

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

PEDAGOGICKÁ FAKULTA

Katedra biologie



Bakalářská práce

Kristýna Mázlová

**Využití řas k biologické indikaci kvality vody na vybrané mokřadní
lokality středních Čech**

Olomouc 2019

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

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci na téma: „Využití řas k biologické indikaci kvality vody na vybrané mokřadní lokalitě středních Čech“ vypracovala samostatně pod odborným dohledem vedoucího práce a uvedla v ní veškerou literaturu a ostatní zdroje, které jsem použila.

V Olomouci dne 29. 11. 2019

.....

Kristýna Mázlová

Poděkování

V první řadě bych velice ráda poděkovala vedoucí této bakalářské práce Mgr. Janě Štěpánkové, Ph.D. za odborné rady, podněty a připomínky.

Dále pak Ing. Ivaně Beděrkové z Ministerstva životního prostředí, z odboru ochrany vod za cenné materiály, které mi poskytla k mé bakalářské práci. Rovněž Ing. Kamilu Šebkovi a Jiřímu Sedláčkovi za důležité informace k zájmovým oblastem.

Za velkou oporu při studiu děkuji své rodině.

OBSAH

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | ÚVOD..... | 6 |
| 2 | CÍLE PRÁCE..... | 8 |
| 3 | TEORETICKÁ ČÁST..... | 9 |
| 3.1 | Vodní prostředí a jeho specifika | 9 |
| 3.2 | Charakteristika skupin řas a sinic s ohledem na zkoumané lokality..... | 10 |
| 3.2.1 | Oddělení Cyanophyta (sinice)..... | 11 |
| 3.2.2 | Oddělení Dinophyta (obrněnky)..... | 12 |
| 3.2.3 | Oddělení Euglenophyta (krásnoočka) | 12 |
| 3.2.4 | Oddělení Chromophyta (hnědé řasy) | 13 |
| 3.2.5 | Oddělení Chlorophyta (zelené řasy) | 14 |
| 3.2.6 | Oddělení Charophyta (parožnatky) | 15 |
| 3.3 | Využití řas k bioindikacím kvality vody | 16 |
| 3.3.1 | Kvalita vody v ekologii | 18 |
| 3.3.2 | Kvalita vody v ekotoxikologii | 20 |
| 3.3.3 | Kvalita vody v hygieně | 21 |
| 4 | NĚKTERÉ ZAJÍMAVÉ REVITALIZAČNÍ PROJEKTY RYBNÍKŮ POSLEDNÍCH LET | 24 |
| 4.1 | Velký Bolevecký rybník | 24 |
| 4.2 | Rybník v arboretu v Bílé Lhotě..... | 25 |
| 4.3 | Třeboňský rybník Rod | 25 |
| 5 | CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÝCH LOKALIT..... | 27 |
| 5.1 | Středočeský kraj..... | 27 |
| 5.1.1 | Říčanské rybníky | 28 |
| 5.1.2 | Rybníky Jevanské soustavy | 30 |
| 6 | METODIKA PRÁCE | 32 |
| 6.1 | Odběr vzorků..... | 32 |
| 6.2 | Determinace taxonů | 35 |
| 7 | VÝSLEDKY A DISKUSE..... | 37 |
| 7.1 | Nalezené taxony sinic a řas..... | 37 |
| 7.2 | Bioindikace nalezených taxonů sinic a řas..... | 42 |

| | | |
|-----|---|----|
| 7.3 | Kvalitativní posouzení řasové flóry a srovnání s revitalizačními projekty | 45 |
| 8 | ZÁVĚR | 47 |
| 9 | POUŽITÉ ZDROJE..... | 48 |
| | PŘÍLOHY | 53 |
| | ANOTACE | 58 |

1 ÚVOD

Voda je nedílnou součástí našeho životního prostředí. Pro mnohé živočišné i rostlinné druhy je domovem, ale hlavně je důležitou složkou těl všech organismů. Voda oceánů a moří tvoří okolo 70,8% povrchu Země, povrchová voda sladká jen okolo 2% (LELLÁK a KUBÍČEK, 1992).

Značnou plochu povrchových sladkých vod vytváří mokřady, které mají velký ekologický význam nejen pro ochranu druhů, neboť se zde vyskytují živočichové, rostliny, houby či mikroorganismy, které jsou specifické pro daný biotop, či jsou endemitickými druhy. Mají pozitivní vliv na zmírňování klimatických změn. Mokřady představují přirozenou zásobu vody v prostředí, mají velkou retenční schopnost, bohužel však patří k jedněm z nejvíce ohrožených biotopů světa. Na ochranu mokřadů vznikla 2. února roku 1971 Ramsarská úmluva. Je to celosvětová úmluva sloužící k ochraně konkrétního typu biotopu v celosvětovém měřítku, doposud k ní přistoupilo již 169 států (AOPK ČR, 2019).

Rybníky i přesto, že byly vytvořeny lidmi uměle, lze považovat za mokřadní biotopy, které jsou přírodě blízké. Byly zakládány již od středověku a jejich formování a ekologické funkce jsou založeny na přirozených procesech. Tento typ vodních ekosystémů byl vytvořen nejen za účelem produkčního rybníkářství, rekreace, estetické stránky extravilánu či intravilánu, chovu vodního ptactva, čištění odpadních vod, ale také jako hydroakumulační a protierozní prevence. Na základě dnešních kritérií lze většinu rybníků řadit do mezotrofních až eutrofních typů vod (PECHAR a BAXA, 2016; POULÍČKOVÁ, 2011).

V současné době se nejen Česká republika, ale celý svět potýká s nedostatky zdrojů vody sladké. To podle Světového ekonomického fóra znamená největší globální riziko v příštím desetiletí. Samotné zemědělství zabírá kolem 70% z celosvětové spotřeby vody. Aktuální sucho tuto situaci neusnadňuje (GANTER, 2015).

Sucho je hlavním ekologickým tématem, stejně jako znečištění vod, jejich acidifikace a eutrofizace, které jsou způsobovány především nevyhovujícími čistíčkami odpadních vod (ČOV), zemědělstvím, průmyslovou činností, chovem ryb, ale též kyselými dešti způsobenými imisemi (DURAS a POTUŽÁK, 2016).

Řasy jsou jedny z nejhojněji využívaných bioindikátorů kvality vod (HINDÁK, 1978). Bioindikátorem rozumíme organismus, který na základě svých specifických nároků na život indikuje určité vlastnosti prostředí (SLÁDEČEK a SLÁDEČKOVÁ, 1996).

Výskyt sinic a řas je, v převážné míře, nejčastější ve vodním prostředí. Jejich přítomnost v určitém typu vod je dána hlavně charakterem biotopu, ve kterém se vyskytují, a ročním obdobím (AMBROŽOVÁ, 2006). Tyto fotoautotrofní organismy mají ve vodách a mokřadech velký význam jako primární producenti a producenti kyslíku, některé sinice také jako vazači dusíku. Kromě toho však mohou produkovat značnou škálu látek, které mají negativní dopad pro okolní ekosystémy. Řada látek, které produkují, jsou člověku nebezpečné (ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, 2003). Tato bakalářská práce se právě bude zabývat čistotou vod, resp. hodnocením jejich kvality s využitím těchto velice rozmanitých primárních producentů vodních ekosystémů a jejich bioindikačních schopností, a to konkrétně v mokřadním ekosystému rybníčního typu.

2 CÍLE PRÁCE

1. Seznámit čtenáře všeobecně se sinicemi a řasami jako možnými bioindikátory kvality vod.
2. Odebrat vzorky řas a sinic a provést základní algologický průzkum na několika mokřadních lokalitách ve vybrané oblasti středních Čech, a to konkrétně na lokalitách rybníku Jureček, rybníku Ján, Vyžlovském rybníku a rybníku Marvánek (okolí Říčán a Kostelce nad Černými lesy).
 - Z odebraných vzorků prozkoumat složení řasových společenstev, určit dominantní a subdominantní druhy.
 - Výsledky prezentovat v podobě přehledného soupisu taxonů sinic a řas, které byly ve vzorcích pozorovány.
3. Odhadnout na základě nalezených taxonů sinic a řas kvalitu zkoumaného vodního prostředí.
4. Posoudit faktory ovlivňující znečištění (či obecně kvalitu) těchto vybraných vodních ploch.

3 TEORETICKÁ ČÁST

Tato část bakalářské práce se nejprve zabývá stručnou charakteristikou vodního prostředí. Dále jsou zde charakterizovány sinice a řasy, jejich jednotlivá oddělení, v některých případech také třídy, popřípadě řády. Tyto prezentované taxonomické skupiny a příslušné rody a druhy byly vybrány s ohledem na zkoumané lokality, či důležité zástupce v bioindikaci. Kapitola dále zahrnuje stručný přehled problematiky využití řas a sinic jako bioindikátorů (konkrétně v ekologii, ekotoxikologii a hygieně) a přehled faktorů, které ovlivňují kvalitu vod.

3.1 Vodní prostředí a jeho specifika

Vodní prostředí je ve svém charakteru od atmosféry dost rozlišné. Hustota vody je asi 775x větší než je hustota vzduchu. Viskozita vody je stokrát větší než viskozita vzdušného prostředí. Viskozita ve vodě je závislá na její teplotě a tato závislost má veliký biologický význam, neboť ovlivňuje veškeré vznášející se či plovoucí organismy ve vodních ekosystémech (LELLÁK a KUBÍČEK, 1992).

Voda má řadu specifických (někdy až unikátních) vlastností, které jsou velmi významné pro živé organismy i celé ekosystémy. Voda má např. velice vysoké povrchové napětí - její molekuly na rozhraní voda-vzduch vykazují větší soudržnost, což dává na hladině vzniknout tzv. povrchové blance. Tato blanka je hojně využívána řadou vodních organismů, které se na ni přichycují. Poměrně velké skupenské teplo tání, nejvyšší skupenské teplo výparu a velké specifické teplo mají vliv na pomalé ochlazování či naopak ohřívání vody. Teplotní změny ve vodním prostředí tak oproti prostředí terestrickému („vzdušnému“) nastávají se zpožděním. Jedinečnou vlastností vody je to, že má největší hustotu při teplotě 4°C. V jiných teplotních hladinách (studenějších i teplejších) je voda s nižší hustotou, to způsobuje teplotní stratifikaci a také to, že velké nádrže v zimě nezamrzají až na dno (LELLÁK a KUBÍČEK, 1992; POULÍČKOVÁ, 2011).

Co se týče světelných podmínek ve vodním prostředí, tak směrem od hladiny ke dnu vodní nádrže se poměrně rychle mění. Světlo je vodním prostředím pohlcováno, částečně se také odráží od povrchu vodní hladiny. Rozpuštěné látky a různé živé i neživé částice ve vodě mají také značný vliv na osvětlení ve vodním prostředí, dochází na nich např. k rozptylu světla. Pro řasy a sinice je podstatná tzv. fotosynteticky aktivní radiace, označovaná také jako PhaR. Je to světlo v rozmezí vlnových délek 380-720 nm a je zdrojem energie pro fotosyntézu. Řasy jsou samozřejmě limitovány nedostatkem světla. Z vlnových délek nejvíce

rostlinné organismy využívají modré a červené světelné záření. Modré světlo dopadá v čistých vodách do největších hloubek a hojně ho využívají ruduchy, které rostou v hlubinách vod. Avšak v rybnících, v závislosti na jejich hloubce, dopadá nejhluběji zelenožluté světlo (LELLÁK a KUBÍČEK, 1992; POULÍČKOVÁ, 2011).

Koncentrace kyslíku a oxidu uhličitého je oproti vzdušnému prostředí také rozdílná. Koncentrace kyslíku a oxidu uhličitého ve vodě závisí především na teplotě, aktivitě organismů (fotosyntéza, dýchání) a také souvisí s hodnotami pH. Ve vodě se kromě těchto základních plynů rozpouští velké množství dalších anorganických, ale i organických látek. (POULÍČKOVÁ, 2011).

Vodní prostředí je neustále v pohybu a je vystaveno fyzikálním, ale i chemickým změnám, na které jsou organismy nuceny reagovat. Tato reakce probíhá prostřednictvím etologických, morfologických a fyziologických adaptací (LELLÁK a KUBÍČEK, 1992). Antropogenním působením je ovlivňována celá řada vlastností vody jako je její jakost, hydrologický režim, fyzická struktura vodních ekosystémů, ale také složení biocenóz (HINDÁK, 1978).

3.2 Charakteristika skupin řas a sinic s ohledem na zkoumané lokality

Sinice a řasy jsou převážně fotoautotrofní, stélkaté, prokaryotické a eukaryotické organismy. Protože jsou fotoautotrofními organismy, jsou nutně vybaveny fotosyntetickými pigmenty. Jedním z nejdůležitějších pigmentů je chlorofyl *a*, který se vyskytuje v tylakoidech. Řasy a sinice jsou primárními producenty především ve vodním, ale také mokřadním prostředí. Mezi řasami můžeme nalézt i takové zástupce jako například krásnoočka či obrněnky, kteří jsou schopni heterotrofní výživy. Mimo jiné i díky této možné výživě u řas byla formulována teorie endobuněčné symbiózy. Americká bioložka Lynn. Margulisová v této teorii (1981) vysvětluje vznik chloroplastů a mitochondrií v buňkách eukaryot, které podle ní mají svůj původ v prokaryotických buňkách. Tyto buňky byly pohlceny hostitelskou buňkou, v ní se adaptovaly, vytvořily tak oboustranně výhodnou endosymbiózu a postupem času z nich vznikly plnohodnotné buněčné organely. Andreas Schimper již dříve předtím (1885) poukázal na velice podezřelou podobnost plastidů a volně žijících sinic. Původ plastidů ze sinic se později i jednoznačně potvrdil, ačkoliv dodnes nejsou vysvětleny ještě mnohé otázky (KALINA a VÁŇA, 2005; POULÍČKOVÁ a JURČÁK, 2001).

Sinice a řasy můžeme nalézt téměř všude v okolním prostředí, nejen ve vodním prostředí, ale též v terestrickém prostředí. Najdeme je i na velice extrémních stanovištích, na sněhu či ledu, v půdě, v termálních pramenech, na kůře stromů, v jeskyních, kde je osvětlení okolního prostředí minimální, v minerálních pramenech či v podzemních vodách. Jejich využití je značně rozsáhlé, od potravy přes zdroj agaru, karagenu či alginátů až po testovací organismy v genetice, toxikologii nebo k posuzování znečištění prostředí, ve kterém se vyskytují (POULÍČKOVÁ a JURČÁK, 2001).

3.2.1 Oddělení Cyanophyta (sinice)

Sinice jsou fotosyntetizující prokaryotní organismy s jednobuněčnou nebo vláknitou stélkou. Jsou to gramnegativní bakterie, které nedisponují bičíkatými stádii, zbarvené jsou většinou do modrozelené barvy (BELLINGER a SIGEE, 2015; KALINA a VÁŇA, 2005). Zásobní látkou je sinicový škrob. Dokáží získávat dusík ze vzduchu pomocí heterocytů a tím obohacují okolní prostředí živinami. Při přemnožení určité skupiny sinic, které tvoří druhy rodu *Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Planktothrix* aj., se na povrchu eutrofních vod tvoří tzv. vodní květ. Pohyb cyanobakterií je umožněn ve vodním sloupci pomocí aerotopů, což je jediná buněčná struktura, která obsahuje plyny. Sinice produkují toxiny a při rozkladu biomasy dochází k hnilobným procesům, který z vodního prostředí odbourává kyslík. Cyanobakterie se vyznačují typickou strategií pomalého růstu a dokáží být neuvěřitelně konkurenceschopné. Jsou nejčastější složkou symbiotického působení ze všech fotoautotrofních mikroorganismů (KALINA a VÁŇA, 2005; POULÍČKOVÁ a JURČÁK, 2001). Sinice využívají červenou nebo zelenou část spektra slunečního záření na základě změny poměru fotosyntetických barviv (chlorofyl *a*, karotenoidy, fykoerythrin, fykocyaniny) a to jim umožňuje vyskytovat se i v prostředí, kde není skoro žádná intenzita světelného záření (ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, 2003).

Rod *Planktothrix* bývá v poslední době jedním z nejčastějších zástupců, kteří tvoří vodní květ v rybnících a mělkých stojatých vodách na našem území. Zabral tak místo druhu *Aphanizomenon flos-aquae*, který se dříve v těchto vodních biotopech vyskytoval častěji (HINDÁK, 1978; POULÍČKOVÁ, 2011).

