

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

Katedra botaniky

Markéta Letáková

Primární sukcese řas v revitalizovaném rybníku

Algal primary succession in revitalized pond

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Prof. RNDr. Aloisie Poulíčková, CSc.

Olomouc 2011

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením Prof. RNDr. Aloisie Pouličkové, CSc. a použila jsem přitom pouze uvedené publikace a literární prameny.

V Olomouci dne 21. 3. 2011

.....

Markéta Letáková

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem, kteří mi pomáhali při tvorbě bakalářské práce. Zejména děkuji Prof. RNDr. Aloisii Poulíčkové, CSc. za odborné vedení, cenné připomínky, zapůjčení literatury, pomoc při identifikaci fytoplanktonu a za vstřícný přístup. Děkuji také Mgr. Petru Hašlerovi, Ph.D. za ukázání lokality a pomoc při identifikaci fytoplanktonu, za niž děkuji i Mgr. Petru Dvořákovi. Můj dík patří také pracovníkům Arboreta Bílá Lhota za ochotu, s níž mi umožnili provádět výzkum. V neposlední řadě děkuji Bc. Michaelae Letákové za provedení jazykové korektury.

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Markéta Letáková
Název práce: Primární sukcese řas v revitalizovaném rybníku
Typ práce: Bakalářská práce
Pracoviště: Katedra botaniky PŘF UP
Vedoucí práce: Prof. RNDr. Aloisie Pouličková, CSc.
Rok obhajoby práce: 2011

Abstrakt

Letáková, M.: Primární sukcese řas v revitalizovaném rybníku

Pozorování stavu rybníčního ekosystému bylo provedeno na revitalizovaném rybníku v Arboretu Bílá Lhota. Během dvanácti odběrů od března do listopadu 2010 byly změřeny fyzikálně chemické vlastnosti jako teplota, pH, konduktivita a průhlednost; zjišťována byla také abundance a sezónní výskyt fytoplanktonu.

Oproti době před revitalizací se průměrná teplota poněkud zvýšila, zatímco průměrné pH i konduktivita lehce poklesly. Velmi markantně však vzrostla průhlednost vody, což bylo způsobeno poklesem abundance fytoplanktonu, přičemž se průměrné roční hodnoty pohybovaly pouze okolo 2000 jedinců na ml vody.

Sezónní dynamika fytoplanktonu byla charakterizována rozsivkami a v menší míře také skrytčkami a zelenými řasami v jarním období. Neočekávaný a zajímavý byl výskyt druhů indikujících čisté mezotrofní vodní plochy, které se zde v tomto období objevily. Patřily mezi ně například zlativky (*Dinobryon divergens*). Skrytčky a penátní rozsivky byly nejpočetnější v období letním a stejně tak tomu bylo i na podzim, pouze se zvýšilo množství rozsivek centrických. Sinice, dominující skupina před revitalizací, se zde neobjevily ve znatelném množství a *Planktothrix agardhii*, hlavní dominanta minulých let, nebyla zaznamenána vůbec. Pokles abundance sinic byl zapříčiněn snížením koncentrace fosforu ve vodním prostředí, které bylo způsobeno odbahněním. Tento stav, spolu s prosvětlením díky vykácení okolních stromů, favorizoval vláknitou řasu rodu *Cladophora*, která v rybníce v Bílé Lhotě dominovala po celou sezónu, a její inokulum bylo pravděpodobně do rybníka vneseno s výsadbou vodních makrofyt v litorálu.

Naměřené fyzikálně chemické hodnoty a hodnoty týkající se fytoplanktonu vypovídají o zlepšení jakosti vody po provedené revitalizaci. Nicméně pro konstatování závěru je potřeba dlouhodobějšího pozorování.

Klíčová slova: revitalizace, primární sukcese, rybník, fytoplankton, ekosystém

Počet stran: 41
Počet příloh: 1
Jazyk: Čeština

Bibliographical identification

Author's first name and surname: Markéta Letáková
Title: Algal primary succession in revitalised pond
Type of thesis: bachelor
Department: Department of Botany, Faculty of Science, Palacký University
Supervisor: Prof. RNDr. Aloisie Poulíčková, CSc.
The year of presentation: 2011

Abstract

Letáková, M.: Algal primary succession in revitalized pond

The observation of the fishpond's ecosystem took place in a revitalized pond in Arboretum Bílá Lhota. Twelve samples were taken from March to November 2010, the physical and chemical characteristics like temperature, pH, conductivity and transparency were measured. Abundance and seasonal structure of phytoplankton were investigated.

Compared to the time before revitalization, the average temperature rose a bit, while the average pH and conductivity slightly dropped. Nevertheless, the increase in water transparency was really noticeable, due to phytoplankton abundance decreasing, the average annual values moved only around 2000 individuals in ml of water.

The seasonal dynamics of phytoplankton was characterized by diatoms and a little bit less by cryptomonads and green algae in a spring time. Interesting and unexpected was the presence of species indicating pure mesotrophic waters, which for instance included golden algae like *Dinobryon divergens*. Cryptomonads and pennate diatoms were the most common during a summer, similarly like in an autumn, but there were also centric diatoms. Cyanobacteria, the group dominating during the time before revitalisation, did not appear in a considerable amount, and *Planktothrix agardhii*, the main protagonist of the previous years, has not been noticed at all. The decline in an abundance of cyanobacteria was caused by the decrease of phosphorus concentration in the water environment, which was brought about by the process of mud removal. Phosphorus limitation and higher light availability privileged filamentous algae *Cladophora* that dominated in a pond in Bílá Lhota for a whole year.

The physical and chemical values measured, together with the values concerning phytoplankton, show the improvement of the water quality after the accomplishment of revitalization. Despite this fact, the total conclusion of the problem requires longer observation.

Key words: revitalization, primary succession, fishpond, phytoplankton, ecosystem

Number of pages: 41

Number of appendices: 1

Language: Czech

Obsah

1. ÚVOD.....	8
2. CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE.....	8
3. FYTOPLANKTON.....	9
3.1. Biologie sinic a řas.....	9
3.2. Fytoplankton: definice, rozdělení.....	12
3.3. Sezónní dynamika fytoplanktonu.....	12
4. RYBNÍKÁŘSTVÍ.....	14
4.1. Historie rybníkářství.....	14
4.2. Definice a funkce.....	14
4.3. Rozdělení rybníků.....	15
4.4. Fyzikální a chemické vlastnosti.....	15
4.5. Charakteristika rybníčního dna.....	16
4.6. Primární a sekundární produkce v rybníčním prostředí.....	17
4.7. Úrodnost rybníků.....	17
5. MANAGEMENT RYBNÍKŮ.....	20
5.1. Meliorace.....	20
5.2. Odbahňování.....	20
5.3. Vápnění.....	21
5.4. Hnojení.....	22
5.5. Vlastnosti eutrofních rybníků.....	22
5.6. Zvyšující se zásaditost.....	23
5.7. Mechanická redukce.....	23
5.8. Chemická redukce.....	23
5.9. Biologická redukce.....	24
6. ARBORETUM BÍLÁ LHOTA.....	24
6.1. Popis lokality, vznik arboreta.....	24
6.2. Rybník v Arboretu Bílá Lhota.....	25
6.3. Revitalizace.....	25
7. ALGOLOGICKÉ STUDIE V BÍLÉ LHOTĚ.....	26
7.1. Výzkum životního cyklu <i>Planktothrix agardhii</i>	26
7.2. Studium sedimentů, jako zdroje paleoekologických informací a „semenné banky“ sinic a řas.....	27
7.3. Výzkum účinku látky PAX-18 na rybníční prostředí.....	28

8. METODY PRÁCE.....	30
8.1. Práce v terénu	30
8.2. Práce v laboratoři	30
9. VÝSLEDKY A DISKUSE.....	31
9.1. Fyzikální a chemické parametry	31
9.1.1. Teplota.....	31
9.1.2. Konduktivita	32
9.1.3. pH	33
9.1.4. Průhlednost	33
9.2. Kvantitativní stanovení fytoplanktonu	34
9.3. Sezónní dynamika fytoplanktonu	35
9.3.1. Jaro	35
9.3.2. Léto	36
9.3.3. Podzim	36
10.ZÁVĚR	38
11.POUŽITÁ LITERATURA	40
11.1. Internetové zdroje.....	41

1. ÚVOD

Eutrofní stav rybníků je dnes v České republice velmi častý, jinak je tomu u rybníka v Arboretu Bílá Lhota. Eutrofizace způsobuje mnoho nežádoucích jevů, snižuje například diverzitu a způsobuje přemnožení nějakého taxonu. V Bílé Lhotě dominovaly po dlouhou dobu sinice, které svým zápachem obtěžovaly návštěvníky arboreta. Přistoupilo se tedy k odbahnění, jednomu z procesů, které mají tento stav změnit.

2. CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Tato bakalářská práce je zaměřena na algologický výzkum revitalizovaného rybníka v Arboretu Bílá Lhota. Rybník v minulosti sloužil jako modelová lokalita pro paleolimnologické hodnocení procesu eutrofizace, roční a diurnární změny populace *Planktohris agardhii*, využití nárostů pro monitoring trofie rybníků a posouzení účinnosti chemického ošetření s cílem likvidace vodního květu *Planktohris agardhii*. Moje práce navazuje na sérii předchozích studií a jejím úkolem je studium vývoje fytoplanktonu po výrazném revitalizačním zásahu, spojeném s odbagrováním sedimentů, vykácením okolních stromů a výsadbou vodních makrofyt. V rámci bakalářské a navazující diplomové práce by měl být ve dvou následujících sezónách sledován fytoplankton a fyzikálně chemické parametry.

Cílem práce je:

1. Zpracování literární rešerše k problematice eutrofizace rybníků a vývoji fytoplanktonu rybníka v Arboretu Bílá Lhota v letech před revitalizací.
2. Pravidelný odběr vzorků, měření vybraných fyzikálních a chemických vlastností vody (pH, teplota, vodivost, průhlednost) v průběhu sezóny 2010.
3. Vyhodnocení abundance, struktury, dynamiky a druhového složení fytoplanktonu v prvním roce po napuštění.

V rámci navazující diplomové práce pak půjde o porovnání sezón 2010 a 2011 s obdobím před odbahněním a tedy zhodnocení účinku odbahnění na eutrofní rybník s dominantním postavením *Planktothrix agardhii*.

3. FYTOPLANKTON

3.1. Biologie sinic a řas

Řasy a sinice jsou drobné organismy, přesto jsou naprosto nepostradatelné. Řadí se mezi primární producenty, na jejichž existenci jsou závislé organismy z vyšších trofických úrovní. Nejmarkantnější roli hraje mořský fytoplankton, tvořící 40 % celkové světové primární produkce rostlin. Jako každá skupina živých organismů, mají řasy svůj charakteristický způsob přijímání potravy, strukturu těla, jak velikostní, chemickou tak tvarovou, způsob rozmnožování a typická místa svého výskytu.

Řasy a sinice se živí fotoautotrofně. Obsahují fotosyntetická barviva umožňující proces zvaný fotosyntéza, kdy je za přítomnosti slunečního záření a vody oxid uhličitý převeden na cukr a kyslík. Energie slunečního záření je přeměněna na energii chemickou. Některé řasy jsou schopny využívat anorganické látky, jejich výživa je mixotrofní. Bičíkovci jako obrněnky či krásnoočka dokonce fagocytují drobné bakterie, živí se heterotrofně. Z tohoto důvodu jsou řazeni jak do rostlin, tak do živočichů.

Velikost sinic a řas je většinou mikroskopická. Lidské oko zaznamená pouze velká seskupení těchto organismů, jako je například vodní květ sinic, nebo milimetrové kolonie vytvářené válečem. Nicméně existují i několik centimetrů až decimetrů dlouhé parožnatky, které jsou nejvyspělejší skupinou, a blíží se proto svou stavbou vyšším rostlinám. Nejdelšími řasami vůbec jsou mořské chaluhy dosahující délky až několika metrů.

