

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
PEDAGOGICKÁ FAKULTA

Katedra biologie



**Složení fytoplanktonu Plumlovské přehrady s ohledem na
provedenou revitalizaci**

Bakalářská práce

Autor: Denisa Plšková

vedoucí práce: Mgr. Jana Štěpánková, Ph.D.

Olomouc 2016

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně s použitím uvedených pramenů a literatury.

V Olomouci dne 22. 4. 2016

.....

podpis

Ráda bych na tomto místě poděkovala Mgr. Janě Štěpánkové, Ph.D., za odborné vedení, vstřícnost, ochotu a cenné připomínky při zpracování této bakalářské práce.

OBSAH

1 ÚVOD A CÍLE PRÁCE.....	6
2 SPOLEČENSTVA STOJATÝCH VOD	7
2.1 Životní podmínky ve stojatých vodách.....	7
2.1 Bentos.....	7
2.2 Plankton	8
2.2.1 Fytoplankton	9
2.2.2 Vertikální a horizontální zonace.....	9
2.2.3 Sezónní dynamika.....	9
3 SINICE A ŘASY	11
3.1 Sinice	11
3.1.1 Cyanotoxiny.....	12
3.1.2 Vodní květ	13
4 JAKOST VODY.....	15
4.1 Eutrofizace.....	15
4.2 Saprobita	15
4.3 Omezení rozvoje sinic.....	16
5 VODNÍ DÍLO PLUMLOV	18
5.1 Historie	18
5.2 Kvalita vody	19
6 PROVEDENÉ ZÁSAHY NA VD PLUMLOV.....	21
6.1 Vypouštění.....	21
6.2 Těžba sedimentů	22
6.3 Oprava hráze	22
6.4 Napouštění	23
6.5 Stavba mokřadu	24
6.6 Podhradský rybník.....	24
6.7 Rybník Bidelec	24
7 METODIKA	25
8 VÝSLEDKY.....	27
8.1 Stanovení saprobity a trofie.....	30
9 DISKUZE	31
10 ZÁVĚR	33
11 SEZNAM POUŽITÝCH PRAMENŮ A LITERATURY.....	34
11.1 Elektronické zdroje.....	38

12 SEZNAM ZKRATEK.....	41
13 SEZNAM PŘÍLOH.....	42
14 PŘÍLOHY.....	43
14.1 Fotografie vybraných zástupců sinic a řas nalezených na VN Plumlov	44
ANOTACE	50

1 ÚVOD A CÍLE PRÁCE

Sinice jsou společně s řasami považovány za jedny z nejstarších organismů na Zemi a dokázaly se přizpůsobit téměř všem životním podmínkám. Jejich existence a dominance v minulosti má pro nás neobyčejnou hodnotu, jelikož se významně podílely na vytvoření kyslíkové atmosféry. Dnes je vnímání této skupiny organismů spíše negativní, zejména kvůli jejich masovému rozvoji a tvorbě vodních květů. Jejich nadměrný rozvoj je jedním z následků procesu eutrofizace, kdy dochází k vysokému přísunu živin do vody (Fott 1956; Maršálek 2004). Toto znečišťování povrchových vod může mít fatální následky pro celý ekosystém. Proto se v poslední době problematika sinic dostává mezi priority nejrůznějších výzkumů, kde se řeší i omezení jejich nežádoucího rozvoje. Musíme si však uvědomit, že vzhledem k jejich evolučnímu stáří a množství adaptací není jejich potlačení snadné (Štěpánek & Červenka 1974; Znachor 2002).

Plumlovská přehrada je příkladem zmíněné eutrofizace, docházelo zde k nadměrnému přísunu živin z obcí a následnému masovému rozvoji vodních květů. Ten zapříčinil špatnou kvalitu vody a opakované zákazy koupání v nádrži, které vedly k vymizení rekreace v této oblasti. Tento neutěšený stav vedl správce nádrže Povodí Moravy spolu s okolními obcemi k rozhodnutí provést revitalizační zásahy. Proces revitalizace nádrže byl zahájen v roce 2008 a trval do konce roku 2013 (Povodí Moravy 2013a).

Nadměrný rozvoj sinic ale není jen potíží Plumlovské přehradě, zdaleka ani území České Republiky, jedná se o závažný problém globálního rozsahu. Bohužel se zdá, že se tento problém bude zhoršovat a vyskytovat stále častěji (Maršálek 2004; Znachor 2005). I z těchto důvodů je na místě, se touto problematikou zabývat.

Cílem práce je provést kvalitativní rozbor složení společenstev fytoplanktonu a fytobentosu vzorků z vytyčených vhodných odběrových míst na Plumlovské přehradě. Ve vzorcích především zjistit, zda se zde vyskytují sinice schopné tvorby vodního květu. Dále na základě biologických ukazatelů ze skupin řas a sinic stanovit stupeň saprobity a trofie vody. Stupeň znečištění vody a složení společenstev případně také porovnat se stavem před revitalizací. Na Plumlovské přehradě bylo provedeno mnoho zásahů ke zkvalitnění vody a obnově stavu nádrže, proto se práce pokouší i o celkové shrnutí provedených opatření na vodním díle a objasnění problematiky v této lokalitě.

2 SPOLEČENSTVA STOJATÝCH VOD

2.1 Životní podmínky ve stojatých vodách

Údolní nádrže nazývané také přehrady, jsou umělá hrazená vodní díla. Jedná se o přechod mezi tekoucí a stojatou vodou. Můžeme je rozdělit na tři charakteristické zóny: říční, přechodnou a jezerní (Pouličková 2011). Jsou zde úplně jiné podmínky pro život než v tekoucích vodách. Na rozdíl od tekoucích vod mají stojaté vody např. pestřejší chemismus, který má vliv na rozvoj organismů (Lellák & Kubíček 1991).

Stojaté vody v našich klimatických podmínkách mají určitý sezónní cyklus v závislosti na teplotě vody, kdy se střídá období cirkulací a stagnací. Na jaře dochází k cirkulaci, kdy se promíchávají vrstvy vody i živiny. Postupným ohříváním vody pak dojde k letní stagnaci, kdy je voda rozdělena do tří vrstev. Vznikne svrchní teplá vrstva nazývaná epilimnion, spodní studená hypolimnion a mezi nimi je metalimnion neboli skočná vrstva, kde dochází k razantnímu snížení teploty. Později ochlazováním svrchní vrstvy voda těžkne a dostává se do spodnějších vrstev, dochází tak k podzimní cirkulaci. Poslední fází je zimní stagnace, kdy se studená voda drží na povrchu a relativně teplá voda u dna. Příčinou cirkulací je teplotní anomálie vody, kdy má voda největší hustotu (a tím je i nejtěžší) při teplotě 4 °C. Proto v našich podmínkách dochází k míchání na jaře a na podzim, kdy se teplota vody na hladině a u dna vyrovnává. Tento teplotní vývoj probíhá zejména u hlubších nádrží a vytváří specifické podmínky pro život ve vodních ekosystémech a tím výrazně ovlivňuje i dynamiku planktonu (Kubíček & Zelinka 1982; Lellák & Kubíček 1991; Znachor 2005; Pouličková 2011).

2.1 Bentos

Životní prostor všech vodních nádrží můžeme členit na pelagiál a bentál. Pojem bentál zahrnuje celou oblast dna nádrže, společenstvo obývajících tuto část pak označujeme jako bentos. Konkrétněji fyto-bentos zahrnuje soubor rostlinných organismů osidlující dno nádrží. Organismy fyto-bentosu se často vyskytují u břehů, porůstají kameny nebo jiné ponořené objekty ve vodě (Hindák 1978; Lellák & Kubíček 1991). Můžeme je dále rozdělit podle velikosti organismů na mikro-bentos, kam spadají mikroskopické skupiny řas, a makro-bentos kam patří makrofyta. Organismy mikro-bentosu mají různá přizpůsobení, která jim umožňují na dně tvořit tzv. nárosty (Pouličková 2011). Ty vznikají na pevných podkladech přichycením organismů. Pomocí různých útvarů jako jsou slizové stopky a terčíky dochází k přilnutí k již

stávajícím organismům a tento proces se opakuje, až vznikne nárostové společenstvo. Nárosty bývají složitě strukturované a mohou se zde objevovat i volně žijící zástupci (např. někteří zástupci rozsivek rodů *Navicula* a *Nitzschia*), kteří je využívají ke své ochraně (Hindák 1978; Pouličková 2011).

2.2 Plankton

Druhou částí stojatých vod je pelagiál, pod tímto pojmem označujeme oblast volné vody, obývanou společenstvem nazývaným plankton (Lellák & Kubíček 1991). Slovo plankton poprvé použil Hensen v roce 1870, označil ho jako společenstvo drobných živočichů i rostlin, vznášející se ve vodě, které je pasivně unášeno proudem (Fott 1956). Dnes však zahrnujeme do planktonu i některé aktivně se pohybující organismy ve volné vodě (Pouličková 2011).

Plankton můžeme klasifikovat podle různých kritérií. Podle velikosti organismů jej třídíme na: ultranoplankton ($< 2 \mu\text{m}$), nanoplankton ($2\text{-}20 \mu\text{m}$), mikrop plankton ($20\text{-}200 \mu\text{m}$), mezoplankton ($200\text{-}2000 \mu\text{m}$), megaplankton ($>2000 \mu\text{m}$). Organismy větší než $20 \mu\text{m}$ bývají také společně označovány jako síťový plankton, ten je možno oddělit přecezením přes planktonní síť (Lellák & Kubíček 1991). Vzhledem k vazbě na pelagiál je možné plankton rozdělit na euplankton, tj. organismy, které jsou stálou součástí planktonu. Není však snadné v praxi posoudit, zda jde skutečně o euplanktonní druhy. Dále jsou to organismy meroplanktonu, které nejsou stále v pelagiálu, ale část života přežívají v sedimentech. Posledním typem je tychoplankton (pseudoplankton), který je v oblasti volné vody náhodně např. vlivem proudů (Pouličková 2011). Podle systematického třídění nebo podle postavení v potravním řetězci mluvíme o bakterioplanktonu, fytoplanktonu a zooplanktonu. Každá z těchto skupin zastává jinou ekologickou funkci (Hartman a kol. 1998). Množství forem planktonu je rozsáhlé. S roční dobou se ve vodní nádrži mění jeho množství i druhové zastoupení, ale proměny společenstva přicházejí také zároveň s tepelnými, světelnými a chemickými změnami (Pouličková 2011).

Hustota těl planktonních organismů je obvykle větší než hustota vody, proto pomalu klesají ke dnu. Klesnou-li nepohyblivé fotosyntetizující organismy do hloubky s nedostatkem světla, uhynou (některé však mohou vytvořit klidová stádia, cysty, pro přečkání nepříznivých podmínek). Proto je pro plankton velmi důležitou schopností se ve vodním sloupci udržet a klesání omezit na minimum. Mají k tomu vyvinuté určité adaptace jako např. odlehčení schránek, tvorba rosolovitých obalů, přítomnost plyných vakuol, také jsou výhodné

odchylky od kulovitého tvaru. Odchylkou může být i tvorba tělních výběžků zvyšujících odpor vůči klesání, které tvoří zejména rozsivky. Na tvar planktonních organismů má však vliv i celá řada jiných faktorů (Hindák 1978; Kubíček & Zelinka 1982; Lellák & Kubíček 1991; Hartman a kol. 1998; Pouličková 2011).

2.2.1 Fytoplankton

Fytoplankton je společenstvo fotosyntetizujících organismů, které žije ve volné vodě nebo mezi rostlinami v litorálu nádrží a řek (Komárková 2006). Je tvořen velkým množstvím sinic a řas. Fytoplankton hraje významnou roli jako producent atmosférického kyslíku a organické hmoty. Mořský fytoplankton se podílí až ze 70 % na celkové produkci O₂ na Zemi (Pouličková 2011). Fytoplankton má zásadní vliv i na další organismy, jelikož tvoří první článek potravního řetězce (Fott 1956; Hindák 1978).

2.2.2 Vertikální a horizontální zonace

Rozmístění fytoplanktonu v nádrží nebývá rovnoměrné. Liší se v různých částech na povrchu, kdy mluvíme o horizontální zonaci. Ta je řízena plochou, morfologií nádrže, činností větru a přítomností přítoků. Nerovnoměrné horizontální rozvrstvení se pravděpodobně zvětšuje v průběhu vegetační sezóny. Rozmístění fytoplanktonu ve směru od povrchu do hloubky nádrže nazýváme vertikální zonace. Vertikální vrstvení pasivně se vznášejících organismů je výsledkem fyzikálních činitelů, jako jsou pohyby vody, množství světla, změny hustoty vody s teplotou a hmotností samotných organismů. S výraznou vertikální zonací se setkáváme hlavně u hlubokých stratifikovaných nádrží, kdy nejvíce řas nalezneme v epilimnionu. Vertikální zonace se mění v průběhu dne i roku (Fott 1956; Hindák 1978; Kubíček & Zelinka 1982; Pouličková 2011).

