

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
Přírodovědecká fakulta
Katedra ekologie a životního prostředí



Epifytické sinice Kroměřížska

Lukáš Blažek

Bakalářská práce
předložená
na Katedře Ekologie a životního prostředí
Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků
na získání titulu Bc. v oboru
Ochrana a tvorba životního prostředí

Vedoucí práce: Doc. RNDr. Petr Hašler, Ph.D.

Olomouc 2015

Blažek, L. (2015): Epifytické sinice Kroměřížska. Bakalářská práce, Katedra Ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci, 58 stran, v češtině.

Abstrakt

Sinice, mikroskopické autotrofní organismy, jejichž stáří se datuje až do doby před 3500 miliony let. Díky chlorofylu obsaženému v tylakoidech jsou schopny stejně jako vyšší rostliny provádět fotosyntézu, a proto hrají významnou úlohu v primární produkci vodních ekosystémů. Tato bakalářská práce se zabývá epifytickým společenstvem sinic, které je nedílnou součástí perifytonu stojatých vod. Vzorky epifytonu jsem nasbíral během tří terénních odběrů v roce 2014 na pěti lokalitách v okrese Kroměříž. Vzorky sinic jsem determinoval a dále mnou byly kultivovány na Z médiu v laboratorních podmínkách. Mezi izolované druhy patří například: *Geitlerinema amphibium*, *Mantellum commune* nebo *Pseudanabaena galeata*. Souběžně se vzorky sinic jsem odebíral vzorky vod pro chemický rozbor. Získaná data, jak z mikrobiologického, tak z chemického rozboru byla dále analyzována pomocí statických metod. Výsledkem mé práce je tak kromě druhové rozmanitosti stanovišť také jejich vzájemné porovnání po chemické i botanické stránce.

Klíčová slova: epifyton, diverzita, sinice, ekologie, determinace

Blažek, L. (2015). Epiphytic cyanobacteria of the Kroměříž distrikt. Bachelor'sthesis, Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacky University in Olomouc, 58 pp ., in Czech

Abstract

Cyanobacteria, autotrophic microorganisms, whose existence dates back 3500 million years. Thanks to chlorophyll contained in thylakoids, they are able to perform photosynthesis just like vascular plants and therefore play an important role in primary production in aquatic ecosystems. This bachelor thesis concerns epiphytic cyanobacteria communities, which are an integral part of stillwater periphyton. I gathered the periphyton samples during three field samplings in 5 locations in Kroměříž District in 2014. I determined the samples and they were further cultivated in a Zehnder medium under laboratory conditions. Isolated species include: *Geitlerinema amphibium*, *Mantellum commune*, and *Pseudanabaena galeata*. Along with these samples, I took water samples for chemical analysis. Data acquired from both microbiological and chemical analyses were further analyzed using statistical methods. Because of this the result of my thesis besides the species diversity of said localities is also their chemical and botanical comparison.

Key words:ephipyton, diversity, cyanobacteria, ecology, determination

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Doc. RNDr.

Petra Hašlera, Ph.D. a jen s použitím citovaných literárních pramenů.

V Olomouci 27. července 2015

.....

Podpis

Věnování

Tímto bych chtěl svou bakalářskou práci věnovat celé mé rodině, zvláště pak mým rodičům Milaně a Liborovi Blažkovým, kteří jsou mi obrovskou oporou a inspirací.

Obsah

Seznam Tabulek:	ix
Seznam obrázků:	ix
Seznam příloh.....	x
Poděkování.....	xi
1 Úvod.....	1
1.1 Obecná charakteristika sinic.....	1
1.2 Typy stélek	2
1.3 Metamorfované buňky a specializované struktury u sinic	3
1.4 Rozmnožování.....	4
1.5 Ekologie.....	5
1.6 Odolnost vůči UV záření	6
1.7 Využití sinic	6
1.8 Cyanotoxiny	7
1.9 Sinice jako bioindikátor.....	8
2 Epifyton.....	8
2.1 Epifyton, jako součást perifytonu.....	8
2.2 Epifytické společenstvo.....	9
2.3 Důležité faktory ovlivňující perifyton	9
2.3.1 Zdroje	9
2.3.2 Disturbance	11
3 Taxonomie.....	13
3.1 Současné přístupy v taxonomii.....	13
Tradiční přístup	13
Drouetův přístup	13
Bakteriologický přístup.....	13
Polyfazický přístup.....	14
3.2 Koncept rodu	14
3.3 Koncept druhu	15
3.4 Charakteristika vybraných rodů epifytických sinic	16
4 Cíle práce	21
5 Charakteristika lokalit	22
5.1 Charakteristika odběrových míst.....	22

5.1.1	Hrubý rybník	22
5.1.2	Šlajza	22
5.1.3	Medkovy rybníky	23
5.1.4	Hejtman	23
5.1.5	Zámecký rybník	23
6	Metodika	25
6.1	Terénní odběry	25
6.2	Mikrobiologické laboratorní rozbor	26
6.3	Chemický rozbor	28
6.4	Analýza dat	29
7	Výsledky	30
7.1	Fyzikálně-chemické parametry vody na studovaných lokalitách.....	30
7.1.1	Teplota povrchové vody.....	30
7.1.2	pH vody	31
7.1.3	Konduktivita vody	31
7.1.4	Salinita vody	32
7.2	Koncentrace vybraných iontů na studovaných lokalitách	32
7.2.1	Obsah fosforečnanů.....	32
7.2.2	Obsah dusičnanů	33
7.2.3	Obsah Amoniakálního dusíku	33
7.3	Epifytické sinice na studovaných lokalitách	34
7.4	Epifytické sinice na studovaných lokalitách	35
	Tabulka 9: Seznam sinic nalezených na lokalitě Hejtman.....	35
7.5	Statistické vyhodnocení získaných dat	40
	Porovnání druhové diverzity mezi lokalitami	43
	Preference epifytických sinic k fyzikálně- chemickém podmínkám prostředí	46
8	Diskuse	47
9	Závěr	50
10	Seznam použité literatury	51
11	Seznam příloh:	55

Seznam Tabulek:

Tabulka 1: Složení kultivačního Z-Media (Staub 1961).....	27
Tabulka 2: Hodnoty teplot vody na lokalitách.....	30
Tabulka 3: Hodnoty pH na lokalitách.....	31
Tabulka 4: Hodnoty konduktivity na lokalitách.....	31
Tabulka 5: Hodnoty salinity na lokalitách.....	32
Tabulka 6: Hodnoty fosforečnanů na lokalitách.....	32
Tabulka 7: Hodnoty dusičnanů na lokalitách.....	33
Tabulka 8: Hodnoty amonného dusíku na lokalitách.....	33
Tabulka 9: Seznam sinic nalezených na lokalitě Hejtman.....	35
Tabulka 10: Seznam sinic nalezených na lokalitě Zámecký rybník.....	36
Tabulka 11: Seznam sinic nalezených na lokalitě Šlajza.....	37
Tabulka 12: Seznam sinic nalezených na lokalitě Medkovy rybníky.....	38
Tabulka 13: Seznam sinic nalezených na lokalitě Hrubý rybník.....	39
Tabulka 14. Výsledky metody „Forward selection“ v CCA analýze.....	41

Seznam obrázků:

Obrázek 1: Výzkumné lokality.....	24
Obrázek 2: Triplot diagram CCA analýzy: distribuce druhů podél gradientů hodnocených proměnných a mezi studovanými lokalitami.....	40
Obrázek 3: GLM analýza: odpověď druhů epifytických sinic k množství dusičnanových iontů.....	42
Obrázek 4: Shannonův index diverzity.....	43
Obrázek 5: Krabčkový diagramy: rozdíly v Shannonově indexu diverzity mezi studovanými lokalitami.....	44
Obrázek 6: Krabčkový diagram: rozdíly v Shannonově indexu diverzity mezi hostitelskými rostlinami.....	45
Obrázek 7: Triplot diagram CCA analýzy: distribuce druhů podél gradientů hodnocených proměnných a mezi studovanými lokalitami.....	46

Seznam příloh

Příloha 1: Lokalita Hejtman	55
Příloha 2: Lokalita Zámecký rybník	55
Příloha 3: Lokalita Šlajza	56
Příloha 4: Lokalita Hrubý rybník	56
Příloha 5: Lokalita Medkovy rybníky.	57
Příloha 6: Rod <i>Aphanocapsa</i>	57
Příloha 7: Rod <i>Phormidium</i>	58
Příloha 8: Rod <i>Chamaesiphon</i>	58

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce, panu Doc. RNDr. Petrovi Hašlerovi, Ph.D. za jeho odborný přístup, vedení a pomoc při determinaci a zpracování výsledků. Poděkovat chci také RNDr. Petrovi Hekerovi, Ph.D. a Petrovi Eliášovi za pomoc při chemických rozborech. Velké díky také patří pracovníkům Algologického oddělení Přírodovědecké fakulty univerzity Palackého v Olomouci za rady během laboratorního výzkumu a skvělé pracovní prostředí. V neposlední řadě poděkování patří mé rodině, která mi poskytovala velkou psychickou podporu.

1 Úvod

1.1 Obecná charakteristika sinic

Sinice jsou nejvýznamnějšími prokaryotickými primárními producenty na planetě Zemi. V odborné literatuře se můžeme setkat s jejich různými názvy, jako cyanobacteria, cyanophyta, cyanoprocaryota, cyanophyceae (Dvořák et al. 2015). Nejstarší důkazy o výskytu sinic jsou z doby před 3500 miliony let ze Západní Austrálie. Období před 2,5 - 0,5 milionu let, je považováno za období, kdy byly sinice dominantním fototrofním organismem, a proto se významnou měrou přičinily na vytvoření kyslíkaté atmosféry (Bellinger&Sige, 2010; Kalina& Váňa, 2005). Spolu s vyššími rostlinami a fotosyntetizujícími bakteriemi patří mezi tři hlavní producenty kyslíku ve vodních ekosystémech (Bellinger& Sige, 2010). Sinice jsou tvořeny prokaryotickou buňkou, jež se významně odlišuje od buňky eukaryotické, například absencí buněčného jádra, diktyozomů nebo mitochondrií. Díky výskytu specifické buněčné stěny je na základě barvení dle GRAMMA (1884) můžeme zařadit do skupiny gram negativních bakterií. DNA je oproti eukaryotické buňce přítomna v podobě několika kopií kruhové molekuly v nukleoplazmatické oblasti, nikoli v jádře (Kalina& Váňa, 2005). V protoplasmě se vyskytují tylakoidy, které obsahují fotosyntetické pigmenty, jakými je chlorofyl a, chlorofyl b (Hindák, 2008), β - karoten a xanthofyly (Kalina, 1994). Sinice nemůžeme rozlišit na kořeny, stonky a listy, jejich těla tvoří zpravidla pouze pár typů stélek (Bellinger & Sige, 2010). Rozmnožování probíhá nepohlavním způsobem a to hormogonií, dělením buněk, či z artrospor (Kalina, 1994). Některé druhy sinic jsou schopny fixovat vzdušný dusík a přeměňovat jej na amonné ionty, které jsou součástí metabolismu proteinů (Kalina, 1994; Hrouzek 2004). Jako fyziologickou prevenci proti nedostatku živin během nepříznivých období, si sinice vytváří četné zásobní látky. Cyanofycinová zrnka, sloužící jako zásoba dusíkatých látek, jsou tvořena polymerovaným argininem a kyselinou asparagovou. Zásobní látkou s velkým významem pro sinice jsou polyfosfátová granula, která se hromadí v době nedostatku fosforečnanů v prostředí a následně spotřebovávají v období nedostatku těchto živin (Hindák, 2008; Kalina, 1994; Fott, 1967). Sinice jsou kosmopolitním organismem, setkat se s nimi můžeme kdekoli na planetě a to na horizontální i vertikální škále (v pouštích, tropech, polárních oblastech, mořích i sladkých vodách, v půdě, v kůře, skalách i jeskyních). Celosvětový výskyt sinic je způsoben jejich značnou tolerancí

k extrémním tepelným podmínkám, zvýšeným koncentracím solí ve vodě, či extrémním hodnotám pH (Kalina & Váňa 2005; Pouličková, 2011).

1.2 Typy stélek

U sinic rozlišujeme dva základní typy stélek. Stélku jednobuněčnou kokální a stélku vláknitou. Vláknitá stélka sestává z řady vegetativních a dalších specifických buněk, jako jsou akinety, nebo heterocyty. Vláknitá stélka může být nevětvená, např.: *Oscillatoria* nebo větvená, např.: *Scytonema*. Pojmem trichom označujeme nevětvenou řadu vegetativních, případně dalších specializovaných buněk (akinet, heterocytů) s tenkou pružnou buněčnou stěnou, rod *Oscillatoria*. Pojmem vlákno, označujeme trichom, který je uložen ve slizové pochvě, rod *Lyngbya* (Fott, 1967; Whitton & Potts, 2002). Větvené vlákno se vyskytuje například u zástupců řádů *Oscillatoriales*, *Nostocales* a *Stigonematales*, vlákna se vyznačují polaritou buněk, heterocytů a artrosporami (Kalina, 1994). Polarizované buňky se evolučně vyvinuly z buněk nepolarizovaných. Tendence k polaritě od jednotlivých buněk, jejich seskupení do polarizovaných pseudovláken, až po polarizované kolonie, je spíše evolučním trendem některých rodů sinic (Komárek & Anagnostidis, 1998). K větvení dochází při přerušení vlákna, v případě změny vegetativní buňky v heterocyt, nebo nekrotizací buňky, kde nové vlákno prorazí slizovou pochvu a roste odlišným směrem jako boční vlákno. K větvení může dojít buď na obou nově vzniklých koncích, nebo pouze na jednom z nich. Tento typ větvení označujeme jako nepravé větvení, například *Tolypothrix*. Jeho opakem je vývojově pokročilejší pravé větvení, se kterým se můžeme setkat na příklad u *Stigonema*, k němuž dojde v případě změny roviny dělení ve vegetativní buňce. Ke tvorbě slizové pochvy dochází především za působení stresových faktorů. Pochva se může vytvořit i u sinic, které ji obvykle nevytváří (Komárek & Anagnostidis, 1998). Jednobuněčné kokální sinice mají navzdory jednoduchosti poměrně velkou variabilitu ve tvaru buněk a stavbě kolonií, které představují významné morfologické znaky při determinaci druhů (Fott, 1967; Komárek & Anagnostidis, 1998; Whitton & Potts, 2002).

1.3 Metamorfované buňky a specializované struktury u sinic

AEROTOP: útvar vzniklý agregací velkého množství plynových vezikul, jež jsou základní jednotkou aerotopu. Jsou to válcovité struktury. Glykoproteinové stěny vezikul jsou permeabilní pro všechny plyny rozpuštěné ve vodním sloupci. Aerotopy se vyskytují především u sinic, tvořící vodní květ, jelikož mohou jejich pomocí snadno ovlivňovat svou pozici ve vodním sloupci (Hindák, 2008; Kalina, 1994). Tímto způsobem mohou využít optimální intenzitu světla pro fotosyntézu, regulovat poškození buněk slunečním zářením, nebo získávat živiny, které nejsou rovnoměrně rozděleny ve vodním sloupci (Bellinger&Sigee, 2010).

ARTROSPORY (AKINETY): nebo také odpočívající buňky, vzniklé z jedné, nebo více vegetativních buněk. Po spojení buněk dochází k postupnému vymizení plynových vakuol a ztrátě tylakoidů, při současném zvyšování hustoty cytoplasmy. Charakteristický je vysoký obsah zásobních látek a oproti ostatním vegetativním buňkám tlustější buněčná stěna (Komárek & Anagnostidis, 1998). Ke vzniku akinet dochází postupně během období se zvyšujícím se nedostatkem živin, nebo se zvyšujícím se stářím populace. (Fott, 1967; Kalina, 1994). Umístění akinety na vlákno, její morfologie a typ vzniku bývá často charakteristický pro určitý druh (Komárek & Anagnostidis, 1998). Akinety tvoří například: *Anabaena*, *Aphanizomeno*, *Nodularia*

HETEROCYSTY: specializované buňky, utvářející se již během 24 hodin z buněk vegetativních, jako odpověď na nízký obsah dusíkatých látek v prostředí (Kalina& Váňa, 2005). V průběhu přetváření vegetativní buňky na heterocyt dochází k celé řadě hlubokých změn ve struktuře i funkci buňky. Jako první se vytváří trojvrstevná stěna vně původní buněčné stěny. Vrstva je tvořena vnitřní glykolipidovou, prostřední polysacharidovou a vnější vrstvou tvořenou nekompaktními vlákny polysacharidu. Výsledkem je tzv. proheterocyt, metabolicky stále vegetativní buňka se silnou buněčnou stěnou. V další fázi se mění biochemická podstata buňky. Tylakoidy jsou přestavěny v nový membránový systém, zcela mizí fotosysém II, fotosystém I je zachován, z buňky zcela mizí enzym RuBisCo. V poslední fázi dochází k syntéze enzymů nitrogenázy, jež má za úkol přenos vzniklého amonného iontu na glutamát. Heterocyt komunikuje s okolními buňkami pomocí polárních nodulů. Do okolních vegetativních buněk je transport amonných iontů zajištěn pomocí glutaminu (Hrouzek, 2004). Během prudké změny koncentrace dusíku ve vodě dochází k přeměně 5-10% vegetativních buněk na heterocyty (Kalina, 1994).

