

**Univerzita Palackého v Olomouci**

**Přírodovědecká fakulta**

**Katedra botaniky**



**Aerofytické sinice Keni: štúdium morfolologickej variability**

**Diplomová práca**

**Bc. Michaela Sabelová**

Študijní program: Biológia

Študijní obor: Biológia – Geológia a ochrana životného prostredia

Forma štúdia: Prezenční

**Olomouc 2016**

**Vedúci diplomovej práce: Doc. RNDr. Petr Hašler, Ph.D.**

Prehlasujem, že svoju diplomovú prácu som vypracovala samostatne a to pod vedením doc. RNDr. Petra Hašlera, Ph.D. a s použitím literatúry uvedenej v zozname literatúry.

Olomouc 2016

-----  
Bc. Michaela Sabelová

**Pod'akovanie:**

Ďakujem najmä doc. RNDr. Petrovi Hašlerovi Ph.D. za vedenie mojej diplomovej práce, cenné pripomienky, za pomoc pri determinácii, ústretový prístup, poskytnutú literatúru a hlavne ďakujem za nové poznatky z oblasti síníc. Ďalej by som chcela poďakovať Mgr. Petrovi Dvořákovi, Ph.D. za pomoc pri vyhľadávaní ďalšej odbornej literatúry k tejto diplomovej práci. Taktiež ďakujem rodine a priateľom.

# **Bibliografická identifikácia**

**Meno a priezvisko autora:** Bc. Michaela Sabelová

**Názov práce:** Aerofytické sinice Keni: štúdium morfolologickej variability

**Typ práce:** Diplomová práca

**Pracovisko:** Katedra botaniky PŕF UP

**Rok obhajoby práce:** 2016

**Abstrakt:** Táto diplomová práca je zameraná na štúdium morfolologickej variability aerofytických siníc. Teoretická časť zahŕňa informácie o vláknitých siniciach z Afriky a z iných tropických oblastí, reprezentuje poznatky o vplyvoch rôznych faktorov na výskyt, morfológiu a reakcie na prostredie u siníc nachádzajúcich sa najmä na skalnatých povrchoch. V práci je zahrnutá aj geologická charakteristika a horninové jednotky oblasti. V praktickej časti sa nachádzajú metódy a výsledky experimentov zameraných na morfológické zmeny v závislosti na odlišných gradientoch živín, pomocou kmeňov *Leptolyngbya* sp., *Microcoelus vaginatus*, *Oculatella* sp., *Scytonema javanicum*, *Porphirosiphon* sp.

**Kľúčové slová:** aerofytické sinice, morfológická variabilita, faktory prostredia, geológia a životné prostredie

**Počet strán:** 90

**Počet príloh:** 2

**Jazyk:** Slovenčina

## **Bibliographical identification**

**Autor's first name and surname:** Bc. Michaela Sabelová

**Title:** Aerophytic cyanobacteria of Kenya: study of morphological variability

**Type of thesis:** Master

**Department:** Department of Botany

**Supervisor:** Doc. RNDr. Petr Hašler, Ph.D.

**The year of presentation:** 2016

**Abstract:** This master thesis focuses on study of morphological variability of aerophytic cyanophytes. Theoretical part covers information about filamentous cyanobacteria from Africa and other tropical areas as well as knowledge about influences of various environmental factors on their distribution, morphology and reactions to environment with emphasis on species dwelling on rocky surfaces, including geological characteristics and rock units of given area. In experimental part, there are recorded methods and results of experiments aimed on morphological changes due to different nutrition gradients using strains such as *Leptolyngbya* sp., *Microcoelus vaginatus*, *Oculatella* sp., *Scytonema javanicum*, *Porphirosiphon* sp.

**Keywords:** aerophytic cyanobacteria, morphological variability, environmental factors, geology and environment

**Numer of pages:** 90

**Numer of appendices:** 2

**Language:** Slovak

# Obsah:

<b>1. Úvod</b>	<b>7</b>
1. 1. Prírodné povrchy trópov a subtrópov	8
<b>2. Vlákňité sinice tropických oblastí</b>	<b>10</b>
2. 1. Sinice obývajúce skalnaté povrchy v tropických oblastiach	10
2. 2. Rod <i>Brasilonema</i> z tropických oblastí	14
2. 3. <i>Nostocales</i> z tropických stanovišť	17
2. 4. Nová tropická sinica odvodená od rodu <i>Pseudanabaena</i>	19
<b>3. Vplyv fyzikálne-chemických faktorov na rast a morfológickú variabilitu</b>	<b>21</b>
3. 1. Morfológicky definované druhy a ich taxonomické postavenie	21
3. 2. <i>Oculatella</i>	22
3. 1. Jaskynné aerofytické komunity na skalách mimo tropických oblastí	23
<b>4. Ciele práce</b>	<b>29</b>
<b>5. Materiál a metódy</b>	<b>30</b>
<b>5. 1. Geológia a životné prostredie Keni</b>	<b>30</b>
5. 1. 1. Geografické umiestnenie	30
5. 1. 2. Fyziogeografia	31
5. 1. 3. Prehľad horninových jednotiek Keni	31
<b>5. 2. Charakteristika oblasti Keni</b>	<b>35</b>
5. 2. 1. Klíma a podnebie	35
5. 2. 2. Vegetácia	36
5. 2. 3. Jazerá Baringo a Bogoria	37
<b>5. 3. Metodika práce</b>	<b>38</b>
5. 3. 1. Kultivácia kmeňov	38
5. 3. 2. Determinácia a hodnotenie morfológickej variability	38
<b>6. Výsledky</b>	<b>40</b>
6. 1. Izolované kmene a ich morfológická variabilita	40
<b>7. Diskusia</b>	<b>49</b>
<b>8. Záver</b>	<b>59</b>
<b>9. Literatúra</b>	<b>60</b>
<b>10. Príloha č.1</b>	<b>65</b>
Fotografie izolovaných kmeňov	
<b>11. Príloha č.2</b>	<b>71</b>
Učebný text, úlohy a praktické cvičenia pre stredné školy	

# 1. Úvod

Sinice sú fotoautotrofné organizmy, fylogeneticky sa nachádzajú medzi heterotrofnými baktériami a autotrofnými riasami. Pre svoj rast vyžadujú najmä svetlo, vodu, anorganické zlúčeniny uhlíka a minerály. Aj keď sú väčšinou spojené s vodou a vodným prostredím, tiež sa môžu vyskytovať vo veľkom počte aj na súši. Prvými organizmami, ktoré boli schopné fotosyntézy boli pravdepodobne sinice, ktorým sa vyvinul asimilačný pigment chlorofyl-*a*. Fotosyntézu siníc pri nízkej hladine osvetlenia sprostredkujú bielkovinové pigmenty (*c-fykoerythrin*, *c-fykocyanin* a *allofykocyanin*). U väčšiny druhov siníc fotosyntetické procesy vedú k uvoľňovaniu kyslíka a druhy žijúce v anaeróbných podmienkach, vyrábajú zlúčeniny síry ako zdroj elektrónov vo svetelnej fáze fotosyntézy.

Pokiaľ ide o vývoj, vek siníc sa odhaduje na 3,5 miliardy rokov. Patrí medzi pionierske organizmy, jedny z prvých obývajúcich povrchové materiály. Ich rozsiahla geografická distribúcia, druhová rozmanitosť a špecifické metabolické stratégie im dovoľujú prežiť v ťažkých stresových podmienkach. Jednou z týchto stratégií je vylučovanie a vonkajšia akumulácia polyméru slizu, predovšetkým polysacharidov, ktoré tvoria vrstvu na povrchu buniek s dvojakým cieľom: 1. ochrana a 2. uľahčuje interakciu s vonkajším prostredím. Sinice sú poikilohydrické organizmy, ktoré sú schopné indukovať a znižovať svoj metabolizmus v závislosti na obsahu vody. Táto vlastnosť je tiež dôvodom, prečo ich rast nie je obmedzený v nepriaznivých obdobiach sucha. Extracelulárne polysacharidy siníc majú schopnosť viazať a zadržiavať vodu, čo je veľmi dôležité pri ochrane proti dehydratácii.

Sinice môžu existovať v extrémne náročných podmienkach. Ich nezvyčajná odolnosť proti deficite vody a vysokým úrovniam UV žiarenia im dáva výhodu oproti mnohým ostatným organizmom na voľnom priestranstve. Odolnosť voči UV žiareniu, je spojená so syntézou ochranných pigmentov, ktoré vytvárajú farbisté kvety napríklad na stavebných povrchoch, ktoré znižujú estetickú hodnotu technického materiálu. Okrem toho, sinice majú veľkú toleranciu k vysokým koncentráciám solí (chloridov a síranov) a využívajú svetelnú energiu mimo dosah fotosynteticky aktívneho žiarenia (PAR). V závislosti na stupni vlhkosti a pH povrchu, hrúbky a farby povlakov a buniek, je ťažké správne určiť druh. Napríklad pigment *gloeocapsin* zvykne byť červenkastý pri  $\text{pH} \leq 6,5$  nad touto hodnotou zmení svoju farbu na fialovú a potom modrú. Škodlivé účinky siníc sú zvyčajne spojené s výrobou ochranných pigmentov, a majú za následok estetické zhoršenie povrchu budov. Sinice menia pôvodné mechanické vlastnosti materiálov, čím prispievajú k ich odstraňovaniu a rozpadu. Mikrobiálna flóra na stenách budov predstavuje komplexný ekosystém, ktorý sa vyvíja rôznymi spôsobmi,

v závislosti na podmienkach prostredia a fyzikálne-chemických vlastnostiach materiálov (Piontek a Lechów 2014).

### 1.1. Prírodné povrchy trópov a subtrópov

Tropické oblasti sú bohaté na exotické rastlinstvo a živočíšstvo, ktoré priťahujú najmä pozornosť vedcov na veľmi dlhú dobu. Skutočnosť, že väčšina biodiverzity "hotspotov" leží v trópoch (Myers et al. 2000) zdôrazňuje ich význam. Organizmy reprezentujúce biodiverzitu v každom klimatickom pásme, ako bolo preukázane aj u siníc. Tie vytvárajú variabilné spoločenstvá a hrajú dôležitú ekologickú úlohu na rôznych skalných a prírodných kamenných múroch v trópoch a subtrópoch. Dôležitosť siníc v trópoch a vysvetľujú zmeny v zafarbení, príklad Pedras Negras (tzv. čierny kameň) v Angole (Welwitsch 1868), ktorý ďalej zistil že toto zafarbenie bolo spôsobené rýchlym rastom sinice rodu *Scytonema*.

Na africkom kontinente, výskum terestrických siníc zo skalnatých a kamenných povrchov pokračoval analýzou a druhovou determináciou vzoriek z Angoly a čiastočne zo Sierra Leone (West a West 1897). Jeden druh, *Gloeocapsa rupestris*, bol krátko zmienený z tufových blokov v Mauritania (Harriet 1913). Veľké množstvo prác bolo vykonaných v prvej polovici 20. storočia Frémy, ktorý vyšetroval granitové a pieskovcové skaly v bývalej Francúzskej rovníkovej Afrika (Frémy 1924, 1929). Avšak, jeho výskum nebol obmedzený len na túto oblasť, tiež sa venoval siniciam na Madagaskare, kde bol popísaný aj nový druh *Entophysalis perrieri* (Frémy 1930). V druhej polovici dvadsiateho storočia, sinice (v staršej literatúre označované ako modro-zelené riasy) zo žulových blokov z oblasti Cameroon, ktoré pozoroval Zehnder (1953). Ďalej Hamblen (1964) preskúmal mikrovegetáciu skalnatých odkryvov, majúce charakteristickú čiernu a šedú farbu v západnej Nigérii, a objavil štyri druhy: *Tapinothrix janthina*, *Dichothrix bauieriana*, *Scytonema hofmannii* a *Desmonostoc muscorum*. Zatiaľ posledná práca bola vykonaná na Pobreží Slonoviny (západná Afrika), na tzv. inselbergoch (Büdel et al. 1997).

V Južnej Amerike, sa prvé štúdiá zaoberali výskumom z vlhkých ílovitých útesov a mokrých kameňov pozdĺž rieky Amazonky (Dickie 1881). Drouet (1957, 1967) publikoval niekoľko taxónov z vápencových a pieskovcových substrátov, vrátane Auyan-tepui (Venezuela). Neskôršie práce zaznamenali nielen prítomné druhy, ale tiež poznamenali, že väčšina siníc má farebné (žlto-červeno-hnedé) pošvy. Autori považovali tieto farebné pošvy za jeden z dôležitých prostriedkov pre prežitie v týchto náročných biotopoch (Golubic 1967; Büdel et al. 1994). Napríklad na Auyan tepui- *Gloeocapsa sanguinea* prezentovali červene zafarbené časti



skalnatých povrchov, zatiaľ čo *Stigonema panniforme*, *S. ocellatum*, a *Scytonema crassum* zas čierno-zelené zafarbenie (Büdel 1999). Lakatos et al. (2001) ukázal, že okrem farby pošvy, karotenoidov a schopnosťou meniť ich pomer (kantaxantin/ b-karotén) predstavujú dôležitú aklimatizáciu k slnečnému žiareniu. V poslednej dobe (Kaštovský et al. 2011) sa dôkladne skúmalo zloženie siníc na Roraima-tepui, medzi 44 odhalenými sinicovými druhmi, pričom boli dva novo popísané druhy zo skalnatých substrátov: *Entophysalis arboriformis* a *Albrightia roraimae*. Ďalšia časť Latinskej Ameriky, kde boli študované sinice obývajú tropický dažďový prales predstavuje lokalita na Francúzskej Guyane. Unikátne štruktúry biofilmov s vrstvami bola hlásená zo žulových skalnatých povrchov v juhovýchodnej Brazílii. Kým *G. sanguinea* a *Xenotholos kernerii*, boli prítomné v nižších vrstvách, vláknité formy ako sú *S. myochrous* a *Stigonema hormoides*, zas tvorili horné vrstvy (Büdel et al. 2002).

V Karibskej oblasti dva druhy: *Scytonema mirabile* a *Schizothrix cuspidata*, boli hlásené pred koncom devätnásteho storočia zo Západnej Indie (West a West 1894, 1899). Neskôr Gardner (1927) starostlivo analyzoval vzorky z Portorika a popísal niekoľko nových rodov a mnoho nových druhov siníc. Zoznam vláknitých siníc je taktiež k dispozícii z Jamajky, študované a určené Drouet (1942). Prvé štúdie aerofytických siníc obývajúce skalnaté povrchy v Kostarike boli zverejnené len nedávno (Mühlsteinová a Hauer 2013). Terestrické sinice z Bali, Ceylon, Java, Sumatra, Indonézia a Thajského zálivu boli študované a zaznamenané v prvej polovici dvadsiateho storočia (De Wildeman 1900; Gomont 1901; West a West 1902; Fritsch 1907; Weber-van Bosse 1913; Wille 1915; Geitler 1933). Napriek tomu, že kamenné substráty predstavovali iba malú skupinu skúmaných substrátov (Geitler, 1933). Bohužiaľ, nemáme viac súčasných štúdií o rozmanitosti siníc na skalnatých a kamenných substrátoch v týchto lokalitách. Výnimkou sú havajské ostrovy a Nová Guinea (Wille 1915, McGaughey 1918), kde prvýkrát boli zaznamenané sinice z hornín na Havaji. V poslednej dobe sa ďalšie nové druhy, *Scytonematopsis contorta* (Vaccarini a Johansen 2011) a *Fortiea laiensis* (Hauer et al. 2014), boli popísané z mokrého múru na Havaji. Výskum siníc na kamenistých substrátoch v Novej Guinei bola iniciovaná Frémy (1932), pokračoval Watanabe et al. (1979), a Hoffmanova štúdie na *Stigonema* (Hoffmann 1991). Nová Kaledónia bola zanedbávaná po dlhú dobu až do prvej štúdie terestrických siníc (Couté et al. 1999).

Ázia je kontinent s veľmi málo štúdiami flóry tropických alebo subtropických siníc z prírodných skál a kameňov. Schmidle (1900) opísal niekoľko nových druhov z oblasti okolo Bombaj. Oveľa neskôr, Watanabe a Komárek (1988, 1994) zdokumentovali druhy z Nepálu. Niekoľko štúdií bolo vykonané v Yunnan Stone Forest v Číne, kde autori opisujú nový druh a snažia sa pochopiť procesy zvetrávania (Tian et al. 2001, 2002, 2004).

## 2. Vlákňité sinice tropických oblastí

### 2. 1. Sinice obývajúce skalnaté povrchy v tropických oblastiach

Niektoré vlákňité sinice (modro-zelené riasy, prokaryota) patria k významným sladkovodným riasam na svete, z ktorých mnohé vytvárajú na povrchu vodnej hladiny tzv. vodné kvety. Okrem toho fixujú atmosférický k a sú súčasťou celkovej fixácie uhlíka (Fogg et al. 1973; Fay a Van Baalen 1987; Whitton a Potts 2000).

Zdanlivo nahé skalnaté povrchy, plne vystavené slnečnému žiareniu sa vyskytujú vo všetkých druhoch tropických biómov, vrátane hôr v Guayanskej vysočine z Južnej Ameriky (Huber 1995), "ostrovné hory" (tzv. inselbergry) v dažďových pralesoch, vo vlhkých suchých savanách (Büdel et al. 1997, 1999) a polopúšte (Büdel a Wessels 1991). Bližšie skúmanie takýchto skalnatých povrchov však odhalila aj vysoké množstvo siníc a lišajníkov žijúce v tomto drsnom prostredí (Welwitsch 1868; Fritsch 1907; Golubic 1967; Büdel 1987; Büdel a Wessels 1991; Sarthou et al. 1995; Büdel et al. 1994, 1997a, 1999; Seine et al. 1998).

