

Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci

Katedra botaniky



Epifytické sinice na Česko-Polském pomezí

Bakalářská práce

Veronika Michálková

Vedoucí bakalářské práce: doc. RNDr. Petr Hašler, Ph.D.

Olomouc 2016

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala sama pod vedením doc. RNDr. Petra Hašlera, Ph.D. a čerpala jsem pouze z uvedené odborné literatury.

V Olomouci dne:

Podpis:

Poděkování

Chtěla bych především poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce doc. RNDr. Petru Hašlerovi, Ph.D. za ochotu a cenné rady při práci v laboratoři a psaní bakalářské práce. Dále bych ráda poděkovala rodině a příteli za pomoc při sběru vzorků a podporu. Nemalé díky patří rovněž mé sestře, která mi pomohla s obrazovou částí této práce.

Bibliografická identifikace

Název práce:	Epifytické sinice na Česko-Polském pomezí
Jméno a příjmení:	Veronika Michálková
Typ práce:	Bakalářská
Pracoviště:	Katedra botaniky
Vedoucí práce:	doc. RNDr. Petr Hašler, Ph.D.
Rok obhajoby práce:	2016

Abstrakt:

Sinice patří mezi mikroskopické prokaryotní organismy vyskytující se všude kolem nás. Zvláštním typem jsou epifytické sinice rostoucí na rostlinných makrofytech nebo řasách, jimiž se předložená práce zabývá. Teoretická část popisuje ekologii epifytonu, jeho význam v přírodě, faktory ovlivňující epifyton a vzájemné vztahy s hostitelem. Praktická část této práce zahrnuje výsledky výzkumu epifytických sinic, které se vyskytovaly na devíti lokalitách česko-polského pomezí. Na všech lokalitách byly měřeny fyzikálně-chemické parametry vody a sbírány vzorky makroskopického rostlinného materiálu. Epifytické sinice byly zkoumány pomocí jejich morfologických znaků. Mezi nejvíce se vyskytující rody na těchto lokalitách patří rod *Pseudanabaena*, *Leibleinia*, *Heteroleibleinia*, nebo také rod *Geitleribactron*. Mohutná společenstva vytvářel také rod *Nostoc*.

Klíčová slova:	ekologie, epifytické sinice, determinace, diverzita
Počet stran:	57
Počet příloh:	18
Jazyk:	Čeština

Bibliographical identification

First name and surname: Veronika Michálková
Title: Epiphytic cyanobacteria on the Czech-Poland border
Type of thesis: Bachelor thesis
Department: Department of botany
Supervisor: doc. RNDr. Petr Hašler, Ph.D.
The year of presentation: 2016

Abstract:

Cyanobacteria belongs to the microscopic prokaryotic organisms that are occurring all around us. A particular type of cyanobacteria are epiphytic plants growing on macrophytes or algae and this presented essay describes them. The theoretical part explores the ecology of epiphyte, their importance in the nature, the factors affecting the epifyton and interaction with the host. The practical part includes the results of research the epiphytic cyanobacteria which occurred at the nine locations of Czech-Polish border. At all the sites were measured physico-chemical parameters of the water and collected samples of macroscopic plant's material. Epiphytic cyanobacteria were investigated by their morphological characters. Among the most abundant genera at these locations include the genus of *Pseudanabaena*, *Leibleinia*, *Heteroleibleinia*, or even *Geitleribactron*. Between a massive communities belongs also the genus *Nostoc*.

Keywords: ecology, epiphytic cyanobacteria, determination, diversity
Number of pages: 57
Number of appendices: 18
Language: Czech

Obsah	
1 ÚVOD	7
2 CÍLE PRÁCE	8
3 EPIFYTON	9
3.1 VÝZNAM V PŘÍRODĚ	9
3.2 DŮLEŽITÉ FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ EPIFYTON	12
3.2.1 ZDROJE	12
3.2.2 DISTURBANCE	13
3.3 INTERAKCE S HOSTITELSKOU ROSTLINOU	15
3.4 KONKURENCE	17
3.5 CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH RODŮ EPIFYTICKÝCH SINIC	18
4. MATERIÁL A METODY	22
4.1 SBĚR VZORKŮ	22
4.2 DETERMINACE	22
4.3 CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ	22
4.3.1 HLUČÍN.....	24
4.3.2 ŠILHEŘOVICE.....	24
4.3.3 BOHUMÍN.....	25
4.3.4 UCHYLSKO	25
5 VÝSLEDKY	27
5.1 FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ PARAMETRY VODY	27
5.1.1 POVRCHOVÁ TEPLOTA	27
5.1.2 pH.....	28
5.1.3 KONDUKTIVITA	29
5.2 VYHODNOCENÍ DRUHOVÉ DIVERZITY	31
5.2.1 DRUHOVÁ DIVERZITA NA ČESKÉM POMEZÍ.....	31
5.2.2 DRUHOVÁ DIVERZITA NA POLSKÉM POMEZÍ	34
6 DISKUZE	37
7 ZÁVĚR	40
8 LITERATURA	41
9 SEZNAM PŘÍLOH	46

1 ÚVOD

Sinice představují jednu z nejvýznamnějších skupin prokaryotních organismů. Jejich původ se datuje přibližně před 3,8 - 3 miliardami let, kdy se na planetě Zemi objevily známky kyslíkaté atmosféry (Pouličková 2011). Jedná se o fotosyntetizující prokaryota s vlastností syntetizovat chlorofyl-a. Vytvářejí jednobuněčné nebo vláknité stélky, které se mohou vyskytovat jednotlivě nebo také v koloniích. Jedná se tedy o kosmopolitní organismy. Nacházejí se ve vodním prostředí, půdě, nebo také na místech s extrémně nízkou, či vysokou teplotou, salinitou a pH (Kalina a Váňa 2005). Zkoumání ekosystému stojatých vod, například jezer, rybníků či mokřadů, se zaměřilo zejména na fytoplankton, jelikož jeho odběr je velice snadný. Významnou roli rovněž hrají epifytická společenstva sinic rostoucí na rostlinách či makroskopických řasách, kterými se tato práce bude nadále zabývat.

2 CÍLE PRÁCE

Tato bakalářská práce se zabývá studiem epifytických sinic na Česko-Polském pomezí, jejich ekologií a druhovou rozmanitostí. Cílem této práce je vytvořit literární rešerši na téma ekologie epifytonu se zaměřením na epifytické sinice. Dále vzorkovat epifyton na zvoleném území Česko-Polského pomezí a také měřit fyzikální parametry vody. Následně studovat druhovou bohatost epifytických sinic.

3 EPIFYTON

Mezi významné části fytoceenózy a zoocenózy litorálu patří i nárosty neboli perifyton. V mnoha jezerech litorálního pásma se vyskytují bohatá mikrobiální společenstva s vláknitými a jednobuněčnými řasami přítomnými na sedimentech, která jsou součástí perifytonu (Sigeo 2005). Perifyton je tvořen zelenými řasami, nálevníky, prvoky a dalšími organismy. Můžeme rozeznat několik typů perifytonu a to podle podkladu, na kterém se vyskytují. Epizoon na živočiších, epilithon na skalnatém podkladu, epixylon na dřevě a epifyton na rostlinách (Lellák a Kubíček 1991). Epifytické organismy rostou trvale na vodních substrátech, mezi něž patří nejčastěji cévnaté rostliny, mechorosty, nebo makrofytické řasy. Tyto druhy sinic nevykazují s uvedenými substráty parazitický vztah. Substrát je v tomto případě často metabolicky aktivní a epifytické interakce mohou být důležité z hlediska metabolické výměny a v neposlední řadě dostupnosti živin (Sigeo 2005). Na rozdíl od hlubokých jezer, mělké říční systémy mají typické rozsáhlé populace aktivně rostoucích řas na sedimentech a epifytické nárosty na makrofytech vyskytující se v planktonní fázi. Komunity perifytonu v jezerech jsou asociovány zejména s litorální zónou a jsou prostorově odděleny od hlavních vodních útvarů, které dominují fytoplanktonem (Sigeo 2005).

3.1 VÝZNAM V PŘÍRODĚ

Populace řas jsou považována zejména za součást fytoplanktonu. Zásadní význam mají ale rovněž bentické řasy, které přispívají k ekologii a primární produkci jezer. Platí to zejména v případě mělkých jezer, kde velká část dna má dostatek světla na podporu fotosyntézy a tvorby perifytonu (Sigeo 2005). Dokonce i v hlubokých jezerech, kde je plocha perifytonu omezena na litorální zónu, je zde role perifytonu značná (Stevenson et al. 1996).

Epifytické sinice a řasy tvoří významnou část vodní biocenózy a představují tak důležitý zdroj nejen potravy pro vodní živočichy a jiné organismy. Významnou roli v přírodě hraje symbióza s rostlinami. Již dlouho je známá přítomnost volně žijících a symbiotických sinic, například sinice rodu *Anabaena* s kapradinou *Azolla* v rýžovém poli. Zlepšuje jak růst, tak i výnos plodiny. Kapradina může být pěstována samostatně, zavedena do půdy ještě před zasetím rýže, nebo jako meziplodina vedle pěstované rýže. Pěstování kapradiny společně se sinicí může zvýšit produkci rýže až o 40%. Existují také určitá omezení používání *Azolly*. Jednak je její použití velice pracné a také na ni působí řada negativních

vnějších faktorů, mezi něž patří například vítr, činnost vln, nebo vysoká teplota. *Azolla* je také omezena dostupností fosforu, náchylná k houbovým chorobám a ovlivněna hmyzími škůdci. Při pěstování rýže se používají ve velké míře pesticidy, které mají rovněž velmi negativní dopad na přítomnost a funkci kapradiny *Azolla* (Peters et al. 1986).

Mimo kapradinu *Azolla* byla pozorována také sinice *Gloeotrichia pisum* na ponořených kořenech a stoncích hlubinné rýže (Whitton et al. 2002). Podobně také u rodů *Nostoc*, *Gloeotrichia*, *Anabaena*, *Calothrix* a *Cylindrospermum* bylo zjištěno, že jsou zodpovědné za fixaci dusíku spojenou s činností květů okřehků (Duong a Tiedje 1985). Znalost účinků epifytických sinic na jiných kulturních plodinách není dosud tak velká. Výzkum vlivu sinic na kulturní pšenici poskytl důkazy, že sinice jsou v interakci s kořeny pšenice a mohou tak stimulovat růst těchto rostlin (Spiller a Gunasekaran 1990). Některé rostliny získávají dusík díky fixaci této látky sinicemi. Tento účinek je závislý na specifické kombinaci kultivarů kmenů rostlin a sinic.

V dobře osvětleném prostředí, mikroskopické řasy tvoří největší část biomasy biofilmu a perifyton hraje důležitou roli v primární produkci. K vytvoření nové biomasy jsou anorganické živiny čerpány z vody, popřípadě k vytvoření biomasy mohou sloužit živé bakterie biofilmu (Azim et al. 2005). Současně fototrofní a heterotrofní aktivita vede k vnitřnímu koloběhu živin a látek (Battin et al. 2003), zvláště při vysokém nahromadění vrstvy biomasy. Toto nahromadění proto tvoří bohatý zdroj živin pro místní mikrofaunu, meiofaunu a makrofaunu (Schmid-Araya a Schmid 2000, Woodward a Hildrew 2002). Biofilmy hrají v důsledku zásadní roli v potravním řetězci jak řek, jezer, i pobřežních zón moří. Vzhledem k tomu, že biofilmy integrují vlivy podmínek po dlouhou dobu, jsou široce využívány pro účely biomonitoringu (Azim et al. 2005). Perifytické mikrořasy se tradičně používají pro bioindikaci vody například v závislosti na hodnotách pH, salinity, množství dusíkatých látek, konduktivity a mnoho dalších faktorů. Novější využití zahrnuje sledování anorganického obsahu živin. Přírodní biofilmy mají strukturální i funkční vlastnosti podobající se biofilmům používaných k čištění odpadních vod pro odstranění fosforu a dusíku, toxických sloučenin (Schwartz et al. 1998). Použití biofilmu jako bioindikátoru stavu vodních ekosystémů je podobné použití lišejníku jako ukazatele pro znečištění ovzduší (Wadleigh a Blake 1999), vodních mechů jako ukazatele kovů (Berlekamp et al. 1998), a obecně bezobratlých živočichů pro kvalitu vody (Krueger a Waters 1983). Současný výzkum se zaměřuje na klady a zápory používání perifytону jako monitorující nástroj v oblasti přírodních a řízených vodních ekosystémů.

Perifyton se také využívá jako receptor fyzikálních a chemických disturbancí. Vodní ekosystémy, ať už přírodní či utvářeny člověkem, jsou neustále vystavovány různým měnícím se přírodním podmínkám. Tyto změny se týkají nejčastěji obsahu živin v ekosystémech, pesticidů, okyselujících látek, patogenních mikroorganismů a také změn prostředí. Tyto změny se projevují ve fungování vodních organismů a tím i ve změnách morfologii mikrostanovišť. Mikroorganismy mají krátkou generační dobu a tak jsou vhodnými bioindikátory probíhajících změn ve vodním prostředí. Hodnoty pH vody jsou málokdy samostatnou příčinou disturbance. Vysoká hodnota pH je obvykle spojena s vysokou hladinou solí a živin. Nízká hodnota pH je zapříčiněna vysokým obsahem těžkých kovů, nebo vysoké hladiny sloučenin síry. Optimální pH pro vodní organismy je přibližně 6 až 8,5. Extrémní hodnoty pH upřednostňují omezený a úzce specializovaný počet organismů ve vodním společenstvu (Azim et al 2005). K monitorování pH se využívají řasy mikroskopických rozměrů. Zvýšený počet živin může způsobovat eutrofizaci, stimulovat primární produkci a to až na neudržitelnou úroveň ve vodních ekosystémech. Perifyton využívá k postavení vlastní biomasy dusík a fosfor přítomný ve vodě (Bothwell 1988).