Fixace dusíku pomocí heterocytů: Podobně jako některé bakterie, mají i mnohé sinice schopnost vázat plynný dusík a pomocí enzymu nitrogenázy syntetizovat amonné sloučeniny. Proces vyžaduje přísně anaerobní podmínky, protože nitrogenáza je inaktivována v přítomnosti kyslíku (Kalina a Váňa, 2005). Proto se u sinic vyvinula prostorová a časová separace fotosyntézy a fixace N_2 , přes den dochází ve vegetativních buňkách k fotosyntéze a v noci, kdy poklesne hladina O_2 , je nastartován proces fixace (Hrouzek, 2004). Fixace probíhá v heterocytech. Vývoj heterocytů startuje autoregulační gen *hetR*. Heterocyty známe pouze u sinic řádu *Nostocales* a *Stigonematales*. V řadě vegetativních buněk, jsou snadno rozeznatelní, díky průzračnému obsahu a tlusté buněčné stěně. Do heterocytů vstupují redukující látky z vegetativních buněk, které omezují přítomnost kyslíku. V opačném směru se do vegetativních buněk pohybují dusíkaté sloučeniny (Kalina a Váňa, 2005).

1.4 Rozmnožování

Jediným doposud známým typem rozmnožování u sinic je asexuální rozmnožování (Hindák, 2008). Dělení buněk probíhá prostým zaškrcením od obvodu směrem ke středu buňky. Rovinu dělení určuje kruhové vchlípení plazmatické membrány, která se posléze uzavírá a přetíná tak buňku, přičemž následně vznikají buňky dceřiné. Zároveň s plazmatickou membránou mezi buňky vrůstá i buněčná stěna, což vede ke vzniku příčné přehrádky. Asymetrické a nepravidelné binární dělení je jen modifikací prostého dělení (Hindák, 2008; Kalina & Váňa, 2005). U rodu *Chamaesiphon* se můžeme setkat s dělením za pomoci exocytů. Tato přisedle žijící kyjovitá sinice odloučí apikální část (exocyt) od mateřské buňky (Hindák, 2008). Zatímco u rodu *Chroococcidiopsis* se můžeme setkat s rozmnožováním pomocí beocytů. Beocyty jsou drobné kulovité buňky, jež vznikají při mnohonásobném dělení mateřské buňky, k jejich uvolnění dochází až po úplném rozpadnutí mateřské buněčné stěny. Vlákňité sinice se reprodukují buněčným dělením, odškrcením exocytů nebo fragmentací stélky. Nediferencovaný fragment mateřského vlákna nazýváme hormogonie, které bývají pohyblivé a jejich součástí mohou být heterocyty (Fott, 1967; Hindák, 2008).

1.5 Ekologie

Sinice jsou obecně rozšířeny v celé přírodě, označujeme je jako kosmopolitní organismy. Jako jedny z prvních organismů osidlují nově vznikající ekosystémy a volné habitaty, a proto se řadí do pionýrských druhů (Fott, 1967). Geologické stáří Země bylo pomocí různých metod stanoveno na 4,5 milionu let. Nejstarší nalezené fosílie mikrobiálních společenstev byly nalezeny v oblasti Apex Chert v západní Austrálii, jejich stáří bylo určeno na 3,5 milionu let. Právě z tohoto vzorku pochází vlákna podobná sinicím řádu Oscillatoriales (Kalina & Váňa, 2005). Proterozoikum, jinak také Starohory, jež časově vymezujeme do období před 2,5 miliony let do 570 milionu let, jsou z pohledu sinic označovány jako „Věk sinic“, jelikož mají ve fosilních vzorcích nejvyšší abundanci ze všech druhů (Whitton & Potts, 2002). Výsledkem, tohoto dlouhého ekologického vývoje je fakt, že se sinice dokázaly přizpůsobit všem ekosystémům na planetě. Obývají všechny typy sladkých vod, včetně extrémních termálních pramenů. Nalézáme je také v brakické vodě, ve vodách s nízkým i vysokým obsahem živin. V mírném pásu jsou velice často dominantní skupinou na hladině povrchových vod, protože jsou v podmínkách eutrofních vod schopny konkurenčně vyřadit ostatní fytoplanktoní druhy (Bellinger & Sigee, 2010). Sinice také vstupují do symbiotického vztahu s houbami, vyššími rostlinami a také živočichy. U lišejníků se vyskytuje tzv. cyanobiont, což je fotosyntetizující sinicová část rostliny. Nejvýznamnějším příkladem symbiosy mezi sinicí a rostlinou je soužití *Trichormus-Azolla*. *Azolla* je drobná vodní kapradina rostoucí v rýžových polích a její soužití s nostokální sinicí má obrovský přínos pro fixaci vzdušného dusíku v rýžovém poli (Pouličková, 2011).

1.6 Odolnost vůči UV záření

U sinic se průběhu evoluce vyvinuly různé způsoby ochrany proti UV záření. Ochrana proti UV záření je důležitá především v letním období, kdy expozice UV záření dosahuje svého maxima. Sinice ve svých obalech ukládají UV záření filtrující barvivo scytonemin, které vzniká syntézou aminokyseliny tropfanu a fenylypropanu. Jako UV filtr také fungují karoteny, xantofyly a mikrosporyny s maximální absorbancí 320-335 nm. Sinice rodu *Gloeocapsa* produkují tmavočervený pigment goelocapsin, jehož maximální absorpce je v rozmezí 320-335 nm (Kalina a Váňa 2005).

1.7 Využití sinic

Sinice jsou již odedávna využívány jako doplněk stravy, především ve východních kulturách. Obyvatelé Číny konzumují terestrickou sinici *Nostoc*. Sinice *Arthrospira*, kterou dnes známe spíše pod komerčním názvem *Spirulina*, jež byla dříve hojně konzumována Aztéky a v okolí jezera Čad je dodnes sbírána místními obyvateli a připravována podle nejrůznějších receptů. Sušina sinic obsahuje obrovské množství bílkovin, které se pohybuje v rozmezí 60%- 70%. (Kalina & Váňa, 2005; Pouličková, 2011). V 80. letech byla doporučená denní dávka spirulinového preparátu stanovena na 50 g. Výhodou těchto preparátů je přírodní složení, snadná stravitelnost, velký obsah karotenoidů a vitamínů. Dlouhodobé studie a užívání těchto preparátů, však poukázaly i na negativní stránky. Sinice obsahují vysoké množství nukleových kyselin, které jsou během metabolických procesů v lidském těle přeměněny. Konečným produktem je pak kyselina močová, která se akumuluje v kloubech a může způsobit až onemocnění dnu. Testy na teplokrevných obratlovcích prokázaly, že lipopolysacharidy obsažené v buněčné stěně způsobují nespecifickou imunitní odezvu. Část lipopolysacharidů také obsahuje receptor pro lyzogení bakteriofágy, což může způsobit nekontrolovatelné hyperalergení reakce. Určité druhy sinic slouží jako zdroj fykobiliproteinů, zejména modrého fykocianinu. Tyto látky se využívají jako netoxická barviva a jako fluorochróm při sledování metabolických procesů. V některých případech nahrazují radionuklidy (Kalina & Váňa, 2005).

1.8 Cyanotoxiny

Problémy s toxiny produkovanými fytoplanktonem ve sladkých vodách, jsou spojeny především se sinicemi. Tyto organismy produkují četné bioaktivní látky a toxiny (Henriksen et al., 1999). Cyanotoxiny jsou biologicky aktivní sekundární metabolity. Svou toxicitou jsou méně nebezpečné, než bakteriemi produkované toxiny, jako je botulin, nebo toxin tetanu. Svou nebezpečností je můžeme přirovnat spíše k hadím toxinům, avšak v porovnání s některými rostlinnými alkaloidy, jsou nebezpečnější než kurare, či strychnin (Maršálek et al. 1996).

Dle účinků na lidské zdraví dělíme cytotoxiny do dvou hlavních skupin. První skupina toxinů, kam řadíme neurotoxiny a hepatotoxiny, jež mohou mít letální následky. Druhá skupina cyanotoxiny, která nepůsobí smrtelné otravy (Kalina & Váňa, 2005).

Neurotoxiny – obecně jsou to alkaloidy, které blokují přenos nervového impulsu z neuronu na neuron a tím ochromují CNS. Toxin ochromí svalové části bránice a smrt nastává v důsledku zástavy dýchání. Princip jejich účinku spočívá v navázání na acetylcholinový receptor nebo iontové kanálky, čímž mění nebo blokují jejich funkce (Matteoli et al., 2000). U sinic byla zjištěna produkce tří různých typů neurotoxinů (Henriksen et al., 1999). Podle Patočka (2000) byly anatoxiny a homoanatoxiny, zatím zjištěny pouze u některých rodů sinic (rody *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Cylindrospermopsis*, *Lyngbya*, *Nostoc*, *Oscillatoria*, *Planktothrix* a *Trichodesmium*). Vysoce toxický saxitoxin, který blokuje sodíkové kanálky buněk a je produkován některými řasami a sinicemi (Kaas, H. & Henriksen, 2000).

Hepatotoxiny – jsou cyklické peptidy s vysokou termolabilitou, která zasahující játra teplokrevných živočichů a způsobují poškození jejich struktury a funkce. Tyto toxiny jsou produkované sinicemi rodu *Microcystis*, *Anabaena*, *Nodularia*, *Planktothrix*, *Oscillatoria*, *Nostoc*, *Aphanizomenon*, *Gleotrichia*. Mezihepatotoxiny řadíme microviridin, microcystin a cylindrospermopsin. Lidskou pokožku nejvíce dráždí *Aphanizomenonflos-aquae*, způsobující puchýře, zarudnutí pokožky, pustuly a folikuliditu (Ambrožová, 2003).

Cytotoxiny mají cytostatické účinky. Nepůsobí smrtelné otravy a mají selektivní účinek na bakteriální, houbové a jiné typy buněk. Jejich působením, dochází k chronickým otravám až k trvalým poškozením organismu. Na druhou stranu se

využívají v biotechnologii a farmakologii, jako cytotoxická antibiotika s protinádorovými vlastnostmi. K samotné intoxikaci dochází po požití vody obsahující sinice, nebo kontaktem s ní. Častými důsledky jsou kožní alergie, záněty spojivek a bronchitidy. Cyanotoxiny mohou způsobovat škody chovatelům skotu, jsou známy případy ze stepních oblastí Austrálie, Spojených států, Ruska a Ukrajiny, kdy došlo k onemocnění až úmrtí skotu z požití kontaminované vody (Ambrožová, 2003; Kalina & Váňa, 2005).

1.9 Sinice jako bioindikátor

Přítomnost, či nepřítomnost určitých druhů sinic, stejně jako jiných skupin organismů, může být využita k hodnocení ekologického stavu lokality. Přítomnost dominantních sinic tvořících rozsáhlé vodní květy, především v letním období, jsou velmi dobrým ukazatelem vysokého množství živin. Tyto sinice jsou pak klíčovou součástí trofického potenciálu vody. Naopak výskyt jednobuněčných sinic ve vodě je indikátorem spíše pro oligotrofní až mezotrofní podmínky (Bellinger & Sigee, 2010).

2 Epifyton

2.1 Epifyton, jako součást perifytonu

Perifytické společenstvo se skládá ze dvou komunit. První autotrofní komunitou jsou řasy a sinice, druhou heterotrofní složku představují houbové organismy a bakterie. Komunity žijí vzájemně promíchány. Ve vyšší eulitorální zóně dominují především řasy a v sublitorální zóně spíše sinice (Loeb and Reuter, 1981), je to typické společenstvo v mělkých stojatých i tekoucích vodách, kde tvoří nárůsty na ponořených organických i anorganických substrátech (Bellinger & Sigee, 2010).

Perifyton dělíme na dvě skupiny, na Haptobentos a Herpobento (Pouličková et al. 2008a). Haptobentos je společenstvo mikroorganismů porůstající pevný povrch. Patří sem přisedle žijící epifyton (povrch rostlin), epiliton (povrch kamenů) a epixylon (povrch dřeva). Zatímco herpobentos zahrnuje mikroorganismy využívající substrát jako podklad k růstu. V rámci herpobentosu rozlišujeme endopelon (žijící v sedimentu), epiliton (žijící na povrchu sedimentu) a endopsamon (preferující písčité substráty) (Pouličková et al., 2008a; Pouličková, 2011).

2.2 Epifytické společenstvo

Existují pouze dva typy habitatu, kde je jediným limitujícím faktorem pro rostlinný vývoj dostatečná intenzita slunečního záření. Prvním je tropický deštný les, druhým litorální zóna jezer a interdiální zóna moří. Právě zde můžeme najít skupinu mikroorganismů, jež nazýváme epifyty (Ducker and Knox 1984). Epifyton je společenstvo řas a sinic ve většině mělkých stojatých i tekoucích vodách, kde žije přichycený na povrchu mechtů, jiných řas a vyšších rostlinách (Bellinger & Sigee, 2010). Na hostitele se řasa nebo sinice může přichytit buď na vnější vrstvu buněk, pak se jedná o holoepifyta, nebo hluboko do tkáně a tehdy hovoříme o amfiepifytovi (Ducker and Knox, 1984). Přichycení k řase (např. *Cladophora*) je obzvláště důležité v částech řek a jezer, kde se nevyskytují makrofyty. Malý povrch řas však nedovoluje růst epifytního společenstva v takové míře, jako povrch ponořených částí makrofyt (Bellinger & Sigee, 2010). Wetzel (1983) zdokumentoval, že na starších stoncích sítiny (*Juncus*) jsou patrné nárosty epifytů, avšak na mladých rostlinách se nevyskytují, zatímco stonky rákosu (*Phragmites*) byly vždy hojně porostlé. Epifyton je důležitý i z hlediska primární produkce, podle Kajak et al. (1973) se v litorální zóně jezera Mikolajskie podílí na primární produkci až z 28 %. Kitting et al. (1984) popisuje velký ekologický význam epifytických řas na podmořských loukách v Mexickém zálivu, kde jsou právě tyto řasy vzhledem k větší produkci biomasy než mořské trávy přednostně spásány herbivory (Bellinger & Sigee, 2010).

2.3 Důležité faktory ovlivňující perifyton

Kvantita a kvalita perifytonu je přímo i nepřímo ovlivněna řadou biotických i abiotických faktorů. Interakce mezi těmito faktory tvoří komplexní soubor, jenž ovlivňuje trofickou pozici perifytonu. Mezi základní faktory ovlivňující sukcesi patří: zdroje a disturbance (Stevenson et al. 1996).

2.3.1 Zdroje

Tilman (Tilman, 1982) definoval zdroje jako vše, co je nutné pro růst populace. Pro perifyton je stěžejní především prostor, světlo a živiny. Všechny tyto zdroje jsou nezbytně nutné nejen pro perifyton, a tak může hrát velkou roli při formování

perifytického společenstva i kompetice. Lentická společenstva využívají velké množství anorganických živin (Darley, 1982). Sinice ke svému vývoji potřebují základní mikroelementy: uhlík, kyslík, vodík, dusík, fosfor, draslík, magnesium, vápník a železo a celou řadu mikroelementů, např.: měď, mangan molybden, síru, zinek a chlor (Žáková, 1980). Množství živin v ekosystému stojatých vod má velký význam jak na kvantitu a kvalitu, tak na distribuci perifytonu.

Zdroje anorganických živin v jezerech mohou pocházet z atmosférické depozice, povrchových a podpovrchových toků a z podloží. Rovnoměrné rozložení živin ve vodním sloupci zajišťuje turbulentní promíchávání vody. Živiny ve vodním sloupci jsou v těsnějším kontaktu s fytoplanktonem, než s perifytonem, protože v situacích, kdy je množství rozpuštěných látek ve vodě relativně vysoké, dojde k přemnožení fytoplanktonu, který následně potlačí perifyton. Ten je pak limitován spíše světlem, než prostorem (Hansson, 1992). Tento fakt byl dokázán švédskými vědci (Björk-Ramberg and Änell, 1985), když porovnávali procentuální účast perifytonu na primární produkci v hnojeném jezeře a v jezeře bez hnojení. Perifyton se v jezeře bez hnojiva podílel na primární produkci ze 70-83 %, přičemž v druhém jezeře klesla primární produkce perifytonu po přidání hnojiva z 50 % na 22 %. Nedostatek živin se projevuje na úrovni druhu, ale odpověď na manipulaci s živinami je sumou odpovědí všech druhů na vzniklou situaci, je také nutné si uvědomit, že odpověď společenstva může být modifikována dalšími proměnnými působícími na vodní ekosystém. Manipulování s množstvím živin v ekosystému stojatých vod odhalilo, že celá biomasa perifytonu je ovlivněna především množstvím fosforu (Burkholder and Coker, 1991; Fairchild and Sherman, 1992), dusíku (Fairchild and Sherman, 1990; Marks and Lowe, 1993), uhlíku (Fairchild and Sherman, 1990; 1992; 1993). Nedostatek uhlíku je nejakutnější v jezerech s nízkou alkalitou (Fairchild and Sherman, 1990; 1993).

Studium perifytonu potvrdilo výskyt potravních specialistů. Druhů, jež jsou schopny si obstarávat zdroje, které jsou přítomny v koncentracích pro sympatrické druhy nepřístupných. Příkladem může být *Anabaena* sp., která je potravním specialistou na dusík (Fairchild et al., 1985). Nitrogenní specialisté, jsou často dominantní v epifytických mikrohabitatech, kde je poměr dusíku k fosforu může být relativně malý (Marks and Lowe, 1993).

Intenzita slunečního záření ve vodním sloupci klesá s hloubkou ve vodním sloupci, na druhé straně se však může měnit i v závislosti na množství perifytonu. Rozložení fytoplanktonu ve vodním sloupci je ovlivněno slunečním zářením poměrně málo, protože fytoplankton může aktivně, nebo pasivně měnit svoji pozici. Opačná situace je u perifytického společenstva, jehož změny v rozložení a funkci ve vodním sloupci budou zapříčiněny právě intenzitou slunečního záření. Hudon a Bourget (1983) za pomoci kombinovaného experimentu, spočívajícím ve stínění a přemístění populací, došli k závěru, že struktura perifytonu, fyziognomie a množství jsou závislé jak na intenzitě světelného záření, tak na hloubce.