Druhovú skladbu nájdená v podobe krúst a filmov vytvorených na skalách v trópech celého sveta sú uvedené v tabuľke č. 1. Kým údaje z Afriky a Južnej Ameriky sú dôveryhodné a zahrňujú výsledky nedávnych štúdií, existuje na druhej strane málo dát z Austrálie. Taktiež doteraz získané znalosti o siniciach z hornín tropických oblastí v Ázii sú veľmi chudé na tieto poznatky (Büdel et al. 1999). Stolová hora (Tepui)- stolové hory v Guayanskej vysočine na severe Južnej Ameriky patria k veľmi starým skalnatým útvarom (800-1600 milión rokov). Skalnaté povrchy stolových hôr sú charakteristicky čierne, čo naznačuje rozdielnu distribúciu sinicových biofilmov a krúst. Tieto krusty a filmy siníc v Auyan Tepui získali po daždi charakteristický farebný vzor, objavilo sa čierno-zelené zafarbenie na povrchu a červenkastá farba pozdĺž skalnatých plôch. Zodpovedajúce sinicové spoločenstvo bolo zložené z nasledujúcich druhov: *Chroococcus* sp., *Gloeocapsa sanguinea*. A zahrňovali aj vlákňité sinice: *Plectonema* sp., *Stigonema hormoides*, *S. ocellatum*, *S. panniforme* a *Scytonema crassum*. Práve v čierno-zelených zafarbených častiach dominovali vlákňité sinice: *Stigonema ocellatum*, *S. panniforme* a *Scytonema crassum*, zato v červenkastej časti dominovala *Gloeocapsa sanguinea*.

Inselbergry sú izolované skalnaté odkryvy, ktoré sa občas vyskytujú všade v trópech medzi rôznymi typmi vegetácie. Sú tvorené prevažne zo žuly, ruly, zriedkavo z pieskovca, predstavujú izolované vrchy so strmými svahmi nad úroveň zarovnaných povrchov (Lüttge 1997). Vo všetkých prípadoch štúdií predstavovalo zloženie krúst typickú zvláštnosť členov (bez heterocytov) rodu *Oscillatoriales*. To by mohlo byť spôsobené vysokým svetelným žiarením,

čo je charakteristickou črtou týchto otvorených skalnatých stanovišť. Výskyt ochranných opatrení pred svetlom, ako je intenzívne zafarbené pošvy neboli nájdené v *Oscillatoriales*, ale môžu byť predpokladom pre kolonizáciu takýchto extrémnych prostredí (Garcia-Pichel a Castenholz 1991). Jeden z mála členov *Oscillatoriales* majúcich farebné pošvy je rod *Schizothrix* (Jaag 1945, Golubic 1967). Na skalnatých povrchoch (žula, pieskovec) vykazovali rast rôznych kryptoendolitických siníc. Veľký systém bol popísaný pre suchú savanu v Severovýchodnom Transvaalu v Južnej Afrike (Weber et al. 1996). Okrem dominujúceho *Chroococciopsis* sp., bol prítomný aj vláknitý rozvetvený druh sinice *Nostochopsis lobatus* (Wood ex Bornet et Flahault) a vláknitý *Microcoleus* cf. *sociatus*. Z vláknitých siníc sú ďalej prítomné aj druhy: *Stigonema ocellatum* z Orinoco Lowland, Venezuela, *Stigonema panniforme* z oblasti Auyan Tepui, Guayanská vysočina, Venezuela a *Microcoleus vaginatus* z Utahu.

Sinice, ktoré žijú vo vnútri vápencových skál sú tiež veľmi dôležitým prvkom prílivových stanovišť (Radtke et al. 1997). Kolonizácia takýchto morských skalnatých povrchov (endolitických) môže byť veľmi rýchla (Perkins a Tsentas 1976; Potts a Whitton 1980). Typickými zástupcami predstavujúce marínne skalnaté povrchy: *Herpyzonema*, *Hormathonema Ercegovic*, *Scytonema*, *Solentia* a *Kyrtuthrix* v hornej hranici zón prílivu, zatiaľ čo *Mastigocoleus*, ktorý sa zvyčajne objavuje v prílivových zónach dolnej dranice. Hlavným rozdielom medzi pobrežiami imerných a tropických karbonátových pobreží spočíva v prítomnosti *dominantnej Herpyzonema intermedium* v tropických oblastiach (Hoffman 1985; Taton a Hoffmann 1999), zatiaľ čo v miernych oblastiach ako je Stredozemné more (Le Campion-Alsumard 1979) *Hyella balani* nikdy nemôže obsadiť prílivové zóny.

Skalnaté povrchy tropického Queenslandu v Austrálii, ktorému náleží ostrov Heron v Korálovom mori, kde bolo opísaných niekoľko vláknitých siníc. Dominantná sinica *Blennothrix* sp., druhy rodu *Calothrix* a to v podobe čiernych biofilmov, jednobunkové druhy *Entophysalis*, vláknité druhy bez heterocytov *Arthrospira* sp., neidentifikované členy rodu *Pseudanabaenaceae* a dva druhy rodu *Lyngbya*. "Čierny pás", bakteriálna choroba spôsobená *Phormidium corallyticum*, ktorá je predovšetkým rozšíreným javom nájdených na koralových útesoch (Richardson 1996). Epifytické sinice (najmä *Calothrix*, *Microchaete*, *Lyngbya*) sú prítomné na pelagickej chaluhe ako je *Sargassum* C. Agardh (Phlips et al. 1986), na bentických chaluhiach (Brouns a Heijs 1986; Klumpp et al. 1992; Hoffmann 1993), spolu s rozsievkami, Chlorophyta a Rhodophyta. Tieto epifytické spoločenstvá výrazne zvyšujú celkovú produktivitu (Moncrieff et al. 1992) a sú hlavným zdrojom potravy pre bezstavovcov (Klumpp et al. 1992; Mukai a Iijima 1995). Tropické oblasti sú tiež charakteristické endolitickými

spoločenstvami siníc (zahŕňajúce rody *Hyella*, *Solentia*), ktoré mali popísané napríklad z Bahamy, Florida a Arabského zálivu (Golubic et al. 1996).

Druhové zloženie vláknitých aerofytických siníc z juhovýchodnej Ázie (dažd'ového lesa) z lokality Cibodas, Západná Jáva. Všadeprítomný výskyt rias na epifytických stanoviskách, ako je stromová kôra, listy alebo holý povrch dreva obsahujúci charakteristický výskyt zelených rias alebo i siníc (Hoffmann 1989, Ettl a Gärtner 1995). Výskyt siníc z tejto lokality bol popísaný z kôry a tlejúceho dreva. tropických horských stanovišť. Okrem výskytu zelených rias tu dominovali aj sinice, ktoré predstavovali druhú najčastejšie sa vyskytujúcu skupinu.

Tieto sinice sa spoločne vyskytovali v otvorených priestoroch s vyššou intenzitou svetla, zatiaľ čo iné skupiny organizmov ako kokálne zelené riasy zas v uzatvorených lesných lokalitách. Z vláknitých siníc ju tvorili: *Nostoc* cf. *entophytum*, *Nostoc* cf. *punctiforme*, *Scytonema ocellatum*. Z inej lokality a to z tropických lesov v Singapore boli opísané tieto vláknité sinice, ktorých stanovište predstavovalo tiež drevo a kôru tropických lesov: *Leptolyngbya* cf. *cebennensis*, *Leptolyngbya* sp., *Nostoc* sp., *Phormidium* cf. *libidum*, *Scytonema* sp. Informácie o distribúcii ďalších rias a siníc je z týchto stanovišť veľmi vzácny, a väčšinou sa sústreďuje na opisy nových druhov, skôr než na rozmanitosť a dynamiku druhovej skladby (Neustupa a Šejnohová 2003; Neustupa 2004; Rindi et al. 2006a; Neustupa et al. 2007).

**Tab. č.1:** Druhová skladba siníc nájdená v podobe krúst a filmov vytvorených na skalách v trópoch celého sveta. (podľa Hambler 1964; Sarthou et al. 1995; Golubic 1967; Lang 1977).

Species	<u>Africa</u>	America	Australia
<i>Amphithrix janthina</i> Bornet et Flahault <sup>a</sup>	+		
<i>Calothrix gypsumphila</i> (Kützing ex Bornet et Flahault) Elenkin <sup>b</sup>		+	
<i>Calothrix parietina</i> Thuret ex Bornet et Flahault	+		
<i>Chroococcidiopsis</i> sp.	+	+	+
<i>Chroococcus turgidus</i> (Kützing) Nägeli <sup>b</sup>		+	
<i>Dichothrix baueriana</i> (Grunov) Bornet et Flahault <sup>a</sup>	+		
<i>Dichothrix</i> sp.	+		
<i>Doliocattella formosa</i> Geitler <sup>b</sup>		+	
<i>Entophysalis</i> sp.	+		
<i>Geitleribactron</i> sp.		+	
<i>Gloeocapsa biformis</i> Ercegovic <sup>c</sup>		+	
<i>Gloeocapsa</i> cf. <i>dermochroa</i> Nägeli	+		
<i>Gloeocapsa compacta</i> Kützing em. Golubic <sup>c</sup>		+	
<i>Gloeocapsa granosa</i> (Berkeley) Kützing <sup>b</sup>		+	
<i>Gloeocapsa itzigsohni</i> Bornet in Zopf <sup>b</sup>		+	
<i>Gloeocapsa montana</i> Kützing <sup>b</sup>		+	
<i>Gloeocapsa quaternata</i> (Brébisson) Kützing		+	
<i>Gloeocapsa sanguinea</i> (Agardh) Kützing em. Jaag	+	+	+
<i>Gloeocapsa</i> sp.	+	+	
<i>Gloeothece confluens</i> (Kützing) Nägeli <sup>b</sup>		+	
<i>Gloeothece palea</i> (Kützing) Nägeli <sup>b</sup>		+	
<i>Hapalosiphon fontinalis</i> Agardh ex Bornet <sup>b</sup>		+	
<i>Hapalosiphon luteolus</i> W. et G. S. West <sup>b</sup>		+	
<i>Nostoc muscorum</i> Agardh ex Bornet et Flahault <sup>a</sup>	+		
<i>Nostoc</i> sp.	+		
<i>Plectonema tomasinianum</i> (Kützing) Bornet ex Gomont	+		
<i>Porphyrosiphon kaernbachii</i> (Hennings) de Toni	+		
<i>Porphyrosiphon notarisii</i> (Meneghini) Kützing ex Gomont	+		
<i>Rivularia</i> sp.	+		
<i>Schizothrix</i> cf. <i>calicicola</i> Gomont		+	
<i>Schizothrix</i> cf. <i>rubra</i> Gomont	+		
<i>Schizothrix heufleri</i> Grunov ex Gomont em. Golubic <sup>c</sup>		+	
<i>Schizothrix lutea</i> Frémy		+	
<i>Schizothrix luteola</i> Sarthou, Thérézien et Couté <sup>b</sup>		+	
<i>Schizothrix purpurascens</i> Gomont	+		
<i>Schizothrix theleporoides</i> Gomont		+	+
<i>Scytonema amplum</i> W. et G. S. West		+	
<i>Scytonema crassum</i> Nägeli in Kützing ex Bornet et Flahault	+	+	
<i>Scytonema densum</i> (A. Braun) Bornet et Thuret ex Bornet et Flahault <sup>b</sup>		+	
<i>Scytonema guyanense</i> Bornet et Flahault		+	
<i>Scytonema hofmannii</i> Agardh ex Bornet et Flahault	+	+	
<i>Scytonema minus</i> (Schmidle) Lemmermann <sup>c</sup>		+	
<i>Scytonema multiramosum</i> Gardner	+	+ <sup>b</sup>	
<i>Scytonema myochrous</i> (Dillwyn) Agardh ex Bornet et Flahault em. Jaag	+	+	
<i>Scytonema ocellatum</i> Lyngbye ex Bornet et Flahault	+	+	
<i>Scytonema stuposum</i> (Kützing) Bornet ex Bornet et Flahault	+		
<i>Scytonema subcoactile</i> Jao <sup>b</sup>		+	
<i>Starria zimbabweensis</i> Lang <sup>d</sup>	+		
<i>Stigonema flexuosum</i> W. et G. S. West <sup>b</sup>		+	
<i>Stigonema hormoides</i> Kützing ex Bornet et Flahault	+	+	
<i>Stigonema mamillosum</i> Agardh ex Bornet et Flahault	+	+	
<i>Stigonema minutissimum</i> Borzi		+	
<i>Stigonema minutum</i> (Agardh) Hassall ex Bornet et Flahault	+	+	
<i>Stigonema ocellatum</i> (Dillwyn) Thuret ex Bornet et Flahault	+	+	
<i>Stigonema panniforme</i> Bornet et Flahault	+	+	
<i>Stigonema tomentosum</i> (Kützing) Hieronymus	+		
<i>Symphyonema sinense</i> Jao <sup>b</sup>		+	
<i>Symploca muscorum</i> (Agardh) Gomont			
<i>Xenococcus</i> sp.		+	

## 2. 2. Rod *Brasilonema* z tropických oblastí

Rozmanitosť siníc v tropických oblastiach, najmä čo sa týka extrémnych stanovišť so špecializovanými environmentálnymi podmienkami prostredia je stále nedostatočne známa. V subaerofytických miestach v tropických a subtropických lesoch juhovýchodnej Brazílii (Mata Atlântica), bol zistený špeciálny typ siníc, ktorý je fenotypovo podobný *Scytonema*, pričom rastú hlavne v charakteristických vzpriamených zväzkoch a so vzácnym nepravým vetvením. Po fenotypovo a molekulárnom vyhodnotení je tento druh odlišný od *Scytonema*, a nakoniec bol uznaný ako samostatný druh. Tento nový rod bol popísaný pod názvom *Brasilonema* (podľa Fiore et al. 2007). Patrí medzi zaujímavé príklady s kurióznou ekológiou. Druh *B. bromeliae* bol opísaný z ružíc bromélií, ďalšie druhy boli nájdené aj na kôre stromov a na vlhkých drevených, kamenných a železných podkladoch.

Stanovište *Brasilonema bromeliae*- vnútorná strana listu bromélií a na drevených podkladoch v skleníkoch, São Paulo, Brazília. Stanovište *Brasilonema epidendron*- subaerofytické alebo staré drevené substráty, Atlantický les. Stanovište- *Brasilonema octagenarum*- epifyt na listoch, stonkách a púčikoch *Eucalyptus grandis*, Minas Gerais State, Brazília. Lokalita *Brasilonema ornatum*- subaerofytická, na kôre stromov medzi machmi a lišajníkmi, Campos do Jordão, Brazília. Stanovište *Brasilonema roberti-lamyi*- aerofyt, Guadeloupe. Stanovište *Brasilonema sennae*- subaerofytické zvlhčené kamenné alebo železné substráty blízko prameňov, niektoré lokality sú známe z okolia Paranapiacaba, Brazília. Stanovište *Brasilonema terrestre*- subaerofytické, na betóne, Cardoso Island, Águas de São Pedro Village, Brazília.

Podľa výsledkov, sa tento rod v súčasnej dobe skladá zo siedmich taxónov, ktoré sú odlišné jak morfológiou tak aj ekologickými vlastnosťami (C. L. Sant'Anna et al. 2011). Podobnosť medzi jednotlivými morfotypmi je zvyčajne vyššia ako 96%. Avšak rôzne ekotypy sú odlišné podľa morfológických kritérií (viac tabuľke č.2), a výskyt rôznych stabilných morfotypov, ktorý sa opakuje v rôznych lokalitách. Na základe molekulárnych dát boli charakterizované *Brasilonema*, *B. bromeliae*, *B. sennae* a *B. octagenarum* (Fiore et al. 2007, Aguiar et al. 2008) a *Brasilonema terrestre*. Ostatné druhy (*B. epidendron*, *B. ornatum* a *B. roberti-lamyi*) sa morfologicky líšia od druhov *Brasilonema* rozmermi (šírkou vlákien a trichómami), sfarbením buniek (pomer pigmentu-fykobilinu), pošiev, a ekológiou (typy substrátov). Bežná výzdoba pošvy u *B. ornatum* je špecifická a jedinečná. Po prvý krát bola popísaná v Sant'Anna et al. (1983), v populácii *Scytonema stuposum* (Kützing) Bornet.

