze sinic byl dále nalezen drobný koloniální kokální druh *Aphanocapsa holsatica* (20%) a vláknitá sinice rodu *Anabaena* (10%). Svým druhovým složením vzorek spadá do funkční skupiny IV, která obsahuje nejen zelené řasy, ale i tenké vláknité formy sinic (Tab. 5).

Velikostní spektrum organismů je v tomto vzorku široké se zastoupením devíti velikostních tříd. Byl zde nalezen nezanedbatelný podíl drobných organismů s objemem cca 5 μm³ a na druhé straně i malé množství organismů velkých rozměrů spadajících do kategorie 50000 μm³. Nejvyšší frekvence výskytu se prokázala v kategoriích 500, 1000 a 5000 μm³ s pozvolnou klesající tendencí (Obr. 12).

Průměrný objem měřených objektů v tomto vzorku činil 869,7 μm³, medián byl 486,7 μm³. Průměrný minimální lineární rozměr činil 2,9 μm³, jeho minimum bylo 0,5 μm³ a maximum 8 μm³. Průměrný maximální lineární rozměr byl 62 μm³, jeho minimum 7 μm³ a maximum 309 μm³ (Tab. 5).

Tab. 5: Tabulka uvádí procentuální zastoupení nejčetnějších druhů v rybníce Starý Hospodář (27.4.2011). Podobnost s funkční skupinou podle Kruk et al. 2010. Průměr, minimum, maximum, výběrovou směrodatnou odchylku a počet měřených jedinců pro minimální a maximální lineární rozměr. Průměr a medián objemu měřených organismů.

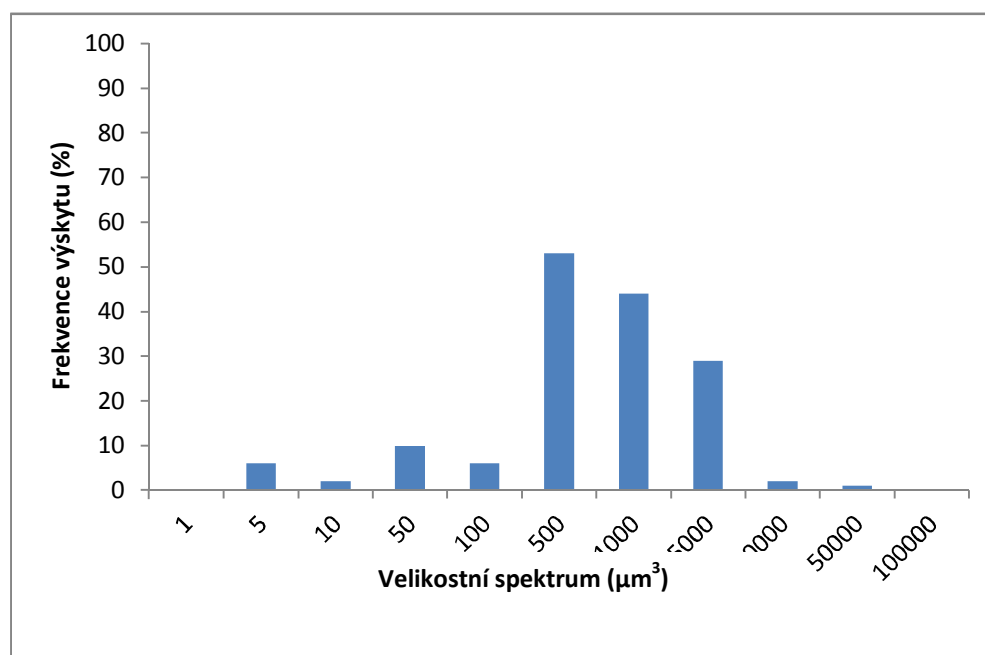
organismus	relativní četnost (%)
<i>Desmodesmus quadricauda</i>	40
<i>Planktolyngbya+Limnothrix</i>	30
<i>Aphanocapsa holsatica</i>	20

Anabaena	10
----------	----

Funkční skupina podle Kruk	IV.
----------------------------	-----

	průměr	minimum	maximum	SD	N
minLD	2,9	0,5	8	1,6	154
maxLD	62	7	309	48,3	154

AVG	869,7
Medián	486,7



Obr. 12: Zastoupení velikostních tříd objem organismů v rybníce Starý Hospodář (27.4.2011).

5.1.5 Nový Vdovec 27.4.2011

Rybník je zřejmě silně eutrofní s výraznou dominancí rodu *Desmodesmus* (90%). Ve zbývajících 10% byly zastoupeny rody *Aulacoseira* sp. a *Nitzschia holsatica* a zlativka *Syncrypta*. Vzorek odpovídá funkční skupině IV (Tab. 6).

Buněčné objemy se pohybovaly v rozmezí 10 až 5000 µm³, přičemž jejich největší podíl podobný jako u rybníku Malý Tisý (odbor 26.4.2011) náležel nejčastěji do velikostních tříd 500, 1000 a 5000 µm³ (Obr. 13).

Průměrný objem měřených objektů v tomto vzorku činil 1813,2 μm^3 , medián byl 759,9 μm^3 . Průměrný minimální lineární rozměr činil 4,2 μm^3 , jeho minimum bylo 0,5 μm^3 a maximum 17 μm^3 . Průměrný maximální lineární rozměr byl 38,6 μm^3 , jeho minimum 6 μm^3 a maximum 118 μm^3 (Tab. 6).

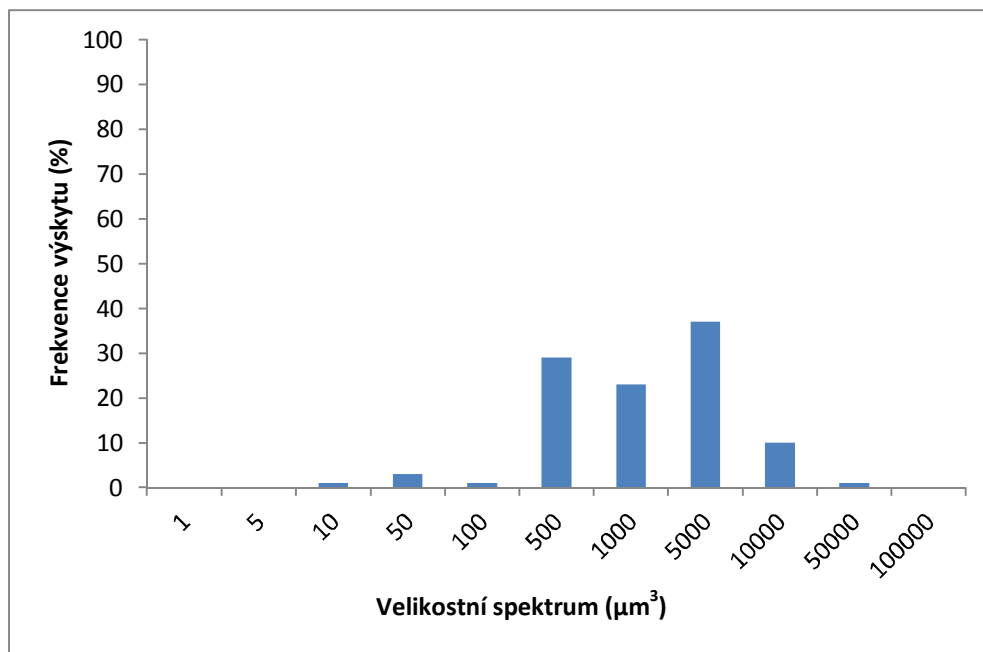
Tab. 6: Tabulka uvádí procentuální zastoupení nejčastějších druhů v rybníce Nový Vdovec (27.4.2011). Podobnost s funkční skupinou podle Kruk et al. 2010. Průměr, minimum, maximum, výběrovou směrodatnou odchylku a počet měřených jedinců pro minimální a maximální lineární rozměr. Průměr a medián objemu měřených organismů.

organismus	relativní četnost (%)
<i>Desmodesmus quadricauda</i>	90
rozsvivky	5
kokální sinice	5

Funkční skupina podle Kruk	IV.
-----------------------------------	-----

	průměr	minimum	maximum	SD	N
minLD	4,2	0,5	17	2,6	106
maxLD	38,6	6	118	19,9	106

AVG	1813,2
Medián	759,9



Obr. 13: Zastoupení velikostních tříd objem organismů v rybníce Nový Vdovec (27.4.2011).

5.2 Odběry červen 2011

5.2.1 Spolský 27.6. 2011

Vzorek s vysokou druhovou diverzitou a širokým spektrem taxonomických skupin. Dominantní skupinou byly rozsivky - *Aulacoseira granulata*, *Aulacoseira* sp., *Synedra acus*, *Nitzschia holsatica* (celkem 40%). Sinice zde tvořily 30% celkové biomasy, nejčastějším typem zde byly vláknité sinice tvořící heterocyty rodu *Anabaena* a *Aphanizomenon*, náležící do řádu Nostocales. Ostatní drobnější druhy sinic tvořily 10% (*Snowella* sp., *Merismopedia glauca*, *Cylindrospermopsis raciborskii*). Zastoupení zelených řas bylo také 30% (*Desmodesmus quadricauda*, *Scenedesmus acuminatus*, *Didymocystis* sp., *Actinastrum hantzschii*). V malé míře se vyskytovaly i zlativky (*Chrysococcus* sp.) a krásnoouška (*Trachelomonas* sp.). Vzhledem ke složení fytoplanktonu není možné zařadit do žádné z funkcí skupin podle systému Kruk et al. 2010, vykazuje však podobnost se skupinami III a IV (Tab. 7).

Velikostní spektrum je taktéž široké s velikostmi od 5 do 10000 μm^3 , nejhojněji je zastoupena kategorie 500 μm^3 (Obr. 14).

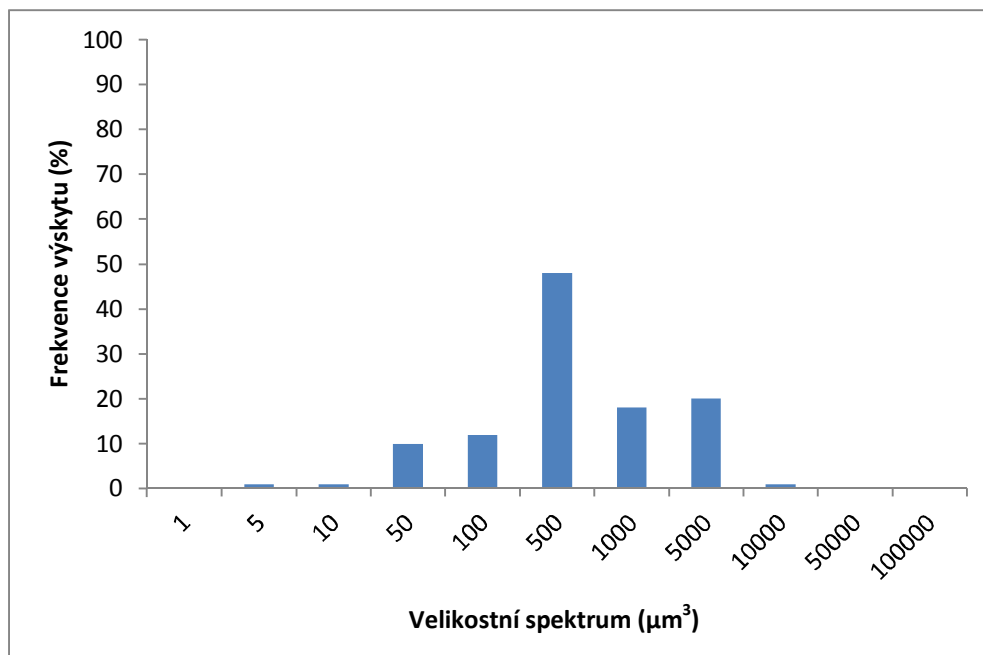
Průměrný objem měřených objektů byl 664 μm^3 a medián 301,9 μm^3 . Průměrný minimální lineární rozměr činil 3,6 μm^3 , jeho minimum bylo 0,5 μm^3 a maximum 12 μm^3 . Průměrný maximální lineární rozměr byl 39,7 μm^3 , jeho minimum 4 μm^3 a maximum 176 μm^3 (Tab. 7).