3.2.2 Oddělení Dinophyta (obrněnky)

Obrněnky jsou eukaryotickými organismy, mezi kterými převládá monadoidní (bičíkatá) stélka, ojediněle mají rhizopodiální, kokální nebo trichální stélku. Jedním z typických rysů je dinokaryon neboli velké jádro s výraznou zrnitou stavbou. Dalším typickým rysem řady obrněnek je pancíř, který pokrývá povrch buněk. Je složen z celulóznic destiček, jejichž tvar, umístění a jejich počet je určovacím znakem pro bližší taxonomické zařazení. Obrněnky mají dva bičíky, z nichž delší má pohybovou funkci a kratší bičík je uložený v tzv. cingulu (příčná rýha, která rozděluje buňku na horní epitéku a dolní hypotéku). Kratší bičík slouží ke stabilizaci a přihánění potravy. Obrněnky jsou schopné mixotrofní výživy (kombinace fotosyntézy a příjmu organických látek z okolního prostředí). Stigma (světločivná skvrna) se běžně vyskytuje v chloroplastu i mimo něj. Zásobní látkou je škrob. Obrněnky jsou převážně mořskými druhy, ale najdeme mezi nimi i zástupce, kteří se vyskytují ve sladkých vodách. U nás je nejčastěji pozorovatelný v létě a na podzim druh *Ceratium hirundinella*. Některé mořské obrněnky v případě přemnožení vytváří jev zvaný “red tide”, což je červené vegetační zbarvení hladiny moře, způsobené většinou obrněnkami s červeným pigmentem. Některé mořské druhy jsou také schopny bioluminiscence, což je výjimečný jev jak u rostlin, tak u rostlinám podobných organismů (řas). Mnohá Dinophyta produkují silné toxiny, které ohrožují řadu druhů živočichů (především v mořích), ale i člověka (AMBROŽOVÁ, 2006; KALINA a VÁŇA, 2005).

3.2.3 Oddělení Euglenophyta (krásnoočka)

Krásnoočka představují relativně rozmanitou skupinu eukaryotických řas, která je tvořena jednotlivě žijícími bičíkovci. Ti se buď aktivně pohybují, nebo vznikají nepohyblivé buňky a celá palmelová stádia (v podstatě jakési klidové slizové kolonie). Pokud se krásnoočka vyskytnou v nepříznivých podmínkách, přeměňují se v cysty. Typickým obalem buňky krásnooček je tzv. pelikula, která se skládá z proteinových proužků, ty potom šroubovitě obklopují buňku. Pelikula umožňuje v různé míře měnit tvar buňky. Mimo pelikuly se též u některých krásnooček vyskytuje další obal, tzv. lorika, která je na rozdíl od pelikuly inkrustovaná solemi železa a manganu, obklopuje téměř celou buňku a je zbarvená do hněda. Tuto loriku vytváří například rod *Trachelomonas*. Buňky krásnooček mají jen jedno jádro. Nápadné červené stigma se nachází v cytoplasmě poblíž bičíků. Zásobní látkou oddělení Euglenophyta je paramylon (KALINA a VÁŇA, 2005).

Krásnoočka se vyskytují především ve stojatých sladkých vodách, kde je vodní prostředí znečištěno organickými látkami. Povrch hladiny se při přemnožení určitého typu krásnooček jeví červeně zbarvený, protože druhy, které tvoří neuston, obsahují velké množství karotenů. Krásnoočka rodu *Trachelomonas*, která mají silně inkrustovanou loriku, indikují zvýšený obsah iontů železa či manganu ve vodě (HINDÁK, 1978). Euglenophyta nalezneme takřka ve všech biotopech se sladkou vodou. K indikaci organického znečištění vod se využívají zejména: *Euglena viridis*, *Euglena pisciformis*, druhy rodů *Lepocinclis*, *Phacus*, *Trachelomonas* (KALINA a VÁŇA, 2005). Krásnoočka jsou důležitou součástí samočisticích procesů ve vodních biotopech (AMBROŽOVÁ, 2006).

3.2.4 Oddělení Chromophyta (hnědé řasy)

Hnědé řasy jsou rozsáhlou skupinou eukaryotických, v převážné míře fotoautotrofních organismů, které jsou tvarově a stélkově velice rozmanité. U oddělení Chromophyta z asimilačních pigmentů převládají karotenoidy nad chlorofyly *a* a *c*. Podle množství a skladby těchto pigmentů mají chromatofory, ale též celé stélky, rozlišné zbarvení od žluté přes hnědozelenou až k čistě hnědé barvě. Zásobní látkou je olej či chrysolaminaran (KALINA a VÁŇA, 2005).

Třída Bacillariophyceae (rozsivky)

Rozsivky jsou jednou z nejvýznamnějších tříd hnědých řas. Žijí jednotlivě nebo v různě tvarovaných koloniích. Typickým znakem těchto řas je frustula (schránka připomínající krabičku) tvořená oxidem křemičitým (SiO_2), která se skládá ze dvou misek, tzv. epitéky a hypotéky. Podle tvaru těchto misek v půdorysu se pak rozsivky dělí na centrické (kruhový tvar) a penátní (podlouhlý tvar), (ZNACHOR, 2008).

Většina rozsivek nedisponuje bičíkatými stádii, jejich pohyb je dán vylučováním slizové hmoty a klouzáním po pevném povrchu, a to konkrétně u řady penátních druhů, které vytvářejí raphe (specializovaná štěrbinovitá struktura schránky). Centrické rozsivky raphe nemají. U některých druhů pohyb nebyl vypořádaný vůbec. Rozsivky tvoří podstatnou složku fyto-bentosu, která bývá usazena a uchycena na dně stojatých i tekoucích vod a patří mezi nejčastěji se vyskytující řasy. Dlouhodobou studií bylo potvrzeno, že rozsivky citlivě reagují na znečištění vodního prostředí, které je zapříčiněno přítokem odpadních vod. U nás žijí hojně bentické i planktonní druhy, například zástupci rodů: *Cyclotella*, *Fragilaria*, *Diatoma* a *Nitzschia*. K největšímu rozvoji rozsivek dochází v našich podmínkách většinou na jaře a na podzim (AMBROŽOVÁ 2006; KALINA a VÁŇA, 2005).

Rozsivky jsou životně závislé na rozpustnosti SiO₂ v prostředí. Jejich frustuly jsou velice odolné, a proto se dá i podle jejich fosilních nálezů rekonstruovat chemické složení vody na určité lokalitě také v minulosti. Velké množství penátních rozsivek má určité nároky na obsah kyslíku, živin nebo pH ve vodě, ve které se vyskytuje. Z tohoto důvodu jsou často úspěšně využívány jako bioindikátory čistoty vod (ZNACHOR, 2008).

Třída Chrysophyceae (zlativky)

Tato třída je druhově poměrně malou skupinou řas, u které převládají bičíkovci žijící jak v koloniích, tak samostatně. Pohyb je zajištěn dvěma bičíky, živí se mixotrofně (KALINA a VÁŇA, 2005). Důležitým znakem je absence škrobu. Tato vlastnost je využívána hlavně při odlišování taxonů zlativek od některých taxonů zelených řas, s nimiž je lze zaměnit. Zlativky jsou typické častým zpevněním svého těla, a to formou povrchového pokryvu křemitými šupinkami, tvorbou celulózních schránek nebo vnitřní křemité kostry. Vnější i vnitřní křemité struktury se pak stávají součástí diatomitů - stejně jako schránky rozsivek. Zlativky patří mezi nejčastější obyvatele acidifikovaných jezer. Výskyt Chrysophyceae je obecně spíše vázaný na chladné, čisté vody, často i s nižším pH. Tyto řasy jsou mimo jiné závislé na organických zdrojích dusíku a uhlíku, které čerpají z okolního prostředí. Jsou vysoce citlivé na změny v prostředí. Z tohoto důvodu je nutné studovat tyto řasy co nejdříve po odběru vzorků, neboť ani laboratorní skladování nesnáší dobře. Pokud se zlativky přemnoží, voda silně zapáchá po rybině (POULÍČKOVÁ a JURČÁK, 2001; ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, 2007). Pro pozorování a hlavně určování zlativek se užívá elektronový mikroskop z důvodu velice obtížné viditelnosti struktury křemitých šupin, případně schránek (HINDÁK, 1978).

3.2.5 Oddělení Chlorophyta (zelené řasy)

Zelené řasy patří mezi zástupce eukaryotních řas, které jsou druhově velice bohaté. Disponují téměř všemi typy stélek. Zbarvení chloroplastů je živě zelené barvy, základní kombinaci fotosyntetických barviv tvoří chlorofyly *a*, *b*, karoteny a různé xanthofyly. Pokud však tyto řasy jsou vystaveny nedostatku dusíku, vytvářejí se v zygosporách a neaktivních buňkách sekundární karotenoidy. Tyto karotenoidy způsobují zbarvení chloroplastu, v některých případech i celého protoplastu, do červenohnědé barvy (KALINA a VÁŇA, 2005).

Třída Chlorophyceae (zelenivky)

Jsou to zelené řasy s různými typy stélek, jednobuněčnými i mnohobuněčnými. Mnohé z nich žijí jednotlivě, ale mnohé jiné tvoří různá buněčná uskupení (kolonie či

cenobia). Pokročilejší (organizovanější) uskupení představují tzv. cenobia, která sdružují buňky jedné generace. Jednodušším typem jsou kolonie - vícegenerační soubory vláken či buněk, které jsou drženy pohromadě za pomoci slizu nebo mateřské stěny. Patří k nim i tzv. palmelová stádia - nepohyblivé buňky obalené a vzájemně spojené slizem (ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, 2007). Zelenivky často mívají vláknitou, kokální či monádoidní stélku. Bičíkatá stádia mají bičíky se stejnou délkou a chybí u nich speciální vlásky zvané mastigonemy. Z každého bazálního tělíska vyrůstá pár mikrotubulárních kořenů. Z pohledu od předního pólu buňky tvoří kříž, který je lehce namířený ve směru pohybu hodinových ručiček. Tato orientace bývá označena zkratkou CW (clockwise). Poloha CW u Chlorophyceae je častější, než poloha DO (directly opposed), u níž jsou bazální tělíska naproti sobě. Buněčná stěna může být dosti odlišná u jednotlivých řádů. Její základ je většinou tvořen polysacharidovou vrstvou (zejména z celulózy), u některých zástupců pak ještě obsahuje struktury. Mnohé řasy třídy Chlorophyceae vytváří sliz z amorfni hemicelulózy (KALINA a VÁŇA, 2005). Zelenivky se vyskytují v planktonu i bentosu tekoucích nebo stojatých vod. Často se vyskytují v půdě nebo na sněhu (HINDÁK, 1978). V ekosystémech rybníků často najdeme rody *Pediastrum*, *Microspora*, *Crucigenia*, *Coelastrum* nebo *Scenedesmus* (ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, 2009). Z komerčně využívaných zástupců lze zmínit např. rod *Chlorella*, který se hojně uplatňuje v biotechnologii a využívá se také v průmyslu (ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, 2007).

3.2.6 Oddělení Charophyta (parožnatky)

Parožnatky patří podle Kaliny a Váni (2005) na základě odlišností několika významných znaků do samostatného oddělení - vedle dosti podobných zelených řas z oddělení Chlorophyta. Oddělení parožnatek však již spadá pod vývojovou linii streptofyt (sesterská linie k linii Chlorophyta). Jejich chloroplasty na rozdíl od zelených řas obsahují tylakoidy shloučené v pravých granech. Mitotické dělení je otevřené, fragmoplast odděluje dceřiné protoplasty a pomáhá vytvářet buněčnou destičku, která je základem příčné přehrádky aj. Parožnatky patří mezi eukaryotické organismy a jejich vývojová větev Charophytae je výchozí pro vyšší zelené rostliny (mechorosty a cévnaté rostliny) z pohledu fylogeneze (KALINA a VÁŇA, 2005).

V této podkapitole je uvedena jen jedna třída a jeden řád z oddělení parožnatek - ve vztahu k zájmovým lokalitám.

Třída Zygnematophyceae (spájkivé řasy)

Tato skupina zahrnuje jednobuněčné (kokální) a vláknité (trichální) řasy, které nedisponují bičíkatými stádii a při mitotickém dělení buněk jim chybí centrioly (párová buněčná organela, která je schopná se samostatně dělit). Jejich pohlavní rozmnožování probíhá tzv. spájením a na tomto základě dostaly i své jméno (AMBROŽOVÁ, 2006; KALINA a VÁŇA, 2005).

Řád Desmidiales (krásivky) - jsou jednobuněční zástupci spájkivých řas. Tyto řasy se v typickém případě skládají ze dvou symetrických buněčných polovic, tzv. semicel. Krásivky se nejčastěji vyskytují v prostředí s nižší hodnotou pH (největší druhová diverzita je uváděna v rozmezí hodnot pH 4,5-6,5) a v prostředí málo bohatém na živiny, především na organické látky, dusík a fosfor. Nejtypičtějším biotopem jsou dna mělčích, dobře prosvětlených tůňek, některé druhy zde vytvářejí i slizovité kolonie. Eutrofizace vodního prostředí, zapříčiněná antropogenní činností, způsobuje někdy i lokální vyhynutí krásivek. Dánský hydrobiolog Nygaard vytvořil v souvislosti s tímto poznatkem obecný index bioindikace eutrofie vodních ekosystémů. Ten je založen na poměru počtu druhů ze skupin typických pro eutrofní vody (sinic, centrických rozsivek a zelených kokálních řas) ku počtu druhů krásivek (NEUSTUPA, 2004).

Krásivky žijí ve sladkovodním prostředí a vyznačují se dosti specifickými ekologickými nároky na vlastnosti biotopu. Řadí se tedy k velice důležitým bioindikátorům kvality vodních a mokřadních biotopů. Na základě výskytu krásivek ve vodním prostředí lze dokonce odhadovat i míru narušenosti či naopak zachovalosti vodních ekosystémů (COESEL, 1998; ŠŤASTNÝ, 2010).

3.3 Využití řas k bioindikacím kvality vody

Množství sinic a řas ve vodním prostředí, ale též jejich druhové složení je ovlivněno několika faktory: proudění vody, světlo, pH, obsah organických a minerálních látek, obsah plynů, teplota a substrát (POULÍČKOVÁ a kol, 1998). Každý organismus má určité nároky na podmínky prostředí a tudíž i různou toleranci k různým faktorům působícím v prostředí. Tím obsazuje určitou niku v ekosystému. Nejvhodnějšími organismy pro bioindikace jsou organismy stenoekní, které jsou vázané na určité prostředí a mají úzkou ekologickou valenci. Bioindikátory umožňují určit charakter prostředí v určitých sledovaných parametrech, např.

také typ a míru znečištění (ANDĚL, 2011). V následující tabulce 1 jsou uvedeny příklady parametrů vodního prostředí, které mohou být indikovány řasami a sinicemi.

Tab. č. 1: Přehled řasových bioindikátorů a indikovaných charakteristik prostředí (POULÍČKOVÁ, 2011)

| Charakteristika/ Kategorie | Skupina řas | Rod/druh | Poznámka |
|-------------------------------|--|---|---|
| pH/dystrofie, kyselé vody | rozsivky, krásivky, zlativky, vyjimečně některé sinice | <i>Eunotia, Pinnularia, Micrasterias, Xanthidium, Euastrum, Synura sphagnicola, Dynobryon pediforme, Euglena acus, E. mutabilis, Chroococcus turgidus</i> | rašeliniště „soft waters“ |
| pH/acidifikace | zlativky, rozsivky | <i>Synura, Mallomonas, Eunotia</i> | Skandinávie, tatranská plesa, šumavská jezera |
| pH/alkalické | sinice | <i>Petalonema</i> | „hard waters“ |
| živiny/oligotrofie | rozsivky, ruduchy, zlativky | <i>Aulacoseira, Cyclotella, Hildenbrandia, Lemanea, Batrachospermum, Mallomonas, Hydrurus</i> | |
| živiny/mezotrofie | rozsivky, obměnky, sinice | <i>Asterionella, Ceratium, Peridinium, Aphanizomenon</i> | |
| živiny/eutrofie | rozsivky, sinice, zelené řasy | <i>Staphanodiscus, Microcystis, Phormidium, Cladophora</i> | |
| živiny/hypertrofie | sinice | <i>Planktothrix</i> | |
| organické znečištění | krásnoočka | <i>Euglena, Phacus</i> | návesní rybníky, ptačí kolonie |
| železo, mangan | krásnoočka, železité bakterie | <i>Trachelomonas, Galionella</i> | |
| sirovodík | slizové bakterie, sinice | <i>Beggiatoa, Oscillatoria</i> | |
| salinita | sinice, zelené řasy | <i>Nodularia, Enteromorpha, Dunaliella</i> | |
| teplomilné | sinice | <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> | invazivní? |
| termální | sinice | <i>Mastigocladus laminosus, Phormidium laminosum</i> | |

3.3.1 Kvalita vody v ekologii

Stojaté i tekoucí vody obsahují celou řadu organických látek, minerálních živin, ale i toxických látek. Uvedené látky se do vodního prostředí dostávají nejen produkcí sinic, řas a makrofyt, rozkladem uhynulých organismů nebo pomocí veškeré přirozené bioaktivity prostředí, ale též vlivem okolních faktorů a především působením lidské činnosti (LELLÁK a KUBÍČEK, 1992).