Slizová pochva sinic a řas poskytuje zvýšený prostor pro upevnění organismů a pevný substrát pro řadu epifytických organismů, včetně bakterií, prvoků, hub a dalších řas. Sliz pro tyto organismy může také představovat médium, v němž se mohou pohyblivé epifytické organismy pohybovat a také poskytují v mnoha případech významný zdroj živin (Sigeo 2005).

3.2 DŮLEŽITÉ FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ EPIFYTON

Perifyton bývá ovlivněn jak biotickou, tak abiotickou řadou faktorů a to jak přímo, tak i nepřímo. Tyto faktory jsou velice úzce provázány a ovlivňují jak kvalitu, tak i kvantitu perifytonu stojatých vod (Stevenson et al. 1996). Můžeme je rozdělit na zdroje a disturbance.

3.2.1 ZDROJE

Organismy zdroje přímo využívají a spotřebovávají. Jsou důležité pro jejich růst a rozmnožování populací (Townsend et al. 2010). Mezi zdroje ovlivňující perifyton řadíme světlo, prostor a živiny, většinou se jedná o živiny anorganické. Zdroje se neustále spotřebovávají a jsou nezbytné pro společenstva ekosystémů, soutěž o ně může plnit významnou roli v jejich utváření.

Prostor se často nepovažuje jako zdroj, nicméně je limitující pro růst a je spotřební. Perifyton nacházející se v širokých, mělkých pobřežních zónách s dostatkem světla se zdá být prostorově omezený. Skoro každý vhodný substrát litorální zóny je pokryt řasou *Cladophora glomerata* (žabí vlas), sloužící jako podkladový prostor, a zvyšuje tak funkci litorálu až 2000x. Prostor se tedy jeví jako omezující faktor zejména v horní části litorálu (Stevenson et al. 1996).

Mezi živiny řadíme například kyslík, uhlík, dusík, fosfor, křemík, draslík, síru, vápník, železo, mangan, měď a několik stopových prvků. Hojnost živin hraje v ekosystémech stojatých vod významnou roli. Živiny ať už přímo či nepřímo určují množství, kvalitu a distribuci perifytonu. Živiny pocházejí z anorganických zdrojů přílivu, atmosférických depozic, nebo sedimentů. Více než s perifytonem je bez ohledu na zdroj vodní sloupec v těsném kontaktu s fytoplanktonem. Růst fytoplanktonu může způsobit zastínění, omezení světla perifytonu více, než omezení živin (Hansson 1992). Bylo také prokázáno, že mezi vodním sloupcem živin a biomasou řas je mnohem silnější vazba pro fytoplankton, než pro perifyton.

Dalším významným zdrojem je světlo, které je tlumeno s hloubkou ve vodním sloupci a zároveň je oslabeno hloubkou při vstupu perifytonu (Stevenson et al. 1966). V temperátních jezerech společenstva perifytonu přijímají světlo každý den, ale zaznamenávají velké sezónní výkyvy. V polárních jezerech se perifyton vyskytuje trvale pod ledem a přijímá světlo v šestiměsíčních periodách. Společenstva lentického perifytonu jsou často složité a vysoce strukturované, jsou složeny z autotrofních (řasy) a heterotrofních (bakterie) komponent (Sigeo

2005). Fytoplankton může aktivně, nebo také pasivně zaznamenat změny v hloubce, zatímco lentický perifyton zobrazí rozdíly osvětlení spíše ve struktuře společenstva a funkci podél hloubky gradientu. Útlum světla s hloubkou je silně ovlivněn nerozpuštěnými látkami, včetně fytoplanktonu. Mnoho vědců určilo světlo jako důležitou proměnnou ovlivňující složení společenstva perifytonu skrze hloubkový gradient. Například Marks a Lowe (1993) ovlivňovali intenzitu světla pomocí stínícího plátna v hloubce tří metrů litorální zóny oligotrofního jezera Flathead lake, nezaznamenali však žádné výrazné změny ve společenstvu perifytonu. Hudon a Bourget (1983) dospěli k závěru, že struktura společenstva perifytonu byla závislá na hloubce, ale také na intenzitě světla. Společenstva perifytonu tedy tlumí světlo samy o sobě velmi silně a v epifytických komunitách výrazně mění kvalitu dopadajícího světla dosaženého hostitelskou rostlinou.

3.2.2 DISTURBANCE

Jedná se o relativní pojem, neboť to, co by mohlo představovat disturbance v jedné populaci, může působit neutrálně, nebo pozitivně v populaci jiné. Mezi disturbance lentických perifytonů řadíme abiotické mechanické, abiotické chemické disturbance, mezi něž patří například turbulence, eroze, toxické chemické látky a jiné, a biotické disturbance, které představují pastvu a pohyb heterotrofních organismů (Stevenson et al. 1966).

3.2.2.1 ABIOTICKÉ, MECHANICKÉ

Bylo prokázáno, že vodní turbulence v jezerech, zvláště na vláknitých řasách a rozsivkách, mají pozitivní vztah s biomasou perifytonu (Cattaneo 1990). Společenstva perifytonu, která byla vyvinuta v relativně neturbulentních stanovištích a jsou poté vystavena vodním turbulencím, jsou ovlivněny ale nepříznivě. Hoagland (1983) se zabýval vlivem občasných bouří a s tím spojenému zvýšení turbulence na strukturu perifytonu v eutotrofní nádrži a zjistil, že diverzita perifytonu nebyla výrazně ovlivněna a starší společenstva ztratila mnohem více biomasy, než mladší společenstva.

3.2.2.2 ABIOTICKÉ, CHEMICKÉ

Tyto disturbance mají v přírodě většinou antropogenní charakter. Na perifytonu stojatých vod jsou chemické disturbance méně závažné a studované, než v lotických systémech. Má to za následek větší poměr substrátu jezera, a tedy jejich schopnost ředit množství chemických látek, které by mohly překročit toleranci perifytonu v lotických ekosystémech. Pravděpodobně nejvíce studovanými chemickými disturbancemi v jezerech je atmosférická depozice látek, která vede k okyselení těchto vodních ploch. Ve skutečnosti, obecný jev pozorovaný v okyselených jezerech byl pokles množství fytoplanktonu, což vede ke zvýšení pronikání světla a prohloubení fotické zóny, což vede ke zvýšení biomasy perifytonu (Stevenson et al. 1966).

3.2.2.3 BIOTICKÉ

Tato disturbance bývá spojena s aktivitou požíračů ve společenstvu perifytonu. Jejich rozsah v lentických ekosystémech je od velikosti prvoků až po několik decimetrů dlouhých ryb. Představují dopad na společenstva perifytonu a to jak směrem ke spotřebě buněk řas tak dislokací buněk ze substrátu (Stevenson et al. 1966). V některých případech je tato disturbance řízena sekundárně rybami, například v mezotrofních jezerech Spojených států amerických je struktura společenstva ovlivněna interakcemi rybami rodu slunečnice (*Lepomis*).

3.3 INTERAKCE S HOSTITELSKOU ROSTLINOU

Vliv substrátu na epifytické sinice a řasy je předmětem dlouholetého výzkumu. Podle způsobu kolonizace jednotlivých substrátů můžeme rozlišit jednotlivé typy sinic a řas. Jako haloepifyty můžeme označit taxony, které jsou zachyceny na vnějších vrstvách buněk rostlinného substrátu. Ostatní taxony patří mezi amfiepifyty, které své buňky ukotvují hluboko v rostlinných pletivech hostitele (Ducker a Knox, 1984).

Nejlépe studovaná asociace sinic jsou s rostlinami a ty nabízejí velký potenciál pro experimenty v systémech. Rostlinný substrát je kolonizován epifytickými sinicemi a řasami. Ty mohou kolonizovat různé typy rostlinného materiálu, včetně listů a stonků ponořených cévnatých rostlin, kořeny, dřevo, kůru, stélky vodních mechorostů, kapradin a také makrofytických řas (Stevenson et al. 1966). Přínos pro hostitele bývá ve většině případů zřejmý. V kombinované formě je metabolicky poskytován dusík, nebo občas uhlík. Výhody pro sinice jsou méně jasné. Často získávají uhlík z fotosyntetizujících hostitelů, ale jsou schopny fixovat uhlík i samy. Výhodu pro epifytické sinice představuje uzavřené prostředí poskytované hostitelem, které může společenstva těchto sinic chránit před vysokou intenzitou záření a následnému vysušování, nebo také před predací (Whitton et al. 2002). Přínosy pro epifyty byly referovány jako pozitivní, kde rostlinné kolonizace poskytují výnosy pro růst a přístup k druhému zdroji živin. Další interakce mohou být také negativní, kdy makrofyte soutěží s kolonizátory o zdroje živin, nebo přínos pro kolonizátory může být neutrální, kdy hostitel slouží epifytům jen jako místo pro jejich upevnění, nebo přispívá epifytům jen v minimálním množství živin (Cattaneo a Kalff, 1979). Jednobuněčné sinice rodu *Cyanothece* a *Synechococcus* jsou občas pozorovány jako epifyty uvnitř kolonií sinice rodu *Gomphosphaeria* (Sigeo 2005).

Významné interakce s epifytickými sinicemi tvoří také řasy. Řasy a sinice se vyskytují ve dvou hlavních růstových formách. První formu představují větší vláknité typy, zejména zelené řasy a sinice, které jsou pevně připojeny k sedimentu nebo k povrchu makrofyt a jsou tak rozšířeny do vodního prostředí (Sigeo 2005). Vlákna s hrubou celulózní buněčnou stěnou jako má například zelená řasa *Cladophora* nese složité společenství epifytů v eulitorální zóně. Přítomnost řasy *Cladophora* může několikanásobně zvýšit funkční plochu, čímž se vytváří prostor pro epifytická společenstva a také stanoviště pro mnoho mikroorganismů a nespočet bezobratlých živočichů (Stevenson et al, 1996). Další formu tvoří malé kokální typy, přítomné

na skalách (epilithon) nebo na řasách (periphyton). Tyto organismy zahrnují širokou škálu rozsivek, ale také sinic a několik druhů ruduch (Sigeo 2005).

U mechorostů jsou epifytické a endofytické asociace se sinicemi známy u játrovek, hlevíků i mechů. Primárně tyto asociace tvoří s rodem *Nostoc*. Asociace s mechy jsou většinou epifytické, výjimku tvoří rod *Sphagnum*, kde rod *Nostoc* zabírá hyalinní buňky a jeho funkce je neznámá. Sinice rodu *Hapalosiphon* jsou někdy také úzce spojeny s rašeliníkem (*Sphagnum*), tyto interakce však nebyly dosud dobře prozkoumány. Bylo navrženo, že ukládání do vyrovnávací paměti v hyalinních buňkách napomáhá rod *Nostoc* při hodnotách pH <5. Nicméně druhy fixující N₂ z rodu *Hapalosiphon* a *Tolypothrix* jsou často v kalužích s hodnotami pH tak nízkými, jako jsou 4,1 (Whitton et al. 2002).

3.4 KONKURENCE

Konkurence mezi jednotlivými organismy nebo společenstvy může nastat, pokud se organismus orientuje na stejné spotřební zdroje a zdroj je přítomen v omezeném množství. Za těchto podmínek spotřeba zdrojů jednoho organismu snižuje fitness ostatních organismů. Pokud dojde ke konkurenci mezi druhy, výsledkem je často snížení hustoty a možný zánik jedné, nebo více populací (Stevenson et al. 1966). Existují obšírné důkazy, které naznačují negativní interakce. Kompetice je důležitým faktorem určující druhovou skladbu v bentických společenstev řas. Populace řas mají schopnost se rychle rozmnožovat a tak představují bohatá společenstva ve vodním prostředí. Konkurence planktonních a bentických řas o světlo a živiny ukazuje podobnosti v interakci mezi fytoplanktonem a vyššími rostlinami neboli makrofyty. V obou případech primární producenti vykazují různé konkurenční vztahy, které mohou být zahrnuty v případě fytoplanktonu a perifytonu (Vadeboncoeur et al. 2003). Například útlum světla procházejícího přes fytoplankton omezuje produktivitu perifytonu.

Tyto interakce mohou vézt k různým společenstvím bentických a pelagických řas v podmínkách, ve kterých se mění světlo a živiny, což vede k inverznímu vztahu mezi vývojem populací v obou skupinách organismů. Eutrofizace může vézt ke zvýšení biomasy fytoplanktonu s kompenzačním poklesem úrovně perifytonu. Tento přechod byl pozorován v mělkých, oligotrofních jezerech Grónska (Vadeboncoeur et al. 2003). Změna produktivity byla doprovázena odpovídajícím posunem od perifytonu k fytoplanktonu, o čemž svědčí stabilní uhlíkové izotopové analýzy. Ačkoliv bentická a pelagická stanoviště byla energeticky spojena prostřednictvím potravinové sítě, eutrofizace byla odstraněna primární produkcí bentických společenstev (Sigeo 2005).