2.2.3 Sezónní dynamika

Fytoplankton mírného pásu se v nádržích vyznačuje svou sezónní dynamikou, kterou popisuje např. PEG (plankton ecology group) model. Pod pojmem sezónní dynamika fytoplanktonu označujeme změny a zákonitosti ve výrazném střídání druhů a populací v době vegetační sezóny. Různé druhy dosahují svých maxim v různých měsících a tak dochází k typickému střídání charakteristických zástupců (Hindák 1978; Pouličková 2011).

V jarním období dochází k cirkulaci vody a tím i obohacení vrchní vrstvy o živiny z hlubších vrstev, díky většímu dopadu světelného záření také dochází k prohřívání svrchních

vrstev vody. Tyto podmínky dají prostor pro rozvoj některých skupin fytoplanktonu - zejména rozsivkám, skrytěnkám a zlativkám. Po jejich jarním rozvoji, který bývá přibližně od března do května, může následovat fáze, kterou nazýváme clear water. V této fázi nedochází k rozvoji fytoplanktonu, jako důsledek vyčerpání živin a zkonsumování fytoplanktonu zooplanktonem (hlavně planktonními korýši, u kterých navazuje rozvoj právě na jarní rozmach fytoplanktonu). Dále nastává rozvoj letního planktonu, který se pohybuje v rozmezí června a července a tvoří tak často u našich eutrofních vod sezónní maximum. Letní vegetace tvořená hlavně zelenými řasami, sinicemi a rozsivkami může mít i svou vnitřní dynamiku, kdy se vystřídá několik populací. Pro letní období je typická vyšší teplota a intenzita světla, na tyto faktory se váže rozvoj sinic. Jejich období vegetace může být prodlouženo až do října, kdy může tvořit podzimní maximum. Na podzim nastává i druhý vrchol rozsivek, ty se vyskytují i v zimě spolu se skrytěnkami. Celkově však bývá v našich vodách zimní fytoplankton chudý (Hindák 1978; Hartman a kol. 1998; Poulíčková 2011).

3 SINICE A ŘASY

Tyto organismy byly dříve považovány za jednotnou skupinu. I dnes se setkáváme s obecným označením řasy, pod kterým se myslí i sinice. Obě skupiny bývají spojovány kvůli svým podobným vlastnostem a ekologickým nárokům. Jedná se o jednoduché (většinou) fotoautotrofní organismy, zastávající roli primárních producentů. Jde však o dvě rozdílné skupiny. Sinice jsou prokaryotní organismy bez pravého jádra, zatímco řasy už řadíme do eukaryotních organismů s jádrem (Kalina 1997; Kalina & Váňa 2005; Pouličková 2011).

Jedná se o jedny z nejstarších organismů na Zemi. Výskyt těchto skupin je kosmopolitní, což je dáno jejich nenáročností a přizpůsobivostí. Některé druhy mohou mít i velmi specifické nároky a osidlovat specifické biotopy s extrémními podmínkami. Jejich výskyt není omezen jen na vodní prostředí, často se vyskytují i na terestrických stanovištích (Maršálek 2002; Pouličková 2011).

Jelikož byly vodní květy sinic hlavní příčinou provedení rozsáhlé revitalizace na zkoumané lokalitě - Plumlovské přehradě, tak i v rozborech fytoplanktonu po revitalizaci je na jejich výskyt soustředěna větší pozornost.

3.1 Sinice

Sinice řadíme do prokaryotních organismů, v podstatě tvoří jednu ze skupin bakterií. Těm se podobají více než eukaryotním organismům, z toho pochází i jejich používané označení cyanobakterie. Považujeme je za nejstarší fotoautotrofní organismy na Zemi, jejich existence je doložená fosilními nálezy již z doby před 3,2 miliardami let. Před 2 miliardami let se dokonce staly dominující skupinou organismů na Zemi (Kalina 1997; Kalina & Váňa 2005; Šejnohová & Maršálek 2005).

Sinice mají fotosyntézu rostlinného typu, která se nezastavuje ani v anaerobních podmínkách. Obsahují různé fotosyntetické pigmenty, kdy hlavním pigmentem je chlorofyl *a*. Specifickými jsou barviva fykobiliny, a to modrý fykocyanin, který je zastoupený u všech druhů, a červený fykoerytrin. Sinice mají schopnost chromatické adaptace, při které se mění zastoupení těchto pigmentů a určuje jejich výslednou barvu. Adaptace závisí na složení světla a typu výživy. Tato schopnost je výhodou při extrémním záření, nedostatku světla nebo jejich výkyvech. Umožňuje jim tak využívat specifické části světelného spektra a způsobuje jejich menší nároky na světlo. Sinice také mohou zpracovávat organické látky a tak se živit nejen

autotrofně, ale i mixotrofně (Fott 1956; Hindák 1978; Kalina 1997; Kalina & Váňa 2005; Šejnohová & Maršálek 2005).

U vláknitých typů sinic můžeme nalézt heterocyty a artrospory (akinety). Heterocyty jsou specializované buňky obsahující enzym nitrogenázu. Pomocí enzymu mají sinice specifickou vlastnost fixovat vzdušný dusík. Heterocyty vznikají z vegetativních buněk při nedostatku dusíku (Hindák 1978; Kalina 1997; Maršálek 2004; Šejnohová & Maršálek 2005). Trvalé spory, akinety, jsou klidová stáda, která jim umožňují přežití nepříznivých podmínek. Jsou naplněné zásobními látkami a vznikají na konci vegetačního období, kdy sestoupí na dno nádrže, ze kterého se pak zpětně dostávají do volné vody při jarní cirkulaci (Hindák 1978; Kalina 1997; Maršálek 2004).

Sinice mají různé podoby, mohou mít dva základní typy stélek - jednobuněčnou (kokální) nebo vláknitou (trichální), oba typy mohou žít jednotlivě nebo vytvářet kolonie. Rozmnožování cyanobakterií bylo zjištěno pouze nepohlavní (Fott 1956; Hindák 1978; Maršálek 2004; Kalina & Váňa 2005).

Většina sinic je sladkovodních, už podstatně méně jich žije v mořích, a to v přílivové zóně. Terestrické druhy potom žijí na vlhkých lokalitách nebo i v půdě (Fott 1956). Obývají široké rozmezí teplot, proto je nalezneme na pouštích i v polárních oblastech, známé jsou i termální druhy např. z Karlových Varů (Fott 1956; Kalina & Váňa 2005).

Všechny specifické vlastnosti a adaptace sinic zvyšují jejich schopnost konkurence, díky tomu se vyskytují skoro na všech biotopech (Hindák 1978; Šejnohová & Maršálek 2005). Sinice tedy dokážou přežít v nejrůznějších podmínkách, což dokazuje i jejich stáří. Z toho nám také vyplývá, že jejich potlačení při masivním rozvoji není tak snadné (Maršálek 2004).

3.1.1 Cyanotoxiny

Sinice produkují různé typy látek, kterými mohou ovlivňovat své okolí. Mezi tyto látky patří i jejich toxiny nazývané cyanotoxiny (Maršálek 2004). Jedná se o látky, které mají schopnost akumulace v potravním řetězci a vliv na všechny skupiny organismů (Adámek a kol. 2014). Populace jednoho druhu mohou produkovat i více toxinů zároveň. Ve srovnání s jinými přírodními toxiny jsou toxičtější než toxiny rostlin a hub, ale méně toxické než bakteriální jedy (Kočí a kol. 2000).

Při rekreaci, zejména při koupání ve vodních nádržích s výskytem vodního květu sinic může dojít k projevům různých alergických reakcí, vyrážkám, zánětům spojivek a dalším.

Vypití kontaminované vody většinou nevede k akutní otravě a následné smrti, ale mohou se často objevit různé negativní následky od bolesti hlavy, zvýšené teploty až ke zvracení a průjmům (Znachor 2005). Vliv těchto toxinů je rozsáhlý, ovlivňují např. i nervový systém a imunitu. Působí také na embrya a larvy ryb i jiných vodních obratlovců. Dokonce jsou tyto toxiny spojovány s potratovostí a špatným vývojem plodu u člověka (Kočí a kol. 2000). Jsou také příčinou některých hromadných úhynů hospodářských i jiných zvířat. U lidí je známo jen několik případů úmrtí, a to např. dva z Brazílie, kde dohromady zemřelo kolem 140 lidí. Stalo se tak následkem nedostatečných úprav vody. U jednoho případu se toxiny bohužel dostaly až do vody pitné, která sloužila obyvatelům jako jediný zdroj vody (Znachor 2005).

3.1.2 Vodní květ

Při přemnožení určitých typů sinic dochází k jejich nahromadění na vodní hladině, které označujeme jako vodní květ. Specifickou strukturou sinic vodního květu jsou plynné měchýřky, které se shlukují do aerotopů. Měchýřky jsou naplněny směsí vzduchu a dusíku, což jim umožňuje typické vznášení ve vodě (Kalina 1997; Kalina & Váňa 2005; Šejnohová & Maršálek 2005; Znachor 2005). Sinice díky nim mohou i regulovat svou polohu. Dokáží klesnout do hlubších neprosvětlených vrstev vody, bohatých na živiny, ty načerpat a opět vystoupat ke hladině, kde je dostatek světla pro fotosyntézu. Pokud se tento jejich cyklus naruší např. vlivem promíchávání vody, dojde k jejich odumírání (Znachor 2005).

Ideální podmínkou pro přemnožení sinic je suché a velmi teplé léto. Na vývoj vodních květů má vliv i počasí na jaře, kdy teplé a suché počasí vytváří vhodné podmínky pro jejich následný rozvoj v létě. Sinice tedy upřednostňují vyšší teplotu vody, pravděpodobně má ale větší vliv teplotní stratifikace a stabilita vody, ke které dochází právě v letním období. Z mnoha podmínek ovlivňujících rozvoj sinic je velmi důležitý vyšší přísun živin. Jedná se hlavně o fosfor, který je jejich limitujícím prvkem pro růst. Co se týká živin, tak dalším významným prvkem je dusík, ten však ovlivňuje spíše jejich druhové složení než množství (Kočí a kol. 2000; Znachor 2005; Rosendorf 2009).

Při dlouhodobém rozvoji vodních květů se ukazuje, že dochází k celkovému snížení biodiverzity vodních organismů v dané lokalitě, kdy tvoří výjimku pouze bakterie (Adámek a kol. 2014). Dále při rozkladu odumřelé biomasy vodních květů na konci vegetačního období dochází k hnilobným procesům, které mají za následek vyčerpání kyslíku, což může vést k úhynům ryb a dalších vodních živočichů. Kromě produkce toxinů zatěžují ekosystém snížením intenzity světla a změnou pH (Kočí a kol. 2000; Adámek a kol. 2014).

Silné vodní květy se tvoří nejen ve sladkovodních vodách ale i v mořích, pravděpodobně se i podle výskytu červeného vodního květu pojmenovalo Rudé moře (Kalina & Váňa 2005; Šejnohová & Maršálek 2005). Dříve se myslelo, že planktonní sinice jsou pravděpodobně stejné ve všech světadílech (Fott 1956). Následně se ale podle různých výzkumů a sledování zjistilo, že tomu tak úplně není. Existuje řada specifických druhů vázaných např. jen na tropické oblasti (Komárek & Komárková 2008).

V našich podmínkách se vodní květy vyskytují hlavně v letním období a tvoří je nejčastěji kokální sinice rodu *Microcystis* a vláknité rody *Anabaena*, *Planktothrix* a *Aphanizomenon* (Šejnohová & Maršálek 2005). Stále častěji se u nás vyskytují invazivní druhy jako *Cylindrospermopsis raciborski* a *Planktothrix rubescens*. Tyto toxické druhy by mohly představovat nebezpečí masového rozvoje, který je popsán např. z tropických oblastí. Situace s invazivními druhy se však u nás zatím nejeví jako problémová (Kaštovský 2008).

4 JAKOST VODY

Jakost vody shrnuje všechny faktory, které mají vliv na její následné využití. Z biologického hlediska můžeme rozlišovat tyto faktory jakosti vody: saprobity, toxicita, radioaktivita, fyzikální faktory, eutrofizace, acidifikace a salinita. Ze všech těchto faktorů ovlivňuje nejvíce rozvoj fytoplanktonu proces eutrofizace a plankton pak přímo ovlivňuje stupeň saprobity (Sládeček & Sládečková 1996).

4.1 Eutrofizace

Jedním z dílčích problémů znečišťování vod je eutrofizace. Jde o proces stálého obohacování povrchových vod o minerální látky (živiny). Jedná se o souhrn přirozených i umělých procesů. Není však následkem jen vyššího přísunu živin, musí být splněny i další podmínky, jako je dostatek světla a tepla. Za hlavní problém z celkového souboru látek se v procesu eutrofizace považují dusík a fosfor. Zdrojem fosforu mohou být nejčastěji odpadní vody. Dusík se může dostat do vody např. ze splachů ze zemědělských ploch používajících dusíkatá hnojiva (Štěpánek & Červenka 1974; Hindák 1978; Kubíček & Zelinka 1982; Šterba & Rosol 1989; Sládeček & Sládečková 1996; Kočí a kol. 2000; Marvan & Maršálek 2004; Adámek a kol. 2014).