Tab. 7: Tabulka uvádí procentuální zastoupení nejčastějších druhů v rybníce Spolský (27.6.2011). Podobnost s funkční skupinou podle Kruk et al. 2010. Průměr, minimum, maximum, výběrovou směrodatnou odchylku a počet měřených jedinců pro minimální a maximální lineární rozměr. Průměr a medián objemu měřených organismů.

organismus	relativní četnost (%)
Anabaena+Aphanizomenon	20
rozsvivky	40
zelené řasy	30
ostatní sinice	10

Funkční skupina podle Kruk	III. a IV.
-----------------------------------	------------

	průměr	minimum	maximum	SD	N		
minLD	3,6	0,5	12	2,3	112	AVG	664
maxLD	39,7	4	176	40,8	112	Medián	301,9



Obr. 14: Zastoupení velikostních tříd objem organismů v rybníce Spolský (27.6.2011).

5.2.2 Stružky 27.6.2011

Vzorek s vysokou diverzitou fytoplanktonu, bez nápadných dominant. 20% tvořily kolonie drobných kokálních sinic rodu *Aphanocapsa* a *Snowella*. Ze zelených řas se nejčastěji vyskytovaly rody *Dictyosphaerium* (20%), *Pediastrum* (10%), *Monoraphidium* (10%) a *Actinastrum* (10%). Dále zde bylo nalezeno 10% krásnooček (rody *Trachelomonas*, *Phacus*, *Euglena*). Zařazení do funkčních skupin není možné jednoznačně určit, nejvíce podobnost však vykazuje se skupinou IV (Tab. 8).

Zastoupení velikostních tříd odpovídá přibližně log-normálnímu rozložení s výraznou dominantou třídy 500 µm³ a objemy organismů se pohybují v rozmezí mezi 5 a 50000 µm³ (Obr. 15).

Vzhledem k tomu, že ve vzorku dominovaly spíše drobnější objekty, ale zároveň se častěji vyskytovaly také objekty s velkými buněčnými objemy, průměrný objem (796,1 µm³) je kolikrát násobně převyšoval medián (153,9 µm³). Průměrný minimální lineární rozměr organismů byl 4,4 µm, jeho minimum 0,5 µm a maximum 19 µm.

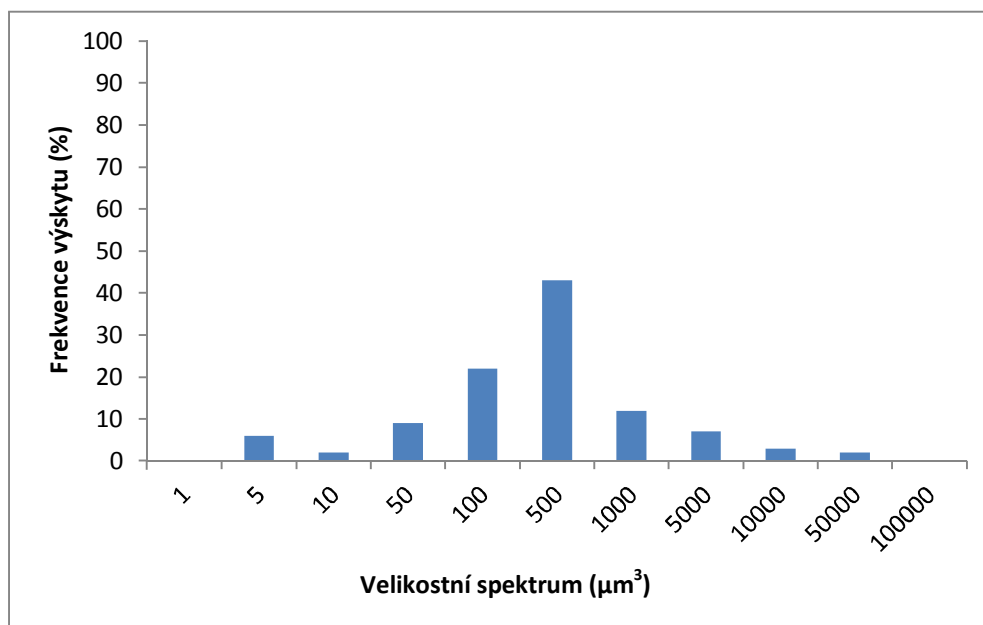
Průměrný maximální lineární rozměr činil $17,6 \mu\text{m}^3$, jeho minimum $2 \mu\text{m}^3$ a maximum $133 \mu\text{m}^3$ (Tab. 8).

Tab. 8: Tabulka uvádí procentuální zastoupení nejčastějších druhů v rybníce Stružky (27.6.2011). Podobnost s funkční skupinou podle Kruk et al. 2010. Průměr, minimum, maximum, výběrovou směrodatnou odchylku a počet měřených jedinců pro minimální a maximální lineární rozměr. Průměr a medián objemu měřených organismů.

organismus	relativní četnost (%)
<i>Aphanocapsa</i> + <i>Snowella</i>	20
<i>Dictyosphaerium</i>	20
Euglenophyta	15
<i>Pediastrum</i>	10
<i>Aktinastrum hantzschii</i>	10
<i>Monoraphidium</i>	5
ostatní	20

Funkční skupina podle Kruk	IV.
----------------------------	-----

	průměr	minimum	maximum	SD	N		
minLD	4,4	0,5	19	3,8	107	AVG	796,1
maxLD	17,6	2	133	21,4	107	Medián	153,9



Obr. 15: Zastoupení velikostních tříd objemů organismů v rybníce Stružky (27.6.2011).

5.2.3 Nový Vdovec 27.6.2011

Dominantním druhem zde byla sinice rodu *Anabaena*, která tvořila 75% fytoplanktonu. Méně často se vyskytoval rod *Aphanizomenon* a příbuzný druh *Anabaena aphanizomenoides* (dohromady 5%). Dominující ze zelených řas byl opět rod *Desmodesmus* (20%). Vzhledem k velmi vysokému podílu sinic řádu Nostocales (80%) je tento vzorek možná zařadit do funkční skupiny III (Tab. 9).

Objemy buněk a kolonií se spadající do velikostních tříd 500 až 50000 μm^3 vykazovaly přibližně log-normální rozdělení a dominantní velikostní třída byla 5000 μm^3 . Dále zde bylo identifikováno malé množství organismů náležících do třídy 5 μm^3 (méně než 5%) (Obr. 16).

Menší organismy vykazovaly velmi vysoký průměrný objem (2773,1 μm^3) i medián (1519,8) μm^3 . Průměrný minimální lineární rozměr činil 4,2 μm , jeho minimum bylo 0,5 μm a maximum 13 μm . Průměrný maximální lineární rozměr byl vzhledem k výskytu vláknitých sinic vysoký (61,6 μm), jeho minimum 8 μm a maximum 200 μm (Tab. 9).

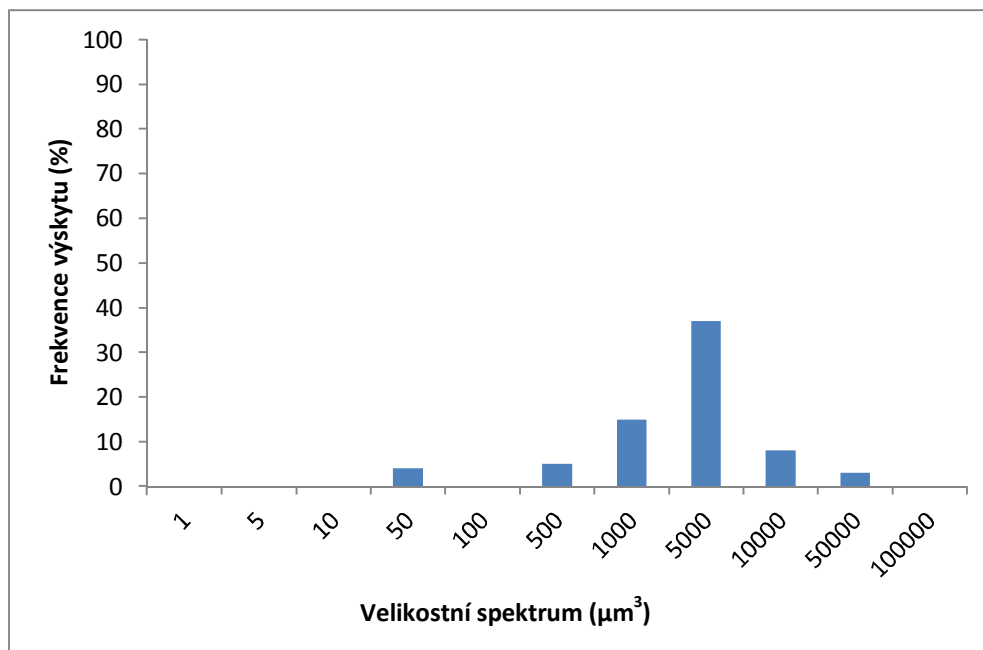
Tab. 9: Tabulka uvádí procentuální zastoupení nejčastějších druhů v rybníce Nový Vdovec (27.6.2011). Podobnost s funkční skupinou podle Kruk et al. 2010. Průměr, minimum, maximum, výběrovou směrodatnou odchylku a počet měření jedinců pro minimální a maximální lineární rozměr. Průměr a medián objemu měřených organismů.

organismus	relativní četnost (%)
<i>Anabaena</i>	75
<i>Desmodesmus quadricauda</i>	20
<i>Aphanizomenon</i> + <i>Anabaena aphanizomenoides</i>	5
ostatní	5

Funkční skupina podle Kruk	III.
-----------------------------------	------

	průměr	minimum	maximum	SD	N
minLD	4,2	0,5	13	2,2	73
maxLD	61,6	8	200	44,5	73

AVG	2773,1
Medián	1519,8



Obr. 16: Zastoupení velikostních tříd objem organismů v rybníce Nový Vdovec (27.6.2011).

5.2.4 Církvíčný 27.6.2011

Nejvíce zastoupeným druhem byly drobné kokální sinice *Aphanocapsa holsatica* (40%). Je to hojnější v-ak byl výskyt zelených řas, které celkov- tvo- ily 60% a nej- ast- j-ími druhy byly *Dictyosphaerium pulchellum* (20%), *Crucigeniella apiculata* (10%) a *Crucigenia tetrapedia* (10%). *Aphanocapsa holsatica* by spadala nejspí- do funk- ní skupiny I, která zahrnuje drobné kokální organismy s vysokým pom- rem povrch/objem. V literatu- e je v-ak tato funk- ní skupina popisována jako pikoplankton, ale *A. holsatica* tvo- í kolonie, které svou velikostí odpovídají nanoplanktonu. 60% zelených kokálních řas naopak ukazuje na funk- ní skupinu IV (Tab. 10).

Objemy organismů se pohybovaly v rozmezí mezi 1 a 5000 µm³ a nejvíce byla zastoupena kategorie 500 µm³. Druhou dominantou je skupina o objemu cca 5 µm³, do které spadá *A. holsatica* (Obr. 17).

Pr- m- rný objem m- ených objektů byl 440,2 µm³ a medián 216 µm³. Pr- m- rný minimální lineární rozm- r- inil 4,4 µm³, jeho minimum bylo 0,5 µm³ a maximum

14 μm^3 . Průměrný maximální lineární rozměr byl 20,1 μm^3 , jeho minimum 6 μm^3 a maximum 185 μm^3 (Tab. 10).