2.3.2 Disturbance

Disturbance je přechodná událost, jež usmrcuje, potlačuje, nebo jinak narušuje jednoho, nebo více jedinců téhož, či jiného druhu a umožňuje tak sukcesi (Sousa, 1984). Avšak co je negativní disturbancí pro jeden druh, může být pro jiný disturbancí neutrální, či kladnou. Hojně frekventovanou disturbancí v lentickém ekosystému je vlnění, které však má ve vyšších stupních litorálu malý dopad na perifytické společenstvo, jelikož se pod tímto tlakem dlouhodobě vyvíjí. Disturbancí v pravém slova smyslu je turbulentní pohyb vody přes perifyton v hypolimnionu, nebo nadměrně velké vlnění spojené s bouří (Young, 1945; Fox et al., 1969; Kairesalo, 1983).

Disturbance působící na perifyton v lentickém prostředí dělíme na abiotické mechanické, abiotické chemické (turbulence, abraze, toxicita, chemikálie atd.) a biotické disturbance (spásání heterotrofy).

2.3.2.1 Abiotické mechanické disturbance

Je prokázáno, že vodní turbulence v jezerech má pozitivní vliv na perifyton, obzvláště pak na stélkaté druhy (Cattaneo, 1990; Hoagland and Peterson, 1990). Nicméně pokud se perifytické společenstvo, které se vyvinulo v poměrně neturbulentních podmínkách, dostane do turbulence, pak některé druhy mohou být významně negativně ovlivněny. Hoagland (1983) zkoumal dopad epizodických bouří a následné zvýšení turbidity na perifyton v eutrofní nádrži a zjistil, že starší populace ztratily procentuálně větší množství jedinců, než mladší. Vliv na diverzitu však nebyl signifikantně prokázán.

2.3.2.2 Abiotické chemické disturbance

Pod chemickou disturbancí rozumíme takovou změnu chemického složení vody, která je extrémně vzdálená přírodním podmínkám, nejčastěji je způsobena antropogenně. Chemické disturbance působící na perifyton stojatých vod jsou obecně méně významné a méně studované, než chemické disturbance v tekoucích vodách. Tento fenomén je pravděpodobně způsoben faktem, že ve stojatých vodách je mnohem větší podíl substrátu k objemu vody, což podporuje schopnost zředit chemické látky, jež by mohly mít negativní vliv na tento ekosystém.

Velmi dobře prostudovanou a zdokumentovanou chemickou disturbancí působící na perifyton je acidifikace vod, způsobená imisemi z atmosféry. Fytoplankton, je citlivější na acidifikaci mnohem více, než perifyton (Pillsbury and Kingston, 1990). V důsledku toho dochází ke snížení množství fytoplanktonu ve vodním sloupci, což vede k prohloubení fotické vrstvy a růstu perifytického společenstva (Charles, 1985).

2.3.2.3 Biotické disturbance

Biotické disturbance působící na perifyton jsou většinou spojeny s aktivitou spásáčů. Dopad na společenstvo je dvojitý, buď spásáč přímo buňku zkonsumuje, nebo jí přemístí ze substrátu. Někdy může být intenzita spásání kontrolována sekundárně rybami (Brömark et al. 1992).

3 Taxonomie

Systém sinic prošel během svého vývoje velkými změnami. Dnes sinice řadíme do domény bakterií, a proto se jejich pojmenování řídí dle pravidel Mezinárodního kódu nomenklatury prokaryot. V minulosti byly ovšem sinice považovány odborníky za primitivní rostliny, tudíž byla jejich jména vytvořena v souladu s botanickým kódem. Původní botanická jména zůstávají i nadále platná. Jako výchozí literatura pro pojmenovávání sinic byly Mezinárodním kódem botanické nomenklatury určeny názvy sinic v publikacích M. Gomonta (1. 1. 1892), E. Borneta a C. Flahauta (1. 1. 1886). Rody a druhy uvedené v těchto publikacích představují počáteční dataset známých taxonů pro pozdější taxonomická srovnání. Fakt, že bylo možno stanovit výchozí publikace, svědčí o tom, že sinice byly dobře prozkoumanou skupinou, již před sto lety (Kalina & Váňa, 2005).

3.1 Současné přístupy v taxonomii

Tradiční přístup

Za jeho zakladatele je považován rakouský botanik Lothar Geitler (1899). Důraz je kladen především na morfologii buněk, menší význam je přikládán ekologii. Geitler sám považoval sinice za rostliny, jeho publikace (Geitler, 1925, 1932, 1942).

Drouetův přístup

Za základ považujeme publikace Droueta a Dailiho (Drouet, 1968, 1973, 1978, 1981; Drouet and Daily, 1956). Drouet kladl obdobně jako Geitler důraz na morfologii, ale zároveň se domníval, že sinice jsou schopny pod tlakem okolních podmínek měnit svou morfologii s tím, že sinice mají jeden genotyp a více fenotypů. Tento názor pak vedl k obrovské redukci druhů. Později se ukázalo, že Drouetův přístup není schopen dobře pojmut diverzitu sinic (Aanagnostidis & Komárek, 1985).

Bakteriologický přístup

S přelomovou myšlenkou přišli ve své publikaci Stanier a van den Niel (1962), kde sinice řadí mezi fotosyntetické bakterie (Kalina & Váňa, 2005). Sinice totiž kombinují vlastnosti rostlin i bakterií. Absentuje jádro, Golgiho aparát, plastidy atd. Na

druhé straně jsou sinice schopny fotosyntézy a patří mezi primární producenty. Na základě toho byla stanovena základní jednotka taxonomie sinic, kmen. Systém se opíral o morfologii, cytologii, ekologii a biochemii a přešlo se na Mezinárodní kód nomenklatury prokaryot (Anagnostidis & Komárek, 1985).

Polyfazický přístup

Moderní metoda, jež je v současné době nejhojněji využívána. Molekulární data poskytují základní kritérium pro taxonomii, nicméně správný fylogenetický systém nemůže být vytvořen, bez toho aniž by byl kombinován s dosavadními znalostmi a poznatky z diverzity sinic, jež byly nasbírány za 150 let výzkumu. Kombinací molekulárních, morfologických, ekologických a biochemických přístupů vzniká přístup polyfazický. Klasifikace sinic musí být revidována a založena na studiích obsahujících molekulární data. Tato nezbytná syntéza dat (polyfazický přístup) je těžká, avšak pouze tento kombinovaný přístup, může vést k přepracovanému a logickému systému, který je nutný k pochopení rozmanitosti sinic a fungování tohoto druhu v biosféře. Nedávné pokroky v taxonomii jsou způsobeny právě v kontextu pochopení rozmanitosti sinic, jejich ekologie, adaptací a vývojem, jímž sinice prošly (Komárek, 2006)

3.2 Koncept rodu

Na základě výsledků získaných sekvenováním 16 SrNA genu byla potvrzena existence několika uniformních morfologicky dobře definovaných tradičních rodů, jakými jsou například rody: *Microcystis*, *Planktothrix*, *Tychonema*, *Microcoleus*, *Arthrospira*, *Cylindrospermum*. Nicméně většina současných výsledků ukazuje, že majoritní část tradičních rodů je polyfyletická. Tudíž se morfologicky podobné formy, jež byly klasifikovány na základě tradičních kritérií do jednoho rodu, mohou objevit po sekvenování genu na fylogenetickém stromu ve velkých vzdálenostech. Tato situace nastala u většiny tradičních rodů, jakými jsou například rody *Aphanothece*, *Synechocystis*, *Synechococcus*, *Chroococcus*, *Limnothrix*, *Phormidium*, *Anabaena*, *Nostoc* a *Stigonema*. Vyžaduje si přehodnocení stávajících rodů na základě jejich diagnostických fenotypových znaků. Ukázkovým příkladem takového přehodnocení jsou planktonní sladkovodní sinice, vytvářející heterocyty z tradičních rodů *Anabaena* a *Aphanizomenon*. Oddělení klastru zástupců rodu *Anabaena*, žijících v bentickém

prostředí, tvořících povlaky bez aerotopů, od planktonního klastru s aerotopy bylo žádoucí. Oba dva rody byly prohlášeny za heterogenní a rozděleny do několika subklastrů, jež jsou víceméně rozděleny do planktonního *Anabaena/Aphanizomenon* komplexu. Avšak vyvstaly otázky, zda jsou hlavní morfologické znaky (př. převládající spirality trichomů *Anabaeny*), charakterizující známé morfotypy, podmíněné geneticky, nebo zda jsou způsobeny pouze na základě biochemických a ekofyziologických podmínek. Z předchozích výzkumů vyplývá, že pro nové taxony, získané pomocí molekulárních analýz, musí být nalezeny nové morfologické znaky. Další komplikací je fakt, že 16 SrNAgen reprezentuje jen část celého genomu a stabilní morfologické znaky, které jsou tradičně používány pro odlišení taxonů na úrovni rodu, dosud nebyly důkladně prozkoumány. Moderní taxonomie rodů sinic musí jednoznačně vycházet z poznatků sekvenování genu 16 SrNA. Do budoucna je také důležité přijmout určité cíle a principy, jako například přepracování fenotypových znaků, tak aby byly v souladu s nově vzniklými entitami u rodů, které se takto vyznačují na základě sekvenování genu, nebo dodržování navrženého 95 % limitu genetické podobnosti. Limit 95 % je rozumná hodnota, nicméně pokud se hodnota podobnosti bude blížit k limitním 95 %, měla by být rozhodující přítomnost fenotypového rozdílu nebo jiného biochemického, biologického, či jiného znaku (Komárek, 2006).

3.3 Koncept druhu

Biodiverzita sinic je mnohem větší, než se původně předpokládalo. V porovnání s ostatními bakteriálními skupinami disponují obrovskou morfologickou rozmanitostí, a proto je vymezení druhu takovým problémem. Mnohé druhy byly popsány jen na základě morfologických charakteristik. Tato obrovská variabilita vedla některé autory k tomu, aby zařazovali podobné sinice do často obrovských taxonomických celků. Tento takzvaný Drouetův koncept, však nebyl v souladu s variabilitou a ekologií sinic v přírodních podmínkách, konečně vyvrácení tohoto konceptu přinesl až moderní molekulární výzkum. Podmíněná morfologická, ekologická a genetická diverzita zvyšuje již tak velkou rozmanitost sinic napříč všemi ekosystémy, což činí klasifikaci obzvláště náročnou. Přesto v geneticky, ekofyziologicky a morfologicky různorodých skupinách, můžeme pomocí molekulárních metod objevit poměrně stabilní typy, které se vyskytují na různých místech po mnoho generací. Rody v přírodních podmínkách často vytvářejí stabilní morfotypy a ekotypy, které se liší jejich ekofyziologickými a

biochemickými znaky. Proto se může stát, že takto odlišní jedinci mohou být prohlášeni za nový druh. Ve většině případů nejsou takovéto druhy podporovány molekulárními analýzami vůbec, nebo jen částečně. Nicméně jsou důležité pro ekologické hodnocení a vzhledem k tomu, že představují stabilní druhy v různých ekosystémech, měly by být nějakým způsobem klasifikovány. Pravděpodobně nejlepším označením pro takovéto subjekty se zdají být termíny “morphospecies” a “ecospecies”. K různým monotypům také patří morfologicky (někdy taky ekologicky) rozlišitelné entity. Ty mohou být geneticky velmi uniformní, avšak v přírodě mohou v různých prostředích vytvářet různé ekologicky a ekofyziologicky stabilní druhy. Příkladem mohou být rody *Microcystis* a *Planktothrix*, u kterých byly opakovaně prokázány různé morfologické, ekofyziologické a biochemické typy, ovšem bez podpůrných molekulárních důkazů. Jednotlivé genetické klastry ve fylogenetickém stromu sinic mohou obsahovat velké množství morfologicky podobných druhů, které mohou být zařazeny (podle tradiční taxonomie) do jednoho taxonu. Genetická odlišnost však může být vysoká, někdy až 95 % (limit shody pro jiný rod), ale morfologické rozdíly nejsou tak patrné, aby umožnily rozdělení do jiných druhů. Oddělení takových rodů od sebe se zdá být zbytečné, protože v přírodních podmínkách, bez molekulárních metod není dost dobře možná a také ani jejich vzdálenost ve fylogenetickém stromu není tak podstatná. Nicméně jsou důležité z hlediska porozumění rozmanitosti a vývoje sinic a jako takové by měly být registrovány. Pro druhy, jež jsou si morfologicky velice podobné, používáme název kryptické druhy (Komárek, 2006).

3.4 Charakteristika vybraných rodů epifytických sinic

Druhovú bohatost epifytních sinic je obrovská, proto v následujícím výčtu uvádím pouze rody mnou zaznamenané v průběhu výzkumu, u kterých jsem uvedl stručnou charakteristiku. Převzato z Komárek & Anagnostidis 1998 a Komárek & Anagnostidis 2005.

Rod *Chroococcus* Nägeli 1849

Řadí se do čeledi *Chroococcaceae*. Buňky nebo skupiny buněk, jsou obklopeny nažloutlou, koncentricky lamelovanou slizovou pochvou. Jedinci žijí spíše pospolitě a vytváření nepravidelné kolonie. Zřídka kdy žijí solitérně. Tvar buněk je z počátku subsférický, široce oválný, či sférický a později hemisférický. Protoplast má hnědou,

hnědo- zelenou, modro- zelenou, oranžovou nebo fialovou barvu. U některých planktonních druhů se mohou vyskytovat plynové vezikuly. Do dnešních dnů známe volně žijící, epifytické a perifytické druhy, jež obývají sladkovodní rybníky a jezera. Dělení probíhá ve třech rovinách, kolmo na sebe. U starších jedinců může docházet k nepravidelnému dělení. Dalším způsobem rozmnožování je vyloučení jedince, nebo agregátu jedinců z kolonie a tím k vytvoření nové kolonie, poměrně vzácné je rozmnožování za pomoci nanocytů.

Rod *Aphanocapsa* Nägeli 1849

Řadí se do čeledi *Merismopediaceae*. Jedinci tvoří převážně mikroskopické kolonie, více či méně sférické, nepravidelné. U některých druhů se můžeme setkat s makroskopickou velikostí kolonie, s velkou či malou hustotou nepravidelného buněčného uspořádání. Slizová pochva kolonii je bezbarvá. Buňky jsou sférické, po rozdělení hemisférické, bez aerotopů. K dělení dochází ve dvou na sobě kolmých rovinách v po sobě následujících generacích. Dalšími způsoby rozmnožování je odloučení části kolonie, nebo rozmnožování za pomoci nanocytů. Většina známých druhů je sladkovodních, s poměrně velkou ekologickou valencí, do tohoto rodu také patří aerofytní, subaerofytní druhy a druhy obývající extrémní stanoviště, jakými jsou termální prameny.

Rod *Aphanotece* Nägeli 1849

Řadí se do čeledi *Merismopediaceae*. Tvoří více buněčné kolonie makroskopických i mikroskopických velikostí, s buňkami nepravidelně uspořádanými. Na povrchu kolonie je amorfnní slizová pochva s kolísající tloušťkou, jež má nejčastěji zelenou, zelenomodrou, či hnědou barvu. Slizovou pochvu mohou vytvářet dokonce i některé buňky uvnitř kolonie, její barva je však čirá. Tvar buněk je cylindrický se zaoblenými konci. U některých planktonních druhů těchto sinic můžeme pozorovat aerotopy. K rozmnožování dochází buněčným dělením v jedné rovině, rovnoběžně s osou buňky. Byla pozorována fakultativní tvorba nanocytů. K rozmnožování využívají i fragmentaci kolonie a to dokonce až na jednotlivé buňky. Jedná se o široce rozšířený epipelický, půdní, subaerofytní a planktonní druh, omezený pouze extrémními podmínkami.

Rod *Jaaginema* Anagnostidis et Komárek 1988

Řadí se do čeledi *Pseudoanabaenaceae*. Tento rod má jemnou vláknitou přibližně 3 µm dlouhou stélku. Nevytváří slizové pouzdro, jsou nepohyblivé a nebyla zde prokázána přítomnost zaškrbení buněk, konce mohou být někdy zúžené. Kalyptra se u nich nikdy nevyskytuje, apikální buňky jsou zaoblené až kónické. Buňky jsou cylindrické, až 10x delší než širší. Protoplast je homogenní, bez aerotopů. Tento rod se rozmnožuje fragmentací stélky. Vyskytuje se především ve sladkých vodách, jako součást bentosu, epifytonu, prerifytonu, planktonu, nalezen byl i v termálních pramenech

Rod *Gaitlerinema* Anagnostidis 1989

Řadí se do čeledi *Pseudanabaenaceae*. Stélka je tricheální, tenká, jasně modrozelená, fialová, nebo hnědá a nevytváří pochvu. Délka buňky je (0,6) 1-4 (6,5) µm. Vlákná jsou pohyblivá v rovnoběžném směru s osou roviny buňky, dopředu i dozadu. Buňky jsou cylindrické, delší než širší. Před rozmnožováním se ještě protahují. Apikální buňky jsou kubické. Protoplast je homogenní, plavou v něm cyanofycinová zrna a aerotopy absentují. Rozmnožuje se pomocí hormogonie. Tato sinice vytváří nárosty na různých površích, zřídka kdy se vyskytuje solitérně. Můžeme ji považovat za bioindikátor, jelikož se vyskytuje především v neznečištěných vodách.