Znečištění vod následkem eutrofizace vede k nadprodukcí fytoplanktonu, ale může podmínit i nárůst jiných společenstev, např. fyto-bentosu a makrofyt. Často dochází k masivnímu rozvoji vodních květů a vegetačnímu zákalu. Zákal je následek přemnožení mikroskopických řas. Obecně je nadměrný rozvoj fytoplanktonu vážnou hygienickou závadou na všech nádržích sloužících k různým účelům. Nastávají problémy s úpravou vody technologickými postupy, jako je zanášení a ucpávání filtrů a dalším. Pro rekreační nádrže je negativní přemnožení zejména toxických druhů, které mohou způsobovat zdravotní potíže (Štěpánek & Červenka 1974; Marvan & Maršálek 2004; Pouličková 2011; Adámek a kol. 2014).

4.2 Saprobita

Saprobita je organické znečištění nebo přesněji obsah organických látek schopných rozkladu. Různé stupně saprobity dávají vznik různým společenstvům ve vodě (Sládeček & Sládečková 1996).

Saprobni systém jakosti povrchových vod rozpracoval Sládeček v roce 1973, vytvořil systém a zavedl pojmy katarobita, limnosaprobita, eusaprobita, transsaprobita. Katarobita označuje velmi čistou vodu, prakticky neznečištěnou. Limnosaprobita popisuje přírodní vody již s oživením. Do eusaprobity řadíme znečištěné vody biochemicky odbouratelnými látkami a do transsaprobity odpadní vody znečištěné prakticky neodbouratelnými látkami. Samotná limnosaprobita (která je relevantní ve vztahu k Plumlovské přehradě) se dále dělí od nejčistějších po nejvíce znečištěné na xenosaprobity, oligosaprobity, betamezosaprobity, alfamezosaprobity a polysaprobity (Lellák & Kubíček 1991; Sládeček & Sládečková 1996; Adámek a kol. 2014).

Citlivost organismů ke znečištění se využívá při biologické indikaci čistoty vody. Podle množství a složení společenstev můžeme určit míru znečištění. Určení saprobického stupně je u nás nejčastější metoda k určení znečištění. Saprobni index společenstva se vyjadřuje na stupni saprobity od -0,5 do 8,5, číselná hodnota pak odpovídá určitému stupni saprobity (Štěpánek & Červenka 1974; Znachor 2005; Adámek a kol. 2014).

Saprobity a eutrofizace spolu úzce souvisí. Většinou platí, že se saprobity projevuje druhovou změnou společenstva a eutrofizace zvýšením množství organismů (Sládeček & Sládečková 1996).

4.3 Omezení rozvoje sinic

Masový rozvoj sinic ovlivňuje celá řada faktorů. Jejich pochopení a poznání, slouží jako podklad pro metody k jejich omezení. Účinnost omezení rozvoje sinic je komplikovaná i z důvodu jejich vysoké schopnosti adaptace. V praxi je nutné dbát na provázanost a komplexnost zásahů. Opatření by se měla volit vždy podle dané lokality, neexistuje žádný univerzální návod pro boj se sinicemi. Proces k nápravě jakosti vody je dlouhodobý a finančně náročný. Prvním krokem by mělo být hledání příčin nadměrného příjmu živin do povodí a předcházení nebo alespoň omezení tohoto příjmu. Za nejvíce důležitý faktor pro rozvoj sinic je považován fosfor, jako jejich limitující prvek růstu. Vysokým koncentracím fosforu se může zabránit např. vybudováním kanalizací a moderních čistíren odpadních vod (dále ČOV), aby nevyčištěné odpadní vody nesloužily jako zdroj živin pro organismy. Bohužel efekt na jakost vody i v případě úplného odstavení přísunu živin do nádrže, by se projevil až během několika let. Většinou trpí zátěží živinami i samotná nádrž, především sedimenty na dně, kam se ukládá fosfor (Štěpánek & Červenka 1974; Štěrba & Rosol 1989; Maršálek & Drábková 2004; Znachor 2005; Maršálek a kol. 2008; Adámek a kol. 2014).

Jednou z možností je aplikace různých chemických látek. Látky přímo ovlivňující organismy jsou např. algicidy, které jsou toxické pro určité skupiny sinic a řas. Tento způsob je nejznámější, nejméně náročný, ale ekotoxikologicky nejproblematictější. Nejčastěji používanou algicidní látkou v minulosti byl síran měďnatý neboli modrá skalice, zejména kvůli jeho nízkým nákladům. Tato metoda má však řadu nevýhod a rizik, jedním z nich je i posun v druhové skladbě vodních organismů. Dále patří mezi algicidní látky i sloučeniny stříbra a jiných těžkých kovů, peroxid vodíku a další. Celkově je použití algicidů pouze dočasným a finančně nákladným řešením. Často se provádějí jen k udržení rekreace v sezóně a neřeší tak dlouhodobou nápravu kvality vody. Další možností jak omezit rozvoj sinic je i aplikace látek znepřístupňujících fosfor pro organismy, např. pomocí solí hliníku, železa nebo sloučenin vápna (Štěpánek & Červenka 1974; Drábková & Maršálek 2004; Adámek a kol. 2014).

Zajímavým opatřením je metoda biologické kontroly neboli biomanipulace. K této kontrole se dají využít viry napadající sinice neboli cyanofágy. V praxi má však tato metoda hned několik zásadních nevýhod, např. schopnost vytvoření rezistence sinic k těmto virům i fakt, že kultivace cyanofága ve velkém množství je velmi náročná až nemožná. K biomanipulaci se dají využít i jiné skupiny organismů jako bakterie, řasy, houby a prvoci. Často se přistupuje i ke zvolení vhodné obsádky ryb ve vodních nádržích, jen však jako doplňkové opatření k jiným účinnějším zásahům (Drábková & Maršálek 2004; Adámek a kol. 2014).

Tato problematika je velmi rozsáhlá a výsledky se nemohou očekávat po odstranění nebo zmírnění jednoho faktoru. Metod ke snížení trofie a na ni navazujícího rozvoje sinic je celá řada, o souhrn těchto opatření se např. snaží v publikaci Aplikovaná hydrobiologie z roku 2014 autor Adámek a kol.

5 VODNÍ DÍLO PLUMLOV

Vodní nádrž Plumlov je jednou z nejstarších v povodí řeky Moravy. Nádrž leží na řece Hloučela, která pramení 2 km severně od Bukové a ústí do Romže u Prostějova (Kestřánek a kol. 1984). Samotná výstavba díla trvala 21 let a v trvalém provozu je od roku 1936. Nádrž se nachází v Olomouckém kraji, přibližně 6 km západně od Prostějova ve městě Plumlov, které se rozkládá na rozhraní Hané a Dražanské vrchoviny (Broža 2005).

Nádrž byla vybudována za účelem ochrany před povodněmi, kterými tato oblast byla opakovaně postihována. Tuto hlavní funkci plní dodnes spolu s dalšími, jako je nadlepšování přirozených průtoků, zajištění minimálního průtoku, k nouzovému zásobování vodou města Prostějov, k výrobě elektrické energie a rybnímu hospodářství (Broža 2005). Nezanedbatelnou funkcí je také rekreace, přehrada byla velmi oblíbeným a navštěvovaným místem lidmi z širokého okolí, zhruba až do poloviny 90. let 20. století. Od té doby došlo k úpadku, hlavně kvůli problémům se zhoršením kvality vody a výskytu vodního květu (Zíma 1989). Správa vodního díla spadá pod státní podnik Povodí Moravy (Broža 2005).

Zemní hráz přehrady má délku 465 m a výšku 17 m (Šubert 2005). Důvodem pro volbu sypané, válené hráze bylo geologické uložení hlinito-jílovitých vrstev s pískem a štěrkem v lehce dosažitelné hloubce poblíž stavby (Kühndel & Král 1940). Celková plocha nádrže po revitalizaci je 74 ha a maximální hloubka byla navýšena z 11,2 m na 14,18 m (Dravoprojekt 2013). Délka vzdutí je 1,9 km, maximální hladina 278 m n. m. Plocha povodí řeky k hrázi je 119 km² a průměrný roční průtok 0,60 m³/s (Kestřánek a kol. 1984).

Plumlovská nádrž rozhodně nepatří mezi největší přehrady u nás, pro srovnání má naše největší přehradní nádrž Lipno rozlohu okolo 5000 ha. Na druhou stranu ale nepatří ani k těm nejmenším, dala by se tedy zařadit v rámci ČR spíše ke středním nádržím (Broža 2005).

5.1 Historie

Příčinou stavby nádrže bylo zejména kolísání vody v potoku. Spodní vody nebylo mnoho a docházelo k nedostatku vody, koryto bylo téměř vyschlé a odrazilo se to i na množství vody ve studnách. Na druhou stranu především při jarním tání nebo přívalových deštích náhlé zvednutí hladiny způsobilo velké záplavy. K tomu došlo např. v roce 1563, kdy tonuli lidé i zvířata. Povodně způsobovaly hrozbu i nadále, došlo k nim například v letech 1591, 1610 a 1900. Z těchto důvodů se postavila retenční nádrž, která má za účel regulovat tok vody. I při stavbě přehrady v roce 1920 způsobila škody náhlá voda (Šubert 2005).

Zemský výbor markrabství moravského zažádal dne 30. září 1911 o povolení ke stavbě údolní nádrže na řece Hloučela, na katastrálním území Stichovic a Plumlova. K návrhu stavby bylo podáno negativní stanovisko zástupců území (Šubert 2005). Zástupci doporučovali prohloubení, zesílení a zvýšení hrází původních rybníků, hlavně z důvodu menších nákladů. Dnešní nádrž totiž leží na místě bývalých dvou rybníků, Vítkovického zvaného také Stichovský a Zlechovského (Zíma 1989). Zemský moravský výbor v Brně však negativní stanovisko zamítl a rozhodl o přípustnosti a podmínkách stavby. Stavba přehrady byla zahájena v říjnu 1912, započal ji Ing. Dr. Karel Navrátil, což byl vrchní zemský stavební rada. Vypuknutí 1. světové války v roce 1914 stavbu přerušilo. Se stavbou se pokračovalo po ukončení války, a to od dubna 1921. V roce 1933 byla stavba definitivně ukončena a nádrž mohla být naplněna vodou (Šubert 2005). Významný vliv na délku stavby měl také typ hráze a dodržení technologických postupů, které mohly být provedeny jen za suchého počasí (Zíma 1989). Kolaudace údolní nádrže proběhla v roce 1936 zemským úřadem v Brně (Šubert 2005). Stavební náklady na stavbu byly okolo 13 milionů Kč (Kühndel & Král 1940).

5.2 Kvalita vody

Krajská hygienická stanice Olomouckého kraje se sídlem v Olomouci (později jen KHS) pravidelně provádí rozbor kvality vody v této nádrži, kdy ji hodnotí na pětistupňové škále (viz Tab. 1). Odběr provádí v koupací sezóně z pláže U vrbiček, kdy při nevyhovujícím stavu stanoví zákaz koupání. Za poslední vydařenou sezónu z hlediska rekreace, by se dala považovat sezóna v roce 2004, kdy kvalita vody byla po většinu sezóny hodnocená stupněm 2. V letech 2005, 2006 a 2007 byl vždy vydán zákaz koupání a voda byla hodnocena i nejhorším stupněm. V roce 2008 nebyla nádrž sice označena stupněm 5, avšak byla nadále v několika měsících nevhodná ke koupání. V roce 2009 byla podle hygieniků voda dobrá jen do měření 15. 6., od té doby byla hodnocena stupněm 5, kdy byl opětovně stanoven zákaz koupání (Krajská hygienická stanice 2004-2015).

Tab. 1: Přehled kvality vody ve vodní nádrži Plumlov podle hodnocení KHS (upraveno).

Poznámka: 1- vhodná ke koupání, 2- vhodná ke koupání, se zhoršenými smyslově postižitelnými vlastnostmi, 3- zhoršená jakost vody, 4- nevhodná ke koupání, 5- voda nebezpečná ke koupání, x- neprovedené měření

Rok/měsíc					
stupeň kvality vody	květen	červen	červenec	srpen	září
2004	1	2	2	2	3
2005	1	1-3	5	5	5
2006	1	2	4	5	x
2007	1	3	5	1	1
2008	1	1-3	3-4	3-4	4
2009	1	5	5	5	x
2014	1	1-3	2-4	2-3	2
2015	1	1	1-2	1	1

Jak je zřejmé, vodní dílo Plumlov (dále VD Plumlov) se dlouhodobě potýkalo s problémem kvality vody. Docházelo k masivnímu rozvoji fytoplanktonu v podobě vodních květů. Špatná kvalita vody a zákazy koupání měly negativní vliv na rekreaci v této lokalitě. I z těchto důvodů se Povodí Moravy rozhodlo provést řadu opatření k její nápravě (Povodí Moravy 2013a).

V letech 2010-2013 byla vodní nádrž vypuštěna, proto neproběhlo zhodnocení kvality vody. Po opětovném napuštění v roce 2014 byla kvalita vody různá, podle měření KHS dosahovala v červenci až druhého nejhoršího stupně 4. To vedlo bohužel k dalšímu zákazu koupání stanoveného Krajskou hygienickou stanicí. V roce 2015 se ale stav vody zlepšil a byl po většinu hodnocen nejlepším možným stupněm, výjimkou byl pouze začátek července, kdy došlo k mírnému zhoršení na stupeň 2 (Krajská hygienická stanice 2004-2015).