**Tab.č.2:** Fenotypový prieskum rodu *Brasilonema*. (podľa C. L. Sant'Anna et al. 2011).

	<i>B. bromeliae</i>	<i>B. epidendron</i>	<i>B. octagenarum</i>	<i>B. ornatum</i>	<i>B. roberti-lamyi</i>	<i>B. sennae</i>	<i>B. terrestre</i>
Width of filaments (µm)	15-17	(7)10.9-12(14)	9.8-18.5	20-23	12-18	10-20	12-17
Width of trichomes (µm)	14.4-16.8	(5.5)-8.2-10(11)	9.5-18.4	17-18		6-12.5	9-15
Morphology of sheaths	Thin, firm	Thin, firm	Thin, firm, later slightly lamellated	Thick, lamellated, ornamented	Thick, finely lamellated	Thin, firm, later lamellated	Thin, firm, slightly ornamented
Colour of sheaths	Colourless, rarely to yellowish-brown	Colourless	Colourless	Colourless	Colourless	Rarely colourless partly yellow-brown	Colourless to yellow-brown
Colour of cells	Greyish blue or brownish, olive-green, or violet	Bright blue-green	Brownish, olive-green, rarely violet	Dark blue-green	–	Blue-green or olive-green	Greyish-green or blue-green
Form of thallus	Free fascicles	Irregular erect fascicles	Mats to irregular fascicles, creeping fascicles.	Creeping fascicles	Mats to erect fascicles	Regular erect fascicles	Mats to irregular erect fascicles
Colour of thallus	Blackish-green to blackish violet	Dark green to black (dried)	Dirty-green, brownish or blackish-green	Greyish-green	–	Dirty green, brownish, or blackish-green	Dirty green
Heterocytes (µm)	Rounded or short cylindrical 4-19 × 15-16.8	Barrel-shaped to cylindrical (7)8-10(11.5) × 7-9	Discoid or ± cylindrical, 5.4-15.6 × 10-17.6	Discoid 3-6 × 17-18	Discoid to cylindrical	Cylindrical 6.8-15.4 × 10.2-11.2	Barrel-shaped to cylindrical 6-17 × 13-14
Ecology	Subaerophytic, epiphytic on living and dead leaves of bromelias (inside of leaf rosettes)	Subaerophytic, corticolous, on old wooden substrates in rainy forests	Epiphytic on leaves, stem and buds of <i>Eucalyptus grandis</i>	Subaerophytic, on bark of old trees among mosses and lichens	“Acrophytic”	Subaerophytic, edge of springs on wet wooden stony and iron substrates	Subaerophytic, on periodically wetted stony substrates
Distribution	Brazil (SP), São Paulo City, Paranapiacaba village	Brazil (SP), Paranapiacaba village, Parque Estadual Juréia-Itatins	Brazil (MG), Timoteo	Brazil (SP), Campos do Jordão	Guadeloupe	Brazil (SP), Paranapiacaba village	Brazil (SP), São Pedro village, Cardoso Island

V centrálnej oblasti Mexika, boli identifikované niektoré populácie, ktoré zdieľali niektoré charakteristiky s týmto novým rodom. V regióne Tolantongo, Hidalgo (Mexiko), boli zistené, populácie siníc, ktoré zodpovedajú popisu *Brasilonema* (Fiore et al. 2007), avšak vývoj trichómov a hormogonií nesúhlasia s diagnózou *Brasilonema*. Nové prístupy v taxonómii a zavedenie molekulárnych nástrojov podstatne zmenili taxonómiu siníc, čo vedie k novým rodom a druhom, definované na základe genetických a morfológických štúdií.

Okrem toho, tieto molekulárne nástroje potvrdili niekoľko predtým definovaných rodov siníc, vrátane tých na základe určitých morfológických a ekologických vlastností. Niektoré z nich boli tiež rozdelené do nových generických subjektov, ako napríklad *Brasilonema*.

Taxonómia siníc sa počas niekoľkých posledných desaťročí podstatne zmenila, čo viedlo k sérii zmien v tejto taxonómii (Castenholz 2001; Gugger et al. 2002; Gugger a Hoffmann 2004; Hrouzek et al. 2005; Willame et al. 2006, Komárek 2010). Týmto spôsobom bola definovaná rada nových rodov a druhov (Abed et al. 2002; Flechtner et al. 2002; Casamatta et al. 2006; Komárek 2010; Vaccarini a Johansen 2011). Klasifikácia niekoľkých rodov a čeľadí sa zmenila a bude sa aj naďalej meniť, pretože ich diagnostické charakteristiky sú prehodnotené (Flechtner et al. 2002; Komárek 2010). V poslednej dobe Fiore a spolupracovníci (2007), za použitia

morfológických a molekulárnych dôkazov, definujú nový rod v rámci čeľade *Scytonemataceae* s názvom *Brasilonema* Fiore a kol. (2007). Morfológicky má *Brasilonema* makroskopický rast, zložený z hustých zväzkov, izopolárnych vlákien, vzácné falošné vetvenie, mierne zaoblené apikálne bunky a izopolárny vývoj hormogónii (Fiore et al. 2007).

Počas floristických štúdií siníc v centrálnej oblasti Mexika, sa našlo niekoľko populácií, ktoré ukazujú vlastnosti rodu *Brasilonema*. Napriek tomu, tieto populácie prejavovali štruktúry trichómov a hormogónii iných vlastností, ktoré ho odlišujú od druhu *Brasilonema*. Na základe analýzy morfológických aj fylogenetických vlastností pomocou 16S rRNA nakoniec došli k záveru, že populácia skutočne patrí do *Brasilonema*. No však isté zmeny, ktoré táto skupina vykazovala, naznačuje, že by sa mala považovať za nový druh. Spomenutá lokalita Tolantongo (Mexiko), v ktorých bola nájdená populácia siníc obývala vápencové steny v blízkosti vodopádov.

Tieto štúdie vykazovali objavenie nového druhu a to *Brasilonema tolantongensis*. Porovnanie niektorých všeobecných a špecifických vlastností 5 druhov *Brasilonema*, zobrazené v tabuľke č.3. Analyzovali všetky druhy *Brasilonema*, a kmene z Tolantongo. Existuje niekoľko znakov, ktoré sa odlišujú od sledovaných populácií 1) vlákna a zrelé trichómy boli širšie; 2) hormogónie boli širšie ako trichómy; 3) hormogónie a mladé trichómy mali asymetrický rast; 4) hormogónie boli heteropolárne, s jedným bazálnym heterocytom, zatiaľ čo, druhý koniec bol zoslabený a mladé vlákna mali zúžené apikálne bunky.



**Tab.č.3:** Porovnanie niektorých všeobecných a špecifických vlastností druhov *Brasilonema*, podľa ( Fiore et al. 2007; Aguiar et al. 2008; Sant' Anna et al. 2011).

Characteristics	<i>B. bromeliae</i> <sup>1</sup>	<i>B. octagenarum</i> <sup>2</sup>	<i>B. senae</i> <sup>3</sup>	<i>B. roberti-lami</i> <sup>3</sup>	<i>B. epidendron</i> <sup>3</sup>	<i>B. ornatum</i> <sup>3</sup>	<i>B. terrestre</i> <sup>3</sup>	<i>B. tolantongensis</i> <sup>4</sup>
Thallus shape	Free fascicles	Mats of irregular, creeping fascicles	Erect, parallel, regular fascicles	Mats of erect fascicles	Erect, irregular fascicles	Creeping fascicles	Mats of erect, irregular fascicles	Mats of prostrated fascicles
Thallus color	Blackish-green to blackish violet	Dirty green, brown or blackish-green	Dirty green, brown or blackish-green	Greyish-black	Blackish-green to black	Greyish-green	Dirty green	Blackish-violet
Filament width (µm)	15-17	9.8-18.5	10-20	11-14 (18)	(7)10.9-12(14)	20-23	12-17	17-25, X = 21
Trichomes width (µm)	14.4-16.8	9.5-18.4	6-12.5	9.5-11.5	(5.5) 8.2-10 (11)	17-18	9-15	12.5-20, X = 17
Apical cells Shape	Not attenuated	Not attenuated	Not attenuated	Not attenuated; barreled rounded	Not attenuated	Not attenuated	Not attenuated	Not attenuated on adult trichomes; attenuated on young trichomes
Sheath morphology	Firm, thin, slightly lamellated	Firm, thin, later lamellated	Firm, thin, later lamellated	Thick, finely lamellated	Thin, firm	Thick, lamellated, ornamented	Firm, thin, slightly ornamented	Thin, firm
Sheath color	Colorless, sometimes greyish-yellow	Colorless	Greyish-yellow, sometimes colorless	Colorless to greyish-yellow	Colorless	Colorless	Colorless to greyish-yellow	Colorless
Cell color	Greyish-blue, brown, olive green or violet	Brown, olive green, occasionally violet	Bluish-green or olive green	Violet	Bright green-blue	Dark green-blue	Greyish-green or green-blue	Violet or brown
Heterocytes (µm)	4-19 × 15-16.8	5.4-15.6 × 10-17.6	6.8-15.4 × 10.2-11.2	11-13.5 × 10.5-13	(7)8-10(11.5) × 7-9	3-6 × 17-18	6-17 × 13-14	7-15.5 × 12.5-16.5
Calyptra	Present	Present	-	Absent	-	-	-	Present
Hormogonia growth	-	With basal heterocytes	-	With basal heterocytes and asymmetric growth initially	-	-	-	With basal heterocytes and growth largely asymmetrical
Hormogonia width (µm)	-	4.8-12.6	-	-	-	-	-	16.2-41.5, X = 23
Ecology	Subaerophytic and epiphytic, on live bromeliad and dead leaves	Epiphytic, on live and dead leaves, stems and buds of <i>Eucalyptus grandis</i>	Subaerophytic, on wet wood, stone or iron,	Aerophytic, on rocks and walls	Subaerophytic, on old wood in humid forests	Subaerophytic, on bark of old trees, among lichens and mosses	Subaerophytic, on occasionally wet rock	Subaerophytic, on walls near runoff
Distribution	Brazil, São Paulo city, Paranapiacaba village	Brazil, Timóteo	Brazil, Paranapiacaba village	Guadeloupe, French Antilles and Los Manantiales, Morelos	Brazil, Paranapiacaba village	Brazil, campos do Jordão	Brazil, São Pedro, Cardoso Island	México, Tolantongo, Hidalgo

## 2. 3. Nostocales z tropických stanovišť

Aerofytické sinice sa bežne vyskytujú na skalách, kmeňoch stromov a v pôde, ale rozmanitosť týchto organizmov je stále málo známa. Táto skupina je problematická vzhľadom na taxonomické usporiadanie a druhové vymedzenie najmä, keď berieme do úvahy tropické spoločenstvá. Príkladom z ktorého môžeme čerpať je výskum, pri ktorom bolo odobratých 20 vzoriek aerofytických siníc z 15 odlišných miest, ktoré boli zhromaždené pozdĺž tropického dažďového pralesa v oblasti São Paulo State (Brazília). Výsledky štúdií viedli k popisu 9 druhov siníc s pravým vetvením a to: *Spelaeopogon* (*Spelaeopogon sommierii*), *Hapalosiphon* (*Hapalosiphon* cf. *aureus*, *Hapalosiphon* sp.), a *Stigonema* (*Stigonema hormoides*, *S. informe*, *S. minutum*, *S. ocellatum*, *S. turfatum*, *Stigonema* sp.). Čo sa týka podobnosti vykonaných inými prieskumami, a to z iných geografických oblasti bola nízka. Tieto rozdiely by mohli byť adresované environmentálnym podmienkam na stanoviskách. Pravé vetvenie "nostokálnych"

siníc (*Stigonematales*) sú najviac vyvinuté prokaryota, čo sa týka organizácie stielky a diferenciácie buniek (Golubić 1976). Bežne sa vyskytujú na suchozemských typoch stanovísk a ich taxonómia je problematická, najmä ak sú v nej zahrnuté tropické spoločenstvá.

Konkrétne hodnoty (alebo rozsah) vybraných biologických parametrov z lokalít, kde boli nájdené druhy sú znázornené v tabuľke č.4. Hodnoty týchto parametrov boli variabilné, ale rozsah výskytu sa väčšinou prekrýval. Hodnoty pH sa pohybovali v rozmedzí od 4-5, ale dosiahli až 10; hodnoty vyššie ako 5 boli u natretých vápenatých tvrdých podkladoch (skaly alebo cementové obrubníky), na ktorých rástli niektoré populácie. Celkové hodnoty žiarenia sa pohybovali od 300-2740  $\mu\text{mol photons/m}^2/\text{s}$ , relatívna vlhkosť vzduchu bola zvyčajne vysoká, v rozmedzí od 60-92%, blízkosti rastlinnej hmoty boli hodnoty (62-94%). Tieto vzorky boli odobrané ako bolo vyššie uvedené z odlišných miest, kde bola popísaná následná morfológická charakteristika z jednotlivých odobratých lokalít.

*Hapalosiphon cf. aureus* (West a West 1897), táto populácia dobre odpovedá popisu *Hapalosiphon cf. aureus*, ale líši sa od kratšími bunkami a iným typom biotopu. *H. aureus* je známy z vodných biotopov, pričom obývajú stojaté vody, zatiaľ čo študovaná aerofytická populácia je známa z pôd tropického dažďového lesa. *Hapalosiphon sp.*, táto populácia sa podobá *Hapalosiphon welwitschii*, a to v priemere vlákna, avšak heterocyty sú u tohto druhu zriedkavé, ale predovšetkým postranné vetvy sú kratšie a zúžené.

*Stigonema hormoides* Bornet a Flahault 1887)- podľa literatúry je tento druh *S. hormoides* rozmiestnený jak pozdĺž tropických, tak aj v miernych oblastiach a jeho morfológické a metrické rozsahy sú široké.

*Stigonema minutum* (Bornet a Flahault 1886)- populácie označované ako *S. minutum*, sú zaznamenané v odlišných typoch klimatických podmienok, od miernych až tropických, dokonca aj polárnych oblastiach. V tomto prípade sa črtá nevyhnutné preskúmanie tohto druhu.

*Stigonema ocellatum* (Thuret ex Bornet a Flahault 1887)- v tomto prípade sa jedná o najčastejší zaznamenaný druh rodu *Stigonema*, údaje z literatúr udávajú kozmopolitnú distribúciu, ktorý sa vyskytuje vo veľmi odlišných typoch stanovísk. Rovnako tak morfológické a metrické rozsahy *S. ocellatum* sú pomerne široké (Geitler 1932). *Stigonema sp.*, táto populácia sa blíži *Stigonema hormoides*, avšak štruktúrou vlákna sa líši (cylindrické bunky v študovanej populácii a sférické bunky zvyčajne u *S. hormoides*).

S ohľadom na biogeografiu dva druhy rodu *Stigonema*: *Stigonema hormoides* a *S. minutum*, tiež zaznamenal Hoffmann (1986) a tento malý počet bežných druhov pravdepodobne súvisí s odlišnými klimatickými podmienkami. V porovnaní s údajmi predloženými (Couté et al. 1999), z Novej Kaledónie, je známych päť druhov (*Stigonema hormoides*, *S. minutum*, *S. ocellatum*,

*S. Informe* a *S. turfaceum*). Sant'Anna et al. (1991) zistili v malej jaskyni štyri druhy (*Spelaeopogon sommierii*, *Stigonema hormoides*, *S. minutum* a *S. ocellatum*). Niektoré príspevky do klasifikačného systému siníc (Komárek a Anagnostidis 2000, 2005, Hoffmann et al. 2005, Komárek 2006, 2010), zdôrazňujú brať do úvahy aj životné prostredie a geografickú charakteristiku a to hlavne v procese ich identifikácie.

**Tab. č.4:** Hodnoty vybraných biologických parametrov aerofytických siníc z lokality pozdĺž tropického dažďového pralesa v oblasti São Paulo State. (podľa Ferreira, Branco, a Kaštovský, 2013).

	n	AT	MT	ARH	MRH	Ir	Pir	pH	S
<i>Spelaeopogon sommierii</i>	1	*	*	*	*	*	*	*	rock
<i>Hapalosiphon cf. aureus</i>	1	19.6	19.9	85	90	110	29	5	soil
<i>Hapalosiphon</i> sp.	1	22.3	21.5	92	94	43	66	5	soil
<i>Stigonema hormoides</i>	9	21.1- 30.6	19.5-38.4	59-92	67-94	35-2740	2-100	4-5	rock, soil
<i>S. informe</i>	1	24.6	25.5	80	87	160	51	5	rock
<i>S. minutum</i>	4	21.9-27.7	19.5-36.0	55-86	62-89	14-1700	3-100	4-5	rock, soil
<i>S. ocellatum</i>	12	19.6-31.0	18.3-38.0	62-83	70-87	25-2740	5-100	4-10	rock, soil
<i>S. turfaceum</i>	5	21.8-27.7	20.0-23.9	74-90	75-93	3-330	5-48	4-5	rock, soil
<i>Stigonema</i> sp.	1	24.6	25.5	80	87	160	5	5	rock

(n= počet vzoriek so zaznamenanými druhmi, AT= teplota vzduchu (°C), MT= teplota rastlinnej hmoty (°C), ARH= relatívna vlhkosť vzduchu (%), MRH= relatívna vlhkosť v blízkosti rastlinnej hmoty (%), Ir= ožiarenia zmerané v blízkosti rastlinnej hmoty ( $\mu\text{mol}$  fotónov /  $\text{m}^2$  / s), Pir= percentuálny podiel žiarenia dopadajúceho na rastlinnú hmotu vo vzťahu k žiareniu v blízkosti nekrytého miesta (%), S= typ substrátu).

## 2. 4. Nová tropická sinica odvodená od rodu *Pseudanabaena*

Sinice sú jedným z najvýznamnejšími a najstaršími primárnymi producentmi schopné fotosyntézy a ktoré je možno nájsť takmer vo všetkých typoch prostredia od polárnych až tropických oblastí (Whitton a Potts 2000). Biodiverzita siníc bola študovaná najmä v miernych pásmach, čo je preukázané množstvom publikovaných článkov o diverzite siníc. Typickou je ukážka databázy Web of Knowledge, ktorá obsahuje 9066 dokumentov spojených s diverzitou siníc, z toho iba okolo 280 o diverzite tropických siníc. Navyše nové izoláty siníc získané z tropických biotopov často vedú k popisu nových taxónov (Fiore et al. 2007; Hašler et al. 2014; Vaccarino a Johansen et al. 2011). V taxonómii a v systematike siníc už dochádza k podstatným zmenám v dôsledku pracovných molekulárnych markerov (hlavne 16S rRNA). Jedna z hlavných obáv vyplýva z významného problému polyfyletických rodov.