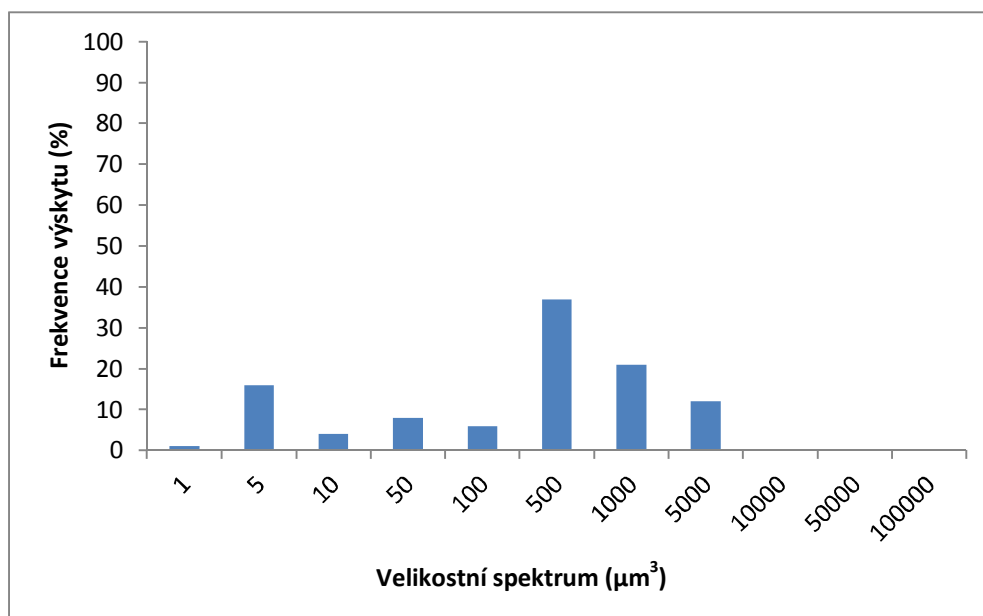
Tab. 10: Tabulka uvádí procentuální zastoupení nejčastějších druhů v rybníce Církvíný (27.6.2011). Podobnost s funkční skupinou podle Kruk et al. 2010. Průměr, minimum, maximum, výběrovou směrodatnou odchylku a počet jednotlivých jedinců pro minimální a maximální lineární rozměr. Průměr a medián objemu jednotlivých organismů.

organismus	relativní četnost (%)
<i>Aphanocapsa holsatica</i>	40
<i>Dictyosphaerium</i>	20
<i>Crucigeniella</i>	10
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	10
kokální zelené řasy	20

Funkční skupina podle Kruk	I.
-----------------------------------	----

	průměr	minimum	maximum	SD	N
minLD	4,4	0,5	14	3,3	106
maxLD	20,1	6	185	24,2	106

AVG	440,2
Medián	216



Obr. 17: Zastoupení velikostních tříd objemu organismů v rybníce Církvíný (27.6.2011).

5.2.5 Nový u Dunajovic 27.6.2011

V tomto vzorku tvoří hlavní dominantu poměrně drobné exempláře dvou zástupců zelených řas z řádu krásivky – *Closterium acutum* var. *variabile* (40%) a *Closterium limneticum* (20%). Dále zde bylo nalezeno 10% zelených řas rodu *Dictyosphaerium* a 10% vláknitých sinic. Z těchto výsledků vyplývá, že vzorek náleží do funkční skupiny IV (Tab. 11).

Rozložení velikostních tříd je proměnlivé. Objemy organismů jsou poměrně nízké v rozmezí 5 až 50000 μm^3 s hojně zastoupenými kategoriemi 50, 100 a 500 μm^3 . Kategorie 10000 μm^3 zcela chybí (Obr. 18).

Průměrný objem měřených objektů v tomto vzorku činil 1270,9 μm^3 , medián byl 153,9 μm^3 . Průměrný minimální lineární rozměr činil 3,4 μm , jeho minimum bylo 0,5 μm a maximum 17 μm . Průměrný maximální lineární rozměr byl 52 μm , jeho minimum 6 μm . Vysoké maximum (311 μm) bylo způsobeno přítomností vláknitých sinic (Tab. 11).

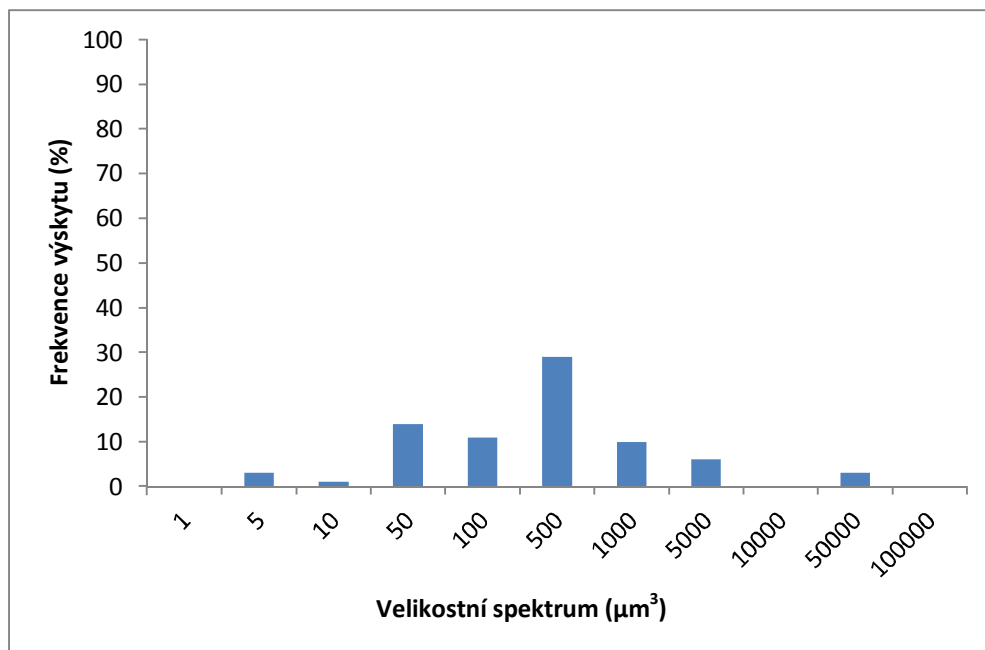
Tab. 11: Tabulka uvádí procentuální zastoupení nejčastějších druhů v rybníce Nový u Dunajovic (27.6.2011). Podobnost s funkční skupinou podle Kruk et al. 2010. Průměr, minimum, maximum, výbojovou směrodatnou odchylku a počet měřených jedinců pro minimální a maximální lineární rozměr. Průměr a medián objemu měřených organismů.

organismus	relativní četnost (%)
<i>Closterium acutum</i> var. <i>variabile</i>	40
<i>Closterium limneticum</i>	20
<i>Dictyosphaerium</i>	10
vláknité sinice	10
ostatní	20

Funkční skupina podle Kruk	IV.
-----------------------------------	-----

	průměr	minimum	maximum	SD	N
minLD	3,4	0,5	17	3,1	78
maxLD	52	6	311	42,8	78

AVG	1270,9
Medián	153,9



Obr. 18: Zastoupení velikostních tříd objem organismů v rybníce Nový u Dunajovic (27.6.2011).

5.3 Odběry srpen 2011

5.3.1 Káňov 29.8.2011

Vzorek s nízkou druhovou variabilitou, obsahoval 95% zelených řas. Nejčastěji se vyskytoval druh *Pediastrum duplex* (70%), dále *Oocystis* sp. (15%) a *Coelastrum* sp. (10%). Vzhledem k této skutečnosti odpovídá funkční skupině IV (Tab. 12).

Objemy organismů se pohybují od 50 do 50000 μm³. Až do výrazného maxima v kategorii 5000 μm³ frekvence výskytu pozvolna stoupají, v kategorii 10000 μm³ následuje prudký pokles (Obr. 19).

Hojný výskyt velkých coenobií *Pediastrum duplex* vedl k tomu, že měřené objekty měly velmi vysoký průměrný objem (2894,6 μm³), medián činil 1565,9 μm³. Průměrný minimální lineární rozměr činil 6,6 μm³, jeho minimum bylo 1 μm³ a maximum 16 μm³. Průměrný maximální lineární rozměr byl 31,2 μm³, jeho minimum 1 μm³ a maximum 165 μm³ (Tab. 12).

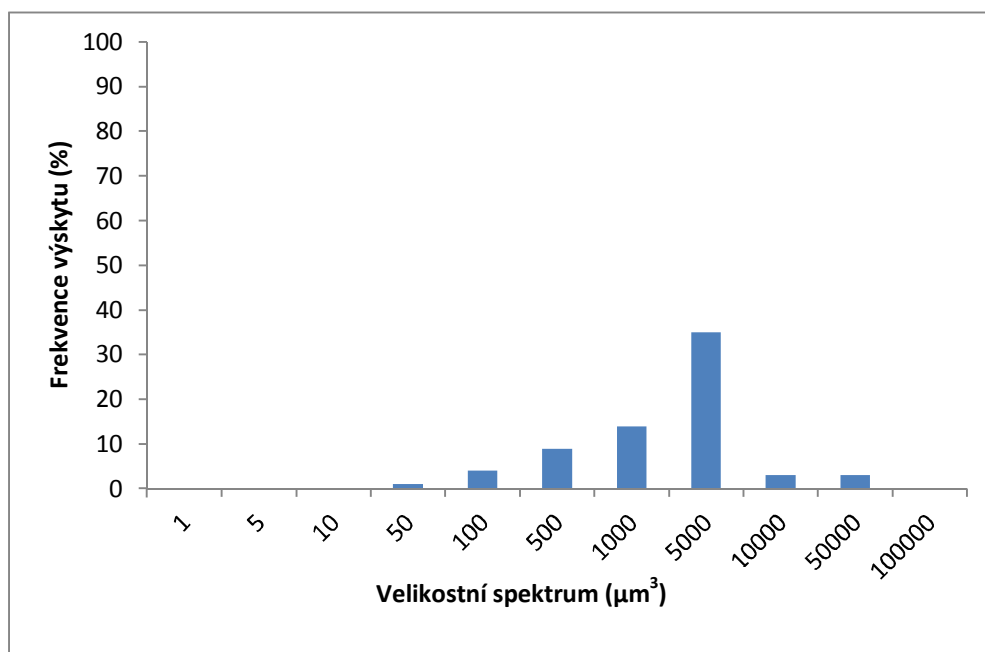
Tab. 12: Tabulka uvádí procentuální zastoupení nej četnějších druhů v rybníce Kálov (29.8.2011). Podobnost s funkční skupinou podle Kruk et al. 2010. Průměr, minimum, maximum, výběrovou směrodatnou odchylku a počet měřených jedinců pro minimální a maximální lineární rozměr. Průměr a medián objemu měřených organismů.

organismus	relativní četnost (%)
<i>Pediastrum duplex</i>	70
<i>Oocystis</i>	15
<i>Coelastrum</i>	10
ostatní	5

Funkční skupina podle Kruk	IV.
----------------------------	-----

	průměr	minimum	maximum	SD	N
minLD	6,6	1	16	3,4	70
maxLD	31,2	1	165	34,6	70

AVG	2894,6
Medián	1565,9



Obr. 19: Zastoupení velikostních tříd objemu organismů v rybníce Kálov (29.8.2011).

5.3.2 Staré Jezero 29.8.2011

V tomto vzorku p evaflují zelené asy (70%) nad sinicemi (30%). Nej ast ji se vyskytovaly rody *Desmodesmus* (65%), *Anabaena* (10%) a *Planktolyngbya* (10%). Fytoplankton spadá do funk ní skupiny IV (Tab. 13).

