

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra botaniky



**DRUHOVÁ DIVERZITA A MORFOLOGICKÁ VARIABILITA
SUBTROPICKÝCH SINIC**

Bakalářská práce

Karolína Stiborová

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Biologie – Geologie a ochrana životního prostředí pro vzdělávání

Forma studia: Prezenční

Olomouc 2017

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

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma “Druhová diverzita a morfologická variabilita subtropických sinic“ vypracovala sama a použila jsem jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

V Olomouci dne:

.....

PODĚKOVÁNÍ

Především velmi děkuji doc. RNDr. Petru Hašlerovi, Ph.D. za jeho odborné vedení, čas, ochotu a cenné rady, které mi při zpracování práce věnoval. Dále bych ráda poděkovala Mgr. Petru Dvořákovi, Ph.D. za sběr vzorků, cenné rady při zpracování práce a Mgr. Evě Jahodářové za pomoc při práci v laboratoři a cenné podněty při zpracování didaktické části. Dík rovněž patří mé rodině a příteli za podporu. Děkuji také Radkovi Stiborovi za pomoc se zpracováním obrazových příloh.

BIBLIOGRAFICKÁ IDENTIFIKACE

Jméno a příjmení autora: Karolína Stiborová

Název práce: Druhová diverzita a morfologická variabilita subtropických sinic

Typ práce: bakalářská

Pracoviště: Katedra botaniky

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

Rok obhajoby: 2017

ABSTRAKT

Sinice představují důležitou mikrobiální složku ve všech ekosystémech po celém světě. V minulosti byla pozornost věnována spíše druhům obývajícím mírný podnebný pás. Se studiem tropických a subtropických oblastí se pokročilo až v posledních desetiletích, což vede k objevování a popisu stále nových druhů. Tato práce se zabývá morfologickým popisem celkem 13 vzorků sinic odebraných z různých habitatů poloostrova Florida, konkrétně z oblastí Národního parku Everglades a jezera Okeechobee. Vzorky byly na základě fenotypových a ekologických znaků zařazeny do konkrétních rodů a druhů. Determinovány byly rody *Geitlerinema*, *Schizothrix*, *Oculatella* a *Leptolyngbya*. Součástí práce je i didaktická příloha, zahrnující teoretickou a praktickou část. Praktická část obsahuje pracovní list na téma: Sinice ve výuce základních škol, sestavený pro šestou třídu základní školy.

Klíčová slova: sinice, druhová diverzita, morfologie, tropy, subtropy, Florida

Počet stran: 54

Počet příloh: 8

Jazyk: čeština

BIBLIOGRAPHIC IDENTIFICATION

First name and surname of the author: Karolína Stiborová

Name of the thesis: A species diversity and morphological variability sub-tropical cyanobacteria

Type of thesis: bachelor

Workplace: Botany department

Thesis supervisor: doc. RNDr. Petr Hašler, Ph.D.

Year of defence: 2017

ABSTRACT

Cyanobacteria are an important microbial component in all ecosystems around the world. In the past, attention has been focused to species inhabiting the temperate zone. A study of tropical and subtropical areas has been developing in recent decades, which led to the discovery and description of many new species. This work deals with the morphological description of 13 samples of cyanobacteria taken from different habitats of the Florida peninsula, specifically from the Everglades National Park and Lake Okeechobee. On the basis of phenotypic and ecological features, samples were grouped into specific genera and species. There were identified the genera *Geitlerinema*, *Schizothrix*, *Oculatella* and *Leptolyngbya*. Part of the thesis is also a didactic appendix, which includes the theoretical and practical sections. The practical part contains a worksheet on the topic: Cyanobacteria in the teaching of elementary schools, compiled for the sixth grade.

Keywords: cyanobacteria, species diversity, morphology, tropics, subtropics, Florida

Number of pages: 54

Number of appendices: 8

Language: Czech

OBSAH

ÚVOD.....	8
1. Obecná charakteristika sinic.....	8
1.1.Morfologie sinic.....	8
1.1.1. Kokální sinice	9
1.1.2. Vlákňité sinice.....	9
1.1.3. Buňky a organely se speciální funkcí.....	9
1.2.Rozmnožování.....	10
1.3.Toxicita sinic.....	11
1.4. Ekologie.....	11
1.4.1. Vodní prostředí.....	11
1.4.2. Terestrické prostředí.....	12
1.5.Symbiotické vztahy sinic.....	13
1.6.Způsoby využití sinic.....	13
2. Taxonomie.....	14
3. Obecná charakteristika determinovaných rodů sinic.....	14
4. Tropické a subtropické oblasti.....	16
5. Sinice v oblasti Florida.....	17
CÍLE PRÁCE.....	19
MATERIÁL A METODY.....	20
6. Charakteristika poloostrova Florida.....	20
6.1. Podnebí.....	20
6.2. Geologie.....	20
6.3. Fauna a flora.....	21
7. Lokality sběru.....	21
7.1. Národní park Everglades.....	21
7.2. Jezero Okeechobee.....	22
8. Sběr materiálu.....	22
9. Kultivace.....	22
10. Mikroskopování a determinace.....	22

VÝSLEDKY.....	24
11. Morfologický popis druhů sinic z vyizolovaných kmenů.....	24
DIDAKTICKÁ ČÁST.....	26
DISKUZE.....	27
ZÁVĚR.....	29
POUŽITÁ LITERATURA.....	30
SEZNAM PŘÍLOH.....	38

ÚVOD

1. Obecná charakteristika sinic

Sinice (Cyanobacteria, Cyanophytes, Cyanoprokaryota) jsou fototrofní mikroorganismy vývojově se řadí mezi heterotrofní bakterie a autotrofní řasy (Hindák 2008). Prokaryotické buňky těchto organismů vyvinuly fotosyntetický aparát rostlinného typu, který obsahuje oba fotosystémy (Komárek 2006). Komplexy fotosystémů I a II jsou umístěny v tylakoidech, které jsou volně rozmístěny v cytoplazmě (Hindák 2008) a ve kterých probíhá syntéza fotosyntetických barviv-chlorofyly a, b a u některých druhů i chlorofyl d. Průběh fotosyntézy při nedostatečném osvětlení je umožněn díky fykobilizomům na povrchu thylakoidů, které jsou schopny využít světlo různých vlnových délek. Barviva, jejichž syntéza probíhá ve fykobilizómech (C-fykocyanin, allofykocyanin, c-fykoerythryn) rovněž ovlivňují zbarvení buněk. (Fott 1967; Akiyama et al. 2001; Kalina & Váňa 2005). Sinice postrádají organely eukaryotických buněk. Chybí jim jádro (genetickou informaci nese jediná, složitě vinutá kruhová molekula DNA) (Cavalier-Smith 2002), chloroplasty, Golgiho aparát a mitochondrie. V jejich buňkách se vyskytují jednoduché granulární inkluze, které slouží jako úložiště zásobních látek. Hlavní zásobní látkou je sinicový škrob svými vlastnostmi shodný s glykogenem, dále cyanofycinová zrnka, která představují dusíkatou zásobní látku a polyfosfátové granule s kondenzovanými ortofosforečnany. Díky vícevrstevné pevné buněčné stěně tvořené z peptidoglykanů s vnější lipopolysacharidovou vrstvou se jedná o gramnegativní bakterie. Vnější vrstva buněčné stěny může být zbarvena vlivem látek přítomných v okolní vodě. Některé druhy sinic vytvářejí na povrchu buněčných stěn slizové vrstvy (Bellinger & Sigeo 2010; Kalina & Váňa 2005).

1.1. Morfologie sinic

Z hlediska morfologie, vykazují sinice značnou různorodost. Mohou být jednobuněčné (*Chroococcus*) nebo vláknité (*Anabaena*) (Whitton & Potts 2000). Vnitřní struktura vláknitých sinic se od kokálních forem zásadním způsobem neliší. Hlavní rozdíl je v uspořádání tylakoidů v buňce (Komárek et al. 2003).

1.1.1. Kokální sinice

Jednobuněčné nebo koloniální sinice mají kulovitý, oválný, tyčovitý nebo nepravidelný tvar. Forma buňky závisí na aktuálním stádiu buněčného cyklu. Mohou se shlukovat do pseudovláken. Nikdy však nevytvářejí pravá vlákna, kde jsou sousední buňky propojeny. Téměř vždy jsou buňky obklopeny slizem, který pravděpodobně vzniká zeslizovatěním vnějších vrstev membrány (Fott 1966). Díky těmto slizovým obalům jsou buňky schopny udržovat koloniální struktury, které jsou viditelné jako nahnědlé povlaky na kamenech pod hladinou. Detailní morfologii jednobuněčných sinic je možné studovat pouze v elektronovém mikroskopu (Whitton & Potts 2000).

1.1.2. Vlákňité sinice

U všech zástupců vláknitých sinic jsou buňky uspořádány do tzv. trichomů, které vytvářejí jednu funkční skupinu. Sousední buňky ve vlákně jsou spojeny pomocí pórů a drobných kanálků mikroplasmodesmat, které se nacházejí v buněčných stěnách (Hindák 2008; Whitton & Potts 2000). Řady buněk mohou být obklopeny slizovitými obaly nebo pevnými pouzdry. Tvary jednotlivých buněk jsou závislé na podmínkách prostředí, ale základní tvar je charakteristický pro daný morfotyp, stejně jako rozdílné typy, počty a rozmístění inkluzí v buňkách. Terminální buňky jsou víceméně zaoblené a po dorostení vlákna získávají svůj specifický tvar, někdy dochází k jejich zúžení. U některých druhů může být pozorováno ztenčení buněčné stěny – kalyptra. Také rozmístění tylakoidů v buňce je typické pro dané rody (Komárek & Anagnostidis 2005).

1.1.3. Buňky a organely se speciální funkcí

U vláknitých druhů skupin - *Noctocales*, *Stigonematales* (Komárek et al. 2003) se vyskytují specializované buňky heterocyty a akinety. Heterocyty vznikají z vegetativních buněk v podmínkách dusíkového hladovění. Akinety se tvoří v období celkového nedostatku základních živin (Šejnohová & Maršálek 2005). Za určitých podmínek existují v buňkách planktonních sinic aerotopy (Hindák 2008). Přítomnost nebo absence těchto buněk (organel) spolu s jejich charakteristickým tvarem, barvou, polohou ve vlákně (případně buňce) nebo strukturou jsou důležitým determinačním znakem mnoha rodů (Hindák 2008; Whitton & Potts 2000).

Aerotopy – duté organely tvořené proteiny (gas vesicle proteins GVS) umožňující planktonním sinicím (*Microcystis*, *Aphanizomenon*, *Anabaena*) a dalším vodním

bakteriím vznášet se při hladině (Walsby & Bleything 1988). Jedná se o bezbarvé, černé nebo načervenalé vakuoly vytvářející nepropustnou blanku pro uzavřené plyny, které snižují hmotnost vláken (Fott 1966; Komárek & Anagnostidis 2005).

Akinety – velké odolné buňky vznikající z jedné nebo více vegetativních buněk většinou v konečné fázi růstu. Akinety mají silné buněčné stěny a hromadí produkty fotosyntézy. Jejich hlavní funkcí je přečkání období s nevhodnými podmínkami – zima, sucho, nedostatek živin (Hindák 2008). Akinety nezabezpečují jen dočasné přečkání nebo přezimování, ale mohou umožnit i dlouhodobé přežívání (Liwingstone & Jaworski 1980). Obsah buňky se poté mění v hormogonii, která roztrhne zeslizovatělou membránu a akineta vyklíčí. Ke vzniku trvalých buněk dochází i u jednobuněčných sinic jejich zvětšením (Fott 1966).

Heterocyty – specializované tlustostěnné buňky lišící se od ostatních vegetativních buněk velikostí se podílejí na fixaci vzdušného dusíku. Je zde přítomen enzym nitrogenáza, který umožňuje anaerobní přeměnu vzdušného dusíku na amoniak. Fixovaný dusík se nejprve uloží jako cyanoficin a poté je přenesen do sousedních vegetativních buněk ve formě glutaminu (Hoffman et al. 2014; Frey & Engler 2005)

1.2. Rozmnožování

Jediným známým typem rozmnožování u sinic je nepohlavní dělení. U jednobuněčných sinic dochází k zaškrcení v místě dělení a vytvoření vnitřní přepážky, která se zvětšuje, až dojde k úplnému oddělení mateřských buněk příčnou stěnou (Fott 1966). Buňky se dělí na dvě dceřiné buňky nebo dělení proběhne ve dvou, případně třech vzájemně kolmých rovinách. Jejich slizový obal se dělení neúčastní. U vláknitých sinic může růst vláken probíhat stejně jako u kokálních forem, dělením buněk. K vegetativnímu rozmnožování může dojít také díky hormogoniím. Hormogonia jsou pohyblivé části diferencované od původního mateřského vlákna. Od běžných vegetativních buněk se liší velikostí, tvarem, absencí heterocytů a přítomností plynových vakuol (Gantar 1993, Campbell & Meeks 1989). Tyto odštěpené části jsou schopny dorůst do délky původních vláken (Kalina & Váňa 2005). U řádu *Nostocales* a *Stigonematales* se rozlišují dva typy větvení – pravé a nepravé. U nepravého větvení dochází ke změně roviny větvení, kdy se z jednoho vlákna se slizovým obalem vytvoří vlákna dvě a jedno roste odděleně od ostatních. Pravé větvení nastane tehdy, když mají buňky ve vláknech potenciál dělit se ve více než jedné rovině (Whitton & Potts 2000).