Sinice a řasy z různých skupin obsahují specifická barviva, a z toho důvodů odráží světlo o různých vlnových délkách, jeví se nám v odlišných barvách. Sinice mají modrozelenou barvu, protože obsahují fykobiliny, modrý fykocyanin a červený fykoerytrin. Jejich chlorofyl je typu a. Ruduchy jsou červené také kvůli fykobilinům, mají chlorofyl a a d. Hnědé řasy, jako zlativky a rozsivky, obsahují speciální barvivo fukoxanin, hnědé řasy bez tohoto barviva jsou zelené. Jejich chlorofyl je typu a a c. Zelené řasy s chlorofylem a a b jsou nejvyvinutější skupinou. Chlorofyl b je totiž přítomen také u vyšších rostlin, a proto se předpokládá, že zelené řasy jsou jejich předchůdkyněmi.

Řasy a sinice se řadí k nižším rostlinám, protože je jejich tělo tvořeno stélkou, nikoliv rostlinnými orgány. Stélka může být různého tvaru. Rozlišujeme monadoidní stélku, vyskytující se u jednobuněčných bičíkovců, rhizopodovou stélku proměnlivého tvaru, která vytváří panožky, stélku kapsální, což je jednobuněčná stélka ukrytá ve slizu. Kokální stélku tvoří buňky schopné se seskupovat v kolonie či cenobita, v trichální stélce jsou již buňky spojeny ve vlákna.

Pletivnatou stélku připomínající primitivní pletiva mají ruduchy a chaluhy. Sifonokladální stélka je vakovitá nebo vláknitá s mnohojadernými buňkami a nakonec stélka sifonální, kterou tvoří jedna velká mnohojaderná buňka rozlišená na rhizoid, kauloid a fyloid.

Rozmnožování řas a sinic probíhá nepohlavně i pohlavně. Mezi nepohlavní se řadí například dělení jedné buňky na dvě buňky dceřiné. Během vícenásobného dělení vznikají spory, pohyblivé zoospory a nepohyblivé autospory. U vláknitých řas nebo kolonií dochází k fragmentaci kolonie. Při pohlavním rozmnožování dojde ke splynutí gamet za vzniku zygoty. V závislosti na tom, jaké typy buněk splývají, rozlišujeme hologamii, kdy splývají vegetativní buňky, izogamii, při níž splývají stejně velké buňky totožného tvaru a anizogamii, u níž jsou gamety různé velikostně i tvarově. Nejdokonalejší je oogamie, kde se vyskytuje jedna velká vaječná buňka a pohyblivé spermatické buňky.

Většina skupin se rozmnožuje jak pohlavně tak nepohlavně. Nepohlavní rozmnožování zajistí velké množství naprosto totožných jedinců, kteří jsou úspěšní ve stálém a neměnném prostředí, zatímco jedinci vzniklí pohlavním rozmnožováním jsou variabilní a tedy úspěšnější v měnících se faktorech prostředí. Rozlišujeme tři životní cykly. Při zygotickém cyklus, který je nejčastější, je organismus po celý život haploidní, diploidní je pouze zygota. V gametickém cyklu jsou řasy diploidní neustále kromě stadia gamet. Ve sporickém cyklu se střídá gametofyt a sporofyt. Tento děj se nazývá rodozměna.

Sinice a řasy mají kosmopolitní rozšíření. Nejčastější jsou ve vodě, najdeme je však i na souši. V tekoucích vodách bývají přisedlé na kamenech (tzv. bentos), jsou schopné žít jako epifyti na jiných řasách či vyšších rostlinách. V pomalu tekoucích a hlavně ve stojatých vodách se objevují planktonní řasy vznášející se ve vodním sloupci. Kromě vody obývají i jiná místa. Řasy a sinice najdeme na sněhu (*Cryptomonas nivalis*), v půdě a na kůře stromů (*Desmococcus*). Dokonce se vyskytují i na stanovištích s velice extrémními podmínkami jako jsou termální prameny, jejichž teplota se pohybuje okolo 65 °C, chemicky specifické minerální prameny či velmi málo osvětlené jeskyně. Krátkodobě osidlují také podzemní vody.

Řasy je možné využívat pro celou škálu účelů. V některých přímořských zemích slouží řasy coby potrava bohatá na důležité látky jako jsou agar, algináty, karagen a sloučeniny jodu. Nicméně i sladkovodní řasy, jelikož obsahují mnoho vitamínů a minerálních látek, slouží jako doplňky stravy, užívané především ve formě tablet. Ve vědě se řasy používají jako testovací organismy. Z ekologického hlediska jsou to bioindikátory, s jejichž pomocí můžeme kontrolovat jakost povrchových vod.

Výskyt těchto organismů však může být za jistých okolností nežádoucí. Vodní nádrž v letním období využívaná ke koupání se stane toxickým místem, pokud dojde k přemnožení vodního květu. Také řasy a sinice v bazénech, akváriích nebo na střešních krytinách mnoho

radosti nezpůsobí. Jejich odstranění je jednoduché z chemického hlediska, ekologicky se jedná o závažný problém. Proto se upřednostňuje spíše biologický postup. Jakmile zjistíme, jaký druh se na lokalitě vyskytuje, podpoříme podmínky, které na něj působí nepříznivě. Může se jednat o ovlivnění stupně zastínění, změnu pH či teploty atd.

Sinice a řasy jsou sice drobnými organismy, ne však svým významem. Představují velmi úspěšnou skupinu, která na Zemi žije již několik milionů let. Ať už mají některé druhy nepříznivý vliv na nás lidi, je potřeba zmínit, že to byly právě starodávné mořské sinice, které začaly do atmosféry uvolňovat kyslík, a umožnily tak život v podobě, v jaké ho známe dnes. (Pouličková, Jurčák, 2001)

Tab.1: Současné zařazení řas a sinic (Kalina, Váňa, 2005)

Impérium	Říše	Oddělení
Prokarya	Bakterie	Sinice
Eukarya	Prvoci	Eugleny
		Obrněnky
		Chlorarachniophyta
	Chromista	Skrytěnky
	Rostliny	Heterokontophyta
		Glaucophyta
		Ruduchy
Zelené řasy		
	Parožnatky	

3.2. Fytoplankton: definice, rozdělení

„Organismy, které se volně vznášejí ve vodě aktivním pohybem (migrací) nebo pomocí vodních proudů, s hustotou málo vzdálenou od 1 a menší než 1 cm se nazývají plankton“ (Hindák, 1978). Fytoplankton je rostlinná část planktonu.

Podle velikosti se plankton dělí do čtyř skupin. Makroplankton je viditelný pouhým okem a tvoří ho několik milimetrů dlouhé kolonie. Jednotlivé buňky či kolonie větší než 50 μm jsou součástí mikroplanktonu. Nanoplankton má velikost 50 μm a méně, ultraplankton je velký 1 μm a nazývá se někdy jako tzv. μ -algae.

Dále se fytoplankton rozděluje podle toho, jakým způsobem se udržuje ve vrchní vrstvě nádrže, která má nejnávhodnější podmínky pro život. Některé řasy jsou schopné se vznášet na vodní hladině, protože jejich hustota je menší než hustota vody. Jejich typickým představitelem jsou kolonie sinic s aerotopy, vytvářející vodní květ. Bičíkovci se udržují v eufotické vrstvě díky svému aktivnímu pohybu. Nepohyblivé organismy pomalu klesají, pokud nejsou vyneseny zpět proudem nebo živočichy.

Některé řasy jsou vázané na planktonní způsob života, takže když se dostanou ke dnu, buď vytvoří klidové stadium, nebo jednoduše zahynou. Jsou to tzv. euplanktonní organismy. K jejich zástupcům patří například *Aphanizomenon*, *Dinobryon*, *Astrionella*, *Chlamydomonas*, *Closterium*, *Rhodomonas* a mnoho dalších. Jiné druhy, jako třeba *Scenedesmus*, střídají litorální a bentosový způsob života s planktonním. Část svého života jsou vázání na litorál, později se uvolňují do volné vody (pelagiálu).

3.3. Sezónní dynamika fytoplanktonu

Ve fytoplanktonu dochází během roku vlivem měnících se vnějších podmínek ke střídání výskytu druhů. Roli hraje zejména dostupnost živin, teplota a světlo. V našich zeměpisných podmínkách, tedy v mírném pásmu, lze dynamiku rozdělit do následujících částí (Hindák, 1978).

Jarní aspekt

Na jaře se vodní sloupec v důsledku oteplování povrchových vrstev promíchává a živiny se ode dna dostávají do prosvětlené zóny. Vodní nádrže jsou bohaté živinami, částečně i díky

splachům z okolí. Pro málo úživné vody toto období představuje nejbohatší část celého roku. Jarní aspekt je nejvýraznější v období od března do května. Do této skupiny řadíme například rozsivky a kryptomonády, jinými slovy „řasy, které netvoří cysty a nemusí se tedy zdržovat klíčením“ (Gusevová, 1947).

„Clearwater“ stádium

Po nějaké době se však živiny vyčerpají a zooplankton navazující na vrchol jarního fytoplanktonu řasy požírá. Jarní aspekt ustupuje, fytoplankton letního období ještě neměl příležitost rozmnožit se. Toto stadium je typické pro hluboké přehradní nádrže (např. Římov).

Letní období

Během června a července vrcholí letní fytoplankton, který v eutrofních vodách představuje sezonní maximum. Objevuje se vnitřní dynamika, způsobující to, že se střídají období s dominantním postavením různých populací. Typickými zástupci jsou zelené řasy, sinice a rozsivky. Během září a října se v eutrofních rybnících hojně objevují vodní květy sinic.

Zimní období

Zima je pro život řas velmi nepříznivá. To ovšem neznamená, že by se řasy v tomto období vůbec nevyskytovaly. Pod ledem bývá teplota okolo 4 °C. Krátkodobě zde dochází k objevení rozsivek či některých bičíkovců. Podle perenace rozlišujeme 3 skupiny řas. První vůbec netvoří cysty a jejími zástupci jsou kokální sinice či většina rozsivek. Nepříznivé podmínky přežívají jako „fyziologické“ cysty, což je morfologicky nerozlišené stadium. Druhou skupinou jsou řasy tvořící cysty jen výjimečně. Patří sem *Aphanizomenona* zelené řasy žijící v koloniích. Za třetí existují organismy, jako *Dinobryon*, *Ceratium* a *Anabaena*, které by bez spor nepřežily.

4. RYBNÍKÁŘSTVÍ

4.1. Historie rybníkářství

Rybníkářství má v České republice dlouholetou tradici. V minulosti si lidé začali vytvářet umělé vodní plochy pro uchovávání ryb, které ulovili. První zmínky o přehrazování vodních toků pochází již ze 13. století. V 15. století dochází k rozvoji, protože na panstvích se rybníkářství stalo populárním. Lidé hledali, jak by se produkce ryb dala zvýšit. Na základě dlouholetého pozorování pak například zjistili, že je výhodnější mít různě staré ryby v nádržích o různých charakteristikách. Menší nádrže sloužily pro tření a růst malých ryb. Ve větších se pěstovala násada a velké rybníky sloužily pro tržní kapry. V průběhu času se obliba rybníkářství měnila. V 17. století lidé změnili své stravovací návyky, a tím se rybníkářství vytratilo z popředí zájmu. V 19. století se však zájem znovu obnovil. A bylo to právě toto období, kdy člověk začal významně ovlivňovat produkční charakteristiky pomocí krmení ryb, hnojení a vápnění, začal zvyšovat trofii. Důsledkem bylo zvýšení produkce ryb. (Chocholáč, 2004)

V současné době je na našem území okolo 25 000 rybníků o celkové rozloze 53 000 hektarů. České rybníkářství je známé i ve světovém měřítku díky proslulému českému kaprovi a také intenzivnímu vědeckému bádání. To se rybníkům věnuje již od 70. let 20. století a bylo zahájeno v rámci projektu IBP. (Přikryl, 2004)

4.2. Definice a funkce

Význam rybníků se dá hodnotit z mnoha úhlů pohledu, jejich nejrozšířenějším úkolem je chov ryb. „*Rybník je vypustitelná umělá vodní nádrž sloužící chovu ryb*“ (Čítek et al., 1998). Definice však není vyčerpávající, protože rybník má také význam vodohospodářský, neboť zadržuje vodu a urovnává vodní bilanci. Je nezastupitelným biotopem, umožňujícím život mnoha druhům organismů od hnízdícího ptactva až po drobné planktonní druhy. Z klimatického hlediska zvyšuje vzdušnou vlhkost přilehlého okolí. Dále je zásobárnou užitkové vody a může sloužit k rekreaci. Velmi významně utváří krajinu, ať už z biologického či čistě estetického hlediska. V neposlední řadě se využívá k výrobě energie.