Rod *Pseudanabaena* (Lauterborn 1915) je široko distribuovaný. Podľa Komárka a Anagnostidise (2005), *Pseudanabaena* reprezentuje vláknité sinice, bez heterocytov, bez pošvy, zvyčajne s tenkými trichómami (až 3,5 $\mu$ m) a často s apikálnymi bunkami, bez kalyptry. Tým sa členovia rodu *Pseudanabaena* sa líšia v tvare vrcholových buniek a prítomnosťou aerotopov, a dochádza k rozdeleniu rodu do troch podrodov (*Ilynonema*, *Skujanema*, *Pseudanabaena*). Pravdepodobne existuje niekoľko polyfyletických línií v rámci tohto morfortypu, a pravdepodobne ešte viac je záhadná kryptická diverzita (Acinas et al. 2009, Dvořák et al. 2014). Morfortotypy sa vyskytujú nie len v rámci monofyletických ale i v rámci polyfyletických rodov ako v tomto prípade, nemajú teda spoločného predka ale podobnosť v morfológii.

Tieto tzv. kryptické druhy v tomto prípade predstavujú určité problémy v taxonómii siníc. Kryptickým rodom alebo tzv. "cryptogenus" (Komárek et al. 2014), často pomenúvame kryptické taxony. Z ríše siníc boli v tejto štúdii popísane kryptické rody, a to z oblasti tropického jazera vo Vietname. Na základe fylogenetickej analýzy 16S rRNA bolo zistené, že pôvodne popísaná sinica *Pseudanabaena* cf. *galeata*, patrí do fylogeneticky vzdialenejšej línie teda, že rod *Pseudanabaena* je pravdepodobne polyfyletický. Dvořák et al. 2015 rozštiepili tento rod na dva a skúmané kmene popísali ako nový mono-špecifický rod a to s jedným druhom, z názvom *Pinocchia polymorpha*.

### **3. Vplyv fyzikálne-chemických faktorov na rast a morfológickú variabilitu**

#### **3. 1. Morfológicky definované druhy a ich taxonomické postavenie**

Taxonómia siníc bola počas 19. a 20. storočia založená výlučne na morfológii (Geitler 1932; Elenkin 1938; Desikachary 1959; Starmach 1966; Kondrateva 1968). A preto niektoré rody v tomto prípade naliehavo potrebujú revíziu (Komárek a Anagnostidis 1998; Komárek a Anagnostidis 2005). Túto situáciu komplikujú bakteriologické a botanické nomenklatorické pravidlá a systematické postupy (Stanier et al. 1978; Rippka et al. 1979; Castenholz 2001). Najprogresívnejšie systém využíva polyfázový prístup (Anagnostidis a Komárek 1985, Komárek a Anagnostidis 1986; Anagnostidis a Komárek 1988; Komárek a Anagnostidis 1989; Anagnostidis a Komárek 1990; Komárek 1994, 2003; Komárek 2011), ktorý zahŕňa súbor morfológických, ekologických a molekulárných znakov. Nedávne molekulárne údaje podporujú platnosť veľa rodov, napríklad *Planktothrix*, *Pseudanabaena* (William et al. 2006), *Microcystis* a *Spirulina* (Komárek 2003, 2010). No na úrovni druhu sú často nedostatočné morfológické, ekologické a molekulárne dáta pre spoľahlivé rozpoznanie druhu na úrovni diverzity. Avšak v posledných rokoch sa preukázala analýza génových sekvencií 16S rRNA, pri ktorej morfológická klasifikácia siníc v niektorých prípadoch zodpovedá fylogeneticky koherentným taxónom (Garcia-Pichel et al. 1996), v iných prípadoch potom tradičná klasifikácia drasticky podceňuje diverzitu (Ferris et al. 1996).

Použitie morfológických a ekologických údajov nestačia na opis reálnej biodiverzity siníc. Samotná morfológia často nie je vyriešená na úrovni druhu, pričom úplne ignoruje kryptické druhy (Johansen a Casamatta 2005; Hašler et al. 2012). Druhy siníc boli rozlíšené na základe podobnosti morfológických markerov, ktoré môžu byť veľmi subjektívne. A čo viac, niektoré morfológické znaky, ako je tvorba plášťa alebo v prítomnosti heterocytov, môže viesť k strate v kultúrach. Napríklad *Microcoleus vaginatus*, ktorý sa zvyčajne nachádza v aerofytických stanovištiach ako sú pôdne chrasty, má viac vlákien uzavreté v spoločnej pošve. Avšak kmene, ktoré boli izolované z epipelonu (jemné jemnozrnné sedimenty) nevytvárajú žiadne pošvy v prírode alebo kultúre. Analýza morfológie, 16S rRNA na základe fylogenézy a 16S-23S ITS sekundárna štruktúra odhalila veľmi úzke vzťahy s pôdnou krustou, kmeňov *M. vaginatus* (Hašler et al. 2012). Tieto nové charakteristiky, tak umožnili výskumníkom rozpoznať jemnejšie rozdiely, čo vedie k myšlienke kryptickej speciácie (Boyer et al. 2001; Siegesmund et al. 2008; Komárek 2010, 2011; Hašler et al. 2012). Kryptické taxóny sú nerozpoznatelné iba

pomocou morfológických znakov, ale vďaka molekulárnej analýze. Zrovna tak boli tieto kryptické druhy zistené takmer u všetkých tradičných rodov (Komárek 2010), ako sú nárastových siníc

*Microcoleus* (Siegesmund et al. 2008), *Oculatella* (Osorio-Santos et al. 2014), *Trichocoleus* (Mühlsteinová et al. 2014) a *Phormidium* (Casamatta et al. 2003; Hašler et al. 2012). Je potrebné poznamenať, že rod *Oculatella* sa skladá zo 7 kryptických druhov (Osorio-Santos et al. 2014), ktoré boli vyrieši na základe 16S-23S ITS sekvencie. Preto väčšina nedávnych taxonomických revízií používa kombináciu morfológických, ekologických a genetických pozorovaní, označovaný ako polyfázový prístup (Castenholz 1992; Castenholz a Norris 2005; Komárek 2003, 2010; Komárek et al. 2014).

16S rRNA sekvenovanie a pokroky vo fylogenetickej rekonštrukcii umožnili výskumníkom využiť evolučne poňatie druhu (podľa Simpson 1953). To umožnilo ďalšie odvodené druhové pojmy, ako sú monofyletické poňatie druhu. Odvodený rys jedinečný len pre konkrétny taxón Johansen a Casamatta (2005) charakterizujú tzv. autapomorphy. Najvýznamnejšou výhodou monofyletického poňatia druhu je všeobecná použiteľnosť pre nepohlavné organizmy. Avšak, to by mohlo byť problematické, keďže monophyletická línia nemá dostatočnú morfológickú, ekologickú alebo fyziologickú diferenciáciu. Okrem toho, pojem monophyletický druh nie je prijatý do Medzinárodného kódexu pre nomenklatúru baktérií.

### **3.2. *Oculatella***

Jeden rod, ktorý je v poslednej dobe oddelený od *Leptolyngbya* je *Oculatella* (Zammit, Billi a Albertano 2012). Morfotyp tohto nového rodu, bol prvý krát popísaný v literatúre od Albertano a Grilli-Caiola (1988), objavený bol aj v Komárek a Anagnostidis (2005) ako *Leptolyngbya* Albertano/ Kováčik-red.

Rod *Leptolyngbya* bol najprv popísali Anagnostidis a Komárek (1988), tie zahrňovali niekoľko druhov vláknitých siníc, starých tradičných rodov *Lyngbya*, *Phormidium*, *Plectonema*. Avšak u rodu *Leptolyngbya* bolo preukázané, že je polyfyletický (Albertano a Kováčik 1994; Komárek a Anagnostidis 2005), a to tým, že obsahuje sinice s odlišnou evolučnou históriou (Taton et al. 2003; Casamatta et al. 2005). Na základe genu 16S rRNA z niekoľkých ďalších kmeňov *Leptolyngbya*, boli izolované druhy z prostredia púšti, morských a sladkovodných vôd (Wilmotte a Herdman 2001). Fylogenetické analýzy z nich ukázali, že rod *Leptolyngbya* by mal byť rozdelený do niekoľkých druhov (Casamatta et al. 2005; Komárek a Anagnostidis 2005).

Tento rod je v skutočnosti odlišný od všetkých ostatných rodov v rámci *Pseudanabaena*, ktorá je založená na prítomnosti rodopsínu-červených inklúzií v apikálnych bunkách (Albertano et al. 2000). Jednotlivé druhy rodu *O. subterranea* (Zammit, Billi a Albertano), sa vyznačujú tiež podzemnými typmi biotopov Albertano a Grilli-Caiola 1988; Zammit et al. 2008a, 2008b, 2009, 2011; Martinez a Asencio 2010) a červenkastou farbou spôsobenú v dôsledku vysokých koncentrácií fykoerytrinu. V súčasnej dobe, bol taxón objavený zo stredomorských krajín (ako je Taliansko, Španielsko, Malta a Izrael).

Výskumom tohto kmeňa, boli izolované vzorky z nepodzemných biotopov, kde tieto kmene majú červenkasté škvrny v apikálnych častiach buniek, ale sú modrozelenej farby. Jedna z týchto foriem bola potom následne označená ako *Leptolyngbya* sp.4 (Flechtner et al. 2008), iné kmene *Oculatella* boli zozbierané z vulkanických pôd z Grécka, Hafnersee (jazero v Rakúsku), z vodopádu v Utahu (USA), jaskýň z oblasti Hawai, a púštňných pôd v Atacame, Mohavská púšť a ďalej oblasť v Colorado Plateau. Všetky kmene boli izolované v Z-8 médiu (Kotai 1972). Všetky kmene boli charakterizované mikroskopicky, podrobne merané a dobre preskúmané s vysokým rozlíšením.

Ďalší výskum fenotypovej a genotypovej variability bol z oblastí Ríma a Talianska, Rabatu, Malty. Všetky kmene z oblasti Malty boli fenotypovo jednoduché, pozostávali z dlhých vlákien a buniek, ktoré boli obklopené bezfarebnou puzdrom/ pošvou, ktoré boli niekedy otvorené na oboch koncoch. Priemer vlákien bol približne 1-3  $\mu\text{m}$ . Pošvy boli priehľadné, tenké a niekedy dvojvrstvové s fibrilárnou štruktúrou. Trichómy cylindrické z pretiahnutými bunkami a konstirkciou na bunkovej stene. Bunky s gram-negatívnymi bunkovými stenami boli 1-2  $\mu\text{m}$  široké a 1,5-2  $\mu\text{m}$  dlhé. Trichómy mali apikálne bunky zaoblené alebo zaoblene-kónické s oranžovou škvrnou na špičke.

### **3. 3. Jaskynné aerofytické komunity na skalách mimo tropických oblastí**

Aj napriek nedostupnej literatúre o faktoroch pôsobiacich na morfológickú variabilitu aerofytických siníc a zvlášť z tropických oblastí sa v tejto kapitole odrazím aj od výskumov, ktoré opisujú výskyt siníc z jaskynných prostredí a to mimo tropické pásmo.

Mnoho bunkových procesov fytoplanktónu sú závislé na teplote, a ich intenzita sa zrýchľuje exponenciálne a to so zvyšujúcou sa teplotou, pričom maximálne hodnoty sa vyskytujú v rozmedzí 25 a 40°C (Reynolds 1984). Fotosyntetická intenzita a špecifická maximálna intenzita na rast rôznych druhov rias ako odpoveď na teplotu môžu zabezpečiť aj ďalšie faktory, ako je osvetlenie a živiny (Reynolds 1984). Z prehľadu dostupnej literatúry o vplyvu teploty na rast

rias (Canale a Vogel 1974) dospeli k záveru, že vysoká teplota zvyšuje intenzitu rastu, a to u širokej skupine fytoplanktónu. Druhovo špecifické reakcie sú však veľmi variabilné. (Reynolds 1984).

Jaskyne sú jedným z extrémnych prostredí, ktoré sa všeobecne vyznačujú nízkym množstvom živín (Pedersen 2000). Tieto nízke vstupy živín sú limitujúcim faktorom pre mnoho skupín organizmov, aj keď niektoré druhy ako sú riasy, je tento typ prostredia stále vhodný pre ich kolonizáciu a rast. V jaskyniach, riasy možno nájsť ako na vodných plochách (Kuehn et al. 1992; Sanchez et al. 2002) a tiež na xerofytických habitatoch (Golubić 1967; Dobat 1970). Mnoho plôch, či už sedimenty, skalnaté povrchy, jaskyne, alebo umelé povrchy sú kolonizované riasami. Rovnako tak bolo publikované zloženie riasových spoločenstiev z ďalších dvoch aerofytických habitatoch, jaskýň zo stomatolitických stalagmitoch a stalaktitoch, kde v tomto prípade je rast zvýšený uhličitanovým zložením podporovaný sinicami voči slnečnému žiareniu (Mulec et al. 2007). Vývoj aerofytickej vegetácie je ovplyvnená svetlom, teplotou, vysokou relatívnou vlhkosťou (dosahujúca 100%), alebo infiltračnou vodou, a charakteristikou substrátu (Golubić 1967; Martincic et al. 1981; Chang a Chang-Schneider 1991). V osvetlených častiach jaskynných vchodov prevažujú sinice (Palik 1964; Golubić 1967; Buczkó a Rajczy 1989; Vinogradova et al. 1995, 1998; Asencio a Aboal 2000). Stanovený poznatok v tomto prípade bol, že svetlo je kľúčovým faktorom, ktorý ovplyvňuje zonáciu siníc vo vchode do jaskýň (Vinogradova et al. 1998). Výskum z jaskyne-Škocjanske jame (doslova Škocjanské jaskyne), ktorý reprezentuje systém vápencových skál na juhovýchode Slovinska. Z tejto oblasti boli indentifikované 59 taxónov rias. Vyšší počet identifikovaných taxónov prináležiaci do *Oscillatoriales* v porovnaní s *Nostocales* potvrdili, že toto jaskynné prostredie je vystavené len nízkej hustote fotonového toku (tabuľka č.5). A práve sinice z rádu *Oscillatoriales* sú lepšie prispôsobené konštantným nízkym úrovniám ožiarenia, než *Nostocales* (Albertan et al. 2000).

Vzorky boli odobrané z rovnakých miest pre stanovenie hodnôt Chl *a* z epilimtických rias, ktoré sa pohybovali v rozmedzí od 0,14 do 1,71  $\mu\text{g cm}^{-2}$ . Avšak neexistuje žiadna korelácia medzi žiarením a Chl *a*, ako aj medzi počtom taxónov rias a koncentráciou Chl *a*. Ak vezmeme do úvahy len sinicovú zložku zistilo sa, že so zvyšujúcou sa intenzitou ožiarenia sa počet kokoidných siníc znižovať nebude. Identifikovaných bolo 60 taxónov rias v lampenflóre, z ôsmich sprístupnených jaskýň. Sinice boli najhojnejšie (47%) a následne *Chlorophyta* (30%) a *Chrysophyta* (23%). Istý rozdiel medzi Chl *a* bol medzi dvoma typmi mikrostanovišť, prvé stanovište reprezentuje lampenflóra rias, ktorá preukázala vyššie hodnoty (max. 2,44  $\mu\text{g cm}^{-2}$ ) v porovnaní s riasami u jaskynného vchodu (max. 7,71  $\mu\text{g cm}^{-2}$ ). Tento rozdiel možno



vysvetliť vzhľadom k odlišným svetelným režimom v oboch typoch (meniaca sa kvalita svetla a úroveň žiarenia počas dňa vo vchode do jaskyne), odlišné intervaly osvetlenia, rôzna vlhkosť a rôzne druhové zloženie. Všeobecne povedané, oblasti okolo lúčov sú viac stabilné podmienky (Matthes-Sears et al. 1997). Tieto výsledky ukazujú, že svetlo nie je jediným faktorom pre vysoké alebo nízke biodiverzity rias. Aj niektoré zložky vápencového substrátu riadia alebo obmedzujú kolonizáciu rias. Najmä v karbonatových horninách je niekoľko rôznych stopových prvkov, ktoré môžu byť nájdené vo významných koncentráciách: Al, Ba, Cd, Co, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Si, Sr, Ti, U a Zn (Morse a MacKenzie 1990). Zistené bolo aj to, že riasy pri kolonizácii dávajú prednosť špecifickým substrátom (Tomaselli et al. 2000). Avšak, mali by sme vziať do úvahy, že v jaskyniach rôzne látky v presakujú a kvapkajúca voda môže ovplyvniť najmä rast rias. Fyziologické adaptácie rias v jaskynných podmienkach nie sú dobre preštudované. Ak je svetlo limitujúce pre rast rias zvyšuje sa obsah Chl *a*, a klesá v prípade, keď nie je svetlo limitujúce (Meeks 1974). Na základe týchto skúseností z jaskýň, väčšina rias rastie všeobecne pri fotónovom toku oveľa nižšom, než je hodnota saturácie a dokonca nižší, než je kompenzačný bod. Rozsievky a sinice majú priemerný kompenzačný bod medzi 5 a 6 a zelené riasy pri teplote 21  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (Hill 1996).

Iné ekologické podmienky v šiestich sprístupnených jaskyniach, ktoré poukazujú na výskyt siníc a riasových nárastov „lampenflóry“ sú známe aj zo Slovenska. Toto označenie prezentuje označenie vegetácie pre cyanobaktérie, riasy, machosrpy, paprad'orasty. Vyskytuje sa najmä v umelo osvetlených jaskyniach, na substrát pôsobia deštruktívne tvorbou organických kyselín (Hebelka 1989). Prenos spór a buniek do jaskyne či už sa jedná o prievan, podzemné toky, živočichy ale i návševnosť predstavujú sekundárny jav, ktorý zabezpečuje výskyt lampenflóry v jaskyniach.