3.5 CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH RODŮ EPIFYTICKÝCH SINIC

Epifytické sinice představují významnou část celosvětové diverzity sinic. Vyskytují se na všech kontinentech a ve všech světových oceánech. V životním prostředí České republiky se vyskytují jak ve stojatých, tak tekoucích vodách všech typů trofické úrovně, geologického podloží a hospodářsky využívaných nebo nevyužívaných vod. V rámci tohoto přehledu charakteristik epifytických sinic se soustředí na nejvýznamnější rody a zejména ty, které jsem přímo pozorovala ve svých vzorcích.

Calothrix

Tento rod zahrnuje pouze perifytické druhy sinic rostoucí na vodních rostlinách, nebo jiných řasách, kamenech, dřevě a to zejména ve znečištěných biotopech. Vlákňité druhy jsou bazální části připojené k podkladu a vrcholové části sestávající ze skupin buněk oddělených od sebe, zřídka s bočními filamenty. Vlákna se nacházejí vždy na bazální části, heterocyty jsou polokulovité, nebo kulovité, občas interkalární, válcovité. Na interkalárních heterocytech se trichomy někdy dělí a rozpadají se. Vlákna jsou občas rozšířena v bazální části a zúžena na vrcholové části, někdy až do tvorby vlasovitých konců. Tvorba vláken je závislá na metabolismu fosforu. Slizovitá pochva je přítomna vždy, je pevná a někdy na koncích rozšířena. Buňky jsou válcovité. Aerotopy u vegetativních buněk chybí, ale občas se vyskytují u hormogonií. Akinety jsou známy jen u některých druhů a to v bazální části. Dělení buněk je kolmo k podélné ose vláken. Rozmnožují se pomocí hormogonií, které se oddělují od vláken.

Geitleribactron

Jedná se o druhy rostoucí na vodních rostlinách a vláknitých řasách v oblastech mírného pásu. Buňky jsou spojeny s podkladem jedním koncem a to samostatně, nebo ve skupinách. Buňky jsou vejčité, nebo oválné, později válcovité, tyčinkovité a na vrcholu zaokrouhlené. Na bázi jsou lehce zúžené, připojeny k podkladu slizovitou podložkou bez pochvy. Obsah buněk je homogenní, většinou mají šedo-modrou, zelenou, nebo olivově zelenou barvu. Tento rod je charakteristický příčným dělením buněk kolmo k delší ose buněk, asymetricky ve své horní části. Apikální dceřiné buňky se oddělují a přisedají jedním koncem opět na substrát.

Heteroleibleinia

Všechny druhy tohoto rodu jsou známy z vodního prostředí, kde rostou připojeny k různým substrátům, například na rostlinách, řasách, dřevě nebo kamenech. Vyskytují

se ve sladkých, ale i mořských biotopech. Jsou známy z oblastí celého světa, nicméně některé druhy jsou známy jen z určitých lokalit. Jedná se o vláknité typy. Vlákna se vyskytují jednotlivě, nebo ve skupinách, spojené jedním koncem k substrátu. Apikální konec je volný, otevřený a bezbarvý. Vlákna jsou tenká, do 4 μm široká a poměrně rovná, nebo mírně zakřivená. Zřídka se nepravidelně větví po rozdělení vláken mezi dvěma vegetativními buňkami. Buňky jsou kratší a delší, než širší a válcovité. Buňky jsou na konci zaoblené, bez aerotopů. Heterocyty i akinety se u tohoto rodu nevyskytují.

Homoeothrix

Všechny druhy jsou známy ze submerzních biotopů. Většina druhů roste na kamenech, nebo na rostlinách v tekoucích, méně ve stojatých vodách. Jedná se o vláknité druhy. Vlákna se vyskytují jednotlivě, nebo ve skupinách, heteropolární, spojené jedním koncem k substrátu. Apikální konec je volný, vzpřímený, nebo se nepravidelně vlní, obklopený pevným tenkým pláštěm, na vrcholu otevřeným. Vlákna jsou na bázi až 15 μm široká, jednoduchá a poměrně rovná, směrem k vrcholu se vlákna zužují. Vzácně se vyskytuje jedno boční vlákno, po rozdělení v nekrotických buňkách nebo mezi dvěma vegetativními buňkami. Buňky jsou kratší, než širší, zřídka delší před buněčným dělením. Obvykle jsou světle modrozeleně, olivově zelené, zřídka modrozeleně zbarveny. Chybí aerotopy, heterocyty i akinety.

Chamaesiphon

Tento rod zahrnuje pouze sladkovodní druhy rostoucí na vodních rostlinách, řasách a kamenech, na kterých způsobují barevné skvrny. Jsou charakteristické především pro společenstva perifytických řas horských potoků, ale rod se vyskytuje po celém světě. Buňky jsou heteropolární, mírně, nebo výrazně protáhlé. Bazální částí jsou pomocí malé slizovité podložky připojeny k substrátu. Buňky jsou kulovité, kyjovité, nebo válcovité, na vrcholu zaoblené. Kolem buněk se vytváří slizovitá pochva, která se při dělení na vrcholu otevírá. Obsah buněk je šedý, modro-zelený, narůžovělý, obvykle jemně zrnitý.

Leibleinia

Většina druhů těchto sinic roste epifyticky na jiných vláknitých řasách a vodních rostlinách. Jsou známy jak sladkovodní, tak i mořské druhy. Jedná se o vláknité typy sinic, vzácně spolu zapletené, vlnící se a nepravidelně spirálovitě stočené. Obvykle se omotávají okolo jiné vláknité sinice, nebo řasy a připojí se k ní pevným, tenkým pláštěm obsahující

vlákna. Velmi zřídka se větví. Vlákna jsou dlouze protažená s cylindrickými buňkami, někdy je pozorována modifikace buněk v apikální části, nezúžená nebo zúžená na příčných stěnách, nikoliv oslabena. Buňky jsou izodiametrické, kratší, nebo zřetelně delší, válcovité a na koncích sudovité. Chybí aerotopy. Buňky mají šedavou barvu, modro-zelenou, nebo jsou nažloutlé a na koncích jsou zaoblené. Heterocyty i akinety chybí. Buňky se symetricky dělí a dorůstají do původní velikosti před dalším dělením.

Nostoc

Tento rod je rozšířen ve sladkovodních biotopech. Jedná se o epipelické, epilittické a epifytické druhy, které se vyskytují v čistých vodách, rybnících, či tůních. Mohou růst v půdách a na jejím povrchu. Některé druhy jsou důležité ve vodních biotopech pro svoji schopnost fixovat dusík. Mají makroskopickou, nebo mikroskopickou stélku, amorfního, nebo kulovitého tvaru. Vyskytují se jednotlivě, nebo mohou vytvářet kolonie. Vlákna jsou nepravidelně stočená a volně, nebo hustě nahloučená. Mají výrazný slizovitý povrch viditelný na okrajích kolonií. Vlákna mají stejnou šířku po celé délce, apikální buňky se morfologicky od ostatních buněk neliší. Buňky jsou cylindrické, soudečkovité nebo kulovité. Akinety i heterocyty jsou úřitomny. Tento rod má specifický životní cyklus, během něhož vytváří několik fází. Buňky se dělí do kříže. Rozmnožují se pohyblivými hormogoniemi, které jsou odlišné od vláken rozpadem na heterocyty, rozpadem stélky a akinety.

Phormidium

Zřídka vytváří solitérní vlákna, obvykle na různých terestrických nebo vodních substrátech. Například na půdách, vlhkých skalách, bahně, vodních rostlinách, kamenech, ve stojatých i tekoucích vodách, ale také v mořích. Některé druhy se vyskytují na extrémních lokalitách, jako jsou termální prameny, nebo pouště. Jedná se o vláknité, nerozvětvené druhy sinic, vyskytující se pohromadě, zřídka osamoceně. Zprvu jsou mikroskopické, později mají až několik centimetrů v průměru. Osidlují různé substráty. Vlákna jsou poměrně přímá, svinutá nebo vlnitá, nikdy se nevětví. Buňky jsou válcovité, mírně sudovité, kratší než delší, oslabeny na apikální části. Vlákna jsou pohyblivá. Aerotopy jsou přítomny pouze v ojedinělých podmínkách. Buňky jsou modrozelené, vzácně nahnědlé nebo narůžovělé. Buňky se dělí příčně, kolmo k podélné ose vláken.

Pseudanabaena

Jedná se o planktonní, volně žijící nebo bentické druhy oligotrofních, mezotrofních až eutrofních vod. Vlákna jsou samostatná, nebo v malých shlucích, rovná nebo mírně obloukovitě zahnutá, nejsou příliš dlouhá a nevětví se. Buňky jsou soudečkovité, protáhlé, někdy izodiametrické s výrazným zúžením na příčných stěnách. Konce vláken nebývají zúžené, ale apikální buňky jsou někdy kuželovité. Buňky jsou vždy delší než širší, bez aerotopů. Konce buněk jsou válcovité a zaoblené, kuželovité nebo špičaté. Dělení buněk probíhá kolmo k delší ose vláken. Buňky před dalším dělením dorůstají původních rozměrů a tvarů.

4. MATERIÁL A METODY

4.1 SBĚR VZORKŮ

Od jara do podzimu, celkem pětkrát během roku 2015, byly na vybraných devíti lokalitách Česko-Polského pomezí odebírány vzorky ekologického materiálu, který byl bohatě porostlý řasami a sinicemi. Jednalo se nejčastěji o zelenou řasu žabí vlas (*Cladophora glomerata*), deskovku (*Mougeotia*), nebo rákos obecný (*Phragmites australis*). Jednotlivé vzorky rostlin, jakožto i vizuální stav dané lokality, byly pro názornost při každém sběru fotograficky zaznamenány (viz příloha). Vzorky rostlin a řas byly odebrány do dobře uzavřených a popsaných odběrových lahvíček. V den odběru jsem také naměřila fyzikálně-chemické parametry, mezi něž patří teplota, pH a konduktivita vody, teplota a pH vody pomocí pH metru 330/SET-2 a konduktivita pomocí konduktometru Gryf 106L1. Vzorky byly mikroskopovány ihned následující den po odběru.

4.2 DETERMINACE

Nasbírané vzorky byly zkoumány na základě jejich morfologických znaků, jako jsou základní rozeznání typu stélky, morfologická variabilita buněk (délka, šířka, tvar), dělení buněk či výskyt pochvy. Determinaci jsem prováděla pomocí mikroskopu Olympus CH20, CHX21. Vzorky byly postupně vyfotografovány digitálním fotoaparátem typu Panasonic DMC-FS10 EP-S (viz příloha) a následně determinovány pomocí odborné literatury Komárek a Anagnostidis 1998, Komárek a Anagnostidis 2005.

4.3 CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ

Pro tuto práci bylo zvoleno celkem 9 lokalit na Česko-Polském pomezí (Viz Obr 1.). Toto území je tvořeno třemi geomorfologickými jednotkami. Největší část je součástí provincie Středoevropská nížina, soustavy Středopolské nížiny, oblasti Slezská nížina, celku Opavská pahorkatina a také podcelku Hlučínská pahorkatina. Tato poloha má obrovský vliv na druhovou diverzitu flóry a fauny na tomto území. Území má charakter převážně mírně zvlněné pahorkatiny, která byla ovlivněna činností ledovce a má tedy typické oblé tvary reliéfu. Kromě ledovce se na modelování krajiny podílela i činnost vodních toků a větrů. Velký význam

mají na této ploše nivy řek s meandry a slepými rameny. Přirozený tvar těchto ramen byl často napřímen a pozměněn při regulacích toků (Koutecká 2004).

Vodstvo má zde malý spád, toky jsou schopny tvořit bohaté meandry, proto musí být regulovány. Převážná část toků je upravena pomocí kamene či betonu, jsou vytvořeny vysoké jezy a tvoří tak velké překážky pro migraci živočichů. Největší vodní plochy zde představují zatopené štěrkovny. Rybníky jsou na tomto území menší rozlohy, které slouží především k chovu ryb. Často mají tyto vodní plochy redukované litorální pásmo, vytváří mělké vodní plochy, kde se vyskytují rákosiny a roste zde spousta vodních rostlin. Na území jsou časté podzemní vody, které jsou využívány jako pitná voda pro zdejší obyvatelstvo (Koutecká 2004).

Oblast patří mezi mírně teplé oblasti dle Quitta. Charakteristické je mírně teplé až teplé podnebí se zvýšenou kontinentalitou. Jeseníky vytváří srážkový stín a odráží se to také na zdejším klimatu. Průměrné roční teploty jsou okolo 8 °C a úhrny srážek zde činí přibližně 640 mm (Culek 1996).

Největší zastoupení půd mají luvizemní hnědozemě na sprašových hlínách méně jsou přítomny hnědozemě sprašových hlín a primární pseudogleje a pseudoglejové luvizemě. Niva Opavy a Odry zaujímá z velké části glejové fluvizemě a u zamořených ploch jsou typické gleje a močálové půdy. Na okrajích nivy se vyskytují organozemě (Culek 1996).

Všechny lokality mají charakter stojatých vod, sloužící k rybolovu, rekreaci, nebo plní pouze ekologickou funkci. První lokalita, Hlučínské jezero, se nachází v městě Hlučín. Díky štěrkovitému dnu je voda v jezeře čistá a jezero tedy slouží hlavně k rekreaci. Na okraji jezera se vyskytoval zejména rákos obecný (*Phragmites australis*). Další dvě lokality se nacházejí ve vesnici Šilheřovice, která se nachází na severovýchodní hranici České republiky s Polskem. Evelinino jezero a Podzámecký rybník byly uměle vybudovány za doby barona Rotchilda v průběhu 19. století. Pozdámecký rybník slouží k rybolovu a Evelinino jezero, nacházející se uprostřed zámeckého parku, plní pouze dekorační prvek v rámci tamního golfového hřiště. Další lokalita se nachází také na hranici s Polskem, za městem Bohumínem. Malé Kališovo jezero přírodního charakteru plní funkci rybolovu. Jezero je obklopeno širokým spektrem rostlin, keřů a stromů. Poslední oblastí je Uchylsko, ležící cca 10km od Česko-Polské hranice. Jsou zde uměle vybudovány rybníky sloužící zejména k rybolovu (Plaček a Plačková 2006).