Bioindikace kvality vodního prostředí může být založena na dvou přístupech. Jedním z těchto přístupů je počítání indexů diverzity a bohatosti, které je založeno na druhovém složení daného společenstva. V tomto případě se vychází z předpokladu, že s rostoucím narušením prostředí klesá druhová diverzita. Je však třeba podotknout, že to nemusí vždy úplně platit. Například u řas ve vodních tocích bylo zjištěno, že s rostoucím znečištěním (do určité míry) může stoupat počet druhů. Objevují se totiž druhy s větší tolerancí k míře znečištění prostředí, ale zároveň znečištění není ještě tak značné, aby druhy méně tolerantní zcela vymizely. Druhová bohatost v určitém vodním biotopu může být také ovlivněna přítokem, který přináší druhy z jiných zdrojů v okolním prostředí (POULÍČKOVÁ, 2011).

Druhým přístupem jsou indexy, které jsou založeny na přesně definovaných ekologických valencích druhů k určitým charakteristikám prostředí. U nás v České republice je jedním z nejčastěji využívaných indexů tohoto typu Saprobni index dle Sládečka (POULÍČKOVÁ, 2011).

Profesor Sládeček zdokonalil základní systém saprobity od R. Kolkwitze a M. Marssona pro lentické (stojaté) a lotické (tekoucí) vody. V tomto systému uvádí hlavní čtyři větve (katarobitu, limnosaprobity, eusaprobity a transsaprobity), které dále více specificky člení (RÖDLOVÁ, 2019).

Saprobity

Vyjadřuje míru organického znečištění vod. Díky indikátorům saprobity a jejich přítomnosti v daných vodách lze posoudit znečištění těchto ekosystémů. V předchozím textu již bylo naznačeno základní dělení systému saprobity do čtyř hlavních větví. Následující text se blíže zaměřuje již jen na jednu z nich, a to na limnosaprobity, v rámci níž dle Sládečka rozlišujeme 4 (až 5) stupňů saprobity. K nim lze současně uvést příklady bioindikátorů z řad sinic a řas. V případě vodních toků jsou to zejména zástupci obývající prostor dna, kde tvoří společenstvo označované jako fytobentos.

Hlavními bioindikátory fyto-bentosu vod xenosaprobních (vody pramenů a pramenných stružek, velice čisté s minimálním organickým zatížením) jsou například zlativky rodu *Hydrurus* nebo ruduchy rodů *Hildenbrandia* a *Lemanea*.

Oligosaprobni vody (vody čisté, kde oxidační procesy převažují nad redukčními velkou vahou) doprovázejí rozsivky, vyskytující se v čistých vodách, a ruduchy rodu *Batrachospermum*.

V beta-mezosaprobni vodách (přirozeně znečištěné vody) můžeme nalézt např. zelené řasy rodu *Cladophora*, sinice rodu *Phormidium* a různobrvky rodu *Vaucheria*.

Alfa-mezosaprobni vody (procesy oxidace a redukce jsou v těchto vodách vyrovnané) jsou domovem např. pro sinice rodu *Oscillatoria* nebo zelené řasy rodu *Ulothrix*.

Polysaprobni vody (jsou značně znečištěné, převládají zde procesy redukční), u nichž je nízká druhová bohatost, avšak velká objemová bohatost biomasy, jsou obsazovány např. krásnoočky rodu *Euglena* či některými druhy sinic z rodu *Phormidium* (POULÍČKOVÁ, 2011).

Trofie

Trofie (nebo také úživnost) je významná charakteristika, která vyjadřuje množství živin v daném prostředí. Z tohoto hlediska lze vymezit několik typů vod od vod nejméně zatížených živinami, tedy oligotrofních, přes mezotrofní, eutrofní až k nejvíce zatíženým vodám, vodám hypertrofním. Neméně známé jsou i vody dystrofní, jsou to vody kyselé s malým obsahem živin (RAJCHARD A BALOUNOVÁ, 2002; POULÍČKOVÁ, 2011). Jedním z významných ekologických problémů je již řadu let proces eutrofizace, který zásadně ovlivňuje kvalitu vodních ekosystémů. Jedná se o obohacování prostředí především o dusík a fosfor. Nadbytečné obohacování prostředí o dusík a fosfor vede k nadměrnému rozvoji některých sinic a řas a tvorbě vodního květu, což má za následek vysokou produkci organické hmoty a vytváření toxinů působením sinic. Toto následně vede i k rozvoji destruentů, kteří při rozkladu organické hmoty spotřebovávají kyslík. V některých extrémních případech nastává ve vodním prostředí až anaerobní stav. Všechny tyto procesy vedou k zásadním změnám ve druhovém složení vodních ekosystémů (ANDĚL, 2011).

Jako ukazatelé stupně trofie se ve vodním prostředí nejčastěji využívají rozsivky. Pro toto hodnocení jsou velice důležité celé řady systémů hodnocení, které musí být v řadě případů specificky vytvořené pro daný biotop - např. indikační systém vytvořený speciálně pro alpské toky nebude příliš použitelný pro vody běžné v ČR (POULÍČKOVÁ, 2011).

Acidifikace

Acidifikace (proces okyselování prostředí) je dalším velkým ekologickým problémem, který se výrazně projevil (či v některých případech stále projevuje) i v naší zemi. Je spojena především s imisní zátěží, která jako hlavní působící faktor okyseluje vody a snižuje tak jejich pH. K okyselování vod může rovněž docházet i relativně přirozenou cestou, např. protékáním vody smrkovými monokulturami. Acidifikace má mimo jiné za následek vymizení rybích společenstev, pokles diverzity i produkce fytoplanktonu. V silně acidifikovaných vodách, kde pH klesá na hodnotu 4,5, se zvyšuje podíl toxické formy hliníku a fosfor začíná být limitujícím pro organismy. V těchto podmínkách nalezneme např. zlativky, které jsou schopné si fosfor uložit do zásoby. U nás jsou silně acidifikovanou oblastí Šumavská jezera (POULÍČKOVÁ, 2011; SLÁDEČEK a SLÁDEČKOVÁ, 1996).

3.3.2 Kvalita vody v ekotoxikologii

Hlavním velkým “strašákem“ v současné době je vliv antropogenní činnosti na prostředí a hlavně únik látek z této činnosti do okolních ekosystémů (ANDĚL, 2011).

Ekotoxikologie se zabývá působením toxických látek na biosystémy. Tato věda se pohybuje na rozmezí mezi ekologií a toxikologií. Zásadní vliv pro vývoj ekotoxikologie měla kniha *The Silent Spring* od Rachel Carson z roku 1962. Rachel Carson v knize upozorňuje na negativní dopad používání pesticidů, zejména DDT (Dichlordifenyltrichloretan), (PANÁČEK a BALZEROVÁ, 2013).

Pro zjištění skutečného škodlivého působení toxických látek na vodní organismy a jejich společenstva se provádějí biologické testy toxicity. Testy probíhají v laboratorních podmínkách a jako pokusné organismy se používají určití vybraní zástupci vodních organismů. U těchto organismů jsou pak sledovány určité předem definované reakce na danou toxickou látku, resp. na různé koncentrace této látky (HINDÁK, 1978). Kromě jiných vodních organismů jsou při testování toxicity často využívány také řasy. Používá se buď jeden druh řas, nebo směsice sinic, rozsivek a zelených řas (PANÁČEK a BALZEROVÁ, 2013).

Testy toxicity jsou založeny na kultivaci určitého druhu řasy v živném médiu, které obsahuje studovanou nebezpečnou látku. Následně se pak zkoumá buď jen počet buněk kultivovaných řas a inhibice jejich růstu a rozmnožování (zpomalení určitých fyziologických reakcí), nebo se měří intenzita fotosyntézy. Často jsou využívány zelené řasy *Raphidocelis subcapitata*, *Desmodesmus* sp., *Chlorella* sp., *Scenedesmus subspicatus*, *Scenedesmus*

quadricauda nebo *Selenastrum capricornutum* aj. (ANDĚL, 2011; PANÁČEK a BALZEROVÁ, 2013; ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, 2003).

Biologické systémy včasného varování (BEWS)

BEWS (Biological early - warning systems) jsou perspektivní bioindikační postupy využívané ekotoxikologií ve vodním prostředí. Tyto testy kontrolují toxicitu daného prostředí v reálném čase. Předpokládá se, že v budoucnu je bude možné využít nejen k ochraně před teroristickými útoky na pitnou vodu, ale též k ochraně před haváriemi a úniky toxických látek do životního prostředí.

Příklady aplikací pro BEWS jsou například:

Algae toximetr - využívá se zde řasy z oddělení Chlorophyta *Chlorella vulgaris*, u níž je sledována inhibice fotosyntézy, která se určuje na základě měření fluorescence pigmentu chlorofylu *a*.

ECOTOX - v této toxikologické metodě se využívají krásnoočka druhu *Euglena gracilis*, která se snímají CCD (Charge - coupled device) kamerou a analýzou obrazu se pak zkoumá vliv toxické látky na pohyb tohoto bičíkovce (ANDĚL, 2011).

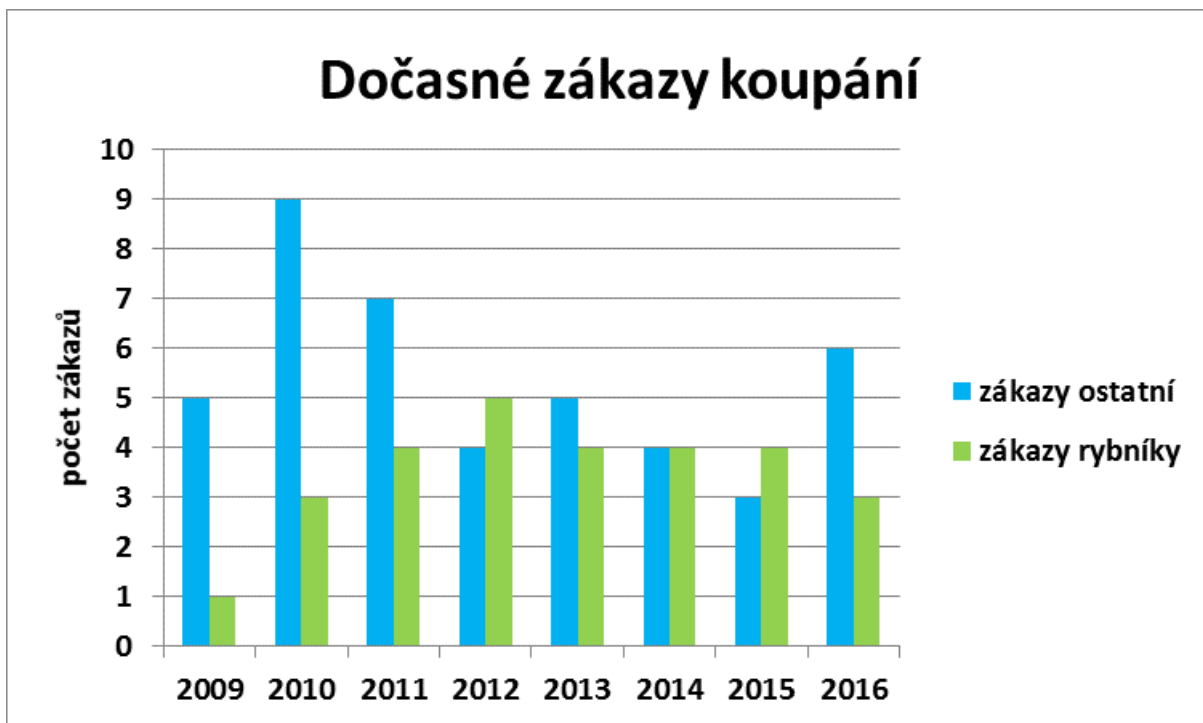
3.3.3 Kvalita vody v hygieně

Kvalita vod se dá posuzovat z několika aspektů. Prvním z nich je hledisko biologické, dále je to hledisko využitelnosti člověkem a pak také kvalita vody z pohledu vodárenství.

Vody vhodné ke koupání se dle evropské legislativy řídí směrnicí 2006/7/ES, tato směrnice pojednává o řízení jakosti vod ke koupání a o zrušení směrnice 76/160/EHS. Je to směrnice vydaná Evropským parlamentem a Radou Evropské unie. Upravuje monitorování, klasifikaci, posuzování a stav kvality vodních ploch vhodných ke koupání, ale také informovanost a opatření v řízení. Členské státy Evropské unie v souladu se směrnicí 2006/7/ES zajišťují „profily vod ke koupání“, jejichž součástí je i posudek na možné rozmnožení sinic (Cyanophyta) či makroskopických řas nebo fytoplanktonu s ohledem na druhové složení a množství fytoplanktonu. Z pohledu hygieniků bývá nejčastější příčinou dočasného uzavření vod určených ke koupání právě enormní rozvoj sinic (BEDĚRKOVÁ, 2017; PSP ČR, 2019).

V současné době se k posuzování množství sinic v koupacích vodách, na doporučení Světové zdravotnické organizace, využívá třístupňového posuzování. Zákaz koupání se vydává na základě vytvoření viditelného vodního květu. V posledních letech se počet zákazů,

vydaných krajskými hygienickými stanicemi, drží na stejné úrovni. Rybníky, co do počtu zákazů, jsou většinou srovnatelné s ostatními vodními plochami, viz graf č. 1 (BEDĚRKOVÁ, 2017; PSP ČR, 2019).



Graf č. 1: Dočasné zakazy koupání v ČR za koupací sezony v letech 2009-2016 (BEDĚRKOVÁ, 2017)

Hodnocení kvality vody se řídí dvěma základními zákony, a to zákonem č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů a zákonem č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů. Doplnkovými metodami jsou metody kvantitativní a kvalitativní.

Tyto kvantitativní a kvalitativní metody napomáhají určení kvality vod pomocí rozborů nárostů, kterými se určí nejen stupeň saprobity, ale též míra eutrofizace a zda je voda vhodná či nevhodná pro užití ve vodárenství. Rozbor kvantitativní vyjadřuje počet zástupců určitého druhu ve zkoumané lokalitě. Rozbor kvalitativní vyjadřuje pouze přítomnost či absenci určitých druhů organismů (PSP ČR, 2019; ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, 2003).

Vodní ekosystémy působením eutrofizace vytvářejí značné množství biomasy, což se projevuje výrazným zbarvením či zápachem vody (organoleptické závady). Tyto nežádoucí změny vody jsou běžnou technologickou úpravou těžce odstranitelné. Vegetační zbarvení vody je závislé na přemnožení určitého druhu či více druhů ve vodním prostředí. Rozsivky se podílejí na hnědém zbarvení, některé druhy rodu *Euglena* a *Haematococcus* způsobují rudé

zbarvení, sinice tvořící vodní květ způsobují modré, šedozelené až žluté zbarvení a chlorokokální řasy jako *Chlorella*, *Chlamydomonas*, *Pandorina*, *Volvox* aj. jsou příčinou zeleného vegetačního zbarvení (ŘÍHOVÁ ABMROŽOVÁ, 2003).