Zistených bolo celkovo 26 taxónov. Najväčšie zastúpenie mali zelené riasy (16 taxónov), pričom dominovali kokálne typy (13). Zvyšok tvorili vláknité typy cyanobaktérií (5 taxónov) a rozsievky (5). Z jaskýň sa jednalo o Beliansku, Bojnickú hradnú, Bystrianskú, Gombaseckú, a jaskyne Domica a Driny. Čo sa týka ekologických podmienok v týchto jaskyniach si následne objasníme. Nižšia teplota a pomerne vysoká relatívna vlhkosť vzduchu sú klimatickým špecifikom, teplota vzduchu v jaskyniach je pomerne stála tam, kde nedochádza k prúdeniu vzduchu v jaskyniach. V slovenských sprístupnených jaskyniach teplota vzduchu spravidla nepresahuje +10°C (okrem jaskyne Domica, kde teplota kolíše medzi 10,2–11,4°C) a relatívna vlhkosť vzduchu sa pohybuje nad 90% (Bella 1997). Všetky determinované taxóny sa vyskytovali na mierne vlhkých substrátoch vo vzdialenosti od zdroja svetla 20 cm až 2–3 m. Jedine v Belianskej jaskyni to bolo na dvoch miestach do 5 m a dvoch do 10 m od zdroja svetla.

Zo siníc to boli najmä zástupcovia-Stigonematales: *Leptolyngbya* sp. (Belianska jaskyňa), *Leptolyngbya* sp. (Belianska, Bojnická hradná, Gombasecká jaskyňa), *Leptolyngbya* sp., (Belianska jaskyňa), *Leptolyngbya* sp., (Belianska jaskyňa); Nostocales: *Nostoc* sp. (Gombasecká jaskyňa).

Výsledky publikované aj z Českej republiky, Maďarska, Rakúska prezentujú rovnako ako v slovenských jaskyniach predovšetkým pôdne typy cyanobaktérií a rias. V Javoříčských a Mládečských jaskyniach, Kateřinskej jaskyni na Morave boli zistené taxóny totožné s fykoflórou slovenských jaskýň- *Pseudococcomyxa simplex*, *Stichococcus bacillaris* a *Klebsormidium flaccidum*. V Kateřinské jaskyni sa vyskytovali i bližšie nedeterminované druhy rodov *Nostoc* sp. a *Leptolyngbya* sp. (Kaštovský 1995, Kubešová et al. 2002). V maďarských jaskyniach (Baradla, Lilla-füred, Kölyuk a Ördöglyuk) boli zhodné výskyty druhov *Navicula contenta*, *Hantzschia amphyoaxis* a *Stichococcus bacillaris* (Claus 1964, Komáromy 1977, Komáromy et al. 1985). V rakúskej jaskyni Hermannshöhle to boli podobne *Navicula contenta*, *Muriella terrestris* a *Stichococcus bacillaris* (Schagerl 1991).

**Tab. 5.5:** Zloženie siníc s ohľadom na koncentráciu Chl *a* a fotosynteticky aktívneho žiarenia z Škocjanské jaskyne. (Mulec, Kosi a Vrhovšek 2008).

Species\ Photosynthetic active radiation ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	Sampling site																					
	0.14	0.20	0.49	0.56	0.94	0.61	0.37	1.71	1.34	0.54	0.51	0.93	0.37	0.32	0.57	0.14	0.95	0.81	1.87	0.93	0.21	0.50
Chl <i>a</i> ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ )	0.30	0.27	0.28	0.24	0.21	0.31	0.11	0.90	0.10	0.80	0.40	0.70	0.20	0.06	0.57	0.45	0.51	0.48	0.11	0.75	0.41	1.96
<b>PROKARYOTA</b>																						
<b>CYANOPHYTA</b>																						
<i>Aphanocapsa</i> sp. Nägeli	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Aphanocapsa muscicola</i> (Meneghini) Wille	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Aphanothece castagnei</i> (Brébisson) Rabenhorst	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chondrocystis dermochroa</i> (Nägeli) Komárek et Anagnostidis	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	+	-	-
<i>Chroococcus</i> sp. Nägeli	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
<i>Chroococcus helveticus</i> Nägeli	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-
<i>Chroococcus lithophilus</i> Ercegović	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Chroococcus minutus</i> (Kützing) Nägeli	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Chroococcus montanus</i> Hansgirg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Chroococcus varius</i> A. Braun in Rabenhorst	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chroococcus turgidus</i> (Kützing) Nägeli	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Cyanothece aeruginosa</i> (Nägeli) Komárek	-	-	-	+	-	-	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Geitleria calcarea</i> Friedmann	-	-	+	+	+	-	-	+	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-
<i>Gloeocapsa</i> sp. Kützing	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-
<i>Gloeocapsa aeruginosa</i> Kützing	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	+
<i>Gloeocapsa atrata</i> Kützing	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	+	-
<i>Gloeocapsa kuetzigiana</i> Nägeli	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Gloeocapsa rupestris</i> Kützing	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-
<i>Gloeocapsopsis</i> sp. Geitler ex Komárek	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Gloeocapsopsis pleurocapsoides</i> (Nováček) Komárek et Anagnostidis	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gloeothece palea</i> (Kützing) Rabenhorst	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-
<i>Gloeothece rupestris</i> (Lyngbye) Bornet, in Wittrock et Nordstedt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-

## Pokračovanie tabuľky č.5

<i>Leptolyngbya foveolarum</i> (Rabenhorst ex Gomont) Anagnostidis et Komárek	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.
<i>Leptolyngbya fragilis</i> (Gomont) Anagnostidis et Komárek	.	.	.	.	+	+	.	+	.	+	+	+	.	+	+	.	+	+	+	.	.	.	
<i>Leptolyngbya gracillima</i> (Zopf ex Hansgirg) Anagnostidis et Komárek	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Leptolyngbya perelegans</i> (Lemmermann) Anagnostidis et Komárek	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.
<i>Leptolyngbya schmidlei</i> (Limanowska) Anagnostidis et Komárek	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Leptolyngbya tenuis</i> (Gomont) Anagnostidis et Komárek	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
<i>Lyngbya</i> sp. C. Agardh ex Gomont	+	.	+	+	.	.	+	+	+	+	+	+	+	.	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Lyngbya attenuata</i> Fritsch	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Nostoc minutum</i> Desmaz ex Born	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
<i>Oscillatoria</i> sp. Vaucher ex Gomont	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	+	.	.	.	+	.	.	.	.	+	
<i>Oscillatoria subbrevis</i> Schmidle	.	.	.	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Phormidium inundatum</i> Kützinger ex Gomont	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Planktolyngbya limnetica</i> (Lemmermann) Komárková- Legnerová et Cronberg	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Plectonema</i> sp. Thuret ex Gomont	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	+	.
<i>Pseudophormidium tenue</i> (Thuret ex Gomont) Anagnostidis et Komárek	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Scytonema</i> sp. Agardh	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.
<i>Scytonema hofmanni</i> Agardh	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Synechococcus elongatus</i> Nägeli	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Synechocystis</i> sp. Sauvageau	+	+	.	+	+	+	+	+	+	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.

## **4. Ciele práce**

1. Kultivácia vzoriek aerofytických siníc získaných na území Keni.
2. Hodnotenie morfolologickej variability kultivovaných vzoriek a kmeňov, vrátane testov gradientu živín.
3. Diskusia získaných dát s dostupnou literatúrou.

## **5. Materiál a metódy**

### **5. 1. Geológia a životné prostredie Keni**

Jedinečnosť Keni spočíva v životnom prostredí ale hlavne jej geografickej polohe, rozsahu nadmorských výšok a čo je možno dôležitejšie je veľký riftový systém. Africké priekopové prepahliny, systémy riftov, tektonických zlomov by sa dal rozdeliť na Afarský trojuholník (Afars triangle), Východoafrický priekop (Great Rift Valley) a Stredoafrický priekop (Western Rift Valley), (<http://www.afrikaonline.cz>).

Krajina zobrazuje každý aspekt životného prostredia a geologických fenoménov- seizmicita, vulkanická činnosť, vplyv ťažby, spracovanie nerastných surovín a geotermálnej energie, rozvoj zdrojov, erózia pôdy, dezertifikácia, znečistenie vody, vzduchu, pôdy a pod. Čo sa týka množstva takýchto údajov o týchto témach už existujú, ležia však rozptýlené v rôznych časopisoch, z ktorých tieto údaje nie sú ľahko dostupné pre výskumných pracovníkov v oblasti životného prostredia a krajinných projektantov (Mathu a Davies 1997).

Výskum geológie a životného prostredia v Keni sa zameriava na riešenie problémov, ktoré sa týkajú povrchových a podzemných vôd, geohazardov územného rozvoja. Aj napriek rýchlemu nárastu v oblasti výskumu je pozorovateľné zrýchľovanie degradácie životného prostredia. Tieto javy a následne aj procesy môžu často súvisieť s krajinnou geológiou a geografiou krajiny v ktorých zase prevládajú priekopové prepahliny. Jedná sa o 50-70 km širokú priepasť rozširujúcu sa na juh od jazera Turkana a prehĺbuje sa 6-900 m pod okolitú krajinu.

Keňa je krajina veľkej rozmanitosti a to hlavne v regionálnom zmysle. Takmer v blízkosti rovníka je možné pozorovať ľadovcové vrcholy ako je Mount Kenya. Predstavuje vrchol s vulkanickou činnosťou, ktorá bola spojená so vznikom Veľkej priekopovej prepahliny. Reliéf Keni je významný, hlavne pre svoju klímu v krajine najmä pokiaľ ide o množstvo zrážok a teploty. Horský masív Mount Kenya, ktorý je bohatý na rozmanitosť flóry a fauny. Z čoho 83% krajiny je de facto vyprahnutá a iba 20% pôdy v krajine je vhodná pre poľnohospodárstvo (Mathu a Davies 1997). Využitie plochy: 7 % orná pôda, 37 % pastviny, 30 % lesy, 26 % ostatné.

#### **5. 1. 1. Geografické umiestnenie**

Republika Keňa sa nachádza po oboch stranách rovníka na východnej strane Afriky. Poloha 34°-42° v. d. a 5 s. -5° j. š. , je ohraničená Sudánom a Etiópiou na severe, Ugandou na západe, Somálskom na východe a na juhu Tanzániou. Keňa má 500 km dlhé pobrežie s Indickým oceánom na celkovej ploche cca 583.000 km<sup>2</sup>.

### **5. 1. 2. Fyziogeografia**

Keňa má pestrý reliéf, ktorý riadi a obmedzuje jej odvodňovací systém. Nadmorská výška sa pohybuje od hladiny mora na pobreží až po viac ako 5000 metrov od vrcholu Mt Kenya, ktorý sa nachádza takmer presne na rovníku. Rovnako ako ostatné sopky východnej Afriky, je ich pôvod spojený s vytvorením Riftu Valley. Z okraja strmého svahu systému Rift Valley je možné si všimnúť dych berúce scenérie zahŕňajúce savany, slané jazerá, vyhasnuté sopky a dobre udržiavanú krajinu veľkých poľnohospodárskych podnikov, ktoré poskytujú kukuricu, pšenicu, mlieko a mäso pre pestovanie mestským obyvateľom (Mathu a Davies 1997).

### **5. 1. 3. Prehľad horninových jednotiek Keni**

K hlavným horninám z tejto oblasti, sú znázornené v tabuľke č.6 sú vyznačené: kvartérne, terciérne sedimenty, vulkanity, granity a ďalšie intruzívne horniny. Zjednodušená geologická mapa Keni (**obr.č.1**).

Granity- útvary zelenokameňov (typ archaických sivozelených hornín, ktoré vznikali slabou premenou výletných hornín čadičovej skupiny v morskom prostredí), ktoré sa vyskytujú na juhu a severe od Viktóriiného jazera v západnej Keni. A v podstate sú tieto horniny podobné iným typom granitov (útvary zelenokameňov) v iných častiach sveta (Condie 1989). Taktiež sú bohaté na hlavný kov-zlato (Au), ktorý bol v tejto oblasti ťažený od roku 1930 (Ogola 1987).

Keňské pásmo zelenokameňov je Mezo-archaického veku (3.10-2.55 Ga), (Cahen et al. 1981), zatiaľ čo súvisiace granity sa odlišujú vekom a to od Mezo- alebo Neo- archaika do Paleoproterozoika (2.55-1.8 Ga) (Bell a Dodson 1981; Cahen et al. 1984). Tieto zelenokamene sú tvorené dvoma hlavnými horninovými skupinami a to staršia skupina tzv. Nyanzian Group, ktorá je nesúhlasne prekrytá relatívne mladšou skupinou, tzv. Kavirondian Group. Pričom v staršej skupine dominujú metavulkanity v rozmedzí od tholeitických čadičov, s občas identifikovateľnými štruktúrami (alkalické andezity, dacity, ryolity a pyroklastické zhľuky, tufy a popol) (Opiyo– Akech 1988; Inchagi a Mc Lean 1991; Mathu a Naymbok 1993).

Mladšia skupina sa skladá z bazálnych polymiktických konglomerátov, drobov a pieskovcov, s bridlicami a ílovcami navrchu (Huddlenstone 1954; NGECU 1993).

Ďalším typom sú granitoidy majú histologickú povahu a líšia sa od granodioritov, kremenných monzonitov a porfýrických žúl (Archaikum, Paleoproterozoikum), (Ahiozaku 1983; Mathu a Naymbok 1993). Štruktúrna geológia je charakteristická antiklinálnymi a synklinálnymi vrásami (Hoshino et al. 1993), poruchami a priešmykovými zónami, ktoré sú tiež časté.

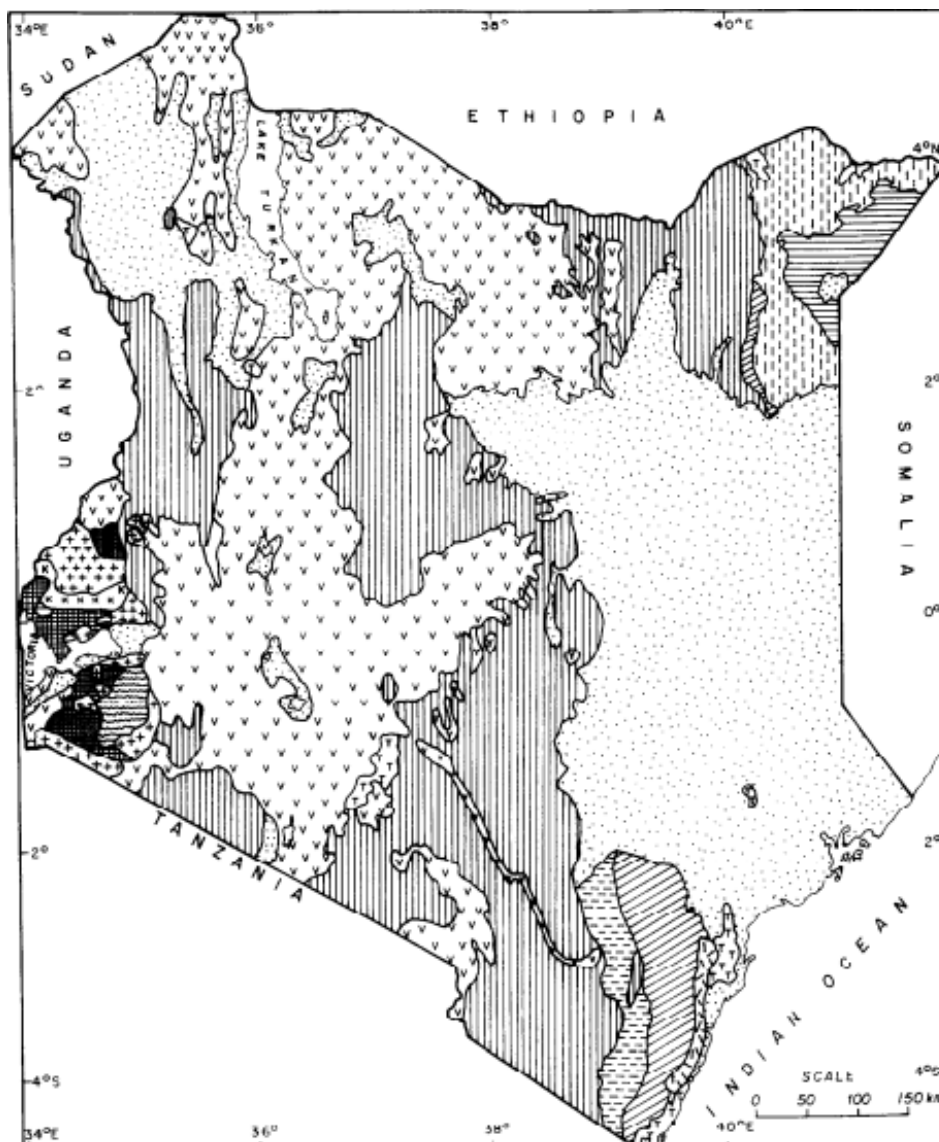
Všetky paleozoické- mezozoické sedimentárne horniny sa v Keni objavujú v severo-južnom smere v prímorskej a severovýchodnej oblasti krajiny. Oblasť zahŕňa jurské a kriedové

sedimenty (Saggerson 1972), jurské horninové vrstvy v severovýchodnej Keni dosahujú hrúbku 1600m.

Najspodnejšie vrstvy sú známe fosíliami a niektoré vrstvy obsahujú sadrovec, v iných sú vápnité bridlice. Pri pobreží Keni, jurské horniny obsahujú morské vápence, ktoré sú prekryté bridlicovými vrstvami. Kriedové vápence sú prezentované prachovcami, ílovcami, limonitom a pieskovcami (Saggerson 1972). Oblasti sa nachádzajú aj plutonické a vulkanicky horniny. K vulkanickým horninám tu patria bazalty, fonotlity, trachyty a ryolity. Ďalší prehľad hornín, ktoré sú typické pre túto oblasť sú uvedené v tabuľke č.6. (upravené podľa EAEP Limited 1991).