Velikostní spektrum vykazuje p iblifn log-normální rozd lení mezi kategoriemi 50 afl 10000 μm^3 a v malé mí e je zastoupená je-t kategorie 5 μm^3 . Nejvyšší frekvence výskytu je v kategorii o objemu 500 μm^3 (Obr. 20).

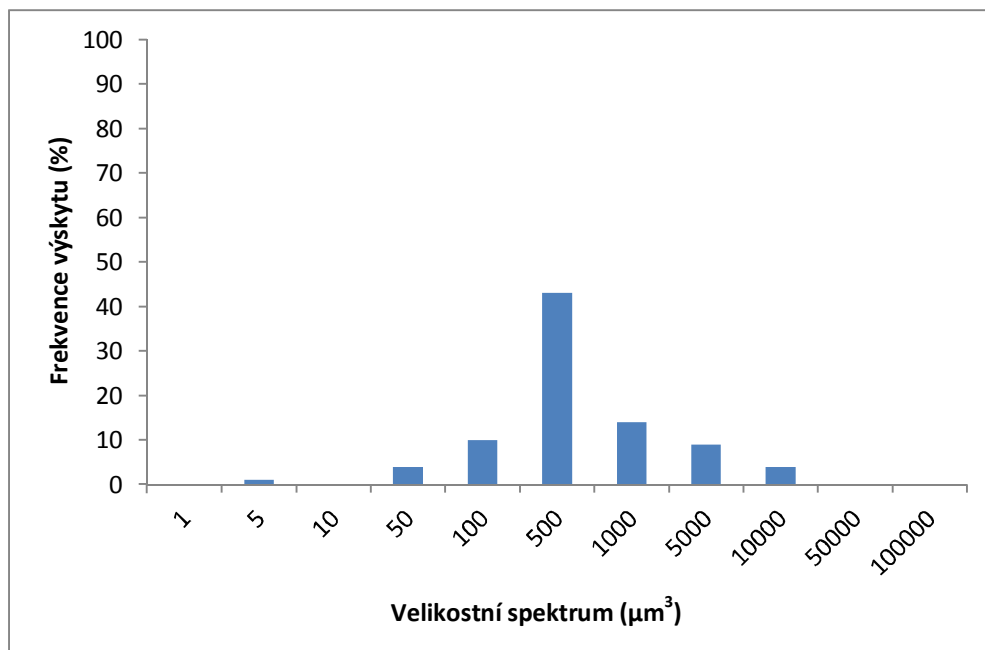
Pr m rný objem m ených objekt v tomto vzorku inil 780,8 μm^3 , medián byl 265,9 μm^3 . Pr m rný minimální lineární rozm r inil 2,9 μm^3 , jeho minimum bylo 0,5 μm^3 a maximum 10 μm^3 . Pr m rný maximální lineární rozm r byl 3,9 μm^3 , jeho minimum 6 μm^3 a maximum 101 μm^3 . Vzhledem k tomu, fle zde dominovaly zelené kokální asy, pr m r minimální a maximální lineární délky se od sebe ádov neli-í. Vysoké maximum maximální lineární délky je dáno výskytem vláknitých sinic (Tab. 13).

Tab. 13: Tabulka uvádí procentuální zastoupení nej etn j-ích druh v rybníce Staré jezero (29.8.2011). Podobnost s funk ní skupinou podle Kruk et al. 2010. Pr m r, minimum, maximum, výb rovou sm rodatnou odchylku a po et m ených jedinc pro minimální a maximální lineární rozm r. Pr m r a medián objemu m ených organism .

organismus	relativní četnost (%)
<i>Desmodesmus</i>	65
<i>Anabaena</i>	10
<i>Planktolyngbya</i>	10
ostatní sinice	10
ostatní zelené řasy	5

Funkční skupina podle Kruk	IV.
-----------------------------------	-----

	průměr	minimum	maximum	SD	N		
minLD	2,88	0,5	10	1,66	86	AVG	780,8
maxLD	3,86	6	101	20,58	86	Medián	265,9



Obr. 20: Zastoupení velikostních tříd objem organismů v rybníce Staré jezero (29.8.2011).

5.3.3 Církevní 29.8.2011

Vzorek s výraznou dominantou zelené asy rodu *Planctonema* (80%). Druhou výraznou skupinou zde byly velké centrické rozsivky (5%). Složení fytoplanktonu odpovídá funkční skupině IV (Tab. 14).

Objem organismů se pohyboval od 5 do 5000 μm^3 , s nejvyšší frekvencí výskytu v kategorii 50 μm^3 (Obr. 21).

Menší organismy vykazovaly velice nízký průměrný objem (158,1 μm^3), medián byl 31,4 μm^3 . Průměrný minimální lineární rozměr činil 2,6 μm , jeho minimum bylo 0,5 μm a maximum 9 μm . Průměrný maximální lineární rozměr byl 15 μm , jeho minimum 2 μm a maximum 62 μm (Tab. 14).

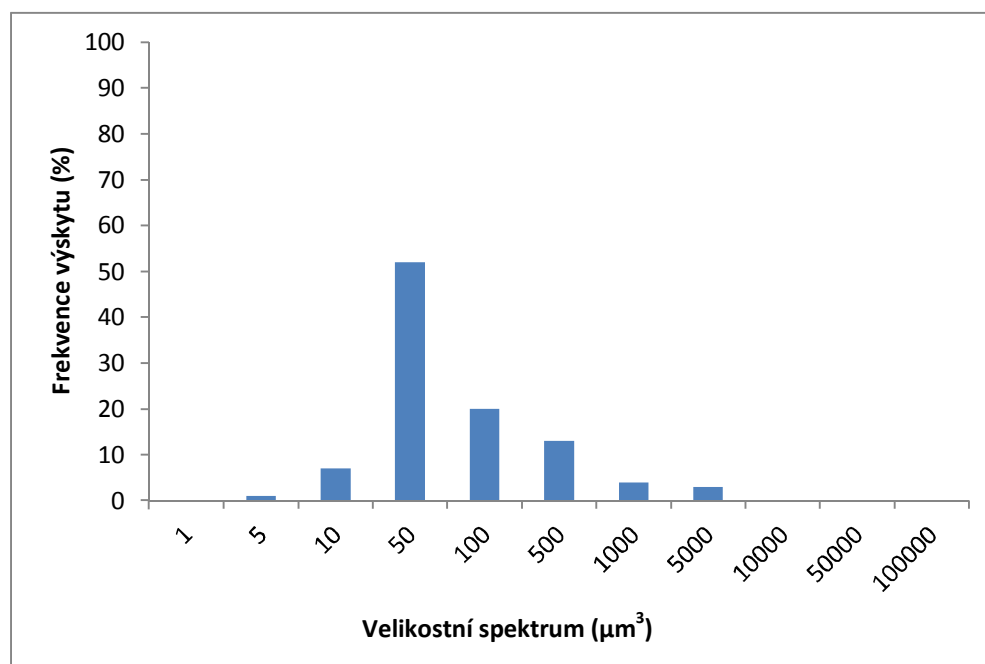
Tab. 14: Tabulka uvádí procentuální zastoupení nej etn j-ích druh v rybníce Církví ný (29.8.2011). Podobnost s funk ní skupinou podle Kruk et al. 2010. Pr m r, minimum, maximum, výb rovou sm rodatnou odchylku a po et m ených jedinc pro minimální a maximální lineární rozm r. Pr m r a medián objemu m ených organism .

organismus	relativní četnost (%)
Planctonema	80
velké centrické rozsivky	5
ostatní	15

Funkční skupina podle Kruk	IV.
----------------------------	-----

	průměr	minimum	maximum	SD	N
minLD	2,6	0,5	9	1,5	100
maxLD	15	2	62	10,1	100

AVG	154,1
Medián	31,4



Obr. 21: Zastoupení velikostních t íd objem organism v rybníce Církví ný (29.8.2011).

6. Diskuze

6.1 Zastoupení taxonomických skupin fytoplanktonu, funkční skupiny a rozměry organismů

Rozdělení fytoplanktonních společenstev do funkčních skupin podle Kruk et. al 2010 používané v této práci, je založeno na výzkumu jezer. Cílem této práce je ověřit, zda je tento přístup použitelný i pro popis fytoplanktonu produkčních rybníků.

V rybníce **Spolský** (26.4.2011) se jarní aspekt projevil především přítomností vláknitých sinic (*Planktolyngbya* 60%), zelené kokálníasy tvořily pouze tvrtinu přítomného fytoplanktonu a v menší míře se zde vyskytovaly také rozsivky (*Synedra acus*). Tento stav je v posledním desetiletí běžný například v produkčních rybnících jižní Moravy (Kopp et al. 2012). Rod *Planktolyngbya*, který v tomto odběru dominoval, není v použitém systému funkčních skupin vůbec zmíněn, ale vzhledem k tomu, že patří do řádu Oscillatoriales, bylo by možné vzorek zařadit nejspíše do funkční skupiny IV. Tuto hypotézu podporuje i 25% podíl zelených kokálních as. Vzhledem k tomu, že převládající sinicové rody tvoří dlouhá tenká vlákna, je průměrný objem i medián menších organismů poměrně nízký a maximální lineární rozměr naopak velmi vysoký. Ve velikostním spektru byla nejvíce zastoupena kategorie o objemu $500 \mu\text{m}^3$, která tvořila cca 75%. Z chemických parametrů je dleřitě zmínit velmi vysokou hodnotu $\text{NO}_3\text{-N}$, což je pravděpodobně způsobeno tím, že rybník je proutný a leří v zemědělském povodí (Janda et al. 1996).

Národní přírodní památka rybník **Vizír** (26.4.2011) má v současné době charakter polítní, což dokazuje i jarní fytoplankton, ve kterém dominovaly zlativky. V dřívějších dobách, kdy se na rybníce ještě intenzivně hospodařilo, vykazoval podobné rysy jako v tinařnými zkoumaných produkčních rybnících. Rybník byl v 90. letech eutrofní se dominancí zelených kokálních as občas stídanou drobnými sinicemi (Skácelová 2007). Od roku 2005 byl rybník z důvodu ochrany biodiverzity ponechán zcela bez rybí obsádky a začal rychle zarůstat (Faina, ústní sdělení). V létě 2005 již ve fytoplanktonu dominovaly zlativky (Skácelová 2007). Z hlediska

funkčních skupin tedy nastal posun od skupiny IV (v případě dominance sinic III) za dob intenzivního hospodaření na skupinu II v období bez rybí obsádky.

Ze složení jarního fytoplanktonu rybníku **Malý Tisý** (26.4.2011) je zřejmé, že v tomto rybníce není přítomná rybí obsádka a tím pádem i dost zooplanktonu. Toto zjištění je v souladu s tím, že rybník je součástí přírodní rezervace a rybí obsádka je zde tedy regulována zákonem. V rybníce se vyskytoval druh *Nitzschia holsatica*, která má vysokou indikační hodnotu, to znamená, že je typickým druhem pro určitý stupeň organického zatížení. Její saprobní index 2,2 indikuje mezozaprobitu.

V dubnovém odběru na rybníce **Starý Hospodá** (27.4.2011) nebyla zjištěna jednoznačná druhová dominance. Zastoupením taxonomických skupin se podobá vzorku z rybníku Spolský stejného data, je zde ovšem v větší podíl zelených kokálních řas.

Rybník **Nový Vdovec** (27.4.2011) se vzhledem k velmi vysokému podílu zelených řas rodu *Desmodesmus* v jarním fytoplanktonu zdá být hodně eutrofní. A jako součást přírodní rezervace, je na něm intenzivní hospodaření, což se projevilo i na stavu fytoplanktonu.