4.3.1 HLUČÍN

Mezi městy Ostravou a Opavou se rozkládá oblast Hlučínsko, která je ohraničena řekou Odrou, Opavou a státní česko-Polskou hranicí. Město Hlučín se rozprostírá na 2113 ha a obývá ho okolo 15 000 obyvatel. Protéká zde řeka Opava, kde byl původní meandrující tok napřímen a tok se tak reguloval. Mezi další přírodní lokality patří zalesněné svahy, tzv. Vinná hora a také Bobrovnícký les, který se nachází na okraji Hlučina poblíž obce Bobrovníky. V potoce Jásenka je výskyt mokřadů s vzácnými druhy rostlin i živočichů, jako jsou například vachta trojlistá, nebo prstnatec májový. Vyskytují se zde také tři památné stromy. Nachází se zde Hlučínské jezero (Obr 1. - 1), které má rekreační význam, ale také význam ornitologický (Koutecká 2004). Jezero má rozlohu cca 132 ha s maximální hloubkou 4 metry. Obklopeno je štěrkovými plážemi a bohatým porostem okolní vegetace, nejčastěji v zastoupení rákosu obecného. Dno jezera je štěrkovitého charakteru mající pozvolný spád.

4.3.2 ŠILHEŘOVICE

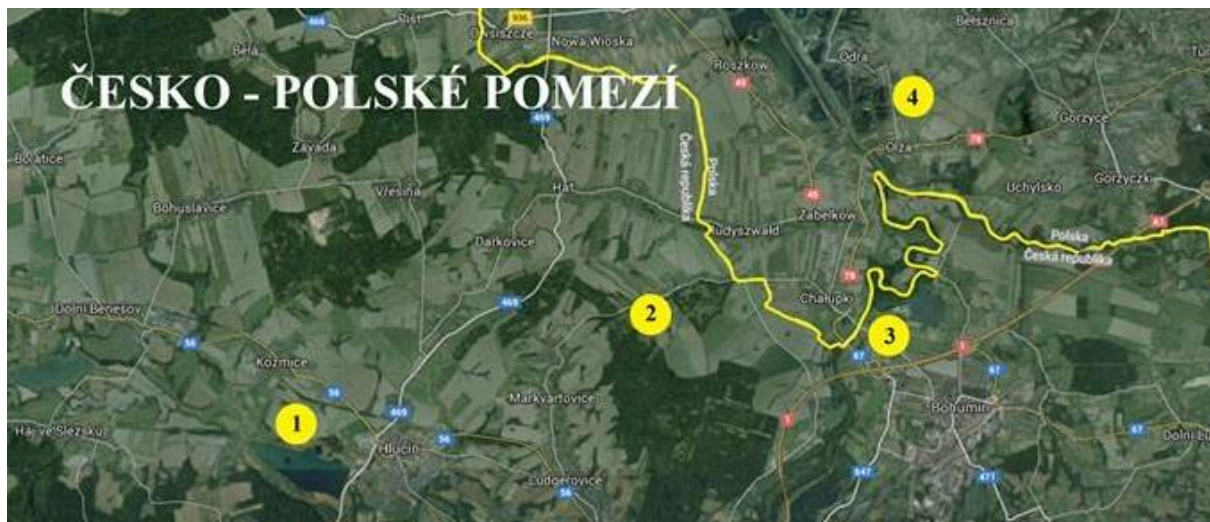
Obec Šilheřovice se nachází na česko-polské hranici. Rozloha obce činí okolo 2160 ha a počet obyvatel je okolo 1592. Sousedí s obcemi Markvartovice, Antošovice, Hat' a také s polskou obcí Chalupki. Obec obklopuje z jedné strany rozsáhlý les, který má rozlohu téměř tisíc hektarů. V tomto lese se nachází bažantnice a také přírodní rezervace Černý les I. o rozloze 8,04 ha a Černý les II. o rozloze 7,69 ha (Plaček a Plačková 2006). Jedná se o bukový les pralesovým charakterem (Kubačka 2006). Svůj domov zde mají také dva druhy vzácných brouků z čeledi střevlíkovitých (Plaček a Plačková 2006). Součástí obce je také zámecký park, vybudovaný již za vlády barona Rotschilda roku 1836. Park se vyvíjel postupně, byly zde založeny tři uměle vytvořené vodní plochy, mezi které se řadí Evelinino jezero (Obr 1. - 2b), Podzámecký rybník (Obr 1. - 2a) a jezero u Loveckého zámečku. V Evelinině jezeře se hojně vyskytuje okřehek menší (*Lemna minor*), který převažuje nad ostatními populaci na vodní hladině. V současné době se zde rovněž nachází golfové hřiště (Plaček a Plačková 2006). V zámeckém parku roste několik významných dřevin, například jedle nádherná, platan javorolistý, borovice vejmutovka, jedle kavkazská, jedlovec kanadský, tis dvouřadý a mnoho dalších (Kubačka 2006).

4.3.3 BOHUMÍN

Město Bohumín se nachází na hranici s Polskem, v severní části Moravskoslezského kraje. Rozloha města činí přibližně 3 109 ha a vyskytuje se zde okolo 22 000 obyvatel. Toto město se rozkládá na soutoku řeky Odry a Olše. V meandrujících částech řeky Odry se vyskytuje mnoho druhů živočichů. Můžeme zde potkat například bobry, vydry, ale také ledňáčky. Oblast „Meandry dolní Odry“ byla vyhlášena chráněnou přírodní památkou díky své významné flóře a fauně. Mezi městskými částmi Starý Bohumín a Bohumín-Šunychl se nachází přírodní vodní nádrže Kališovo jezero o rozloze cca 50 ha. Jedná se o šterkovnu, z níž se pravidelně těží šterk, proto je zde voda čistá i za teplého počasí v létě. Na jedné straně je vytvořena také přírodní pláž, která slouží k rekreaci. Vedle Kališova jezera se nachází Malé Kališovo jezero o rozloze cca 5 ha (Obr 1. - 3). Toto jezero o daleko menší rozloze slouží k rekreaci, nebo rybolovu. Jezero má hloubku přibližně 5 metrů a je obklopeno převážně listnatými stromy (Jakubczyk 2011).

4.3.4 UCHYLSKO

Tato vesnice, nacházející se na polském pomezí, se rozkládá v úrodném údolí řeky Olše. Spadá pod územní celek Gorzyce a čítá okolo 340 obyvatel. V této oblasti se nachází seskupení uměle vytvořených vodních nádrží (Obr 1. - 4 a-d)), které slouží především k rybolovu, ale plní také rekreační funkci. Vodní plochy mají rozlohu cca 50 ha, vzdálenost mezi jednotlivými plochami je cca 300-500 metrů. Dna těchto nádrží nedosahují velké hloubky, jen okolo dvou metrů. V teplých měsících se ve vodě tvořily masivní chomáčovité populace ve vodě i na hladině, které představovaly vhodný substrát pro růst epifytických společenstev (příloha 12. - 16.). Břehy těchto nádrží obklopují četné porosty rákosu obecného (*Phragmites australis*), které rovněž tvoří vhodný substrát pro epifyty. V blízkosti rostou převážně listnaté stromy. Mezi nejběžnější živočichy vyskytující se na těchto lokalitách patří škeble rybníční a často se vyskytující labuť velká (Jakubczyk 2011).



České pomezí

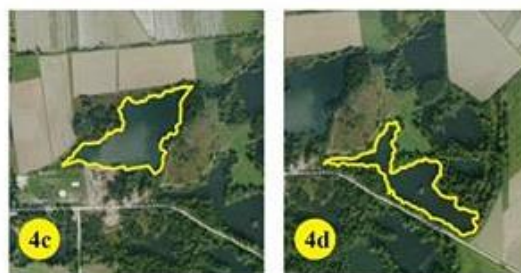
Polské pomezí



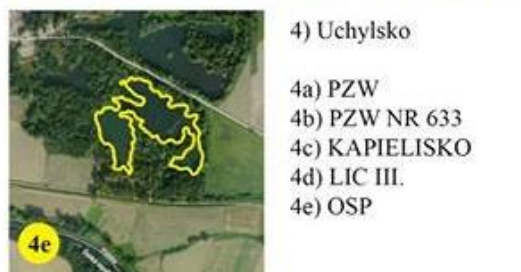
1) Hlučínské jezero



2a) Podzámecký rybník
2b) Evelinino jezero



3) Malé Kalošovo jezero



4) Uchylsko

- 4a) PZW
- 4b) PZW NR 633
- 4c) KAPIELISKO
- 4d) LIC III.
- 4e) OSP

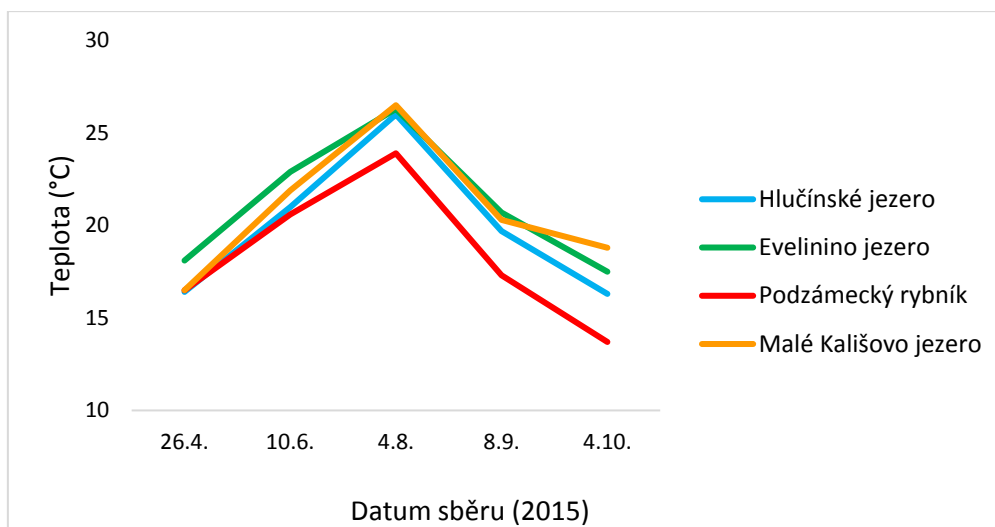
Obr 1. Mapa lokalit na Česko-Polském pomezí (zdroj www.google.cz/maps)

5 VÝSLEDKY

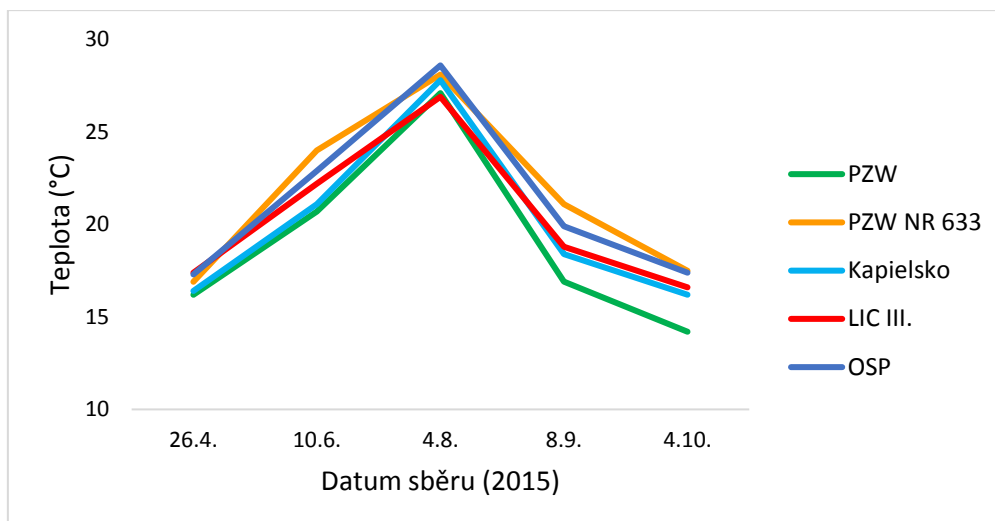
5.1 FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ PARAMETRY VODY

5.1.1 POVRCHOVÁ TEPLOTA

Na konci dubna se naměřené teploty na Českém pomezí pohybovaly v rozmezí 16-18 °C, v červnu se začaly zvyšovat k 22 °C. Nejvyšších hodnot bylo naměřeno na začátku srpna, kdy teplota vody dosahovala 23-26 °C. V následujících měsících, září a říjnu, hodnoty postupně klesaly až k 13-16 °C. Naměřené hodnoty se extrémně nelišily (Graf 1a.). Na Polském pomezí se hodnoty naměřených hodnot také extrémně nelišily. Na konci dubna byly mezi 16-17 °C, v červnu se pohybovaly okolo 20-24 °C a nejvyšších hodnot dosáhly v srpnu, kdy bylo naměřeno 27-29 °C. V září a říjnu hodnoty obdobně jako na Českém pomezí klesaly a nejnižších hodnot dosáhly v říjnu, kdy bylo naměřeno okolo 14-17 °C (Graf 1b.).