Biologický (a mikrobiologický) rozbor pitné vody je založený na stanovení mikroskopického obrazu a počtu mikroorganismů v 1 ml vody. Na vodu pitnou jsou vydané zvlášť přísné požadavky a upravuje ji vyhláška, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody č. 252/2004 Sb. Tato vyhláška mimo fyzikálních a chemických ukazatelů a jejich limitních hodnot také stanovuje limitní hodnoty pro mikrobiologické a biologické ukazatele. Z mikrobiologického a biologického hlediska je zkoumáno několik ukazatelů. Velmi důležité je zjišťování výskytu určitých druhů či skupin bakterií, které jsou považovány za indikátory fekálního znečištění vody - *Clostridium perfringens*, intestinální enterokoky, *Escherichia coli*, koliformní bakterie. Dále je zjišťován obecný výskyt nejrůznějších bakterií - jednak chladnomilnějších neboli psychrofilních (počítají se jejich kolonie narostlé na kultivačním médiu při 22°C), jednak teplomilnějších neboli mezofilních (počítají se jejich kolonie narostlé na kultivačním médiu při 36°C). V některých případech je sledován zvlášť ještě výskyt bakterie *Pseudomonas aeruginosa*. Co se týče řas a sinic, tak ty mohou být více či méně součástí následujících biologických ukazatelů. Jedním z nich je mikroskopický obraz abiosestonu - jde o nejrůznější částice organického i anorganického původu, patří k nim i pozůstatky neživých částí organismů. Dalšími ukazateli jsou pak mikroskopický obraz počtu (všech) organismů a mikroskopický obraz živých organismů (PSP ČR, 2019; VESELÁ, 2004).

4 NĚKTERÉ ZAJÍMAVÉ REVITALIZAČNÍ PROJEKTY RYBNÍKŮ POSLEDNÍCH LET

V poslední době ochrana vod, obzvláště před eutrofizací a jejími projevy v podobě rozmnožení sinic až do vodního květu, je velice časté a skloňované téma. V následujících podkapitolách jsou uvedeny některé zajímavé projekty, prováděné na rybnících za několik posledních let.

4.1 Velký Bolevecký rybník

Jedná se o poměrně velký rybník (s rozlohou 43 ha), který se nachází na okraji města Plzně a představuje oblíbené místo k rekreaci. Kolem roku 2000 se však na rybníce začaly objevovat vodní květy sinic, které toto rekreační využívání omezovaly. Tvorba vodních květů souvisela s velkým množstvím ryb a kumulací fosforu v rybníčních sedimentech. V roce 2005 byl tedy zahájen projekt pro snížení trofie a tím vytvoření čisté vody na Velkém Boleveckém rybníku. Projekt byl vcelku úspěšný, asi po dvou letech usilovné práce se objevila průzračná voda a tento stav je udržován i nadále. Do rybníka byly opakovaně aplikovány látky s obsahem hliníku, které způsobují fixaci fosforu v sedimentech, takže ten pak není dostupný vodním organismům. Razantně byla snížena rybí obsádka, zejména stavy kaprů, plotic a cejnů, a díky tomu se pak v rybníce rozmnožili filtrátoři (např. velké perloočky nebo mlži), kteří přispívají k čisté vodě intenzivní konzumací planktonních řas a sinic. Na podporu těchto filtrátorů (zejm. perlooček) byly do rybníka ještě vysazeny vodní rostliny, které jim poskytují vhodný podklad či úkryt. Protože se zde však tyto vodní rostliny nadměrně rozrůstají, musí od dubna do října rybník čistit od vodní vegetace vyžínací loď. Ta je za uvedenou dobu schopná sklídit i 3 000 m³ rostlinné biomasy (DURAS a POTUŽÁK, 2016).

Bohužel má tento projekt i své stinné stránky, které souvisejí s nízkou rybí obsádkou a bohatou vodní vegetací. Jednou z nich je přemnožení drobných vodních plžů a s nimi spojený výskyt ptačích motolic a jejich larválních stádií (cerkárií). Cerkárie napadají lidskou kůži a způsobují tzv. cercáriovou dermatitidu. Tento rybník se také bohužel stal domovem hned několika invazivních rostlinných druhů, například vodního moru amerického (*Elodea nuttallii*) nebo morovinky vodní (*Egeria densa*), které do budoucna znamenají pro čistotu rybníka velké riziko. Obecně lze říci, že v dnešní době vytvořit rybník čistý, ekologicky významný a přitom bez zásahu lidské činnosti prakticky téměř nelze (DURAS a POTUŽÁK, 2016).

4.2 Rybník v arboretu v Bílé Lhotě

Dalším příkladem řešení eutrofizace a jejích následků jsou revitalizační zásahy na malém rybníce v Arboretu Bílá Lhota, které se nachází poblíž města Olomouc na střední Moravě. Uvedený rybník byl postižen intenzivním rozvojem sinice *Planktothrix agardhii*, která se zde stala dominantní na základě vysokého obsahu fosforu v rybníce. Hlavním zdrojem fosforu byly komunální odpadní vody z vesnice Bílá Lhota. K potlačení sinice zde byl použit přípravek označovaný jako PAX 18 (Polyaluminium chlorid). Tento přípravek vysrážel fosfor z vodního sloupce a zároveň vytvořil tenkou vrstvu na dně rybníka, čímž zamezil uvolňování fosforu ze sedimentu dna znovu do okolní vody. *Planktothrix agardhii* z prostředí rybníka téměř vymizela; zásah byl o to účinnější, že došlo také k zamezení přítoku zdroje fosforu z vesnice do rybníka (LELKOVÁ a kol., 2008; POULÍČKOVÁ, 2011). Následně v rybníce v arboretu proběhla revitalizace spočívající zejména v jeho odbahnění, z estetických důvodů byly také na březích vykáceny stromy, což vedlo k prosvětlení vodní plochy (POULÍČKOVÁ, 2011).

Po opětovném napuštění rybníka studniční vodou po těchto zákrocích v planktonu dominovaly řasy čistých vod, jako jsou zlativky rodu *Dinobryon*, některé skryténky nebo obrněnky. Později však rybník intenzivně zarostl zelenými řasami rodu *Cladophora*. Ačkoliv byly vyvíjeny pravidelné snahy o manuální odstranění této řasy, k eliminaci jejího rozšíření po celém rybníce to nepomohlo. Kombinace provedených zásahů (zejména snížení obsahu fosforu v rybníce a prosvětlení vodní plochy) tedy vedla k tomu, že rybník byl zbaven sinic tvořících vodní květy, ale začal se potýkat s problémem rozvoje metafytou (POULÍČKOVÁ, 2011).

4.3 Třeboňský rybník Rod

Opatření provedená na silně eutrofním rybníku Rod na Třeboňsku jsou příkladem pokusu o tzv. „top-down“ regulaci primární produkce v rybníčním ekosystému. Jedná se o proces, kdy prostřednictvím regulace početnosti a struktury rybí obsádky lze ovlivnit další úroveň trofického řetězce až k primárním producentům. V případě silně eutrofního rybníka jde především o redukci přemnožených planktonních řas a sinic, které zakalují vodní sloupec nebo při hladině tvoří vodní květ (PECHAR a BAXA, 2016; PECHAR a kol., 2016).

Rybník Rod byl v rámci této zamýšlené regulace v letech 2014-2015 minimálně nasazen rybí obsádkou, pouze línem a candátem a byl ponechán naprosto bez obsádky kapra.

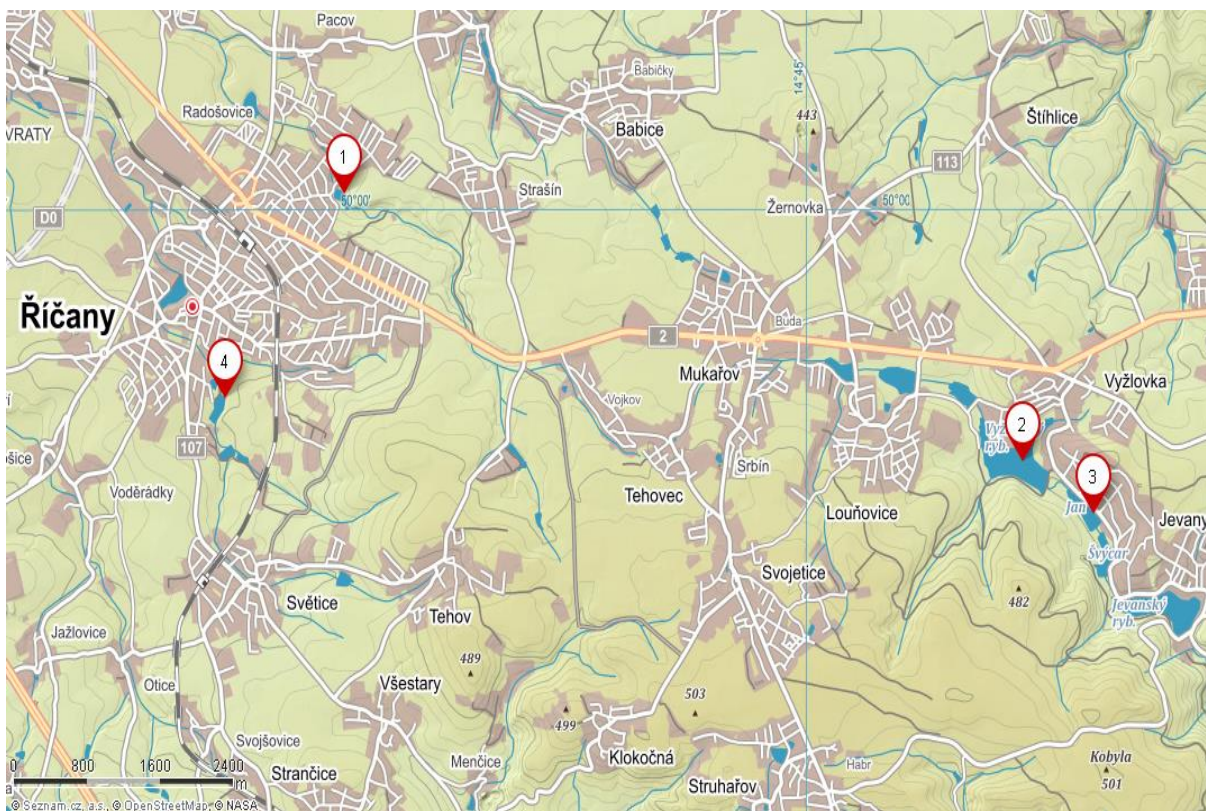
V první sezóně, v roce 2014, byl viditelný odlišný rozvoj planktonu a celkový ráz ekosystému se jevil zcela jinak, než tomu bylo v předcházejících letech. V roce 2014 byl pozorován masivní rozvoj velkých perlooček rodu *Daphnia* po celou sezónu. Voda v rybníku Rod byla díky tomu zpočátku viditelně čistější. V létě však došlo k masivnímu rozvoji vodního květu sinice druhu *Aphanizomenon flos-aquae* a do vodního prostředí se současně dostalo obrovské množství aktivního fosforu. Množství biomasy *Aphanizomenon flos-aquae* dosáhlo v přepočtu na koncentraci chlorofylu maximální hodnoty 800 µg/l, což několikanásobně převyšuje průměrné hodnoty u třeboňských rybníků. V roce 2015 taktéž rybník ovládl velký zooplankton a čistota vody byla vyšší až do června, kdy na rybníku Rod nastal intenzivní rozvoj ponořené vegetace - zejm. růžkatce ostnitého (*Ceratophyllum demersum*) a také zelených vláknitých řas. Stejně tak jako v předešlém roce 2014, tak i v roce 2015 byla zaznamenána přítomnost obrovského množství aktivního fosforu ve vodním prostředí. V návaznosti na velkou potravní nabídku rybník osídlil hojný počet vodního ptactva (PECHAR a BAXA, 2016; PECHAR a kol., 2016).

K výše uvedenému je však ještě nutno dodat, že rybník Rod je propojen s mnoha dalšími rybníky v okolí, ve kterých rybí obsádka změněna nebyla, ani dávkování krmiv a hnojiv do prostředí omezeno nebylo (ústní sdělení BEDĚRKOVÁ, 2018).

Souhrnně lze říci, že v tomto projektu byl prokázán velký vliv rybí obsádky (její skladby a početnosti) na vodní ekosystém, jeho složení i kvalitu vody. Avšak bylo též dokázáno, že v tomto případě na obsah aktivního fosforu ve vodním prostředí nemá rybí obsádka až takový vliv, jaký by se dal očekávat. V silně eutrofním rybníce bez obsádky kapra totiž došlo dokonce k výraznému zhoršení v letních měsících, a to až takovému, že koncentrace fosforu dosahovaly ve svém maximu hodnot, které byly 4-5x větší než dlouhodobý průměr na třeboňských rybnících. Ačkoliv např. v 70. letech minulého století snížení počtu ryb (a tudíž i snížení dodávaného krmiva či hnojení) mělo zásadní vliv na čistotu vody, dnes už tomu tak není. Ještě na začátku 20. stol. rybníky často představovaly mělké mezotrofní nádrže. Postupně se rostoucí koncentrace živin ve vodním prostředí projevila hlavně zvýšenou produktivitou těchto ekosystémů. Ve zmíněných ekosystémech dominovaly především velké perloočky rodu *Daphnia* a dařilo se také zvyšovat rybí obsádky. V současné době je otázka čistého rybníka založena na dlouhodobém procesu snižování přísunu živin do vodního ekosystému. Přestože rybářské hospodaření snížením fosforu (skrze hnojiva a krmiva) může významně přispět k čistotě rybníků, je důležité zabývat se i zdroji živin z okolního prostředí (PECHAR a kol., 2016).

5 CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÝCH LOKALIT

Pro odběr vzorků řas a sinic byly vybrány čtyři různé mokřadní lokality ve Středočeském kraji (v oblasti Říčany a Kostelce nad Černými lesy) s různorodými vlastnostmi prostředí, avšak vždy se jednalo o lokality rybníčního typu. Jejich geografickou polohu ukazuje obrázek č. 1. Poloha konkrétních míst odběru vzorků na zvolených lokalitách je pak znázorněna v Příloze č. 2 této práce (obr. č. 29–32).



Obr. č. 1: Označení zájmových lokalit dle pořadí odběrů vzorků na mapě. 1 - rybník Jureček, 2 - Vyžlovský rybník, 3 - rybník Ján, 4 - rybník Marvánek (upraveno podle MAPY.CZ, 2019)

5.1 Středočeský kraj

Středočeský kraj svou polohou obklopuje hlavní město České republiky - Prahu. Je svou rozlohou největším, ale také nejlidnatějším krajem v České republice. Podle údajů Českého statistického úřadu k 1. 1. 2018 počet obyvatel činil 1 369 332 a rozloha byla 10 928 km². Středočeský kraj leží na jedné z nejstarších částí pevniny v Evropě, na Českém masivu, jehož reliéf je poměrně méně členitý. Nejvyšším vrcholem je vrchol Tok v Brdech (865 m n. m.) a nejnižším místem je řečiště Labe (153 m n. m.), (STŘEDOČESKÝ KRAJ, 2017; ČSÚ, 2018).

5.1.1 Říčanské rybníky

Tyto rybníky se nacházejí ve městě Říčany a zároveň spadají pod správu tohoto města. Pro algologický průzkum zde byly vybrány dva rybníky, a to rybník Jureček a rybník Marvánek. Oba rybníky jsou funkčně určeny jako rybářské revíry a zároveň přírodní koupaliště, ačkoliv v současné době rybník Marvánek, díky výskytům cercárií a znečištění řasami, vhodný ke koupání není (MĚSTO ŘÍČANY, 2019). Do těchto rybníků se cíleně nepřidávají žádná hnojiva a dokrmování ryb je zde zakázáno (ústní sdělení SEDLÁČEK, 2019).

Rybník Jureček

Rybník Jureček (GPS: 50.0008769N, 14.6789567E) se nachází na severovýchodním okraji města Říčany, v okrese Praha-východ, ve Středočeském kraji. Zdejší geografickou zajímavostí je skutečnost, že lokalitou probíhá 50. rovnoběžka (viz např. obr. č. 1).