V termínu letního odběru (27.6.2011) vykazoval rybník **Spolský** vysokou diverzitu fytoplanktonu a nebylo jej možné zařadit do žádné funkční skupiny. Z celkové biomasy tvořily 40% řasivky (funkční skupina VI), 30% vláknité sinice tvořící heterocyty (funkční skupina III) a 30% zelené řasy (funkční skupina IV).

červnový fytoplankton rybníku **Struflky** (27.6.2011) obsahoval na rozdíl od ostatních z 15% Euglenophyta (rody *Trachelomonas*, *Phacus*, *Euglena*), což zřejmě odpovídá jeho charakteru mléčného plávkového rybníku s vysokým obsahem rozkládající se organické hmoty (Pouliková 2011). Toto tvrzení potvrzuje i naměření velmi vysokého obsahu $\text{NH}_4\text{-N}$.

Vzhledem k dominanci sinice *Anabaena* sp. (75%), která dokáže fixovat vzdušný dusík a poklesu zelené řasy *Desmodesmus quadricauda* na 25% (ten v dubnu měl 95% podíl), by se dalo předpokládat, že v červnu v rybníce **Nový Vdovec** (27.6.2011) došlo k vyerpání dusíku z vody zelenými řasami a limitujícím prvkem

se stal fosfor. Výsledky chemických rozborů však tuto teorii nepotvrdily. Toto složení fytoplanktonu je typické pro funkční skupinu III, což pro produkční rybník není typické.

V úterý bylo v rybníce **Církvíný** (27.6.2011) zjištěno 40% *Aphanocapsa holsatica* a 60% zelených řas, což je typické pro eutrofní rybníky. Struktura fytoplanktonu vypovídá o tom, že na rybníce je vysoká rybí obsádka. V rámci funkčních skupin vykazuje největší podobnost se skupinou IV, která zahrnuje pikoplanktonní sinice. U *Aphanocapsa holsatica* sice velikost buněk odpovídá pikoplanktonu, ale velikost kolonií už spadá do nanoplanktonu, který je trochu větší a patřil by do kategorie IV. Vysoké IC vypovídá o přísunu vody ze zemědělského povodí (Janda et al. 1996).

Podobný stav byl v 80. letech na produkčních rybnících v okolí Slavonic. Spektrum fytoplanktonu bylo podobné úterňovému fytoplanktonu rybníku Starý, který byl v té době hnojen anorganickými hnojivy. Byl v něm nalezen 50% podíl sinic (*Aphanocapsa holsatica*, *Merismopedia tenuisima*) a 45% zelených řas (Skácelová 1986).

Ve fytoplanktonu z úterňového odběru na rybníce **Nový u Dunajovic** (27.6.2011) tvořil výraznou dominantu rod *Closterium* zastoupený dvěma druhy. Drobné *Closterium acutum* var. *variable* činilo 40% fytoplanktonu, což není nikterak neobvyklá situace (Hindák et al. 1973). Druhým zástupcem byly poměrně malé exempláře *Closterium limneticum*. Rybník leží v zemědělském povodí, emulsi odpovídají i naměřené vysoké hodnoty IC (Janda et al. 1996).

V srpnu v rybníce **Káňov** (29.8.2011) převládala zelená řasa *Pediastrum duplex*, která tvořila 70% fytoplanktonu. Tato řasa tvoří velká coenobia, což by mohlo poukazovat na to, že drobný plankton byl sefrán zooplanktonem. Ve velikostním spektru je nejvíce zastoupena kategorie 5000 μm^3 (35% veškerých menších organismů), ale vyskytuje se zde i velmi velký fytoplankton spadající do kategorie 50000 μm^3 . Podobná situace, kdy dominoval velký fytoplankton s převahou rodu *Pediastrum*, nastávala v letních měsících kolem roku 2000 v Brněnské přehradě, kde je oproti produkčnímu rybníku velmi málo ryb, tudíž hodně zooplanktonu (Skácelová ústní sdělení). Z chemických parametrů stojí za zmínku naměřené vysoké hodnoty IC, což vypovídá o významném přísunu vody ze zemědělského

povodí a velmi vysoká hodnota $\text{NH}_4\text{-N}$ jako důsledek hnojení statkovými hnojivými (Janda et al. 1996).

V srpnovém odběru v rybníce **Staré Jezero** (29.8.2011) dominovaly zelené řasy (70%) zastoupené z velké většiny rodem *Desmodesmus* a zbývajících 30% tvořily sinice. Tento stav je typický pro produkční rybníky, stejně jako funkční skupina IV, do které i tento vzorek patří. Velikostní spektrum vykazující téměř log-normální rozdělení s jednou výrazně dominující skupinou (objem 500 μm), v podstatě vypovídá o velikostní variabilitě dominantního organismu.

V srpnu fytoplankton rybníku **Církvíný** (29.8.2011) sice vykazoval znaky funkční skupiny IV, složení fytoplanktonu však bylo zcela odlišné od ostatních rybníků. Výraznou dominantou byla zelená řasa *Planctonema* sp. (80%), která se vyskytuje v β -mezosaprobních vodách (Hindák et al. 1978) a také se zde vyskytovaly velmi velké centrické rozsivky. Při chemických rozbořech byla naměřena vysoká hodnota $\text{NO}_3\text{-N}$, což vypovídá o zvýšeném přísunu dusíkatých látek z povodí (Janda et al. 1996).

6.2 Závislost fytoplanktonu na chemických a fyzikálních faktorech

Komplexní představa o tom, jak ve studovaných rybnících ovlivňuje koloběh látek (fluvin) a fyzikálně-chemické vlastnosti vody složení fytoplanktonu lze získat srovnáním stavu fytoplanktonu s klíčovými hydrochemickými parametry (Tab. 15). Výsledky rozborů by v ideálním případě měly být v souladu s interpretací vlastností fytoplanktonu vyvozených ze světelné mikroskopie a velikostních charakteristik. Vzhledem k tomu, že se jedná o přirodní systém, je zde určitá míra nejistoty. Přehlednost vody i výsledky stanovení chemických parametrů měly být zkruseno momentálním krátkodobým výkyvem nebo přetrváváním fytoplanktonního společenstva z období, kdy v rybníce panovaly odlišné podmínky. V takových případech stanovené hodnoty nekorelují s taxonomickým zastoupením a velikostním spektrem fytoplanktonu. Pro vyloučení těchto vlivů by bylo nutné rybníky sledovat po delší dobu s větší četností odběrů.

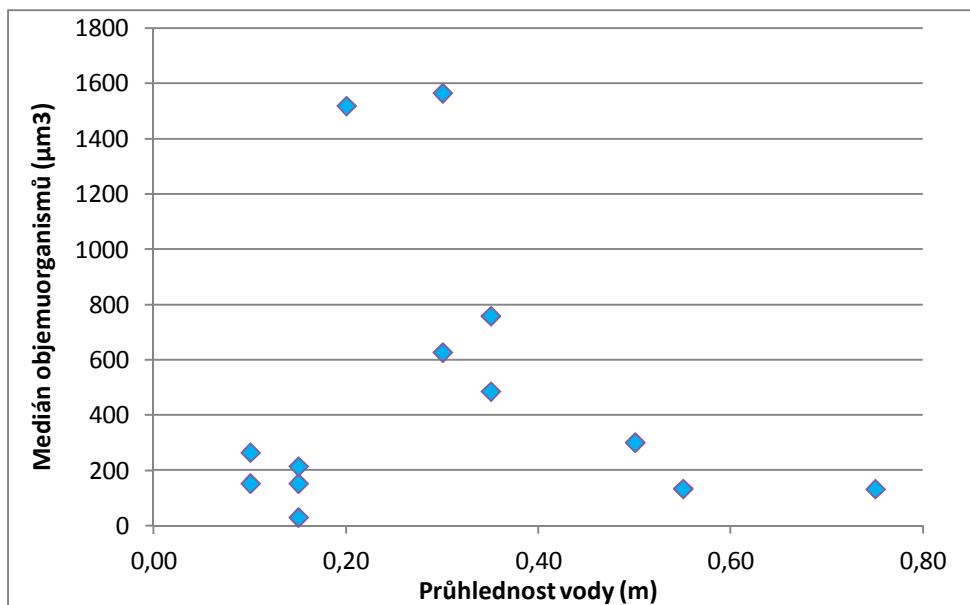
Tab. 15: Souhrn chemických, fyzikálních a biologických výsledků .

	vodivost μS/cm	alkalita meq/l	IC mg/l	NH ₄ -N	NO ₃ -N	DRP	TN	TP	TC	PN	PP	POC	Chla μg/l	DW mg/l	Zs m	zoo	IC/TC	chlč %	cyano %	volAVG μm ³	vol		maxLR
																					minLD	medián	
duben																							
Spoliský	185	0,83	9,07	0,00	0,65	0,011	2,74	0,151	37,00	0,57	0,066	4,87	98	18,67	0,55	střední d+	0,25	25	65	239,3	135	2,5	43,1
Vizír	107	0,52	7,40	0,01	0,00	0,007	0,92	0,127	18,50		0,024	1,36	18	4,25	0,75	velmi drobný	0,40	5	0	442,7	134	4,3	30,6
M.Tisý	193	1,00	11,27	0,00	0,02	0,007	2,63	0,263	36,10	0,77	0,168	19,85	98	25,50	0,30	drobný d-	0,31	75	20	1556,3	628	3,4	46,9
St.Hospodař	168	0,91	9,37	0,01	0,01	0,011	2,73	0,307	34,00	1,47	0,198	18,21	111	27,00	0,35	drobný d-	0,28	40	60	869,7	486,7	2,9	62
N.Vdovec	167	0,74	8,44	0,01	0,00	0,008	1,53	0,191	18,20	0,66	0,076	5,43	64	21,67	0,35	drobný d-	0,46	90	5	1813,2	759,9	4,2	38,6
červen																							
Spoliský	192	1,15	13,50	0,14	0,02	0,002	2,49	0,188	31,90	1,30	0,123	7,27	135	22,67	0,50	střední d+	0,42	20	50	664	301,9	3,6	39,7
Stružky	301	2,34	28,10	0,03	0,01	0,008	2,62	0,308	48,20	1,30	0,226	5,51	143	67,00	0,15	drobný	0,58	35	20	796,1	153,9	4,4	17,6
N.Vdovec	165	0,61	6,50	0,01	0,01	0,005	5,25	0,347	39,50	4,11	0,268	18,07	463	60,00	0,20	drobný	0,16	20	80	2773,1	1519,8	4,2	61,6
Cirkvičný	267	2,13	25,00	0,03	0,01	0,008	2,83	0,321	53,80	1,39	0,227	9,97	165	78,00	0,15	drobný	0,46	60	40	440,2	216	4,4	20,1
Nový u Dunajovic	285	2,50	28,32	0,03	0,01	0,015	3,09	0,559	54,55	1,62	0,247	8,41	226	131,00	0,10	drobný b+	0,52	70	10	1270,9	153,9	3,4	52
srpen																							
Kaňov	343	2,43	29,20	0,44	0,02	0,027	2,36	0,275	50,40	0,54	0,100	4,53	68	35,00	0,30	drobný	0,58	95	0	2894,6	1565,9	6,6	31,2
St. Jezero	181	1,23	13,50	0,02	0,00	0,008	6,00	0,711	66,42	4,62	0,576	38,22	502	123,75	0,10	drobný b+	0,20	70	30	780,8	265,9	2,9	3,9
Cirkvičný	278	2,25	26,60	0,03	0,22	0,009	2,88	0,185	60,00	1,07	0,205	13,03	224	104,00	0,15	drobný b+	0,44	90	0	154,1	31,4	2,6	15

Závislost objem organismů na prahlednosti vody

Jedním z předpokladů této práce bylo, že se snižující se prahledností vody se budou snižovat také objemy organismů. Důvodem je skutečnost, že při horších světelných podmínkách menší objekty mají vyšší relativní absorpci úinnosti vlivu a fotosyntéza jim může probíhat s větší úinností. Tento předpoklad se předpokládá nepotvrdil. Jak je vidět z Obr. 22, závislost v podstatě platila pro prahlednost do 20 cm. Pro zkoumané rybníky byl výsledek na 5% hladině významnosti nepříkazný (z toho důvodu nebyla v grafu použita spojnice trendu) a pro potvrzení nebo vyvrácení této teorie by bylo třeba rozšířit sledovaný soubor. U dvou rybníků byla naměřena malá prahlednost vody, ale medián objemu fytoplanktonu byl vysoký. V rybníce Nový Vdovec byla prahlednost pouze 20 cm a medián objemu organismů $1520 \mu\text{m}^3$. K tomuto jevu došlo pravděpodobně proto, že se v tomto vzorku vyskytovalo velké množství vláknitých sinic, které se pomocí aerotopů dokážou pohybovat ve vodním sloupci (Pouliková 2011). Druhým případem byl rybník Kálov, kde měly na rozdíl od Nového Vdovce převahu zelené řasy. Vysvětlením by mohlo být, že se jedná o malý rybník s velkou plochou volné hladiny nacházející se v otevřené krajině, ve kterém působením větru dochází k velkému promíchávání, což jim zlepšuje dostupnost světla pro fytoplankton.