Další způsob rozmnožování mohou představovat akinety a vzácně heterocyty (Hindák 2008).

1.3. Toxicita sinic

Planktonní sinice produkují jako sekundární metabolity velkou škálu toxinů zvaných cyanotoxiny (Funari & Testai 2008). Do skupiny cyanotoxinů patří neurotoxiny (anatoxin a, saxitoxin) cytotoxiny (scytofycin, cyanobacterin, hapalindol, acutifycin, lyngbyatoxin) a hepatotoxiny (Whitton & Potts 2000). Mezi hepatotoxiny patří více než 60 typů microcystinů, což jsou chemicky různorodé silné toxiny bílkovinné povahy, které způsobují otravy u lidí i zvířat po celém světě (Shishido et al. 2013). Nejvíce studií je prováděno u mořských a sladkovodních druhů, které vytvářejí vodní květy. Toxicita je prokázána i u benticky žijících zástupců (Whitton & Potts 2000).

1.4. Ekologie

Sinice jsou významnou součástí ekosystémů. Mají velmi dlouhou evoluční historii. Dle fosilních záznamů se doba existence života odhaduje na více než tři a půl miliardy let (Knoll 2008). Díky své schopnosti produkovat kyslík se na konci prekambria klíčově podílely na vývoji geochemických změn zemského povrchu (Sánchez-Baracaldo 2015). Některé jsou výraznými geologickými činiteli. Byly zapojeny do litogenních procesů zejména při utváření travertinu a stromatolitů (Pentecost 2005). Sinice představují hlavní složku mikrobiální populace na suchozemských i vodních stanovištích po celém světě (Galhano et al. 2010). Obecně by se dalo říci, že sinice jsou schopny žít všude, kam proniká sluneční záření, včetně míst s extrémně nízkým osvětlením (Pouličková 2011). Kromě málo osvětlených míst, jsou sinice schopny obývat i další extrémní stanoviště. (Bellinger & Sigeo 2010; Evonne & Warwick 1999).

1.4.1. Vodní prostředí

Sinice mohou žít ve vodních ekosystémech volně ve vodním sloupci – planktonní způsob života, nebo přisedají na různé substráty – sedentární, bentický způsob života (Pouličková 2011). Dle povrchu, na kterém sinice narůstají, můžeme dělit epifyton (řasy, jiné sinice, makrofyty), epilíton (kameny) a epipelon (sedimenty) (Scott & Marcarelli 2012). Mezi hlavní faktory, které ovlivňují výskyt nárostů, patří světlo, teplota, živiny, proudění vody, poměr fosforu, dusíku a míra spásání. Přestože se

povlaky sinic nacházejí v nejrůznějších typech habitatů a v bentickém prostředí často dominují, existují ve srovnání s planktonními druhy značné mezery ve znalostech o jejich rozšíření, druhové skladbě kolonií a produkci toxinů. Díky studiím bylo zjištěno, že i bentické sinice produkují cyanotoxiny, které způsobují úhyny zvířat po celém světě (Quiblier et al. 2013). V temperátních klimatických podmínkách dochází především v letních měsících k přemnožení sinic u hladiny eutrofizovaných vodních ploch. Silné vrstvy biomasy vodního květu způsobují vyčerpání kyslíku a obecné zhoršení kvality vody doprovázené změnou barvy a nepříjemným zápachem. Dochází k poklesu druhové diverzity na stanovišti a kvůli produkci toxinů jsou vodní květy nebezpečné i pro člověka, především v blízkosti zdrojů pitné vody nebo u rekreačních ploch (Bellinger & Sigeo 2010; Kobos et al. 2013).

1.4.2. Terestrické prostředí

Sinice často kolonizují vlhké a mokré půdy, kůry stromů a vytvářejí nárosty na skalách (Hindák 2008). Jejich výskyt zde je ovlivněn především vlhkostí, pH, obsahem minerálních živin a dusíku. V půdě se vyskytují převážně vláknité druhy s tmavě zbarvenými slizovými pochvami. Modročerné, hnědé, červenohnědé až červené zbarvení je způsobeno přítomností pigmentu scytoneminu (Whitton & Potts 2000), který umožňuje absorpci ultrafialového záření ze Slunce a zvyšuje fitness cyanobakterií v půdním prostředí. Sinice jsou důležitou součástí půdních ekosystémů v aridních a semiaridních oblastech, kde tvoří součást půdních krust spolu s houbami, lišejníky a mechy (Faist et al. 2017). Odhaduje se, že půdní krusty zde pokrývají zhruba 70 % povrchu (Hagemann et al. 2015). Význam biologických půdních krust spočívá v regulaci eroze, úpravě množství dusíku a fosforu v půdě. Drsnost povrchu a lepivá polysacharidová pouzdra zvyšují možnost zachycení prachu bohatého na živiny, což vede ke zvýšení úrodnosti půdy a schopnosti zadržovat vodu (Belnap 2003). Dále se sinice vyskytují na vulkanických popelech, pouštních píscích, ledu, sněhu a na tělech rostlin, hub i živočichů (Chorus & Bartram 1999).

1.5. Symbiotické vztahy sinic

Sinice jsou organismy existující ve volně žijící i symbiotické formě (Gantar et al. 1993). Jejich symbiotické vztahy jsou pokládány za důležitou součást biosféry (Rai et al. 2003). K interakcím dochází s rostlinami, houbami, zvířaty i eukaryotickými řasami (O'Brien et al. 2005). Nejčastějšími účastníky symbiotických vztahů jsou vláknité, heterocytní sinice, z řádu *Nostocales*. Hlavním důvodem, proč k těmto spojením dochází, je metabolická výhoda pro hosta. Cyanobionti poskytují uhlík pro rostliny s nedostatečným osvětlením a nefotosyntetizující hosty jako jsou houby. Hlavní rolí je poskytnutí fixovaného dusíku (Perotto & Baluška 2012). Význam symbiotických vztahů pro sinice je méně jasný. Při symbióze s rostlinami, které sami fotosyntetizují, dochází k přizpůsobení sinic na heterotrofní styl života. Uhlík získávají od rostlin, což jim umožní věnovat více prostředků na fixaci dusíku. Hosté sinicím rovněž poskytují ochranu před konkurencí, predací a extrémními podmínkami vnějšího prostředí (Whitton & Potts 2000; Perotto & Baluška 2012). Vznik symbiotických vztahů provází morfologické změny. Například vznik heterocytů a hormogonií (Šejnohová & Maršálek 2005).

1.6. Způsoby využití sinic

Pomineme-li negativní vliv vodních květů, mají sinice i kladný hospodářský význam. Nejznámějším příkladem je využití symbiotického vztahu volně vzplývavé kapradiny rodu *Azolla* a sinice rodu *Anabaena*. *Azolla-Anabaena* systém vzniká uzavřením sinice v dutině na dorzální straně listu kapradiny, kde následně vznikají heterocyty (Carrapico 2002) a dochází k anaerobní fixaci vzdušného dusíku, který je dostupný pro kulturní rostliny. Tento zdroj dusíku nezatěžuje životní prostředí a redukuje míru používání chemicky vyráběných hnojiv (Raja et al. 2012). Velkou perspektivu mají cyanobakterie v biotechnologii. Hlavním důvodem je vysoký obsah proteinů v sušině (60–70 %). Především tablety obsahující rod *Spirulina* jsou v mnoha částech světa využívány jako přírodní zdroj proteinů a vitamínů. Konkrétně *Arthrospira platensis* kladně působí při léčbě rakoviny, snižuje hladinu cholesterolu v krvi, nefrotoxicity léčiv, toxických kovů a poskytuje ochranu proti škodlivému vlivu záření (Ahsan et al. 2015). Fykobiliny jsou využívány v potravinářství jako netoxická a lehce stravitelná barviva (Šejnohová & Maršálek 2005). A především v nezápádních civilizacích jsou sinice běžnou součástí pokrmů. (Abdulqader et al. 2000).

2. Taxonomie

Taxonomická klasifikace je metoda pro určení a zařazení všech světových organismů na základě stále nových poznatků o evoluci, ekologických vztazích a morfologii (Komárek 2010). Pro pojmenování sinic existuje botanická (International Code of Nomenclature for algae, fungi and plants) a bakteriologická (International Code of Nomenclature of Prokaryotes) nomenklatura. Využití obou systémů současně způsobuje značný zmatek, protože jejich pravidla jsou odlišná (Palinska & Surosz 2014). Využívání bakteriologické nomenklatury je pro moderní systematiku méně vhodné. Proto se v současnosti systém přiklání spíše k botanické nomenklatuře (Komárek et al. 2014).

Původní systémy sinic byly založeny především na morfologických znacích. Problémem je, že spousta fenotypových znaků je v důsledku působení vnějšího prostředí proměnlivá, a proto se v taxonomii začalo využívat metod zpracovávající molekulární markery (nejvýznamnější 16S rDNA genová sekvence). Popsáno bylo již na 150 rodů a 2000 druhů sinic (Kim 2015). S novými molekulárními a ultrastrukturními poznatky jsou systémy stále zdokonalovány (Hašler et al. 2014). Například byla odhalena dříve skryta variabilita rodu *Synechococcus* a *Prochlorococcus* (Dvořák et al. 2014) a naopak dokázána druhová nadhodnocenost u morfologicky bohatého rodu *Mycrocystis* (Brodie & Lewis 2007).

3. Obecná charakteristika determinovaných rodů sinic

Rod *Leptolyngbya* Anagnostidis et Komárek, 1988 byl zařazen do řádu Pseudanabaenales, který zahrnuje zhruba 147 druhů z různých, i extrémních ekologických stanovišť (Kim 2015, Komárek and Anagnostidis 2005). Klasifikační přístupy za využití genu 16S rRNA ukázaly, že se nejedná o monofyletickou skupinu. Proto zůstává taxonomické přiřazení rodu nejasné (Casamatta et al. 2005).

Jedná se o izopolární, dlouhá, vlákna o šířce (0,5-3,2 μm) obklopena tenkou, většinou bezbarvou, na konci vlákna se otvírající slizovou pochvou. Vlákna se vyskytují jednotlivě nebo ve shlucích, ve kterých jsou jemně zvlněná. Zřídka může být pozorováno nepravé větvení s jednou boční větví. Apikální buňky jsou cylindrické bez zúžení, buňky ve vláknech nejčastěji izodiametrické (Komárek & Anagnostidis 2005).

Rod *Geitlerinema* (Anagnostidis & Komárek) Anagnostidis 1989, patřící do řádu *Oscillatoriales* (Caicedo et al. 2012) byl původně klasifikován jako podrod rodu *Phormidium* (do Carmo Bittencourt-Oliveir et al. 2007). Dle studií se zdá být polyfyletickou skupinou (Hašler et al. 2012). Po provedení detailní molekulární analýzy se druhy jako *Phormidium sp.* a *Geitlerinema sp.* řadí do nově vzniklého rodu *Kamptonema* (Strunecký 2014). Jednotlivé druhy jsou kosmopolitně rozšířeny a často se vyskytují v různých sladkovodních i mořských typech stanovišť (do Carmo Bittencourt-Oliveira et al. 2009).

Vlákna jsou nevětvená, 1 - 4 μm široká, bez pouzder obvykle paralelně uspořádána v nárostech na substrátu. Jednotlivé buňky jsou cylindrické, prodloužené, obvykle zúžené u příčných přehrádek, někdy obsahují nápadná grana (karotenoidy) uspořádána podél buněčných stěn. Koncová buňka je lehce zahnutá a mnohem delší než ostatní buňky ve vlákne (Komárek & Anagnostidis 2005).

Oculatella byla původně popsána jako *Leptolyngbya* Albertano/Kováčik-red“ 1997 (Komárek a Anagnostidis 2005). Po získání genetických, morfologických a ekologických dat pojmenovala Zammit et al. (2012) nový rod *Oculatella*.

Jedná se o sinice s jednoduchými, načervenalými, velmi jemnými do 3,5 μm širokými vlákny. Vlákna jsou kuželovitá, složená z jednotlivých prodloužených buněk se zúženími u příčných stěn. Mohou se vyskytovat bezbarvé slizové pochvy, příležitostně otevřené na koncích vláken. Koncové buňky vlákna mají zaoblený kónický tvar s typickou červenou tečkou na vrcholu (Zammit et al. 2012).

Druh *Oculatella neakameniensis* se morfologicky vyznačuje tenčími vlákny a jen nepatrnými rozdíly v délce apikálních buněk a buněk uprostřed vlákna. Z molekulární analýzy je pro ni typická sekundární struktura V3 šroubovice v úseku 16S-23S ITS (internal transcribed spacer, úsek jaderné ribozomální DNA využíván při objasňování fylogenetických vztahů) (Osorio-Santos et al. 2014).