Rybník se využívá hojně k rekreaci a také k chovu ryb. Za první republiky byla jeho sláva věhlasná a také v současné době se těší poměrně velké oblibě. Okolí tohoto rybníka je převážně zalesněné (viz obr. č. 2). Rybník je napájen říčkou Rokytka, do které ústí čistička odpadních vod (dále jen ČOV) v Tehovci a ČOV Vojkov. V roce 2017 došlo k jeho vypuštění a probíhaly zde práce spojené s odstraněním sedimentu z celé plochy rybníčního dna. Z důvodu sucha v létě 2018 potok, kterým byl rybník Jureček napájen, vyschnul a tak nebyl v době odběru zcela napuštěn (viz obr. č. 3). Krajskou hygienickou stanicí bylo vyhlášeno koupání na vlastní nebezpečí a testy na kvalitu vody nebyly prováděny. Velký vliv sucha se zobrazil i v kvalitě vody a jejím viditelném znečištění (MĚSTO ŘÍČANY, 2019).

V rybníku je v současné době rybí obsádka složená z kapra, plotice, cejna, karase a štiky. Je zde využit aerátor (zařízení na okysličení vody) a zařízení na spodní odtok vody, který nutí spodní neokysličenou vodu kolovat, aby nestála u dna. Z důvodu ústí dvou ČOV je rybník hodně zásoben živinami. V současné době se podařilo, zatím tedy jen v ústní podobě, domluvit s ČOV v Tehovci vyšší srážení fosforu za pomoci síranu železitého z ústí ČOV do říčky Rokytka. Je zde vybudováno litorální pásmo rybníku Jureček, které je od hlavní nádrže odděleno lomovým kamenem (ústní sdělení SEDLÁČEK, 2019).



Obr. č. 2: Rybník Jureček a nejbližší okolí



Obr. č. 3: Vyschlé koryto řeky Rokytky

Rybník Marvánek

Rybník Marvánek (GPS: 49.9839931N, 14.6600094E) se rozkládá téměř v samém středu města Říčany (obr. č. 1) a v jeho blízkém okolí se nachází pole. V roce 2016 zde došlo k jeho odbahnění. Po odbahnění byl v rybníku prokázán parazitologickým rozbohem výskyt cercárií (ŘÍČANSKÝ KURÝR, 2019). Ty se však v parazitologickém rozboru ze září 2018 již nepotvrdily (ústní sdělení SEDLÁČEK, 2019). V důsledku vysoké eutrofizace se v rybníku rozvíjí velké množství řas. Rybníkem totiž protéká Říčanský potok, do něž je kousek nad Marvánkem zaústěn odtok ČOV Světic. Rybník byl odbahněn a zbaven velkého množství živin, avšak další velké množství živin bylo opět z přítoku doplněno (viz obr. č. 5), (MĚSTO ŘÍČANY, 2019).

V současné době byl na základě písemné dohody snížen přísun živin, a to konkrétně fosforu z přítoku ČOV Světic. ČOV Světic se zavázala zvýšením množství síranu železitého, který je přidáván do aktivace biologické linky. Posléze bylo v roce 2018 měřením zjištěno, že bez zvýšení tohoto srážedla z ČOV Světic by bylo do Říčanského potoka vypuštěno 56,3 kg fosforu, ale díky navýšení celkový vypuštěný fosfor byl pouze v množství 12,71 kg (ústní sdělení SEDLÁČEK, 2019).

Na Marvánku je vybudováno litorální pásmo u přítoku do nádrže, které je odděleno hrázkou od hlavního prostoru nádrže. Rybí obsádka je složena v převážné míře z candáta a

kapra (ústní sdělení SEDLÁČEK, 2019). Vzhled Rybníku Marvánek, jeho litorální pásmo a přítok jsou viditelné na obr. č. 4 až 6.



Obr. č. 4: Rybník Marvánek



Obr. č. 5: Viditelný nános hlinitého sedimentu v Říčanském potoce



Obr. č. 6: Ústí Říčanského potoka do Marváneku

5.1.2 Rybníky Jevanské soustavy

Vyžlovský rybník a rybník Ján se nacházejí v okrajových částech obcí Vyžlovka a Jevany, leží na Jevanském potoce a tvoří součást Jevanské rybniční soustavy (obr. č. 1). Rybníky byly založeny v 16. století. Jevanská soustava rybníků má velký význam pro regulaci dolního toku Jevanského potoka, který ústí do řeky Sázavy, neboť vykazují velkou retenční schopnost. Všechny rybníky Jevanského potoka spadají pod správu Školního lesního podniku v Kostelci nad Černými lesy (OBEC VYŽLOVKA, 2011). U těchto rybníků se dbá na udržování relativně přirozených podmínek prostředí, neprobíhá zde intenzivní hospodaření, rybí obsádky se dokrmují pouze obilím. Nosnou rybou je kapr obecný (*Cyprinus carpio*), dále zde nalezneme býložravé ryby jako je amur bílý (*Ctenopharyngodon idella*) a tolstolobik bílý (*Hypophthalmichthys molitrix*). Z dravých ryb jsou to potom sumec velký (*Silurus glanis*), candát obecný (*Sander lucioperca*) a štika obecná (*Esox lucius*). V rybníku Ján i Vyžlovském rybníku probíhá jednohorkový systém hospodaření (nasazení ryb a jejich výlov v průběhu jednoho roku). V současné době nejsou pozorovány žádné výrazné vlivy znečištění v okolí těchto rybníků, neústí do nich žádné ČOV a ani se nevyskytují v blízkosti jiných

znečišťujících zdrojů. Pouze lidská obydlí mohou mít vliv na chemické či jiné znečištění těchto rybníků (ústní sdělení ŠEBEK, 2019).

Vyžlovský rybník

Tento rybník (GPS: 49.9796358N, 14.7815008E) se nachází na jižním okraji obce Vyžlovky. Jeho okolí je převážně zalesněno (viz obr. č. 7) a jeho část hraničí s národní přírodní rezervací Voděradské bučiny. Tento rybník je primárně určen k chovu ryb, ale také k rekreaci. Rybník je propojen Jevanským potokem s rybníkem Ján. Rozloha Vyžlovského rybníku činí 22,5 ha (LIEBSCHER a RENDEK, 2014).



Obr. č. 7: Vyžlovský rybník a nejbližší okolí



Obr. č. 8: Rybník Ján

Rybník Ján

Rybník Ján (GPS: 49.9756742N, 14.7925747E) je hned následujícím rybníkem Jevanské kaskády po Vyžlovském rybníku. Rozkládá se na okraji obce Jevany a jeho hlavním účelem je chov ryb. Jedná se o sportovní rybník. Rozloha tohoto rybníku je 4,9 ha (viz obr. č. 8), (LIEBSCHER a RENDEK, 2014).

6 METODIKA PRÁCE

Tato část práce vysvětluje výběr daných lokalit, popisuje metody odběru vzorků sinic a řas, způsob jejich uchovávání a zakonzervování. Seznamuje se způsobem určování taxonomických jednotek a prezentuje základní fyzikální data pořízená při odběru vzorků na vybraných lokalitách.

6.1 Odběr vzorků

Pro odběr vzorků byly vybrány čtyři mokřadní lokality v oblasti středních Čech, a to rybník Jureček, Vyžlovský rybník, rybník Ján a rybník Marvánek (jejich charakteristika viz kapitola číslo 5). Tyto mokřadní lokality byly vybrány z důvodu jejich odlišného charakteru prostředí, a to konkrétně:

1) Rybník Jureček - z důvodu jeho odbahnění, ale následného nedopuštění byl na ploše viditelný až enormní rozvoj vodního květu sinic. Jureček zároveň reprezentuje rybník, do jehož přítoku ústí dvě ČOV.

2) Rybníky na Jevanském potoce byly vybrány z důvodu jejich propojení. Na tomto případě je dále rozebíráno, zda propojení rybníků může v nich ovlivnit řasové společenstvo (viz podkapitola č. 7.3). Oproti rybníku Jureček do těchto rybníků neústí žádná ČOV.

3) Rybník Marvánek byl vybrán z důvodu výskytu cercárií. Dále je srovnáván s výzkumem, který probíhal na Velkém Boleveckém rybníce (viz podkapitola 4.1 a dále podkapitola 7.3). Do přítoku rybníku Marvánek ústí jedna ČOV.

Odběr vzorků byl prováděn v létě roku 2018, v období dlouhotrvajících veder bez dešťů, a toto se projevilo i na řasovém společenstvu v rybnících, čemuž nasvědčoval i vzhled vodních ploch (viz obr. č. 9 -13).



Obr. č. 9: Vzhled vody ve Vyžlovském rybníku



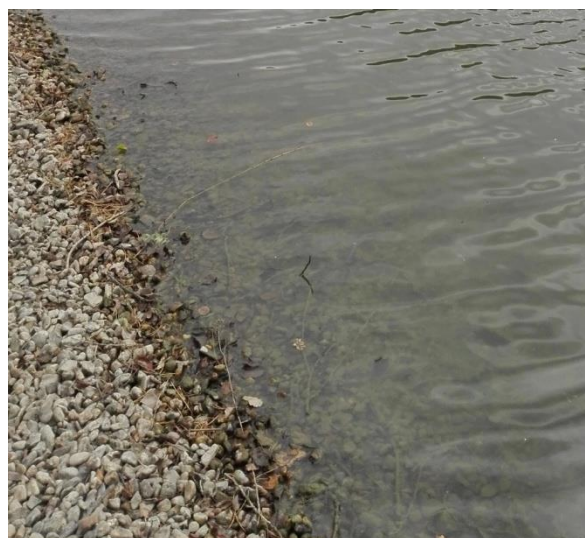
Obr. č. 10: Vzhled vody v rybníku Ján



Obr. č. 11: Vzhled vody v rybníku Jureček



Obr. č. 12: Vzhled vody v rybníku Marvánku - přednádrž



Obr. č. 13: Vzhled vody v rybníku Marvánku - samotná nádrž

Vzorky byly odebírány do malých skleněných nádob během jednoho dne (8. 8. 2018) v pořadí, které je uvedeno výše. Na každé zvolené lokalitě byl odebrán jeden vzorek. Při odběru byly zaznamenány důležité parametry prostředí jako teplota vzduchu, teplota vody (v hloubce 20 cm, v místě odběru v minimální hloubce ode dna 1 m), čas odběru, vzhled odebíraných vzorků - zejména jejich barva a průhlednost (viz tabulka č. 2). Následně byla provedena fotodokumentace vodních ploch (tyto fotografie jsou bez označení autora, neboť jsou vlastní prací, viz obr. č. 2-13). Vzorky byly odebírány za pomoci čisté kuchyňské houbičky (z důvodu zamezení znečištění vzorků byla houbička po každém odběru nahrazena novou) a pomocí pinzety z povrchu dna (kamenů, ponořených vyšších rostlin) a doplněny

vodou (z hloubky 20 cm v místě s minimální hloubkou ode dna 1 m). Tento styl sběru vzorků se v praxi velice osvědčil.

Po odběru byly vzorky uchovány v chladu s dostatkem světla a vzduchu. Druhý den (9. 8. 2018), tedy do 24 hodin, byly vzorky předány do rukou Mgr. Jany Štěpánkové, Ph.D., která následně provedla fixaci pomocí tzv. Pfeifferovy fixační směsi. Pfeifferova fixační směs se skládá ze 40% formaldehydu, metanolu a destilovaného dřevného octa, působící 6 až 12 hodin v poměru 1:1:1. Do každého vzorku bylo přidáno takové množství fixační směsi, aby její výsledná koncentrace ve vzorku činila cca 2% (NĚMEC, 1962; ústní sdělení ŠTĚPÁNKOVÁ, 2018).

Tab. č. 2: Měřené a pozorované údaje ze zájmových lokalit v době odběru vzorků

| Zkoumané parametry | Rybník Jureček | Rybník Marvánek | Rybník Ján | Vyžlovský rybník |
|---------------------|---|--|---|---|
| Teplota vzduchu | 36°C | 25°C | 30°C | 32°C |
| Teplota vody | 29,9°C | 27,9°C | 29°C | 29,8°C |
| Datum odběru vzorku | 8. 8. 2018 | 8. 8. 2018 | 8. 8. 2018 | 8. 8. 2018 |
| Čas odběru vzorku | 17:20 | 19:27 | 18:34 | 18:10 |
| Vzhled vzorku | Vzorek silně zbarven do zelena, neprůhledný, pravděpodobná přítomnost sinic | Vzorek lehce do zelena, průhledný | Vzorek do zelena, na povrchu viditelné bílé tečky | Vzorek zbarven do zelena, na povrchu viditelné bílé tečky |
| poznámka | Vyschlý přítok řeky Rokytka, okolí zalesněno | Po dešti, ústí ČOV Světica, v okolí pole | Propojen s Vyžlovským rybníkem, okolí zalesněno | Propojen s rybníkem Ján, okolí zalesněno |

6.2 Determinace taxonů

Odebrané vzorky byly pozorovány mikroskopy typu:

- Olympus BX51 se zvětšením 20 x 15, 40 x 15 (objektiv x okulár)
- Olympus CX 22 LED se zvětšením 40 x 10 (objektiv x okulár)

Potřebné pomůcky a materiál k mikroskopování:

- Vlastní odebraný vzorek
- Pasteurova pipeta (plastová)
- Podložní sklo
- Krycí sklo
- Světelný mikroskop

V preparátech, které byly připraveny z jednotlivých vzorků, byly pod mikroskopem určovány přítomné taxony sinic a řas. Jako určovací klíče a pomůcky byly použity následující materiály:

- HINDÁK, 1978
- GUIRY a GUIRY, 2019
- KAŠTOVSKÝ a HAUER, 2019
- ŠEJNOHOVÁ a kol., 2008
- COESEL, 1983
- COESEL, 1991
- COESEL, 1997

Při pozorování sinic a řas mikroskopem se taxonomická determinace řídila především typem stélek, jejich tvarem, zbarvením (které odráží obsah asimilačních pigmentů), přítomností schránky (jejím tvarem a strukturou), přítomností a charakterem chloroplastů, přítomností určitých specifických struktur a charakterem buněčných obalů.

Taxonomické názvy sinic a řas byly nejprve převzaty z knihy Sladkovodné riasy (HINDÁK, 1978). Následně byly taxonomické názvy sinic a řas aktualizovány podle databáze AlgaeBase (GUIRY a GUIRY, 2019). Názvy některých druhů byly ponechány tak, jak jsou uvedeny v publikaci HINDÁKA (1978), neboť v databázi AlgaeBase nebyly nalezeny. V názvech sinic a řas byly použity zkratky: cf. (confer) v případě nejednoznačného určení druhu a sp. (single species) v případě určení rodu, bez určení druhu.

Floristické výsledky byly přehledně uspořádány do tabulky podle místa odběru a zařazeny do taxonomického oddělení a třídy (viz tabulka č. 3 v kapitole 7). Do tabulky bylo dále zaznačeno, které taxony byly v daném vzorku (resp. odběrovém místě) dominantní (popsáno zkratkou DOM.D.) a které byly subdominantní (popsáno zkratkou SUB.D.). Za dominantní byly označeny taxony, které početností jedinců v daném vzorku výrazně převyšovaly ostatní taxony. Za subdominantní pak byly označeny další velmi hojně zastoupené taxony.

Do Přílohy č. 1 této práce pak byly umístěny ilustrační fotografie některých řas a sinic, které byly ve vzorcích pozorovány (viz obr. č. 14-28).