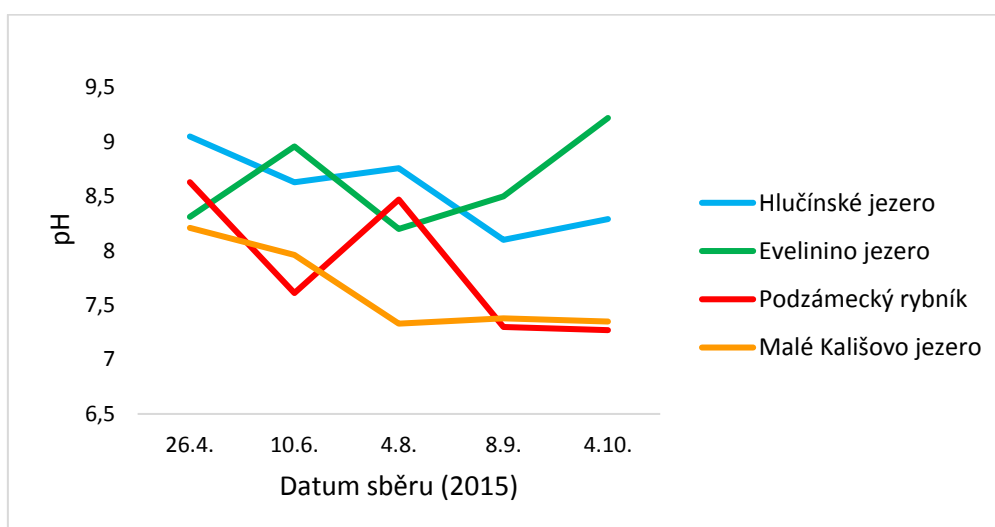
Graf 1a. Hodnoty teploty stojatých vod na českém pomezí



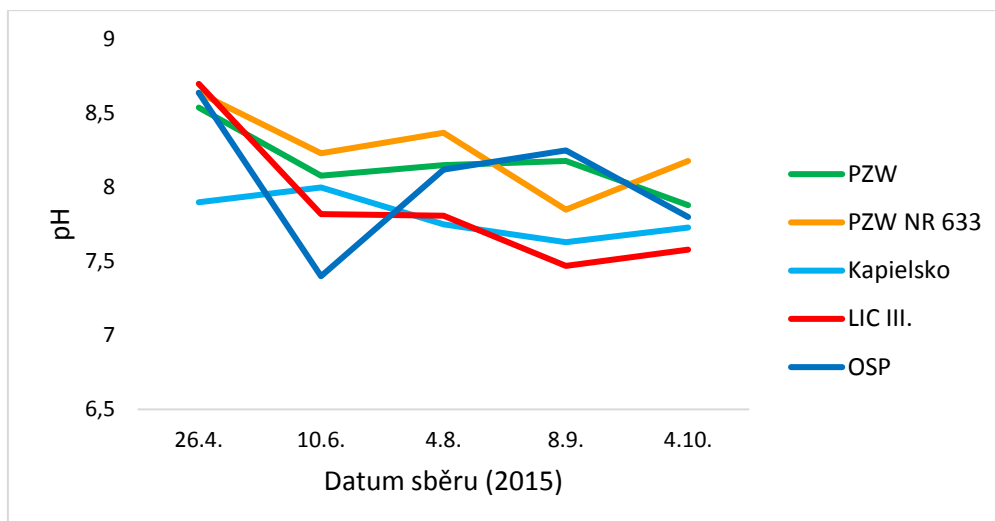
Graf 1b. Hodnoty teploty stojatých vod na polském pomezí (Uchylsko)

5.1.2 pH

Na všech lokalitách bylo naměřeno vyšší pH než 7, což představuje ideální prostředí pro výskyt sinic. Na českém pomezí bylo v průměru největší pH v Evelinině jezeře (9,22, září), nejnižší naopak v Podzámeckém rybníce (Graf 2a.). Na polském pomezí bylo v průměru největší pH v rybníku PZW 8,254 a nejnižší 7,802 v rybníce Kapielsko. Nejvyšší hodnota byla naměřena v dubnu v rybnících PZW a OSP 8,64. Nejnižší hodnota byla naměřena v rybníce PZW a to 7,40 (Graf 2b.).



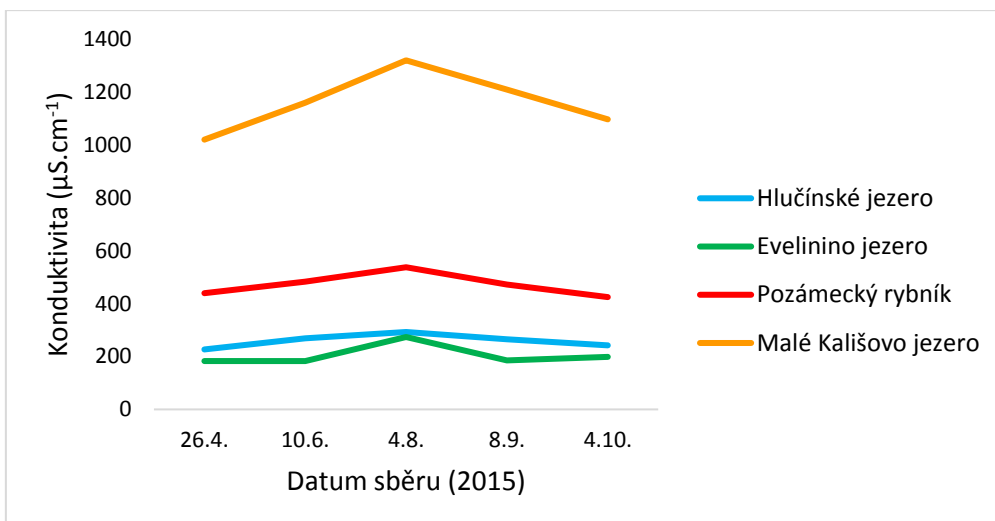
Graf 2a. Hodnoty pH stojatých vod na českém pomezí



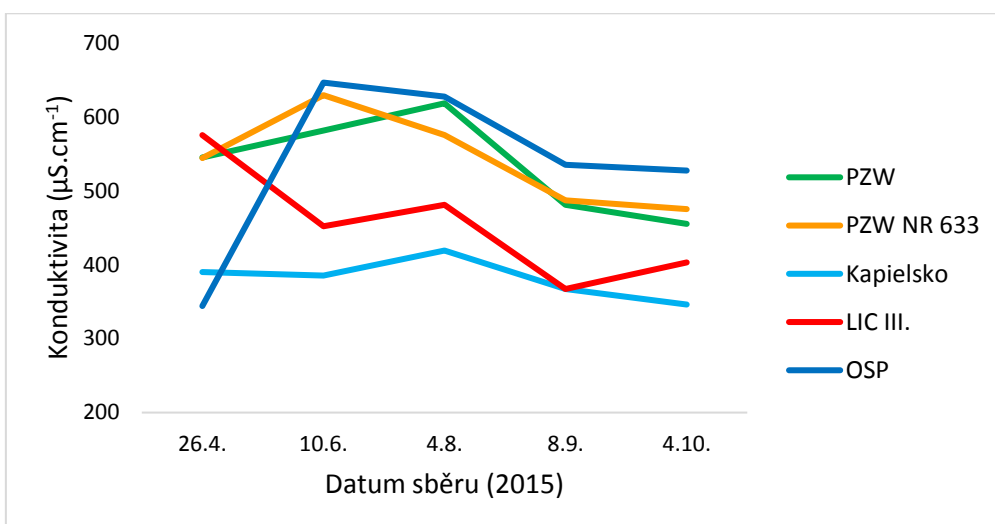
Graf 2b. Hodnoty pH stojatých vod na polském pomezí

5.1.3 KONDUKTIVITA

Hodnoty konduktivity na českém pomezí byly relativně stálé oproti polskému pomezí. Na českém pomezí nejvyšších hodnot dosahovalo Malé Kališovo jezero, kde nejvyšší naměřená hodnota byla $1321 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ v měsíci srpnu a nejnižší hodnota byla naměřena v Evelinině jezeře v měsíci červnu a to $183 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Jednotlivé hodnoty jsou zaznamenány v grafu 3a. Na polském pomezí hodnoty konduktivity v jednotlivých měsících značně kolísaly, což můžeme pozorovat v grafu 3b. Nejvyšší hodnota byla na tomto území naměřena v rybníce PZW v měsíci červnu, hodnota činila $646 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Nejnižší hodnota konduktivity na tomto území byla naměřena v rybníce OSP v červnu, $344 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.



Graf 3a. Hodnoty konduktivity stojatých vod na českém pomezí



Graf 3b. Hodnoty konduktivity stojatých vod na polském pomezí

5.2 VYHODNOCENÍ DRUHOVÉ DIVERZITY

5.2.1 DRUHOVÁ DIVERZITA NA ČESKÉM POMEZÍ

Největší druhové zastoupení epifytických sinic jsem zaznamenala na lokalitě Malé Kališovo jezero v Bohumíně. Na tomto jezeře jsem zaznamenala velmi nízký rozvoj fytoplanktonu, což následně umožnilo větší rozvoj perifytonu a tím pádem i větší druhové zastoupení. Determinovala jsem zde celkem 8 rodů a 10 druhů. Druhově nejbohatší se zde jevil rod *Oscillatoria*, který zde byl zastoupený dvěma druhy *Oscillatoria princeps* a *Oscillatoria limosa*. Dalším významným rodem na této lokalitě byl rod *Phormidium*, s hojně se vyskytujícím druhem - *Phormidium uncinatum*. Mezi další významné nalezené zástupce patřil například rod *Nostoc*, který bohatě porůstal stonky makrofyty. Tento rod epifytických sinic se jevil jako nejpočetnější ve všech sledovaných obdobích od jara do podzimu. Na rozdíl od ostatních lokalit, zde nebyl nalezen žádný ze zástupců kokálních epifytických sinic. Byly zde také naměřeny nejvyšší hodnoty konduktivity, což mohlo mít za následek právě toto druhové složení oproti ostatním lokalitám. V jezeře byl ve velkém počtu zastoupen žabí vlas (*Cladophora glomerata*), který představuje vhodné prostředí pro růst epifytických sinic, což druhové zastoupení na této lokalitě ještě umocnilo.

Mezi druhově bohaté lokality rovněž patřil Podzámecký rybník, ve kterém jsem determinovala 7 rodů a 8 druhů. Hojně se zde vyskytoval rákos obecný, na kterém se vyskytovalo několik druhů epifytických sinic. Oproti Malému Kališovu jezeru se zde vyskytovaly i kokální druhy sinic. Nejčastěji se vyskytovali zástupci rodu *Chamaesiphon* zejména *Chamaesiphon matis* a *Chamaesiphon* sp., u kterého jsem nepozorovala vývoj exospor. Mezi další kokální druhy na této lokalitě patří *Chroococcus* sp., nebo také *Synechococcus* sp., vyskytující se pouze na této lokalitě. Z vláknitých druhů se zde vyskytovala *Pseudanabaena galeata*, kterou jsem rovněž zaznamenala v Hlučínském jezeře a Evelinině jezeře. Mezi další nalezené druhy v tomto rybníce patří například *Calothrix parietina*, *Heteroleibleinia distincta* a *Homoeothrix* sp.

V Hlučínském jezeře se vyskytovalo 5 rodů a 7 druhů. Nevyskytovala se zde téměř vůbec zelená řasa *Cladophora*, epifytické sinice byly pozorovány na mechorostech, deskovce (*Mougeotia*) a rákosu obecném (*Phragmites australis*). Mezi nejpočetněji zastoupené kokální epifytické sinice patřil rod *Chamaesiphon* v zastoupení dvou druhů, *Chamaesiphon matis* a *Chamaesiphon minutus*. Rod *Chamaesiphon* se také nacházel v Podzámeckém rybníku.

Kokální druhy se nacházely na těch lokalitách, kde převažoval z rostlinných makrofyt rákos obecný (*Phragmites australis*). Vlákňité druhy reprezentovaly zejména *Heteroleibleinia distincta* a *Heteroleibleinia versicolor*. Početnějším druhem v tomto jezeře byl také *Pseudanabaena galeata*.

Nejméně druhově bohatým se jevílo Evelinino jezero. Nalezla jsem pouze 4 druhy epifytických sinic. Z vláknitých druhů se nejvíce vyskytovala *Pseudanabaena galeata*. Mezi další nalezené druhy patřily *Phormidium autumnale*, nebo také *Geitlerinema amphibium*. Z kokálních druhů se zde vyskytoval pouze *Geitleribactron periphyticum*. Hladina jezera byla hustě porostlá okřehkem menším (*Lemna minor*). Na této lokalitě nebyly přítomny vhodné hostitelské rostliny pro růst epifytických sinic, například žabí vlas (*Cladophora glomerata*), což mohlo mít za následek nízké druhové složení. Seznam všech determinovaných druhů na českém pomezí znázorňuje tabulka níže (Tabulka 1.).