4.3. Rozdělení rybníků

Rybníky dělíme podle různých kritérií. Prvním z nich je nadmořská výška, přičemž mluvíme o vrchovinných a nížinných rybnících. Vrchovinné mívají nižší průměrnou roční teplotu vody, kratší vegetační období, a proto nejsou příliš vhodné k chovu ryb. V závislosti na okolí vodních ploch rozlišujeme rybníky polní, které bývají velmi úrodné, protože do nich prosakují průmyslová hnojiva. Dále jsou to rybníky luční a lesní zásobované kyselou vodou, návesní a podvesní sloužící k dočišťování odpadních vod a obsahující také velké množství živin. Voda v rybníce pochází z různých zdrojů. Pokud je vodní plocha zásobena pouze deštěm a nemá žádný jiný přítok, jedná se o tzv. nebeské rybníky. Pramenité rybníky napájí pramen nacházející se buď v blízkosti vodní nádrže, nebo přímo v ní. Takováto místa obsahují soli, sloučeniny železa, zato kyslíku zde nebývá mnoho. Pokud se na takovém místě chovají ryby, je potřeba přihnojovat. Rybníky průtočné zásobuje protékající voda. Ta ovšem snižuje úrodnost, odplavuje totiž živiny a plankton. Existují také náhonové rybníky, které napájí řeka či potok. Člověk může regulovat výšku hladiny pomocí náhonu. (Čítek et al., 1998)

4.4. Fyzikální a chemické vlastnosti

Celkový charakter rybníka je významně ovlivňován jeho fyzikálními a chemickými vlastnostmi. Teplota vody je závislá na intenzitě slunečního záření, charakteru nádrže, počasí, pohybu a promíchávání vody. Světlo má nenahraditelný význam pro asimilaci rostlin a prohřívání vody. Pokud voda obsahuje nadměrné množství živin, tvoří se vegetační zákal, a následně může dojít ke snížení obsahu kyslíku. Voda totiž absorbuje jen malé množství světla, a tím je omezena asimilace fytoplanktonu i vodních rostlin. Kyslík společně s oxidem uhličitým se dostává do vody také pomocí difuze, ale bez nedostatečné fotosyntézy kyslíku ve vodním prostředí není dostatek. Kyslík a oxid uhličitý jsou ve vzájemném vztahu: když jednoho přibývá, druhého ubývá. V závislosti na koncentraci těchto látek dochází ke změnám acidity a alkality. V rybníce je rovnováha mezi zásaditou a kyselou složkou, tedy mezi HCO_3^- a CO_2 . Během fotosyntézy je oxid uhličitý spotřebováván a zásadité složky je najednou více, chemická rovnováha je narušena. pH, tedy záporný dekadický logaritmus aktivity H^+ iontů, se zvedne z neutrální oblasti do oblasti alkalické, přičemž může být dosaženo hodnoty až $\text{pH}=11$. Během dne, v závislosti na slunečním světle tedy přirozeně dochází k větším či menším změnám pH. (Lellák, Kubíček, 1992)

Také anorganické látky ovlivňují život ve vodní nádrži, ať pozitivním či negativním způsobem. Jedním z nejdůležitějších prvků podporujících růst rostlin je *dusík*. Do vody se dostává srážkami a výluhem z půdy ve formě dusičnanových, dusitanových případně amonných iontů. *Fosfor*, vyskytující se především jako fosforečnan, do rybníka proniká obdobně jako dusík. Znečištěná voda přitékající do vodní nádrže však také často hraje svou roli. Je to prvek limitující biologickou produktivitu. *Vápník* ve sloučeninách uhličitanů, fosforečnanů a síranů svou přítomností ovlivňuje pH a tvrdost vody (společně s hořčíkem), *sodík* a *draslík* jsou prvky důležité pro asimilaci. Poslední dobou bohužel dochází ke zvyšování koncentrace prvků, jako je *rtuť*, *olovo*, *kadmium*, *měď* a *zinek*, které jsou toxické a akumulují se v sedimentech. (Čítek et al., 1992)

4.5. Charakteristika rybníčního dna

Jednou z nejsignifikantnějších částí rybníka je jeho dno. Dochází zde k vzájemnému působení mezi dnem, vodou a organismy. Rybníční dno významně ovlivňuje množství živin, které se v rybníce nachází. Dělí se na několik částí. Ta nejsvrchnější z nich se nazývá *aktivní dno* (5-12 cm). Spolupůsobením bakterií dochází k tvorbě organických sloučenin, ty se pak na dně usazují. Tato vrstva má největší význam. Díky tomu, že je bohatá na koloidy, umožňuje poutání a uvolňování živin. Je tmavší kvůli přítomnosti humusu a obsahuje také bakterie a živočišné potravní organismy, tzv. bentos. Následuje *spodní vrstva bahna*, černá méně aktivní, sloužící jako zásobárna živin. Aktivní neboli také vrchní a spodní vrstva bahna by měly mít dohromady do 30 cm. Pokud je vrstva širší, je na místě využít vhodného melioračního zásahu. *Vrstva propustné spodiny* je původní vrstva půdy, na níž byl rybník založen. Má světlou barvu a vyskytují se v ní minerální látky. Optimální tloušťka je 60 cm. Poslední a nejspodnější vrstvou je *spodní nepropustná vrstva*. Její funkce je především zadržování vody v rybníce. V případě vypuštění rybníka se provádí prohlídka dna. Posuzují se faktory jako například zbarvení dna, složení humusu a tloušťka 2 horních vrstev. Podle zjištěných výsledků se vhodným zásahem, tj. nejčastěji odbahněním či čištěním, vylepší podmínky vodní nádrže. (Čítek et al., 1998)

4.6. Primární a sekundární produkce v rybničním prostředí

Stejně jako v každém ekosystému i v rybníce dochází k přenosu látek a energie v potravních řetězcích. Bazální část pyramidy energie tvoří fytoplankton a vodní rostliny, tedy primární producenti. Jsou následováni býložravci, například býložravými rybami jako je amur bílý nebo tolstolobec pestrý, kteří jsou primárními konzumenty. Sekundární konzumenty tvoří živočichové požívající býložravce a k terciárním konzumentům patří živočichové požírající masožravce. Rybniční produktivita je výrazně ovlivněna množstvím biogenních prvků ve vodě.

Primární produkce se dělí na hrubou a čistou. Organická hmota, která se v rybníce vytvoří, je hrubou produkcí. Čistá se od ní liší tím, že neobsahuje metabolické ztráty vlastních producentů. Čistá primární produkce je využívána dalšími trofickými úrovněmi jako potrava, a proto není příčinou hromadění biomasy. Její velikost je ovlivněna intenzitou osvětlení, teplotou a dostatkem živin. Primárními producenty jsou bakterie, plísňe, houby, sinice a řasy a také vyšší rostliny. Řasy způsobují charakteristické zabarvení, které svědčí o určitém stupni úrodnosti vodní plochy. Vyšší rostliny je možné rozdělit na tzv. měkké porosty, vodní rostliny, na nichž žijí přichycené bentické organismy, kterým tyto rostliny slouží jako potrava, a které po odumření zvyšují obsah organických látek ve vodě, a tzv. tvrdé porosty jako je rákos, orobinec, puškovec, zblochan vodní a kosatec. Ty rostou v mělčích částech rybníka, a protože berou hodně živin, stíní a pomalu se rozkládají, bývají hodnoceny spíše negativně.

Sekundární produkce je tvořena zvyšujícím se množstvím organické hmoty v těle konzumentů, tedy v tělech zooplanktonu, nižších červů, korýšů, hmyzu, v larvách měkkýšů, nebo třeba ryb. Je plně závislá na produkci primární, neboť ji spotřebovává. Plankton, který se nevyužije, dává vzniknout rybničnímu detritu a tento jev je v managementu rybníků nežádoucí. Podle množství hmyzu žijícího v bentosu můžeme určit stav úrodnosti vodní plochy. (Čítek et al., 1998)

4.7. Úrodnost rybníků

Množství živin ve vodní ploše využívané k chovu ryb je charakterizováno schopností rybníků vytvářet přirozenou potravu ryb a je vyjadřováno jako celková hmotnost přírůstku ryb na jednotku plochy. Je závislé na mnoha faktorech. Obecně platí, že je vyšší, pokud je hloubka rybníků v rozmezí od 1-1,5 metrů, pokud je rybník středně velký, ideálně od 5 do 20 hektarů,

když jsou málo zarostlé břehy a dno je hlinité nebo hlinitopísčité s malou vrstvou aktivního bahna. Velká hloubka, fakt, že je rybník průtočný, písčité, intenzivně zabahněné dno, příliš velká plocha a hodně porostů naopak úrodnost snižují.

Tab. č. 2: Rozdělení úrodnosti rybníků podle přirozeného přírůstku ryb (Čítek et al., 1998)

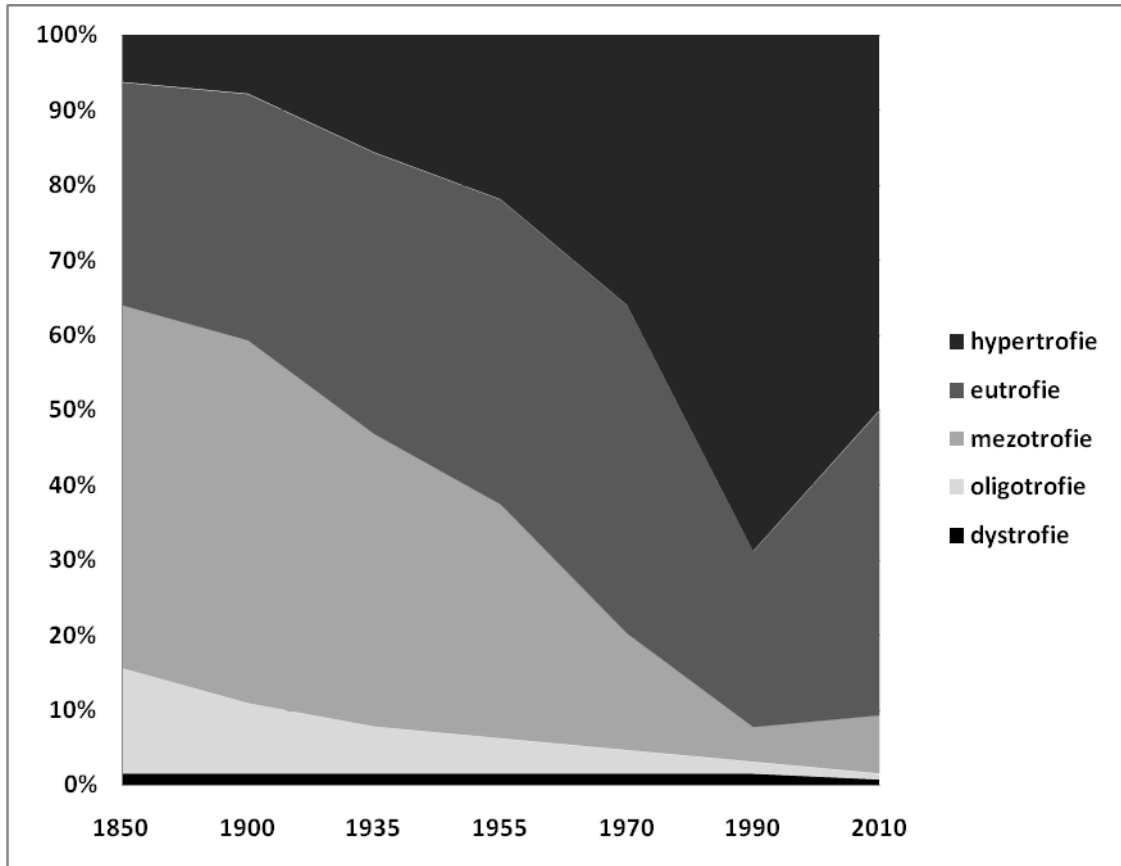
Rybníky	Přirozený přírůstek (kg.ha ⁻¹)
vysoce úrodné	≥ 200
s dobrou produkcí	100-200
středně úrodné	50-100
málo úrodné	< 50

Podle trofie rozdělujeme rybníky do čtyř skupin. Dystrofní vodní plochy obsahují sice organickou hmotu, ta však není ve formě přístupné organismům, a tak je to místo chudé na živiny a kyslík. Oligotrofní lokality charakterizuje nedostatek živin a nízká primární produkce. Biodiverzita není velká, stejně jako hustota organismů. Mezotrofní rybníky tvoří přechodný stav mezi oligotrofií a eutrofií. Hustota organismů je malá, avšak biodiverzita je maximální. Na mezotrofní lokalitě nepřevládá žádný druh, biocenoza je velmi stabilní. Naopak eutrofní vodní plochy jsou typické vysokým obsahem živin a velkou hodnotou primární produkce. Biodiverzita bývá nižší, některé druhy dominují nad jinými svou četností. Extrémní případ představují hypertrofní lokality, které jsou druhově velmi chudé, zato biomasa a hustota některých druhů je obrovská. Biocenoza nebývá příliš stabilní.