**Obr.č.1:** Zjednodušená geologická mapa Keni-zobrazenie hlavných horninových jednotiek (podľa EAEP Limited 1991).



**Legenda:**

**GEOLOGY EXPLANATION**

QUATERNARY SEDIMENTS	KISII (BUKOBAN)	} LATE PROTEROZOIC
CENOZOIC VOLCANICS	MOZAMBIQUE	
TERTIARY SEDIMENTS	KAVIRONDIAN	} ARCHAEOAN
JURASSIC	NYANZIAN	
CRETACEOUS	GRANITES	
TRIASSIC	OTHER INTRUSIVES	
CARBONIFEROUS (PERMIAN)		

**Tab.č.6:** Zovšeobecnené poradie geológie Keni (upravené podľa Cole 1950, Haughton 1963, Saggerson 1972 a Cannon et al. 1981).

Éra	Vek	Hlavné typy hornín
<b>Knozoikum</b>	Kvartérne sedimenty	íly, diatomity, bridlice, naplaveniny
	Terciérne sedimenty	piesky, sliny, íly, zlepenca, vápenca
	Terciér a Kvartér	čadiče, fonolity, trachyty, nefelíny, tufy, aglomeráty
<b>Mezozoikum</b>	Vrchná krieda	prachovce, pieskovce, vápenca, bridlice
	Jura	hruboorné pieskovce, arkózovité pieskovce, piesčité bridlice
	Perm-Trias	pieskovce (jemnoorné), sľudové bridlice, ílovce, bridlice
<b>Paleozoikum</b>	Karbón-Perm (?)	hruboorné pieskovce, bridlice
<b>Prekambrium</b>	Neoproterozoikum (-0.75-0.45 Ga)	bridlice, ruly, mramor, amfibolity, migmatity, rulové granitoidy
	Neoproterozoikum (- 1.0-0.8 Ga)	ryolity, čadiče, kvarcity, konglomeráty
	Paleoproterozoikum (- 1.0-0.8 Ga)	granity, granodiority, leukogranity
	Archaikum (-2.5-2.8 Ga)	bridlice, ílovce, droby, fylity, konglomeráty,
	Archaikum (-2.8-3.1 Ga)	čadiče, andezity, dacity, tufy (andezitické), ryolity

## 5. 2. Charakteristika oblasti Keňa

Keňa je umiestená v oblasti rovníka na východnom pobreží Afriky. Jej najsevernejšie a najjužnejšie body sú v rovnakej vzdialenosti. Obvod medzinárodných územných hraníc je 3,446km, vrátane hraníc so Sudánom (306km), Etiópiou (779km), Somálskom (682km).

### 5. 2. 1. Klíma a podnebie

Ako sme spomínali Keňa leží uprostred rovníkového pásma a je charakteristická variabilitou klímy a vegetačného krytu a to v súlade s rozsahom nadmorských výšok. V krajine sú rozoznateľné štyri široké klimatické zóny a zahrňujú jazerné panvy okolo Viktóriinho jazera na západ, vysočiny (západné a centrálné vysočiny vrátane Nairobi), prímorské a polo-púštne podnebie.

Klimatické pásmo jazerných panví prijme priemerné ročné zrážky 150cm až >200 cm, najsuchší mesiac dosahujú v priemere minimálne iba 5 cm a najdaždivejšie mesiace v priemere minimálne 20 cm. Teploty riedka klesajú pod 20°C a maximálne môže dosiahnuť asi 30°C (Mathu a Davies 1997). Prevládajú tu savany a to v nadmorskej výške do 3000 m.n.m. Na východe od jazera Turkana už púšte a polopúšte a ďalej k vnútrozemiu sú to väčšinou stepi alebo savany. Na pobreží a v západnej časti sa vďaka vyšším zrážkam nachádzajú husté tropické pralesy. Vo vyšších polohách nad 3000 m.n.m. je nižšia, horská vegetácia (<https://sk.wikipedia.org>).

Aj rozdiely v nadmorskej výške sú hlavným faktorom rozdielnych teplôt v rôznych častiach krajiny. Vysočiny majú všeobecne chladné podnebie s priemerným ročným maximom cca 26°C a minimom 10°C. Nairobi v nadmorskej výške 1670 m (5 500 stôp) má priemernú ročnú teplotu 19°C. Najvyššie teploty sa nachádzajú v Northern Plain, kde je priemerná maximálna teplota 34°C a teploty často dosahujú 49.3°C. Teploty vo východnej časti pobrežia sa pohybujú v škále 14°C a 29°C a medzi 34°C a 17.8°C a 21.1°C v pobrežných oblastiach. Najteplejšie mesiace spadajú do obdobia medzi januárom a marcom; najchladnejšie sú jún a júl (<http://www.africa.upenn.edu/>).

Hlavné faktory, ktoré ovplyvňujú klímu zeme nie je len zemepisná poloha, charakter prevládajúcich vetrov ale aj vzdialenosť od mora, topografia. Krajina sa rozprestiera medzi rovnobežkami 6° s až 5° j a poludníkmi 34° v. d. až 42° v. d. Z toho 75% ako sme už uviedli je považovaných za púšte či polopúšte, z toho 20% zeme je vhodná k poľnohospodárskej činnosti. Tým sú rozdiely na rôznych miestach pomerne veľké a preto sa Keňa dá rozdeliť do oblastí podľa určitého typu podnebia.

Pobrežia- v týchto podmienkach obdobia sucha neexistujú a teploty vzduchu sú veľmi vysoké. Obdobia dažďov prichádzajú v máji a októbri.

Keňská vrchovina v tejto časti je chladnejšie, denné teploty sú chladnejšie a príjemnejšie, zatiaľ čo noci sú veľmi chladné. Obdobia dažďov závisia predovšetkým na teréne a prevažujúcich vetroch.

Oblasť Viktóriiného jazera- tu prší takmer celý rok aj keď sú dažde omnoho slabšie ako v ostatných častiach tropického pásma. Podnebie tu ovplyvňuje najmä prítomnosť rozsiahlej vodnej plochy.

Severozápadný región- je oblasť s nízkymi teplotami, zatiaľ čo oblasti Narok a južná Taita sú v tejto oblasti nižšie aj príjemnejšie teploty než vo východnej Keni. Východná Keňa- oblasť s veľmi vysokými teplotami, kde je priemerný ročný úhrn zrážok je menej než 500 mm za rok. Severná Keňa- tu prevažuje najmä púštne klíma priemerný ročný úhrn zrážok 250 mm. Tu sú teploty zas vysoké, ale s častými piesočnatými búrkami (<http://www.afrika-kenya.cz>).

### 5. 2. 2. Vegetácia

Život rastlín v tejto oblasti je veľmi rozmanitý od mangrových lesov, kokosových paliem cez trávnaté porasty až po ihličnaté lesy hlavne na horských svahoch (<http://www.africa.upenn.edu>). Taktiež je to oblasť známa tým, že sa tu bolo objavených kolo 19 rozdielnych spoločenstiev.

Afro-vysokohorské slatiny predstavujú 1,2% rozlohy zeme, tu je vegetácia riedka, prevažujú tu- vresy, mach a kroviny, lobelky. Trávnaté vysočiny sa nachádzajú v nadmorských výškach 2400m a vyskytujú sa tu najmä mnoho druhov tráv.

Vlhké, vysoko položené lesy, ktoré nájdeme v nadmorských výškach 150-3000 m. Rastú tu- borovice, borievky, bambusy a ďalšie typy stromov charakteristické pre vysoko položené oblasti.

Do západnej časti Keni zasahuje aj Guinejsko-konzský les aj keď vďaka jeho vysokej nadmorskej je tento les najďalej zasahujúcim dažďovým pralesom smerom na východ.

Pobrežná časť- stromy, ktoré tu rastú sú rôzne a to podľa pôdy alebo množstva zrážok (medzi charakteristické druhy patria- *Cynometra*, *Brachylaena*, *Azalia*, *Brachystegia*).

Ďalšie vegetačné typy, s ktorými sa tu môžeme stretnúť sú akácie a rôzne druhy tráv- *Hyparrhenia*, *Digitaria* a *Themeda*, ktorá prechádza do polo-vyprahnutých zalesnených a krovinatých pastvín.

Polopúšťami sú pokryté severné a severozápadné časti zeme, pre mne sú typické kroviny s trnmi, hlavne akácie alebo baobaby. Okolo jazera Turkana na severe alebo v púšťach Dida Galgulus a Chalbi nájdete len veľmi malé množstvo vegetácie.

Mokrade, ktoré nájdeme okolo jazera Victoria a pozdĺž riek sú pre život v Keni dôležité.

Najbežnejší mangrovy sú *Rhizophora mucronata*, ktoré nájdeme pri pobreží a v Keni sa ich vyskytuje 8 druhov. Na pieskových plážach sa často vyskytujú skupiny morských tráv. Na ploche 59 000 ha. sa rozkladajú koralové útesy a ostrovy (<http://www.afrika-kenya.cz/>).

### **5. 2. 3. Jazerá Bogoria a Baringo**

Jazerá Bogoria a Baringo ležia v semi-aridnej časti spomenutého riftu tzv. Priekopovej prepadliny (Rift Valley). No napriek tomu oblasti okolo týchto jazier z ktorých boli odobraté vzorky pre náš výskum (v našom prípade kmeň č.6 a kmeň č. 8).

Tieto oblasti obsahujú početné mokradňové systémy formované: pozdĺž brehu jazera a porúch, kde sa vyvinuli horúce, teplé a studené pramene a pozdĺž riečnych systémov, ktoré prechádzajú cez trhlinu (Owen, Renaut, Hover, Ashley a Muasya 1994). V tejto východnej časti Afriky a na týchto lokalitách jazier Bogoria a Barigno boli predmetom štúdia viac ako 100 rokov najmä rozsievky (West a West 1989). Tie boli získavané na základe moderných metód (Gasse 1986; Gasse et al. 1983, 1997; Haberyan 1992) a fosílnych záznamov (Barker et al. 1990; Owen 2002;).

Jazero Bogoria, jedno z najkrutejších sopečných miest v regióne, a je doslova hot spot života siníc. Dôsledok alkalickej vody podporuje nárasty masovej populácie *Arthrospira fusiformis* (Voronichin), Komárek (syn. *Spirulina fusiformis* Voronichin).

### 5. 3. Metodika práce

Z pôvodných 15 lokalít odobratých z Keni, ktoré poskytol Dr. habil. Lothar Krienitz v roku 2011, bolo pre štúdium morfolologickej variability aerofytických siníc spracovaných 6 kmeňov zo 6 lokalít: 3: Sandy shoreline of Tsavo River near Maneater Bridge, 5: NP Makalia, 6: Jezero Baringo, 8: Jazero Bogoria, 10-11: Kentmere (tabuľka č.7).

#### 5. 3. 1. Kultivácia kmeňov

V rokoch 2014-2016 sa podarilo prekultivovať a izolovať 6 kmeňov (*Porphirosiphon*, *Scytonema*, *Leptolyngbya*, *Plectonema*, *Oculatella*, *Microcoelus*). Vzorky z predchádzajúcej práce boli naďalej uchovávané jak na agare, tak v tekutom médiu a kultivované. Kultivácia prebiehala v laboratórnych podmienkach vo flow-boxe. Prebiehala za pomoci preparačných nástrojov a kultivačného média podľa Zehndera (Staub 1961), z rôznymi koncentraciami živín a to dusičnanov ( $\text{NO}_3^-$ ), fosforu ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). V tomto výskume boli použité malé sterilné skúmavky o objemu 12ml, pre jeden kmeň boli použité štyri skúmavky s rôznymi koncentraciami dusičnanov a fosforu, označene P, 1/10-P (nižšia koncentrácia); N, 1/10-N (nižšia koncentrácia). Zbytok bol v skúmavkách v tekutom médiu "Z" ( $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , Fe EDTA, mikroprvky). Vzorky boli po celú dobu umiestnené v kultivačnej miestnosti a to za definovaných podmienok (teplota, osvetlenie).

#### 5. 3. 2. Determinácia a hodnotenie morfolologickej variability

Následne boli kmene podrobené morfolologickej analýze. Pri práci s mikroskopom (Zeiss Primo Star) a s pomocou okulárového mikrometru sa merali jednotlivé parametre- dĺžka, šírka, výška buniek; šírka vlákna a ďalšie morfologické znaky- priebeh vlákien, prítomnosť pošiev, tvar apikálnych buniek, prítomnosť či absencia pravého vetvenia atď. Jednotlivé kmene boli súčasne ručne prekreslené v mierke, podľa použitého zväčšenia na mikroskope (40x, 100x). Nákres morfolologickej variability bol spracovaný pre túto diplomovú prácu (**obr.č2.**). Pre digitálne spracovanie bol použitý fotoaparát Canon A2300. samotné fotografie jednotlivých kmeňov sú k dispozícii v **prílohe č.1**. K determinácii bola použitá odborná literatúra: Komárek a Anagnostidis (2005); Komárek (2013); Frémy (1930).

**Tab. č.7:** Zoznam lokalít odobratých vzoriek z oblasti Keni.

<b>kmeň</b>	<b>Lokalita</b>	<b>Stanovisko</b>	<b>GPS</b>
3	Sandy shoreline of Tsavo River	Blízko mosta Maneater	-3°1'47.171", +38° 22' 54.946"
5	Národný park- skala u Makalia	u Makalia vodopádov	-2° 32' 57.70", +37° 51' 4.80"
6	Jezero Baringo	v blízkosti termálnych prameňov	+0° 37' 44.24", +36° 3' 55.33"
8	Jazero Bogoria	u termálnych vôd, vulkanická skala	+0° 16' 11.46", +36° 5' 42.86"
10,11	Kentmere	v blízkosti mesta Limuru	-1° 9' 2.66", +36° 43' 41.97"

## 6. Výsledky

Výsledky nadväzujú na výskum z bakalárskej práce a to z poskytnutých vzoriek aerofytických siníc z Keni. V priebehu rokov 2012-2013 boli tieto vzorky preskúmané a celkové výsledky bakalárskej práce sa opierali najmä o určenie týchto aerofytických siníc do rodov.

V priebehu ďalšieho výskumu v rokoch 2014-2016 sa podarilo prekultivovať a izolovať 6 kmeňov. Kultivácia prebiehala jak v tekutom (2 kmene) tak aj v tuhom médiu (4 kmene) s rôznymi koncentraciami živín. V našom kultivovanom materiáli najviac prevládali zástupcovia- *Leptolyngbya*, *Scytonema*, *Microcoelus*, *Oculatella*, *Porphirosiphon*.

Pri týchto izolovaných kmeňoch bola sledovaná ich morfológická variabilita a to pri rôzne stanovených koncentráciách N-dusičnanov a P-fosforu. A ich následne určenie do druhov za pomoci literatúry z rôznych oblastí a taxonómie.

### 6. 1. Izolované kmene a ich morfológická charakteristika

**Kmeň 3:** *Leptolyngbya* sp., tabuľka č.8.

Oblasť: 3 Sandy shoreline of Tsavo River near Maneater Bridge.

Vlákná solitérne, sú ± jemne zvlnené, zriedkavo rovné, samostatne alebo vo zväzkoch. Pošva, zreteľná tenká, hyalinná, zvyčajne zoslabená na koncoch, frekvencia pošvy sa líši u rôznych druhov a od environmentálnych faktorov. Trichómy cylindrické 0,5 až 3,5 $\mu$ m široké, pohyblivé alebo nepohyblivé. Nepravé vetvenie sa vyskytuje zriedka, (častejšie v kultúrach). Tylakoidy periférne usporiadané. Bunky valcovité, izodiametrické, dlhšie alebo kratšie ako široké, obvykle ± homogénny obsah, koncové bunky bez kalyptry (Komárek, Anagnostidis 1988).

#### Vyhodnotenie morfológickej variability na gradientoch živín:

Šírka vlákien (pri zväčšení 40x) sa pohybuje v rozmedzí 2 $\pm$ 3 $\mu$ m, nie je rovnomerná po celej dĺžke vlákna. Prítomná slizová pošva miestami až 1 $\mu$ m široká, potom šírka vlákna so slizovou pošvou je 3,5 $\pm$ 4. Výška buniek je v rozmedzí 1-2 $\mu$ m. Apikálna bunka vlákna je zaoblená. Priebeh vlákien vo všetkých koncentráciách (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) aj (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) je rôznorodý od nepravidelných tvarov až po mierne vlnitý priebeh (**Obr.6: 3-P**).

Prítomnosť tylakoidov/ granúl na okrajoch membrány- tylakoidné membrány, zaznamenaná pri (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), (vyššia koncentrácia). (**Obr.6: 3-P**). Najväčšia možná šírka vlákna (3 $\pm$ 3,5 $\mu$ m) bola zaznamenaná pri fosfore (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), (vyššia koncentrácia).



Pravé vetvenie bolo pozorované v prípade ( $\text{NO}_3^-$ ) (vyššia koncentrácia), (**Obr.6: 3-N**). V prípade ( $\text{NO}_3^-$ ), (vyššia aj nižšia koncentrácia) sa šírka buniek ( $2\pm 2,5\mu\text{m}$ ) a výška buniek ( $1,5\pm 2\mu\text{m}$ ) pohybovali v rovnakom rozmedzí.

Rod *Leptolyngbya* bol zaznamenaný v oblasti Keni na: lok. č.2: Lamu Old Town- mestečko na ostrove Lamu; č.4: mesto Kibwezi v blízkosti cesty; č.5: Národný park- skala u Makalia vodopádov; č.6: Jezero Baringo- v blízkosti termálnych prameňov; č.7: Kampi ya Samaki- Robets camp- breh jazera Baringo; č.8: Jazero Bogoria- u termálnych vôd, vulkanická skala; č.12: Kentmere- v blízkosti mesta Limuru; č.14: kôra figovníka v Kabernet Hotel.