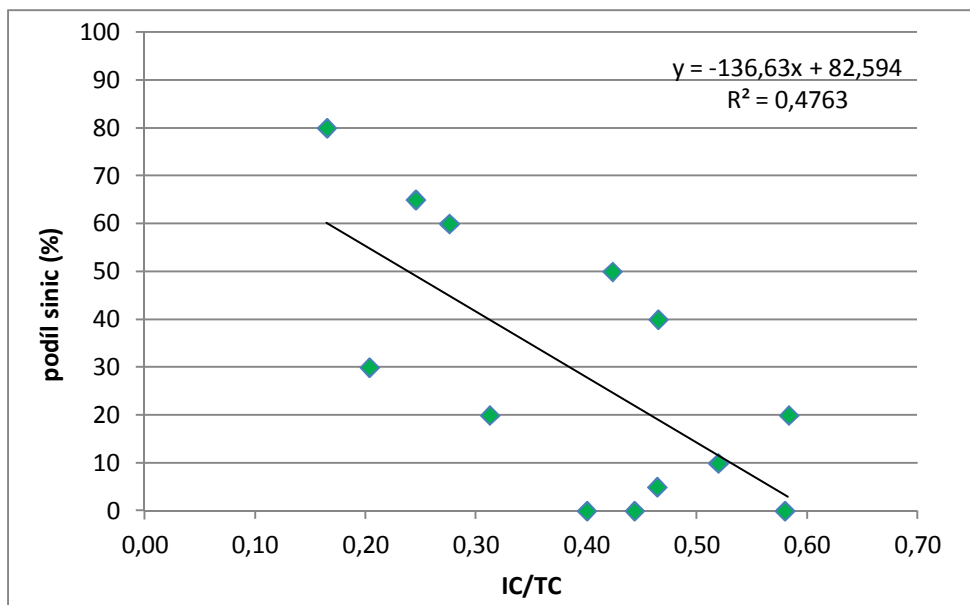
V dalších třech případech byla naopak prahlednost vysoká, ale medián objemu organismů nízký. Jednalo se o rybník Vizír, kde byla v dubnu naměřena prahlednost 75 cm a medián objemu $134 \mu\text{m}^3$, což je dáno jeho současným charakterem malého zarostlého mokřadu se zrašeným litorálem (Skácelová 2007). Další dva případy se vyskytly na rybníce Spolský, kde byla v dubnu prahlednost 55 cm a medián $135 \mu\text{m}^3$ a v červnu prahlednost 50 cm a medián $302 \mu\text{m}^3$. Pro tento stav se nepodařilo najít jednoznačné vysvětlení, je zde však možnost, že se jedná o dozvuk předchozí sezóny, kdy byly jiné ekologické podmínky.



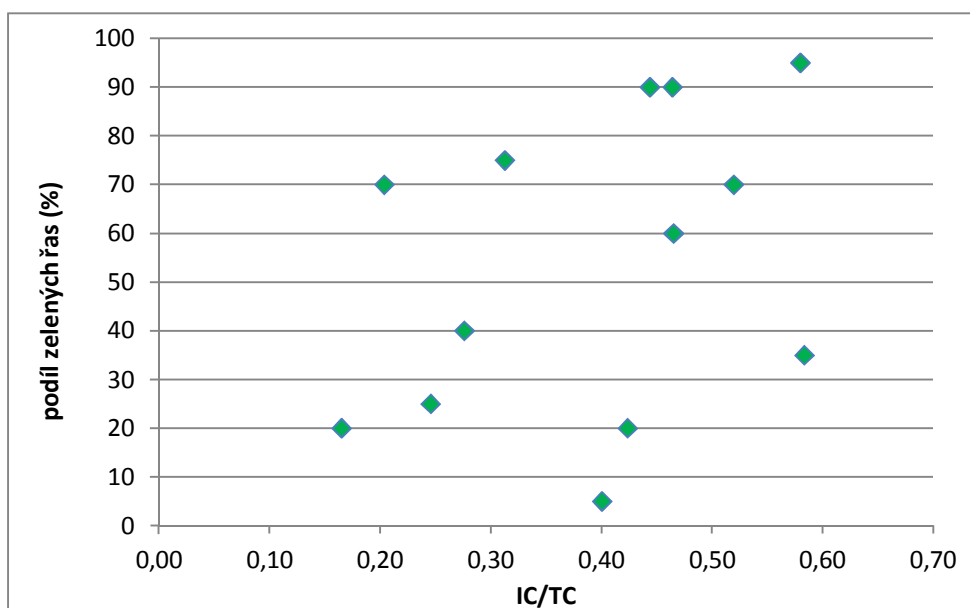
Obr. 22: Graf závislosti mediánu objemu organismů na průhlednosti vody.

Podíl sinic a zelených řas v závislosti na IC/TC

Poměr množství anorganického a celkového uhlíku ve vodě vypovídá o dostupnosti uhlíku pro sinice a řasy. Čím je poměr IC/TC vyšší, tím je anorganický uhlík dostupnější (Lellák & Kubíček 1991). Jak vyplývá z dlouhodobého sledování rybníků (prováděného společností ENKI o.p.s. Těboř, a ZF JU v Českých Budějovicích) za těchto podmínek dochází k nárůstu koncentrace zelených řas. Naopak pro planktonní sinice jsou vhodné podmínky, kde je anorganického uhlíku relativní nedostatek (Pechar et al. 2011). Jak je vidět z grafu (Obr. 23), procentuální výskyt sinic na rybnících zkoumaných v této práci opravdu vykazoval nepřímo úměrnost s poměrem IC/TC. Výsledek je průkazný na 5% hladině významnosti. Naopak zvyšující se výskyt zelených řas rostoucím se poměrem IC/TC se ukázal být statisticky nepříkazný (Obr. 24).



Obr. 23: Graf závislosti procentuálního podílu sinic ve fytoplanktonu z jednotlivých odběr na poměru anorganický uhlík/celkový uhlík.

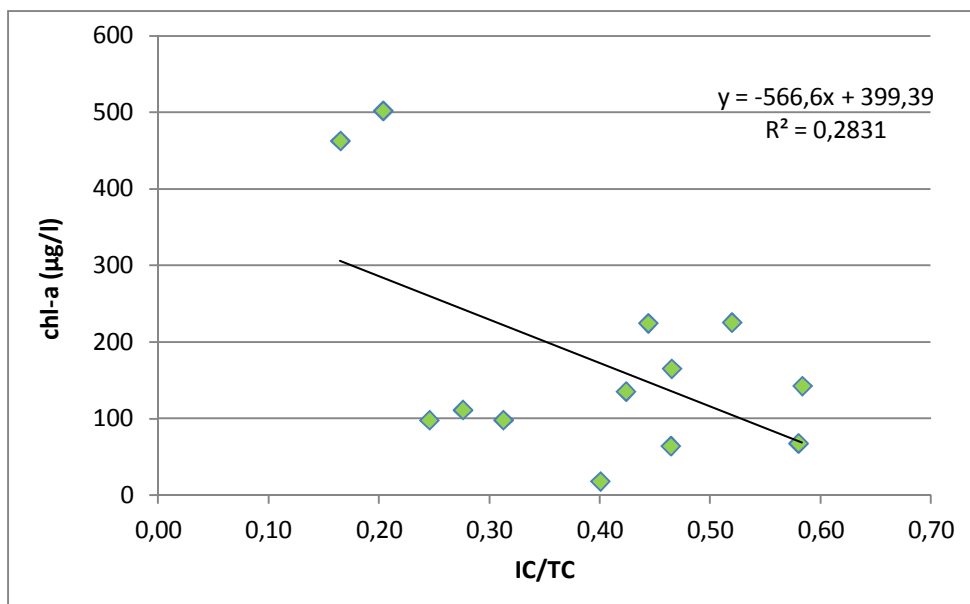


Obr. 23: Graf závislosti procentuálního podílu zelených řas ve fytoplanktonu z jednotlivých odběr na poměru anorganický uhlík/celkový uhlík.

Závislost množství chlorofylu *a* na poměru IC/TC

V učebnicích hydrobiologie uváděná teorie (Lellák & Kubíček 1991), říká se zvyšujícím se poměrem anorganického a celkového uhlíku narůstá množství

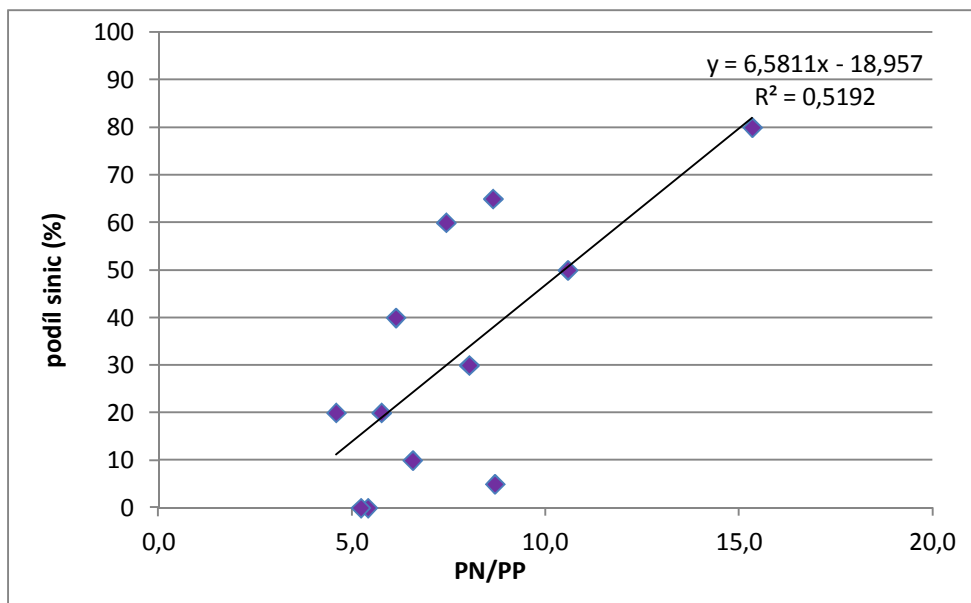
chlorofylu *a* zabudovaného v sinicích a asách, se na testovaných rybnících v podstatě potvrdila (Obr. 24). Na 5% hladině významnosti byl výsledek korelace na hranici prokazatelný ($P = 0,061$).