Schizothrix Kützing ex Gaumont, 1892 většinou vytváří kolonie několika víceméně paralelně uspořádaných vláken. Vlákna jsou uniseriální, rovná až prohnutá, do 3 μm široká. Jednotlivé buňky jsou delší než širší. Apikální buňka zúžená či cylindrická a zaoblená bez kalyptry. Slizové pochvy obalující jedno nebo až několik vláken jsou rozšířené, většinou uzavřené, ale u některých druhů mohou být na koncích rozevřené.

Bez barvy nebo částečně zbarvené do žluta, žlutohněda, červena až fialova. V buňkách se nacházejí parietálně orientované tylakoidy (Komárek a Anagnostidis 2005).

4. Tropické a subtropické oblasti

V minulých letech byla pozornost věnována především výzkumu sinic v oblastech mírného pásu a polárních oblastech. Se studiem tropů a subtropů se pokročilo až v současnosti s narůstající mírou eutrofizace a rozvojem populací sinic (Jeppesen 2015). Zvýšený zájem vede k objevování a popisu nových druhů. Ze sladkých vod Vietnamu byla nově popsána *Pinocchia polymorpha* (Dvořák et al 2015). V oblasti Jacksonville na Floridě, byla objevena sinice *Ammassolinea attenuata* (Hašler et al. 2014) a z jižní a jihovýchodní oblasti Brazílie byly popsány dva nové druhy *Ancylothrix rivularis* a *Ancylothrix terrestris* (Martins et al. 2016). Sinice se v těchto oblastech nacházejí v rozmanitých typech habitatů.

Některé druhy řadí se do rodů *Planktolyngbya*, *Microcystis* (více jak polovina), *Arthrospira*, *Cylindrospermopsis*, jsou svým výskytem přímo vázány na jezera v tropických a subtropických oblastech (Wehr & Sheath 2003). Ve srovnání s temperátními oblastmi se velmi málo ví o ovlivnění ekologie v důsledku kolísání hladiny vody v tropických sladkovodních nádržích (Brasil et al. 2016). Obecně platí, že v tropických jezerech nedochází k příliš velkým sezónním výkyvům v množství slunečního záření, a i teplota vody je stálá (Figueredo & Giani 2009). Sinice tedy mohou být v tropických oblastech celoročně dominantními organismy s malými změnami v průběhu roku. Jejich početnost je navíc podpořena činností člověka vedoucí k oteplení klimatu. Předpokládá se, že aridní a semiaridní oblasti se do konce tohoto století stanou ještě teplejšími a suššími, což povede ke snížení hladiny vod, zvýšení míry eutrofizace a nárůstu dominance sinic (Brasil et al. 2016). Jiné druhy se vyskytují v bažinách a rýžových polích v subtropických pásmech (Florida a Kuba) (Wehr & Sheath 2003).

Specifické druhy sinic se vyskytují i v tropických mořích a oceánech, kde hrají roli fixátorů dusíku. Nejvýznamnějším fixátorem pro mořský a obecně i globální ekosystém je rod *Trichodesmium*, který vytváří planktonní červeně pigmentovaný květ. Limitujícím faktorem pro existenci cyanobakterií v těchto prostředích je především teplota. Nejvíce osídleny jsou pobřežní zóny, kde sinice tvoří povlaky na substrátu nebo vytvářejí symbiotické asociace, vyskytují se i v otevřeném oceánu (Hoffman 1999).

Problémem korálů je BBD (black band disease). Při tomto onemocnění jsou koráli napadány mikroorganismy včetně některých rodů sinic (*Roseofilum*). Na povrchu narůstají v podobě černých pásů rychlostí až 3 cm za den a zabíjejí základní korálovou tkáň. Důsledkem je zvýšení mortality korálů a pokles korálových útesů na celém světě (Buerger et al. 2016).

Ve všech tropických oblastech ať už jde o pralesy, polopouště, vlhké či suché savany se nacházejí zdánlivě holé skalní povrchy plně vystaveny slunečnímu záření. Bližší prozkoumání těchto ploch s velmi drsnými podmínkami odhalilo i zde velké množství sinic (mezi jinými i rod *Schizothrix*) a symbiotických lišejníků (především rod *Peltula*). Právě tato vrstva organické složky způsobuje typické zbarvení kamenů (Büdel 1999).

Sinice jsou důležitou součástí i ekosystémů deštných pralesů. Vytvářejí zde biofilmy na rozmanitých podkladech, kterými jsou horniny, zemina i dřevo (Hentschke 2016). Byl proveden výzkum na kůře a listech tropických stromů v jihovýchodní Asii, konkrétně v západní oblasti ostrova Jáva, který prokázal přítomnost některých druhů sinic a řas. Mikroorganismy upřednostňují nezastíněná stanoviště s velkou mírou dopadajícího záření (Neustupa & Škaloud 2008). Znalosti o distribuci sinic v těchto oblastech jsou ale stále velmi malé.

5. Sinice v oblasti Florida

Vzhledem k růstu floridské populace, zvyšující se eutrofizaci a tropickému klimatu není překvapující, že sinice představují významnou součást vodních ekosystémů floridských jezer, pramenů, ústí řek a mořských prostředí. Hojný výskyt je zaznamenán v západní a střední části státu zřejmě kvůli zvýšené koncentraci fosfátů (Burns 2008). Vodní květy sinic se ve floridských vodách díky současným vhodným podmínkám hojně rozšiřují a stávají se více diskutovaným tématem. Je shromažďováno čím dál více informací především kvůli jejich škodlivým vlivům na kvalitu vod, zásoby povrchové pitné vody, stabilitu ekosystému a lidské zdraví. Rozšířením sinic a zhoršením kvality vody je zaznamenáno například v řece svatého Jana, svaté Lucie a rovněž Caloosahatchee. Mezi postižená jezera patří Okeechobee a Harrisovo jezero.

Od roku 2002 způsobují zástupci řádu *Oscillatoriales* (*Phormidium corallyticum*) velké ekologické problémy na útesech Golfského proudu a dalších útesech v oblastech

Broward a Palm Beach, kde jsou spojeni s úhynem korálů a rohovitek (Cnidaria, Anthozoa, Octocoralia, Alcyonacea) (Kiryu et al. 2015). Dle morfologických znaků a molekulárních studií byly ve sledovaných vzorcích zjištěny také sinice rodu *Lyngbya* s největší četností *Lyngbya confervoides* a *Lyngbya polychroa* (Paul et al. 2005)

Základnu potravního řetězce tvoří i v národním parku Everglades, v jižní části Floridy mikroorganismy včetně několika druhů sinic. Druhové složení především perifitických rohoží je pro tuto oblast velmi specifické. Byly zde popsány druhy *Geitlerinema earlei*, *Geitlerinema splendidum*, *Schizothrix* sp., *Leptolyngbya eliska*, *Leptolyngbya lagerheimia* další. Sinice jsou důležitou součástí bahenních ekosystémů v Everglades a velkou mírou se podílejí na sedimentaci (Rosen & Mareš 2016).

CÍLE PRÁCE

1. Vytvoření rešeršní práce s využitím aktuální dostupné literatury zabývající se tématem cyanobakterií s důrazem na morfologii, ekologii a taxonomii tropických sinic.
2. Taxonomické zařazení vyizolovaných kmenů sinic z poloostrova Florida podle morfologických a ekologických znaků.
3. Analýza a zhodnocení morfologické variability zkoumaných kmenů sinic.

MATERIÁL A METODY

6. Charakteristika poloostrova Florida

Florida je poloostrov na jihovýchodě Severní Ameriky nacházející se mezi Atlantským oceánem a Mexickým zálivem. Sousedí se státy Georgií a Alabamou. Zaujímá stejnojmenný členský stát USA Florida o rozloze 170 304 km². Nejjižnější část poloostrova tvoří souostroví Florida Keys.

6.1. Podnebí

Stát lze rozdělit na dvě podnebné oblasti. Tropickou na jihu od Bradentonu - Vero Beach a subtropickou na severu (www1). Z hlediska srážek se rok člení na letní období dešťů a suché období od poloviny podzimu do pozdního jara. Průměrné teploty dosahují celoročně 30 °C s velmi ojedinělými mrazíky spojenými se zimní studenou frontou. Tyto náhlé mrazy mají významný vliv na rozložení tropické fauny a flory. Průměrná vlhkost dosahuje na Floridě 90 %, v letních obdobích až 95 %. Doba přibližně od června do konce listopadu se označuje jako období hurikánů, nejvíce hurikánů se vyskytuje v měsíci září. Pro oblast Everglades je typické klima tropické savany, tedy s dlouhými a těžkými suchými obdobími. Míra srážek v období dešťů je nedostatečná ke kompenzaci sucha (Duever et al. 1994, Lodge 2010).

6.2. Geologie

Floridská plošina, která je platformou, na níž je Florida posazena vznikla asi pře 530 miliony lety kombinací vulkanické činnosti a působení mořské sedimentace během spodnoordovického období. Florida byla součástí superkontinentu Pangea, který byl vlivem pohybu tektonických desek rozdělen na Laurasii (Severní Amerika, Evropa a část Asie) a Gondwanu. Po dalším oddělení driftovala Severní Amerika směrem na severovýchod a s ní i Floridská plošina. Po poslední době ledové došlo ke zvýšení hladiny moří, zmenšení plochy kontinentu, a podnebí se stalo mnohem vlhčím, což vedlo například ke vzniku Everglades před 4 – 6 tisíci lety.

Obrovský vliv na geologii a ekologii měly hladiny moří, které ovlivnily vznik podloží, půd a topografii povrchu. V důsledku neustálých poklesů a zvýšení docházelo k sedimentaci uhličitanu vápenatého z pozůstatků mořských tvorů a řas a utváření sedimentárního vápencového podloží, jehož mocnost dosahuje asi 3500 metrů. Další

eroze přispěla ke vzniku krasů a přenosu obrovského množství sedimentů z Apalačských hor a jihovýchodních pobřežních plání. Křemenné písky pokrývající stát dnes, stejně jako ložiska nerostných surovin pocházejí z těchto oblastí (Allen & Main 2005).

6.3. Fauna a flóra

Subtropické lesy vytvářejí několik typů. Monzunový typ se rozvinul na celém jihovýchodním pobřeží. Většinu pobřežních lesů tvoří borovice (*Pinus palustris*, *P. caribae*, *P. taeda*), v těžších půdách se vyskytují druhy magnolií, liliovníky a škumpy. V zamokřených nížinách se nacházejí bažinné lesy plné tisovců dvouřadých (*Taxodium distichum*) a ambroní (*Nysa aquatica*). Hojně jsou zde i bromélie. Všechny 16 původních floridských druhů a dva hybridy žijí jako epifyty (Larson et al. 2004). Složení fauny je rovněž velmi pestré. Mělké a teplé vody swampů obývá mnoho ryb, plazů a obojživelníků. Jediným severoamerickým zástupcem vačnatců je vačice opossum (*Didelphis virginiana*). Dále se na Floridě můžeme potkat s mývalem severním (*Procion lotor*) medvědem černým (*Ursus americanus*), vydrou říční (*Lutra lutra*) a velmi vzácně s pumou. Chráněny jsou zde kolonie plameňáka růžového (*Phoenicopterus ruber ruber*). Tropické oblasti Floridy jsou nesporně nejexotičtějšími přírodními celky Severní Ameriky (Votýpka & Janoušková 1987).

7. Lokality sběru

7.1. Národní park Everglades

Národní park Everglades byl založen v roce 1947 pro zachování biologické rozmanitosti a zdrojů ekosystémů Everglades. V současné době se rozkládá na území 610 684 hektarů jižní Floridy. Celé území národního parku je tvořeno nížinami zarostlými bažinnými lesy (Gaiser et al. 2012). Díky specifické fauně a floře se jedná o jedinečné místo na Zemi. Žije zde velké množství brodivých ptáků (www2) především mnoho druhů volavek (Votýpka & Janoušková 1987). Typickým obyvatelem je endemitický druh krokodýl severoamerický (*Alligator mississippiensis*). Everglades je domovem také pro ohrožené kapustňáky (*Trichechus*).

7.2. Jezero Okeechobee

Severní Amerika je místem mnoha rozsáhlých a hlubokých sladkovodních systémů. Nachází se zde více jak polovina světových jezer s rozlohou nad 500 km². Způsob vzniku ovlivňuje tvar jezerních pánví, fyzikální, chemické a biologické vlastnosti jezera, a tedy i druhovou skladbu a produktivitu přítomných sinic. Jezero Okeechobee má tektonický původ. Při jeho utváření došlo ke vzniku terénní deprese vlivem pohybu zemské kůry, která byla následně plněna sladkou vodou (Wehr & Sheath 2003). Jedná se o eutrofní jezero, které v současnosti dosahuje hloubky 2,7 m a rozkládá se na ploše 1730 km² v centrální až jižní části Floridy. Výskyt sinice je zde ovlivněn celkovým poměrem fosforu a dusíku obsažených ve vodě (Havens & East 1997). Vliv na životní podmínky a fytoplanktonní komunitu v jezeře mají i extrémní hydrometeorologické události (James 2016).