Rod *Chamaesiphon* A. Braun et Grunow 1865

Řadí se do čeledi *Chamaesiphonaceae*. Stélka je kokální. Sinice rodu *Chamaesiphon* žijí solitérně i v keříčkovitých koloniích. Na bázi jsou přichycené k substrátu (kameny, rostliny, atd.). Kolonie mohou být mikroskopické i makroskopické. Buňky jsou z počátku oválné, později dochází k jejich elipsovitému protažení. Na povrchu vytváří buňky i kolonie slizovou pochvu tzv. pseudovaginu, jež je tenká, bezbarvá a na apikálním konci otevřená. Perforace je z důvodu uvolnění exocytu, nebo dceřiné buňky. Velká vnitrodruhová variace protoplastu. K rozmnožování dochází asymetrickým dělením napříč k vrcholu, nebo za pomoci exocytu. Striktně sladkovodní rod sinice, žijící přisedle. Na povrchu substrátu, může vytvářet barevné

povlaky. Je znám jeden druh epizodika, jež žije na korýši. Z horských potoků Alp a Karpat, známe některé epifytické druhy tohoto rodu.

Rod *Phormidium* Kützing ex Gomont 1892

Řadí se do čeledi *Phormidiaceae*. Stélka je většinou rozšířená, jemná, soudržná, slizovitá a bývá kompletně přichycená k substrátu, nebo bývá volně plovoucí, tvořící shluky. Vlákná jsou různě zakřivená, nevětvená, 2,5 – 11 μm široká, jednoznačně pohyblivá. Pochva se vyskytuje obligátně, či fakultativně, v závislosti na okolních podmínkách, pevná nebo tenká, těsně přiléhá k vláknu. Buňky jsou izometrické, delší nebo kratší než je jejich šíře bez aerotopů. Apikální buňky mohou být špičaté, zúžené, kulaté s kalyptrou, nebo bez kalyptry. Tylakoidy jsou podélné, radiálně orientované. Dělení buněk probíhá příčným dělením. Dceřiné buňky dorůstají původní mateřské velikosti ještě před dalším dělením. Rozmnožují se fragmentací stélky na různě veliká pohyblivá hormogonie, často za pomoci nekrotizovaných buněk na koncích. Sladkovodní i slanovodní druhy obývající extrémní biotopy, jako jsou pouště, nebo termální prameny.

Rod *Leptolyngbya* Anagnostidis et Komárek 1988

Řadí se do čeledi *Pseudanabaenaceae*. Vlákná jsou dlouhá, vyskytují se samostatně nebo ve formě hustých povlaků. Vlákná široká 0,5- 3,2 μm , mohou být pohyblivá i nepohyblivá, občas s tenkou pochvou. Buňky jsou cylindrické, izodiametrické, delší než širší bez plyných vezikul. Buňky se dělí zhruba symetricky, zřídka asymetricky. Rozmnožují se fragmentací, hormogonia se mohou volně pohybovat. *Leptolyngbya* je běžně přítomna v půdě, v prerifytonu a metaifytonu sladkovodních a mořských biotopů. Jsou známy některé erofytické, endogleické, či druhy obývající extrémní stanoviště termálních a minerálních vod.

Rod *Pseudanabaena* Lauterborn 1915

Řadí se do čeledi *Pseudanabaenaceae*. Vlákná jsou bez pochvy, často tvoří široké, jemné, slizové pochvy. Apikální buňky nejsou diferenciovány s širší buněčnou stěnou na kocích, kalyptra absentuje. Pohyb je zřídka, či fakultativní a pomalý. Buňky jsou cylindrické, obvykle zaškrcované, delší než širší, občas s tendencí k izodiametrii. Aerotopy se vyskytují fakultativně u příčných přehrádek nebo v apikálních buňkách. Tylakoidy jsou uloženy parietálně. Dělení buněk probíhá

ve dvou na sobě kolmých rovinách. Rozmnožují se pomocí fragmentace stélky. Naleznout je můžeme v planktonu, metafytonu, epifytonu a perifytonu sladkých vod.

Rod *Pseudophormidium* Anagnostidis et Komárek 1988

Řadí se do čeledi *Phormidiodiaceae*. Perifytický druh sinice. Vlákná jsou dlouhá nebo krátká, široká do 10 μm . Buňky jsou víceméně isodiametrické, kratší nebo delší než širší. Vlákná jsou různě zakřivená, bohatě a opakovaně vyskytuje nepravé větvení. Pochva se vyskytuje zřídka, může být bezbarvá nebo barevná s lamelami, či bez lamel. Apikální buňky jsou zaoblené. Absence aerotopů a kalyptry. Rozmnožování probíhá fragmentací stélky. Většinou tvoří nahlučené, více méně expandující, různě zbarvené povlaky, chomáče, nebo klastry. Zřídka se vyskytuje samostatně mezi řasami, nebo sinicemi.

4 Cíle práce

Hlavním cílem této bakalářské práce je vytvořit literární rešerše, týkající se problematiky epifytických sinic. Zjistit druhovou diverzitu sinic na vytipovaných lokalitách a provést chemické rozborů těchto vod. Získaná data analyzovat a zjistit, zdali chemismus vod ovlivňuje distribuci sinic.

5 Charakteristika lokalit

5.1 Charakteristika odběrových míst

Vzorky jsem odebíral celkem na pěti předem zvolených lokalitách. A to na dvou chovných rybnících v okolí Chropyně a na 3 bývalých šterkovnách, dnes sloužících především k rekreační činnosti. Volil jsem lokality s dobře přístupnou cestou, rozvinutým litorálním porostem, v kterém převládal především rákos obecný (*Phragmites australis*), orobinec tenkolistý (*Typha angustifolia*) a kosatec žlutý (*Iris pseudacorus*).

5.1.1 Hrubý rybník

Má rozlohu cca 20 ha, parcelním číslem 1110/2, spadá pod katastrální území města Kroměříže a vlastníkem je město Kroměříž (Český úřad zeměměřičský a katastrální, 2015). Lokalita bývalé šterkopískovny se nalézá na jihovýchodním konci města Kroměříže. Dnes slouží převážně k rekreačním aktivitám. Na březích Hrubého rybníku proběhla revitalizace, jež si vzala za úkol výsadbu listnatých stromů, vybudování tůň v blízkosti rybníku a na části tohoto území vybudovat přirozenou litorální zónu. Z fauny se zde můžeme setkat se skokanem zeleným (*Pelophylax culentus*), ledňáčkem říčním (*Alcedo atthis*), labutí velkou (*Cygnus olor*), kaprem obecným (*Cyprinus carpio*). Ze stromového patra se zde vyskytuje jilm vaz (*Ulmus laevis*) (Sagittaria – Sdružení pro ochranu přírody střední Moravy).

5.1.2 Šlajza

Bývalá pískovna s rozlohou 4,3 ha, parcelním číslem 3292/1, spadá do katastrálního území města Kroměříže (Český úřad zeměměřičský a katastrální, 2015). Jedná se o lokalitu hojně využívanou k rybaření. Je zde minimálně vyvinutá litorální zóna. Nalézá se v těsné blízkosti zahrádkářské zástavby a dálnice D1.

5.1.3 Medkovy rybníky

Komplex dvou zatopených pískoven. Odběry byly prováděny na levém rybníku s rozlohou 1,65 ha, parcelní číslo 1838, spadá pod katastrální území města Kroměříže a majitelem je Moravský rybářský svaz, o.s. místní organizace Kroměříž, Kojetínská 1180/19, 76701 Kroměříž (Český úřad zeměměřičský a katastrální, 2015). Rybník s přírodě blízkou dobře vyvinutou litorální částí, s rekreačním využitím, nalézá se na severovýchodním okraji města.

5.1.4 Hejtman

Umělá vodní nádrž s rozlohou 5,23 ha, parcelní číslo 1902/2, spadá pod katastrální území města Chropyně a majitelem je Rybářství Přerov, a.s., Gen. Štefánika 1149/5. Přerov I-Město, 75002 Přerov (Český úřad zeměměřičský a katastrální, 2015). Nádrž slouží jako chovný rybník. Má dobře vyvinutou litorální část a díky blízkosti NPP Chropynský rybník, je zde hojný výskyt vodního ptactva.

5.1.5 Zámecký rybník

Rybník s rozlohou 22,5 ha, parcelním číslem 300/1, spadá pod katastrální území města Chropyně, majitelem je Arcibiskupství olomoucké, Wurmova 562/9, 77900 Olomouc. (Český úřad zeměměřičský a katastrální, 2015). NPP Chropynský rybník, vyhlášen výnosem Ministerstva kultury ČSR ze dne 4. 5. 1954, č. 35431/54, je nejstarší rezervací na území okresu Kroměříž. Předmětem ochrany je největší populace kotvice plovoucí (*Trapa natans*) na Moravě a přítomnost racka chechtavého (*Chroicocephalus ridibundus*) (Coufalík, J. 1983).

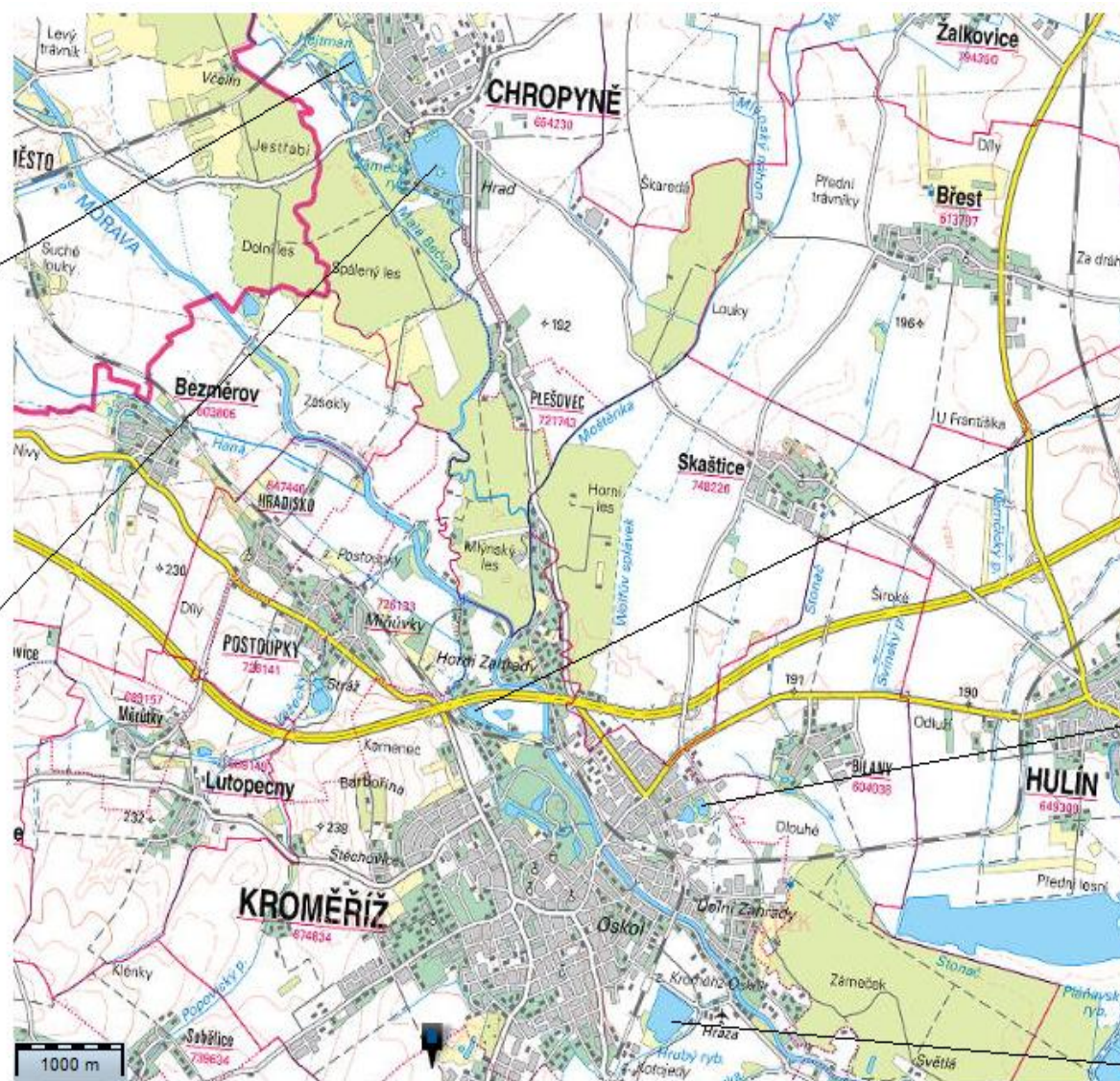
Vybrané lokality odběru vzorků

- 1- Hejtman
- 2- Zámecký rybník
- 3- Šlajza
- 4- Medkovy rybníky
- 5- Hrubý rybník

1



2



3



4



5



Obrázek 1: Výzkumné lokality. Zdroj: ČÚZK, upraveno v programu FastStone Image Viewer

6 Metodika

6.1 Terénní odběry

Terénní odběry probíhaly během roku 2014 a to třikrát, na jaře, v létě a na podzim. K odběru jsem využíval tyto pomůcky: vzorkovnice (1l, 100 ml), odběrovou tyč (1m), multimetr Hanna, nůžky, pero, lihový popisovač, sešit a fotoaparát. Samotný odběr sestává ze tří fází. V první fázi došlo k odebrání malého množství vody do nádoby o objemu 200 ml. Pro měření fyzikálně-chemických vlastností vody bylo měřeno: pH, konduktivita ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), salinita (ppm) a teplota ($^{\circ}\text{C}$). Tyto vlastnosti byly měřeny za pomoci multimetru pH/Conductivity/TDS/ $^{\circ}\text{C}$ Tester Hanna. Poté byl dle ČSN ISO 5667 odebrán za pomoci 1 m dlouhé tyče, na jejímž konci byla připevněna zavařovací láhev vzorek o objemu 1 litr, pro chemický rozbor v laboratoři. Při odběru vody pro chemický rozbor byla dodržována následující pravidla. Odběr byl proveden 1 m od břehu v hloubce 20 cm, se vzorkovnicí otočenou dnem vzhůru, aby nedošlo ke kontaminaci vzorku vodou z hladiny, jež může mít jiné chemické vlastnosti. Vzorky byly zavičkovány, popsány datem a místem odběru. Chemický rozbor byl proveden do 24 hodin. Následoval sběr makrofyt, pro mikrobiologický rozbor zastoupených sinic. Na každé lokalitě bylo odebráno po dvou vzorcích a to z rostliny nantní (plovoucí na hladině) jako je okřehek malý (*Lemna minor*), či kotvici plovoucí (*Trapanatans*) a z rostliny emerzní (kořenící pod hladinou, rostoucí nad hladinou), jakou je rákos obecný (*Phragmites australis*), či orobinec tenkolistý (*Typha angustifolia*). Pokud jsem našel makroskopické řasy, pak jsem provedl odběr i těchto řas. V mém případě to byl žabí vlas (*Cladophora glomerata*). Odběr nantních rostlin byl proveden částečným ponořením 100 ml vzorkovnice do vody, kam vtekl samospádem. Vzorky z emerzních rostlin byly vybírány, podle množství viditelného epifytonu. Takto vybrané rostliny byly nastříhány pomocí nůžek, na velikost přibližně 5 cm. Nůžky byly mezi jednotlivými odběry vždy vysterilizovány plamenem, aby nedošlo ke kontaminaci. Ústřížky rostlin byly vloženy do vzorkovnice, spolu se vzorkem vody nabraným v bezprostřední blízkosti od této rostliny. Mikrobiologický rozbor by měl být proveden do 24 hodin od odebrání. Pokud necháme vzorkovnice otevřené, může být vzorek proveden max. do 48 hodin.

6.2 Mikrobiologické laboratorní rozbor

V taxonomické laboratoři byl proveden rozbor, jak z nativního (původního) vzorku, tak z kultivovaných vzorků. Nativní vzorek byl připraven kápnutím vody ze vzorkovnice na podložní sklíčko pomocí pipety a posléze pomocí ostrého nástroje, buď žiletky, nebo preparační jehly, byl proveden seškrab mikrofilmu z povrchu vzorku na podložní sklíčko. Vlákňité řasy, či okřehek byl roztrhán za pomoci pinzet na drobné kousky a celý postup byl opakován. Takto připravený preparát, byl vložen pod mikroskop Olympus CX 21 (Olympus, Japonsko) a byla provedena determinace. Pro dlouhodobou kultivaci jsem připravoval agarové plotny (1,5 %). Naočkování vzorku na agarovou plotnu bylo provedeno ve Flow Boxu Fatran LF (výrobné družstvo Žilina, Slovensko), který bylo nutno před prací zapnout a vydesinfikovat lihem. Na agarovou plotnu, byla pomocí preparační jehly nanесena část vzorku a pomocí mikrobiologické kličky byla rozočkována od středu ke krajům po celé ploše živného média. Takto připravené vzorky byly hermeticky uzavřeny parafilmem a otočeny dnem vzhůru, aby nedošlo k předčasnému vyschnutí. Po čtrnácti dnech byl proveden mikrobiologický rozbor. Opatrným tahem vysterilizované preparační jehly, tak aby nedošlo k poškození živného média, byl odebrán kultivovaný vzorek a byl proveden stejný postup, jako u vzorku nativního, s rozdílem použití destilované vody na místo vody ze vzorkovnice. Rody a druhy sinic byly determinovány pomocí (Komárek & Anagnostidis 1998 a Komárek & Anagnostidis 2005). Ze směsných kultur byly izolovány čisté kmeny sinic, které byly z agarových ploten pomocí preparační jehly a binokulární lupy PZO MSt 130 (PZO Warszawa, Polsko) přeočkovány na nové živné médium, pro získání čisté kultury. Jednotlivé druhy sinic ze vzorků byly zaznamenávány pomocí digitálního fotoaparátu Panasonic DMC- FS7 (Panasonic, Japonsko), nebo za pomoci ZeissAxioImager; Axio CAM HRC (Zeiss, Německo).