V poslední době představuje eutrofizace stále závažnější problém, protože se stává převažujícím stavem rybníků, a to již od 2. poloviny 20. století. Tento proces zvyšování trofie je zapříčiněn zvyšováním biogenních prvků jak anorganických tak organických, dostávajících se do vody splašky a průsaky ze zemědělsky obdělávané půdy. Na rybnících potom nastává rozvoj autotrofních organismů, nejčastěji sinic tvořících vodní květ nebo makrovegetace. To je z mnoha důvodů nežádoucí, mluvíme-li o lokalitě zamořené sinicemi, je to z důvodu toxicity,

zápachu, potlačení jiných druhů a mnoha dalších. Do problematiky eutrofizace velmi výrazně zasahuje člověk hospodářskými opatřeními jako je meliorace, vápnění a hnojení.

Graf č. 1: Zvyšující se trofie rybníků od 2. poloviny 19. století (Příkryl, 2004)



5. MANAGEMENT RYBNÍKŮ

Rybníky jsou umělé nádrže, a proto bez lidského zásahu po čase jakost vody klesá. Může docházet k jejich tzv. stárnutí, to znamená, že se snižuje kvalita vody i celého rybníčního ekosystému. Na rybníkářství bylo dříve nahlíženo spíše z hlediska produkce ryb. Management zahrnoval některé zásahy, které produkci zvyšují, z ekologického hlediska se s nimi však dnes nelze ztotožnit. Nicméně tyto procesy demonstrují historický vývoj pohledu na tuto problematiku, a proto jsou zde zmíněny.

5.1. Meliorace

Meliorace představuje jakýkoliv umělý zásah do rybníčního prostředí, který je konán za účelem zlepšení vlastností dna, kvality vody a vlastně celého stanoviště. Pomáhají udržovat rovnováhu vodních organismů a mají zpravidla dlouhodobější účinnost. Nejčastěji se zlepšují fyzikální, chemické a biologické vlastnosti dna, protože právě ono nejvíce ovlivňuje jakost vody a koloběh látek. Meliorace také zahrnuje odstraňování nežádoucích porostů, zimování nebo letnění vodních ploch.

5.2. Odbahňování

Odbahňování, proces úpravy rybníčního dna, je poměrně drahá metoda, a je proto výhodné nadměrnému zabahnění předcházet, pokud je to ovšem možné. Provádí se například pravidelná regulace rostlinstva, vysekávají se zvláště tvrdé porosty a kompostují se, a tím se zrychlí rozklad organické hmoty. Vhodné je také zimování a letnění. První zmiňované spočívá v tom, že se rybník na zimu vypustí. Koloidní humusové částice v bahně se stykem se vzduchem a kolísáním teplot přemění na drobtovitou formu. Organická hmota se rozloží daleko rychleji. Podobné je to při letnění rybníků. Hlavním aktérem nyní není mráz, ale slunce a vysoké teploty, nicméně výsledný efekt je velmi podobný. Dalším preventivním řešením přílišné kumulace bahna ve vodní ploše je vápnění, které způsobuje okysličení a okyselení, a podporuje tak vznik drobtovité struktury. Pokud do rybníka přitékají kalné vody, používají se kalové lampy nebo pískové lapače umístěné na přívodových stokách. Fungují jako síta a bahno do vodní plochy nevpustí.

Vlastní odbahnění může být buď částečné, kdy se vytěží bahno třeba pouze z nejhlubší části rybníka, anebo celkové. Provádí se většinou v zimě a v létě, tedy v době kdy je bahno promrzlé nebo vyschlé a dá se jednoduše odstranit pomocí těžké techniky. Důležité je, aby se odbahňovalo stejnoměrně, a nedocházelo tak ke vzniku jam. Vytěžené bahno se po rozkladu a okyselení používá jako výborné hnojivo.

Tab. č. 3: Procentuelní zastoupení látek působících jako hnojivo v rybničním bahně (Čítek et al., 1998)

humus	4- 11 %
dusík	0,07- 0,3 %
fosfor	0,018- 0,102 %
draslík	0,04- 0,57 %

5.3. Vápnění

Vápnění rybníků zvyšuje rybniční produkci, urychluje koloběh látek a dezinfikuje vodní plochu. Upravuje chemismus vody tím, že neutralizuje kyselou vodu, přičemž je zvýšena její pufrací kapacita. Vápnění umožňuje vznik nasyceného úrodného humusu. Tento proces se provádí tak, že se různými vápenatými hnojivy posype hladina rybníka. Pokud jsou ve vodě rozkládající se organické látky schopné vyčerpat z ní většinu kyslíku, vápnění je vysráží a urychlí sedimentaci.

Existují různá vápenatá hnojiva, a každé z nich má svůj specifický vliv, používá se za různých okolností. Prvním z nich je *mletý vápenec*, kterým se upravují rybníky s příliš nízkým pH. *Pálené vápno* (CaO) má žíravý charakter a disponuje dezinfekčními účinky. Používá se tedy na vodních plochách, kde dochází k úhynům ryb vlivem nějaké choroby. Pálené vápno se také přidává do zabahněných rybníků s vysokým podílem organických látek. *Dusíkaté vápno* je svými vlastnostmi podobné pálenému vápnu, nicméně jeho účinky jsou ještě žíravější a působí delší dobu. Z větší části je tvořeno páleným vápnem, obsahuje však i okolo 20 % dusíku, jenž je přítomen ve formě kyanamidu. Velmi důležitým kritériem úspěšnosti vápnění je množství vápenatého hnojiva, které se do rybníka přidává. Musí se jednat o hodnotu přiměřenou tamějším podmínkám. (Čítek et al., 1998)

5.4. Hnojení

Pokud je rybník, který je používán pro produkci ryb průtočný, může v něm docházet k odnášení živin. Potom se přistupuje ke hnojení. Doplnují se především biogenní prvky a v menší míře také prvky stopové, pokud je zjištěn jejich nedostatek. Fakt, že je potřeba vodu přihnojit, stanovujeme pomocí Secchiho desky. Poloviční dávkou přihnojujeme za situace, kdy je průhlednost větší než 60 cm, plnou dávkou když přesahuje 80 cm (Čítek et al., 1998). Exaktnější data poskytuje chemický rozbor. Pozornost je věnována především dusíku a fosforu v organické podobě. Podle zjištěných hodnot se pak zvolí nejvhodnější typ hnojiva a jeho množství, v konečném důsledku se zvýší produkce ryb.

5.5. Vlastnosti eutrofních rybníků

Poslední dobou, tj. od 2. poloviny 20. století, se však v souvislosti s rybníky řeší spíše opačný problém. Zemědělství podléhá tlaku zvyšující se produkce, a proto se intenzivně hnojí. Z polí do vodních toků prosakují látky podporující růst a způsobují eutrofizaci. Mění se také management rybníků, protože je snaha zvyšovat produkci ryb. Upouští se například od letnění atd. V 90. letech se v domácnostech rozšiřují fosfátové prací prostředky, které tento proces ještě urychlují. Fosfáty se totiž dostávají do splaškových vod, které ústí v mnoha vodních plochách. Mění se chemismus vody, snižuje se druhová diverzita, průhlednost vody a narůstá biomasa fytoplanktonu. Tato situace je dobře pozorovatelná třeba na Lednických rybnících (Kopp, Skácelová, 2004). Rybníční prostředí je nyní potřeba optimalizovat poněkud jiným způsobem než v minulosti. Je nezbytné vyrovnat poměr živin a upravit fyzikální a chemické vlastnosti. V ideálním případě by se měla teplota vody během vegetačního období pohybovat od 18 do 24°C, což se ale dá jen těžko ovlivnit. Průhlednost způsobená množstvím přítomného fytoplanktonu by v žádném případě neměla klesnout pod 30 cm. Obsah rozpuštěného kyslíku by měl být v rozmezí 6 - 8 mg.l⁻¹. Obsah kyslíku ve vodě klesá, pokud se v ní nachází hodně fytoplanktonu. Vodní organismy dýcháním kyslík spotřebovávají a fotosyntézou ho rostlinná část společenstva zase vyrovnává. V noci však asimilace neprobíhá, může tedy dojít až ke stavu anoxie. (Čítek et al., 1998)

5.6. Zvyšující se zásaditost

V souvislosti s velkým množstvím fytoplanktonu v eutrofních rybnících se pH posouvá do zásadité oblasti. Dříve převládaly mírně kyselé vodní plochy a situace se úspěšně řešila vápněním, dnes je tomu však jinak. Fotosyntéza vyčerpává oxid uhličitý, tedy kyselou složku, pH se přesunuje do alkalické oblasti. Rostliny nejprve spotřebovávají volný CO_2 . Ve chvíli, kdy je úplně vyčerpán, má rybníční pH hodnotu 8,3. Potom přijde řada na oxid uhličitý vázaný ve formě hydrogenuhličitanu vápenatého, který se rozkládá podle následující reakce: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Když dojde k vyčerpání CO_2 i z tohoto zdroje pH se rovná 9,2. Vlákňité řasy jsou dokonce schopné využívat oxid uhličitý i z uhličitanu vápenatého ($\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$). Jakmile se spotřebuje i tato forma CO_2 , pH se dostává až nad hodnotu 10. Pokud chceme pH snížit, musíme zredukovat množství fytoplanktonu, čehož dosáhneme mechanickým, chemickým nebo biologickým způsobem. (Čítek et al., 1998)

5.7. Mechanická redukce

Způsob mechanické redukce fytoplanktonu je závislý na typu biomasy, kterou chceme eliminovat. Planktonní řasy a sinice potlačí změna světelných podmínek nebo zamezení přístupu k živinám. Jedním ze způsobů omezujících výskyt biogenních prvků ve vodě je bagrování sedimentů. Dalším je čištění přítoku rybníční vody, to však není na mnoha místech možné, a také omezení zdroje produkujícího živiny v okolí rybníku, tedy například zemědělské činnosti, což je však utopická představa. Vlákňitých řas se zbavujeme těžbou, prováděnou formou ruční práce, takže připadá v úvahu pouze u malých nádrží.