8. Sběr materiálu

Vzorky, využity k analýze pro zpracování této práce byly sbírány Mgr. Petrem Dvořákem, Ph.D. na různých lokalitách poloostrova Florida (viz příloha 1). Zejména z aerofytických a bentických habitatů například z půdní krusty, vápence, vodních rostlin a řas. Následnou izolaci čistých kmenových kultur provedla Mgr. Petra Pitelková, Ph.D. (Univerzita Hradec Králové).

9. Kultivace

Vyizolované vzorky byly kultivovány v tekutém Z (Zenher) médiu (Staub 1961) a na bifázovém médiu (1,5 % agarové plotny s tenkou vrstvou tekutého Z média). K utěsnění Petriho misek se vzorky byl použit parafilm. Vzorky byly uchovávány v kultivačním boxu (záření 20 μmol/m²/s, 27 °C, světelný režim: 12 h světlo a 12 h tma). Jako vhodnější podklad pro růst sinic se ukázaly agarové plotny.

10. Mikroskopování a determinace

K mikroskopování vzorků byl využit mikroskop firmy Olympus typ CH20, CHX21 (firma Olympus, Japonsko). Morfologická determinace rodů a druhů byla provedena na základě této literatury: Komárek a Anagnostidis (2005), Zammit et al. (2012). Fotografie byly pořízeny pomocí mikroskopů: Primo Star (Carl Zeiss, Německo) s

kamerou Micrometrics 31 (Micro-Metrics Company, USA) a AxionImager (Carl Zeiss, Německo) s kamerou AxionCam Hrc (Carl Zeiss, Německo).

VÝSLEDKY

11. Morfologický popis druhů sinic z vyizolovaných kmenů

Kmen F25/89 *Geitlerinema* sp.

Světle zelená nevětvená vlákna se vyskytují ve vzorku jednotlivě. Kolem nich se nachází velmi tenká, pevná slizová pochva bez zabarvení. Vegetativní buňky jsou několikrát (2 - 3x) delší než široké, průměrná šířka buněk je 1,5 μm , délka 5 μm . Jednotlivé buňky nejsou zúženy u příčných přehrádek. Apikální buňky jsou lehce zúžené, zaoblené, zahnuté a bez kalyptry. Ve vlákne, převážně u příčných stěn jsou viditelná drobná, tmavá grana. Nekrotické buňky jsou přítomny.

Sběr vzorku: Florida, Georgia, SAV přístav, epifyton.

Kmen F21/95, F21/97 *Schizothrix* sp.

Vlákna se vyskytují v koloniích i samostatně, některá jsou stočena do spirálek. Jejich barva je velmi světle zelená. Jednotlivé buňky jsou přibližně izodiametrické až lehce protáhlé, zúžené u příčných přehrádek. Průměrná šířka je 2 μm . Délka od 1,5 do 2,5 μm . Slizové pochvy jsou průhledné, tenké (pod 1 μm). Terminální buňka je zúžená a zaoblená. Ve vlákne jsou nepravidelně, hustě rozmístěna tmavá grana. U některých vláken jsem pozorovala nepravé větvení a nekrotické buňky.

Sběr vzorku F21/95: Florida, jezero Okeechobee, severní strana, epifyton.

Sběr vzorku F21/97: Florida, jezero Okeechobee, severní strana, epifyton.

Kmen F12/108, F12/111, F12/112, F12/116 *Oculatella* sp.

V těchto vzorcích se vyskytují velmi tenká, průměrně 1,5 μm široká, stočená a vzájemně propletená vlákna zelenomodré barvy. Jednotlivé buňky jsou protažené (délka průměrně 3 μm) zúžené u příčných přepážek. Zašpičatělé apikální buňka se od ostatních liší především svou délkou (u některých vláken až 7 μm) zúžením a nápadným rhodopsinovým granem v podobě červené tečky na špičce buňky. Slizové pochvy jsou pevné, průhledné, široké pod 1 μm .

Sběr vzorku F12/108: Florida, Grass Prairie, Národní park Everglades, půdní krusta.

Sběr vzorku F12/111: Florida, Grass Prairie, Národní park Everglades, půdní krusta.

Sběr vzorku F12/112: Florida, Grass Prairie, Národní park Everglades, půdní krusta.

Sběr vzorku F12/116: Florida, Grass Prairie, Národní park Everglades, půdní krusta.

Kmen F12/113 *Oculatella neakameniensis*

Pro tento vzorek jsou typické minimální rozdíly v délce apikální buňky a běžné buňky ve vlákně. Délka buněk se pohybuje od 2,5 po 4,5 μm . Šířka v rozmezí 1,2 až 1,7 μm . Apikální buňky jsou zaoblené, nezúžené, s červeným rhodopsinovým granem.

Sběr vzorku: Florida, Grass Prairie, Národní park Everglades, půdní krusta.

Kmen F9/106, F10/118, F15/20, F18/14, F21/57 *Leptolyngbya sp.*

Velmi tenká, světle zelená až lehce nažloutlá vlákna. Některá zvlněná a vzájemně propletená. Slizová pochva je velmi tenká, bez zabarvení. Buňky jsou izodiametrické s jasně viditelnými buněčnými přehrádkami. Šířka buněk 0,9 -2 μm , délka 1- 2,6 μm . Apikální buňky se rozměry neliší od ostatních ve vlákně. Jsou mírně zúžené a zakulacené. Je často viditelné nepravé větvení vláken. U některých vzorků (F9/106, F18/14) se nachází drobná, tmavá grana rozmístěna spíše podél buněčných stěn. Vyskytují se tmavě až brčálově zelené nekrotické buňky.

Sběr vzorku F9/106: Florida, Coot Bay Pond, Národní park Everglades, půda.

Sběr vzorku F10/118: Florida, Hardwood Hammock, Národní park Everglades, vápenec.

Sběr vzorku F15/20: Florida, jezero Okeechobee, severní strana, epifyton rostliny přeslenice (*Hydrilla*).

Sběr vzorku F18/14: Florida, jezero Okeechobee, severní strana, epifyton řas.

Sběr vzorku F21/57: Florida, jezero Okeechobee, severní strana, epifyton.

DIDAKTICKÁ ČÁST

Sinice ve výuce základních škol (viz příloha 8)

- 1) Teoretická část
- 2) Praktická část: Práce s mikroskopy a popis morfologie sinic
- 3) Pracovní list

Postavení učiva sinice v Rámcovém vzdělávacím programu pro základní vzdělávání:

Vzdělávací oblast: Člověk a příroda

Vzdělávací obor: Přírodopis

Tematický celek: Obecná biologie a genetika (biologie bakterií)

DISKUZE

V této práci byly studovány vzorky sinic odebrány z aerofytických a bentických habitatů poloostrova Florida. Konkrétně z Národního parku Everglades a jezera Okeechobee. Studium sinic v tropických a subtropických oblastech je obecně věnována větší pozornost až v posledních letech. Jak uvádí Dvořák et al. ve své studii z roku 2015 je druhová rozmanitost cyanobakterií v těchto oblastech prozatím velmi málo prozkoumána a očekává se jejich obrovská diverzita.

Kmen F25/89 jsem determinovala jako *Geitlerinema* sp. Rod *Geitlerinema* se vyznačuje velmi nízkou morfologickou variabilitou. A proto se rod původně vytvořený na základě jen několika morfologických znaků ukázal po sekvenční analýze 16S rDNA jako polyfyletický. Z množiny nejčastějších sladkovodních druhů *Geitlerinemy* lze odvodit nejméně dvě odlišné fylogenetické čeledi (Strunecký et al. 2017). Proto je přesná determinace jen na základě morfologických a ekologických znaků zjištěných v mé práci obtížná. Domnívám se však, že by se mohlo jednat o druh *Geitlerinema splendidum* Greville ex Gomont. Fylogenetické vztahy tohoto druhu jsou popsány v Hašler et al. (2012). Strunecký et al. (2017) provedli částečnou revizi rodu a potvrdili *G. Splendidum* jako typový druh rodu *Geitlerinema*. Jediným znakem popsaným v klíči Komárek a Anagnostidis (2005), který se lehce liší od mých dat je šířka buněk. V klíči je uvedeno 1,8 - 3,1 μm , průměrná hodnota z mých měření je 1,5 μm . Proto bude muset v budoucnu proběhnout detailní molekulární analýza, aby mohla být tato identifikace potvrzena. Ostatní pozorované znaky se shodují. *Geitlerinema splendidum* se běžně vyskytuje jako součást nárostů na vodních rostlinách a dalších předmětech ve stojatých vodách. Je rozšířena kosmopolitně zejména v tropických oblastech. Výskyt tohoto druhu byl zaznamenán i v oblasti Národního parku Everglades (Rosen & Mareš 2016).

Kmeny F21/95 a F21/97 jsem dle morfologických a ekologických znaků určila jako rod *Schizothrix* sp. V mnoha publikacích se pro oblast Everglades zmiňuje výskyt *Schizothrix calcicola* Gomont 1892. Pro tento druh je v Komárek a Anagnostidis (2005) popsána šířka buněk 0,8-1,7 μm má průměrná hodnota byla naměřena 2 μm . Stejně znaky, jaké jsou pro tento druh popsány v klíči, jsem pozorovala v případě délky buněk (1 - 2,5 μm), tvaru apikálních buněk a často se vyskytujícího zvlnění vláken a nepravého větvení. K přesnému určení je zapotřebí detailnější analýzy. *Schizothrix* sp. se často vyskytuje jako součást epifytonu zejména na kamenech. Jeho výskyt byl

popsán v národním parku Everglades (Rosen & Mareš 2016), kde se výrazně podílí spolu s rodem *Scytonema sp.* na utváření karbonátů (Stanley 2001).

Fylogeneze rodu *Oculatella* je založená na uspořádání 16S rRNA plus 16S-23S ITS sekvenčních dat s důrazem na preferenci biotopů. V případě kmenů F12/108, F12/111, F12/112, F12/116 se jedná o rod *Oculatella sp.* U všech kmenů se vyskytuje typický znak v podobě červeného rhodopsinového grana u vrcholu vlákna. *Oculatella* se skládá ze dvou fylogenetických vývojových větví, které vykazují diskontinuitu v průměru trichomů. *Oculatella neakameniensis*, s největší pravděpodobností kmen F12/113 spadá do druhé z nich společně s *O. atacamensis*, *O. coburnii*, *O. mojaviensis*. Pro tuto vývojovou větev jsou typická širší vlákna. Dle Zammit et al. je šířka buněk u tohoto druhu 1,2 – 4,1 μm , délka 1,5 – 5,4 μm a apikální buňky jsou tupě kuželovité s rhodopsinovými grany, což se shoduje s mými daty. Přesná determinace na základě morfologických znaků je obtížná z důvodu překrytí rozsahu velikostí pro všechny měřené znaky. *Oculatella* se většinou nachází jako součást půd a půdních krust. Záznamy o jejím výskytu jsou z tropických a subtropických oblastí Řecka (Christodoulou et al. 2015) a Íránu (Dulic et al. 2016). Méně informací je o jejím výskytu na území Severní Ameriky. V případě, že by se potvrdily molekulární analýzy u *Oculatella neakameniensis* jednalo by se o první popis tohoto druhu v jezeře Okeechobee a oblasti Everglades.

Kmeny F9/106, F10/118, F15/20, F18/14, F21/57 jsem dle popisu determinovala jako rod *Leptolyngbya sp.* Přesnější determinace na základě morfologických znaků je velmi náročná, protože se jedná o jeden z nejproblematictějších rodů sinic. Zahrnuje mnoho fenotypově velmi podobných druhů, které se vyskytují ve všech biotopech po celém světě (Komárek a Anagnostidis 2005). Rod *Leptolyngbya* je jedním z ukazatelů široké škály trofických podmínek a je typickým členem většiny vodních stanovišť. Co se týče oblasti Floridy byla i *Leptolyngbya sp.* popsána jako součást epifytonu v řece svatého Jana (Dunn et al. 2008). Velké problémy jsou s tímto rodem spojeny v oblastech jižní Floridy a Florida Keys, kde negativně zasahuje do rozvoje korálových útesů (Myers et al. 2007). Konkrétně v Národním parku Everglades byly popsány duhy *Leptolyngbya eliskae* a *Leptolyngbya lagerheimii* (Rosen & Mareš 2016). O *Leptolyngbya lagerheimii* by se mohlo jednat v případě vzorků F15/20 a F18/14 u nichž se shoduje morfologický popis a stanoviště s klíčem Komárek a Anagnostidis (2005).

ZÁVĚR

V této práci jsem se zabývala determinací vybraných kmenů sinic. Vzorky byly odebrány z různých aerofytických a bentických stanovišť poloostrova Florida, zejména v oblastech Národního parku Everglades a jezera Okeechobee. Celkem bylo vyizolováno 13 kmenů. Na základě morfologických a ekologických dat byly popsány rody *Geitlerinema*, *Schizothrix*, *Oculatella*, *Leptolynbya* a jeden druh *Oculatella neakameniensis*.