6 PROVEDENÉ ZÁSAHY NA VD PLUMLOV

V minulosti se do Plumlovské nádrže proti přemnožení fytoplanktonu sypala modrá skalice a aplikovala se látka PAX 18. Tyto zásahy však byly jednorázovým a krátkodobým řešením, celý problém je komplexní a vyžadoval řadu na sebe navazujících opatření. V roce 2007 proto byla vydaná studie s názvem „Čistá Hloučela a vodní nádrž Plumlov“. Ve studii bylo také uvedeno, že je nutné soustředit opatření na omezení bodových i plošných zdrojů znečištění, a to konkrétně vylepšením (přidání terciálního stupně čištění) a vybudováním nových ČOV v okolních obcích, provést revitalizaci vodních toků, provádět a informovat o správné zemědělské praxi. Snížení vnitřních zdrojů živin v nádrži nemá dlouhodobý a efektivní vliv, proto zde bylo navrženo zvolení metod, které přímo ovlivňují růst a přežívání sinic, např. algicidními látkami. Dále bylo doporučeno využít Podhradský rybník jako přednádrž a změnit rybí obsádku v rybníku i samotné Plumlovské nádrži (Pöyry Environment 2007).

V roce 2008 došlo k zahájení přípravy projektu s názvem „Čištění vodního díla Plumlov“, který měl navázat na vydanou studii a zrealizovat její doporučení. Hlavním cílem nebyla obnova rekreace, ale zlepšení kvality vody a retenční schopnosti nádrže (Povodí Moravy 2013a).

6.1 Vypouštění

Samotný projekt revitalizace začal vypouštěním nádrže 14. září 2009. Rychlost vypouštění musela být v průběhu snížena, kvůli možnému ohrožení stability hráze rychlým vypouštěním. Dále došlo k přerušování vypouštění kvůli technickobezpečnostnímu dohledu, klimatickým podmínkám a ochraně živočichů (Povodí Moravy 2011a).

V průběhu vypouštění proběhl záchranný transfer vodních živočichů. Transfer ryb byl proveden v září a říjnu 2009 spolu s odchycem zvláště chráněných druhů. Bylo ručně sesbíráno 14 200 velevrubů a škeblí, kteří byly druhově určeni, roztřizeni, přepočítáni, zaevidováni a odvezeni na náhradní lokality v Koryčanech. Ke konci dubna 2010 proběhl další transfer ryb pomocí elektrických agregátů a záťahových sítí. Transfer byl zpomalen mimořádnými průtoky v květnu a červnu roku 2010. Během akce bohužel došlo ke značnému úhynu ryb, které zůstaly v neslovitelném prostoru, zejména kvůli vysoké teplotě a úbytku kyslíku. Podle biologického dozoru, kterým je RNDr. Petr Loyka, CSc., se při tak rozsáhlém transferu, nedalo ani očekávat vylovení všech ryb. Definitivně byl transfer ryb

ukončen 2. 7. 2010. Celkem bylo odloveno přes 20 tun ryb (Povodí Moravy 2011a; Povodí Moravy 2011b)

6.2 Těžba sedimentů

Nádrž byla zcela vypuštěná 10. 5. 2010. Mohla tak začít další fáze projektu, a to těžba sedimentů ze dna nádrže. Ta se prováděla od konce listopadu 2010 a předpokládané ukončení těžby bylo v dubnu roku 2011 (Povodí Moravy 2011a). Hloubka těžby se pohybovala od 30 cm do 3 m, průměrná hloubka však byla od 50 cm do 1,5 m (Povodí Moravy 2011c). Vrstva do 30 cm bývá nejvíce zasažena koncentrací živin pro sinice, proto byla zvolena jako minimální hloubka pro těžbu. Proces okysličení sedimentů byl v řadě míst výrazně vyšší, kdy v 60 až 80 cm je sediment natolik zoxidovaný, že sinice rodu *Microcystis* se zde podle odborníka na cyanobakterie prof. Ing. Blahoslava Maršálka, CSc. už prakticky nevyskytují. Podle rozboru sedimentů bylo zjištěno největší zatížení fosforem v oblasti přítoků Hloučela a Kleštinek. Odborníci na odstraňování sedimentů z vodních nádrží k tlumení výskytu sinic také v průběhu akce kladli důraz, aby souběžně s čištěním nádrže Plumlov byly provedeny zásahy ke zlepšení kvality vody v Podhradském rybníku, jelikož kvalita vody v něm významně ovlivňuje kvalitu vody na VN Plumlov (Povodí Moravy 2011d). Vytěžené sedimenty podle výsledků laboratorních analýz nebyly toxické a bylo možné je použít na půdu zemědělského půdního fondu. Sedimenty tak byly odvezeny na vhodné okolní zemědělské pozemky do vzdálenosti cca 10 km na katastrálním území Ohrozim a Lešany (Povodí Moravy 2011a).

Celkově bylo odtěženo 236 000 m³ sedimentů. Akce stála 112 mil. Kč bez DPH a byla financována ministerstvem zemědělství (Povodí Moravy 2011c). Celou práci prodloužila klimatická a hydrologická situace, kdy dno bylo nestabilní, zvodnělé a nevhodné pro práci těžké techniky (Povodí Moravy 2011d). Těžba sedimentů byla ukončena v listopadu 2011, zhruba tedy o půl roku později než bylo původně předpokládáno (Povodí Moravy 2011c).

6.3 Oprava hráze

Povodí Moravy využilo vypuštěné nádrže a zahájilo po těžbě sedimentů další projekt, a to rekonstrukci návodního líce a koruny hráze. Oprava byla jednou z nejnáročnějších vodohospodářských staveb v ČR. Probíhala od listopadu 2012 do října 2013 a náklady činily 136 mil. Kč. Opravená hráz by měla dokázat převést až desetitisíciletou povodňovou vlnu

(Povodí Moravy 2013b). Svou funkci jako ochrana před povodněmi by měla plnit minimálně dalších 50 let bez dalších oprav (Povodí Moravy 2013c).

6.4 Napouštění

Po konci těžby odebrali odborníci pod vedením profesora Maršálka vzorky ze dna k rozborům na určení obsahu živin a sinic. Výsledky rozboru se ukázaly jako uspokojivé, ale doporučily před napuštěním provést stabilizaci vápněním, která podpoří mineralizaci živin a znepřístupní je pro sinice. Na dno nádrže tak bylo aplikováno 200 kg vápenatého hydrátu na hektar (Povodí Moravy 2011c).

Před samotným vápněním ještě muselo proběhnout posečení, spálení a odvezení biomasy ze dna, kterou zpracovala kompostárna v Plumlově (Čížek 2012). Rostliny totiž mohly být dalším zdrojem živin a sloužit i jako výtěrový podklad pro některé ryby, což by znesnadnilo budoucí snahu o udržení vyvážené rybí obsádky (Povodí Moravy 2013d).

Po rekonstrukci hráze, odstranění rostlin ze dna a povápnění se mohlo začít oficiálně napouštět, a to na konci srpna 2013 (Povodí Moravy 2013e). Pro zachování kvality vody proběhlo napuštění přes srážedla fosforu (Povodí Moravy 2013f). Technologie srážedel se již osvědčila na Brněnské přehradě, proto se rozhodlo o jejich umístění i na Plumlově. Síran železitý vysráží fosfor tak, že už není pro sinice využitelný. Mělo jít o dočasné opatření, než budou hotovy ČOV na přítocích (Povodí Moravy 2013b). Provoz srážedel pokračoval i v roce 2014 a bude i nadále, mělo by ale dojít k přesunu srážedel k obcím (Povodí Moravy 2015). Jelikož s Plumlovskou nádrží těsně sousedí Podhradský rybník a rybník Bidelec, srážedla fosforu byla nainstalována i zde (Povodí Moravy 2013f).

Všechna opatření včetně návrhů na umístění srážedel byla součástí projektu „Zlepšení jakosti vod a snížení eutrofizace v povodí VD Plumlov“ zpracovaného v březnu 2013 společností Dravoprojekt Brno a.s. na základě objednávky Povodí Moravy. Projekt se zabývá zhodnocením stávající bilance vnosu živin, posouzením účinnosti ČOV a posouzením kanalizace, posouzením změny charakteru rybníku Bidelec, posouzením vhodnosti rybního hospodaření a návrhy okamžitých podpůrných a doplňkových opatření. Tento projekt sloužil jako detailní podklad k provedeným zásahům a poslouží i k budoucím opatřením. Projekt tak navázal na předchozí studii „Čistá Hloučela a vodní nádrž Plumlov“ z roku 2007.

6.5 Stavba mokřadu

Na začátku nádrže u přítoků Hloučely a Kleštínku, se Povodí Moravy rozhodlo vybudovat mokřad. Ten je oddělen od vody v nádrži kamennou hrází, pro zadržení vody nezbytné pro růst vegetace. Byly zde vysazeny běžné druhy jako orobinec a rákos, které se ještě v 80. letech minulého století na přehradě vyskytovaly. Mokřad má sloužit jako vstupní filtr přitékající vody do nádrže a zároveň nabídne vhodné prostředí pro život a rozmnožování několika druhům živočichů. Toto opatření by mělo pomoci s regulací živin. Nemůže však zvládnout vyčistit vše, co do nádrže přiteče. Budovat mokřad na lokalitě jako je Plumlovská přehrada není podle biologického dozoru Petra Loyky běžné, vznikne tak zajímavá kombinace vodního a mokřadního biotopu. Stavba mokřadu probíhala od prosince 2013 do konce dubna 2014 a stála 3 mil. Kč (Povodí Moravy 2014a).

6.6 Podhradský rybník

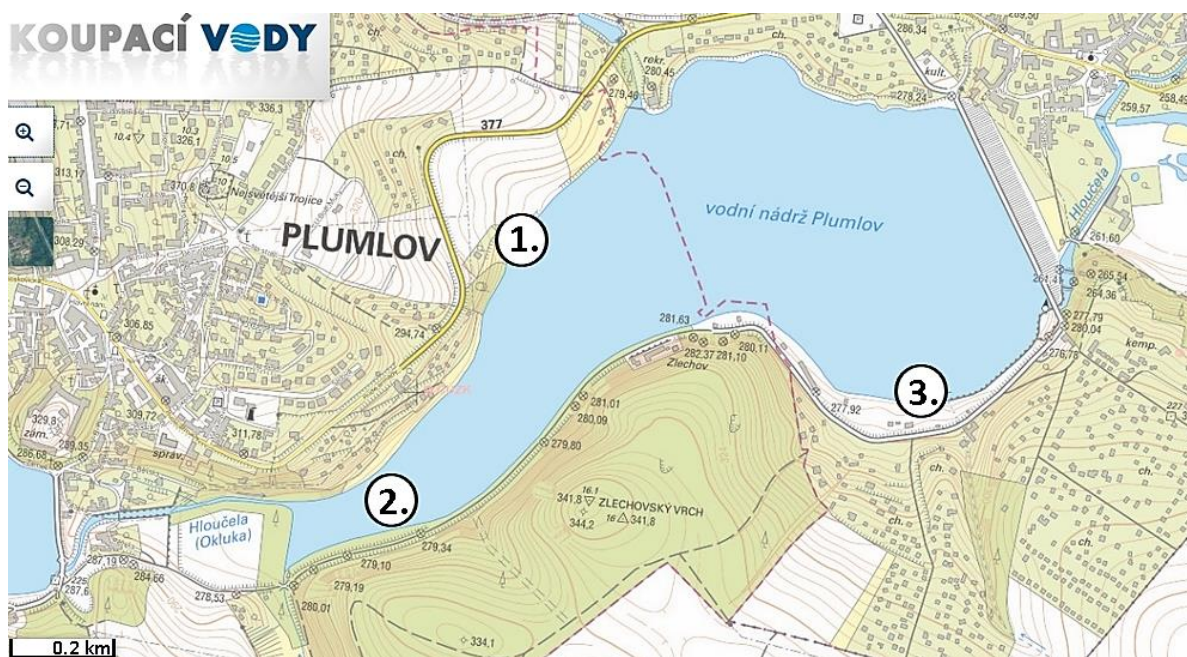
V souvislosti se snahou o zlepšení vody v nádrži Plumlov bylo odborníky doporučeno provést čištění i Podhradského rybníku, který je součástí povodí a ovlivňuje kvalitu vody v Plumlovské nádrži (Povodí Moravy 2011d). Podhradský rybník má plochu 14,3 ha a jeho objem je 330 810 m³. Slouží k chovu ryb, rekreaci, výrobě elektrické energie a akumulaci vod pro minimální průtok (Dravoprojekt 2013; Fína 2013). Projekt čištění proběhl v roce 2011. Bylo provedeno vypuštění a následná těžba sedimentů ze dna, poté povápnění speciálním strojem a opětovné napuštění. Na přítoku vznikla sedimentační nádrž a mokřadní pásmo ke snížení přísunu živin. Součástí projektu byla i rekonstrukce výpustního objektu, loviště, kádiště a obnova odvodňovacích příkopů. Byla také nutná oprava hráze rybníku z důvodu jejího poškození a průsaku vody (Povodí Moravy 2014b). Celkové náklady na revitalizaci Podhradského rybníka činily 23,1 milionů Kč a odtěženo bylo přes 59 000 m³ sedimentů (Povodí Moravy 2011c).