Tabulka 1: Složení kultivačního Z-Media (Staub 1961).

1. Makroprvky do 1000ml	Koncentrace (g.l ⁻¹ dH ₂ O)
NaNO ₃	46,7
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	5,9
K ₂ HPO ₄	3,1
MgSO ₄ .7H ₂ O	2,5
Na ₂ CO ₃	2,1
2. Fe-EDTA (do 500 ml)	
FeCl ₃ .6H ₂ O	0,138 mg v 5 ml 0,1M HCl
Chelaton III	0,186 mg v 5 ml 0,1 M HCl
3. Roztok Gaffronových mp. do 100ml	hmotnost v (g)
H ₃ BO ₃	0,31
MnSO ₄ .4H ₂ O	0,223
Na ₂ WO ₃ .2H ₂ O	0,003
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ .4H ₂ O	0,0088
KBr	0,0119
KI	0,0083
ZnSO ₄ .7H ₂ O	0,0287
Cd(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	0,0154
Co(NO ₃) ₂ .6H ₂ O	0,0146
CuSO ₄ .5H ₂ O	0,0125
NiSO ₄ (NH ₄) ₂ SO ₄ .6H ₂ O	0,0198
Cr(NO ₃) ₂ .7H ₂ O	0,0037
V ₂ O ₄ (SO ₄) ₃ .16H ₂ O	0,0035
Al ₂ (SO ₄) ₃ .K ₂ SO ₄ .24H ₂ O	0,0474

ZEHNDER in STAUB, R. 1961. Ernährungphysiologisch-autökologische Untersuchungen den planktonischen Blaualge *Oscillatoria rubescens* DC. *Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie* 23: 82-198

6.3 Chemický rozbor

Stanovení dusičnanů (NO_3^-)

Pomůcky: spektrofotometr DR 2000, zkumavka se závitem, odměrný válec 25 ml, destilovaná voda

Chemikálie: reagenty: NitraVer 6 pro 25ml

NitraVer 3 pro 25ml

Postup:

1. Nalij 25ml deionizované vody do zkumavky – BLANK
Nalij 25ml vzorku do zkumavky
2. K blanku i vzorku přidej 1 bal. NitraVer 6/25ml, míchej do rozpuštění
K blanku i vzorku přidej 1 bal. NitraVer 3/25ml, míchej do rozpuštění
3. Po pěti minutách možno měřit hodnoty
4. Zapni přístroj, nastav číslo metody 351 a vlnovou délku 507 nm
5. Vlož blank a nastav hodnotu ZERO (kalibrace)
6. Vkládej jednotlivé vzorky a zapisuj zobrazenou hodnotu na display v NO_3

Stanovení fosforečnanů PO_4^{3-}

Pomůcky: spektrofotometr DR 2000, zkumavka se závitem, odměrný válec 25ml, destilovaná voda, titrační aparatura, skládaný filtrační papír.

Chemikálie: reagenty: PhosVer 3 pro 25ml

Postup:

1. Nalij 25ml deionizované vody do zkumavky – BLANK
Nalij 25ml přefiltrovaného vzorku do zkumavky, přidej 1 bal. PhosVer 3/25ml, míchej do rozpuštění
2. Po osmi až deseti minutách můžeš měřit
3. Zapni přístroj, nastav číslo metody 490 a vlnovou délku 890 nm
4. Vlož blank a zmáčkní zero ZERO (kalibrace)
5. Vkládej jednotlivé vzorky a zapisuj zobrazenou hodnotu na display v mg/l PO_4^{3-}

Stanovení amoniaku NH_4^+

Pomůcky: spektrofotometr DR 2000, zkumavka se závitem, automatická pipeta.

Chemikálie: reagentie: Ressler-Reagent NACH

Postup:

1. Nalij 5ml deionizované vody- BLANK
Nalij 5ml vzorku
2. K blanku i vzorku přidej 3 kapky Ressler-Reagent NACH, promíchej
3. Po deseti minutách naměř hodnotu
4. Zapni přístroj, nastav číslo metody 0, vlnová délka 425 nm
5. Vlož blank a zmáčkni ZERO (kalibrace)
6. Vkládej jednotlivé vzorky a zapisuj hodnotu absorbance na display.
7. Pomocí programu převed' hodnotu absorbance mg/l NH_4^+

6.4 Analýza dat

Všechna data byla nalyzována programem CanocoDraw. Statisticky významné rozdíly mezi diverzitou epifytických sinic a lokalitami, preferencemi epifytických sinic ke druhu rostliny a preferencemi epifytických sinic k fyzikálně- chemickým vlastnostem byly stanoveny na 0,5 % ($\alpha = 0,05$ hladině významnosti).

7 Výsledky

7.1 Fyzikálně-chemické parametry vody na studovaných lokalitách

Hodnoty byly měřeny v dubnu, srpnu a září roku 2014, pomocí multimetru pH/Conductivity/TDS/°C Tester Hanna.

7.1.1 Teplota povrchové vody

Teplota vody byla v průběhu všech měřených ročních období poměrně vyrovnaná, bez výraznějších odchylek (Tabulka 2). Během jarního odběru v roce 2014 se pohybovaly teploty na Hrubém rybníku, Medkových rybnících, Zámeckém rybníku a rybníce Hejtman v rozmezí 17 - 18 °C a teplota v rybníce Šlajza dosahovala 16 °C. Během letního odběru v roce 2014 byly naměřené hodnoty na všech rybnících v rozmezí 23 - 24 °C. Teplota vody při posledním podzimní měření roku 2014 byla na všech lokalitách v rozmezí 12 - 13 °C.

Tabulka 2: Hodnoty teplot vody na lokalitách

	Teplota vody [°C]		
	duben	srpen	září
Hejtman	17,8	23,8	12,2
Zámecký rybník	18	23,2	12,5
Šlajza	15,5	23,5	12,9
Medkovy rybníky	16,9	23,4	12,8
Hrubý rybník	17,1	23,8	12,9

1.1. pH vody

Na jaře 2014 bylo pH všech lokalit slabě zásadité, pohybovalo se v rozmezí 7-8. V létě 2014 roku, hodnoty pH byly v rozmezí 8-10. Na podzim roku 2014 byly naměřené hodnoty v rozmezí 8-9 (Tabulka 3).

Tabulka 3: Hodnoty pH na lokalitách

	pH		
	duben	srpen	září
Hejtman	7,4	8,9	8,5
Zámecký rybník	9,1	9,3	8,6
Šlajza	7,8	8,4	8,7
Medkovy rybníky	8,0	8,9	8,5
Hrubý rybník	7,7	9,5	8,6

1.2. Konduktivita vody

Hodnoty konduktivity vody měřených rybníků byly během vzorkovacího období na všech lokalitách velice nestabilní (Tabulka 4). Nejvyšší průměrná hodnota konduktivity ($757 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$) byla naměřena na Medkových rybnících, nejnižší naopak na lokalitě Zámecký rybník ($329 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$).

Tabulka 4: Hodnoty konduktivity na lokalitách

	Konduktivita [$\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$]		
	duben	srpen	září
Hejtman	305	367	410
Zámecký rybník	260	342	387
Šlajza	606	445	465
Medkovy rybníky	818	747	707
Hrubý rybník	780	319	708

7.1.2 Salinita vody

Stejně jako hodnoty konduktivity i hodnoty salinity byly velice nestabilní (Tabulka 5). Nejvyšší hodnota byla naměřena v létě 2014 na lokalitě Hrubý rybník a činila 597 ppm, naopak nejnižší hodnota salinity 124 ppm, byla naměřena na lokalitě Zámecký rybník.

Tabulka 5: Hodnoty salinity na lokalitách

	Salinita [ppm]		
	duben	srpen	září
Hejtman	151	193	212
Zámecký rybník	124	171	199
Šlajza	303	229	234
Medkovy rybníky	425	387	366
Hrubý rybník	405	597	369

7.2 Koncentrace vybraných iontů na studovaných lokalitách

7.2.1 Obsah fosforečnanů

Na všech lokalitách se během jarního a letního období pohyboval obsah fosforečnanů v desetinách mg/l^{-1} (Tabulka 6). Žáková (1980) ve své studii uvádí, že eutrofních vody jsou charakteristické obsahem fosforečnanů až v desetinách mg/l^{-1} fosforečnanů. Celkově nejvyšší hodnoty byly naměřeny na lokalitě Zámecký rybník a nejnižší na lokalitě Hejtman.

Tabulka 6: Hodnoty fosforečnanů na lokalitách

	Množství fosforečnanů [mg/l PO_4^3]		
	duben	srpen	září
Hejtman	0,40	0,28	1,40
Zámecký rybník	0,49	0,90	3,50
Šlajza	0,49	0,38	2,17
Medkovy rybníky	0,40	0,53	1,50
Hrubý rybník	0,62	0,25	1,10

7.2.2 Obsah dusičnanů

Množství rozpuštěného NO_3^- se na všech lokalitách během roku 2014 pohyboval v setinách, až jednotkách $\text{mg/l}^{-1}\text{NO}_3^-$ (Tabulka 7).

Tabulka 7: Hodnoty dusičnanů na lokalitách

Lokalita	Množství dusičnanů [mg/l NO_3^-]		
	duben	srpen	září
Hejtman	2,50	0,10	0,30
Zámecký rybník	1,00	0,14	0,04
Šlajza	0,56	0,22	1,87
Medkovy rybníky	0,90	0,12	0,28
Hrubý rybník	0,83	0,04	0,85

7.2.3 Obsah Amoniakálního dusíku

Během sledovaného období byly hodnoty amoniakálního dusíku velice nekonzistentní (tabulka 8). Průměrně nejnižší hodnoty byly naměřeny na lokalitě Medkovy rybníky ($0,9403 \text{ mg/l NH}_4^+$). Průměrně nejvyšší zastoupení amoniaku bylo naměřeno na lokalitě Zámecký rybník ($3,1903 \text{ mg/l NH}_4^+$).

Tabulka 8: Hodnoty amonného dusíku na lokalitách

Lokalita	Množství amoniaku [mg/l NH_4^+]		
	duben	srpen	září
Hejtman	3,464	1,592	1,151
Zámecký rybník	1,168	1,745	6,658
Šlajza	1,166	1,061	1,087
Medkovy rybníky	0,071	1,592	1,158
Hrubý rybník	1,026	4,449	3,071

7.3 Epifytické sinice na studovaných lokalitách

Rybník Hejtman (Tabulka 9) je z hlediska druhové diverzity epifytických sinic nejchudší. Po celý rok 2014 se zde vyskytovali zástupci rodu *Leptolyngbya*, *Pseudanabaena* a *Phormidium*. V nativním ani v kultivovaném vzorku nebyl přítomen ani jeden zástupce kokálních druhů.

Na lokalitě Zámecký rybník (Tabulka 10) se vyskytují běžní epifytičtí zástupci stojatých vod. Druhově nejvíce zastoupeným řádem na této lokalitě je řád *Oscillatoriales*, který zahrnuje 7 z 8 nalezených druhů. Velmi zajímavým objevem na této lokalitě je *Pseudophormidium* sp., jež je poměrně vzácným druhem.

Druhově nejvíce zastoupenou lokalitu představuje rybník Šlajza (Tabulka 11). Nalezené druhy sinic patří do řádů *Chroococcales* a *Oscillatoriales*. Druhy *Pseudanabaena catenata* a *Leptolyngbya borianum* se vyskytovaly ve všech vzorcích z roku 2014, zatímco druh *Leptolyngbya subtilis* se vyskytoval na jaře a v létě roku 2014 a druh *Geitlerinema pseudacutissimum* jen v podzimním odběru.

Lokalita Medkovy rybníky (Tabulka 12) taktéž obsahuje typické epifytické zástupce, patřící do řádů *Chroococcales* a *Oscillatoriales*. Tato lokalita je zároveň jedinou, kde byl nalezen *Chroococcus psediopsi*. Mezi zástupce sinic s kokální stélkou na této lokalitě řadíme druhy *Chroococcus psediopsi* a *Aphanocapsa* sp.

Největší diverzita rodu *Phormidiace* je na lokalitě Hrubý rybník (Tabulka 13). Zároveň je to jediná lokalita, kde jsem našel druhy *Phormidium interruptum* a *Phormidium amuenum*. Na lokalitě se celoročně vyskytoval druh *Pseudanabaena catenata*, během letních měsíců druh *Phormidium interruptum* a jen v podzimních měsících druh *Phormidium autumnale*.

7.4 Epifytické sinice na studovaných lokalitách

Tabulka 9: Seznam sinic nalezených na lokalitě Hejtman

Lokalita: Hejtman	Jaro 2014		Léto 2014		Podzim 2014	
Druh	Orobinec širokolistý (<i>Typha latifolia</i>)	Okřehek menší (<i>Lemna minor</i>)	Orobinec širokolistý (<i>Typha latifolia</i>)	Okřehek menší (<i>Lemna minor</i>)	Orobinec širokolistý (<i>Typha latifolia</i>)	Okřehek menší (<i>Lemna minor</i>)
<i>Leptolyngbya sp.</i>	+	+	-	+	-	+
<i>Leptolyngbya subnullis</i>	-	-	+	+	+	-
<i>Phormidium sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Planktothrix agardii</i>	-	+	-	+	-	+
<i>Pseudanabaena catenata</i> (hnědá forma)	-	-	-	-	+	-
<i>Pseudanabaena catenata</i> (zelená forma)	+	-	-	+	+	-

Tabulka 10: Seznam sinic nalezených na lokalitě Zámecký rybník

Lokalita: Zámecký rybník	Jaro 2014		Léto 2014		Podzim 2014	
Druh	Rákos obecný (<i>Phragmites australis</i>)	Žabí vlas (<i>Cladophora</i>)	Rákos obecný (<i>Phragmite australis</i>)	Kotvice plovoucí (<i>Trapanatans</i>)	Rákos obecný (<i>Phragmites australis</i>)	Kotvice plovoucí (<i>Trapa natans</i>)
<i>Geitlerinema amphibium</i>	-	-	+	-	+	-
<i>Leptolyngbya sp.</i>	+	-	+	-	+	-
<i>Mantellum commune</i>	-	+	-	+	-	+
<i>Phormidium sp.</i>	-	+	-	+	-	+
<i>Pleurocapsa sp.</i>	-	-	+	-	+	-
<i>Pseudanabaena catenata (zelená forma)</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Pseudanabaena galeata</i>	-	-	+	-	+	-
<i>Pseudophormidium sp.</i>	+	+	-	+	+	+

Tabulka 11: Seznam sinic nalezených na lokalitě Šlajza

Lokalita:Šlajza	Jaro 2014		Léto 2014		Podzim 2014	
Druh	Kosatec žlutý (<i>Iris pseudacorus</i>)	Okřehek menší (<i>Lemna minor</i>)	Kosatec žlutý (<i>Iris pseudacorus</i>)	Okřehek menší (<i>Lemna minor</i>)	Kosatec žlutý (<i>Iris pseudacorus</i>)	Okřehek menší (<i>Lemna minor</i>)
<i>Aphanocapsa</i> sp.	+	-	+	-	+	-
<i>Geitlerinema pseudacutissimum</i>	-	-	-	-	+	-
<i>Chroococcus psediopsis</i>	+	-	+	-	+	+
<i>Leptolyngbya boryanum</i>	+	-	+	+	+	+
<i>Leptolyngbya</i> sp.	-	+	-	+	-	-
<i>Leptolyngbya subtilis</i>	+	-	+	-	-	-
<i>Phormidium amuenum</i>	-	+	-	+	-	-
<i>Phormidium</i> sp.	-	+	-	-	-	+
<i>Pseudanabaena catenata</i> (zelená forma)	+	-	-	+	-	+
<i>Pseudanabaena galeata</i>	+	-	+	-	+	-