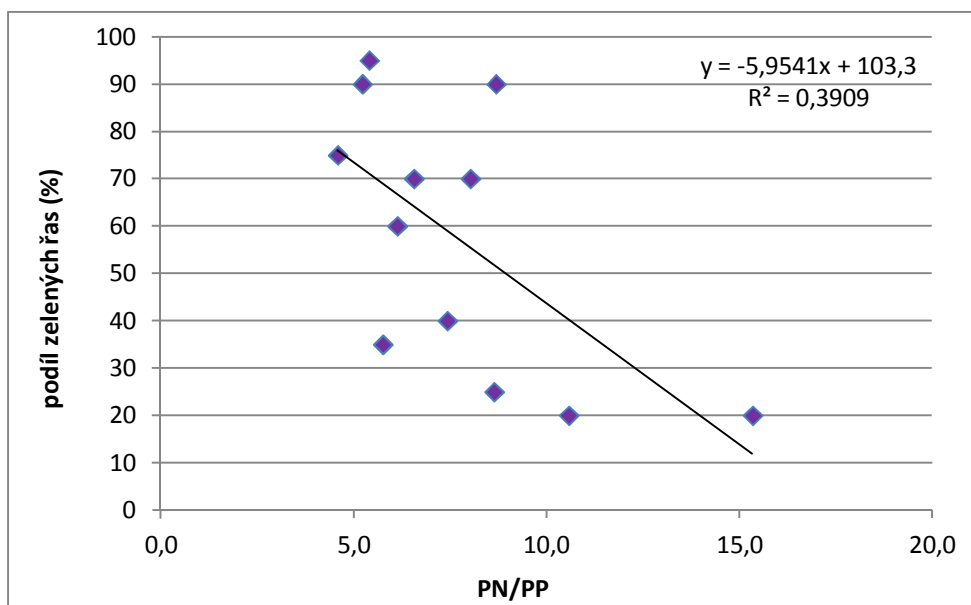
Obr. 24: Graf závislosti množství chlorofylu-*a* na poměru anorganický uhlík/celkový uhlík.

Procentuální podíl sinic a as v závislosti na poměru PN/PP

Z výsledků vyplývá souvislost mezi taxonomickým složením fytoplanktonu a poměrem N/P v sestoně (partikulovaný dusík/partikulovaný fosfor). Spolu s nárůstem podílu sinic se také zvyšuje poměr PN/PP (Obr. 25). Vyšší podíl zelených as je spojený s poklesem poměru PN/PP (Obr. 26). Sinice mají tedy ve svých buňkách vyšší podíl dusíku než zelené řasy (Reynolds 2006).



Obr. 25: Graf závislosti procentuálního podílu sinic ve fytoplanktonu z jednotlivých odb r na pom ru partikulovaný dusík/partikulovaný fosfor.



Obr. 26: Graf závislosti procentuálního podílu zelených řas ve fytoplanktonu z jednotlivých odb r na pom ru partikulovaný dusík/partikulovaný fosfor.

DIN (poměr anorganický dusík/rozpuštěný reaktivní fosfor)

Sinice dokáží úspěšně získávat dusík z okolního prostředí, takže vyhrávají v konkurenci o zdroje ve vodách s nízkým obsahem rozpuštěného anorganického dusíku (Smith 1999). Situace v třebovských rybnících v tuto chvíli tento předpoklad splňuje, zejména v letním období (Pechar et al. 2002). U sledovaných rybníků se tato teorie nepotvrdila, výskyt sinic a jejich podíl ve fytoplanktonu však není determinován pouze nízkou koncentrací DIN, ale hrají v něm roli i další faktory.

7. Závěr

Z **taxonomického hlediska** ve v t-in zkoumaných rybník p evařovaly b finé zelené kokální asy z ádu Chlorococcales. Nejb fn ji se vyskytujícím druhem byl *Desmodesmus quadricauda*, který byl nalezen ve v-ech vzorkách a v mnoha p ípadech tvo il významný podíl biomasy. Jiné druhové složení vykazoval vzorek z ervnového odb ru na rybníce Nový Vdovec, kde dominovaly zelené asy z ádu krásivky (Desmidiaceae), konkrétn *Closterium acutum* var. *variabile* a *Closterium limneticum*. Druhý odli-ný vzorek s dominancí zelených as byl ze srpnového odb ru na rybníce Církví ný, dominantu zde tvo ila *Planctonema* sp. (Ulvophyceae).

Sinice tvo ily dominantu ve t ech vzorkách. Jednalo se o rody *Anabaena* (odb r Nový Vdovec 27.6.2011), *Aphanocapsa* (Církví ný 27.6.2011) a *Planktolyngbya* (Spolský 26.4.2011). Ve vzorku odebraném v ervnu na rybníce Spolský tvo ily dominantu planktonní rozsivky a v dubnovém odb ru z rybníka Vizír tvo ila tém ve-kerou biomasu zlativka (Chrysophyceae) *Dinobryon* sp. V ervnu se v rybníce Struffky vyskytoval nezanedbatelný podíl krásnoo ek, která v ostatních rybnících byla p ítomna spí-e výjime n . Tento malý zarostlý rybník je na rozdíl od v-ech ostatních studovaných lokalit pl dkový.

Pro produk ní rybníky je z hospodá ského hlediska vhodn j-í, kdyfl je fytoplankton tvo en zástupci **funk ní skupiny IV**. Ov-em kategorie z této práce jsou stanoveny pro jezera, na rybníky tak úpln nesedí. Rybá i se svými zásahy (složení a hustota rybí obsádky, hnojení, vápn ní, p íkrmování obsádky) nep ímo snaflí udržovat v rybnících vysoký podíl zelených as v pom ru k sinicím. P í masovém rozvoji sinic a vzniku vodního kv tu dochází k silnému kolísání pH vody a nasycení kyslíkem v pr b hu dne, což vede k po-kozování flaberního aparátu ryb. Dal-ím negativem sinic jsou toxiny produkované za ur itých podmínek, n kterými druhy (Hartmann et al. 1998). V t-ina zkoumaných rybník skute n vykazovala nejv t-í podobnost s funk ní skupinou IV. Odli-ný charakter m ly rybníky Vizír (duben, funk ní skupina II), Nový Vdovec (erven, funk ní skupina III), Církví ný (erven, funk ní skupina I) a Spolský (erven, znaky funk ních skupin III a IV). N které rybníky do b e odpovídají funk ním skupinám (nap . Nový Vdovec-duben, Vizír-duben,

Ká ov-srpen), jiné jsou t fko za aditelné (nap . Spolský- erven, Struflky- erven, Církví ný- erven).

V p ípad **minimálního a maximálního lineárního rozm ru** se nepotvrdila souvislost **s pr hledností vody**. V t-ina testovaných rybník m la v dob odb ru velmi nízkou pr hlednost, bylo by tedy t eba otestovat i rybníky s níž-ím stupn m vegeta ního z ákalu.

Potvrdil se p edpoklad, že se zvy-ujícím se pom rem anorganického/celkového uhlíku (**IC/TC**) klesá procentuální zastoupení planktonních sinic. Nep ímá úm ra vztahu zelených as k pom ru IC/TC vy- la na 5% hladin významnosti nepr kazn .

Z korelace chemických parametr s p ítomným fytoplanktonem také vyplývá, že sinice m ly ve svých bu kách vy-í podíl partikulovaného dusíku (**PN**) neř zelené asy.

Pro vyvozování jednozna ných záv r by v-ak bylo t eba testovat v t-í soubor rybník .

8. Literatura

Adámek Z., Helešic J., Maršálek B., Rulík M. (2010): Aplikovaná hydrobiologie. Fakulta rybářství a ochrany vod. Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích. Vodňany, 350 str.

Alam M.G.M., Jahan N., Thalib L., Wei B., Maekawa T. (2001): Effects of environmental factors on the seasonal change of phytoplankton populations in a closed freshwater pond. *Environment International* 27 (5): 363-371.

Bayer E. & Bajkov A. (1929): Hydrobiologická studia rybníků lednických. Výzkum heloplanktonu a jeho poměr kvantitativních. *Sborník VÚV Brno*, Sign. D14, 165 str.

Bulgakov N.G. & Levich A.P. (1999): The nitrogen : Phosphorus ratio as a factor regulating phytoplankton community structure : Nutrient ratios. *Archiv für Hydrobiologie* 146: 3-22.

Crossetti L.O. & Bicudo C.E.M. (2008): Adaptations in phytoplankton life strategies to imposed change in a shallow urban tropical eutrophic reservoir, Garcas Reservoir, over 8 years. *Hydrobiologia* 614 (1): 91-105.

De Nobel W.T., Snoep J.L., Westerhoff H.V., Mur L.R. (1997): Interaction of nitrogen fixation and phosphorus limitation in *Aphanizomenon flos-aquae* (Cyanophyceae). *Journal of Phycology* 33: 794-799.

Duras J. (2010): P ehradní nádrže a kvalita vody. Ufň nemusíme vápnit ani zápasit s dusíkem. *Veronica* 3, 24. ročník 2010: 7-13.

Faina R. (1983): Vyuffívání p rozené potravu kaprem v rybnících. *Metodika* číslo 8, Vodňany, VÚRH, 15 str.

Hartman P., Píkr I., Třádnický E. (1998): Hydrobiologie. 2. přepracované vydání, Informatorium Praha, 335 str.

Hašler P., & Poulíková A. (2002): Planktic Cyanobacteria of the central and northern Moravia. *Czech Phycology* 2: 25-32.

Hájek J. (2004): Rozšíření potápník *Dytiscus latissimus* a *Graphoderus bilineatus* (Coleoptera: Dytiscidae) v České republice. *ó Klapalekiana* 40: 13-23.

Hillebrand H., Dürselen C.D., Kirschtel D., Pollinger U., Zohary T. (1999): Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *Journal of Phycology* 35: 403-424.

Hindák F., Komárek J., Marvan P., Růžička J. (1973): Klů na určování výtrusných rostlín. *ó SPN Bratislava*, 396 str.

Hindák F. [eds.] (1978): Sladkovodné riasy. *ó SPN Bratislava*, 728 str.

Hrbáček J. (1980): Struktura a vztahy společenstva organismů stojatých vod, díleňité pro posouzení produkčních procesů a eutrofizace. Ms, Ústav krajinné ekologie SAV, Průhonice u Prahy, 1980: 152 str.

Husák TM & Hejný S. (1978): General Characteristics of the Těbo Basin and Lednice Region. In: Pond Littoral Ecosystems. Structure and Functioning. *Ecological Studies* 28. Dykajová D. & Kvěť J. [eds.]: 13-22.

Janda J., Pechar L. a kol. (1996): Trvale udržitelné využívaní rybníků v Chráněné krajinné oblasti a biosférické rezervaci Těboško. Význam rybníků pro krajinu střední Evropy *ó Pecharová E., Plesník J. [eds.]: České koordináční středisko IUCN - Světového svazu ochrany přírody Praha a IUCN Gland, TMŠvýcarsko a Cambridge, Velká Británie*, 189 str.

Jeník J. & Kvěť J. (2002): Human impacts on the Těbo basin biosphere reserve. In: Freshwater wetlands and their sustainable future. A case study of Těbo Biosphere Reserve, Czech Republic. Edited by: J. Kvěť, J. Jeník and L. Soukupová. Published by UNESCO Paris and The Parthenon Publishing Group: 495 str.

Jeník J. & Píbil S. (1978): Ecology and Economics of the Těbo Region I. and II., Institute of Botany, Těbo, 140 str.

Knířetová L. (1976): Flora a vegetace státní přírodní rezervace Velký a Malý Tisý.
s. Ochrana Přírody 16: 281-302.

Lampert W. & Sommer U. (2007): Limnoecology. Second edition. The ecology of lakes and streams. Oxford University Press. 324 str.