6.7 Rybník Bidelec

Těžištěm zájmu byl i rybník Bidelec, který je v povodí potoka Roudníka. Jeho plocha je 28 500 m² a objem nádrže 29 750 m³. Jeho hlavním účelem je chov ryb (Fína 2013). V roce 2010 proběhly práce jako odstranění sedimentů, oprava technologie a další. Projekt byl hrazen z vlastních prostředků Povodí Moravy, a to částkou 1,5 mil. Kč (Dravoprojekt 2013). Propojenost rybníku Bidelec, Podhradského rybníku a vodní nádrže Plumlov je znázorněna na obr. 1 v přílohách.

7 METODIKA

Dne 28. 9. 2015 byl proveden jednorázový odběr vzorků fytoplanktonu na Plumlovské přehradě. Odběrová místa (viz Obr. 1) byla zvolena z charakteristických zón: říční, přechodné a jezerní (Pouličková 2011). První odběr byl vykonán v zastíněné severní části z přechodné zóny. Druhý odběr pak v blízkosti přítoku, přesněji byl vzorek planktonu odebrán z kamenné hráze, která odděluje nově vybudovaný mokřad. Vzorek bentosu pak v těsné blízkosti kamenné hráze. V době odběru byl stav vody v nádrži pod běžným průměrem, proto byla hráz obnažená a stala se tak vhodným místem k odběru. Posledním odběrovým místem byla pláž U vrbiček, kde provádí odběr vzorků i Krajská hygienická stanice, která pravidelně vyhodnocuje kvalitu vody.



Obr. 1: Mapa Plumlovské přehrady s vyznačenými odběrovými místy, převzato z: <http://geoportal.ksrzis.cz/koupacivody/>, (upraveno)

Na každém odběrovém místě byly odebrány dva bodové vzorky. Jeden zahuštěný vzorek pomocí planktonní sítě s velikostí ok 20 μm , která je vhodná pro kvalitativní zpracování fytoplanktonu (Hartman a kol. 1998). Z důvodu provázanosti planktonu s bentosem a zachycení co největšího spektra sinic a řas byly odebrány i vzorky fyto-bentosu (Pouličková 2011). Vzorky byly seškrabány z ponořených kamenů nebo odebrány pipetou ze dna nádrže.

Pro následnou determinaci bylo nutné vzorky zafixovat. Fixací dojde k usmrcení organismů. Je třeba přitom zvolit takový způsob fixace, aby byl co nejvíce zachován jejich původní vzhled (Hartman a kol. 1998). Bylo tak provedeno Pfeifferovou fixační směsí, která se skládá ze 40 % formaldehydu, metanolu a destilovaného dřevného octa. Směs je z uvedených složek smíchána v poměru 1:1:1, délka fixace se pohybuje od 6 do 12 hodin. Tato fixáž je velmi vhodná pro sinice a řasy, jelikož nedeformuje ani nejjemnější krásivky (Němec 1962).

Pro pozorování byl v laboratoři zhotoven dočasný preparát, který byl prohlížen pod mikroskopy značky Olympus, typ CX22LED a BX51 nejčastěji při zvětšení 400x. K samotné determinaci zástupců fytoplanktonu a fytobentosu byla použita následující literatura: Hindák 1978, Sládeček & Sládečková 1996, Šejnohová a kol. 2008, internetový zdroj www.sinicearasy.cz, pro určení krásivek také publikace Coesel 1983, Coesel 1991, Coesel 1994 a Šťastný 2010. Názvosloví bylo sjednoceno podle internetové databáze algeabase (Guiry & Guiry 2016) a publikace Hindáka z roku 1978.

Ve výsledcích práce byl určován stupeň saprobity a trofie vody v nádrži za pomocí publikací Sládeček & Sládečková 1996 a Šťastný 2010. Bylo využito i internetové databáze IS ARROW, kterou spravuje Český hydrometeorologický ústav, kde jsou vypsány indikační hodnoty jednotlivých druhů vzhledem k saprobitě podle normy ČSN 75 7716. K určení trofie byl využit i Atlas fytobentosu od autorky Šejnohové a kolektivu z roku 2008.

8 VÝSLEDKY

Celkem bylo ve vzorcích fytoplanktonu a fyto Bentosu z Plumlovské přehrady nalezeno 54 taxonů sinic a řas (viz Tab. 2). Z toho bylo určeno 29 zástupců do rodu a 25 do druhu. Nejpočetnější skupinou byly rozsivky s 23 taxony, dále zelené řasy (22 taxonů, z toho 9 taxonů patřilo ke spájivkám), sinice (8 taxonů), nalezeny byly pouze 2 obrněnky a 1 zástupce krásnooček.

Co se týká dominance taxonů (z hlediska počtu jedinců či množství biomasy), tak v planktonních vzorcích byly nejhojněji zastoupeny sinice rodů *Microcystis* a *Planktothrix*. Ve vzorcích bentosu to byly rozsivky rodů *Gyrosigma* a *Navicula* a opět sinice rodů *Planktothrix* a *Microcystis*. Celkově v obou typech vzorků tvořily subdominantu obrněnky rodu *Peridinium*, zelené řasy rodu *Pediastrum*, rozsivky rodů *Navicula*, *Aulacoseira* a druhu *Melosira varians*.

V porovnání bentických a planktonních vzorků, byly bentické taxonomicky chudší. Celkový počet nalezených taxonů byl však největší na třetí lokalitě v bentickém vzorku (3B), kde bylo nalezeno 37 taxonů sinic a řas.

Rosivky rodu *Fragilaria* se vyskytovaly ve všech vzorcích, jejich výskyt však byl v různých morfologických podobách. *Fragilaria* sp. (1) tvořila keříčkovité kolonie, častěji zastoupený druh *Fragilaria* sp. (2) tvořil typické pásovité kolonie a třetí typ *Fragilaria* sp. (3) se objevoval soliterně. Druh obrněnky *Ceratium* sp. se vyskytoval ve vzorcích především ve svém klidovém stádiu v podobě zimních cyst, v normální podobě byl zaznamenán pouze v planktonu z třetí odběrové lokality.

Některé taxony se vyskytovaly napříč všemi vzorky, a to sinice *Planktothrix* z řas *Ceratium*, *Cymbella*, *Gyrosigma*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Scenedesmus* a *Trachelomonas*.

Nejvíce taxonů sinic bylo nalezeno ve 3. vzorku planktonu, který byl odebrán na pláži U vrbiček. Nacházel se zde i viditelný vodní květ a modrý lem na kamenech pláže (viz přílohy, Obr. 3). Podle lemu se dá již makroskopicky zhodnotit, že jde o výskyt sinic. Po odumření buněk vodního květu se totiž zbytky na kamenech zbarví do modra, díky obsaženému barvivu fykocyanin v buňkách sinic (Pumann & Duras 2013).

Z nalezených taxonů sinic jsou rody *Anabaena*, *Planktothrix* a *Microcystis* schopny produkovat cyanotoxiny (Pouličková 2011). A taxony *Anabaena* sp., *Microcystis* sp., *Microcystis wesenbergii*, *Microcystis aeruginosa*, *Woronochinia naegeliana* a *Planktothrix*

sp. mohou tvořit vodní květy. Z nalezených zástupců sinic tedy pouze dva tuto schopnost nemají, a to *Merismopedia* sp. a *Komvophoron* sp. (Hindák 1978; Komárek & Hauer 2014).

Nalezený druh *Microcystis aeruginosa*, může poukazovat na přebytek dusíku v nádrži. Nemá schopnost fixace vzdušného dusíku, proto se vyskytuje při jeho nadbytku, nejedná se však o pravidlo. Tento druh podle své genetické výbavy může tvořit až 64 známých toxinů, přesněji microcystinů. Jedná se o druh na našich nádržích velmi častý a tak i potenciálně nebezpečný (Znachor 2002).

Podle rozboru složení společenstev řas a sinic lze také vyvodit, že měla voda v nádrži v době odběru vyšší pH. Podle údajů v Atlasu fyto Bentosu Šejnohové a kolektivu z roku 2008 všech 7 určených druhů rozsivek je alkalofilních. I společenstva sinic se vyskytují a preferují prostředí s vyšším pH a svými metabolity mohou hodnotu pH zvyšovat (Maršálek 2004).

Tab. 2: Přehled taxonů sinic a řas nalezených v Plumlovské přehradě

Poznámka: Čísla označují odběrové místo (viz kap. 7) a písmena P-vzorek planktonu, B-vzorek bentosu

Taxony	1P	1B	2P	2B	3P	3B
Oddělení: Cyanobacteria, Třída: Cyanophyceae						
<i>Anabaena</i> sp. BORY ex BORNET & FLAHAULT	+	+	+	-	+	+
<i>Komvophoron</i> sp. ANAGNOSTIDIS & KOMÁREK	-	+	-	-	-	-
<i>Merismopedia</i> sp. MEYEN	+	-	-	-	+	+
<i>Microcystis aeruginosa</i> (KÜTZING) KÜTZING	-	-	-	-	+	+
<i>Microcystis</i> sp. LEMMERMANN	+	-	+	-	+	+
<i>Microcystis wesenbergii</i> (KOMÁREK) KOMÁREK ex KOMÁREK	+	-	-	-	+	+
<i>Planktothrix</i> sp. ANAGNOSTIDIS & KOMÁREK	+	+	+	+	+	+
<i>Woronichinia naegeliana</i> (UNGER) ELENKIN	+	-	+	-	+	-
Oddělení: Dinophyta, Třída: Dinophyceae						
<i>Ceratium</i> sp. SCHRANK	+	+	+	+	+	+
<i>Peridinium</i> sp. EHRENBERG	+	-	+	+	+	+
Oddělení: Chromophyta, Třída: Bacillariophyceae						
<i>Amphora</i> sp. EHRENBERG ex KÜTZING	+	-	+	+	-	+
<i>Amphora</i> cf. <i>ovalis</i> (KÜTZING) KÜTZING	-	-	-	+	-	-
<i>Asterionella</i> sp. HASSALL	+	-	-	-	-	-
<i>Aulacoseira</i> sp. THWAITES	+	-	+	-	+	-
<i>Craticula cuspidata</i> (KÜTZING) MANN	+	-	+	+	-	+
<i>Cyclotella</i> sp. (KÜTZING) BRÉBISSON	+	-	-	+	-	+
<i>Cymatopleura</i> cf. <i>elliptica</i> (BRÉBISSON) SMITH	-	-	+	-	-	-
<i>Cymatopleura</i> cf. <i>solea</i> (BRÉBISSON) SMITH	+	+	+	-	-	-
<i>Cymatopleura</i> sp. SMITH	-	-	-	-	+	+
<i>Cymbella</i> sp. AGARDH	+	+	+	+	+	+

Taxon	1P	1B	2P	2B	3P	3B
<i>Encyonema</i> sp. KÜTZING	-	-	-	+	+	+
<i>Fragilaria</i> sp. (1) LYNGBYE	-	+	-	-	-	-
<i>Fragilaria</i> sp. (2) LYNGBYE	+	-	-	-	+	+
<i>Fragilaria</i> sp. (3) LYNGBYE	-	-	+	+	-	+
<i>Gomphonema</i> sp. EHRENBERG	-	-	-	-	+	+
<i>Gyrosigma</i> sp. HASSALL	+	+	+	+	+	+
<i>Melosira varians</i> AGARDH	+	-	+	+	+	-
<i>Navicula capitata</i> EHRENBERG	-	-	-	-	-	+
<i>Navicula</i> sp. BORY	+	+	+	+	+	+
<i>Nitzschia</i> cf. <i>sigmoidea</i> (NITZSCH) SMITH	-	-	+	+	+	-
<i>Nitzschia</i> sp. HASSALL	+	+	+	+	+	+
<i>Pinnularia</i> sp. EHRENBERG	+	+	+	-	-	-
<i>Surirella</i> sp. TURPIN	+	-	+	-	+	-
Oddělení: Euglenophyta, Třída: Euglenophyceae						
<i>Trachelomonas</i> sp. EHRENBERG	+	+	+	+	+	+
Oddělení: Chlorophyta, Třída: Chlorophyceae						
<i>Ankistrodesmus bibraianus</i> (REINSH) KORSHIKOV	+	-	+	-	+	-
<i>Coelastrum</i> sp. NÄGELI	+	-	-	-	-	+
<i>Oedogonium</i> sp. LINK ex HIRN	-	-	-	-	+	+
<i>Pediastrum boryanum</i> (TURPIN) MENEGHINI	+	-	+	-	+	+
<i>Pediastrum duplex</i> MEYEN	+	-	-	-	-	-
<i>Pediastrum simplex</i> MEYEN	+	+	+	-	+	+
<i>Pediastrum tetras</i> (EHRENBERG) RALFS	-	-	-	-	-	+
<i>Planctonema lauterbonii</i> SCHMIDLE	+	-	-	-	-	-
<i>Scenedesmus linearis</i> KOMÁREK	-	-	-	+	-	+
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (TURPIN) BRÉBISSON	+	-	+	+	+	-
<i>Scenedesmus</i> sp. MEYEN	+	+	+	+	+	+
<i>Tetraëdron minimum</i> (BRAUN) HANSGIRG	-	-	-	-	-	+
Oddělení: Chlorophyta, Třída: Ulvophyceae						
<i>Ulothrix</i> sp. KÜTZING	-	-	-	-	-	+
Oddělení: Chlorophyta, Třída: Conjugatophyceae/Zygnematophyceae						
<i>Closterium acerosum</i> EHRENBERG ex RALFS	-	-	+	-	+	-
<i>Closterium leibleinii</i> KÜTZING ex RALFS	-	-	-	-	-	+
<i>Closterium limneticum</i> LEMMERMANN	+	-	-	-	-	-
<i>Cosmarium laeve</i> var. <i>pseudo-octangulare</i> FRITSCH & RICH	-	-	-	-	-	+
<i>Cosmarium</i> sp. CORDA ex RALFS	+	-	+	-	+	+
<i>Cosmarium subcostatum</i> NORDSTEDT	+	-	-	+	-	-
<i>Cosmarium subprotumidum</i> NORDSTEDT	-	-	-	-	-	+
<i>Spirogyra</i> sp. LINK	-	+	-	-	-	+
<i>Staurastrum</i> sp. MEYEN ex RALFS	-	+	+	-	+	-