Tabulka 12: Seznam sinic nalezených na lokalitě Medkovy rybníky

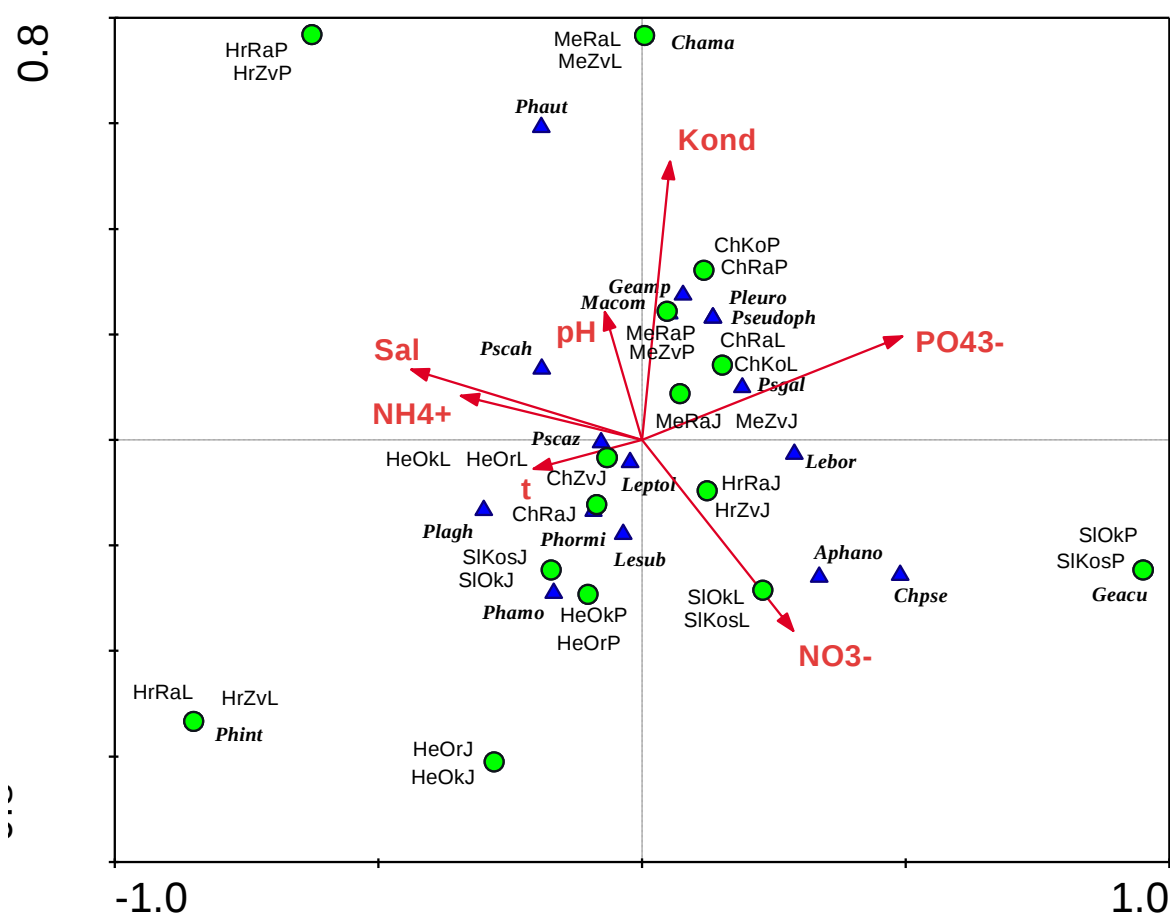
Lokalita: Medkovy rybníky	Jaro 2014		Léto 2014		Podzim 2014	
	Rákos obecný (<i>Phragmites australis</i>)	Žabí vlas (<i>Cladophora</i>)	Rákos obecný (<i>Phragmites australis</i>)	Žabí vlas (<i>Cladophora</i>)	Rákos obecný (<i>Phragmites australis</i>)	Žabí vlas (<i>Cladophora</i>)
<i>Geitlerinema amphibium</i>	+	+	+	-	+	-
<i>Chamaeasiphon sp.</i>	-	-	-	+	-	-
<i>Leptolyngbya boryanum</i>	-	+	-	+	-	+
<i>Leptolyngbya sp.</i>	+	+	+	-	+	-
<i>Mantellum commune</i>	-	+	-	+	-	+
<i>Phormidium autumnale</i>	-	-	+	-	+	-
<i>Pseudanabaena galeata</i>	-	-	-	+	-	+
<i>Pseudanabaena catenata</i> (hnědá forma)	+	-	+	-	+	-
<i>Pseudanabaena catenata</i> (zelená forma)	+	+	-	+	-	+

Tabulka 13: Seznam sinic nalezených na lokalitě Hrubý rybník

Lokalita: Hrubý rybník	Jaro 2014		Léto 2014		Podzim 2014	
	Rákos obecný (<i>Phragmites australis</i>)	Žabí vlas (<i>Cladophora</i>)	Rákos obecný (<i>Phragmites australis</i>)	Žabí vlas (<i>Cladophora</i>)	Rákos obecný (<i>Phragmites australis</i>)	Žabí vlas (<i>Cladophora</i>)
<i>Phormidium amuenum</i>	-	+	-	+	-	-
<i>Phormidium autumnale</i>	-	-	-	-	+	-
<i>Phormidium interruptum</i>	-	-	+	-	-	-
<i>Phormidium sp.</i>	+	-	+	-	+	-
<i>Planktothrix agardii</i>	+	-	+	-	+	-
<i>Pseudanabaena catenata</i> (hnědá forma)	-	+	-	+	-	+
<i>Pseudanabaena catenata</i> (zelená forma)	+	+	+	+	+	+

7.5 Statistické vyhodnocení získaných dat

Metodou mnohorozměrné analýzy CCA jsem testoval odezvu nalezených druhů epifytických sinic k měřeným fyzikálně chemickým parametrům vody. Nepodařilo se mi prokázat přímé ovlivnění distribuce studovaných druhů podél gradientů měřených proměnných ($F = 2.02$, $p = 0,69$, Obrázek 2). Metodou „Forward selection“ v rámci CCA analýzy jsem testoval vliv jednotlivých proměnných, kde jsem detekoval vliv dusičnanových iontů ($F = 1.18$, $p = 0.03$, Tabulka 14). Ostatní proměnné v rámci tohoto testu nevykazovaly žádné signifikantní odezvy.

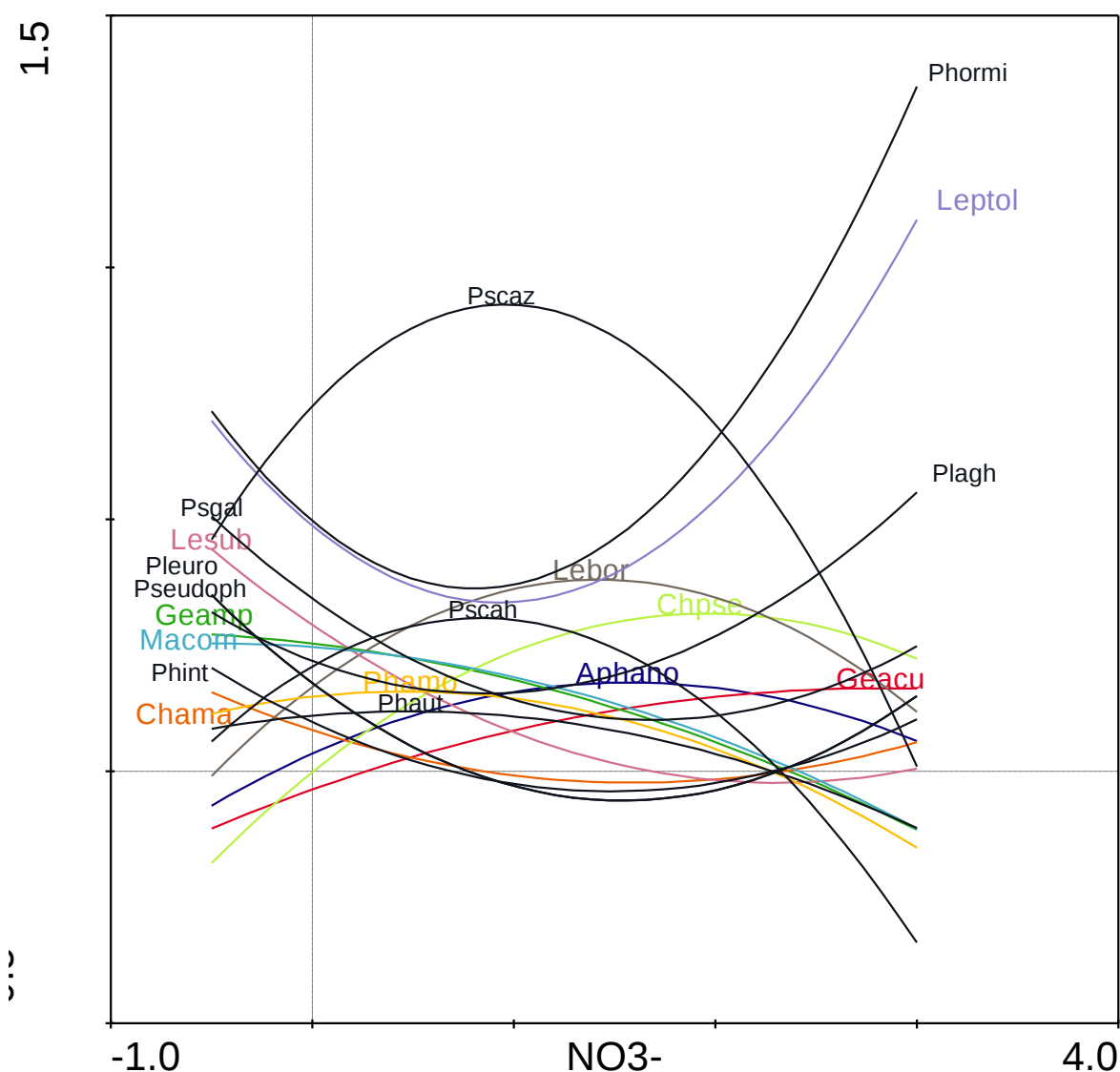


Obrázek2: Triplot diagram CCA analýzy: distribuce druhů podél gradientů hodnocených proměnných a mezi studovanými lokalitami.

Tabulka 14. Výsledky metody „Forward selection“ v CCA analýze.

MarginalEffects					ConditionalEffects			
Variable	Var.N	Lambda1	P	F	Var.N	LambdaA	P	F
Sal	2	0.22	1.00	1.80	2	0.22	1.000	1.80
Kond	1	0.18	0.91	1.47	1	0.18	0.064	1.54
PO43-	6	0.15	0.32	1.20	3	0.14	0.296	1.19
NO3-	5	0.14	0.03	1.13	5	0.14	0.030	1.18
NH4+	7	0.14	0.50	1.13	7	0.12	0.056	1.4
pH	3	0.08	0.73	0.67	6	0.14	0.058	1.23
t	4	0.06	0.95	0.51	4	0.13	0.150	1.11

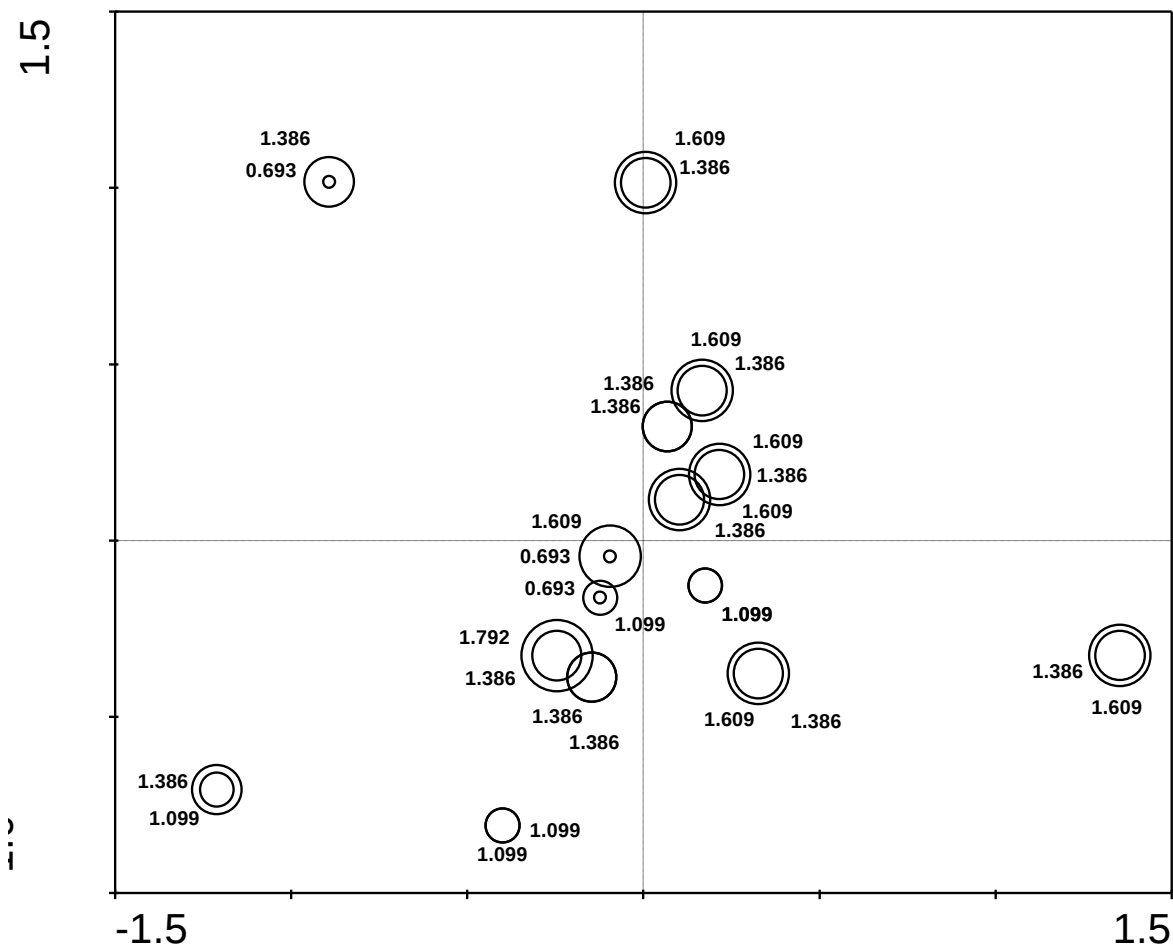
Programem CanocoDraw jsem provedl GLM modelování odezvy nalezených druhů ke gradientu dusičnanů (Obrázek 3). Výrazně pozitivní odezvy jsem zaznamenal u druhů *Planktothrix agardhii*, *Leptolyngya* sp. a *Phormidium* sp. Oba morfotypy *Pseudanabaena catenata* (zelená, hnědá) vykazovaly podobný průběh odezvy ke koncentraci dusičnanových iontů, přičemž zelený morfotyp měl odezvu intenzivnější. U řady druhů se zdál trend odezvy mírně negativní (např. *Chamaesiphon* sp., *Phormidium interruptum*, *Mantellum commune*, *Geitlerinema amphibium*, *Pseudophormidium* sp., *Pleurocapsa* sp., nebo *Pseudanabaena galeate*).



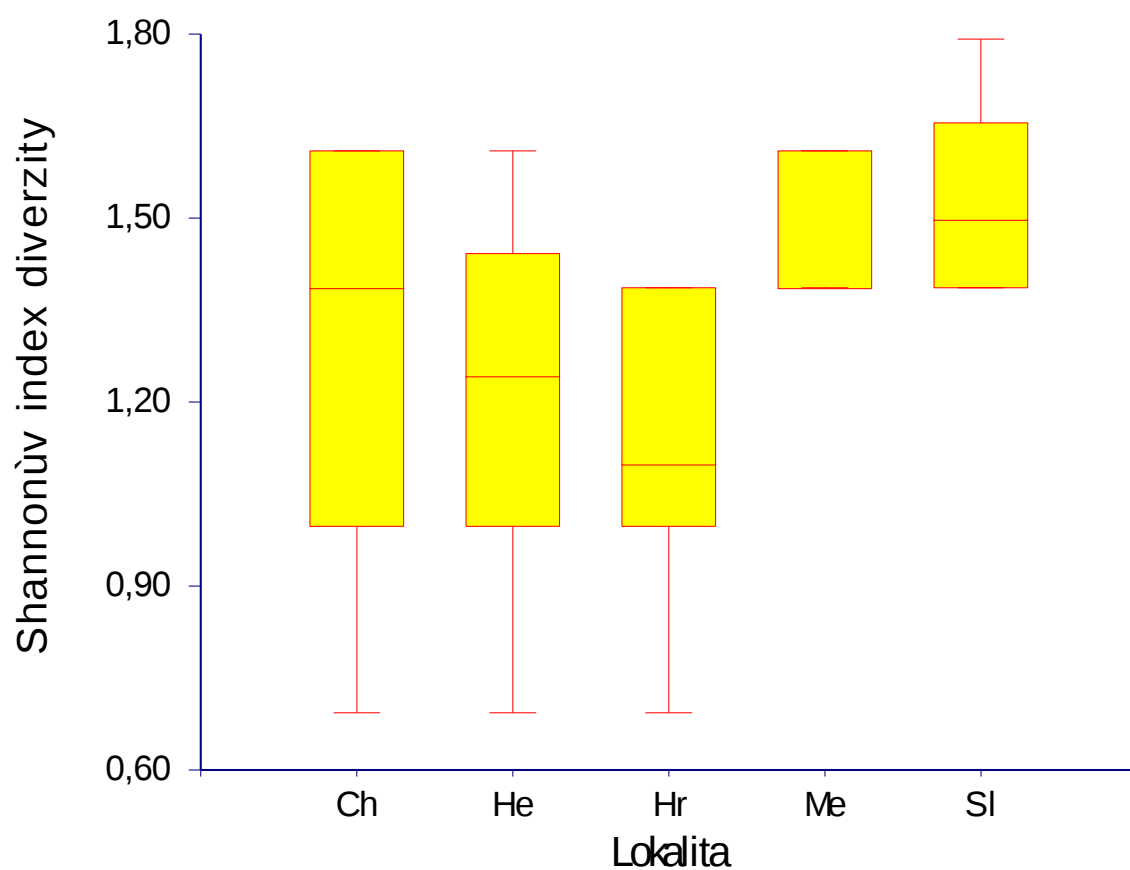
Obrázek 3: GLM analýza: odpověď druhů epifytických sinic k množství dusičnanových iontů.