**Kmeň 5:** *Microcoelus* cf. (*vaginatus*) tabuľka č.9.

Oblasť: Národný park- skala u Makalia vodopádov.

Vlákná solitérne, alebo v podobe tenkých vrstiev rôsolovitého charakteru. Pošva jemná, bezfarebná, rozšírená, homogénna, len občas nejasne pozdĺžne pruhovaná a väčšinou bezfarebná,  $\pm$  pravidelne cylindrická, pevná. Trichómy v rámci rozšírených pošiev husto agregované, takmer rovnobežne usporiadané a pevne zrastené,  $(2,5)\text{-}3\text{-}7$  ( $-9?$ )  $\mu\text{m}$  široké. Bunky  $\pm$  cylindrické, takmer izodiametrické, s radiálnym usporiadaním tylakoidov a zrnitým obsahom, bunky sú kratšie ako širšie,  $2\text{-}5$  ( $6,7$ )  $\mu\text{m}$  dlhé. Apikálne bunky  $\pm$  takmer kužeľovité, bunky dlhšie než širšie, koncové bunky ojedinele s kalyptrou (Desmazières a Gomont 1892).

#### **Vyhodnotenie morfolologickej variability na gradientoch živín:**

Šírka vlákien (pri zväčšení 100x) sa pohybuje v rozmedzí  $6,5\pm 7\mu\text{m}$ . Vlákna rôzne zakrivené, lomené, stočené alebo útržkovité krátke vlákna, so slizovými obalmi. Slizová pošva prítomná bezfarebná, potom šírka vlákna je maximálne  $7\mu\text{m}$ .

Apikálne bunky špicaté, zaoblené, zúžené u niektorých prehnuté na jednu stranu, pozorované pri ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), (vyššia koncentrácia), (**Obr.3: 5-P**) a s kalyptrou. Bunky vo vlákne širšie než dlhšie s prítomnosťou aerotopov, zaznamenané najmä pri ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), (nižšia koncentrácia), (**Obr.3: 5-P**). Naopak pri ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) vyššej koncentrácii, bol priebeh vlákien útržkovitý, tvorený jednotlivými krátkymi útržkovitými vláknami, (**Obr.3: 5-3P**).

Pravidelný priebeh vlákien dobre viditeľný len pri ( $\text{NO}_3^-$ ), (nižšia koncentrácia), (**Obr.3: 5-N**). Najväčšie šírka buniek ( $7\pm 7,5\mu\text{m}$ ) bola rovnako zaznamenaná pri ( $\text{NO}_3^-$ ), (vyššia koncentrácia). Rod *Microcoelus* bude z najväčšou pravdepodobnosťou polyfyletický rod (kde väčšina kmeňov patrí do čeľade *Phormidiaceae*). Rod *Phormidium* bol zaznamenaný v oblasti Keni aj na lokalite v meste Kibwezi v blízkosti cesty a v Lamu Old Town- mestečko na ostrove Lamu.

**Kmeň 6, 8:** *Oculatella* sp., tabuľka č.10, 11.

Oblasť (kmeň 6): Jezero Baringo- v blízkosti termálnych prameňov.

Oblasť (kmeň 8): Jezero Bogoria- u termálnych vôd, vulkanická skala.

Vláknité sinice, tvoriace červenkasté, nazelenalé kompaktné subaerofytické biofilmy na pevnom podklade na vápenatých substrátoch. Vlákna jemné, dlhé, vlnité a väčšinou nevetvené. Pošvy tenké, pevné a bezfarebné, trichómy jemné (1-3 $\mu$ m široké) a cylindrické. Bunky cylindrické, väčšinou dlhšie ako širšie a homogénnym obsahom, žiadne aerotopy, vzácne prítomnosť granúl. Apikálna bunka kónická- zaoblená s oranžovou škvrnou, žiadne heterocyty a akinety (Zammit, Billi a Albertano 2012).

### **Vyhodnotenie morfolologickej variability na gradientoch živín:**

**(kmeň 6):** Šírka vlákien pri (zväčšení 100x) sa pohybuje v rozmedzí 1,5 $\pm$ 2 $\mu$ m, maximálne až 2,5 $\pm$ 3 $\mu$ m. Bunky vo vlákne dlhšie než širšie. Apikálne bunky zašpicatené pro zaostrení s výraznou čiernou bodkou, dobre viditeľné. Vlákna so slizovou pošvou, bez vetvenia, pravidelné, mierne zvlnené, skrútené. Najčastejší zvlnený priebeh vlákien pozorovaný pri ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), (vyššia koncentrácia), **(Obr.7: 6- 3P)**. Najmenšia zaznamenaná šírka buniek (2 $\mu$ m) je pri ( $\text{NO}_3^-$ ), (vyššia koncentrácia).

**(kmeň 8):** Šírka vlákien pri (zväčšení 100x) sa pohybuje v rozmedzí 1 $\pm$ 2 $\mu$ m. Prítomná pošva bezfarebná, potom šírka vlákna je maximálne 2,5 $\pm$ 3 $\mu$ m. Vlákna mierne zvlnené, lomené bez väčších nezrovnalostí, pozorované aj vetvenie **(Obr.2)**. Bunky valcovité, izodiametrické, dlhšie alebo kratšie ako široké. Apikálna bunka zaoblená, bez aerotopov, viditeľná tmavá škvrna na apikálnej bunke **(Obr.7: 8-3N)**. Vlákna, mierne zvlnené, zvlnené pri ( $\text{NO}_3^-$ ), (nižšia, vyššia koncentrácia). Zvlnený až lomený priebeh pozorovaný pri ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), (nižšia, vyššia koncentrácia). Najväčšie zaznamenané šírky buniek sú pri nižších koncentráciách ( $\text{NO}_3^-$ ) a ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).

Spoločne sa v kmeni 6 pred izolovaním nachádzali aj zástupcovia- *Leptolyngba* sp., *Nosoc* sp., *Pseudophormidium* sp.

**Kmeň 10:** *Scytonema javanicum* tabuľka č.12.

Oblasť: Kentmere- v blízkosti mesta Limuru.

Vlákná vo zväzkoch, husté, voľné, vlákna až 10-19 $\mu\text{m}$  široké, no v naše vlákna dosahujú maximálne 10 $\mu\text{m}$  šírky. pošvy úzke, silné, bezfarebné, zriedka žlté. Pošvy v našom prípade úzke 1 $\mu\text{m}$  niektoré dosahovali až 4 $\mu\text{m}$ . Trichómy 7-12 (14)  $\mu\text{m}$  široké, olivové alebo fialové zafarbenie (Komárek 1992). S charakteristicky nepravým vetvením, ktoré je zvyčajne medzi dvoma vegetatívnymi bunkami, niekedy po smrti jednej alebo niekoľkých vegetatívnych buniek. Slizová pošva pevná, ktorá môže byť zafarbená alebo lamelovitá so žltohnedým zafarbením. Farbivo scytonemin umožňuje chrániť sinicu pred patogénmi a ochraňuje ju pred UV žiarením (Sinha a Häder 2008).

#### **Vyhodnotenie morfolologickej variability na gradientoch živín:**

Šírka vlákien pri (zväčšení 100x) sa pohybuje v rozmedzí 6 $\pm$ 6,5 $\mu\text{m}$ , maximálne až 10 $\mu\text{m}$ . Vlákna voľné nepravidelné orientované, s nepravým vetvením, pozorované pri ( $\text{NO}_3^-$ ), (vyššia koncentrácia), (**Obr.4: 10-3N**). Zaoblené apikálne bunky pozorované pri nižších, vysokých koncentráciách ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), ( $\text{NO}_3^-$ ). Apikálne bunky niekedy s veľkými granulami a priečnymi bunecnými stenami alebo zrnitým obsahom, bez, alebo s kalyptrou.

Slizová pošva u vlákien nedosahuje vrcholu buniek. Veľká morfológia vo vláknach, niektoré vlákna s hranatými bunkami (viac širšie ako dlhšie), iné vlákna s bunkami až oválnymi-hormogónie. Bunky oválneho tvaru viac široké ako dlhšie, hnedej farby s nepravidelnými granulami a zrnitým obsahom, viditeľné pri ( $\text{NO}_3^-$ ), (nižšia koncentrácia), (**Obr.č.4: 10-N**). Viditeľnosť a nekrotických buniek a hormogónií, zaznamenaných pri ( $\text{NO}_3^-$ ), (vyššia koncentrácia), (**Obr.č.4: 10-3N, obr.2**). Najväčšia šírka buniek (7-10 $\mu\text{m}$ ) nameraná pri ( $\text{NO}_3^-$ ), (vyššia koncentrácia).

Pri ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), (nižšia koncentrácia) bunky širšie ako dlhšie, zelenej až hnedozelenej farby. A s pozorovanou vakualizovanou plazmou (**Obr.č.4: 10-P**).

**Kmeň 11:** *Porphirosiphon sp.*, tabuľka č. 13.

Oblasť: Kentmere- v blízkosti mesta Limuru

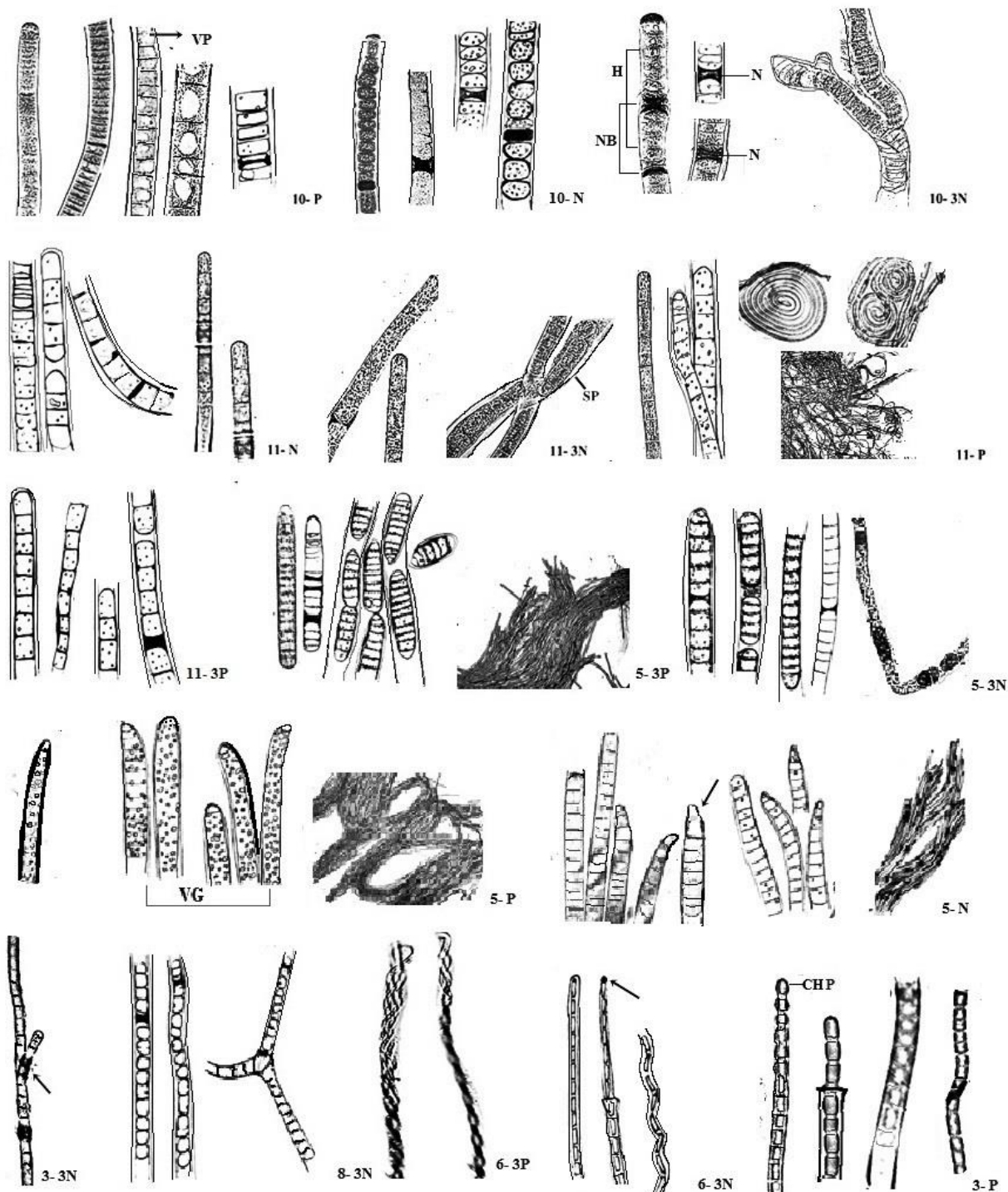
Vlákná solitérne, modrozelené, hnedé alebo červené stielky na rôznych podkladoch. Vlákná ± skrútené, zvlnené, výnimočne s jediným nepravým vetvením, obsahujúci (zriedka) dva trichómy v pošve, pošvy silné, pevné, lamelovité, farebné, (červená, červenohnedá, fialová, žltá, hnedá alebo žltá, zriedka bezfarebná). Trichómy nepohyblivé, 6-10µm široké, bez konstriekcie. Bunky izodiametrické alebo dlhšie ako široké. Apikálne bunky zaoblené alebo kónické, bez kalyptry (Kützing a Gomont 1892). Nepohyblivé trichómy sú 6-20µm široké, ktoré sú v pošve. Pošvy sú často charakteristicky rozšírené alebo stočené. Vlákná solitérne, alebo rozšírené do širokých kompaktných stielok (Kützing a Gomont 1892, Frémy 1927, Geitler et. al. 1932).

**Vyhodnotenie morfolologickej variability na gradientoch živín:**

Šírka vlákien pri (zväčšení 40x) sa pohybuje v rozmedzí  $2\pm 2,5\mu\text{m}$ . Slizová pošva výrazná a má nerovnomerný priebeh po celom vlákne, potom šírka vlákna dosahuje  $3\pm 3,5\mu\text{m}$ , maximálne 5µm. Vlákná s rôznym priebehom, nepravidelné, lomené alebo špirálovite stočené, najčastejší tento priebeh zreteľný pri ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), (vyššia koncentrácia), (**Obr.5: 11-P**). Výrazný slizový obal, ktorý je nepravidelný (**Obr.2**). Bunky sú vyššie než širšie, oddelené priehradkami, zle viditeľné najmä pri ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), silne granulované alebo oddelené priehradkami.

Iné z lepšou viditeľnosťou buniek pri ( $\text{NO}_3^-$ ). Pri vyšších koncentráciách dosahovali šírky buniek väčšie hodnoty ako pri nižších koncentráciách. Najčastejšie šírky buniek, ktoré boli pozorované pri ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) dosahovali hodnoty ( $2,5\pm 3\mu\text{m}$ ), najväčšia zaznamenaná u vyšších koncentráciách (3-5µm). Hodnoty šírky buniek pri vyššej koncentracii ( $\text{NO}_3^-$ ) dosahovali maximálne až do 4µm.

**Obr.č.2:** Morfológická variabilita kmeňov pri rôznych koncentráciách. (VP-vakuolizovaná plazma; H-hormogónie; N, NB-nekrotická bunka/y; VG-výrazná granulácia; CHP-chromatoplazma; SP-slizová pošva), (Sabelová 2016).