8.1 Stanovení saprobity a trofie

Podle nalezených a určených druhů sinic a řas na vodní nádrži (dále VN) Plumlov a k nim přiřazených hodnot z databáze střediska pro monitoring jakosti vod ČHMÚ, lze vodu v nádrži zařadit do stupně beta-mezosaprobity. Z 21 nalezených indikačních druhů 14 indikuje beta-mezosaprobni vody. Pouze 3 druhy vodu oligosaprobni a 4 alfamezosaprobni. Nejvyšší možnou indikační váhu druhu má *Scenedesmus linearis*, který indikuje právě beta-mezosaprobni stupeň znečištění.

Voda odpovídá beta-mezosaprobni stupeň i podle indikačních hodnot druhů v publikaci Sládečka a Sládečkové z roku 1996. Jedná se o vodu zatíženou organickými látkami nebo v menší míře postiženou sekundárním znečištěním, které nastává po odumření velké biomasy fytoplanktonu a jejím rozkladu. Druhová rozmanitost těchto vod je relativně vysoká. Hodnota saprobniho indexu beta-mezosaprobni vod je mezi 1,5 a 2,5 (Sládeček & Sládečková 1996, Adámek a kol. 2014; ČHMÚ 2016).

Vzhledem k citlivosti rozsivek a krásivek ke znečištění vody, byly nalezené druhy z těchto dvou skupin použity pro odhad stupně trofie na VD Plumlov. Podle jejich indikace lze tedy vyhodnotit, že se voda v září 2015 pohybovala mezi mezotrofií a eutrofií. Těmto stupňům trofie odpovídalo 6 indikačních druhů krásivek a 7 druhů rozsivek. Ze 7 druhů pouze 2 druhy indikovaly čistě eutrofní vodu (Šťastný 2010; Šejnohová a kol. 2008).

9 DISKUZE

Vodní květ na vodním díle Plumlov není problémem jen posledních let, již v publikaci z roku 1974 se autor Štěpánek zmiňuje o zjištění vodního květu na této nádrži. Podle přehledu nádrží a rybníků v ČSSR z jeho studie z roku 1963 byly na Plumlově zjištěny sinice tvořící vodní květ rodů *Anabaena*, *Aphanizomenon* a *Microcystis*. Dále byly podle této studie v Plumlovské nádrži nalezeny i planktonní zelené řasy rodů *Chlamydomonas*, *Pediastrum* a *Scenedesmus*. Tito zástupci zelených řas se mohou za určitých podmínek přemnožovat a podílet na tvorbě vegetačního zákalu, nepředstavují však pro nádrž na rozdíl od sinic výrazné nebezpečí. Kromě rodů *Aphanizomenon* a *Chlamydomonas* byly všechny rody v nádrži nalezeny i v odebraných vzorcích této práce ze září 2015. Rod *Aphanizomenon* podle protokolu KHS z 9. 9. 2015 se v nádrži nachází, i když nebyl nalezen ve vzorcích této práce. Většina zmíněných druhů se tedy objevuje v nádrži i přes všechna opatření již přes 50 let.

Porovnáním dominant ve společenstvech (zejm. fytoplanktonu) Plumlovské přehrady v měsíci září 2015 s roky 2008 a 2014 podle dat uvedených Povodím Moravy zjistíme, že byl v srpnu až říjnu roku 2008 silný vodní květ tvořen druhem *Planktothrix agardhii* (Geriš 2008). V letech 2009-2013 byla nádrž vypuštěna, proto nejsou o stavu fytoplanktonu žádné záznamy. V srpnu 2014 pak došlo k nárůstu biomasy rozvojem rozsivky *Aulacoseira granulata*, která byla dominantní až do září (Geriš & Vrabcová 2014). V analyzovaných vzorcích této práce ze září 2015 opět dominují sinice, a to i dříve dominující *Planktothrix* sp. Obecně ve všech vzorcích dominoval i rod *Microcystis*, který tvořil slabý vodní květ i podle sledování fytoplanktonu v roce 2008, později došlo k jeho úplnému vymizení z důvodu aplikace přípravku PAX-18. V porovnání tedy sinice nebyly dominantní jen v roce 2014. To byl rok, kdy se přehrada opětovně napustila. Může to být následkem toho, že v tomto roce ještě nedošlo k ustálení fytoplanktonu. Také Mgr. Geriš ve své analýze fytoplanktonu z roku 2014 uvádí, že nedošlo k výrazným projevům fytoplanktonu VN Plumlov a s jejím hodnocením je třeba počkat až několik let po napuštění. Bohužel výsledky orientačního sledování Povodí Moravy z roku 2015, nebyly při zpracování této práce ještě hotovy, proto nejsou zahrnuty do srovnání.

Některé druhy fytoplanktonu mají svůj životní cyklus vázaný i na oblast dna, jako např. druhy rodu *Microcystis*, kdy část života žijí v sedimentech. Také vlivem turbulencí a migrací může dojít k přemístění organismů. Existuje tedy určité prolínání společenstev bentosu a planktonu, to může vysvětlovat častý výskyt planktonních zástupců v bentických

vzorcích a naopak (Pouličková 2011). Konkrétně rod *Microcystis* byl nalezen ve třetím bentickém vzorku, v dalších vzorcích bentosu se však již nevyskytoval.

Míru rozvoje fytoplanktonu v nádrži lze vyčíst i z naměřených hodnot chlorofylu *a*. V roce 2008 byla průměrná koncentrace chlorofylu *a* 50,24 µg/l (Geriš 2008). V roce 2009 však byla průměrná hodnota chlorofylu *a* dvakrát vyšší, a to 118,2 µg/l, v září toho roku dokonce dosahovala naměřená hodnota chlorofylu *a* 403,5 µg/l (Procházková a kol. 2011). Po revitalizaci v roce 2014 měla koncentrace chlorofylu *a* průměrnou hodnotu pouze 23,7 µg/l, z čehož vyplývá, že v tomto roce byl nejmenší rozvoj fytoplanktonu ze zmiňovaných období (Procházková a kol. 2015).

Na druhém odběrovém místě byly určeny i druhy indikující oligosaprobity. Druh s vysokou indikační vahou *Cymatopleura cf. elliptica* společně s druhem *Amphora cf. ovalis* se vyskytovaly pouze na druhé lokalitě. Druh *Pediastrum simplex*, také indikující spíše oligo- až betamezosaprobity byl zaznamenán skoro ve všech vzorcích, což ale mohlo být ovlivněno jeho snadnou determinací (ČHMÚ 2016). Bylo zde nalezeno i nejméně taxonů sinic. Může se tedy předpokládat, že z vytyčených odběrových míst bylo toto druhé místo v blízkosti přítoků nejméně znečištěné.

VN Plumlov byla hodnocená v letech 2008 i 2009 jako hypertrofní, překročení limitu 100 µg/l u koncentrace chlorofylu *a* potvrzuje nadměrný příjem živin. V roce 2014 byla klasifikovaná nádrž již jen jako eutrofní (Procházková a kol. 2015). Podle odhadu trofie na základě nalezených zástupců sinic a řas se voda v září 2015 pohybovala na pomezí mezi mezotrofií a eutrofií. Může to dokazovat účinek všech provedených opatření a snížení přísunu živin instalováním srážedel fosforu. Jelikož je ale problematika eutrofizace velice rozsáhlá a závisí na mnoha faktorech, nejde bohužel efekt zhodnotit tak snadno a jednoznačně. Pro hodnotnější výsledek by také bylo nutné provést více odběrů a hodnotit více zástupců. Kvalita vody se také v průběhu roku různě mění, právě i v závislosti na rozvoji a dynamice fytoplanktonu. I z těchto důvodů, se pro systém bioindikace trofie nenašlo v praxi takové uplatnění jako pro stanovení saprobity. Klasifikace trofie se tak častěji zaměřuje na jiné, hodnotnější ukazatele (Hindák 1978).

Podle protokolu z KHS z 9. 9. 2015 nebyl na pláži U vrbiček pozorovatelný vodní květ, to znamená, že k jeho rozvoji muselo dojít až ke konci září, kdy byly odebrány vzorky pro tuto práci (Krajská hygienická stanice 2015).

10 ZÁVĚR

Plumlovská nádrž se dlouhodobě potýkala s problémem masového výskytu vodních květů sinic, až došlo k vymizení rekreace v této oblasti. Tento problém se začal více řešit v roce 2009, kdy nastalo zahájení revitalizace nádrže. Celá práce proto klade větší důraz na sinice, jako hlavní příčinu spuštění rozsáhlých opatření na dané lokalitě. První část práce slouží jako podklad pro pochopení života a ekologie sinic i problematiky s jejich nadměrným rozvojem. Dále poskytuje přehled konkrétních zásahů provedených na Plumlovské přehradě.

V této práci bylo prostudováno základní taxonomické složení společenstev sinic a řas (fytoplanktonu a fyto Bentosu) Plumlovské přehrady, a to na základě provedených odběrů z různých vytyčených částí nádrže. Odběry byly provedeny 28. 9. 2015. Nalezení zástupci sinic a řas byli následně determinováni a podle jejich indikačních hodnot byly určeny stupně saprobity a trofie vody v nádrži.

Z výsledků a diskuze vyplývá, že byla kvalita vody v nádrži po revitalizaci v roce 2015 výrazně v lepším stavu než v předchozích letech, což může dokazovat účelnost provedených zásahů. V analyzovaných vzorcích z Plumlovské přehrady po revitalizaci však byly nalezeny sinice schopny tvořit toxické vodní květy, kdy se často jednalo o dominantní složku vzorků. Mohlo by se zde tedy vyskytovat do budoucna potenciální riziko pro masový rozvoj sinic, to však samozřejmě záleží i na tom, jaká bude kvalita vody v nádrži.

Opatření v rámci revitalizace byla provedena komplexně a podle konkrétní situace, což je základní předpoklad pro efektivitu a dlouhodobější výsledky v boji proti sinicím a celkovému zlepšení kvality vody ve vodní nádrži. Zásadním je i omezení příjmu fosforu do nádrže docílené vybudováním kanalizace a vylepšením a vybudováním nových ČOV v povodí nádrže. Tato důležitá opatření však v povodí nádrže dosud nebyla realizována v plném rozsahu, což je dáno především tím, že jejich realizace není v působnosti správce nádrže Povodí Moravy, ale v rukou okolních obcí a občanů. Nicméně je v zájmu všech, kterým není osud Plumlovské přehrady lhostejný, aby se i tato důležitá opatření realizovala co nejdříve, aby nedošlo ke zmaření celého procesu revitalizace za stovky milionů korun.

Revitalizace byla ukončena v roce 2014, avšak zásahy ke zlepšení kvality vody a jejímu udržení neustále probíhají a ještě dlouhou dobu probíhat budou. Nezbývá než doufat, že se kvalita vody v nádrži nezhorší a rekreace se do okolí Plumlovské přehrady v nejbližší době vrátí.

11 SEZNAM POUŽITÝCH PRAMENŮ A LITERATURY

ADÁMEK Z., HELEŠIC J., MARŠÁLEK B., RULÍK M. (2014): Aplikovaná hydrobiologie. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, 350 s.

BROŽA V. [ed.] (2005): Přehradý Čech, Moravy a Slezska. Knihy 555, Liberec, 251 s.

COESEL P.F.M. (1983): De Desmidiaceen Van Nederland – Sieralgen, Deel 2, Fam. Closteriaceae. Wetenschappelijke Mededelingen KNNV, Hoogwoud, 50 s.