Tabulka 1. Seznam nalezených druhů na Českém pomezí

Seznam nalezených druhů	Lokality			
	Hlučínské jezero	Evelinino jezero	Podzámecký rybník	Malé Kališovo jezero
<i>Calothrix castellii</i>	-	-	-	+
<i>Calothrix parietina</i>	-	-	+	-
<i>Anabaena oscillarioides</i>	-	-	-	+
<i>Geitleribactron periphyticum</i>	-	+	-	-
<i>Geitlerinema amphibium</i>	-	+	-	-
<i>Geitlerinema splendidum</i>	-	-	-	+
<i>Heteroleibleinia distinscta</i>	+	-	+	-
<i>Heteroleibleinia versicolor</i>	+	-	-	-
<i>Homoeothrix</i> sp.	+	-	+	-
<i>Chamaesiphon</i> sp.	+	-	+	-
<i>Chamaesiphon matis</i>	-	-	+	-
<i>Chamaesiphon minutus</i>	+	-	-	-
<i>Chroococcus</i> sp.	-	-	+	-
<i>Leibleinia epiphytica</i>	+	-	-	-
<i>Leptolyngbya</i> sp.	-	-	-	+
<i>Oscillatora princeps</i>	-	-	-	+
<i>Oscillatoria limosa</i>	-	-	-	+
<i>Phormidium autumnale</i>	-	+	-	-
<i>Leptolyngbya foveolarum</i>	-	-	-	+
<i>Phormidium uncinatum</i>	-	-	-	+
<i>Pseudanabaena galeata</i>	+	+	+	-
<i>Nostoc</i> sp.	-	-	+	+
<i>Spirulina major</i>	-	-	-	+
<i>Synechococcus</i> sp.	-	-	+	-

5.2.2 DRUHOVÁ DIVERZITA NA POLSKÉM POMEZÍ

Ačkoliv se jedná o rybníky nacházející se na stejné lokalitě ve vesnici Uchylsko, které jsou od sebe vzdálené cca 300-500 metrů, jejich druhové složení se někdy výrazně, někdy méně liší. Výrazně se také liší hodnoty konduktivity a mírně také pH vody, což ovlivnilo výskyt a druhové zastoupení epifytických sinic. Vlákňité řasy zde vytvářely masivní chomáčovité populace na vodě i na hladině, na kterých se nacházela bohatá společenstva epifytických sinic (viz přílohová část).

Druhově nejbohatší se jevil rybník s technickým označením PZW NR 633. Vyskytovaly se zde masivní chomáčovité populace makroskopických řas ve vodě i na hladině. Nalezla jsem 10 rodů a 12 druhů epifytických sinic. Z kokálních druhů se zde vyskytoval například *Chamaesiphon minutus*, nebo také *Geitleribactron periphyticum*. Z vláknitých druhů se zde vyskytoval nejčastěji druh *Pseudanabaena galeata*, která se jako jediná vyskytovala také ve všech sledovaných lokalitách. Dalším vyskytujícím se druhem byla *Jaaginema sp.*, kterou jsem zaznamenala také v rybníce PZW. V hojně míře se zde vyskytoval *Phormidium uncinatum*, vyskytující se také v rybníce OSP. Z vláknitých epifytických sinic zde měly největší zastoupení druhy *Heteroleibleinia distincta*, která se vyskytovala na třech dalších lokalitách a *Heteroleibleinia kuetzingii*, která se vyskytovala na dvou lokalitách. (Tabulka 2.).

Na další lokalitě, rybníce LIC III., se nacházelo celkem 9 rodů a 10 druhů epifytických sinic. Zde se vyskytovala mohutná společenstva žabího vlasu (*Cladophora glomerata*), na němž se vyskytovaly početné druhy hledaných sinic. Mezi kokálními druhy se vyskytovaly například *Chamaesiphon sp.*, nebo *Geitleribactron periphyticum*. Mezi nejčastější rody patřily *Oscillatoria*, vyskytující se ve dvou druzích *Oscillatoria major* a *Oscillatoria limosa*, která se rovněž vyskytovala v rybníce PZW. Dalšími nalezenými druhy na tomto území byly například *Phormidium lacustre*, nebo hojná *Pseudanabaena galeata*.

V rybníce OSP se vyskytovalo 8 rodů a 9 druhů epifytických sinic. Z kokálních druhů se zde vyskytoval *Geitleribactron periphyticum*. Z vláknitých rodů byl nejvíce zastoupen rod *Phormidium* a to dvěma druhy, *Leptolyngbya foveolarum* a *Phormidium uncinatum*. Mezi dalšími nalezenými druhy byly například *Homoeothrix rivularis*, *Leibleinia epiphytica* nebo *Heteroleibleinia distincta*.

Celkem 7 rodů a 8 druhů bylo nalezeno v rybníce Kapielsko. Mezi kokálními druhy byl nalezen pouze jeden druh a to *Geitleribactron periphyticum*. Vlákňité druhy zde byly nejvíce

zastoupeny rodem *Pseudanabaena*. Kromě *Pseudanabaena galeata* se zde vyskytoval také druh *Pseudanabaena minima*, pozorovaný pouze na této lokalitě. Vyskytovaly se zde také druhy *Calothrix parietina*, *Geitlerinema splendidum*, *Heteroleibleinia kuetzingii* a další. (viz Tabulka 2.)

Poslední lokalitou na tomto území byl rybník PZW se 7 nezezenými druhy – zejména se vyskytovali zástupci druhů: *Geitleribactron periphyticum* a *Chamaesiphon minutus*, *Oscillatoria limosa*, *Jaanigema* sp., *Phormidium* sp., nebo *Pseudanabaena galeata*. Seznam všech determinovaných druhů na Polském pomezí znázorňuje tabulka níže (Tabulka 2.).

Tabulka 2. Seznam nalezených druhů na Polském pomezí

Seznam nalezených druhů	Rybníky Uchylsko				
	PZW NR 633	OSP	LIC III.	Kapielsko	PZW
<i>Anabaena circinalis</i>	-	-	+	-	-
<i>Anabaena</i> sp.	-	-	-	+	-
<i>Calothrix parietina</i>	-	-	-	+	-
<i>Geitleribactron periphyticum</i>	+	+	+	+	+
<i>Geitlerinema</i> sp.	+	-	-	-	-
<i>Geitlerinema pseudacotissum</i>	-	-	+	-	-
<i>Geitlerinema splendidum</i>	-	-	-	+	-
<i>Heteroleibleinia distinscta</i>	+	+	+	-	-
<i>Heteroleibleinia kuetzingii</i>	+	-	-	+	-
<i>Homoeothrix</i> sp.	+	-	-	-	-
<i>Homoeothrix rivularis</i>	-	+	-	-	-
<i>Chamaesiphon</i> sp.	+	-	+	-	-
<i>Chamaesiphon minutus</i>	+	-	-	-	+
<i>Jaaginema</i> sp.	+	-	-	-	+
<i>Leibleinia epiphytica</i>	+	+	+	+	-
<i>Leptolyngbia</i> sp.	-	+	-	-	-
<i>Nodularia</i> sp.	+	-	-	-	-
<i>Oscillatoria limosa</i>	-	-	+	-	+
<i>Oscillatoria major</i>	-	-	+	-	-
<i>Leptolyngbya foveolarum</i>	-	+	-	-	-
<i>Phormidium lacustre</i>	-	-	+	-	-
<i>Phormidium uncinatum</i>	+	+	-	-	-
<i>Phormidium</i> sp.	-	-	-	-	+
<i>Pseudanabaena minima</i>	-	-	-	+	-
<i>Pseudanabaena galeata</i>	+	+	+	+	+

6 DISKUZE

Při studiu druhové bohatosti epifytických sinic na zvoleném území jsem determinovala celkem 39 druhů kokálních a vláknitých sinic, dle jejich morfologických vlastností, přičemž mezi nejhojnější zástupce patřil rod *Pseudanabaena*. Na všech lokalitách se vyskytovaly běžné druhy epifytických sinic, mezi které patřily například *Phormidium*, *Oscillatoria*, *Calothrix* a také *Nostoc*.

Druh *Pseudanabaena galeata* se vyskytoval na skoro všech lokalitách, kde hojně porůstal především žabí vlas (*Cladophora glomerata*), v menší míře se vyskytoval také na deskovce (*Mougeotia*). Tento rod se běžně vyskytuje na našem území. Nachází se například na lokalitě Svět (Bláhová et al. 2009). Při porovnání s výsledky výzkumu Fryče (2013), který se zabýval územím Opavska, hojnost rodu *Pseudanabaena* jen potvrzuje. To, že je tento rod kosmopolitním dokládá i studie Penka et al. (1985). Determinovali tento druh v půdních vzorcích lužních lesů poblíž Lednice na Moravě. Nacházeli se zde mimo jiné také rody *Anabaena* sp., *Nostoc* sp. *Phormidium* sp. a další. *Pseudanabaena galeata* můžeme považovat za druh podezřelý z produkce toxických metabolitů, které mohou negativně lidské zdraví. Rangel et al. (2014) se intenzivně zabývali tímto druhem v tropických oblastech Brazílie. Podařila se prokázat mírná forma toxicity na hepatocytech pokusných myší. Letální účinky však neprokázali. Nicméně letální forma toxicity byla prokázána o deset let dříve z přehradní vody od města Caruaru. Na dializační jednotce zemřelo přibližně 50 lidí po podání kontaminované vody cyanotoxiny, které produkovaly podobné formy sinic (Komárek et al. 1996). O toxických účincích *Pseudanabaena galeata* z mých studovaných lokalit, stejně jako Fryčových nebo celé České Republiky nejsou známy žádné bližší informace.

Na lokalitách se v hojně míře vyskytoval rod *Phormidium*. Fryč (2013) uvádí také velké zastoupení tohoto rodu, což se shoduje s výsledky výzkumu na mých lokalitách. Tyto taxony se běžně vyskytují ve stojatých vodách a představují významný zdroj skryté diverzity (Hašler et al. 2008, 2012). Sledované lokality se vyznačovaly hojností rákosu obecného (*Phragmites australis*), domnívám se, že to může mít jistou souvislost s výskytem tohoto rodu. Tuto skutečnost dokazuje studie zabývající se mimo jiné vztahem epifytických sinic a rákosu obecného (*Phragmites australis*) v německém jezeře Belau, kde se epifytické sinice vyskytují na této rostlině v největším počtu na jaře a v létě. Některé z nich jsou zachyceny na vláknitých zelených řasách, nebo také přímo na rákosu obecném (Müller 1999). Rod *Phormidium* představuje riziko přemnožení jak ve stojatých, tak tekoucích vodách. Ludek a Maršálek (2003)

měřili koncentraci mikrocystinů v řekách České republiky. Pozorovali zde zjevné vodní květy, které vytvářely zejména druhy *Phormidium autumnale* a *Oscillatoria* sp. Za nejtypičtější druh na mých lokalitách považuji *Phormidium uncinatum*, které příležitostně vytvářelo bohatá epifytická společenstva. Oproti nálezům Fryče moje lokality však byly druhově chudší. Rozdíly v druhové bohatosti mezi mými lokalitami a Fryčovými přisuzuji k odlišnému pojetí variability a druhu v rámci rodu *Phormidium*. V současné době dochází k taxonomickým revizím tohoto rodu a vzniku nových rodů, které jsou kombinovány z této vysoce variabilní skupiny (např. *Kamptonema*, *Oxynema*, Chatchwan et al. 2012, Strunecký et al. 2014).

Na Malém Kališově jezeře se vyskytoval v hojné míře rod *Nostoc*, který na ostatních sledovaných lokalitách byl přítomen pouze v malé míře, nebo naopak vůbec. Souvislost s výskytem tohoto rodu může být spojena s vůbec nejvyššími hodnotami konduktivity. Tyto hodnoty dosahovaly až $1321 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ naměřené v měsíci srpnu, v ostatních měsících o něco méně, avšak pokaždé se extrémně lišily od ostatních lokalit. Tento rod se však vyskytoval i při daleko nižší hodnotě konduktivity na lokalitě Malý Tisý (Hašler et al. 2008), zde se hodnoty konduktivity pohybovaly okolo $245 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Konduktivitou se zabývala také studie v Indii, kde extrémní hodnoty těchto fyzikálních parametrů jsou spojeny s vyšší abundancí tohoto taxonu (Nanda et al. 2010). Snížením konduktivity docílili taktéž snížení abundance tohoto taxonu. Z těchto výsledků usuzují, že právě vysoké hodnoty konduktivity měly za následek velkou abundanci rodu *Nostoc* na této lokalitě.

Polské pomezí je, co se diverzity týče, velice rozmanité. Nejpočetnější na tomto pomezí byl rovněž rod *Pseudanabaena*. Pelechaty et al. (2006) zkoumali jezera Lubuskie v západní části Polska. Byly zde pozorovány četné vodní květy, které byly zastoupeny nejčastěji rody *Anabaena* a *Pseudanabaena*, což se shoduje s mými výsledky. Hojně se na polském území vyskytovaly druhy *Geitleribactron periphyticum* a *Leibleinia epiphytica*, porůstající rákos obecný (*Phragmites australis*). V mezotrofních jezerech Gulbinas poblíž města Vilnius v Litvě zkoumali (Karosienė a Kasperovičienė 2008) mimojiné zastoupení rodu *Geitleribactron periphyticum* na rákosu obecném (*Phragmites australis*). Tento druh zde byl dominantní zejména na konci vegetační doby rákosu, kdy byl také hojně porostlý zelenými řasami. Společné pro všechny vodní nádrže na lokalitě Uchylsko je výskyt vláknitých řas, nejčastěji žabího vlasu (*Cladophora glomerata*). Vytvářejí zde masivní chomáčovité populace ve vodě i na hladině, na kterých jsou bohatá společenstva epifytických sinic (příloha 12. - 16.). Tyto populace se podobají populacím, která jsou známá i z jiných prostudovaných oblastí, například z Floridy. Gaiser (2009) ve své práci uvádí význam primární produkce perifytonu

na Floridě. Bohaté populace těchto epifytických sinic vytváří prostor i pro ostatní organismy ve vodním prostředí.