5.8. Chemická redukce

Chemické omezování množství fytoplanktonu nemá v naší zemi velkou tradici, protože je to z ekologického hlediska způsob dosti kontroverzní, i když spolehlivý. Nejčastěji se využívají herbicidy a algicidy. Gramoxon S, herbicidní hnědá tekutina, ničí vlákňité řasy a měkké porosty jako je vodní mor kanadský. Její účinná látka 1,1-dimethyl-4,4-bipyridinium dimethylsulfát blokuje fotosyntézu a je jedovatá. Modrá skalice (CuSO_4) je zástupce algicidů. Používá se proti vodnímu květu sinic, nicméně měď, kterou obsahuje, se hromadí

v sedimentech. Modernějšími prostředky jsou některé sloučeniny hliníku nebo železa. Neničí fytoplankton přímo, ale omezují množství fosforu ve vodě tím, že ho vysráží a posléze dojde k jeho agregaci a sedimentaci. PAX 18 je obchodní název jedné takovéto látky. Jedná se o polyaluminium chlorid a jeho účinnost, tj. omezení výskytu sinic a řas, byla prokázána v roce 2005 na rybníku v Bílé Lhotě. Dále se používají potravinářská barviva, červeň košenilová (C 120) a žluť tatrazin (C 310), které eliminují množství slunečního záření dostávajícího se do vody, a tím snižují asimilaci (Čítek et al., 1998). Přestože některé chemické látky ničí biomasu řas a sinic velmi jednoduše, dává se přednost mechanickému a biologickému řešení, které nezatěžují ekosystém a v konečném důsledku ani člověka.

5.9. Biologická redukce

Biologicky se dá situace zmírnit přítomností organismů, které řasy a sinice požírají. Drobný fytoplankton je úspěšně decimován dafniemi (*D. magna*, *D. pulicaria*). Býložravé ryby, jako je tolstolobec bílý a pestrý, se vysazují do nádrží s výskytem vodních květů sinic. Přemnožené vláknité řasy případně makrofyta požírá amur bílý, ryba, která spotřebovává velké množství biomasy. Je však teplomilná, a proto nevhodná pro chladné nádrže.

6. ARBORETUM BÍLÁ LHOTA

6.1. Popis lokality, vznik arboreta

Bílá Lhota je malá vesnice, která se nachází v České republice, přesněji na Moravě nedaleko Olomouce, asi 25 km severozápadním směrem, poblíž Litovle. Od jihozápadu je ohraničena výběžkem Zábřežské pahorkatiny a ze severu Nízkým Jeseníkem. Jihovýchodně od ní leží úrodný Hornomoravský úval. Bílá Lhota byla i se svým okolím vždy charakteristická zemědělskou činností, zejména pěstováním obilí. V blízkosti jsou také kamenné a vápencové lomy. Obec se nachází v nadmořské výšce asi 292 m. n. m.

Dominantou obce je klasicistní zámeček, který obklopuje park, Arboretum Bílá Lhota. To vzniklo roku 1700, během renovace zámečku. Jak toto místo dříve vypadalo, se dnes neví, ale odhaduje se, že zde rostli dřeviny jako duby, buky, lípy a smrky. Roku 1870 se panství stalo

majetkem rodu Riedlů, což můžeme z odstupu považovat za významný mezník, protože roku 1926 sem přišel Quido Riedl, tehdejší známý dendrolog. Na pozemcích okolo zámečku vysázel asi 500 druhů okrasných dřevin, a tím předznamenal nynější podobu parku. Po roce 1945 však propadlo jeho vlastnictví státu a arboretum přestalo být udržováno. Po 20 let místo chátralo a až v 60. letech jej začalo spravovat olomoucké Vlastivědné muzeum. To jej roku 1968 zpřístupnilo veřejnosti, která může toto místo navštěvovat dodnes. (Chytrá et al., 2010)

6.2. Rybník v Arboretu Bílá Lhota

V jihovýchodní části zahrady, z východní strany klasicistní budovy, se nachází rybník. Je zde pravděpodobně již od dob postavení zámku. Nicméně nezvratný důkaz o jeho existenci pochází z roku 1834, kdy byl zakreslen v mapě katastru, a to již více méně v dnešní podobě. Má tvar nepravidelného obdélníku, 54 x 39 m, a jeho rozloha činí 2027 m². Jedná se o eutrofní rybník. Příčinou velkého množství živin, které obsahuje, je intenzivní zemědělská činnost na přilehlých polích a také splašková voda z vesnice znečišťující potok vtékající do nádrže. Poslední revitalizace proběhla v 60. letech, kvalita vody i charakter okolního prostředí na konci století byli tedy nevyhovující. Rybník poskytoval výborný životní prostor pro sinice (dominuje *Plantothrix agardhii*), jež svým zápachem obtěžovaly návštěvníky i pracovníky arboreta. Proto se přikročilo k revitalizaci. (Erlecová, Erlec, 2010)

6.3. Revitalizace

V roce 2003 zadal olomoucký Krajský úřad vypracování posudku Ing. Petru Götthansovi a v roce 2005 vznikl projekt s názvem „Arboretum Bílá Lhota - Revitalizace rybníka.“ S revitalizací se začalo v roce 2009. Čištění provedla olomoucká firma HZO stavební, která zvítězila ve výběrovém řízení. Nejdříve bylo nutno rybník vypustit. Potůčku Nohávka se snížilo dno, aby voda mohla odtékat. Po vyschnutí bahna nacházejícího se na dně rybníku, což bylo mimochodem dosti problematické kvůli průsaku spodní vody, bylo bahno vybagrováno. Z Vápenky Vitoul se přivezlo kamení a jílovitá zemina. Rybník se opravil, zpevnily se břehy a bylo vymodelováno dno. Dřevěné kůly vytvořily kruhová místa, kam byly později vysázeny vodní rostliny, a byla zbudována dřevěná lávka. Poté se rybník znovu napustil. Pročištěný potok Nohávka, který vždy po dešti obsahuje velké množství vody, byl hlavním zdrojem napouštění.

Voda byla do rybníka dále čerpána ze studny arboreta a z plochy pod zámekem. V okolí rybníka byly vykáceny nějaké stromy, a tak došlo ke zvýšení intenzity slunečního svitu působícího na život v rybníku. Práce byla dokončena 3. prosince 2009 a 15. dubna 2010 proběhla kolaudace. Výsledkem všech těchto změn je rybník s čistou vodou a s krásně spraveným okolím, rybník turisticky atraktivní. (Erlecová, Erlec, 2010)

7. ALGOLOGICKÉ STUDIE V BÍLÉ LHOTĚ

Na rybníku v Arboretu Bílá Lhota proběhlo již mnoho výzkumů. Tato typicky eutrofní vodní plocha poskytla vhodný prostor například pro studium životního cyklu *Planktothrix agardhii* (Hašler et al., Pouličková et al., 2004), studium sedimentů (Pouličková et al., Lysáková et al. 2004) nebo také pro posouzení účinnosti PAXU-18 (Lelková et al., Rulík et al., 2008), chemické látky srážející fosfor z vodního sloupce.

7.1. Výzkum životního cyklu *Planktothrix agardhii*

V roce 2001 - 2002 v Bílé Lhotě proběhl výzkum životního cyklu *P. agardhii*. Vzorky vody byly odebírány každých 14 dní od srpna 2001 až do listopadu 2002 ve dvou hloubkách, na povrchu a u dna. Měřila se pH, konduktivita a teplota. Sinice, která je jednou z nejvýznamnějších příslušnic svého druhu tvořících vodní květ v temperátních oblastech, dominovala na vodní ploše ze 40 %. Okolní vegetace velmi výrazně zastiňovala vodu, zhruba asi z jedné poloviny. Lokalita tak vytvářela ideální prostor pro život sinice i pro její studium.

Byly zjištěny následující fyzikální a chemické parametry. Mělký hypertrofní rybník měl průměrnou letní teplotu 20 °C a v zimě pravidelně zamrzal po celé ploše, a to od prosince do půlky února. Největší koncentrace živin se v rybníce vyskytovala na jaře a v zimě. Voda vykazovala vysokou konduktivitu. V létě byla pozorována stratifikace vodního sloupce gradientem pH, kyslíkem a světlem - světlo má totiž v létě nižší penetraci než v zimě kvůli rozdílné koncentraci fytoplanktonu během obou období.

Sezonní dynamika fytoplanktonu ovlivněná přítomností *P. agardhii*, se vyznačovala výskytem bičíkoců v jarním a podzimním období. Objevovaly se zejména *Chlamydomonas* a *Cryptomonas*. V létě dominovala *P. agardhii* a přítomna byla také Euglenophyta.

V průběhu roku docházelo u *P. agardhii* ke změnám abundance a k morfologickým změnám v délce vláken, jejich šířce, přítomnosti a formě aerotopů. Životní cyklus začal na jaře, kdy klíčily hormogonie a vlákna, která přežila zimu. Ta velmi záhy dosáhla své maximální velikosti, v tomto období byla suverénně nejdelší. V březnu se na horní části vlákna objevila kalyptra. V létě se délka vláken zkracovala a měnil se tvar aerotopů. Množství biomasy však rostlo a svého vrcholu dosáhlo v srpnu, a to u povrchu, kde se nacházelo 370 000 vláken na ml. U dna bylo sinice o něco méně, 110 000 vláken na ml. Během podzimu docházelo k ještě intenzivnějšímu zkracování vláken. Aerotopy se ztrácely, protože s jejich přítomností by sinice nepřežila zimu, a tvořily se hormogonie. V zimním období bylo podle očekávání sinice nejméně. U povrchu se nacházelo pouze 3000 vláken na ml, u dna to bylo o něco více, 13 000 vláken na ml. Hormogonie, krátké někdy i asymetrické, z větší části převažovaly nad vlákny. (Hašler et al., Poulíčková et al., 2004)

7.2. Studium sedimentů, jako zdroje paleoekologických informací a „semenné banky“ sinic a řas

V lednu roku 2003 byl z rybníku Bílá Lhota odebrán vzorek sedimentů. Poslední revitalizace tohoto místa proběhla již v roce 1960, a tak nánosy dosahovaly mocnosti 90 cm. Obsahovaly přitom důležitou informaci o procesu eutrofizace během těchto let. Eutrofizace, je přitom nejčastějším stavem mělkých rybníků v České republice (Pechar, 1995). Revitalizace je neopomenutelnou součástí managementu našich rybníků a provádí se většinou jednou za 50 let. Cílem výzkumu bylo rekonstruovat proces zvyšování trofie a zjistit životaschopnost klidových stadií řas a sinic.

Rybníční nánosy vypovídají o chemické a ekologické stránce minulých let. Obsahují živiny, jsou životním prostorem bentických organismů a nacházejí se v nich spory planktonních organismů přežívající nepříznivá období. Uchovávají také rozsivky, které slouží jako bioindikátory koncentrace živin. Klidové formy sinic a řas vznikají v době, kdy tyto organismy rostou. Usazují se na dně a z ekologického hlediska jsou velmi významné, protože představují semennou banku schopnou uchovávat životaschopné fragmenty po celá léta, a dokonce staletí. Tato životní stadia pak na jaře za vhodných podmínek klíčí.

Studie zjistila následující chemické údaje. V sedimentech se nacházel uhlík v koncentraci menší než 10 %, nejvíce ho bylo v mladších částech nánosů. Dusík nedosahoval koncentrace ani 0,5 %, a tak byl poměr C:N nezvykle vysoký, v rozmezí od 11 - 20. Takový poměr svědčí o tom, že organické látky na dně pocházejí z vyšších rostlin, nikoliv z řas. Mohlo

to být způsobeno opadem z okolních stromů, mezi nimiž dominovala *Salix* a tím, že byl rybník do roku 1993 hustě zarůstán okřehkem. Toho zde bylo tolik, že jej údajně místní lidé využívali pro krmení kachen. Přítomnost fosforu v nánosech odspodu vzrůstala, maximální byla v 13 - 15 cm a u povrchu ho bylo pouze nepatrné množství.