Ukázalo se, že rody *Leptolynbya* a *Schizothrix*, konkrétně *Schizothrix calcicola* se na území Floridy vyskytují běžně. Běžný je i výskyt druhu *Geitlerinema splendidum*. Morfologický popis a ekologie mnou zkoumaného kmene se shodoval s údaji v determinačním klíči. Pro přesné určení je však nutno detailnější analýzy. Rod *Oculatella* není v oblasti Everglades a v jezeře Okeechobee zcela prozkoumán. V případě, že by se potvrdily molekulární analýzy u *Oculatella neakameniensis* jednalo by se zde o první popis tohoto druhu.

POUŽITÁ LITERATURA

- Abdulqader, G., Barsanti, L., Tredici, M. R. (2000): Harvest of *Arthrospira platensis* from Lake Kossorom (Chad) and its household usage among the Kanembu. – *Journal of Applied Phycology* 12: 493–498.
- Akiyama, M., Miyashita, H., Kise, H., Watanabe, T., Miyachi, S., Kobayashi, M. (2001): Detection of chlorophyll d and pheophytin a in a chlorophyll d-Dominating oxygenic photosynthetic prokaryote *Acaryochloris marina*. – *Analytical Sciences* 17(1): 205-208.
- Allen, G. M. & Main, M. B. (2005): Florida's Geological History. – IFAS Extension, University of Florida, WEC189.
- Brasil, J., Attayde, J. L., Vasconcelos, F. R., Dantas, D. D. F., Huszar, V. L. M. (2016): Drought-induced water-level reduction favors cyanobacterial blooms in tropical shallow lakes. – *Hydrobiologia* 770:145–164.
- Brodie, J. C. & Lewis, J. (2007): Unravelling the algae: the past, present, and future of algal systematics. – 376 pp., CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Bellinger, E. G. & Sigeo, D. C. (2010): Freshwater algae: identification and use as bioindicators. – 271 pp., Wiley-Blackwell, Hoboken.
- Buerger, P., Alvarez-Roa, C., Weynberg, C. D., Baekelandt, S., van Oppen, M. J. H. (2016): Genetic, morphological and growth characterisation of a new *Roseofilum* strain (Oscillatoriales, Cyanobacteria) associated with coral black band disease. – *PeerJ* 4: e2110.
- Burns, J. (2008): Toxic Cyanobacteria in Florida Waters (7): 126–137. – In: Hudnell, H. K. *Cyanobacterial Harmful Algal Blooms: State of the Science and Research Needs*. – 949 pp., Springer, New York.
- Büdel, B. (1999): Ecology and diversity of rock-inhabiting cyanobacteria in tropical region. – *European Journal of Phycology*, 34 (4): 361-370.
- Caicedo, N. H., Kumirska, J., Neumann, J., Stolte, S., Thöming, J. (2012): Detection of Bioactive Exometabolites Produced by the Filamentous Marine Cyanobacterium *Geitlerinema* sp. – *Marine Biotechnology* 14:436–44.
- Campbell, E. L. & Meeks, J. C. (1989): Characteristics of Hormogonia Formation by Symbiotic *Nostoc spp.* in Response to the Presence of *Anthoceros punctatus* or Its Extracellular Products. – *Applied and Environmental Microbiology* 55 (1): 125–131.
- Carrapiço, F. 2002. The *Azolla-Anabaena*-bacteria system as a natural microcosm. – *Proceedings of SPIE* 4495: 261-265.

Casamatta, D. A., Johansen, J. R., Vis, M. L. and Broadwater, S. T. (2005) Molecular and morphological characterization of ten polar and near-polar strains within the oscillatorioides (cyanobacteria). – *Journal of Phycology* 41: 421–438.

Cavalier-Smith, T. (2002): The neomuran origin of archaeobacteria, the eubacterial root of the universal tree and bacterial megaclassification. – *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 52: 7–76.

Do Carmo Bittencourt-Oliveira, M., Sidnei Massola Jr., N., Hernandez-Marine, M., Romo, S., Do Nascimento Moura, A. (2007): Taxonomic investigation using DNA fingerprinting in *Geitlerinema* species (Oscillatoriales, Cyanobacteria). – *Phycological Research* 55: 214–221.

Do Carmo Bittencourt-Oliveira, M., Do Nascimento Moura, A., Cabral De Oliveira, M., Sidnei Massola Jr., N. (2009): *Geitlerinema* species (Oscillatoriales, Cyanobacteria) revealed by cellular morphology, ultrastructure and DNA sequencing. – *Journal of Phycology* 45: 716–725.

Duever, M. J., Meeder, J. F., Meeder, L. L., McCollom, J. M. (1994): The Climate of South Florida and Its Role in Shaping the Everglades Ecosystem. – In: Davis, S., Ogden, J. C. *Everglades: The Ecosystem and Its Restoration* – 224-245 pp., CRC Press, Boca Raton, Florida.

Dulic, T., Meriluoto, J., Malešević, T.P., Gajic, V., Vazic, T., Tokodi, N., Obreht, I., Kostić, B., Kosijer, P., Khormali, F., Svircev, Z. (2016): Cyanobacterial diversity and toxicity of biocrusts from the Caspian Lowland loess deposits, North Iran. – *Quaternary International* 2016: 1-12.

Dunn, A. E., Dobberfuhl, D. R., Casamatta, D.A. (2008): A survey of algal epiphytes from *Vallisneria americana* Michx. (Hydrocharitaceae) in the lower St. Johns River, Florida. – *Southeastern Naturalist* 7(2): 229–244.

Dvořák, P., Casamatta, D. A., Pouličková, A., Hašler, P., Ondřej, V., Sanges, R. (2014): *Synechococcus*: 3 billion years of global dominance. – *Molecular Ecology* 23: 5538–5551.

Dvořák, P., Jahodářová, E., Gusev, E., Pouličková, A. (2015): A new tropical cyanobacterium *Pinocchia polymorpha* gen. et sp. nov. derived from the genus *Pseudanabaena*. – *Fottea* 15(1): 113-120.

Evonne P. Y. T. & Warwick F. V. (1999): Strategies of thermal adaptation by high-latitude cyanobacteria. – *New Phytologist* 142 (2): 315–323

Faist, A. M., J. E. Herrick, J. Belnap, J. W. Van Zee, and N. N. Barger. 2017. Biological soil crust and disturbance controls on surface hydrology in a semi-arid ecosystem. – *Ecosphere* 8(3): e01691.

Figueredo, C. C. & Giani, A. (2009): Phytoplankton community in the tropical lake of Lagoa Santa (Brazil): Conditions favoring a persistent bloom of *Cylindrospermopsis raciborskii*. 39: 264–272.

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

Frey, W. & Engler, A. (2005) *Syllabus of plant families: Adolf Engler's Syllabus der Pflanzenfamilien*, 13th ed., Borntraeger, Berlin.

Funari, E. & Testai, E. (2008): Human health risk assessment related to cyanotoxins exposure. – *Critical reviews in toxicology* 38: 97–125.

Gaiser, E. E., Trexler, J. C., Wetzel, P. R. (2012): The Florida Everglades. – In: Batzer, D. P. & Baldwin, A. H. *Wetland Habitats of North America*. – 231-252 pp., University of California Press, California.

Galhano, V., de Figueiredo, D. R., Alves, A., Correia, A., Pereira, M. J., Laranjo, J. G., Peixoto, F. (2010): Morphological, biochemical and molecular characterization of *Anabaena*, *Aphanizomenon* and *Nostoc* strains (Cyanobacteria, Nostocales) isolated from Portuguese freshwater habitats. – *Hydrobiologia* (663): 187–203.

Gantar, M., Kerby, N. W., Rowell, P. (1993): Colonization of wheat (*Triticum vulgare* L.) by N₂-fixing cyanobacteria: III. The role of a hormogonia-promoting factor. – *New Phytologist* 124: 505–513.

Hagemann, M., Henneberg, M., Felde, V. J. M. N. L., Drahorad, S. L., Berkowicz, S. M., Felix-Henningsen, P., Kaplan, A. (2015): Cyanobacterial Diversity in Biological Soil Crusts along a Precipitation Gradient, Northwest Negev Desert, Israel. – *Microbial Ecology* 70: 219–230.

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., Dvořák, P., Pouličková, A. & Casamatta, D. A. (2014): A novel genus *Ammassolinea* gen. nov. (Cyanobacteria) isolated from subtropical epipellic habitats. – *Fottea* 14(2): 241-248.

Havens, K. E. & East, T. (1997): In Situ Responses of Lake Okeechobee (Florida, USA) Phytoplankton to Nitrogen, Phosphorus, and Everglades Agricultural Area Canal Water. – *Lake and Reservoir Management* 13(1): 26-37.

Hentschke, G.S., Johansen, J.R., Pietrasiak, N., Fiore, M.F., Rigonato, J., Sant'anna, C.L., Komárek, J. (2016): Phylogenetic placement of *Dapisostemon* gen. nov. and *Streptostemon*, two tropical heterocytous genera (Cyanobacteria). – *Phytotaxa* 245(2): 129-143.

- Hindák, F. (2008): Colour atlas of Cynaophytes. – 256 pp., Veda, Bratislava.
- Hoffman, B. M. (2014): Mechanism of nitrogen fixation by nitrogenase: the next stage. – *Chemical reviews* 114: 4041–4062.
- Hoffman, L. (1999): Marine cyanobacteria in tropical regions: diversity and ecology. – *European Journal of Phycology* 34(4): 371-379.
- Chorus, I. & Bartram, J. (1999): Toxic cyanobacteria in water: A guide to their public health consequences, monitoring and management. – 400 pp., E & FN Spon, New York.
- Christodoulou, M., Meletiou-Christou, M. S., Parmakelis, A., Economou-Amilli, A., Pantazidou, A. (2015): Further findings from Daveli Cave (Attica, Greece) enhancing the establishment of the genus *Oculatella* (Pseudanabaenaceae, Cyanobacteria). – *Phytotaxa* 202(3): 169-184.
- James, R. T. (2016): Recalibration of the Lake Okeechobee Water Quality Model (LOWQM) to extreme hydro-meteorological events. – *Ecological Modelling* 325: 71–83.
- Jeppesen, E., Brucet, S., Naselli-Flores, L., Papastergiadou, E., Stefanidis, K., Nořges, T., Nořges, P., Attayde, J. L., Zohary, T., Coppens, J., Bucak, T., Menezes, R. F., Freitas, F. R. S., Kernan, M., Søndergaard, M., Beklioglu, M. (2015): Ecological impacts of global warming and water abstraction on lakes and reservoirs due to changes in water level and related changes in salinity. – *Hydrobiologia* 750: 201–227.
- Kalina, T. & Váňa, J. (2005): Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii. – 606 pp., Karolinu, Praha.
- Kim, J. H., Choi, W., Jeon, S. M., Kim, T., Park, A., Kim, J., Heo, S. J., Oh, C., Shim, W. B., Kang, D. H. (2015): Isolation and characterization of *Leptolyngbya* sp. KIOST-1, a basophilic and euryhaline filamentous cyanobacterium from an open paddle-wheel raceway *Arthrospira* culture pond in Korea. – *Journal of Applied Microbiology* 119: 1597-1612.
- Knoll, A. H. (2008): Cyanobacteria and Earth History. – In: *The Cyanobacteria: Molecular Biology, Genomics, and Evolution*. – 1-19 pp., Caister Academic Press, Norfolk.
- Kobos, J., Błaszczuk, A., Hohlfeld, N., Toruńska-Sitarz, A., Krakowiak, A., Hebel, A., Sutryk, K., Grabowska, M., Toporowska, M., Kokocinski, M., Messyas, B., Rybak, A., Napiorkowska-Krzebietke, A., Nawrocka, L., Pelechata, A., Budzinska, A., Zagajewski, P., Mazur-Marzec, H. (2013): Cyanobacteria and cyanotoxins in Polish freshwater bodies. - *Oceanological and Hydrobiological Studies* 42(4): 358–378.
- Komárek, J. (2006): Cyanobacterial taxonomy: current problems and prospects for the integration of traditional and molecular approaches. - *Algae* 21(4): 349-375.

- Komárek, J. (2010): Recent changes (2008) in cyanobacteria taxonomy based on a combination of molecular background with phenotype and ecological consequences (genus and species concept). *Hydrobiologia* 639:245–259.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. (2005): *Cyanoprokaryota 2. Teil Oscillatoriales*. – 759 pp., Elsevier, Mnichov.
- Komárek, J., Kling, H., Komárková, J. (2003): *Filamentous Cyanobacteria*. – In: Wehr, J. & Sheath, R.G. *Freshwater algae of North America*. – 117-196 pp., Academic Press, Boston.
- Komárek, J., Kaštovský, J., Mareš, J., Johansen, J. R. (2014): Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera) 2014, using a polyphasic approach. – *Preslia* 86: 295–335.
- Kiryu, Y., Landsberg, J. H., Petersb, E. C., Tichenorc, E., Burleson, C., Perry, N. (2015): Pathological effects of cyanobacteria on sea fans in southeast Florida. – *Journal of Invertebrate Pathology* 129: 13-27.
- Larson, B. C., Frank, H., Main, M. B., Allen, G. M. (2004): *Florida's Native Bromeliads*. – IFAS Extension, University of Florida, CIR 1466.
- Livingstone, D. & Jaworski, G. H. M. (1980): The viability of akinetes of bluegreen algae recovered from the sediments of Rostherne Mere. – *British Phycological Journal* 15(4): 357-364.
- Lodge, T. E. (2010): *The Everglades Handbook Understanding The Ecosystem Third Edition*. – 391 pp., CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Martins, M. D., Rigonato, J., Taboga, S. R., Branco, L. H. Z. (2016): Proposal of *Ancylothrix* gen. nov., a new genus of Phormidiaceae (Cyanobacteria, Oscillatoriales) based on a polyphasic approach. – *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 66: 2396-2405.
- Myers, J. L., Sekar, R., Richardson, L. L. (2007): Molecular detection and ecological significance of the cyanobacterial genera *Geitlerinema* and *Leptolyngbya* in black band disease of corals. – *Applied and Environmental Microbiology* 73: 5173-5182.
- Neustupa, J., Škaloud, P. (2008): Diversity of subaerial algae and cyanobacteria on tree bark in tropical mountain habitats. – *Biologia* 63 (6): 806-812.
- Osorio-Santos, K., Pietrasiak, N., Bohunická, M., Miscoe, L. H., Kováčik, L., Martin, M. P., Johansen, J. R. (2014): Seven new species of *Oculatella* (Pseudanabaenales, Cyanobacteria): taxonomically recognizing cryptic diversification. – *European Journal of Phycology* 49(4): 450-470.