Porovnání druhové diverzity mezi lokalitami

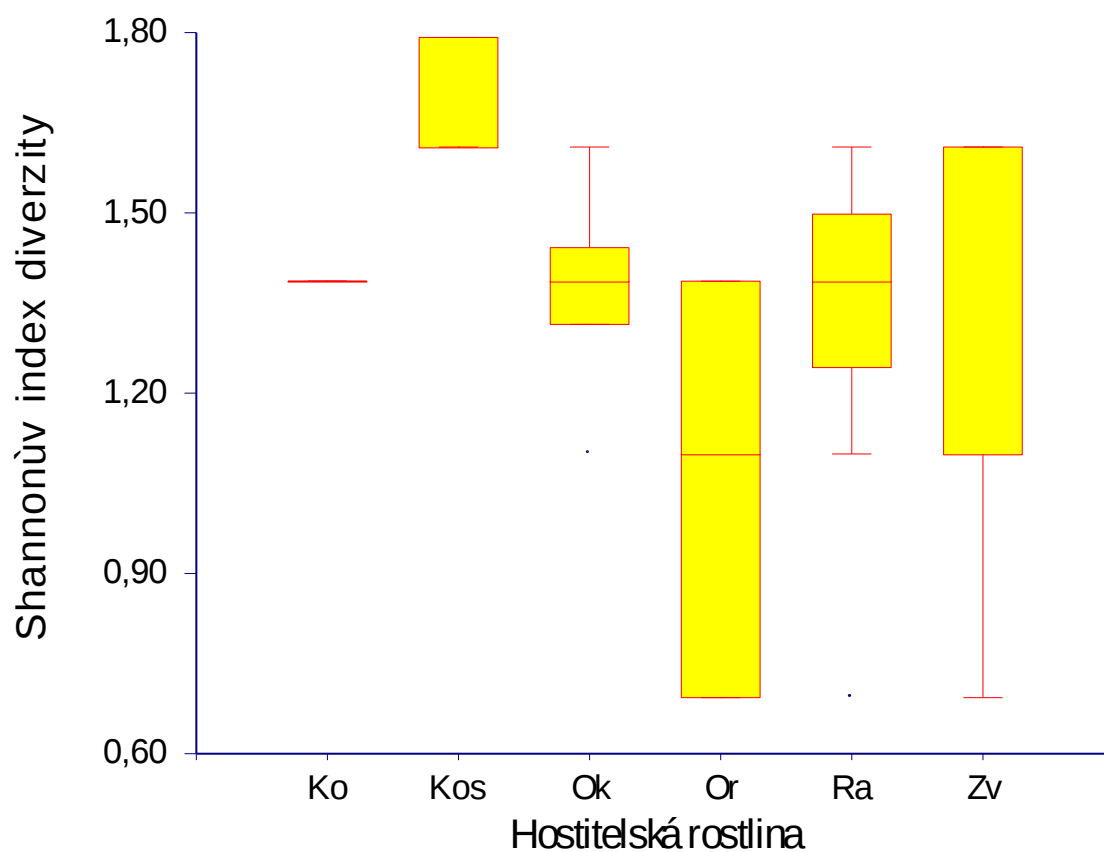
Následovně jsem programem CanocoDraw provedl výpočet a vizualizaci Shannonova indexu diverzity pro jednotlivé lokality a vzorkované hostitelské rostliny (Obrázek 4). Získaná data jsem následně testoval analýzou variance (ANOVA). Jak studované lokality, tak hostitelské rostliny vykazují podobně bohatá společenstva a rozdíly mezi nimi nejsou statisticky významné (Obrázek 5, 6).



Obrázek 4: Shannonův index diverzity (Canoco Draw). Velikost kruhu odpovídá velikosti indexu diverzity.



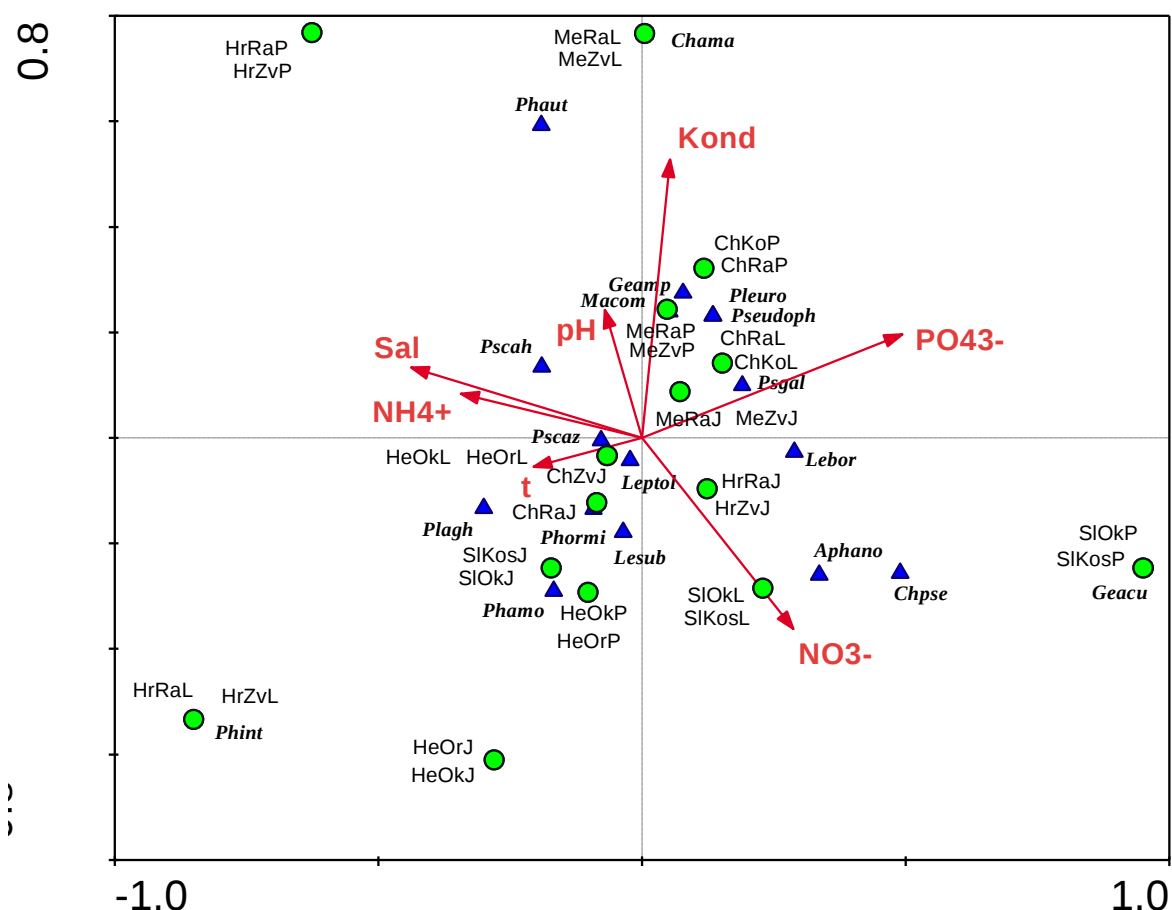
Obrázek 5: ANOVA, krabičkové diagramy: rozdíly v Shannonově indexu diverzity mezi studovanými lokalitami ($F = 2.54$, $p = 0.065$).



Obrázek 6: ANOVA, krabičkové diagramy: rozdíly v Shannonově indexu diverzity mezi hostitelskými rostlinami ($F = 1.88$, $p = 0.135$).

Preference epifytických sinic k fyzikálně-chemickým podmínkám prostředí

Z testu je patrné, že sinice vykazují různé trendy k fyzikálně-chemickým parametrům. Metodou mnohorozměrné analýzy CCA jsem testoval odezvu nalezených druhů epifytických sinic k měřeným fyzikálně chemickým parametrům vody. Nepodařilo se mi prokázat přímé ovlivnění distribuce studovaných druhů podél gradientů měřených proměnných ($F = 2.02$, $p = 0,69$, Obrázek 7). Metodou „Forward selection“ v rámci CCA analýzy jsem testoval vliv jednotlivých proměnných, kde jsem detekoval vliv dusičnanových iontů ($F = 1.18$, $p = 0.03$, Tabulka 14). Ostatní proměnné v rámci tohoto testu nevykazovaly žádné signifikantní odezvy.



Obrázek 7: Triplot diagram CCA analýzy: distribuce druhů podél gradientů hodnocených proměnných a mezi studovanými lokalitami.

8 Diskuse

Předmětem výzkumu bylo zjistit druhovou diverzitu epifytických sinic, provést fyzikálně-chemický rozbor na pěti mnou vybraných lokalitách v okolí města Kroměříže a Chropyně. Odběr vzorků probíhal v roce 2014 během tří odběrů v jarním, letním a podzimním období. Jelikož parametry vodního prostředí během dne kolísají, prováděl jsem odběry vždy v přibližně stejnou denní dobu.

Z výsledků konstatuji, že na všech sledovaných lokalitách bylo naměřeno zásadité pH (Tabulka 3), které je pro většinu druhů sinic nejvhodnější (Kalina & Váňa, 2005). V létě 2014 byly naměřené hodnoty pH nejvyšší, což je pravděpodobně dáno nejvyšší intenzitou slunečního záření a s ní spojenou nejvyšší biologickou aktivitou během roku. Při fotosyntéze se totiž spotřebovává CO_2 , který se jinak rozpouští na slabou H_2CO_3 , která snižuje pH vody. Na podzim roku 2014 byly naměřené hodnoty pH nižší, což koreluje s poklesem intenzity slunečního záření i biologické aktivity.

Konduktivita během zkoumaného období na lokalitách a kolísala v desítkách $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ (Tabulka 4). Opakovaně nejvyšší hodnoty byly naměřeny na Medkových rybnících, kde nejvyšší naměřená hodnota vodivosti byla $818 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ na jaře 2014. Celkově nejnižší vodivost byla $260 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ naměřena na lokalitě Zámecký rybník. Dle hodnot v tabulce 4 můžeme lokality rozdělit do dvou skupin. První skupina s tendencí k růstu konduktivity zahrnuje lokality Hejtman a Zámecký rybník, zatímco druhá skupina zahrnuje lokality Šlajza, Medkovy rybníky a Hrubý rybník vykazuje snižující se trend množství rozpuštěných látek.

Rozdíl mezi maximální a minimální zaznamenanou hodnotou teploty vody při jarním odběru byl $2,3^\circ\text{C}$, při letním $0,6^\circ\text{C}$ a podzimním odběru $0,7^\circ\text{C}$. Teplotní optimum pro růst sinic a řas je podle Pouličková (2011) 20°C , s čímž korelují i mé výsledky. Největší diverzita sinic byla v létě 2014, kdy teplota vody dosahovala průměrné hodnoty $23,54^\circ\text{C}$, poté na jaře 2014 ($17,6^\circ\text{C}$) a na podzim 2014 ($12,6^\circ\text{C}$) (Tabulka 2). Sinice však mohou růst za určitých podmínek již kolem 4°C (Round, 1961)

Během chemických rozboru jsem zaznamenal skokový nárůst některých chemických látek (Tabulka 6, 7, 8). Změny v koncentraci fosforečnanů, dusičnanů a amoniakálního dusíku v rybnících nemusí mít přirozený charakter. Rybníky jsou totiž uměle vytvořená vodní díla sloužící k chovu ryb a částečně k rekreaci. Změny v chemickém složení vody tak mohou být způsobeny nadměrným množstvím živin, které se do vodního prostředí dostávají splachem z polí nebo z komunálních vod, které jsou často bohaté na organické látky (Fott et. al 1980; Zavadil et al, 2011). Domnívám se, že toto je i důvod velkých výkyvů v koncentraci amoniaku a dusičnanů zaznamenaný v roce 2014 na lokalitách Hejtman a Zámecký rybník. Množství fosforečnanů bylo na všech lokalitách nejnižší v letním období. Podle Žáková (1980) je obsah fosforečnanů v povrchových vodách nejnižší právě v letním období z důvodu vegetačního maxima.

Determinace druhů prokázala, že se na všech lokalitách vyskytují běžní epifytici zástupci. Celkově jsem determinoval 18 epifytických druhů sinic z řádů Oscillatoriales a Chroococcales a 1 planktonní sinici z řádu Oscillatoriales. Při porovnání mých výsledků se studií Hašler et al. (2008) je patrné, že docházíme k několika podobným výsledkům. Hašler et al. zmiňují jako nejčastěji zastoupené rody: *Phormidium*, *Pseudanabaena* a *Leptolyngbya*, které patří i v mé práci k nejčastěji zastoupeným rodům. Nicméně Hašler et. al. dále zmiňují i další rody, jako *Komvophoron* a *Geitlerinema*, ty se ale v mých vzorcích nevyskytovaly vůbec, nebo jen minimálně. Významná je také zmínka o afinitě těchto druhů k vysoké konduktivitě (více než 500 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$) a k množství rozpuštěných dusíkatých látek ve vodním prostředí, která je z mých výsledků také patrná. Ve stejné studii je dále zmiňován nález druhu *Geitlerinema amphibium* na lokalitě Zámecký rybník v Chropyni, což jsem potvrdil jejím nálezem na stejné lokalitě. Kromě toho jsem stejný druh determinoval i na lokalitě Medkovy rybníky. Na rozdíl od lokality Zámecký rybník se tento druh vyskytoval na lokalitě Medkovy rybníky po celou dobu výzkumného období. Domnívám se, že tato skutečnost je zapříčiněna právě zmiňovaným množstvím rozpuštěných dusičnanů a vysoké konduktivitě, jež byla na lokalitě Medkovy rybníky celoročně vyšší. Druh *Pseudanabaena catenata* se podle mých výsledků vyskytuje na lokalitě Hejtman. Její přítomnost potvrzuje i Hašler et al. (2008). Zajímavá je přítomnost druh *Pleurocapsa* sp. na lokalitě Zámecký rybník. Podle Komárek (1956), zástupci rodu svou ekologií

spíše preferují kamenité substráty v oligotrofních horských potoků. Přítomnost druhů v nížinné stojaté vodě je sice možná, nicméně za předpokladu jeho nízké úživnosti.

Epifytické sinice jsem nasbíral na nantním, emerzním, nebo submerzním hostiteli. Analýza však neprokázala provázanost epifytických druhů sinic ke konkrétnímu druhu a typu rostliny ($F = 1.88$, $p = 0.135$). Tento výsledek je v rozporu s prací Young (1945), která uvádí, že druhová rozmanitost epifytických sinic závisí také na struktuře makrofyt, protože různá makrofyta podporují růst různých epifytických sinic. Nejisté výsledky mezi autory v rámci preference druhů na hostitelskou rostlinu mohou být způsobeny několika faktory. Jedním z nich je odlišná determinace epifytických druhů. Dalším a v současné době významným faktorem je existence druhových komplexů. Řada kryptických druhů je odlišná na základě ekologických a molekulárních znaků, které dřívější ekologické studie nemohly brát v úvahu.

9 Závěr

V této bakalářské práci jsem se zabýval studiem epifytického společenstva sinic. Stěžejním bodem této bakalářské práce je algologický průzkum pěti mnou vybraných lokalit na území okresu Kroměříže. Průzkum se zaměřuje výhradně na epifytické druhy sinic. Odběry jsem prováděl během tří ročních období a to od jara do podzimu roku 2014. Důležitou součástí práce bylo také seznámení se a osvojení si základních postupů práce, jak v chemické, tak v biologické části výzkumu, jakými jsou vzorkování, chemický rozbor, kultivace a determinace. V průběhu experimentu jsem zaznamenal rozdíly v druhovém zastoupení mezi nativními a kultivovanými vzorky, které byly nejspíše způsobeny změnou abiotických podmínek, či zvýšeným konkurenčním tlakem. Všechny determinované sinice, jsou běžnou součástí epifytonu stojatých vod české republiky, jedinou výjimku představuje *Planktothrix agardhii*, která je zástupcem planktonních druhů sinic. Mezi mnou izolované druhy patří například: *Geitlerinema amphibium*, *Mantellum commune*, *Pseudanabaena galeata* nebo *Phormidium autumnale*. Ve vzorcích nativních i kultivovaných jednoznačně převažovaly vláknité druhy sinic nad kokálními druhy. Na rozdíl od jiných autorů se mi nepodařil prokázat přímý vztah mezi epifytickými sinicemi a hostitelskými rostlinami.

10 Seznam použité literatury

Ambrožová, J. (2003). Aplikovaná a technická hydrobiologie.- Skriptum VŠCHT Praha: 226 pp.

Anagnostidis, K. & Komárek, J. (1985). Modern approach to the classification system of cyanophytes 1 – Introduction. – *Algological Studies* 38/39: 291-302.

Bellinger, E. G. & Sigee, D.C. (2010). Freshwater algae: identification and use as bioindicators. – Wiley-Blackwell, Hoboken, NJ., 271 pp.

Björk-Ramberg, S., and Ånell, C. (1985). Production and chlorophyll concentration of epipelagic and epilimnetic algae in fertilized and nonfertilized subarctic lakes. *Hydrobiologia* 126, 213-219.

Burkholder, J. M., and Coker, B. E. (1991). Response of periphyton communities to clay and phosphate loading in a shallow reservoir. *J. Phycol.* 27, 373-384.

Cattaneo, A. (1990). The effect of fetch on periphyton spatial variation. *Hydrobiologie* 206, 1-10.

Coufalík, J. (1983). Státní přírodní rezervace Chropýňský rybník. Zpravodaj Muzea Kroměřížska, 1983/1: 45-49.

Ducker, S. C., Knox, R. B. (1984). Epiphytism at the cellular level with special to algal epiphytes. In: Linskens, H. F., Heslop-Harrison, J (eds.) *Cellular inter-actions*. Encyclopedia of plant physiology, N. S., Vol. 17, Springer-Verlag, Berlin, p. 113-123.

Dvořák, P. , Pouličková, A. , Hašler, P. , Belli, M., Casamatta, D. A., a Papini, A. (2015): Species concepts and speciation factors in cyanobacteria, with connection to the problems of diversity and classification.- *Biodiversity and Conservation*, 24: 739–757.

Fairchild, G. W., and Sherman, J. W. (1990). Effects of liming on nutrient limitation of epilimnetic algae in an acidic lake. *Water, Air, Soil Pollut.* 52, 133-147.