Sedimenty byly rozděleny na tři skupiny lišící se přítomností druhů a početností řas a sinic. Nejstarší vrstva zasahující od 73 do 75 cm obsahovala jen málo druhů rozsivek. Rozšířené byly především bentické a epifytické druhy, které žijí přisedle. Bylo to proto, že se v době jejich ukládání ještě nerozmnožily planktonní taxony, které značně omezují přísun světla do spodních částí vody. Nejpočetnější taxon představovala *Amphora copulata*. Následovala vrstva v rozmezí 72 - 28 cm, ve které vzrůstalo množství planktonních organismů jako *Cyclotella atomus*, *Stephanosculus minutulus* a *S. hantzschii*. Nejsvrchnější vrstva nebyla příliš druhově bohatá. Zvyšoval se pouze počet eutrofních druhů jako *Stephanodiscus* a *Amphora pediculus*. Tento trend v oživení je důsledkem eutrofizace, zejména vzrůstu koncentrace fosforu. Jeho možnou příčinou bylo rozšíření praček na venkově v 90. letech; v pračkách se totiž začaly používat fosfátové prací prostředky.

Klíčivost klidových stadií řas v jednotlivých vrstvách dnových sedimentů se vzrůstající hloubkou klesala. Největším podílem spor disponovaly zelené řasy, které byly zastoupeny 27 taxony. Ne příliš vzdáleny od nich byly rozsivky, které jich měly 23. Druhů sinic bylo 13 a zelených bičíkovců pouze 3. Mezi prvními klíčily rozsivky (*Cyclotella*) a zelené řasy. Nejčastější byla *Chlorella* a *Scenedesmus*, méně časté byly druhy jako *Actinastrum*, *Monoraphidium* atd. Asi po 14 dnech však začaly dominovat penátní rozsivky (*Gomphonema parvulum*, *Navicula rhynchocephala* a další). Zelení bičíkovci, *Chlamydomonas* a *Euglena acus*, se začaly objevovat až ke konci experimentu klíčivosti. (Pouličková et al., Lysáková et al., 2004)

7.3. Výzkum účinku látky PAX-18 na rybníční prostředí

V roce 2005 byl na rybníce v Arboretu Bílá Lhota studován vliv PAXU-18 na některé charakteristiky prostředí a na fytoplankton, především na eliminaci vodního květu sinic. PAX-18 je polyaluminium chlorid obsahující 9 % hliníku, látky která, jak bylo zjištěno, snižuje koncentraci fosforu ve vodním sloupci, stejně jako třeba sloučeniny železa. PAX-18 byl v České republice testován prvně a bylo to vůbec poprvé, co byly účinky této látky posuzovány na mělkém eutrofním rybníku poměrně malých rozměrů. Později byl tento přípravek použit na Máchově jezeře, Plumlově a Brněnské přehradě.

Rybník v Arboretu byl v roce 2005 stíněn okolní vegetací asi z 65 %. Vykazoval

vysokou konduktivitu a na dně měl vrstvu sedimentů. Ryby se v něm nenacházely. Snad z 90 % dominovala sinice *Planktothrix agardhii*, a to od května do listopadu. Dalšími přítomnými druhy byla Euglenophyta a zelené řasy.

Chemická látka PAX-18 se aplikovala na celou plochu rybníka 13. dubna, 4. května, 13. června a 20. června roku 2005. Během experimentu se použilo celkem 600 kg chemikálie, při jednotlivých aplikacích v rozmezí od 250 do 350 $\mu\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$. Toto množství bylo stanoveno pomocí laboratorních testů konajících se těsně před zahájením projektu. Na rybníce byla vytvořena 2 kontrolní místa. Od zbytku vodní plochy je dělil bezbarvý PE cylindrického tvaru, který měl 100 cm v průměru a 120 cm na délku. Nahoře a vespod byl otevřený, nicméně řasy ani ionty nemohly procházet mezi vodou uzavřenou ve válci a zbytkem rybníka.

Pravidelně byla měřena průhlednost, konduktivita, pH a kyslík, a to vždy v ranních hodinách. Dále se stanovovaly koncentrace některých chemických látek, především celkový obsah fosforu a dusíku, protože právě tyto dva prvky vytváří důležitý N:P poměr.

Důsledky koagulantu na jakost vody a celý ekosystém lze zhodnotit porovnáním jednotlivých charakteristik s kontrolními místy. PAX-18 zapříčinil po každé aplikaci zvýšení koncentrace chloridových iontů a hliníku. Polyaluminium chlorid je svojí podstatou kyselá sloučenina, avšak pH vody nebylo příliš ovlivněno. Pouze nějakou dobu po aplikaci pH nepatrně pokleslo. Na začátku experimentu byla koncentrace fosfátů 0,06 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$. PAX tuto veličinu snížil a ona pak zůstala na nízkých hodnotách po celou dobu měření. Poměr N:P v rybníce byl tedy oproti kontrolním místům vyšší.

Abundance fytoplanktonu se snížila, což bylo evidentní se zvýšením průhlednosti vody. Oproti kontrolám zde bylo asi o 50 000 jedinců méně. Druhové změny složení byly patrné nejvíce na eliminaci výskytu *P. agardhii*. Některé skupiny, jako rozsivky, zelené řasy a bičíkovci, svoji abundanci lehce zvýšily. Celkový počet druhů sinic ve vodním sloupci činil 46, z toho se 35 druhů vyskytovalo v místech se zamezeným přístupem koagulantu. Sezonní dynamika po použití PAXU byla charakterizována dominací Dinophyt v jarním období, poté Chlorophyty (*Chlamydomonas*, *Scenedesmus*, *Monoraphidium*, atd.), rozsivkami (*Fragilaria*, *Nitzschia*) a bičíkovci (*Euglena*, *Phacus*, *Trachelomonas* a *Cryptomonas*). V kontrolních neošetřených místech však byla jarní Dinophyta rychle vystřídána *P. agardhii*, která si své postavení udržela po celou sezónu.

Vliv PAXU-18 na optimalizaci rybníčních charakteristik byl prokázán. Koagulant vysrážel fosfor a vytvořil ochranou vrstvičku na povrchu sedimentu, která zabraňovala uvolňování fosfátů ze sedimentů, sinice náročná na fosfor se nemohla rozvíjet, a její místo zaujaly jiné druhy řas. Během experimentu rybník nebyl, na rozdíl od předchozích sezón, pokryt vodním květem sinic. (Lelková et al., Rulík et al., 2008)

8. METODY PRÁCE

Rybník v Bílé Lhotě se stal předmětem mého zájmu na jaře roku 2010. Jak již bylo zmíněno, v prosinci 2009 byla dokončena jeho revitalizace, takže jsem mohla zaznamenat primární sukcesí fytoplanktonu v odbahněné vodní ploše. Od 13. dubna jsem pravidelně odebírala vzorky pro kvalitativní a kvantitativní analýzu a měřila jsem fyzikální a chemické parametry vody a to až do 22. listopadu, vždy okolo 14. hodiny u břehu rybníka.

8.1. Práce v terénu

Při jednotlivých odběrech jsem měřila pH, teplotu a konduktivitu vody pomocí pH-metru. Ten byl vždy ponořen několik cm pod vodní hladinu. V některých případech jsem měla k dispozici Secchiho desku, a stanovovala jsem tak průhlednost vody.

Vzorky kvalitativní analýzy fytoplanktonu jsem odebírala pomocí planktonní sítky a převážela jsem je v plastové lahvi. Dutou plastovou trubkou jsem získávala vzorky pro kvantitativní zjištění. Tyč dosahovala téměř ke dnu, a proto byly ve vzorku zastoupeny všechny druhy žijící v různých částech vodního sloupce.

8.2. Práce v laboratoři

Při *kvalitativní* analýze jsem vzorek fytoplanktonu v plastové lahvi vždy důkladně protřepala a odlila 2 x 10 ml do dvou kalibrovaných kónických zkumavek. Ty jsem vložila do centrifugy a nechala je otáčet 10 minut při 1500 otáčkách za minutu. Na dně zkumavky pak vznikl sediment, který jsem získala rychlým slitím zkumavky a pomocí mikropipety jsem ho nanasla na mikroskopické sklíčko a přikryla sklíčkem krycím. Preparát jsem pozorovala mikroskopem Olympus CX 21, okulárem zvětšujícím 10 x a objektivem zvětšujícím 40 x a 100 x. Přítomný fytoplankton jsem determinovala podle Hindákova klíče z roku 1978, s občasou konzultací pracovníků algologické laboratoře katedry botaniky PŘF UP Olomouc v Holicích.

Vzorek pro *kvantitativní* analýzu jsem zahustila centrifugací obdobným způsobem jako u kvalitativní analýzy. Většinou jsem však kvůli malému množství organismů ve vzorku centrifugaci prováděla dvakrát (výsledné zahuštění bylo 100). Pomocí mikropipety jsem vnesla vzorek do Bürkerovy komůrky. Ta je tvořena silným podložním sklem, na kterém je čtvercová

síť s 12 pásy, horizontálními i vertikálními. Pozorované vitální jedince jsem rozdělila do skupin a přepočítala jsem jejich četnost na 1 ml podle následujícího vzorce:

$$\text{počet organismů v 1 ml} = \text{počet vitálních jedinců} \times 1000 / 0,075 \times \text{počet pásů} \times \text{zahuštění}$$

Řasy byly určovány podle Hindáka (1978), čemuž odpovídá i nomenklatura.

9. VÝSLEDKY A DISKUSE

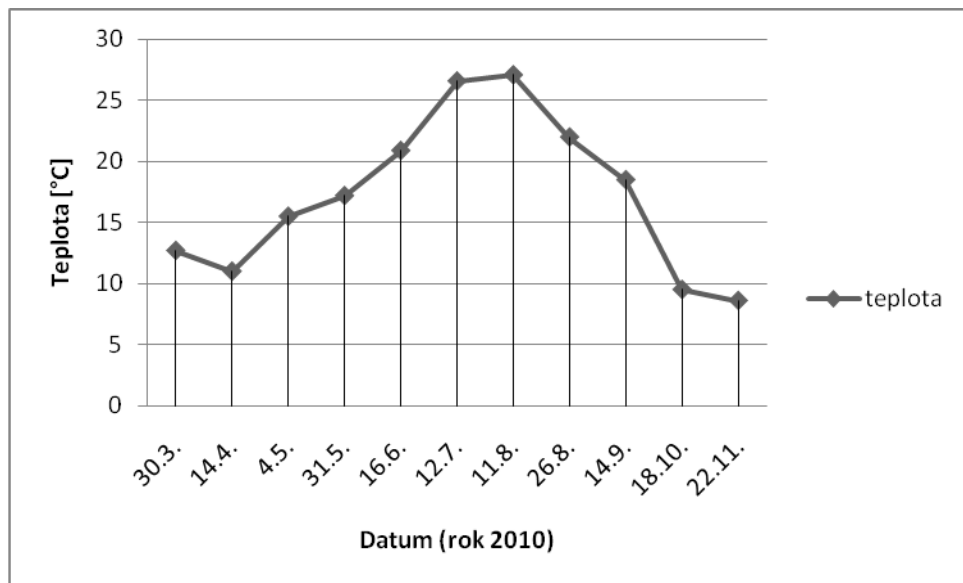
9.1. Fyzikální a chemické parametry

Měřením prováděným v roce 2010 jsem zjistila údaje o teplotě, konduktivitě, pH a průhlednosti vody v rybníce v Arboretu Bílá Lhota. Porovnála jsem je s dostupnými daty pocházejícími z doby před revitalizací, a pokusila se tak stanovit účinnost provedeného melioračního zásahu.

9.1.1. Teplota

Teplota vody v rybníce v Arboretu Bílá Lhota kolísala od minimální hodnoty 8,6 °C naměřené 22. listopadu (v zimě měření neprobíhalo) až ke 27,1 °C, zjištěné 11. srpna. Průměrná hodnota jarního, letního a podzimního období činila 17,24 °C. Ve srovnání s léty před revitalizací je patrné, že v letním období roku 2010 byla průměrná teplota vody vyšší. Pravděpodobně je to způsobeno zvýšením intenzity slunečního záření dopadajícího na hladinu rybníka v důsledku vykácení několika stromů v bezprostřední blízkosti vodní plochy, které se odehrálo během revitalizace.