- O'breien, H. E., Miadlikowska, J., & Lutzoni, F. (2005): Assessing host specialization in symbiotic cyanobacteria associated with four closely related species of the lichen fungus *Peltigera*. – *European Journal of Phycology* 40: 363–378.
- Palinska, K. A. & Surosz, W. (2014): Taxonomy of cyanobacteria: a contribution to consensus approach. – *Hydrobiologia* 740:1–11.
- Paul, V.J., Thacker, R. W., Banks, K., Golubic, S. (2005): Benthic cyanobacterial bloom impacts the reefs of South Florida (Broward County, USA). – *Coral Reefs* 24: 693–697.
- Pentecost, A. (2005): *Travertine*. – 446 pp., Springer, New York.
- Perotto, S. & Baluška, F. (2012): *Signaling and communication in plant symbiosis*. – 262 pp., Springer, New York.
- Quiblier, C., Wood, S., Echenique-Subiabre, I., Heath, M., Villeneuve, A., Humbert, J.-F. (2013): A review of current knowledge on toxic benthic freshwater cyanobacteria—ecology, toxin production and risk management. – *Water Research* 47: 5467–5479.
- Rai, A. N., Bergman, B. & Rasmussen, U. (2002): *Cyanobacteria in symbiosis*. – 355 pp., Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Raja, W., Rathaur, P., John, S. A., Ramteke, P. W. (2012): *Azolla-Anabaena Association and Its Significance In Supportable Agriculture*. – *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 40 (1): 1–6.
- Rosen, B. H. & Mareš, J., (2016): *Catalog of microscopic organisms of the Everglades, Part 1-The cyanobacteria*: U.S. Geological Survey Open-File Report 2016–1114, 108.
- Sánchez-Baracaldo, P. (2015): *Origin of marine planktonic cyanobacteria*. – *Scientific Report*.
- Scott, J. T. & Marcarelli, A. M. (2012): *Cyanobacteria in Freshwater Benthic Environments*. – In: Whitton, B. A. *Ecology of Cyanobacteria II: Their Diversity in Space and Time*. – 271–289 pp., Springer, Dordrecht.
- Shishido, T. K., Kaasalainen, U., Fewer, D. P., Rouhiainen, L., Jokela, J., Wahlsten, M., Fiore, M. F., Yunes, J. S., Rikkinen, J., Sivonen, K. (2013): Convergent evolution of [D-Leucine1] microcystin-LR in taxonomically disparate cyanobacteria. – *BMC Evolutionary Biology* (13): 86.
- Stanley, G. D. (2001): *The history and sedimentology of ancient reef systems*. Kluwer, Dordrecht.

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

Strunecký, O., Bohunická, M., Johansen, J. R., Čapková, K., Raabová, L., Dvořák, P., Komárek, J. (2017): A revision of the genus Geitlerinema and a description of the genus Anagnostidinema gen. nov. (Oscillatoriothrixaceae, Cyanobacteria). – Fottea 17 (1): 114–126.

Sunjakta, A., Arefin, M. S., Munshi, J. L., Begum, M. N., Maliha, M., Rahman, S., Bhowmik, A., Kabir, M. S. (2015): In vitro antibacterial activity of Spirulina platensis extracts against clinical isolates of Salmonella enterica serovars Typhi and Paratyphi. – Journal of Microbiolog 5(1): 22–25.

Šejnohová, L. & Maršálek, B. (2005): Pohled do mikroskopického světa sinic. – Živa 3: 105–111.

Votýpka, J., Janoušová J. (1987): Severní Amerika. – 420 pp., Státní pedagogické nakladatelství, Praha.

Walsby, A. E. & Bleything, A. (1988): The dimensions of cyanobacterial gas vesicles in relation to their efficiency in providing buoyancy and withstanding pressure. – Journal of General Microbiology, 134: 2635-2645.

Wehr, J. D. & Sheath, R. G. (2003): Freshwater algae of North America: ecology and classification. – 918 pp., Academic Press, Boston.

Whitton, B. A. & Potts, M. (2002): The ecology of the cyanobacteria: their diversity in time and space. – 669 pp., Kluwer Academic Publishers, Boston.

Zammit, G., Billi, D., Albertano, P. (2012): The subaerophytic cyanobacterium Oculatella subteranea (Oscillatoriales, Cyanophyceae) gen. et sp. nov.: a cytomorphological and molecular description. – European Journal of Phycology 47 (4): 341-354.

www1: Informace o Floridě, počasí a teploty <http://www.maxi-rentals.cz>(cit. 4. 3. 2017)

www2: Travel, national parks, Everglades national park <http://www.nationalgeographic.com>(cit. 3. 3. 2017)

ZDROJE OBRÁZKŮ PRO DIDAKTICKOU ČÁST

www3: <http://ekolist.cz> (cit. 7. 4. 2017)

www4: <http://tatangsma.com> (cit. 7. 4. 2017)

www5: <http://fmp.conncoll.edu> (cit. 7. 4. 2017)

www6: Oscillatoria <http://protist.i.hosei.ac.jp> (cit. 7. 4. 2017)

www7: Chroococcus <http://protist.i.hosei.ac.jp> (cit. 7. 4. 2017)

www8: <http://www.sszdra-karvina.cz> (cit. 11. 4. 2017)

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Seznam kmenů s určením biotopů a geografických lokací (tab. 1)

Příloha 2: Obrazová tabule vzorku *Getlerinema sp.* F25/ 89

Příloha 3: Obrazová tabule vzorku *Schizothrix sp.* F21/95, F21/97

Příloha 4: Obrazová tabule vzorku *Oculatella sp.* F12/108, F12/111, F12/112, F12/116

Příloha 5: Obrazová tabule vzorku *Oculatella neakameniensis* F12/113

Příloha 6: Obrazová tabule vzorku *Leptolyngbya sp.* F9/106, F10/118, F15/20, F21/57

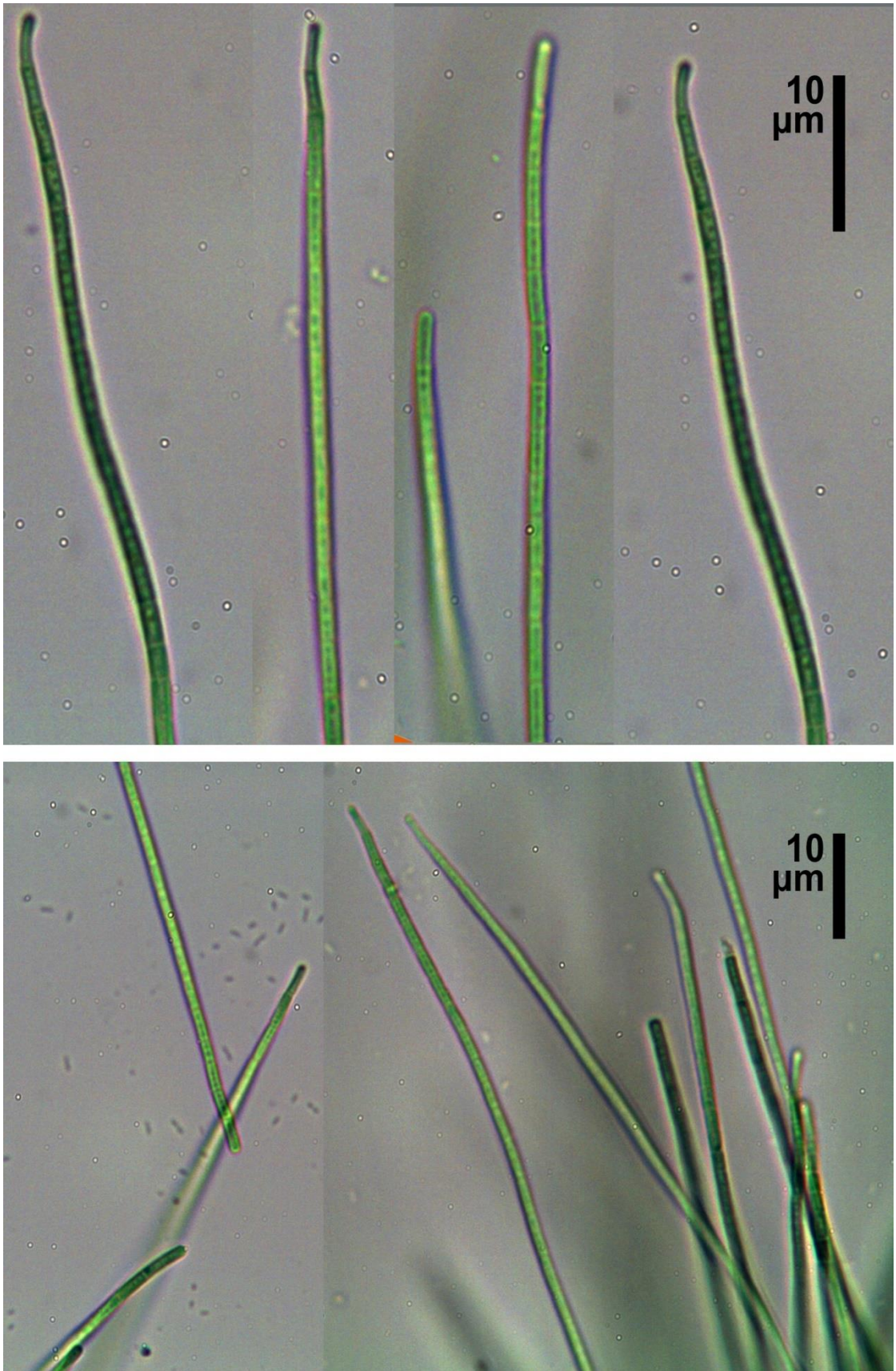
Příloha 7: Obrazová tabule vzorku *Leptolyngbya sp.* F18/14

Příloha 8: Didaktická část: Sinice ve výuce základních škol

Příloha 1: Seznam kmenů s určením biotopů a geografických lokací (tab. 1)

Vzorek	Název	Lokalita	Biotop	GPS
F9/106	<i>Leptolyngbya sp.</i>	Florida, Coot bay Pond, národní park Everglades	půda	N25°11'03.4" W80°53'56.3"
F10/118	<i>Leptolyngbya sp.</i>	Florida, Hardwood Hammock, Národní park Everglades	vápenec	N24°17'09.0" W80°17'12.8"
F12/108	<i>Oculatella sp.</i>	Florida, Grass Prairie, Národní park Everglades	půdní krusta	N25°24'9,6" W80°39'17,5"
F12/111	<i>Oculatella sp.</i>	Florida, Grass Prairie, Národní park Everglades	půdní krusta	N25°24'9,6" W80°39'17,5"
F12/112	<i>Oculatella sp.</i>	Florida, Grass Prairie, Národní park Everglades	půdní krusta	N25°24'9,6" W80°39'17,5"
F12/113	<i>Oculatella neakameniensis</i>	Florida, Grass Prairie, Národní park Everglades	půdní krusta	N25°24'9,6" W80°39'17,5"
F12/116	<i>Oculatella sp.</i>	Florida, Grass Prairie, Národní park Everglades	půdní krusta	N25°24'9,6" W80°39'17,5"
F15/20	<i>Leptolyngbya sp.</i>	Florida, jezero Okeechobee, severní strana	epifyton rostliny (<i>Hydrilla</i>)	N27°10'34.8" W80°47'38.5"
F18/14	<i>Leptolyngbya sp.</i>	Florida, jezero Okeechobee, severní strana	epifyton řas	N27°10'34.8" W80°47'38.5"
F21/57	<i>Leptolyngbya sp.</i>	Florida, jezero Okeechobee, severní strana	epifyton	N27°10'26,3" W80°48'28,0"