Pro výskyt a rozšíření epifytických sinic je tedy důležité, v jakém prostředí se organismy vyskytují. Abundance a diverzita jednotlivých taxonů je úzce spjata s fyzikálně-chemickými parametry vody, okolním prostředím, zeměpisné šířce, klimatu a také interakci s ostatními organismy. Co je ale také důležité zmínit, je metody sběru a determinace, které se mnohdy liší v jednotlivých studiích a mohou tak nemálo ovlivnit výsledky práce. Ve výzkumu epifytických sinic je stále co objevovat, mnohé lokality ještě nebyly podrobně zkoumány, což představuje velký potenciál pro další výzkumy v této oblasti.

7 ZÁVĚR

V této bakalářské práci jsem se zabývala studiem epifytických sinic na mnou vybraných lokalitách Česko-Polského pomezí. Od jara do podzimu 2015 jsem odebírala vláknité řasy a vodní makrofyta, nejčastěji se jednalo o zelenou řasu žabí vlas (*Cladophora glomerata*), deskovku (*Mougeotia*) nebo hojně se vyskytující rákos obecný (*Phragmites australis*). Pomocí dostupné literatury jsem determinovala několik rodů epifytických sinic na jednotlivých lokalitách. Zjistila jsem vysokou druhovou rozmanitost na jednotlivých lokalitách, která byla způsobena také rozdílnými fyzikálně-chemickými parametry vody. Nejhojnějším druhem na devíti lokalitách byl *Pseudanabaena galeata*. Na všech lokalitách převládaly vláknité druhy epifytických sinic. Mezi determinované rody epifytických sinic na těchto lokalitách patřily zejména rod *Heteroleibleinia*, *Phormidium*, *Oscillatoria* a *Calothrix*. V diplomové práci bych chtěla navázat na toto téma, zabývat se kromě morfologických znaků také kultivací a podrobnějšímu prozkoumání jednotlivých taxonů.

8 LITERATURA

Azim, M. E., Verdegem, M. C. J., van Dam, A. A., Beveridge, M. C. M. (2005): *Periphyton, ecology, exploitation and management*. 159- Cabi Publishing, USA.

Battin, T. J., Kaplan, L. A., Newbold, D. J., Cheng, X., Hansen, C. (2003): *Effects of current velocity on the nascent architecture of stream microbial biofilms*. 5443–5452p., Applied and environmental mikrobiology, Vienna.

Berlekamp, J., Herpin, U., Matthies, M., Lieth, H., Markert, B., Weckert, V., Wolterbeek, B., Verbung, T., Zinner, H. J., Siewers, U. (1968): *Geographic classification of heavy metal concentrations in mosses and stream sediments in the federal republic of Germany*. 177-195pp., Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

Bláhová, L., Oravec, M., Maršálek, B., Šejnohová, L., Šimek, Z., Bláha, L. (2009): *The first occurrence of the cyanobacterial alkaloid toxin cylindrospermopsin in the Czech Republic as determined by immunochemical and LC/MS methods*. 519-524 pp., Czech Academy of Sciences, Brno.

Bothwell, M. L. (1988): *Growth Rate Responses of Lotic Periphytic Diatoms to Experimental Phosphorus Enrichment: The Influence of Temperature and Light*. 261-270pp. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. Canada.

Cattaneo, A., Kalff, J. (1979): *Primary production of algae growing on natural and artificial aquatic plants: A study of interactions between epiphytes and their substrate*. 1031-1037 pp., Limnol. Oceanogr., Department of Biology, McGill University, Montreal, Quebec.

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

Culek, M. (1996): *Biogeographical division of the Czech Republic*. K zotavovně 280, Lelekovice, 664 31, Czech Republic.

Ducker, S. C., Knox, R. B. (1984): *Epiphytism at the Cellular Level with Special Reference to Algal Epiphytes*. 113-133 pp., Encyclopedia of Plant Physiology, Berlin.

Duong, P. T., Tideje J. M. (1985): *Nitrogen fixation by naturally occurring duckweed–cyanobacterial associations*. 327-330pp., Canadian Journal of Microbiology, Canada.

Fryč, T. (2013): *Epifytické sinice severní a střední Moravy*. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Bakalářská práce, Olomouc.

Gaiser, E. (2009): *Periphyton as an indicator of restoration in the Florida Everglades*. Department of Biological Sciences and Southeast Environmental Research Center, Florida.

Hansson, L. A. (1992): *Factors regulativ periphytic algal biomass*. 121–128.pp Limnology and Oceanography.

Hašler, P., Dvořák, P., Johansen, J. R., Kitner, M., Ondřej, V., Pouličková, A. (2012): *Morphological and molecular study of epipellic filamentous genera Phormidium, Microcoleus and Geitlerinema (Oscillatoriales, Cyanophyta/Cyanobacteria)*. Fottea 12(2): 341-356

Hašler, P., Štěpánková, J., Špačková, J., Neustupa, J., Kitner, M., Hekera, P., Veselá, J., Burian, J., Pouličková, A. (2008): *Epipellic cyanobacteria and algae: a case study from Czech ponds*. Fottea. 2008, č. 2.

Hoagland, K. D. (1983): *Short – term standing crop and diversity of periphytic diates in a eutrophic resevoir*. 30–38 pp., Journal of Phycology, Volume 19.

Hudon, C., Bourget, E. (1983): *The effects of light on the vertical structure of epibenthic algal communities*. 317–330pp., Botanica Marina, Volume 26.

Chatchawan, T., Komárek, J., Strunecky, O., Smarda, J. a Peerapornpisal, Y. (2012): *Oxynema, a new genus separated from the genus Phormidium (Cyanophyta)*. Cryptogamie Algologie 33(1): 41-59.

Jakubczyk, D. (2011): *Spotkania przy granicy. Polsko-Czeski przewodnik po gmine Gorzyce i mieście Boguminie*. 166 pp., Gmina Gorzyce, Gorzyce.

Kalina, T., Váňa, J. (2005): *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*. 606 pp., Karolinum, Praha.

Karosienė, J., Kasperovičienė, J. (2008): *Seasonal succession of epiphyton algal communities on Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steud. in a mesoeutrophic lake*. Institute of Botany, Lithuania.

Komárek, J., Anagnostidis, K. (2005): *Cyano-prokaryota 2. Teil Oscillatoriales*. – In: Büdel, B., Gärtner, G., Krienitz, L., Schagerl, M. (eds): *Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/2*: 1–759, Elsevier, München.

Komárek, J., Anagnostidis, K. (1998): *Cyano-prokaryota 1. Teil Chroococcales*. – In: Ettl, H., Gärtner, G., Heynig, H. a Mollenhauer, D. (eds): *Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/1*: 1–548, Gustav Fischer, Jena – Stuttgart – Lübeck – Ulm. 64

Komárek, J., Azevedo, S. M. F. O., Domingos, P., Komárková, J., Tichý, M. (1996): *Background of the Caruaru tragedy, a case taxonomic study of toxic cyanobacteria*. Algological studies 103 (Cyanobacterial Research 2), Stuttgart.

Komárek, J., Hauer, T. (2004-2014): *The on-line database of cyanobacterial genera*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích Botanický ústav České republiky, Třeboň.

Köster, D., Hübner, T. (2001): *Application of diatom indices in a planted ditch constructed for tertiary sewage treatment in schwaan, Germany*. 241-252 pp., Université LAVAL, Canada, Universität Rostock, Germany.

Koutecká, V. (2004): *Příroda Hlučínska*. 96 pp., Město Hlučín ve spolupráci se Sdružením obcí Hlučínska, Hlučín.

Krueger, Ch. C., Waters, T. F. (1983): *Annual Production of Macroinvertebrates in Three Streams of Different Water Quality*. 840-850pp., Ecology, USA.

Kubačka, Milan (2006): *Významné parky Opavska*. 11 pp., Statutární město Opava, Opava.

Lellák, J., Kubíček, F. (1991): *Hydrobiologie*. 257pp, Karolinum, Praha.

Ludek, B., Maršálek, B. (2003): *Contamination of drinking water in the Czech Republic by microcystins*. Archiv für Hydrobiologie, Volume 158.

Marks, J. C., Lowe, R. L. (1993): *Interactive effects of nutrient availability and light levels on the periphyton composition of a large oligotrophic lake*. 1270–1278 pp., Canadian Journal Fisheries Aquatic Sciences.

Müller, U. (1999): *The vertical zonation of adpressed diatoms and other epiphytic algae on Phragmites australis*. Institut für hydrobiologie und fischereiwissenschaft, Germany.

Nanda, S., Prakash, K., S., Jayanthi A. (2010): *Cyanobacterial remediation of industrial effluents*. School of bio sciences and technology, India.

Pelechaty, M., Pelechata, A., Pukacz, A. (2006): *Cyanoprokaryota of shallow lakes of Lubuskie Lakeland (mid-western Poland)*. Oceanological and Hydrobiological Studies Vol. XXXV, No. 1, Gdańsk.

Penka, M., Vyskot, M., Klimo, E., Vašíček, F. (1985): *Floodplain forest ecosystem*. University of Agriculture, Brno.

Peters, A. G., Kaplan, D., Calvert, H. E. (1986): *The Azolla-Anabaena azollae Relationship*. 884-890pp. Plant Biologists, Ohio.

Plaček, V., Plačková, M. (2006): *Šilheřovice v historii a současnosti*. 508 pp., Nakladatelství a vydavatelství František Maj, Šilheřovice, Háj ve Slezsku.

Pouličková, A. (2011): *Základy ekologie sinic a řas*. 91pp., Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc.

Schmid-Araya, J. M., Schmid, P. E. (2000): *Trophic relationships: integrating meiofauna into a realistic benthic food web*. 149-163 pp., School of biological sciences, QMWC, University of London, Mile End Road, London.

Schwartz, T., Hoffmann, S., Obst, U. (1998): *Formation and bacterial composition of young, natural biofilms obtained from public bank-filtered water systems*. 2787-2797 pp., Elsevier Science Ltd, Great Britain.

Sigee, D. C. (2005): *Freshwater mikrobiology. Biodiversity and Dynamic Interactions of Microorganisms in the Aquatic Environment*. 537pp., University of Manchester, UK.

Spiller, H., Gunasekaran, M. (1990): *Amminia-excreting mutant strain of the cyanobacterium Anabaena variabilis supports growth of wheat*. 477-480pp., Applied Microbiology and Biotechnology, USA.

Stevenson, R. J.; Bothwell, M. L.; Lowe, R. L. (1996): *Algal ecology*. 753 pp., Academic Press, San Diego.

Strunecký, O., Komárek, J., Smarda, J. (2014): *Kamptonema (Microcoleaceae, Cyanobacteria), a new genus derived from the polyphyletic Phormidium on the basis of combined molecular and cytomorphological markers*. *Preslia (Prague)* 86: 193-207.

Townsend, C. R., Begon, M., Harper, J. L. (2010): *Základy ekologie*. 508 pp., Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc.

Vadeboncoeur, Y., Jeppesen, E. (2003): *From Greenland to green lakes: Cultural eutrophication and the loss of benthic pathways in lakes*. 1408–1418pp., National Environmental Research Institute, Denmark.

Wadleigh, M. A., Blake, D. M. (1999): *Tracing sources of atmospheric sulphur using epiphytic lichens*. 265-271pp., Department of Earth Sciences, Memorial University of Newfoundland, St. John's, Newfoundland, Canada.

Whitton, A. B., Potts, M. (2002): *The ecology of cyanobacteria, their diversity of time and space*. Kluwer Academic Publishers, New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow.

Woodward, G., Hildrew, A. G. (2002): *Food web structure in riverine landscapes*. 777-798 pp., Institute of ecology and resource management, University of Edinburgh, Edinburgh, School of biological sciences, Queen Mary University of London, London.