Losos B. & Heteš J. (1971): Hydrobiological studies on the Lednické ponds. *Acta Scientiarum Naturalium Academiae Scientiarum Bohemiae* 5: 1-54.

Komárek J. (1973): The communities of algae of Opatovický fishpond (South Bohemia). In: Ecosystem Study on Wetland Biome in Czechoslovakia. Hejný S. [eds.], Czechosl. IBP/PT-PP Rep. No. 3, Těboř, 185-186.

Komárek J. & Anagnostidis K. (2000): *Cyanoprokaryota. I. Teil: Chroococcales*. In: Ettl, Hans-Joachim, Gärtner, G., Heynig, H., Mollenhauer, D. [eds.]: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Stuttgart, Band 19/1. 548 str.

Komárek J. & Anagnostidis K. (2005): *Cyanoprokaryota. II. Oscillatoriales*. In: Ettl, Hans-Joachim, Gärtner, G., Heynig, H., Mollenhauer, D. [eds.]: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Stuttgart, Band 19/2. 759 str.

Komárková J., Faina R., Pařízek J. (1986): Influence of the watershed and the fish stock upon the fish pond biocenoses. *Limnologica* 17: 335-354.

Kopp R., Skácelová O., Heteš J., Marvan P., Bešta T., Bohunická M. (2012): Changes in environmental conditions, phytoplankton and phyto-benthos composition in Lednické rybníky ponds during last 120 years. *Acta Musei Moraviae* 97, suppl., in press.

Kosík M. (2007): Srovnání sezónního vývoje zooplanktonu různých typů nádrží. Bakalářská práce. Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta. 51 str.

Kruk C., Huszar V.L.M., Peeters E.T.H.M., Bonilla S., Costa L., Lurling M., Reynolds C.S., Scheffer M. (2010): A morphological classification capturing functional variation in phytoplankton. *Freshwater Biology* 55 (3): 614-627.

Kruk C., Mazzeo N., Lacerot G., Reynolds C.S. (2002): Classification schemes for phytoplankton: a local validation of a functional approach to the analysis of species temporal replacement. *Journal of Plankton Research* 24: 901-912.

Kruk C., Segura A.M., Sarthou F., Nogueira L., Cabrera C., Beamud G. (2011): In: 16th Workshop of International Association Phytoplankton Taxonomy and Ecology (IAP) 21. 6 28.8.2011 6 book of abstracts, San Michele all'Adige (Trento), Italy, 100 str.

Kubí ek F., Zelinka M. (1982): Základy hydrobiologie. SPN Praha, 140 str.

Mar-álek B. et al. (1996): Biologicky aktivní látky produkované sinicemi vodního kv tu. In: Mar-álek, B., Mar-álková E. [eds.]: Vodní kv ty sinic. Brno. 142 str.

Marvan P., Komárek J., Ettl H., Komárková J. (1978): Structure and functioning of algal communities in fishponds. 4.1. Structural Elements. Principal Populations of Algae. Spatial Distribution. - In: Dykyjová, Kv t (eds.) (1978): Pond Littoral Ecosystems. Structure and functioning. Methods and results of quantitative ecosystem research in the Czechoslovakian IBP Wetland Project. Springer Verlag Berlin 6 Heidelberg 6 New York, 295-313.

McIntyre S., Díaz M., Lavorel S. & Cramer W. (1999): Plant functional types and disturbance dynamics 6 introduction. *Journal of Vegetation Sciences* 10: 6046608.

Mieleitner J., Borsuk M., Buergi H.R., Reichert P. (2008): Identifying functional groups of phytoplankton using data from three lakes of different trophic state. *Aquatic Sciences* 70 (1): 30-46 .

Padisák J. (2011): Phytoplankton assemblages along trophic gradients 6 rules and exceptions. In: 16th Workshop of International Association Phytoplankton Taxonomy and Ecology (IAP) 21. 6 28.8.2011 6 book of abstracts, San Michele all'Adige (Trento), Italy: 48.

Pechar L. (1995): Long-term changes in fish pond management as !an unplanned ecosystem experiment6: importance of zooplankton structure, nutrient and light for

species composition of cyanobacterial blooms. *Water Science and Technology* 32: 187-196.

Pechar L. (2006): Procesy eutrofizace m lkých vod ó studie rybní níh ekosystém . Habilita ní práce. Jiho eská Univerzita v eských Bud jovicích, Zem d lská fakulta. eské Bud jovice 2006: 44 str.

Pechar L. (2008): Rybní ní ekosystémy ó eutrofizace a ekologická stabilita. In: Mok ady a voda v krajin . Sborník p edná-ek. ENKI o.p.s. T ebo 2008: 103.

Pechar L., Br ková M., Sedlá ek P., Pokorný J. (2011): Rybní ní hospoda ení respektující strategii udržitelného rozvoje a podporu biodiverzity, projekt VaV MfiP SP/2d3/209/07, Záv re ná zpráva, ENKI o.p.s. T ebo , 25 str.

Pechar L., P ikryl I., Faina R. (2002): Hydrobiological evaluation of T ebo fishponds since the end of the nineteenth century. In: Freshwater wetlands and their sustainable future. A case study of T ebo Biosphere Reserve, Czech Republic. Edited by: J. Kv t, J. Jeník and L. Soukupová. Published by UNESCO Paris and The Parthenon Publishing Group, 495 str.

Pokorný P. & Jankovská V. (2000): Long term vegetation dynamics and the infilling process of a former lake (Tvarcenberk, Czech Republic), *Folia Geobotanica* 35: 433-457.

Potufák J., H da J., Pechar L. (2008): Vliv vysoké trofie rybník na tp-down regulaci a efektivitu rybí produkce. In: Mok ady a voda v krajin . Sborník p edná-ek. ENKI o.p.s. T ebo 2008: 103.

Poulí ková A. (2008): Základy ekologie sinic a as. UP Olomouc 2011, 92.

Reynolds C.S. (1980): Phytoplankton assemblages and their periodicity in stratifying lake systems. *Holarctic Ecology* 3: 141-159.

Reynolds C.S. (1984): Phytoplankton periodicity: the interactions of form, function and environmental variability. *Freshwater Biology* 14 (2): 111-142.

Reynolds, C.S. (2006): Ecology of Phytoplankton, Cambridge University Press, Cambridge. 535 str.

Reynolds C.S., Huszar V., Kruk C., Naselli-Flores L., Melo S. (2002): Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research* 24 (5): 417-428.

Salmaso N. [ed.] (2011): 16th Workshop of International Association Phytoplankton Taxonomy and Ecology (IAP) 21. 8. 2011 8. 2011 8. Book of abstracts, San Michele all'Adige (Trento), Italy, 100 str.

Salmaso N. & Padisák J. (2007): Morpho-functional groups and phytoplankton development in two deep lakes (Lake Garda, Italy and Lake Stechlin, Germany). *Hydrobiologia* 578 (1): 97-112.

Schulze E.D. & Mooney H.A. (1993): Biodiversity and Ecosystem Function. Springer-Verlag, New York: 525 pp.

Skácelová O. (1986): Sezónní rozvoj planktonu ve dvou r z n obhospoda ovaných rybnících na Slavonicku. - Acta Mus. Bohemiae meridionalis in eské Bud jovice, *Sci. Nat.* 26: 19- 26.

Skácelová O. (2007): Problematika ochrany Národní p írodní památky Vizír (CHKO a BR T ebo sko) 8 vývoj makrovegetace, sinicové a asové flóry. 8 Zprávy eské botanické spole nosti, Praha 42, Materiály 22: 149-465.

Skácelová O., Rajchard J., Balounová Z. (2005): Nad jská rybní ní soustava jako sou ást nivy Lufnice. PR Rod jako nejceenn j-í ást soustavy. In. M kotová J., Tř rba O. (eds.): í ní krajina 3, sborník p ísp vk z konference, UP Olomouc: 186-192.

Sládeková A. & Sládek V. (1995): Hydrobiologie. VUT Praha, Stavební fakulta, 141 str.

Sládek V. & Sládeková A. (1997): Atlas vodních organism se z etelem na vodárenství, povrchové vody a ístírny odpadních vod. 1. díl: Destruenti a

producenti. Česká v deckotechnická společnost, Sdružení vodovodů a kanalizací ČR a Ministerstvo zemědělství ČR (Praha) 1996: 322 str.

Smith V. H. & Bennett S. J. (1999): Nitrogen:phosphorus supply ratios and phytoplankton community structure in lakes. *Archiv für Hydrobiologie* 146 (1): 37-53

Spitzer K. & Jelínek J. (2002): Tebo basin wetlands: identity, exploitation and conservation. In: Freshwater wetlands and their sustainable future. A case study of Tebo Biosphere Reserve, Czech Republic. J. Kvít, J. Jeník and L. Soukupová [eds.]. Published by UNESCO Paris and The Parthenon Publishing Group: 495 str.

Starmach K. (1968): Chrysophyceae a zlatowiciowce oraz wiciowce bezbarwe. a Zooflagellata wolnozyjace. *Flora sladkowodna Polski* 5, 598 str.

Stojanovski P. & Kalina T. (1989), Diatom flora and syntaxonomy of an oligotrophic dystrophic algal community in nature reservation Swamp (Doksy, Northern Bohemia), *Preslia* 61: 97-105.

Truba O., Mokotová J., Bedná V., Trápatka B., Rychnovská M., Kubíček F., Šehoek V. (2008): í ní krajina a její ekosystémy. Univerzita Palackého v Olomouci 2008: 391 str.

Trásta J. (1889): Fünf Jahrhunderte der Teichwirtschaft zu Wittingau. Stettin. Czech translation by Lhotský O. (1995) P t století rybní ního hospodáství v Teboni. *Carpio, Tebo* : 252 str.

van Gremberghe I., van Wichelen J., van der Gucht K., Vanormelingen P., D'hondt S., Boutte Ch., Wilmotte A., Vyverman W. (2008): Covariation between zooplankton community composition and cyanobacterial community dynamics in Lake Blaarmeersen (Belgium). Research article. Federation of European Microbiological Societies. *Microbiology Ecology* 68: 222-237.

Vrána K., Ehrlich P., Gergel J., Hada J., Kender J., Moravcová J. (2009): Revitalizace krajiny. České Budovice: Jihoeská univerzita v eských Budovicích, Zem d lská fakulta, 1.vydání, 2009: 150 str.

Weithoff G. (2003): The concepts of "plant functional types" and "functional diversity" in lake phytoplankton – a new understanding of phytoplankton ecology? *Freshwater Biology* 48: 1669-1675.

Yamamoto Y. & Nakahara H. (2009): Seasonal variations in the morphology of bloom-forming cyanobacteria in a eutrophic pond. *Limnology* 10: 185-193.

Fiáková Z. (1980): Trofický potenciál a jeho aplikace ve vodním hospodářství. VÚV, Státní zemědělské nakladatelství Praha 1980: 116 str.

internetové zdroje:

<http://hydro.chmi.cz/isarrow/> [On-line] © český hydrometeorologický ústav.

<http://www.cyanodb.cz> [On-line] Komárek J. & Hauer T. (2011).

<http://maps.google.cz>

<http://www.trebonsko.cz/rybnik-novy-vdovec> 30.3.2012

http://cs.wikipedia.org/wiki/T%C5%99i_brat%C5%99i 30.3.2012

http://cs.wikipedia.org/wiki/Velk%C3%BD_a_Mal%C3%BD_Tis%C3%BD#Mal.C3.BD_Tis.C3.BD 31.3.2012

<http://www.trebonsko.cz/rybnik-kanov> 30.3.2012

<http://old.ochranaprirody.cz/trebonsko/index.php?cmd=page&id=1579&lang=cs>
1.4.2012

http://www.cittadella.cz/europarc/index.php?p=index&site=NPP_vizir_cz 3.4.2012