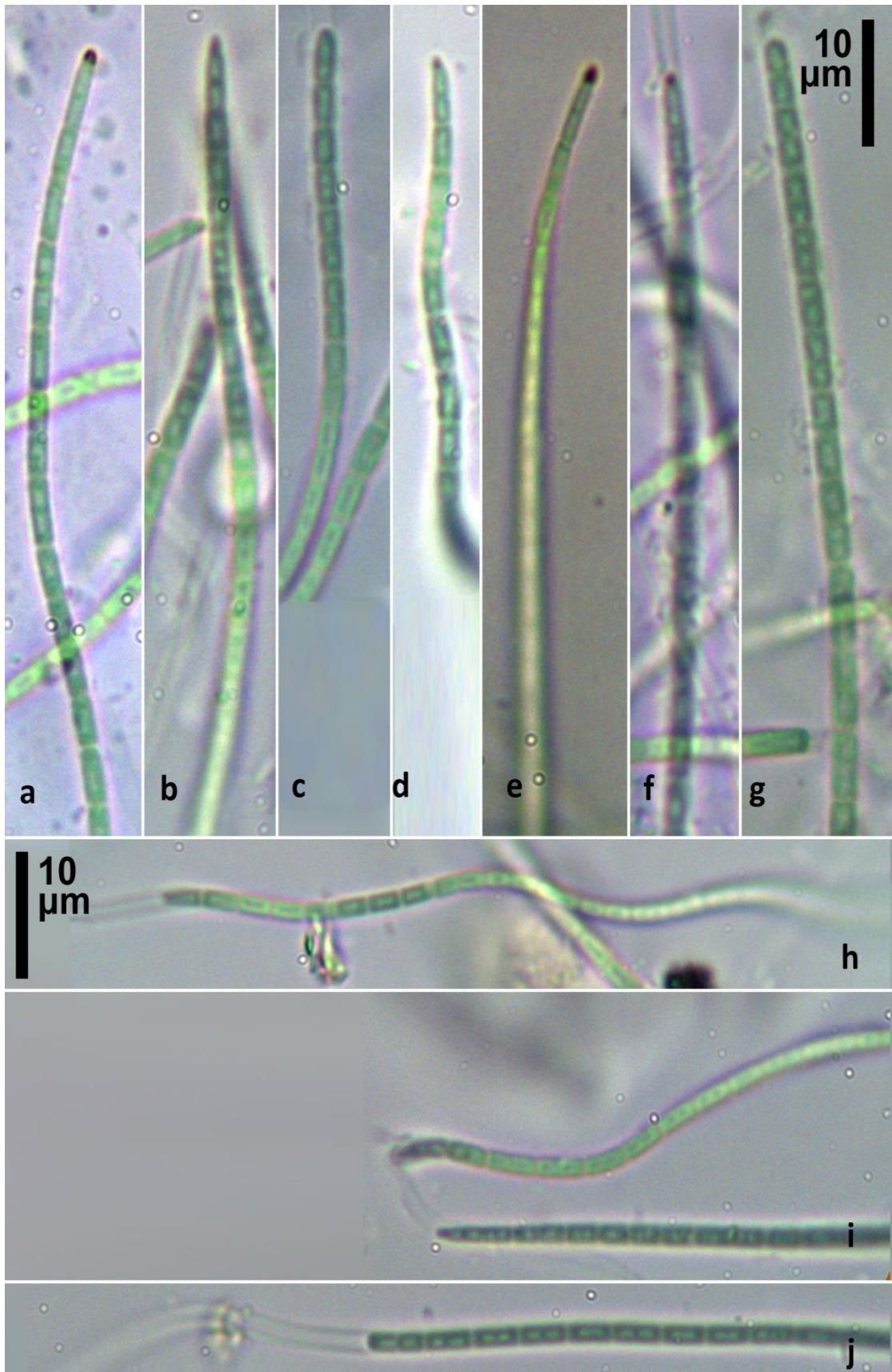
F21/95	<i>Schizothrix sp.</i>	Florida, jezero Okeechobee, severní strana	epifyton	N27°10'26,3" W80°48'28,0"
F21/97	<i>Schizothrix sp.</i>	Florida, jezero Okeechobee, severní strana	epifyton	N27°10'26,3" W80°48'28,0"
F25/89	<i>Getlerinema sp.</i>	Florida, Georgia, SAV přístav	epifyton	N32°5'1,6" W81°5'20,4"



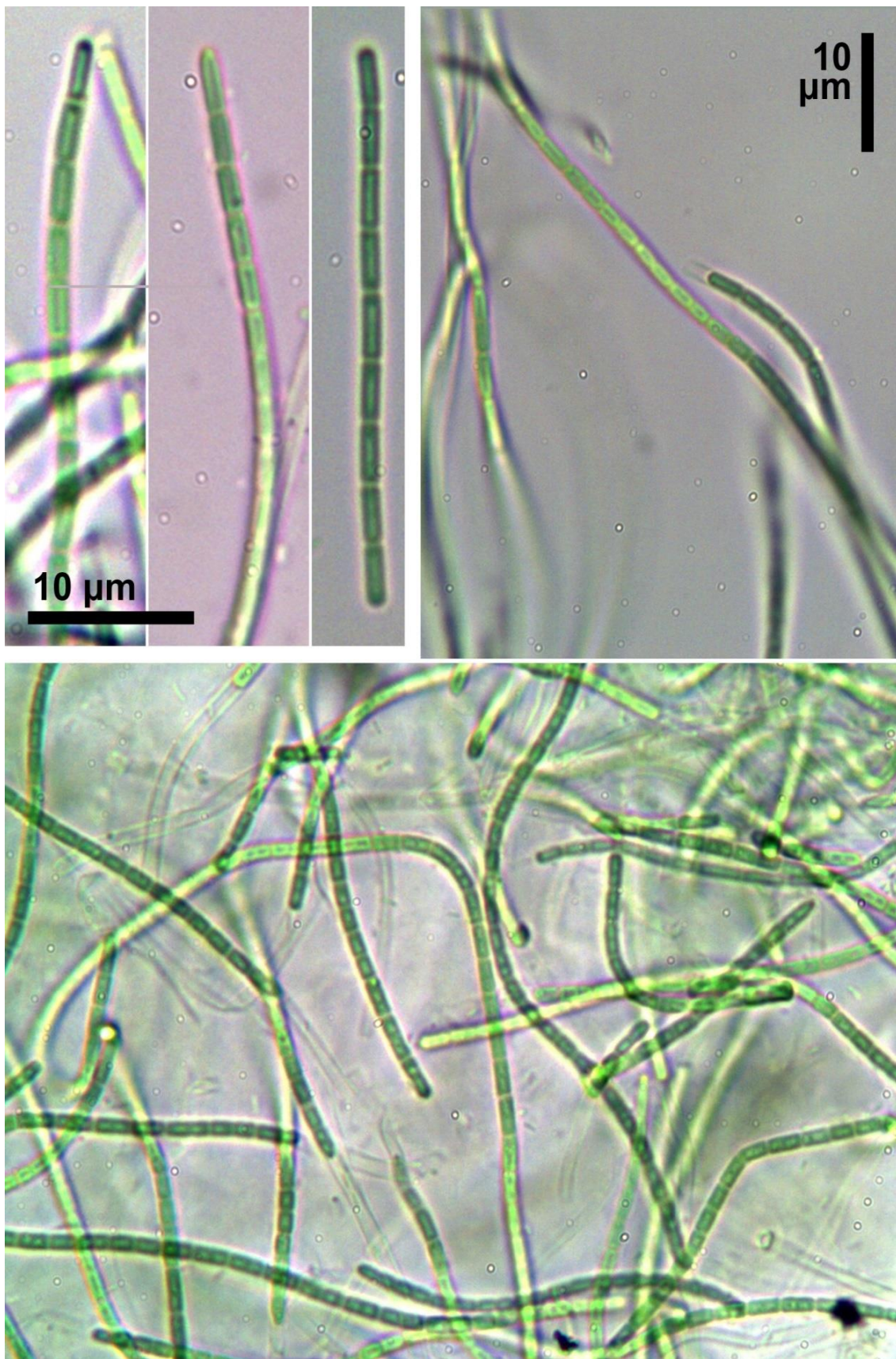
Příloha 2: *Getlerinema* sp.: F25/89 (Foto: Karolína Stiborová)



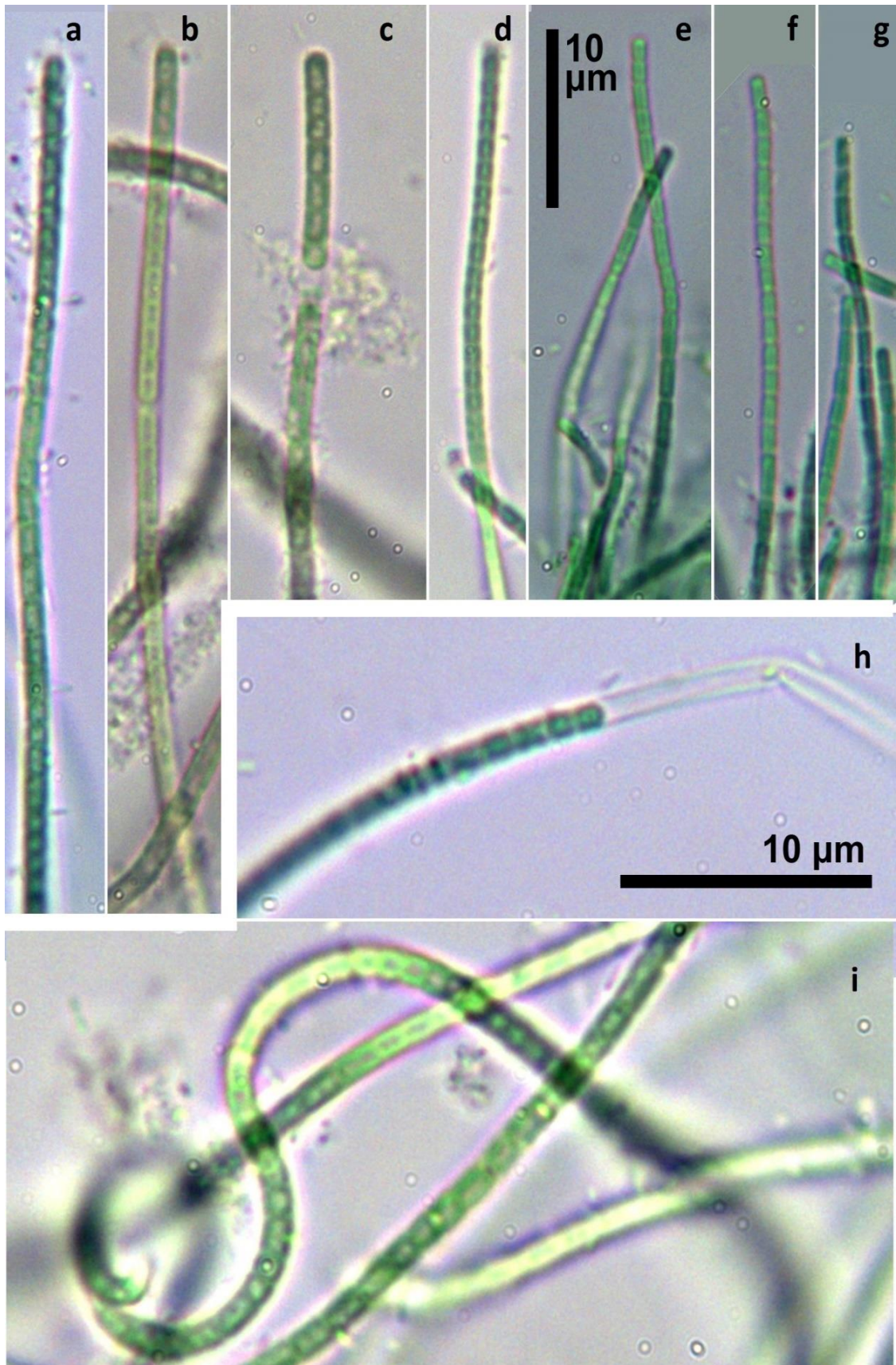
Příloha 3: *Schizothrix* sp.: (a, b, c, e, f, g, h, j) F21/95, (d,i) F21/97 (Foto: Karolína Stiborová)



Příloha 4: *Oculatella* sp.: (a) F12/108, (b, c, i, j) F12/111, (g) F12/112, (d, e, f, h) F12/116 (Foto: Karolína Stiborová)



Příloha 5: *Oculatella neakameniensis* F12/113 (Foto: Karolína Stiborová)



Příloha 6: *Leptolyngbya* sp. (a, i) F9/106, (b, c) F21/57, (d, h) F10/118, (e, f, g) F15/20
 (Foto: Karolína Stiborová)



Příloha 7: *Leptolyngbya* sp. F18/14 (Foto: Karolína Stiborová)