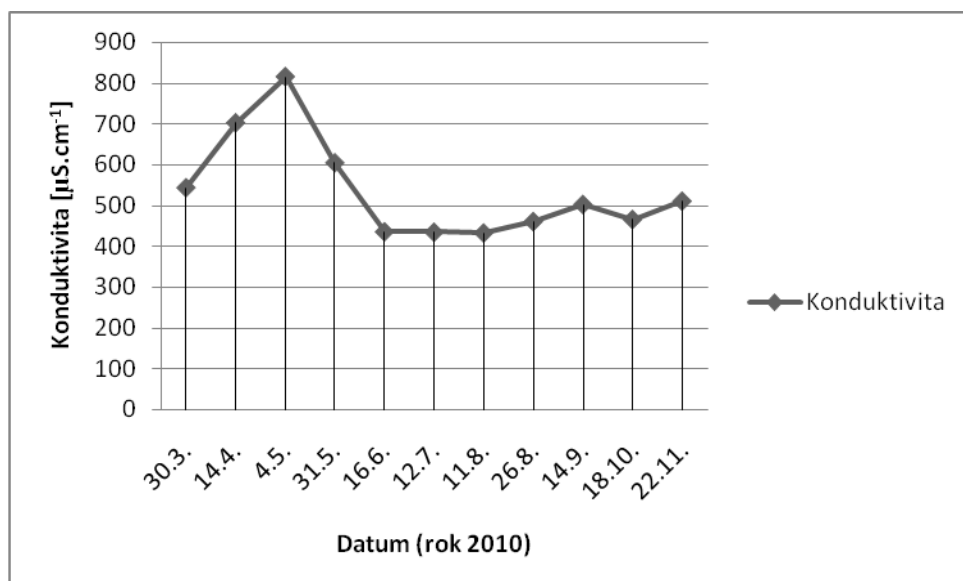
Graf č. 2: Teplota vody v rybníku v Arboretu Bílá Lhota v roce 2010



9.1.2. Konduktivita

Konduktivita, jinými slovy vodivost, udává množství rozpuštěných disociovaných látek ve vodě. Její hodnota se zvětšuje společně s množstvím disociovaných částic. Během měření se průměrně pohybovala okolo čísla $536,5 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, maximální vodivosti bylo dosaženo 4. května, $815 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, minimum bylo naměřeno 11. srpna, $432 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Kromě jarního období, kdy byla průměrná konduktivita vyšší, se hodnoty oproti roku 2001/2002 a 2005 v letním a podzimním období snížily.

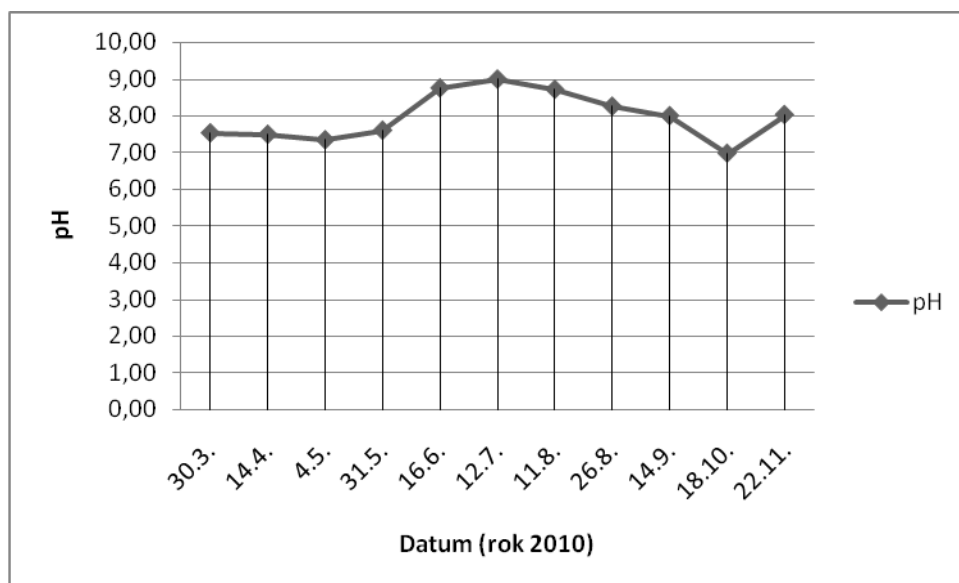
Graf č. 3: Konduktivita vody v rybníku v Arboretu Bílá Lhota v roce 2010



9.1.3. pH

pH v průběhu roku kolísalo od 6,97 (18. října při dešti) až k 9,00 naměřeném 12. června, kdy byl rybník naplněn vláknitou řasou *Cladophorou*. Průměrně mělo pH hodnotu 7,97, rybník v Arboretu by se tedy dal označit jako neutrální až mírně zásaditý. V porovnání s předchozími léty se průměrné hodnoty této veličiny snížily.

Graf č. 4: pH vody v rybníku v Arboretu Bílá Lhota v roce 2010



9.1.4. Průhlednost

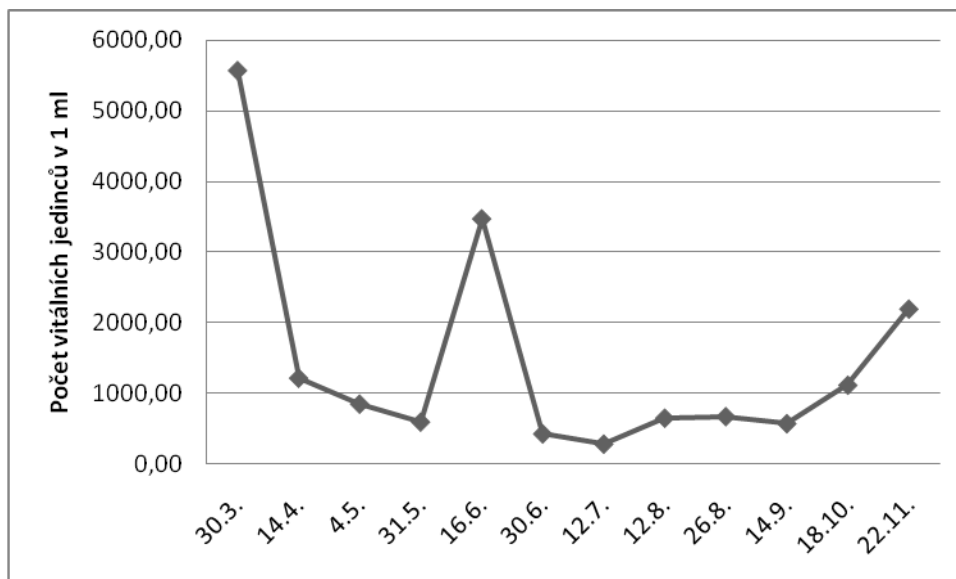
Největší změna po revitalizaci je pozorovatelná na průhlednosti vody. Secchiho desku jsem neměla k dispozici při každém měření, nicméně dno bylo vždy viditelné pouhým okem. Při břehu rybníka jsem zjistila hloubku 130 cm, naměřená průhlednost byla tedy s tímto údajem totožná. V roce 2005 se průměrné hodnoty jarního a letního období pohybovaly okolo 33,25 cm a 15,8 cm. Po ošetření rybníka (použitím PAX 18) v téhož roku byla průhlednost 49,5 a 43,2 (Lelková, 2008). Průhlednost vody velmi dobře koreluje s množstvím fytoplanktonu, a je tedy nepochybné, že odbahnění přispělo ke zvýšení průhlednosti a výrazné redukci fytoplanktonu.

9.2. Kvantitativní stanovení fytoplanktonu

Množství vyskytujícího se fytoplanktonu bylo po celou sezonu dosti malé. Počítala jsem pouze vitální jedince, u kterých byl pozorovatelný chloroplast, a uvedené údaje jsou přepočteny na abundanci řas a sinic v 1 ml. Nejvyšší početnosti bylo dosaženo hned při prvním odběru, tj. 30. března, v 1 ml se vyskytovalo asi 5570 jedinců. Zato 12. června jich bylo pouhých 280. Průměrná jarní kvantita činila 2340 jedinců, v létě pouhých 520 a na podzim 3300.

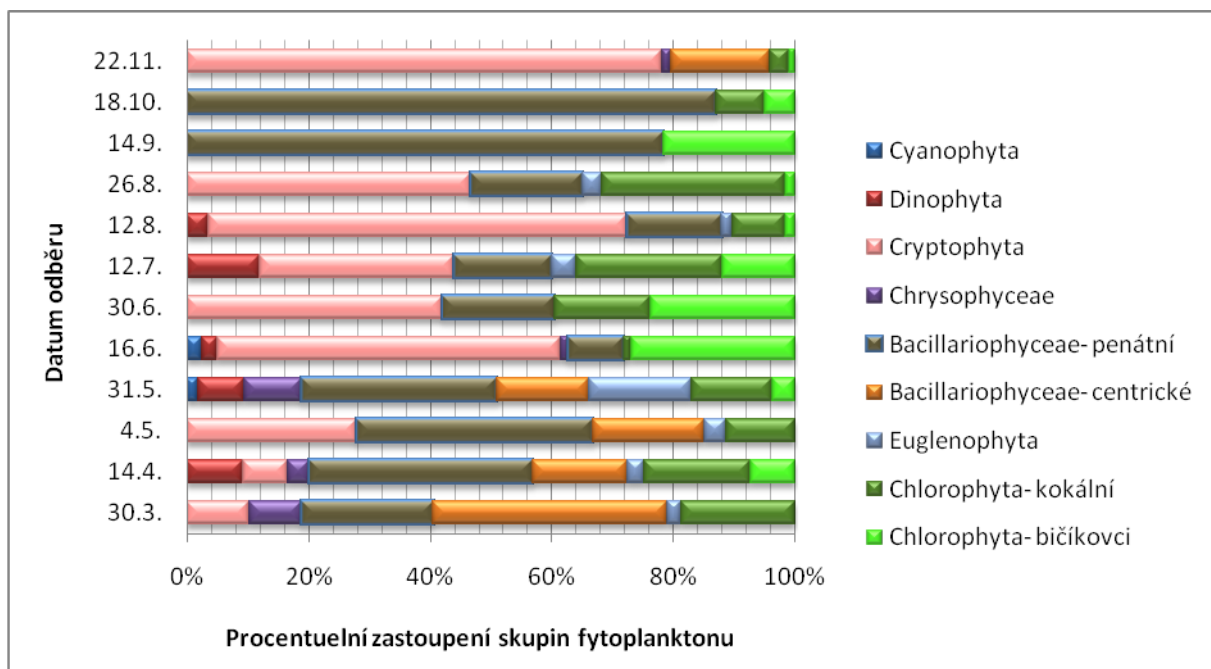
V jarním období se na vodní ploše objevil okřehek (*Lemna minor*). 30. března ho bylo nepatrné množství, 14. dubna se ale rozšířil a 4. května a 31. května pak pokrýval až dvě třetiny hladiny. Poté se však objevil metafyton tvořený zelenými vláknitými řasami (*Spirogyra*, *Cladophora* - 31. 5.) a okřehek byl vytlačen na okraje vodní plochy, kde zabíral nepatrnou plochu povrchu. Nízké hodnoty abundance fytoplanktonu lze vysvětlit výskytem značné biomasy zelených řas (*Cladophora*), které z vodního sloupce odčerpávaly příliš mnoho živin a v podmínkách nízké koncentrace fosforu konkurovala tak drobnému fytoplanktonu, který se proto nemohl příliš rozmnožit. Snížení koncentrace fosforu lze předpokládat, protože odbahněním došlo k odstranění vnitřního zdroje fosforu - dnových sedimentů. Žabí vlas dominoval v rybníce po celou sezonu. Teprve až 18. října začal výrazně slábnout a 22. listopadu úplně vymizel. V tomto období je také zaznamenán vzestup množství fytoplanktonu.