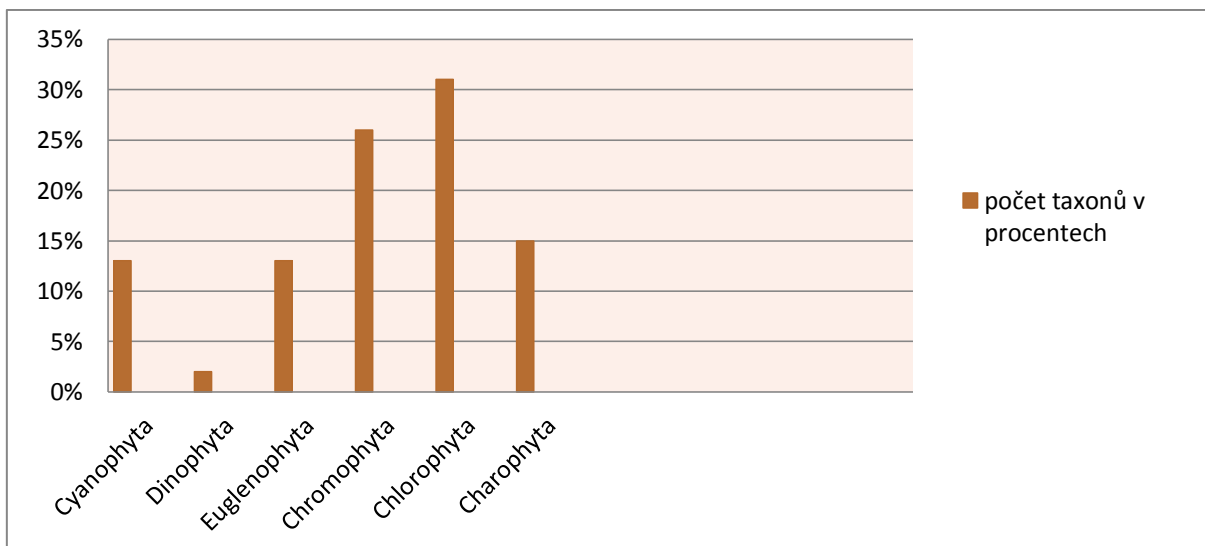
7 VÝSLEDKY A DISKUSE

V následujících podkapitolách jsou uvedeny výsledky z algologického průzkumu a determinace jednotlivých taxonů nalezených v zájmových lokalitách. Jsou zde uvedeny konkrétní druhy či rody sinic a řas a jejich důležité bioindikační vlastnosti. V návaznosti na tyto teoretické poznatky je vyhodnocená kvalita vodního prostředí na jednotlivých zkoumaných lokalitách. Je zde brán zřetel na zjištěné informace od provozovatelů těchto rybníků s ohledem na možné faktory, které mají za následek znečištění těchto vodních ploch. Tyto závěry jsou pak srovnávány s vybranými výzkumy (a revitalizačními projekty) jiných autorů, které jsou uvedeny v kapitole č. 4.

7.1 Nalezené taxony sinic a řas

V této podkapitole jsou v tabulce (viz tab. č. 3) na základě vlastního algologického průzkumu přehledně uvedeny nalezené sinice a řasy, které jsou řazeny podle své příslušnosti k oddělením a třídám (viz též podkapitola 6.2). U každé zájmové lokality jsou stručně popsány výsledky vizuálního hodnocení jakosti vody v terénu a výsledky mikroskopického rozboru příslušných vzorků v laboratoři. U vizuálního hodnocení přímo v terénu se jedná především o zbarvení a průhlednost vody a makroskopické projevy vodního květu sinic. U mikroskopického rozboru odebraných vzorků se jedná o postihnutí hlavních rysů skladby přítomného společenstva řas a sinic (dominantní taxony, taxonomická diverzita).

Celkově bylo v zájmových lokalitách pozorováno 54 taxonů sinic a řas, z nichž největší část patří zeleným řasám (Chlorophyta), a to konkrétně 17 taxonů (31%). Dále bylo zaznamenáno 14 taxonů hnědých řas (Chromophyta), resp. rozsivek (26%), 8 taxonů krásivek (15%) reprezentujících oddělení Charophyta, 7 taxonů krásnooček (Euglenophyta, 13%), 7 taxonů sinic (Cyanophyta, 13%) a 1 taxon z oddělení obrněnek (Dinophyta, 2%), (viz graf č. 2). Sinice druhu *Planktothrix agardhii* se vyskytovala ve všech případech, přičemž na třech lokalitách byla dominantní složkou přítomného společenstva. Celkově sinice, mimo jednoho případu rozsivky, byly dominantními zástupci fytoplanktonu.



Graf č. 2: Procentuální zastoupení jednotlivých oddělení sinic a řas vzhledem k celkovému počtu nalezených taxonů

Rybník Jureček

Při algologickém průzkumu byl zjištěn v této lokalitě dominantní výskyt sinic *Microcystis* sp., *Microcystis wesenbergii* a *Anabaena* sp., které na hladině rybníku tvořily viditelný vodní květ (viz obr. č. 11). Celkově byla ve vzorku zjištěna přítomnost 4 druhů sinic. Dále byly nalezeny 2 druhy krásnooček, z nichž *Euglena* cf. *sanguinea* byla subdominantním druhem ve studovaném společenstvu. Tento druh krásnoočka byl blíže určen také z důvodu viditelného rudého zabarvení, které bylo na odběrové lokalitě patrné. Tento druh krásnoočka při přemnožení zabarvuje hladinu vody do červena, protože v cytoplazmě hromadí astaxantin, neboli také sekundární karotenoidy (KALINA a VÁŇA, 2005). Dalším subdominantním druhem byla zelená řasa *Cladophora* sp. Mikroskopický rozbor ukázal 7 taxonů rozsivek, 4 taxony zelených řas a 1 druh krásivky. Řasy a sinice byly v pozorovaném vzorku velice dobře viditelné a většinou dosahovaly i relativně velkých rozměrů. Celkový počet sinic a řas ve vzorku činil 18 druhů, resp. taxonů (viz tab. č. 3). V tomto vzorku dominantní a subdominantní druhy, co do počtu jedinců, v enormní výši převládaly nad ostatními řasami.

Rybník Marvánek

Na této zkoumané lokalitě byly ve vzorcích pozorovány především 3 druhy sinic, z nichž druh *Planktothrix agardhii* byl dominantním druhem a tvořil na hladině okem viditelný vodní květ. Následovaly 4 druhy krásnooček, subdominantními druhy ve zkoumaném společenstvu bylo krásnoočko *Trachelomonas* sp. a *Trachelomonas* cf.

volvocinopsis. Dále bylo zaznamenáno 5 taxonů rozsivek, z nichž rozsivka *Navicula* sp. ve vzorku převládala. Také bylo nalezeno 11 taxonů zelených řas a 2 taxony krásivek. Celkový počet sinic a řas pozorovaných v této oblasti byl 25 druhů, resp. taxonů (viz tab. č. 3). Marvánek byl hned po Vyžlovském rybníku co do počtu nalezených taxonů nejbohatší.

Je důležité upozornit na fakt, že při odběru tohoto vzorku se počasí výrazně ochladilo vlivem přicházejícího deště a zvedl se vítr. Tyto zaznamenané teplotní změny jsou uvedeny v tab. č. 2 (v předchozí kapitole 6). Při srovnání naměřených hodnot teploty vzduchu a vody z této lokality je tak velmi dobře vidět, jak se vodní nádrže oproti okolnímu prostředí ochlazují pomalu a se zpožděním (viz kapitola č. 3.1). Tato vodní plocha se na první pohled jevila zeleně zbarvená, s viditelným tvořícím se nánosem vodního květu, především v litorální části. Vzhledově pak samotná nádrž působila čistým dojmem, neboť její průhlednost byla vysoká.

Vyžlovský rybník

Na lokalitě Vyžlovského rybníka byl zjištěn 1 druh sinice, konkrétně *Planktothrix agardhii*, která byla pozorovaná často i v ostatních vzorcích. V tomto případě byla dominantní složkou řasového společenstva. Na hladině vody byl pozorován tvořící se vodní květ, avšak nebyl tak značný jako v případě rybníku Jureček. V případě Vyžlovského rybníka bylo výraznější organické znečištění vodní plochy projevující se ve viditelných bílých tečkách ve vodě (viz obr. č. 9). Dále bylo nalezeno 5 druhů krásnooček, 10 druhů rozsivek, 12 druhů zelených řas, z nichž druh *Scenedesmus obtusus* f. *disciformis* a druh *Scenedesmus quadricauda* byly subdominantními druhy. Pozorováno bylo také 6 taxonů krásivek. Tento vzorek byl ze všech odebraných vzorků co do druhové diverzity nejvíce různorodý. Celkem obsahoval 34 taxonů sinic a řas. Počtem přítomných taxonů tak převyšoval všechny ostatní odebrané vzorky (viz tab. č. 3).

Rybník Ján

Vzorek z této odběrové lokality byl ve srovnání se vzorky z ostatních lokalit nejhůře pozorovatelný. Objevila se zde zrníčka písku, i když při odběru vzorku z lokality rybníku Ján byla snaha se tohoto znečištění vyvarovat. Pozorovaný materiál vykazoval velké organické znečištění a tak řasové společenstvo bylo pod mikroskopem hůře viditelné. Na hladině vodní plochy byly stejně jako v případě Vyžlovského rybníka znatelné bílé tečky, které toto organické znečištění značí (viz obr. č. 10). Podle pozorování daného materiálu pod

mikroskopem byla možná přítomnost sinice rodu *Microcystis*, avšak z důvodu hustoty vzorku nelze toto tvrzení 100% potvrdit. Byly zde pozorovány 3 druhy sinic, z nichž dvě byly ve vzorku dominantní, a to konkrétně sinice druhu *Planktothrix agardhii* a *Anabaena* sp. Dále byl nalezen 1 druh obrněnky (ta se vyskytovala pouze v této lokalitě), 1 druh krásnoočka, 5 taxonů rozsivek, přičemž druhy *Gomphonema* sp. a *Cymbella* sp. byly subdominantními taxony, 3 taxony zelených řas a 2 taxony krásivek (viz tab. č. 3). Ve vzorku z rybníka Ján byl zaznamenán nejmenší počet druhů sinic a řas ze všech zájmových lokalit, a to konkrétně 15 taxonů. Otázkou je, zda to bylo zapříčiněné hustotou vzorku, nebo řasovým společenstvem v rybníku. Propojení Vyžlovského rybníka s rybníkem Ján a jeho celkové umístění v soustavě rybníků na Jevanském potoce (následující rybník hned za Vyžlovským rybníkem a v pořadí 5. rybník v soustavě), by se mohlo jevit zásadním pro druhovou diverzitu v něm, ale dle pozorování se tato domněnka zatím nemůže potvrdit. Rybník Ján byl oproti Vyžlovskému rybníku podstatně méně druhově bohatý, a to výrazně. Shoda řasového společenstva byla jen v 9 případech z celkového počtu 40 taxonů.

Tab. č. 3: Přehledný seznam taxonů sinic a řas nalezených při algologickém průzkumu vybraných středočeských rybníků v létě 2018. (Symboly +/- značí přítomnost/absenci taxonu na dané lokalitě, zkratky DOM.D. a SUB.D. označují dominantní a subdominantní taxon ve zkoumaném společenstvu na dané lokalitě.)

| Oddělení / třída | Taxon | Jureček | Marvánek | Vyžlovský rybník | Ján |
|------------------------------|-------------------------------------|---------------|---------------|------------------|---------------|
| Oddělení Cyanophyta | <i>Anabaena</i> sp. | DOM.D. | - | - | DOM.D. |
| | <i>Aphanocapsa</i> sp. | - | + | - | - |
| | <i>Chroococcus</i> sp. | - | - | - | + |
| | <i>Microcystis</i> sp. | DOM.D. | - | - | - |
| | <i>Microcystis viridis</i> | - | + | - | - |
| | <i>Microcystis wesenbergii</i> | DOM.D. | - | - | - |
| | <i>Planktothrix agardhii</i> | + | DOM.D. | DOM.D. | DOM.D. |
| Oddělení Dinophyta | | | | | |
| | <i>Ceratium hirundinella</i> | - | - | - | + |
| Oddělení Euglenophyta | | | | | |
| | <i>Euglena</i> cf. <i>sanguinea</i> | SUB.D. | - | - | - |
| | <i>Euglena</i> sp. | - | + | - | - |
| | <i>Euglena texta</i> | - | + | + | - |

| | | | | | |
|---|--|---------------------|---------------|---------------|---------------|
| Oddělení Chromophyta Tř. Bacillariophyceae | <i>Phacus</i> sp. | - | - | + | - |
| | <i>Trachelomonas</i> cf. <i>volvocinopsis</i> | + | SUB.D. | + | + |
| | <i>Trachelomonas</i> sp. | - | SUB.D. | + | - |
| | <i>Trachelomonas</i> <i>volvocinopsis</i> | - | - | + | - |
| | | | | | |
| | <i>Amphora</i> sp. | - | + | + | - |
| | <i>Aulacoseira</i> sp. | + | - | + | - |
| | <i>Cocconeis</i> sp. | - | - | + | + |
| | <i>Cyclotella</i> sp. | - | - | + | + |
| | <i>Cylindrotheca</i> sp. | - | + | - | - |
| | <i>Cymbella</i> sp. | - | - | - | SUB.D. |
| | <i>Fragilaria</i> sp. | - | - | + | - |
| | <i>Gomphonema</i> sp. | + | SUB.D. | + | SUB.D. |
| | <i>Gyrosigma</i> sp. | + | - | - | - |
| | <i>Melosira varians</i> | + | - | - | - |
| | Oddělení Chlorophyta Tř. Chlorophyceae | <i>Navicula</i> sp. | + | DOM.D. | + |
| <i>Nitzschia acicularis</i> | | - | - | + | - |
| <i>Nitzschia</i> sp. | | + | + | + | - |
| | | + | - | + | - |
| <i>Rhoicosphenia curvata</i> | | | | | |
| | | | | | |
| <i>Coelastrum</i> <i>pseudomicroporum</i> | | - | + | + | - |
| <i>Desmodesmus abundans</i> | | - | + | - | - |
| <i>Desmodesmus opoliensis</i> var. <i>opoliensis</i> | | - | - | + | - |
| <i>Monactinus simplex</i> | | - | + | + | + |
| <i>Oedogonium</i> sp. | | + | + | + | + |
| <i>Pediastrum duplex</i> | | - | + | + | - |
| <i>Pseudopediastrum</i> <i>boryanum</i> | | + | + | + | - |
| <i>Scenedesmus ellipticus</i> | | - | - | + | - |
| <i>Scenedesmus obtusus</i> f. <i>disciformis</i> | - | + | SUB.D. | - | |
| <i>Scenedesmus quadricauda</i> | - | + | SUB.D. | - | |

| | | | | | |
|-----------------------------|--|---------------|---|---|---|
| Tř. Trebouxiophyceae | <i>Scenedesmus velitaris</i> | - | - | - | + |
| | <i>Willea cf. apiculata</i> | - | - | + | - |
| | <i>Actinastrum hantzschii</i> | + | - | - | - |
| | <i>Crucigenia fenestrata</i> | - | + | + | - |
| | <i>Franceia ovalis</i> | - | + | - | - |
| | <i>Oocystis</i> sp. | - | + | + | - |
| | <i>Cladophora</i> sp. | SUB.D. | - | - | - |
| Oddělení Charophyta | | | | | |
| Tř. Zygnematophyceae | <i>Closterium limneticum</i> | - | + | + | - |
| | <i>Closterium strigosum</i> | - | + | - | - |
| | <i>Cosmarium cf. kjellmanii</i> | - | - | + | - |
| | <i>Cosmarium cf. praecisum</i> | - | - | - | + |
| | <i>Cosmarium laeve</i> var. <i>laeve</i> | + | - | + | + |
| | <i>Cosmarium laeve</i> var. <i>pseudooctangulare</i> | - | - | + | - |
| | <i>Staurastrum cf. tetracerum</i> | - | - | + | - |
| | <i>Staurastrum</i> sp. | - | - | + | - |
| | Celkový počet nalezených taxonů | 54 | | | |

7.2 Bioindikace nalezených taxonů sinic a řas

K několika zástupcům (či skupinám) sinic a řas je v této podkapitole uvedena stručná ekologie se zaměřením na jejich bioindikační vlastnosti. Jsou zde vybrány takové taxony, které jsou pro bioindikaci kvality vodního prostředí zvláště důležité a zároveň byly pozorovány ve vzorcích ze zájmových oblastí (studovaných rybníků).

Nejčastějšími zástupci sinic, které na studovaných rybnících představovaly dominantní složku společenstev a většinou v různé míře tvořily vodní květ, jsou sinice rodu *Planktothrix*, *Anabaena* a *Microcystis* (viz obr. č. 14-17). Tyto sinice jsou ukazateli většího trofického zatížení vodního prostředí - od eutrofního až po hypertrofní typ vod (POULÍČKOVÁ, 2011). Sinice druhu *Planktothrix agardhii* je možné pozorovat v hojně míře (při tvorbě vodního květu) v různých nádržích a eutrofních jezerech (SLÁDEČEK a SLÁDEČKOVÁ, 1996).