9 SEZNAM PŘÍLOH

Fotografie jednotlivých lokalit

- Příloha 1. Hlučín - Hlučínské jezero
- Příloha 2. Šilheřovice - Podzámecký rybník
- Příloha 3. Šilheřovice - Evelinino jezero
- Příloha 4. Bohumín - Malé Kališovo jezero
- Příloha 5. Uchylsko – PZW
- Příloha 6. Uchylsko – PZW NR633
- Příloha 7. Uchylsko – Kapielsko
- Příloha 8. Uchylsko – LIC III.
- Příloha 9. Uchylsko – OSP

Fotografie rostlinných makrofyt na vybraných lokalitách

- Příloha 10. Hlučín - Hlučínské jezero
- Příloha 11. Bohumín - Malé Kališovo jezero
- Příloha 12. Uchylsko – PZW
- Příloha 13. Uchylsko – PZW NR633
- Příloha 14. Uchylsko – Kapielsko
- Příloha 15. Uchyslo – LIC III.
- Příloha 16 Uchylsko – OSP

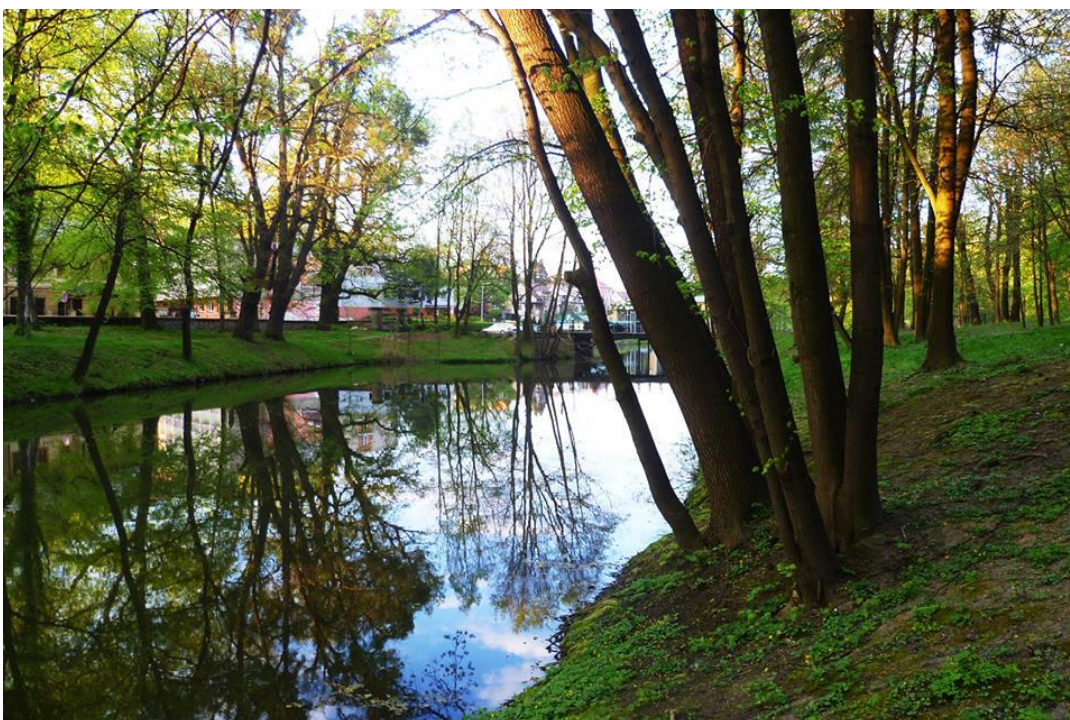
Obrazové tabule

- Příloha 17 Obrazová tabule 1
- Příloha 18 Obrazová tabule 2

Fotografie jednotlivých lokalit



Příloha 1. Hlučínské jezero



Příloha 2. Podzámecký rybník



Příloha 3. Evelinino jezero



Příloha 4. Malé Kališovo jezero



Příloha 5. Uchylsko - PZW



Příloha 6. Uchylsko – PZW NR633



Příloha 7. Uchylsko - Kapielsko



Příloha 8. Uchylsko – LIC III.



Příloha 9. Uchylsko – OSP

Fotografie rostlinných makrofyt na vybraných lokalitách



Příloha 10. Hlučín – Hlučínské jezero



Příloha 11. Malé Kališovo jezero



Příloha 12. Uchylsko - PZW



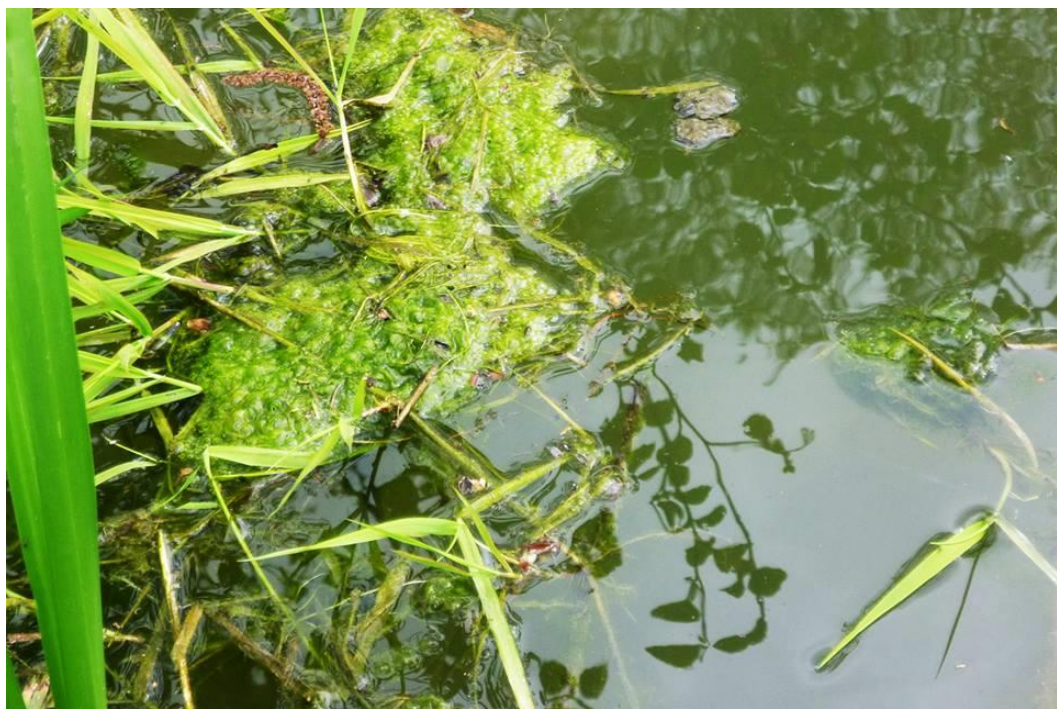
Příloha 13. Uchylsko - PZW NR 633



Příloha 14. Uchylsko – Kapielsko

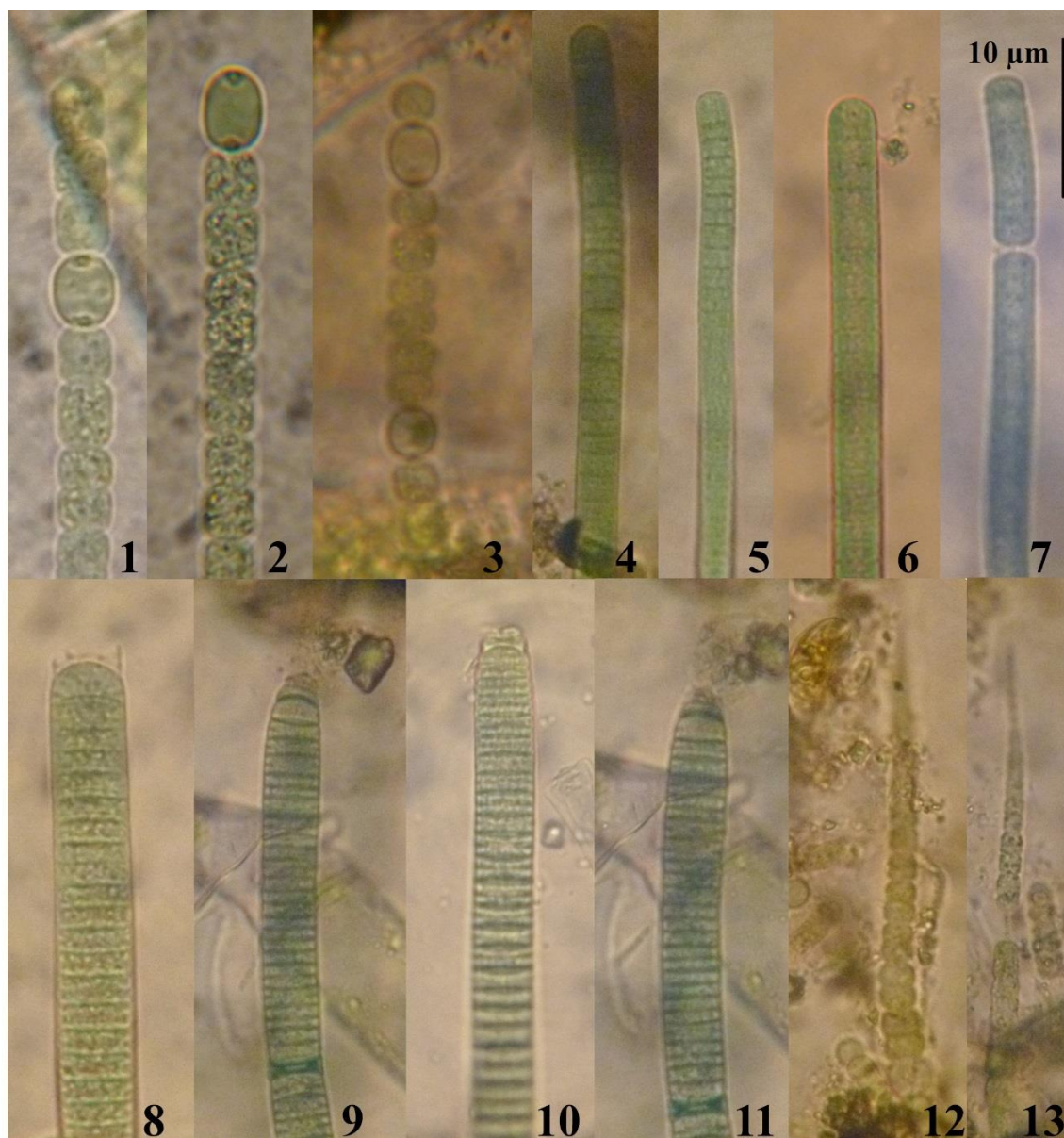


Příloha 15. Uchylsko LIC III.



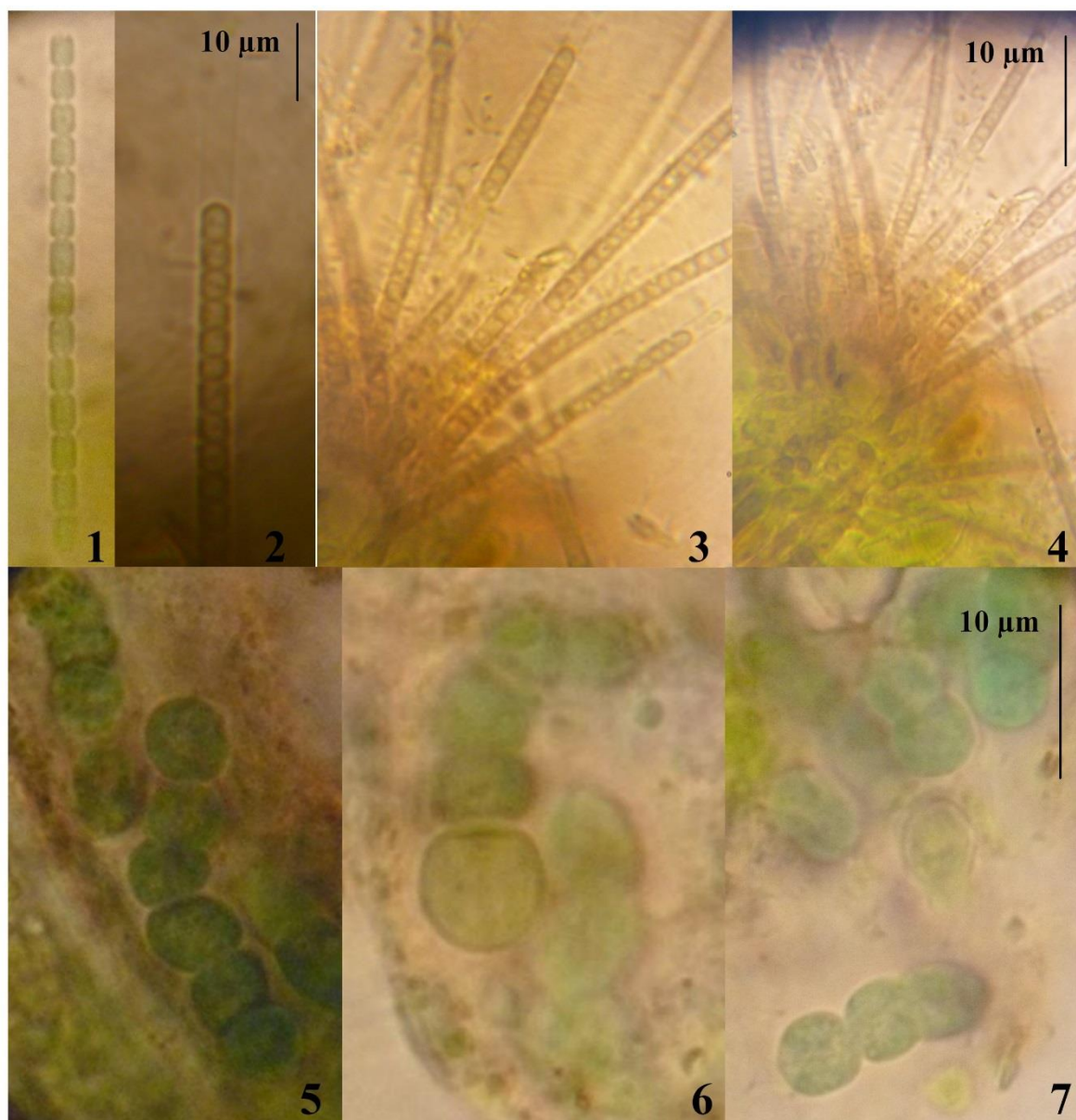
Příloha 16. Uchylsko - OSP

Obrazové tabule



Příloha 17 - Obrazová tabule 1

Anabaena oscillarioides (1 - 3), *Phormidium* sp. (4 - 7), *Oscillatoria limosa* (8 - 11),
Calothrix parietina (12 - 13)



Příloha 18. - Obrazová tabule 2

Pseudanabaena galeata (1), *Homoeothrix* sp. (2 - 4), *Nostoc* sp. (5 - 7)