COESEL P.F.M. (1991): De Desmidiaceen van Nederland, Deel 4, Fam. Desmidiaceae (2). Stichting Uitgeverij KNNV, Utrecht, 89 s.

COESEL P.F.M. (1994): De Desmidiaceen van Nederland, Deel 5, Fam. Desmidiaceae (3). Stichting Uitgeverij KNNV, Utrecht, 53 s.

ČÍŽEK D. (2012): Podhradský rybník je bez sedimentů, nádrž bez biomasy. In: Zpravodaj o vodě, č. 1, s. 22.

DRÁBKOVÁ M. & MARŠÁLEK B. (2004): Přehled možností a principů omezení masového rozvoje sinic. In: Maršálek B., Halousková O., [eds]: Cyanobakterie, Sborník konference. EKOMONITOR, Brno, s. 113-142.

FÍNA D. (2013): Nádrž v Plumlově se musí napustit jen vodou bez živin pro sinice. In: Zpravodaj o vodě č. 1, s. 7

FOTT B. (1956): Sinice a řasy. Nakladatelství Československé akademie věd, Praha, 372 s.

HARTMAN P., PŘIKRYL, I., ŠTĚDRONSKÝ, E. (1998): Hydrobiologie. Informatorium, Praha, 335 s.

HINDÁK F. [ed.] (1978): Sladkovodné riasy. Slovenské pedagogické nakladateľstvo, Bratislava, 724 s.

KALINA T. & VÁŇA J. (2005): Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii. Karolinum, Praha, 606 s.

- KALINA T. (1997): Systém a vývoj sinic a řas. Karolinum, Praha, 165 s.
- KAŠTOVSKÝ J. (2008): Úvod do problematiky invazních sinic (a řas). In: Maršálek B., Vinklárková D., Maršálková E., [eds]: Cyanobakterie 2008, Sborník konference. Botanický ústav AV ČR, Brno, s. 11-12.
- KESTŘÁNEK J., KRÍŽ H., NOVOTNÝ S., PÍŠE J., VLČEK V. (1984): Zeměpisný lexikon ČSR, Vodní toky a nádrže. Academia, Praha, 315 s.
- KOČÍ V., BURKHARD J., MARŠÁLEK B. (2000): Eutrofizace na přelomu tisíciletí. In: Kočí V. [ed.]: Eutrofizace 2000. Sborník semináře. VŠCHT, Praha, s. 3-13.
- KOMÁREK J. & KOMÁRKOVÁ J., (2008): Výskyt a šíření planktonních sinic v ČR. In: Maršálek B., Vinklárková D., Maršálková E., [eds]: Cyanobakterie 2008, Sborník konference, Botanický ústav AV ČR, Brno, s. 13-17.
- KOMÁRKOVÁ J. (2006): Metodika odběru a zpracování vzorků fytoplanktonu stojatých vod. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha, 11 s.
- KRAJSKÁ HYGIENICKÁ STANICE (2015): Protokol č. 47511/2015. Zhotoven 9. 9. 2015, Olomouc, 2 s.
- KUBÍČEK F. & ZELINKA M. (1982): Základy hydrobiologie. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 140 s.
- KÜHNDEL J. & KRÁL F. (1940): Prostějov, město a okres. Národohospodářská propagace Československa, Brno, 176 s.
- LELLÁK J. & KUBÍČEK F. (1991): Hydrobiologie. Karolinum, Praha, 260 s.
- MARŠÁLEK B. & DRÁBKOVÁ M. (2004): Základní principy omezení masového rozvoje cyanobakterií. In: Maršálek B., Halousková O., [eds]: Cyanobakterie, Sborník konference. EKOMONITOR, Brno, s. 111-112.
- MARŠÁLEK B. (2002): Sinice jako producenti biologicky aktivních látek. In: Živa, č. 5, s. 198-200.
- MARŠÁLEK B. (2004): Místo úvodu- sinice či cyanobakterie? In: Maršálek B., Halousková O., [eds]: Cyanobakterie, Sborník semináře. EKOMONITOR, Brno, s. 5-7.

MARŠÁLEK B., MARŠÁLKOVÁ E., VINKLÁRKOVÁ D. (2008): Projekty omezení rozvoje sinic: principy, souvislosti a zkušenosti. In: Maršálek B., Vinklárková D., Maršálková E., [eds]: Cyanobakterie 2008, Sborník konference. Botanický ústav AV ČR, Brno, s. 74-77.

MARVAN P. & MARŠÁLEK B. (2004): Živiny a jejich realizace ve vodních ekosystémech. In: Maršálek B., Halousková O., [eds]: Cyanobakterie, Sborník konference. EKOMONITOR, Brno, s. 79-84.

NĚMEC B. [ed.] (1962): Botanická mikrotechnika. Československá akademie věd, Praha, 484 s.

POULÍČKOVÁ A. (2011): Základy ekologie sinic a řas. Univerzita Palackého, Olomouc, 91 s.

POVODÍ MORAVY (2011a): Kompletní informace o průběhu prací na vodním díle Plumlov. In: Radniční listy, roč. 12, č. 3, s. 6-7.

PROCHÁZKOVÁ L., KOSOUR D., LOŠŤÁKOVÁ Z., BERÁNEK V., GERIŠ R., JAHODOVÁ D. (2011): Souhrnná zpráva o vývoji jakosti povrchových vod v povodí Moravy ve dvouletí 2009 – 2010. Povodí Moravy, Brno, 40 s.

PROCHÁZKOVÁ L., KOSOUR D., LOŠŤÁKOVÁ Z., GERIŠ R., JAHODOVÁ D., HUSÁK V. (2015): Souhrnná zpráva o vývoji jakosti povrchových vod v povodí Moravy ve dvouletí 2013–2014. Povodí Moravy, Brno, 58 s.

PUMANN P. & DURAS J. (2014): Atlas makroskopických jevů spojených s výskytem vodních květů sinic a dalších organismů v přírodních koupacích vodách. Státní zdravotní ústav, Praha, 85 s.

SLÁDEČEK V. & SLÁDEČKOVÁ A. (1996): Atlas vodních organismů se zřetelem na vodárenství, povrchové vody a čistírny odpadních vod, 1. díl: Destruenti a producenti. Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, Praha, 350 s.

ŠEJNOHOVÁ L. & MARŠÁLEK B. (2005): Pohled do mikroskopického světa sinic. In: Živa, č. 3, s. 105-108.

ŠEJNOHOVÁ L., VESELÁ J., MARVAN P., KOZÁKOVÁ M., HETEŠA J., GERIŠ R., MARŠÁLEK B. (2008): Atlas fyto-bentosu. [CD]. [cit. 2016-03-06].

ŠŤASTNÝ J. (2010): Desmids (Conjugatophyceae, Viridiplantae) from the Czech Republic; new and rare taxa, distribution, ecology. In: Fottea, č. 1, s. 1–74.

ŠTĚPÁNEK M. & ČERVENKA R. (1974): Problémy eutrofizace v praxi. Avicenum, Praha, 232 s.

ŠTĚRBA O. & ROSOL J. (1989): Znečišťování a ochrana vod. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého, Olomouc, 181 s.

ŠUBERT J. (2005): Mostkovice v zrcadle 20. století, 115 s.

ZÍMA K. (1989): Plumlovská přehrada. In: Štafeta, č. 1, s. 30-32.

ZNACHOR P. (2002): Kvetoucí přehrady. In: Živa, č. 3, s. 112-113.

ZNACHOR P. (2005): Vodní květy řas a sinic. In: Scientific American (České Vydání), červenec, s. 42–51.

Projekty:

DRAVOPROJEKT (2013): Zlepšení jakosti vod a snížení eutrofizace v povodí VD Plumlov, Brno.

PÖYRY ENVIRONMENT (2007): Čistá Hloučela a vodní nádrž Plumlov, Brno.

11.1 Elektronické zdroje

ČHMÚ (2016): IS ARROW- Assessment and reference reports of water monitoring, Národní referenční středisko pro monitoring v rámci činností zajišťovaných pro MŽP [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: <http://hydro.chmi.cz/isarrow/>.

GERIŠ R. & VRABCOVÁ D. (2014): Orientační sledování fytoplanktonu rekreačních nádrží v povodí Moravy. Povodí Moravy, Brno. Dostupné z: www.pmo.cz/vhc/kvalita2013_2014/Rekreacni_nadrze_2014.pdf.

GERIŠ R. (2008): Orientační sledování fytoplanktonu rekreačních nádrží v povodí Moravy. Povodí Moravy, Brno. Dostupné z: www.pmo.cz/vhc/kvalita2007_2008/prilohy/Fytoplankton.pdf.

GUIRY M.D. & GUIRY G.M. (2016): AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway [online]. [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://www.algaebase.org>.

KOMÁREK J. & HAUER T. (2014): CyanoDB.cz - On-line database of cyanobacterial genera. - World-wide electronic publication, Univ. of South Bohemia & Inst. of Botany AS CR [online]. Aktualizováno 10. 4. 2014. Dostupné z: <http://www.cyanodb.cz>.

KRAJSKÁ HYGIENICKÁ STANICE (2004-2015): VN Plumlov [online]. [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: <http://www.khsolc.cz/VodyDetail.aspx?IDVody=2>.

POVODÍ MORAVY (2011b): Záchranný transfer ryb z Plumlovské laguny byl zahájen [online]. Publikováno 17. 7. 2011, aktualizováno 2. 1. 2012 [cit. 2016-03-12]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/cinnost/rybarstvi/povodi-moravy-provedlo-zachranny-odlov-ryb-z-laguny-na-vd-plumlov/>.

POVODÍ MORAVY (2011c): Těžba sedimentů z vodní nádrže Plumlov skončila [online]. Publikováno 24. 11. 2011, aktualizováno 15. 1. 2012 [cit. 2016-03-15]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/media/tiskove-zpravy/tezba-sedimentu-z-vodni-nadrze-plumlov-skoncila/>.

POVODÍ MORAVY (2011d): Těžba sedimentů na VD Plumlov bude pokračovat až do podzimu, technika kvůli nestabilnímu podloží postupuje pomalu [online]. Publikováno 24. 6. 2011, aktualizováno 14. 1. 2012 [cit. 2016-03-12]. Dostupné z:

<http://www.pmo.cz/cz/media/tiskove-zpravy/tezba-sedimentu-na-vd-plumlov-bude-pokracovat-az-do-podzimu-technika-kvuli-destabilnimu-podlozi-postupuje-pomalu/>.

POVODÍ MORAVY (2013a): Vodní dílo Plumlov [online]. Aktualizováno 10. 2013 [cit. 2016-03-13]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/uzitecne/vodni-dila/plumlov/>.

POVODÍ MORAVY (2013b): Rekonstrukce hráze vodního díla Plumlov vrcholí, veškeré opravy skončí v polovině října [online]. Publikováno 2. 10. 2013 [cit. 2016-03-15]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/media/tiskove-zpravy/rekonstrukce-hraze-vodniho-dila-plumlov-vrcholi-veskere-opravy-skonci-v-polovine-rijna/>.

POVODÍ MORAVY (2013c): Vodohospodáři čistí před zaplavením dno nádrže Plumlov i okolí [online]. Publikováno 6. 5. 2013 [cit. 2016-03-12]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/media/tiskove-zpravy/vodohospodari-cisti-pred-zaplavenim-dno-nadrze-plumlov-i-okoli/>.

POVODÍ MORAVY (2013d): Opravy na Plumlově pokračují, na řadě je koruna hráze a most [online]. Publikováno 6. 2. 2013 [cit. 2016-03-13]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/media/tiskove-zpravy/opravy-na-plumlove-pokracuji-na-rade-je-koruna-hraze-a-most/>.

POVODÍ MORAVY (2013e): Povodí Moravy zahájilo napouštění Plumlovské přehrady. [online]. Publikováno 28. 8. 2013, aktualizováno 29. 8. 2013 [cit. 2016-03-14]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/media/tiskove-zpravy/povodi-moravy-zahajilo-napousteni-plumlovske-prehrady/>.

POVODÍ MORAVY (2013f): Plumlovská přehrada: rychle se blížíme k cíli rekonstrukce [online]. Publikováno 18. 7. 2013 [cit. 2016-03-12]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/media/tiskove-zpravy/plumlovska-prehrada-rychle-se-blizime-k-cili-rekonstrukce/>.

POVODÍ MORAVY (2014a): Povodí Moravy dokončuje mokřad u Plumlovské přehrady. Zbývá ho osázet rostlinami [online]. Publikováno 18. 4. 2014, aktualizováno 24. 4. 2014 [cit. 2016-03-14]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/media/tiskove-zpravy/povodi-moravy-dokoncuje-mokrad-u-plumlovske-prehrady-zbyva-ho-osazet-rostlinami/>.

POVODÍ MORAVY (2014b): Povodí Moravy zahajuje opravu hráze Podhradského rybníka [online]. Publikováno 6. 2. 2014 [cit. 2016-03-15]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/media/tiskove-zpravy/povodi-moravy-zahajuje-opravu-hraze-podhradskeho-rybnika/>.