Organické zatížení ve vodním prostředí obecně indikují krásnoočka, např. různé druhy rodu *Euglena*, které jsou typickými zástupci právě při tomto typu znečištění. Zástupci, kteří

jsou ukazateli vodního prostředí zatíženého železem či manganem, jsou krásnoočka rodu *Trachelomonas* (viz obr. č. 18). Vyskytují se jak jednotlivě, tak ve shlucích. V silně znečištěných vodních ekosystémech mohou způsobit vegetační zabarvení. Některé druhy se však vyskytují i ve značně kyselých vodách a ve vodách čistých (HINDÁK, 1978; POULÍČKOVÁ, 2001). Rod *Trachelomonas* byl ve studovaných vzorcích pozorovatelný ve všech případech. Navíc v rybníku Marvánek tvořili subdominantní složku řasového společenstva dokonce dva zástupci tohoto rodu. To může být výsledkem právě přidávaného síranu železitého na vysrážení fosforu (viz oddíl 5.1.1). V našem případě se jednalo o druh *Trachelomonas volvocinopsis* a *Trachelomonas* sp.

Jednou z nejvýznamnějších skupin řas v oblasti bioindikace jsou rozsivky (viz např. ŠEJNOHOVÁ a kol., 2008; POULÍČKOVÁ, 2011). Díky druhovému zastoupení rozsivek ve vodních ekosystémech je možná rekonstrukce ekologických podmínek prostředí i několik desítek let zpětně. Penátní rozsivky jsou hlavně zastoupeny v lotickém prostředí, jsou schopné žít epifytickým způsobem života. Díky jejich dobře známým nárokům na vlastnosti prostředí jsou hojně využívané jako bioindikátory, na základě kterých je možné určit stupeň organického znečištění, trofie, acidifikace aj. V našem případě rod *Aulacoseira*, vyskytující se v rybníku Jureček a Vyžlovském rybníku, sdružuje spíše zástupce oligotrofních typů vod, stejně tak jako rod *Cyclotella*, který byl nalezen v rybnících na Jevanském potoce. Rozsivky rodu *Cyclotella* jsou velmi malé, žijí jednotlivě, a proto jsou i těžko pozorovatelné v klasickém světelném mikroskopu. V současné době se na jejich pozorování využívá elektronový mikroskop (POULÍČKOVÁ a JURČÁK, 2001). Rozsivky druhu *Nitzschia acicularis* a *Rhoicosphenia curvata* (viz obr. č. 21), které byly pozorovány ve Vyžlovském rybníku, jsou alkalofilními druhy (HINDÁK, 1978).

Zelené řasy jako jsou *Desmodesmus abundans*, *Desmodesmus opoliensis*, *Scenedesmus quadricauda* (viz obr. č. 24), *Scenedesmus velitaris*, *Scenedesmus ellipticus*, *Crucigenia fenestrata*, *Coelastrum pseudomicroporum* aj., jsou ukazateli eutrofních vod. Zelené řasy rodu *Cladophora* bývají často porostlé sinicemi či rozsivkami, které na nich žijí epifyticky. Jejich rozsáhlé porosty, tvořící mnohdy velké množství biomasy, bývají využívány ke zjištění těžkých kovů v prostředí. Druhy rodu *Cladophora* najdeme jak ve stojatých, tak v tekoucích vodách, obecně jim příliš nevyhovují zastíněné oblasti (HINDÁK, 1978; POULÍČKOVÁ a JURČÁK, 2001).

Krásivky (Desmidiales) se často využívají k určení charakteru prostředí, v němž se vyskytují (viz podkapitola č. 3.2.6). Většinu druhů nalezneme spíše v oligo-mezotrofních

typech vod, i když jsou známé i druhy preferující spíše eutrofní prostředí. Tato živinami chudá stanoviště se v poslední době čím dál více potýkají s ohrožením, které je spojené s antropogenní činností, a to zemědělstvím, vysycháním, eutrofizací, acidifikací aj. Z tohoto důvodu se nejčastěji krásivky vyskytují v oblastech, kde je menší hustota zalidnění. Krásivky jsou zřejmě jednou z nejvíce ohrožených skupin mikroorganismů, které se vyskytují ve vodním prostředí a vyžadují určité rozpětí ekologických vlastností prostředí (COESEL, 1998).

Ačkoliv se v našich zkoumaných nádržích objevily řasy z řádu Desmidiáles, z tabulky č. 4 je patrné, že všechny tyto krásivky jsou ve většině případů zástupci eutrofních vod a mokřadů. Ve dvou případech se však setkáváme i s pozoruhodnými zástupci, které lze označit za vzácné druhy. Jedná se o druhy *Closterium strigosum* a *Cosmarium* cf. *kjellmanii* (ŠŤASTNÝ, 2010).

V tabulce č. 4 jsou u vybraných (nalezených) druhů krásivek vyznačeny jejich důležité ekologické charakteristiky, které většinou zároveň představují indikace různých parametrů prostředí. Nejprve se jedná o stupeň trofie (TRPH) - (oli) oligotrofní, (mes) mezotrofní, (eu) eutrofní; dále o reakci prostředí (ACID) - (aci) kyselá, (neu) neutrální, (alk) alkalická. Také je rozlišována životní forma (LF) - (ben) bentická, (atm) atmofytická, (pla) planktonní; stupeň vzácnosti v ČR (R) - 1 - příležitostný výskyt, 2 - vzácný výskyt, 3 - velice vzácný výskyt. Významnou charakteristikou je ekologická citlivost (S), která je vyjadřovaná v hodnotách od 1 (relativně snadno se šířící druh, přítomný i v raných sukcesních stádiích ekosystémů) do 3 (těžko se rozšiřující druh, závislý na vyvážených ekosystémech). Dosti běžné nebo snadno zaměnitelné druhy krásivek nemají v posledních dvou kritériích (vzácnost a ekologická citlivost) přiřazeno žádné číslo. Tato tabulka byla vypracována podle předlohy COESELA (1998) a byly v ní upraveny některé parametry pro aktuální stav Desmidiáles v ČR (ŠŤASTNÝ, 2010).

Tab. č. 4: Přehled druhů krásivek nalezených při algologickém průzkumu středočeských rybníků v létě 2018 a jejich bioindikace dle COESELÁ (1998) upravená ŠŤASTNÝM (2010).

| Taxon | TRPH | ACID | LF | R | S |
|-------------------------------|-------------|-------------|-----------|----------|----------|
| <i>Closterium limneticum</i> | eu | alk-neu | pla | | |
| <i>Closterium strigosum</i> | eu-mes | alk-neu | pla-ben | 2 | |
| <i>Cosmarium kjellmanii</i> | eu | alk-neu | ben-pla | 2 | |
| <i>Cosmarium laeve</i> | eu | alk-aci | ben-pla | | |
| <i>Staurastrum tetracerum</i> | mes-eu | neu-aci | ben | | 1 |

7.3 Kvalitativní posouzení řasové flóry a srovnání s revitalizačními projekty

Z výše uvedeného v kapitole č. 7 můžeme říci, že námi zkoumané lokality jsou v převážné míře eutrofními nádržemi. Nejvíce znečištěným rybníkem se dle terénního pozorování a vlastního algologického průzkumu stal rybník Jureček, neboť ve vzorku převládaly sinice tvořící vodní květ v enormní výši. Vodní květ sinic byl navíc doplněn rudým zbarvením způsobeným nejspíše řasou druhu *Euglena cf. sanguinea*. Ačkoliv byla vyvinuta snaha rybník zbavit pomocí odbahnění přebytečných živin a bylo na něm vybudováno hned několik úprav k prokysličení vody, vliv dlouhodobého sucha (a zřejmě též ústí dvou čističek odpadních vod) převládl. Je otázkou, zda by v případě tohoto rybníka měl přípravek PAX 18 nějaký vliv k potlačení sinic, jako tomu bylo v případě rybníku v arboretu v Bílé Lhotě (LELKOVÁ a kol., 2008; POULÍČKOVÁ, 2011; viz též podkapitola č. 4.2). V budoucnu bude možnost zajistit snížení obsahu fosforu v Jurečku pomocí podobného srážedla ve formě síranu železitého použitého z ústí ČOV Tehovec do říčky Rokytky, která rybník Jureček napájí.

Z algologického průzkumu rybníků na Jevanském potoce bylo zjištěno, že ačkoliv jsou propojeny, tak shoda řasového společenstva byla pouze v 9 případech (taxonech) z celkového počtu 40 taxonomických jednotek. Značný vliv na to měla určitě jejich rozdílná rozloha a jejich účelné zaměření - rybníka Ján jakožto sportovního rybníka a Vyžlovského rybníka jakožto přírodního koupaliště a chovného rybníka. Proto dle mého názoru podobné propojení třeboňského rybníka Rod s ostatními rybníky, jak se uvádí ve výzkumu probíraném v podkapitole 4.3 (PECHAR a BAXA, 2016; PECHAR a kol., 2016), nemuselo být tak

zásadní, jak by se na první pohled mohlo zdát (míněno ve složení řasového společenstva). I když voda z jedné nádrže ve značné míře prolíná i do jiných nádrží, záleží i na mnoha jiných aspektech - na velikosti nádrží, průběhu počasí v období, kdy výzkum probíhá, ale také se zde promítá vliv jiných faktorů, kterými mohou být např. určité lokální vstupy fosforu či jiných látek do vodního prostředí. V neposlední řadě také záleží na postavení rybníka v celé soustavě.

V případě rybníka Marvánu byly ve studovaném společenstvu kromě sinice *Planktothrix agardhii* a některých krásnooček dominantními či subdominantními řasami také některé rozsivky. Dále zde byl zaznamenán relativně velký počet taxonů zelených řas, a to konkrétně 11 druhů, což je skoro srovnatelné s nálezem na Vyžlovském rybníku. Složení přítomného řasového společenstva vypovídá o eutrofním charakteru rybníka. Na zvýšené úrovni trofie má pravděpodobně velký podíl vyústění čističky odpadních vod a také pole v okolí rybníka, odkud se do vodního prostředí mohou splachem dostávat živiny. Když srovnáme výskyt cercárií v Marvánu s výskytem cercárií ve Velkém Boleveckém rybníku (DURAS a POTUŽÁK, 2016; viz též podkapitola 4.1), je dobře patrné, že v obou případech byl výskyt těchto larválních stádií motolic zjištěn po revitalizačním zásahu a dosažení relativně čisté vody. V současné době, při opětovném zvýšeném znečištění (resp. eutrofizaci) rybníka Marvánek, které bylo zřejmě podpořeno i dlouhodobým suchem, cercárie vymizely.

Je velkou otázkou, jak se dále budou vyvíjet ekologické vztahy ve všech zmíněných rybnících v příštích letech na základě plánovaných i neplánovaných lidských zásahů.

8 ZÁVĚR

Prvním cílem této bakalářské práce bylo poskytnout čtenáři informace týkající se bioindikátorů kvality vod, konkrétně sinic a řas - přiblížit stručně jejich obecnou charakteristiku, fyziologii a ekologii. Tyto teoretické poznatky byly posléze aplikovány na konkrétní řasová společenstva, která byla zkoumána ve vybraných zájmových lokalitách ve středních Čechách - na rybnících Jureček, Marvánek, Ján a na Vyžlovském rybníku.

Floristická data z algologického průzkumu byla přehledně uspořádána do tabulky. Poté byl vyhodnocen charakter vodního prostředí studovaných rybníků na základě bioindikačních vlastností nalezených sinic a řas. Výsledky byly srovnány s výzkumy, které byly prováděny na stejných typech mokřadních biotopů, tedy na rybnících s podobnými ekologickými charakteristikami a vztahy.

Z výsledků této práce je možné vyvodit, že studované rybníky jsou silně eutrofním až hypertrofním typem vodních biotopů. Pokud by v budoucnu byl zájem tyto biotopy uchýlit k jinému stupni trofie a zbavit je tak negativních projevů sinic, je třeba nutného zásahu lidské ruky, a to pravidelně. Je potřeba zkoumat všechny aspekty a možné negativní dopady antropogenní činnosti. Nestačí jen rybník odbahnit, ale je třeba také zamezit eutrofizačnímu vlivu ČOV a zemědělství. V určité míře lze ovlivnit i produkční rybníkářství, konkrétně skladbou a početností rybí obsádky a zamezit tak intenzifikaci v tomto odvětví. Je potřeba dbát na přírodní procesy a nejen estetickou stránku či průmysl. Musíme hlavně pochopit ekologické návaznosti, které se v okolním prostředí prolínají.

„Vše v přírodě - každá květina, každý strom a každé zvíře nás může mnohému naučit“

ECKHART TOLLE

9 POUŽITÉ ZDROJE

Použitá literatura:

- AMBROŽOVÁ, J. (2006): *Mikroskopické praktikum z hydrobiologie*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. ISBN 80-7080-496-3.
- ANDĚL, P. (2011): *Ekotoxikologie, bioindikace a biomonitoring*. Liberec: Evernia. ISBN 978-80-903787-9-7.
- BEĎĚRKOVÁ, I. (2017): *Rybníky a koupací směrnice*, sborník příspěvků odborné konference. Rybníky 2017. Praha: Česká společnost krajinných inženýrů, České vysoké učení technické v Praze, Univerzita Palackého v Olomouci, Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN 978-80-01-06166-4.
- BELLINGER, E. G. a SIGEE, D. C. (2015): *Freshwater Algae: Identification, Enumeration and Use as bioindicators. 2nd Edition*. Wiley-Blackwel, ISBN 978-1118917169.
- COESEL, P. F. M. (1983): *De Desmidiaceeën Van Nederland – Sieralgen, Deel 2, Fam. Closteriaceae*. Hoogwoud: Wetenschappelijke Mededelingen KNNV.
- COESEL, P. F. M. (1991): *De Desmidiaceeën van Nederland, Deel 4, Fam. Desmidiaceae (2)*. Utrecht: Stichting Uitgeverij KNNV. ISBN 90-5011-0479.
- COESEL, P. F. M. (1997): *De Desmidiaceeën Van Nederland, Deel 6 Fam. Desmidiaceae (4)*. Utrecht: Stichting Uitgeverij KNNV. ISBN 90-5011-1041.
- COESEL, P. F. M. (1998): *Sieralgen en Natuurwaarden*. Utrecht: Uitgeverij Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging. ISBN 90-5011-1211.
- HINDÁK, F. /ed./ (1978): *Sladkovodné riasy*. 1. Vyd. Bratislava: Slovenské pedagogické nakladateľstvo.
- KALINA, T., a VAŇA, J., (2005): *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*. Praha: Karolinum. ISBN 80-246-1036-1
- LELKOVÁ, E., RULÍK, M., HEKERA, P., DOBIÁŠ, P., DOLEJŠ, P., BOROVIČKOVÁ, M. a POULÍČKOVÁ, A. (2008): *The influence of the coagulant PAX-18 on Planktothrix agardhii bloom in a shallow eutrophic fishpond*. Fottea 8(2), s. 147–154. ISSN 1802-5439.