Graf č. 5: Abundance fytoplanktonu v rybníku v Arboretu Bílá Lhota v roce 2010



9.3. Sezónní dynamika fytoplanktonu

Graf č. 6: Sezónní dynamika fytoplanktonu v roce 2010



9.3.1. Jaro

Během jarního období byly nejpočetnější skupinou rozsivky a následovaly skrytěnky. Poměrně početné byly i zelené řasy. Rozsivky byly zastoupeny druhy jako například *Nitzschia acicularis*, *Navicula*, *Cymatopleura* a *Achnanthes minutissima*. Převažující centrické rozsivky budou identifikovány z trvalých preparátů v diplomové práci. Skrytěnkám dominoval rod *Cryptomonas*, zelené řasy tvořily *Koliella longiseta*, *Coelastrum microsporum*, *Eudorina illinoisensis*, *Gonium sociale*, *Tetrastrum*, *Coelastrum*, *Scenedesmus*, *Micrasterias pinnatifida*, *Chlamydomonas* a mnoho dalších. Eugleny zastupovaly *Phacus acuminatus*, *Trachelomonas cervicula*, *Trachelomonas volvocinopsis* či *Phacus onyx*, z obrněnek bylo přítomno *Peridinium*. Poměrně překvapivý byl výskyt zlativky *Dinobryon divergens*, která indikuje velmi čisté vody.

Tabulka č. 4: Průměrné procentuelní zastoupení skupin fytoplanktonu v jarním období

Skupiny fytoplanktonu	Jarní abundance (%)
<i>Cyanophyta</i>	1
<i>Dinophyta</i>	2
<i>Cryptophyta</i>	24
<i>Chrysophyceae</i>	5
<i>Bacillariophyceae</i> - penátní	21
<i>Bacillariophyceae</i> - centrické	23
<i>Euglenophyta</i>	2
<i>Chlorophyta</i> - kokální	13
<i>Chlorophyta</i> - bičíkovci	9

9.3.2. Léto

V létě dominanci v rámci fytoplanktonu převzaly skrytěnky (*Cryptomonas*) následované penátními rozsivkami (*Achnanthes minutissima*, *Navicula*) a zelenými řasami (*Staurastrum*, *Scenedesmus*, *Cosmarium*, *Chlamydomonas*, *Pandorina*, atd.). Eugleny zastupovaly například *Trachelomonas volvocina* a *Phacus orbicularis*.

Tabulka č. 5: Průměrné procentuelní zastoupení skupin fytoplanktonu v letním období

Skupiny fytoplanktonu	Letní abundance (%)
<i>Cyanophyta</i>	
<i>Dinophyta</i>	2
<i>Cryptophyta</i>	40
<i>Chrysophyceae</i>	
<i>Bacillariophyceae</i> - penátní	30
<i>Bacillariophyceae</i> - centrické	
<i>Euglenophyta</i>	2
<i>Chlorophyta</i> - kokální	15
<i>Chlorophyta</i> - bičíkovci	11

9.3.3. Podzim

I v podzimním období si skrytěnky (*Rhodomonas*, *Cryptomonas*) udržely své postavení, významné byly však i rozsivky. Zelené řasy zastupovaly *Micractinium*, *Koliella*, *Ankyra*, *Pandorina morum*, *Scenedesmus*, *Staurastrum* a *Pediastrum boryanum*.

Sinice se v lokalitě téměř nevyskytovaly, pouze v jarním období bylo zaregistrováno nepatrné množství druhu *Pseudanabaena* a *Oscillatoria*. *Planktothrix agardhii*, nejpočetnější taxon před revitalizací, nebyl vůbec zaznamenán.

Tabulka č. 6: Průměrné procentuelní zastoupení skupin fytoplanktonu v podzimním období

Skupiny fytoplanktonu	Podzimní abundance (%)
<i>Cyanophyta</i>	
<i>Dinophyta</i>	
<i>Cryptophyta</i>	52
<i>Chrysophyceae</i>	1
<i>Bacillariophyceae</i> - penátní	29
<i>Bacillariophyceae</i> - centrické	11
<i>Euglenophyta</i>	
<i>Chlorophyta</i> - kokální	5
<i>Chlorophyta</i> - bičíkovci	2

10. ZÁVĚR

V rámci bakalářské práce jsem pravidelně sledovala vybrané fyzikálně chemické parametry a fytoplankton rybníka v Arboretu Bílá Lhota. V období od března do listopadu 2010 jsem odebrala dvanáct vzorků fytoplanktonu a příležitostně jsem odebírala i vzorky metafytonu. V živých vzorcích byla zjišťována abundance a zastoupení jednotlivých skupin sinic a řas. Určování sinic a řas do druhů vyžaduje postupné nabývání zkušeností, proto bude druhové složení vyhodnoceno až v diplomové práci. Byly rovněž uchovávány vzorky pro pozdější zpracování a determinaci planktonních rozsivek. Tato práce přináší první údaje o stavu rybníka v arboretu Bílá Lhota po revitalizaci, která proběhla v roce 2009.

1. Zjištěné fyzikální a chemické vlastnosti vypovídají o úspěšnosti odbahnění, což je nejvíce patrné na radikálním zvýšení průhlednosti vody, která se oproti období před revitalizací zvýšila z cca 30 cm (Lelková et al., 2008) na 130 cm. Průměrné pH bylo 7,9, průměrná konduktivita $521,4 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a průměrná teplota $16,02 \text{ }^\circ\text{C}$. Oproti období před revitalizací došlo tedy v rybníčku ke změnám, které souvisí jak s odbahněním, tak s doprovodnými úpravami: vykácením okolních stromů došlo ke zvýšení průměrné teploty vody a prosvětlení vodního sloupce. S vysazenými makrofyty se do rybníčka dostal okřehek a pravděpodobně i vláknité zelené řasy, které našly v prosvětleném rybníčku s redukovanou koncentrací fosforu (odstraněním bahna) příhodné podmínky.
2. Abundance fytoplanktonu dramaticky poklesla. Z průměrných 87 000 buněk na ml (Lelková et al., 2008) se snížila na 2000 buněk na ml. Vzhledem k tomu, že zásah byl především zaměřen na redukci sinic, je třeba ho označit za úspěšný.
3. Sinice, dominující v období před revitalizací, se zde ve významném množství nevyskytovaly. *Planktothrix agardhii* nebyla zaznamenána vůbec.
4. Naopak se objevily řasy výrazně čistších, mezotrofních vod, které tu před revitalizací nebyly. V jarním období se objevil sezónní vrchol zlativky *Dinobryon divergens* indikující velmi čisté vody. V málo početném planktonu se pravidelně objevovaly obrněnky a koloniální zelení bičíkovci.
5. Jedinou negativní okolností bylo přemnožení zelených vláknitých řas v metafytonu rybníka. Zpočátku ojedinělé vločky tvořila *Spirogyra sp.* a *Cladophora sp.*, později šroubatka

vytvořila zygospory a její vegetativní stélka vyhynula. Rybník prakticky vyplnila obrovská biomasa vláknité řasy *Cladophora*, kterou pracovníci Arboreta mechanicky odstraňovali po celou sezónu. Tento jev je možné vysvětliv změnou poměru N:P. Nedostatek fosforu vede k potlačení sinic a jejich nahrazení metafytonem zelených řas.

Ze zjištěných údajů lze říct, že proces odbahnění na rybníku v Arboretu Bílá Lhota jednoznačně vedl k redukci sinic a celkové redukci fytoplanktonu vůbec. To svědčí o změně poměru makroživin, zejména o redukci koncentrace fosforu. Zelené řasy, které převládly v metafytonu, byly do ekosystému pravděpodobně zavlečeny s výsadbou vodních makrofyt a v jejich rozvoji je podpořilo prosvětlení rybníka vykácením okolních stromů. Celkové zhodnocení bude provedeno v diplomové práci po další sezóně.

11. POUŽITÁ LITERATURA

- **Čítek J., Krupauer V., Kubů F.** (1998): Rybníkářství. Informatorium, Praha, 306 pp.
- **Erlecová I., Erlec J.** (2010): Revitalizace rybníka v Arboretu Bílá Lhota. Zprávy Vlastivědného muzea v Olomouci, 4 pp.
- **Hašler P., Pouličková A.** (2003): Diurnal changes in vertical distribution and morphology of a natural population of *Planktothrix agardhii* (Gom.) Anagnostidis et Komárek (Cyanobacteria). *Hydrobiologia* 506 - 509, p. 195-201.
- **Hindák F. (ed.)** (1978): Sladkovodné riasy. Slovenské pedagogické nakladateľstvo, Bratislava, 724 pp.
- **Chocholáč B.** (2004): Rybáři a rybníkáři na raněnovověké Moravě. *Veronica*1, p. 5 – 6.
- **Chytrá M., Hanzelka P., Kacerovský R.** (2010): Botanické zahrady a arboreta České republiky. Academia a Unie botanických zahrad České republiky, Praha, 403 pp.
- **Kalina T., Váňa J.** (2005): Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii. Karolinum, Praha, 258 pp.
- **Kitner M., Pouličková A., Hašler P.** (2005): Algal colonization process in fishponds of different trophic status. *Algological studies* 115, p. 115 - 127.
- **Kopp R., Skácelová O.** (2004): Hospodaření na Lednických rybnících a jejich sinicová a řasová flóra. *Veronica* 1, p. 11 – 14.
- **Lelková E., Rulík M., Hekera P., Dobiáš P., Dolejš P., Borovičková M., Pouličková A.** (2008): The influence of the PAX-18 on *Planktothrix agardhii* bloom in a shallow eutrophic fishpond. *Fottea* 8, p. 147 - 154.
- **Lellák J., Kubiček F.** (1992): Hydrobiologie. Karolinum, Praha, 257 pp.

- **Poulíčková A., Hašler P., Kitner M.** (2004): Annual Cycle of *Planktothrix agardhii* (GOM.) ANAGN. & KOM. Nature Population, Internat. Rev. Hydrobiol.89, p. 278 - 288.
- **Poulíčková A., Jurčák J.** (2001): Malý obrazový atlas našich sinic a řas. Univerzita Palackého v Olomouci, 81 pp.
- **Poulíčková A., Lysáková M., Hašler P., Lelková E.** (2008): Fishpond sediments – the source of palaeoecological information and algal ‘seed banks.’ *New Hedwigia* 86, p. 141 - 153.
- **Příkryl I.** (2004): Historický vývoj našeho rybníkářství a rybníčních ekosystémů. *Veronica* 1, p. 7- 10.

11.1. Internetové zdroje

- <http://mapy.cz/printMap?mm=ZRTtTcP&x=138959488&y=134663136&z=16&mapType=base-n,relief-l,firmpoi,basepoi&pW=1186&pH=513>
- http://www.volny.cz/arboretum/idex_en.html

PŘÍLOHA

Obrázek č. 1: Mapa rybníku v Arboretu Bílá Lhota

(<http://mapy.cz/printMap?mm=ZRTtTcP&x=138959488&y=134663136&z=16&mapType=base-n,relief-l,firmpoi,basepoi&pW=1186&pH=513>)



Obrázek č. 2: Vlákna zelených řas rodu *Cladophora* jsou velice pevná, 16. 6.

(foto M. Letáková)



Obrázek č. 3: Detail biomasy řasy *Cladophora* (žabí vlas), 16. 6. (foto M. Letáková)



Obrázek č. 4: *Limna minor* nacházející se už jen na okrajích rybníka, 30. 6. (foto M. Letáková)



Obrázek č. 5: *Cladophora*, 12. 7. (foto M. Letáková)



Obrázek č. 6: Rybník po revitalizaci s vysazenými makrofyty, 12. 8. (foto M. Letáková)



Obrázek č. 7: Mechanické odstraňování vláknitých řas, 18. 10. (foto M. Letáková)



Obrázek č. 8 : Detail biomasy řas rodu *Cladophora* na břehu rybníka, 18. 10. (foto M. Letáková)



Obrázek č. 10: Zaměstnanci Arboreta ukládali biomasu na kompostu, 18. 10. (foto M. Letáková)



Obrázek č. 11: Rybník s pohledem na zámek, 22. 11. (foto M. Letáková)