POVODÍ MORAVY (2015): Koupání na VN Plumlov závisí na odpadních vodách obcí – projekt pokračuje [online]. Publikováno 2. 4. 2015, aktualizováno 8. 4. 2015 [cit. 2016-03-15]. Dostupné z <http://www.pmo.cz/cz/media/aktuality/koupani-na-vn-plumlov-zavisi-na-odpadnich-vodach-obci-projekt-pokracuje/>.

ROSENDORF P. (2009): Ekologické nároky sinic a faktory ovlivňující jejich výskyt v různých typech nádrží. Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka [online]. [cit. 2016-03-12]. Dostupné z: http://www.heisvuv.cz/data/spusteni/projekty/KOUPACIVODYPROF/dokumenty/prilohy/Koupaci_vody_2009_Rosendorf.pdf

SINICE A ŘASY (2016): Galerie [online]. [cit. 2016-03-02]. Dostupné z: <http://galerie.sinicearasy.cz/galerie>

12 SEZNAM ZKRATEK

ČHMÚ- Český hydrometeorologický ústav

ČOV- čistírna odpadních vod

KHS- Krajská hygienická stanice

PAX- polyaluminium chlorid

VD- vodní dílo

VN- vodní nádrž

13 SEZNAM PŘÍLOH

Obr. 2: Soustava vodních nádrží v oblasti Plumlova s přítoky (upraveno)

Zdroj: <http://geoportal.ksrzis.cz/koupacivody/>

Obr. 3: Třetí odběrové místo pláž U vrbiček s vodním květem a modrým lemem, (vlastní)

Obr. 4: *Anabaena* sp., (vlastní)

Obr. 5: *Ceratium* sp. - zimní cysta, (vlastní)

Obr. 6: *Closterium acerosum*, (vlastní)

Obr. 7: *Melosira varians*, (vlastní)

Obr. 8: *Cenobium Pediastrum boryanum* a vlákno sinice *Planktothrix* sp., (vlastní)

Obr. 9: Kolonie *Microcystis* sp., (vlastní)

Obr. 10: *Microcystis* sp., (vlastní)

Obr. 11: *Ulothrix* sp., (vlastní)

Obr. 12: *Trachelomonas* sp., (vlastní)

Obr. 13: *Woronichinia naegaliana*, (vlastní)

Obr. 14: *Cymatopleura* cf. *elliptica*, (vlastní)

Obr. 15: *Aulacoseira* sp., (vlastní)

Obr. 16: *Craticula cuspidata*, (vlastní)

14 PŘÍLOHY



Obr. 2: Soustava vodních nádrží v oblasti Plumlova s přítoky. Převzato z <http://geoportal.krszis.cz/koupacivody/>, (upraveno)

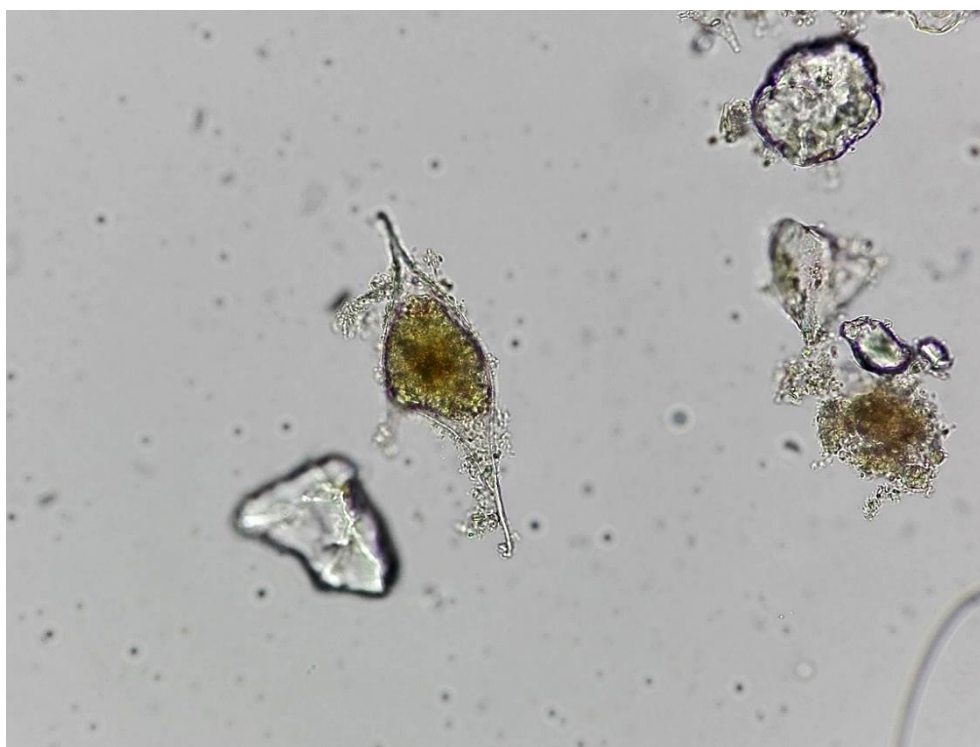


Obr. 3: Třetí odběrové místo pláž U vrbiček s vodním květem a modrým lemem

14.1 Fotografie vybraných zástupců sinic a řas nalezených na VN Plumlov



Obr. 4: *Anabaena* sp., zvětšeno 300x



Obr. 5: *Ceratium* sp. - zimní cysta, zvětšeno 400x



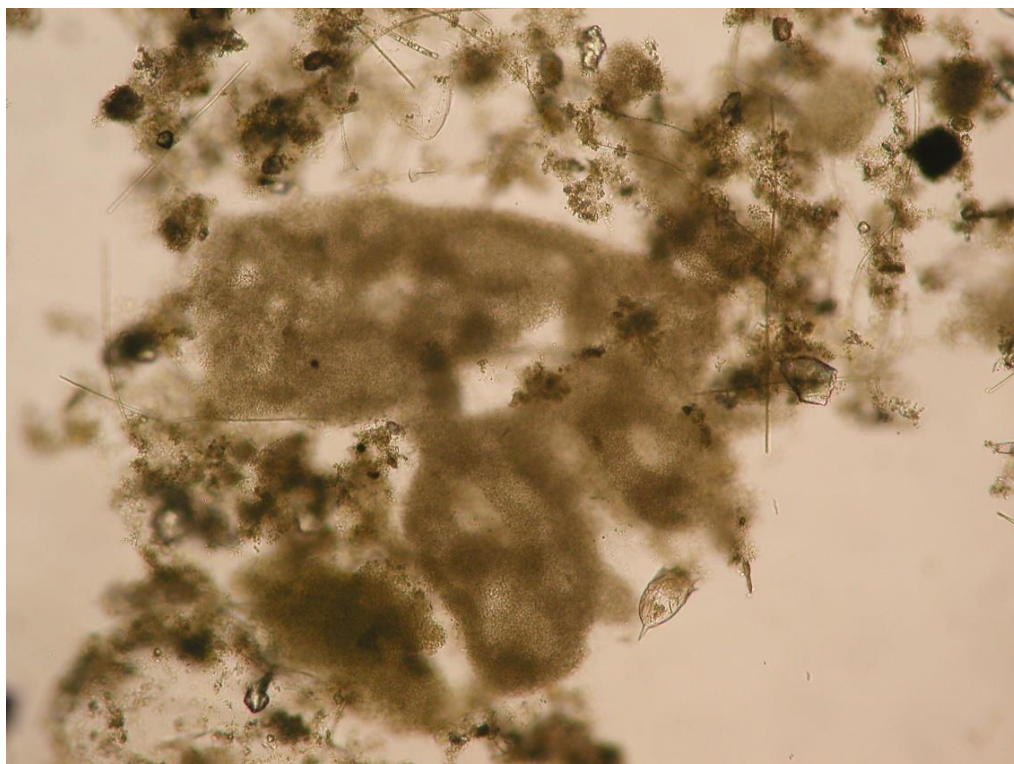
Obr. 6: *Closterium acerosum*, zvětšeno 150x



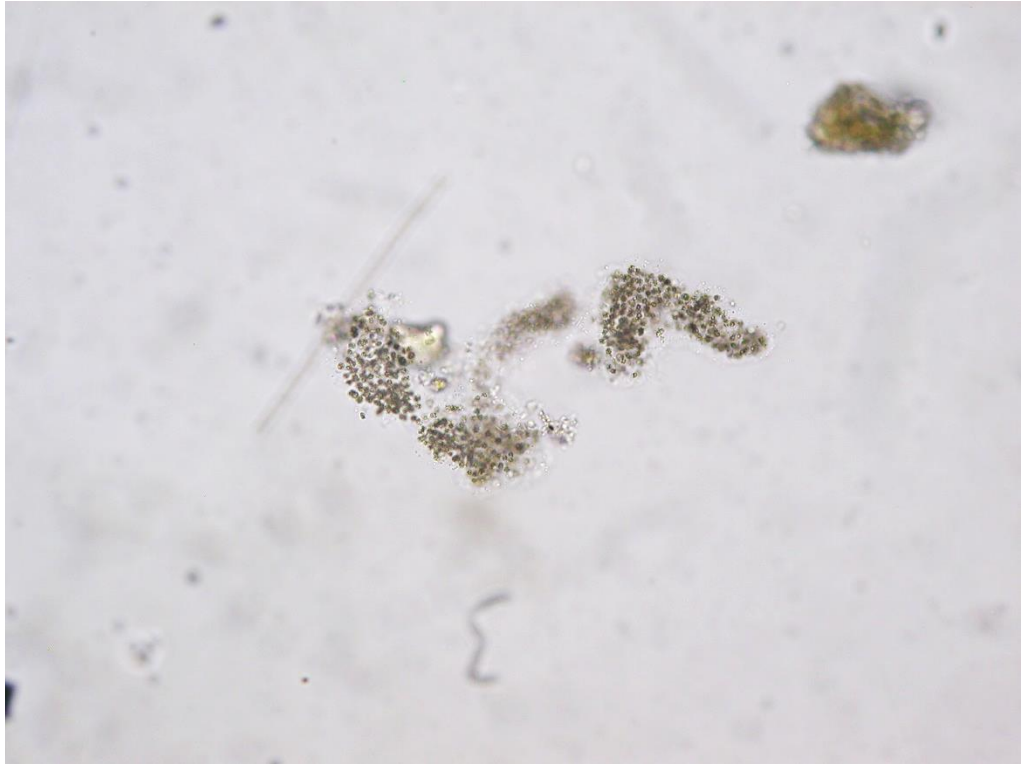
Obr. 7: *Melosira varians*, zvětšeno 400x



Obr. 8: Cenobium *Pediastrum boryanum* a vlákno sinice *Planktothrix* sp., zvětšeno 400x



Obr. 9: Kolonie *Microcystis* sp., zvětšeno 75x



Obr. 10: *Microcystis* sp., zvětšeno 150x



Obr. 11: *Ulothrix* sp., zvětšeno 400x



Obr. 12: *Trachelomonas* sp., zvětšeno 400x



Obr. 13: *Woronichinia naegeliana*, zvětšeno 400x



Obr. 14: *Cymatopleura* cf. *elliptica*, zvětšeno 400x



Obr. 15: *Aulacoseira* sp., zvětšeno 400x



Obr. 16: *Craticula cuspidata*, zvětšeno 300x

ANOTACE

Jméno a příjmení:	Denisa Plšková
Katedra:	Katedra biologie, Pedagogická fakulta UP Olomouc
Vedoucí práce:	Mgr. Jana Štěpánková, Ph.D.
Rok obhajoby:	2016

Název práce:	Složení fytoplanktonu Plumlovské přehrady s ohledem na provedenou revitalizaci
Název v angličtině:	Phytoplankton structure of the Plumlov reservoir with respect to recent revitalization
Anotace práce:	Teoretická část práce shrnuje poznatky o sinicích a řasách, jejich ekologii a problémech při potlačení těchto organismů. Dále práce poskytuje přehled provedených zásahů v rámci revitalizace na Plumlovské nádrži. Stěžejní část práce se zabývá kvalitativním rozbohem složení společenstev sinic a řas v Plumlovské přehradě dle odebraných vzorků. Následně bylo využito indikačních hodnot určených druhů k určení stupně saprobity a trofie vody v nádrži.
Klíčová slova:	Fytoplankton, Plumlovská přehrada, sinice, řasy, eutrofizace, revitalizace, vodní květ, saprobity
Anotace v angličtině:	The theoretical part of the thesis provides knowledge about cyanobacteria and algae, their ecology and problems with reduction of their unwanted populations. The thesis also contains an overview of treatments currently applied at the Plumlov reservoir which were included in the revitalization process. Main part of the thesis presents a qualitative analysis of the cyanobacterial and algal communities composition in samples taken from the Plumlov reservoir. Subsequently,

	ecological indicators of determined species were used to assess the degree of saprobity and trophy of the water.
Klíčová slova v angličtině:	Phytoplankton, Plumlov reservoir, cyanobacteria, algae, eutrophication, revitalization, water bloom, saprobity
Přílohy vázané v práci:	Mapa soustavy vodních nádrží v oblasti Plumlova s přítoky Fotografie vodního květu a modrého lemu na pláži U vrbiček 12 fotografií vybraných zástupců sinic a řas
Rozsah práce:	42 stran + přílohy
Jazyk práce:	Čeština