Fairchild, G. W., and Sherman, J. W. (1992). Linkage between epilimnetic algal growth and water column nutrients in softwater lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49, 1641-1649.

Fairchild, G. W., and Sherman, J. W. (1993). Algal periphyton response to acidity and nutrients in softwater lakes: Lake comparison vs. Nutrient enrichment approaches. *J. North Am. Benthol. Soc.* 12, 157-167.

Fott, B. (1967). Sinice a řasy. – Academia, Praha, 517 pp.

Fott, J., Pechar, I., & Pražáková, M. (1980). Fish as a factor controlling water quality in ponds. – In: Barica, J. & Mur, L. R. (eds): *Hypertrophic Ecosystems*. – Developments in Hydrobiology 2: 255–261

- Fox, J. L., Olausen, T. O., and Olson, T. A. (1969). The ecology of periphyton in western Lake Superior. Res. Cent. Univ. Minn. 14, 1-97.
- Hansson, L. A. (1992). Factors regulating periphytic algal biomass. Limnol. Oceanogr. 33, 121-128.
- Hašler, P., Štěpánková, J., Špačková, J., Neustupa, J., Kitner, M., Hekera, P., Veselá, J., Burian, J., Pouličková, A. (2008). Epipelagic cyanobacteria and algae: a case study from Czech ponds. - Folia 8(2): 133–146.
- Hindák, F. (2008). Colour atlas of Cyanophytes. – 256 pp., Veda, Bratislava.
- Hoagland, K. D. (1983). Short-term standing crop and diversity of periphytic diatoms in a eutrophic reservoir. J. Phycol. 19, 30-38.
- Hoagland, K. D., and Peterson, C. G. (1990). Effects of light and wave disturbance on vertical zonation of attached microalgae in large reservoir. J. Phycol. 26, 450-457.
- Hrouzek P., Lukešová A. & Šimek M. (2004). Comparison of light and dark nitrogenase activity in selected soil cyanobacteria. Folia Microbiologica 49: 435-440.
- Hudon, C., and Bourget, E. (1983). The effect of light on the vertical structure of epibenthic algal communities. Bot. Mar. 26, 317-330.
- Charles, D. F. (1985). Relationship between surface sediment diatom assemblages and lakewater characteristics in Adirondack lakes. Ecology 66, 994-1011.
- Kaas, H. & Henriksen P. (2000). Saxitoxins (PSP toxins) in Danish Lakes. Wat. Res. 34: 2089-2097.
- Kairesalo, T. (1983). Dynamics of epiphytic communities on *Equisetum fluviatile* L.: Response to short-term variation in environmental conditions. In Periphyton of Freshwater Ecosystems (R. G. Wetzel, ed.), pp. 153-160. Dr. W. Junk Publisher, The Hague.
- Kajak, Z., Hillbricht-Ilkowska, A., and Pieczynska, E. (1972). The production processes in several Polish lakes, p.129-147. IN Z. Kajak and A. Hillbricht-Ilkowska [ed.] IBP-UNESCO Symposium. Productivity problems of fresh waters. PWN Polish Scientific Publishers, Warsaw, Krakow.
- Kalina, T. & Váňa, J. (2005). Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii. – 606 pp., Karolinu, Praha.
- Kalina, T. (1994). Systém a vývoj sinic a řas. – 165 pp., Karolinum, Praha.
- Kitting, Ch-L., Fly, B. & Morgan, D-M. (1984). Detection of inconspicuous epiphytic algae supporting food webs in seagrass meadows. – Oecologia 62(2): 145-149.
- Komárek, J. (1956). Nové hormogonální sinice. Preslia 28: 369 -379.

- Komárek, J. (2006). Cyanobacterial Taxonomy: Current Problems and Prospects for the Integration of Traditional and Molecular Approaches. – *Algae* 21(4): 349-375.
- Komárek, J., Anagnostidis, K. (1998). Cyanoprokaryota 1. Teil: Chroococcales. In: Ettl, H., Gärtner, G., Heynig, H., Mollenhauer, D. (eds.) *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 19/1, 548 pp. Gustav Fischer, Jena-Stuttgart-Lübeck-Ulm.
- Komárek, J., Anagnostidis, K. (2005). Cyanoprokaryota -2. Teil/ 2nd Part: Oscillatoriales. In: Büdel, B., Krienitz, L., Gärtner, G., Schagerl, M. (eds.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 19/2, Elsevier/Spektrum, Heidelberg, 759 pp.
- Loeb, S. L., and Reuter, J. E. (1981). The epilithic periphyton community: A five lake comparative study of community productivity, nitrogen metabolism and depth distribution of standing crop. *Verh.- Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.* 21, 346-352.
- Marks, J. C., and Lowe, R. L. (1993). Interactive effects of nutrient availability and light levels on the periphyton composition of a large oligotrophic lake. *Can J. Fish. Aquat. Sci.* 50, 1270-1278.
- Maršálek a kol. (1996). *Vodní květy sinic. Nádatio flos-aquae*. Brno. 142pp.
- Patočka J. (2001). The toxins of Cyanobacteria. *Acta Medica. Hradec Kralove.* 44: 69-75.
- Pillsbury, R. W., and Kingston, J. C. (1990). The pH-independent effect of aluminium on cultures of phytoplankton from an acidic Wisconsin lake. *Hydrobiologia* 194, 225-233.
- Pouličková, A. (2011). *Základy ekologie sinic a řas. – Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc*, 91 pp.
- Pouličková, A., Hašler, P., Lysáková, M. & Spears, B. (2008a). The ecology of freshwater epilithic algae: an update. – *Phycologia* 47(5): 437-450.
- Round, E-F. (1961). Studies on Bottom-Living Algae in Some of the English Lake District: Part V. The Seasonal Cycles of the Cyanophyceae. – *The Journal of Ecology* 49(1): 31-38.
- Shiavo, G., Matteoli, M., and Montecucco, C. (2000). Neurotoxins Affecting Neuroexocytosis. *Physiol. Rev.* Vol. 80, no. 2, pp.717–766.
- Sousa, W. P. (1984). The role of disturbance in natural communities. *Annual Reviews Ecol. Syst.* 15: 353-91.
- Tilman, D. (1982). *Resource Competition and Community Structure*. Monogr. Popul. Biol., No. 17. Princeton Univ. Press, Princeton, NJ.
- Wetzel, G-R. (1983). *Periphyton of freshwater ecosystems. – Dr W. Junk Publishers, Boston*, 339 pp.

Whitton, B. A. & Potts, M. (2002). Introduction to cyanobacteria. – In: Whitton, B. A. & Potts, M. (eds): The ecology of the cyanobacteria: their diversity in time and space: 1-11, Kluwer Academic Publishers, Boston.

Young, O. W. (1945). A limnological investigation of the periphyton in Douglas Lake, Michigan. Trans. Am. Microsc. Soc. 64, 1-20.

Žáková, Z. (1980). Trofický potenciál a jeho aplikace ve vodním hospodářství. VÚV Praha, Práce a studie 154, 154 pp.

Stevenson R. J., Bothwell M. L., Lowe R. L. (eds) (1996). Algal ecology. – Elsevier, Amsterdam, 753 pp.

Darley, W. M. (1982) Algal Biology: A Physiological Approach, Basic Biol. Vol. 9. Blackwell, Oxford.

ZAVADIL V., SÁDLO J., VOJAR J. (2011). Metodika AOPK ČR, Biotopy našich obojživelníků a jejich management, Praha, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 84, 90 s.

Internetové zdroje

Český úřad zeměměřičský a katastrální. Nahlížení do katastru nemovitostí. [online]. © 2004-2012. Praha. [cit. 15-04-2015]. Odkaz: <http://nahliznidokn.cuzk.cz/>.

Český úřad zeměměřičský a katastrální. Geoportál ČÚZK. Datové sady. [online]. © 2010. Praha. [cit. 15-04-2015]. Odkaz: <http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/>

Sagittaria - sdružení pro ochranu přírody střední Moravy. [online]. © 2011. Křelov. [cit. 10-04-2015]. Odkaz: <http://www.sagittaria.cz/cs/piskovny-hraza>

11 Seznam příloh:



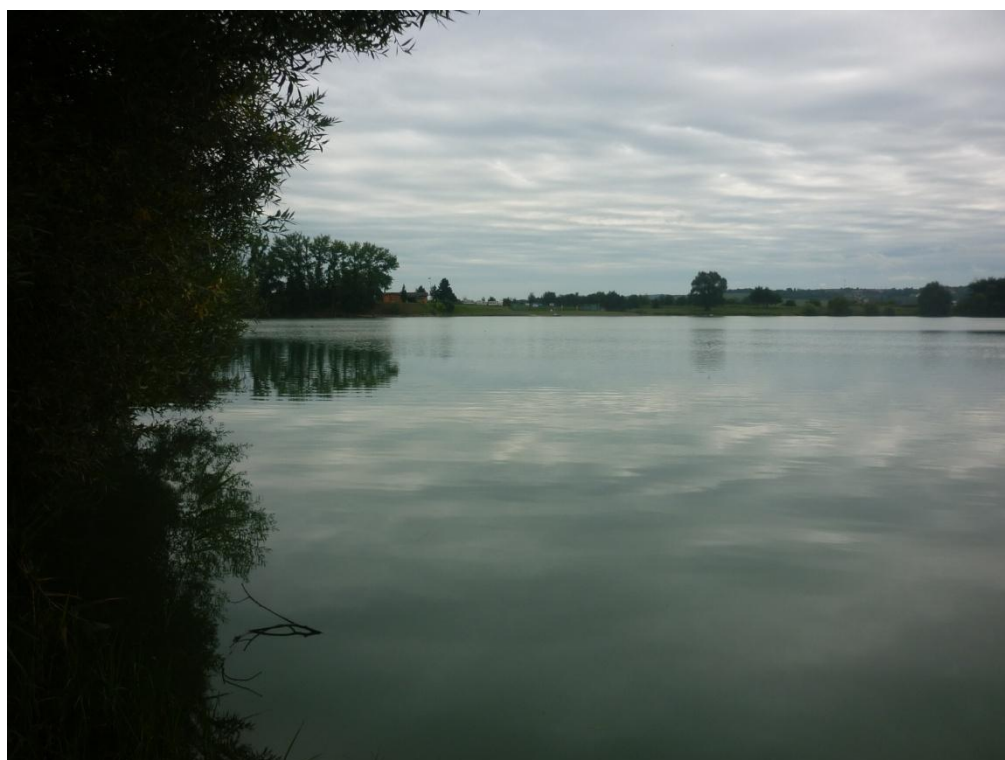
Příloha 1: Lokalita Hejtman. © Lukáš Blažek



Příloha 2: Lokalita Zámecký rybník. © Lukáš Blažek



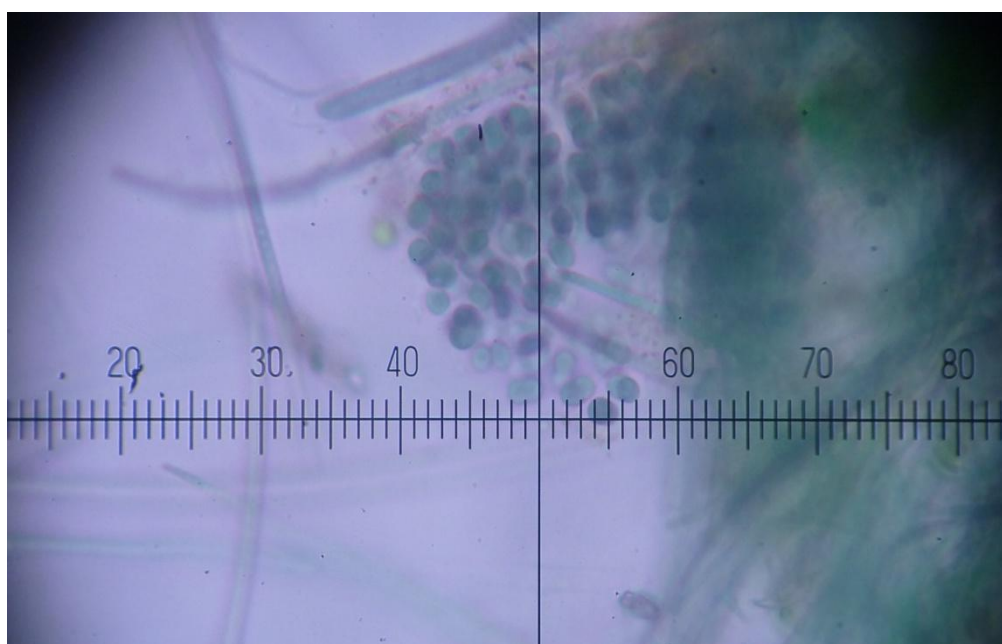
Příloha 3: Lokalita Šlajza. © Lukáš Blažek



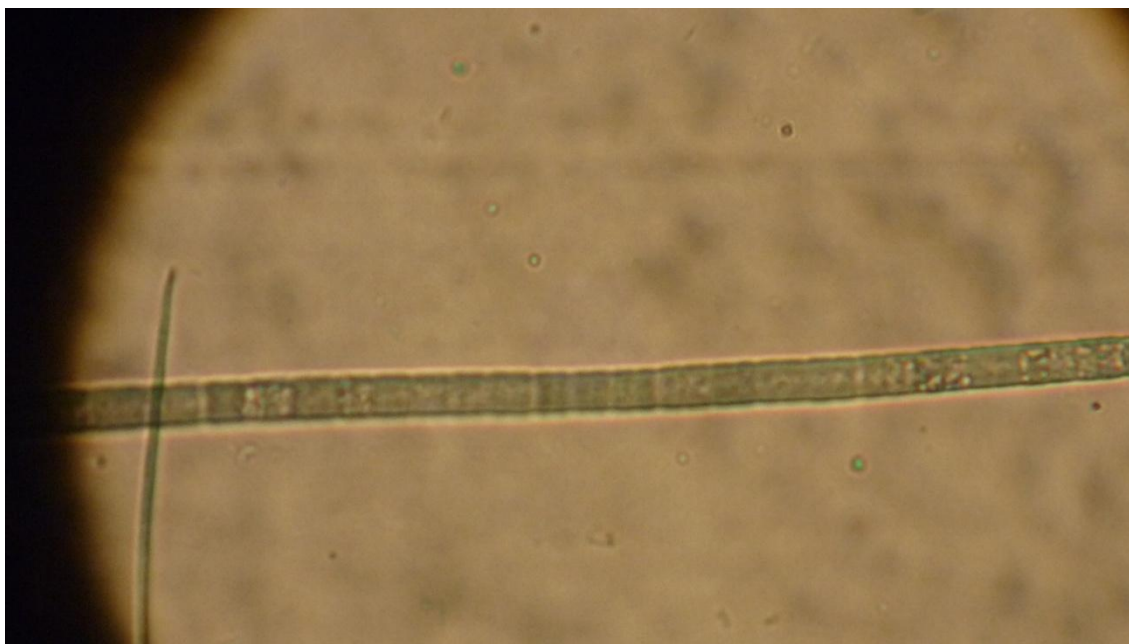
Příloha 4: Lokalita Hrubý rybník. © Lukáš Blažek



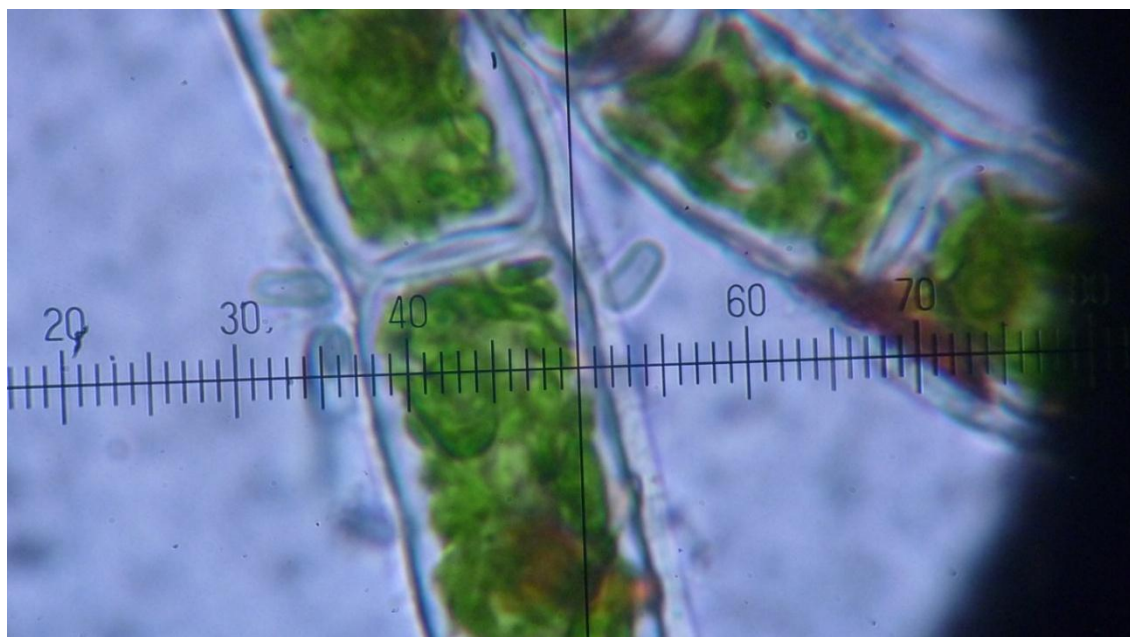
Příloha 5: Lokalita Medkovy rybníky. © Lukáš Blažek



Příloha 6: Rod *Aphanocapsa*. © Lukáš Blažek



Příloha 7: Rod *Phormidium*. © Lukáš Blažek



Příloha 8: Rod *Chamaesiphon*. © Lukáš Blažek