TEORETICKÝ ÚVOD-SINICE

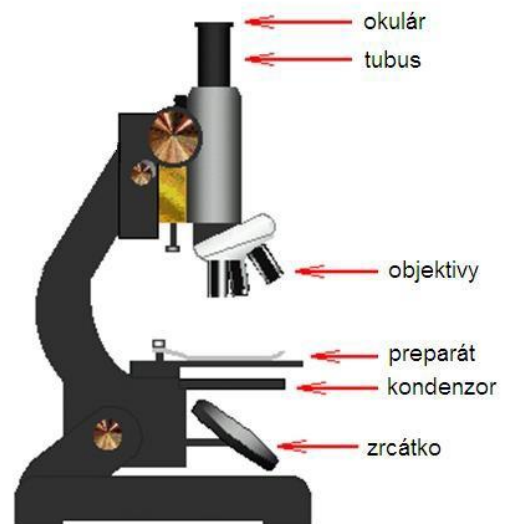
- Sinice (Cyanobacteria) se řadí k bakteriím
- Tělo sinic se tvoří z jedné (jednobuněčné) nebo více buněk (mnohobuněčné). Mnohobuněčné vytvářejí vlákna.
- V jejich buňkách nikdy nenajdeme pravé jádro, takové organismy se nazývají PROKARYOTA.
- Genetická informace je v buňce uložena v podobně jedné složitě vinuté molekuly DNA.
- Zásobní látka sinic je SINICOVÝ ŠKROB.
- Obsahují barviva (chlorofyly), díky kterým mohou provádět fotosyntézu a která ovlivňují zbarvení buněk, nejčastěji do modrozelená až zelená.
- Buňky obaluje buněčná stěna, některé druhy na ní vytváří slizové obaly.
- Některé druhy vytváří speciální typy buněk:
 - a) AKINETA-velká odolná buňka sloužící k přečkání nepříznivých podmínek.
 - b) HETEROCYT-buňky se silnými stěnami, v nichž probíhá přeměna dusíku ze vzduchu na dusík využitelný pro rostliny
- Sinice se rozmnožují nepohlavně DĚLENÍM.
- Mají velmi dlouhou vývojovou historii, stáří sinic se odhaduje na více než 3, 5 miliardy let.
- Díky produkci kyslíku se v historii podílely na vzniku kyslíkaté atmosféry.
- Sinice se vyskytují všude kolem nás, zejména ve sladké a slané vodě. Také je můžeme najít na skalách, tělech rostlin a živočichů, v jeskyních na pouštích ledu i sněhu.
- Obecně by se dalo říci, že sinice jsou schopny žít všude, kam proniká sluneční záření. Další faktory ovlivňující výskyt sinic je teplota, pH, přítomnost dusíku a fosforu, míra spásání.
- V letních měsících se sinice mohou přemnožit a u hladin vodních ploch vytvářet VODNÍ KVĚTY – zhoršení kvality vody, zápach, nebezpečí (i pro člověka) v podobě cyanotoxinů.
- Sinice se využívají v zemědělském průmyslu, k výrobě léčiv, barviv i jako součást pokrmů.

MIKROSKOPOVÁNÍ

Sinice pozorujeme ve světelném mikroskopu. Jednotlivé rody a druhy určujeme podle morfologických znaků za pomoci určovacích klíčů.

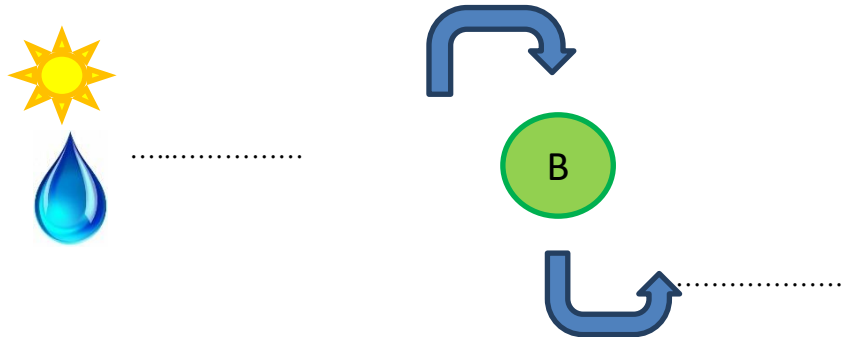
Čeho si všimnout při určování?

- typ stélky
- barva
- tvar a velikost buněk
- přítomnost heterocytů a akinet
- tvar terminální buňky
- přítomnost kalyptry
- uspořádání buněk v kolonii
- způsob propojení buněk
- přítomnost slizového obalu
- tvar vlákna
- typ dělení



PRACOVNÍ LIST-SINICE

1. (doplň) je děj probíhající v buňkách, které obsahují zelená barviva. Nezbytné pro tento děj je sluneční záření a voda. (Do obrázku napiš, jaké plyny vstupují/ vystupují z buňky při tomto ději).



2. Představ si, že jsi dostal za úkol vysvětlit několik slov, které se týkají sinic, do odborného slovníku. Zamysli se a zkus co nejvhodněji vysvětlit následující slova.

- Chlorofyl-
- Kolonie-
- Cyanotoxiny -

3. Uveď tři místa (typy prostředí), kde bychom mohli najít sinice.

.....

.....

.....

4. Přřad' obrázek (A, B, C) ke vhodnému pojmu (1, 2, 3)

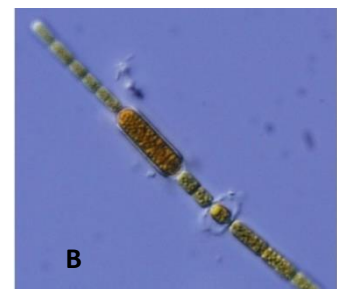
.....

(1) Vodní květ

(2) Kokální forma

(3) Akineta

(4) Větvení (nepravé)



5. Rozhodni, zda jsou následující tvrzení o sinicích pravdivá (do kroužku napiš ANO) nebo nepravdivá (napiš NE).

Zásobní látkou sinic je glykogen



Genetická informace sinic je uložena v jádře



Sinice se rozmnožují pouze nepohlavním způsobem



Sinice provádějí fotosyntézu



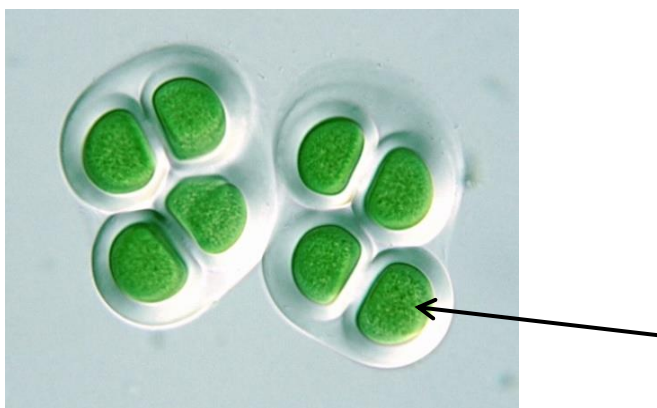
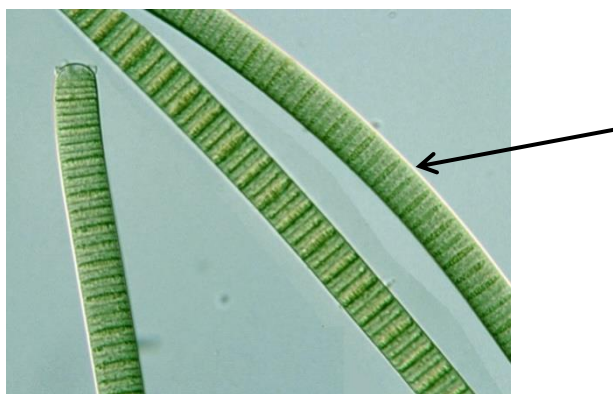
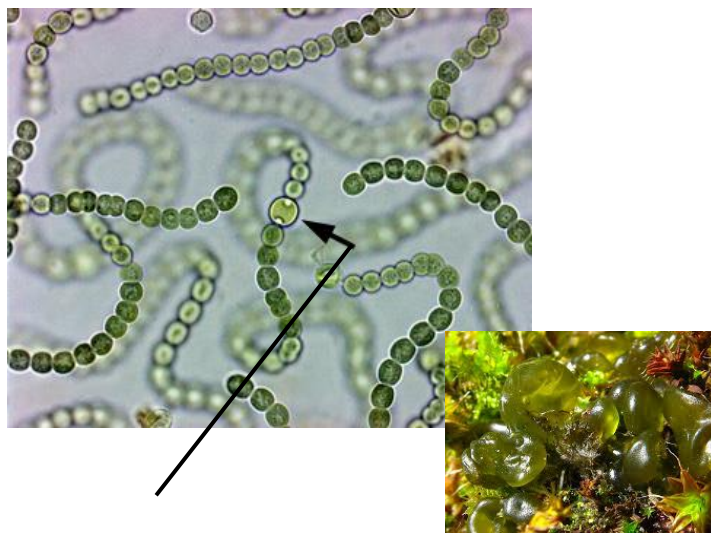
Existují i vláknité formy sinic



Sinice mohou mít negativní vliv na zdraví člověka



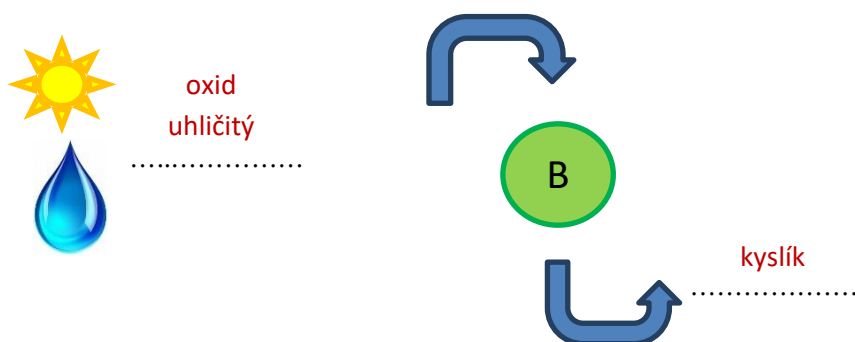
1. Pojmenuj sinici, uveď, zda je jednobuněčná/ mnohobuněčná, kde se vyskytuje, a popiš části označené šipkami.



Řešení pracovního listu:

PRACOVNÍ LIST-SINICE

6. **Fotosyntéza** (doplň) je děj probíhající v buňkách, které obsahují zelená barviva. Nezbytné pro tento děj je sluneční záření a voda. (Do obrázku napiš, jaké plyny vstupují/ vystupují z buňky při tomto ději).



7. Představ si, že jsi dostal za úkol vysvětlit několik slov, které se týkají sinic, do odborného slovníku. Zamysli se a zkus co nejvhodněji vysvětlit následující slova.
- Chlorofyl- zelené barvivo obsažené v zelených rostlinách, sinicích a některých řasách, které v průběhu fotosyntézy absorbuje energii světelného záření a využívá ji k syntéze sacharidů z oxidu uhličitého a vody.
 - Kolonie- organismy podobného nebo stejného druhu žijící na stejném místě, ve stejném prostředí pohromadě.
 - Cyanotoxiny - jedy produkované sinicemi. Zejména při přemnožení sinic mohou způsobovat problémy.

8. Uveď tři místa (typy prostředí), kde bychom mohli najít sinice.

např. slaná a sladká voda

.....

poušť, led, sníh

.....

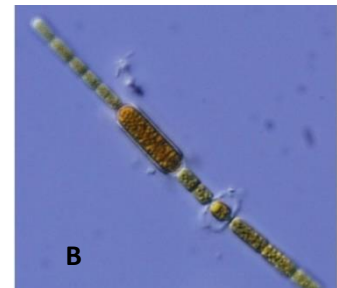
nárosty na tělech rostlin i živočichů

.....

9. Přřaď obrázek (A, B, C) ke vhodnému pojmu (1, 2, 3)

A2, B3, C4, D1

- (1) Vodní květ
- (2) Kokální forma
- (3) Akineta
- (4) Větvení (nepravé)



10. Rozhodni, zda jsou následující tvrzení o sinicích pravdivá (do kroužku napiš ANO) nebo nepravdivá (napiš NE).

Zásobní látkou sinic je glykogen

N

Genetická informace sinic je uložena v jádře

N

Sinice se rozmnožují pouze nepohlavním způsobem

A

Sinice provádějí fotosyntézu

A

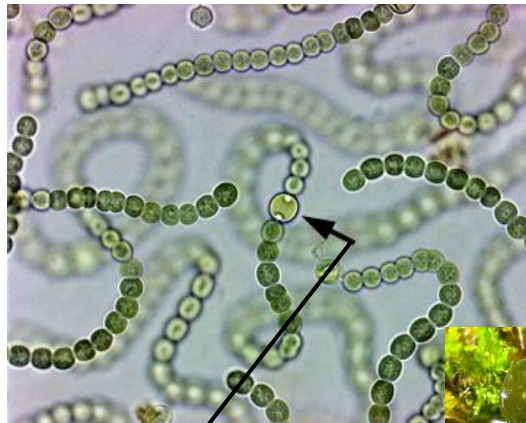
Existují i vláknité formy sinic

A

Sinice mohou mít negativní vliv na zdraví člověka

A

2. Pojmenuj sinici, uveď, zda je jednobuněčná/ mnohobuněčná a popiš části označené šipkami.



Nostoc/Jednořadka (mnohobuněčná)

heterocyt



buněčná stěna

Oscillatoria/Drkalka (mnohobuněčná)



Chroococcus (jednobuněčná)

cytoplazma