- LELLÁK, J., A KUBÍČEK, F. (1992): *Hydrobiologie*. Praha: Karolinum.
ISBN 80-7066-530-0
- LIEBSCHER, P. a RENDEK, J. (2014): *Rybníky České republiky*, průvodce. Praha: Academia. ISBN 978-80-200-2368-1
- NEUSTUPA, J. (2004): *Krásivky - mikroskopické skvosty našich vod a mokřadů*. Živa 1, s. 12–14. ISSN 0044-4812.
- NĚMEC, B. /ed./ (1962): *Botanická mikrotechnika*. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd.
- PANÁČEK, A. a BALZEROVÁ, A. (2013): *Základy toxikologie a ekotoxikologie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. Skripta. ISBN 978-80-244-3913-6.
- PECHAR, L., BAXA, M., BENEDOVÁ, Z., MUSIL, M., POKORNÝ J. (2016): *Jak fungují rybníky s rybami a "rybníky" bez ryb, při nízké a vysoké úrovni živin*, sborník příspěvků odborné konference. Rybníky 2016. Praha: Česká společnost krajinných inženýrů, České vysoké učení technické v Praze, Univerzita Palackého v Olomouci, Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, v.v.i., Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN 978-80-01-05978-4.
- POULÍČKOVÁ, A. (2011): *Základy ekologie sinic a řas*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-2751-5.
- POULÍČKOVÁ, A. a JURČÁK, J. (2001): *Malý obrazový atlas našich sinic a řas*. Olomouc: Univerzita Palackého. ISBN 8024402424.
- POULÍČKOVÁ, A. (1998): *Ochrana horských a podhorských toků*. Metodika Českého svazu ochránců přírody č. 18. Vlašim: ČSOP, ISBN 80-902469-5-8.
- RAJCHARD, J., a BALOUNOVÁ, Z. (2002): *Ekologie III.: struktura a funkce ekosystému, produkční ekologie, biogeochemické cykly, chemické faktory prostředí, základy ekologie půdy, ekologie vodního prostředí, aktuální celosvětové ekologické problémy*. České Budějovice: KOOP, ISBN 80-7232-191-9
- ROSENDORF, P. Zahrádka, V., DOSTÁL, T., ANSORGE, L., BERÁNEK, J., KRÁSA, J., (2013): *Metodika hodnocení eutrofizačního potenciálu zdrojů fosforu v povodí vodních nádrží – podklad k výběru efektivních opatření k omezení eutrofizace*. Vodohospodářská konference. Brno: Povodí Moravy

- ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, J. (2003): *Aplikovaná a technická hydrobiologie*. Vyd. 2. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. ISBN 80-7080-521-8.
- SLÁDEČEK, V. a SLÁDEČKOVÁ, A. (1996): *Atlas vodních organismů se zřetelem na vodárenství, povrchové vody a čistírny odpadních vod*. 1. díl, Destruenti a producenti. Praha: Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost. ISBN 8002010809.
- ŠEJNOHOVÁ, L., VESELÁ, J., MARVAN, P., KOZÁKOVÁ, M., HETEŠA, J., GERIŠ, R. a MARŠÁLEK, B. (2008): *Atlas fyto-bentosu*. Centrum pro cyanobakterie a jejich toxiny. [interaktivní CD]
- VESELÁ, M. (2004): *Praktikum z obecné mikrobiologie*. Vyd. 3. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická. ISBN 80-214-2567-9.
- ZNACHOR, P. (2008): *Rozsivky - podivuhodné řasy v krabičce*. Živa 1, s. 10–11. ISSN 0044-4812.

Použité internetové zdroje:

- AOPK ČR (2019): *Ramsarská úmluva* [online]. Praha [cit.20.1.2019]. Dostupné z: <http://www.ochranaprirody.cz/kontakty/>
- ČSÚ (2018): *Vybrané ukazatele podle krajů v 1. až 4. čtvrtletí 2018* [online]. Praha [cit.25.5.2019]. Dostupné z : <https://www.czso.cz/documents/10180/61311720/33011118q4b1.pdf/ed3e6c76-3f44-4938-b241-4a6d20078010?version=1.1>
- DURAS, J. a POTUŽÁK, J. (2016): *Je vůbec možné, aby byla v rybnících čistá voda?*. Časopis Fórum ochrany přírody[online]. Praha [cit.24.5.2019]. ISSN 2336-5056. Dostupné z: <http://casopis.forumochranyprirody.cz/>
- GANTER, C. (2015): *Water crises are a top global risk*. The World Economic Forum[online]. Cologny [cit. 28.01.2019]. Dostupné z: <https://www.weforum.org/agenda/2015/01/why-world-water-crises-are-a-top-global-risk/>
- GUIRY, M. D. a GUIRY, G. M. (2019): *AlgaeBase: Listing the World's Algae* [online]. National University of Ireland, Galway [cit.24.05.2019]. Dostupné z: <http://www.algaebase.org/>

- KAŠTOVSKÝ, J. a HAUER, T. (2019): *Sinice a rasy.cz* [online]. Fykologická laboratoř na katedře botaniky Přírodovědecké fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích [cit. 10. 4. 2019]. Dostupné z: <http://www.sinicearasy.cz/>
- MAPY.CZ (2019) :*Data sledovaných oblastí* [online]. Dostupné z: www.mapy.cz [cit.31.5.2019]
- MĚSTO ŘÍČANY, (2019): *Informace městského úřadu Říčany* [online]. Říčany: Město Říčany [cit. 29.05.2019]. Dostupné z: <https://info.ricany.cz/>
- OBEC VYŽLOVKA (2011): *Soustava rybníků na Jevanském potoce* Obec Vyžlovka [online]. Vyžlovka [cit. 25.05.2019]. Dostupné z: <http://vyzlovka.cz/2017/03/20/soustava-rybniku-na-jevanskem-potoce/>
- PECHAR, L. a BAXA, M. (2016): *Vztah rybářského hospodaření a fungování rybníční biocenózy*. Časopis Fórum ochrany přírody [online]. Praha [cit.15.5.2019]. ISSN 2336-5056. Dostupné z: <http://casopis.forumochranyprirody.cz/>
- POSLANECKÁ SNĚMOVNA PARLAMENTU ČESKÉ REPUBLIKY (2019): *Sbírký zákonů* [online]. Praha [cit.28.01.2019]. Dostupné z: <https://www.psp.cz>
- RÖDLOVÁ, S. (2019): *Kvalita povrchových vod, Biologické ukazatele znečištění*, Přírodovědecká fakulta Univerzita Karlova [online]. Praha [cit.20.04.2019]. Dostupné z: https://web.natur.cuni.cz/~langhamr/lectures/wq/prezentace/WQ_06_biologice_ukazatele_znecistení.pdf
- ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, J. (2007): *Zlativky, třída Chrysophyceae, oddělení Chromophyta*. Z Encyklopedie hydrobiologie: výkladový slovník [online]. Praha: VŠCHT Praha, 2007 [cit.24.5.2019]. Dostupné z: http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-006/ebook.html?p=Z030
- STŘEDOČESKÝ KRAJ (2017): *základní informace o kraji* [online]. Informace, o Středočeském kraji [cit.21.04.2019]. Dostupné z: <https://www.kr-stredocesky.cz/kraj>
- ŠŤASTNÝ, J. (2010): *Desmids (Conjugatophyceae, Viridiplantae) from the Czech Republic; new and rare taxa, distribution, ecology*. Časopis Fottea, [cit.20.03.2019]. Dostupné z: <https://fottea.czechphycology.cz/pdfs/fot/2010/01/01.pdf>

Použitá ústní sdělení

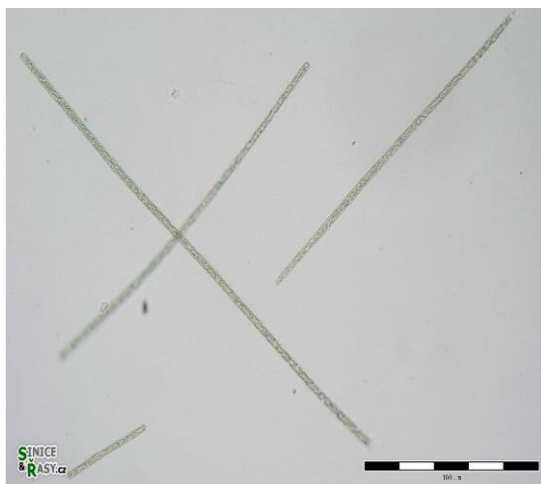
- BEDĚRKOVÁ, I. (2018): Ministerstvo životního prostředí, Odbor ochrany vod. Praha [cit.15.4.2018]
- SEDLÁČEK, J. (2019): Město Říčany, Odbor správy majetku, Oddělení hospodářské správy, Vodohospodář. Říčany. [cit.29.5.2019].
- ŠEBEK, K. (2019): Školní lesní podnik v Kostelec nad Černými lesy, Vedoucí oddělení rybářství a myslivosti. Jevany [cit.23.5.2019].
- ŠTĚPÁNKOVÁ, J. (2019): UP v Olomouci, Pedagogická fakulta, Katedra biologie. Olomouc [cit.9.8.2018]

PŘÍLOHY

Příloha č. 1

Fotografie některých taxonů sinic a řas nalezených ve zkoumaných lokalitách.

Fotografie jsou převzaty z: <http://www.sinicearasy.cz/> (KAŠTOVSKÝ a HAUER, 2019).



Obr. č. 14: *Planktothrix agardhii*



Obr. č. 15: *Microcystis viridis*



Obr. č. 16: *Microcystis wesenbergii*



Obr. č. 17: *Anabaena* sp.



Obr. č. 18: *Trachelomonas* sp.



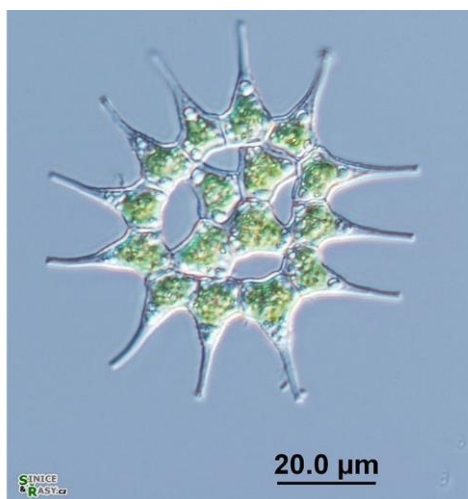
Obr. č. 19: *Euglena texta*



Obr. č. 20: *Ceratium hirundinella*



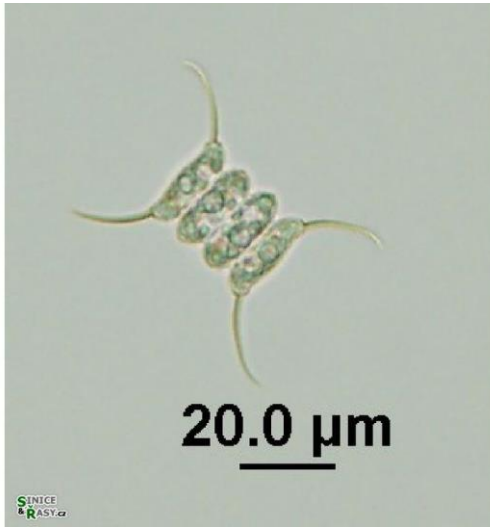
Obr. č. 21: *Rhoicosphenia curvata*



Obr. č. 22: *Monactinus simplex*



Obr. č. 23: *Pseudopediastrum boryanum*



Obr. č. 24: *Scenedesmus quadricauda*



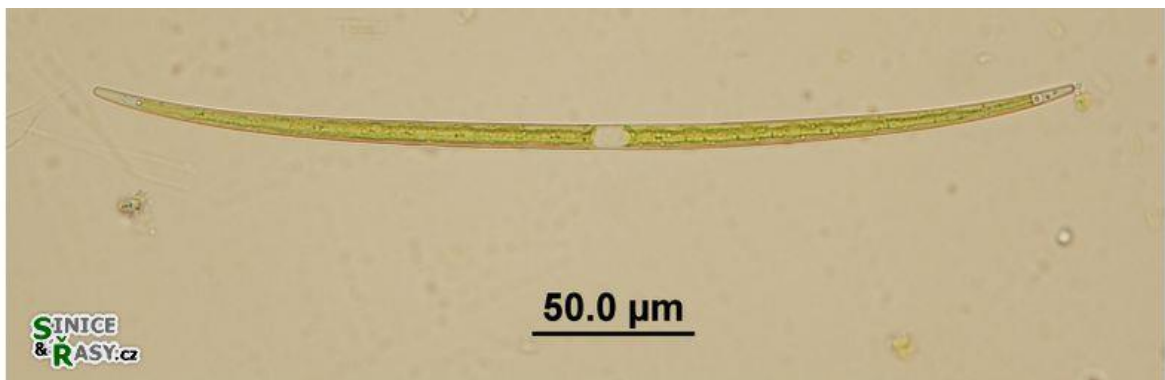
Obr. č. 25: *Coelastrum pseudomicroporum*



Obr. č. 26: *Oedogonium* sp.



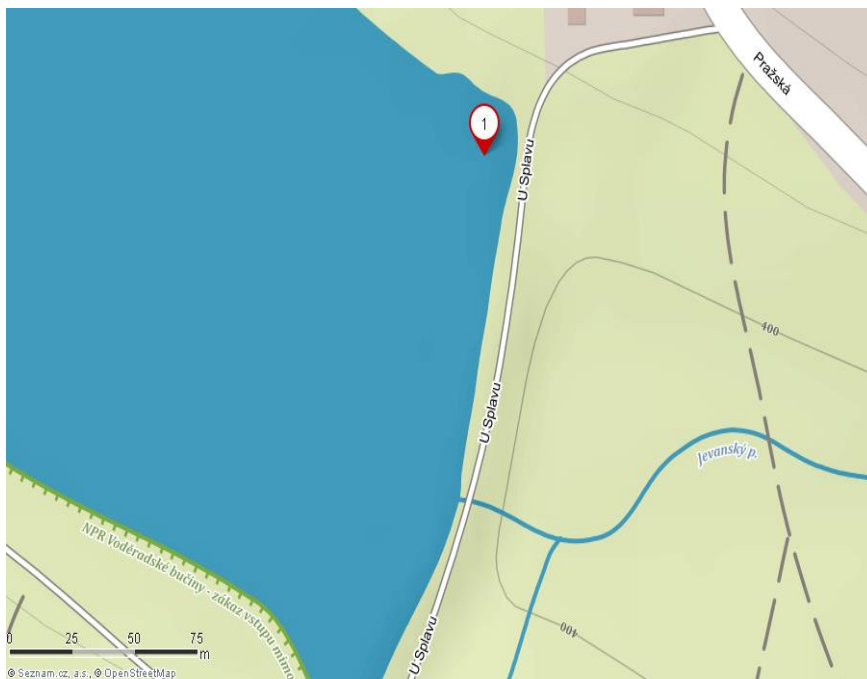
Obr. č. 27: *Cosmarium laeve*



Obr. č. 28: *Closterium limneticum*

Příloha č. 2

Odběrová místa zaznačená na mapě číslem 1, převzato a upraveno z <https://mapy.cz/>.



Obr. č. 29: Odběrové místo na Vyžlovském rybníku



Obr. č. 30: Odběrové místo na rybníku Marvánek



Obr. č. 31: Odběrové místo na rybníku Ján



Obr. č. 32: Odběrové místo na rybníku Jureček

ANOTACE

| | |
|--------------------------|-----------------------------|
| Jméno a příjmení: | Kristýna Mázlová |
| Katedra: | Biologie |
| Vedoucí práce: | Mgr. Jana Štěpánková, Ph.D. |
| Rok obhajoby: | 2020 |

| | |
|------------------------------|--|
| Název práce: | Využití řas k biologické indikaci kvality vody na vybrané mokřadní lokalitě středních Čech |
| Název v angličtině: | Use of algae as bioindicators of water quality at a selected wetland locality in central Bohemia |
| Anotace práce: | Bakalářská práce se zaměřuje na řasy a sinice jako bioindikátory kvality mokřadních ekosystémů v rybnících Jureček, Marvánek, Ján a ve Vyžlovském rybníku. Teoretická část seznamuje čtenáře se základními taxonomickými skupinami sinic a řas a s jejich využitím k bioindikacím v praxi - konkrétně v ekologii, ekotoxikologii a hygieně. Jsou zde probrány negativní vlivy na kvalitu vodního prostředí a to je uvedeno i na příkladech revitalizačních projektů v praxi. V dalších částech bakalářské práce je popsána charakteristika zájmových lokalit a získaná floristická data z algologického průzkumu jsou přehledně uspořádána do tabulek. Z těchto floristických dat pak vychází kvalitativní posouzení zkoumaných vodních ploch. |
| Klíčová slova: | Rybníky, mokřady, sinice, řasy, kvalita vody, bioindikátory, algologický výzkum, taxon, toxikologie, hygiena, ekologie |
| Anotace v angličtině: | The bachelor's thesis focuses on algae and cyanobacteria as bioindicators of water wetland ecosystems in the Jureček, Marvánek, Ján and Vyžlovský ponds. The theoretical part introduces the reader to the basic taxonomic groups of cyanobacteria and algae and their use as bioindications in practice, especially in ecology, ecotoxicology and hygiene. |

| | |
|--|---|
| | Negative effects on the cleanliness of the environment are discussed and this is also mentioned in the practical revitalization projects. In the following parts of the thesis, the characteristics of the localities are described and the floristic data from the algological survey are arranged in tables. These floristic data are then used as a qualitative assessment of the examined water bodies. |
| Klíčová slova v angličtině: | Ponds, wetlands, cyanobacteria, algae, water quality, bioindicators, algological research, taxon, toxicology, hygiene, ecology |
| Přílohy vázané v práci: | 2 |
| Rozsah práce: | 57 stran |
| Jazyk práce: | Český |