**Tab. č.8:** Izolovaný kmeň 3: *Leptolyngbya* sp.; Oblasť: Sandy shoreline of Tsavo River near Maneater Bridge.

Kmeň 3	šírka vlákna ( $\mu\text{m}$ )	šírka vlákna max. ( $\mu\text{m}$ )	priebeh vlákien	slizová pošva	výška buniek ( $\mu\text{m}$ )	apikálna bunka	vetvenie vlákna	zväčše nie	heterocyty
N	2	2,5	nepravidelný	+	1,5 $\pm$ 2	zaoblené	-	40x	+
3 N	2	2 $\pm$ 2,5	nepravidelný	+	1,5 $\pm$ 2	zaoblené	+	40x	+
P	2,5 $\pm$ 3	3	nepravidelný	+	1,5 $\pm$ 2,5	zaoblené	-	40x	+
3P	2 $\pm$ 2,5	3 $\pm$ 3,5	nepravidelný	+	2 $\pm$ 2,5	zaoblené	-	40x	+

**Tab. č.9:** Izolovaný kmeň 5: *Microcoelus vaginatus*; Oblasť: Národný park- skala u Makalia vodopádov.

Kmeň 5	šírka vlákna ( $\mu\text{m}$ )	šírka vlákna max. ( $\mu\text{m}$ )	priebeh vlákien	slizová pošva	výška buniek ( $\mu\text{m}$ )	apikálna bunka	vetvenie vlákna	zväčšenie	heterocyty
N	6	6,5 $\pm$ 7	pravidelný	+	2 $\pm$ 2,5	mierne zašpicatené, mierne prehnuté	-	100x	-
3 N	6 $\pm$ 6,5	7 $\pm$ 7,5	nepravidelný, lomené	+	2 $\pm$ 2,5	mierne zašpicatené	-	100x	+
P	6 $\pm$ 6,5	7	nepravidelný	+	1,5 $\pm$ 2	zaoblené, mierne prehnuté	-	100x	-
3P	6	6,5 $\pm$ 7	nepravidelný, lomené, útržkovité	+	2 $\pm$ 2,5	zaoblené	-	100x	+

**Tab. č.10:** Izolovaný kmeň 6: *Oculatella sp.*; Jezero Baringo- v blízkosti termálnych prameňov.

Kmeň 6	šírka vlákna ( $\mu\text{m}$ )	šírka vlákna max. ( $\mu\text{m}$ )	priebeh vlákien	slizová pošva	výška buniek ( $\mu\text{m}$ )	apikálna bunka	vetvenie vlákna	zväčšenie
3 N	1 $\pm$ 1,5	2	rovnomerný, mierne vlnitý	+	1,5 $\pm$ 2	zašpicatené	-	100x
N	1,5 $\pm$ 2	2,5-3	zvlnené, lomené	+	1,5 $\pm$ 2	zašpicatené	-	100x
3 P	2	2,5 $\pm$ 3	pravidelné, skrútené	+	1 $\pm$ 1,5; 2	zašpicatené	-	100x
P	1,5 $\pm$ 2	2,5	zvlnené, miestami skrútené	+	1,5-2	zašpicatené	-	100x

**Tab. č.11:** Izolovaný kmeň 8: *Oculatella sp.*; Jazero Bogoria- u termálnych vôd, vulkanická skála.

Kmeň 8	šírka vlákna ( $\mu\text{m}$ )	šírka vlákna max. ( $\mu\text{m}$ )	priebeh vlákien	slizová pošva	výška buniek ( $\mu\text{m}$ )	apikálna bunka	vetvenie vlákna	zväčšenie
3 N	1 $\pm$ 1,5	2	mierne vlnitý	+	1,5 $\pm$ 2	zaoblená	+	100x
N	2	2,5 $\pm$ 3	zvlnené	+	1,5 $\pm$ 2	zaoblená	-	100x
3 P	2 $\pm$ 2,5	3	miestami lomené, zvlnené	+	1, $\pm$ 2	zaoblená	+	100x
P	1,5 $\pm$ 2	2,5 $\pm$ 3	zvlnené, lomené	+	1,5 $\pm$ 2	zaoblená	-	100x

**Tab. č.12:** Izolovaný kmeň 10: *Scytonema javanicum*; Oblasť: Kentmere- v blízkosti mesta Limuru.

Kmeň 10	šírka vlákna ( $\mu\text{m}$ )	šírka vlákna max. ( $\mu\text{m}$ )	priebeh vlákien	slizová pošva	výška buniek ( $\mu\text{m}$ )	apikálna bunka	vetvenie vlákna	zväčšenie	/heterocyt/ nekrotická bunka
N	5	6	nepravidelný	+	1,5 $\pm$ 2;3	zaoblené	+	40x	+
3 N	6,5	7 miestami až 10	nepravidelný, miestami lomené	+	1,5 $\pm$ 2;	zaoblené	+	40x	+
P	6 $\pm$ 6,5	7	nepravidelný	+	1, $\pm$ 1,5; 2,5	zaoblené	-	40x	+
3P	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Tab. č.13:** Izolovaný kmeň 11: *Porphirosiphon* sp.; Oblasť: Kentmere- v blízkosti mesta Limuru

Kmeň 11	šírka vlákna ( $\mu\text{m}$ )	šírka vlákna max. ( $\mu\text{m}$ )	priebeh vlákien	slizová pošva	výška buniek ( $\mu\text{m}$ )	apikálna bunka	vetvenie vlákna	zväčše nie	heterocyty
N	2 $\pm$ 2,5	3 $\pm$ 3,5	nepravidelný	+	1 $\pm$ 1,5	zaoblené	-	40x	-
3 N	2 $\pm$ 3	3,5 $\pm$ 4	nepravidelný, špirálovité	+	1 $\pm$ 2; 1 $\pm$ 2	zaoblené	-	40x	+
P	2,5 $\pm$ 3	3 $\pm$ 4	nepravidelný, špirálovité	+	1 $\pm$ 2	zaoblené	+	40x	-
3P	2 $\pm$ 2,5	3 $\pm$ 5	nepravidelný, lomené,	+	1,5 $\pm$ 2	zaoblené	-	40x	+



## 7. Diskusia

Morfologické rozdiely v prírodných populáciách značne komplikujú identifikáciu morfologicky jednoduchých siníc. Avšak, akákoľvek domnienka o širokej prispôsobivosti a morfologickom polymorfizme vedú k spájaniu mnohých taxónov (Drouet 1968). Obyčajne, morfologické rozdiely u rôznych typoch siníc sú stále málo známe a zvyčajne podceňované. Jedinečný spôsob vyhodnocovania rozsahu zmien druhov neexistuje.

Počas rýchleho vývoja za vhodných podmienok, môžu v prírode vzniknúť morfologicky veľmi jednotné populácie. Na druhej strane, v pomaly vyvinutých populáciách sa zvyčajne vyskytuje veľká variabilita. Systematicko-ekologické štúdie všeobecne ukázali, že morfologicky stabilné, vysoko variabilné alebo polymorfne formy sa nachádzajú viac či menej v ekologicky meniacich sa podmienkach prostredia (ako je napríklad planktón, alebo termálne, sírne pramene apod.). V kontraste zas polymorfne formy, vysoko variabilné a morfologicky nestabilné sú zvyčajne distribuované v nehomogénnych, dočasne premenlivých podmienkach, ako je napríklad v perifytonu, metafytonu rôznych vodných plôch. Avšak, toto tvrdenie nie je platné u všetky prípadoch (Anagnostidis a Komárek 1988).

Morfologické zmeny v priebehu životného cyklu sú tiež veľmi rôznorodé u rôznych rodov a druhov. Avšak, takéto identické morfotypy alebo vývojové štádiá nie sú dôvodom na ich zjednotenie v rámci jedného a toho istého taxónu. Prírodné populácie sa skladajú v zásade z veľkého množstva morfologických, ekofyziologických a chemotypických odchýlok, ktoré môžu byť stabilizované v kultúre, pokiaľ sa izoluje veľa klonov z jednej a tej istej populácie (Komárek 1972, Kohl a Nicklisch 1981, Welker 2002). Je takmer nemožné nájsť dva klonované kmene, ktoré sú úplne identické vo všetkých morfologických a ekofyziologických parametroch (Rippka et al. 1979, Waterbury et al. 1979).

Diverzifikácia siníc sa počas svojej dlhej existencie od prekambria, bola evidentne realizovaná pomocou špeciálnych špeciálnych stratégií. Procesy aklimatizácie a adaptácie, viedli k vzniku nových súborov siníc, v rôzne vzdialených alebo odlišných biotopoch. Tieto procesy môžu byť veľmi rýchle (Erdmann a Hagemann 2001, Hagemann et al. 2001, 2002, Hagemann, Komárek a Kaštovský 2003). Vynikajúca schopnosť, ako sa aklimatizovať v širokej škále podmienok prostredia je založená na veľmi sofistikovaných adaptačných stratégiách. Rovnako ako u iných organizmov, náhla stresová situácia vedie najprv k poruche mnohých bunkových funkcií a k zastaveniu rastu. Počas nasledujúceho obdobia aklimatizácie sa základné bunkové procesy začnú prispôsobovať, alebo nové proteíny sú nútené vyrovnať sa s novými podmienkami (Hagemann 2002). Tento proces, spolu s výmenou genetického materiálu v rámci dvoch populácií (a medzi príbuznými populáciami) (Rudi et al. 1998, Barker et al. 1999, 2000,

Jakobsen 2002), vysvetľujú evolučný úspech siníc (Knoll a Golubié 1992, Schopf 1993, 1996, Castenholz 2001), taktiež aj ich stratégiu diverzifikácie počas svojej dlhej existencie, a to bez straty ich vitality. Horizontálne výmena genetického materiálu, vedie k objasneniu pozoruhodne dlhodobej diverzifikácie siníc na Zemi (Rudi et al. 1998, 2000, 2002, Rudi a Jakobsen 1999, Barker et al. 2000, Jakobsen 2002, Jacobsen, 2002). Výsledkom tohto vývoja je prítomna diverzita siníc.

Z moderných analýz vyplýva, že diverzita siníc v rôznych biotopoch (najmä v tropických oblastiach a oblastiach s extrémnymi podmienkami), je oveľa širšia, než bola zaznamenaná v doterajších posledných údajoch, predovšetkým na základe morfológických znakov (DiCasta a Younéz 1994, Watanabe 1999, Taton a kol. 2003, Komárek 2002). Všetky molekulárnej analýzy tiež podporujú širšiu diverzitu siníc v rôznych biotopoch (Garcia-Pichel et al. 1998, Taton et al., 2003). Takmer "identické" morfotypy a genotypy sa môžu vyskytovať vo veľmi vzdialených oblastiach (Jakobsen 2002), ale aj populácie rovnakého morfotypu "druhového", napríklad, *Nostoc commune*, *Nodularia spumigena*, *Phormidium autumnale*) z veľmi vzdialených oblastí sú diverzifikované do určitej miery, a líšia sa v ekofyziologických a biochemických znakoch (Bloch a Blackburn 1998, Kubečková et al. 2003). Evidentne tieto procesy majú za následok veľmi širokú morfológickú a ekologickú plasticitu siníc v biotopoch na celom svete (Komárek 2002). Rôzne typy sa môžu vyskytovať vo vzdialených oblastiach, za podobných podmienok po veľmi dlhú dobu (veľa rokov). Avšak, to tiež znamená, že môžu veľmi ľahko vznikáť nové ekofyziologické, morfológické a genetické jednotky, a to najmä v nových, špecializovaných, ekologických situáciách. Doteraz však, skutočná diverzita siníc je veľmi málo známa, to platí najmä v rôznych extrémnych a tropických stanoviskách.

V tejto diplomovej práci som sa zamerala na morfológickú variabilitu aerofytických siníc, získaných z kultivovaných kmeňov, vrátane testov gradientu živín. Taktiež som porovnávala získané dáta s dostupnou literatúrou. Kultivované kmene reprezentujú *Leptolyngbya* sp., *Microcoelus vaginatus*, *Oculatella* sp., *Scytonema javanicum*, *Porphirosiphon* sp. Keďže sa jedná o aerofytické sinice, ktoré sú získané z tropickej oblasti Keni, zamerala som sa na popis morfológickej variability aerofytických siníc z iných tropických oblastí. Tým sme mohli približne určiť druhové zastúpenie, podľa našich výsledkov získané z morfológickej variability. Rod *Microcoelus* je s najväčšou pravdepodobnosťou polyfyletický rod (kde väčšina kmeňov patrí do čeľade *Phormidiaceae*), (Anagnostidis a Komárek 1988). Z rodu *Microcoelus* by mal byť oddelený *M. vaginatus* pravdepodobne ako špeciálny druh, ktorý patrí zrejme pod *Oscillatoriaceae* (Boyer et al. 2002). Avšak mnoho kresieb z literatúr odpovedá skôr "phormidiovému typu", v tomto prípade bude nutné túto problematiku vyriešiť do budúcnosti.

Predovšetkým sú známe morské a pôdne druhy, ktoré pokrývajú substrát alebo rastú pod vrstvami vlhkého piesku. Niekoľko druhov je taktiež známych z piesočnatých a bahnitých morských pobreží a pevninských slaných biotopov. Známe sú druhy aj so stanovišťami s vlhkou pôdou, alebo litorálnych čistých alebo ľahko znečistených vodných útvarov, kde pokrývajú bahenné a vodné rastliny. Popísane sú aj z vlhkých hornín a minerálnych prameňov (Komárek 1992). V našom prípade uvažujeme o *Microcoelus vaginatus*. Morfológia trichómov je takmer totožná s veľmi bežným, polymorfným druhom *Phormidium autumnale*, *M. vaginatus* je veľmi variabilný druh súčasného systému cyanobaktérií je možné, že obsahuje viacero rôznych druhov (tiež z rôznych stanovišť). Kritéria vnútrodruhovej klasifikácie sú u tohto druhu nejasné. Typický *M. vaginatus* sa bežne vyskytuje aj púštnych pôdach. *M. vaginatus* (Hirano 1964) z Afganistanu, ktoré majú cylindrické, široko zaoblené konce.

Podľa Anagnostidisa a Komárka (2005) *Microcoelus vaginatus* (Desmazières ex Gomont 1892)-tvoria vlákna solitérne, plazivé alebo tvoriace husté, niekedy membranózne, mäkké černasté, zelené až tmavo modrozelené vláknité stielky, zriedka s nepravým vetvením, variabilne stočené na koncoch oslabené. Pošvy zvyčajne bezfarebné, nie sú lamelovité, variabilne silné, hrubé, nerovné. Trichómy dlhé, jasne modrozelené alebo olivovo zelené, až špinavo zelená (tiež červenkastá?), (2,5)-3-7 (-9?)  $\mu\text{m}$  široké, na koncoch postupne zoslabené, pohyblivé. Bunky sú kratšie ako širšie, 2-5(6,7)  $\mu\text{m}$  dlhé. Apikálne bunky  $\pm$  takmer kužeľovité, tupo zaoblené; bunky kratšie ako široké, koncové bunky ojedinele s kalyptrou. Zaznamenaný výskyt u subaerofytických druhov predstavujú pôdy, púštne pôdy, vlhké múry, kamene, vysušené blato, vápenaté horniny. Taktiež sú známe aj z mierne tropických pásiem, pravdepodobne distribuované po celom svete.

V našom prípade vlákna taktiež tvorili husté stielky. Aj šírka vlákien predbežne odpovedá  $6\pm 6,5\mu\text{m}$ , so slizovou pošvou  $7\mu\text{m}$  široké. Najväčšie šírka buniek ( $7\pm 7,5\mu\text{m}$ ) bola rovnako zaznamenaná pri ( $\text{NO}_3^-$ ), (vyššia koncentrácia). U fosforu však vláknité stielky nadobudli zeleno-hnedý až hnedý nádych. Konkrétne pri ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), (nižšia koncentrácia) vykazovali hnedé zafarbenie, naopak pri vyššej koncentrácii bolo zafarbenie väčšinou zelené. Pri ( $\text{NO}_3^-$ ), (nižšia koncentrácia) boli vlákna zelene, až žlto zelene zafarbené. Celkovo u fosforu boli vlákna útržkovite krátke, konkrétne pri vyššej koncentrácii ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), bol priebeh vlákien útržkovitý, tvorený jednotlivými krátkymi útržkovitými vláknami. Pravidelný priebeh vlákien dobre viditeľný len pri ( $\text{NO}_3^-$ ), (nižšia koncentrácia). Pri ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), (nižšia koncentrácia) bunky nezreteľné viditeľné. Apikálne bunky sú v tomto prípade tiež zaoblené, no mierne zakrivené, najmä pri ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), (vyššia koncentrácia). Lokalita, z ktorej bola naša vzorka odobratá je skalnatý povrch u vodopádov. Bunky vo vláknach u dusičnanov boli dobre viditeľné, širšie ako vyššie.

Pre rod *Scytonema* sú charakteristické trichómy, ktoré sú izopolárne a dlhé, vždy uzatvorené v pošve s charakteristicky nepravým vetvením. Po rozdelení trichómu vznikajú väčšinou dve postranné vetvy, z riedka jedna verva. K tejto skupine možno zaradiť tri rody. Ktoré majú svoje charakteristiky a to rod *Scytonema* (Born, Flah et al. 1988), *Scytonematopsis* (Kisel 1930, Erceg 1929). Typy vetvenia u *Scytonema* a *Scytonematopsis*, boli popísané niekoľkými autormi (Geitler 1932, Skuja 1949, Manguin 1952, Desikachary 1959, Kováčik a Komárek 1988). Rozdiel medzi týmito rodmi je v morfológii koncových častí trichómov a vlákien, apikálne bunky u *Scytonema* sú zaoblené alebo rozšírene-zaoblené, niekedy s viac alebo menej sférickými a vakuolizovanými terminálnymi bunkami. Mnoho druhov je aerofytických alebo subaerofytických, ktoré obývajú vlhké skaly. Niektoré druhy sú inkrustované uhličitanom vápenatým a predstavujú dominantné členy mikrofytov v travertínoch. Niekoľko druhov je známych z biotopov, ktoré žijú mimo vodného prostredia v blízkosti termálnych prameňov (Komárek 1992).

*Scytonema hofmanni*, vlákna 7-10,5 $\mu$ m zriedka až do 13 $\mu$ m široké a 2mm dlhé zhromaždené vzpriamených strapcoch. Husté vetvenie niekedy aj dvojité alebo jednoduché. Pošvy tenké, homogénne alebo vrstevnaté. Väčšinou bezfarebné v prípade zafarbenia sú žlté až hnedé. Trichómy svetlo modrozelenej farby, na koncoch niekedy ľahko rozšírené. Heterocyty najčastejšie eliptické, žlté 4,6-10 $\mu$ m dlhé (Starmach 1966). Vetvenie sa v našich kultúrach objavilo pri ( $\text{NO}_3^-$ ), (nižšia, vyššia koncentrácia).

V našich kultúrach sa šírka vlákien zhoduje s týmto druhom, kde dosahovala  $6\pm 6,5\mu$ m maximálne až 10 $\mu$ m. Slizová pošva taktiež prítomná, avšak bolo pozorované, že pošva nezasahovala až k vrcholným bunkám. Trichómy zelené, zeleno-hnedé až hnedé. Veľká morfológická variabilita vlákien bola patrná naprieč jednotlivými stupňami gradientov živín, niektoré vlákna s hranatými bunkami (viac širšie ako vyššie). Konkrétne pri ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), (nižšia koncentrácia) bunky širšie ako dlhšie, zelenej až hnedozelenej farby. A s pozorovanou vakuolizovanou plazmou. Bunky oválneho tvaru, hnedej farby, viac široké ako dlhšie, hnedej farby s nepravidelnými granulami a zrnitým obsahom, viditeľné pri ( $\text{NO}_3^-$ ), (nižšia koncentrácia). Viditeľnosť nekrotických buniek a hormogónií pri ( $\text{NO}_3^-$ ), (vyššia koncentrácia).

*Scytonema ocellatum*, vlákna 9-10 $\mu$ m široké, širšie ako v našom prípade, kde naše vlákna dosahovali maximálne 10 $\mu$ m. Vetvenie dvojité alebo jednoduché, vetvenie krátke. V našom prípade pozorované jednoduché vetvenie a to konkrétne pri ( $\text{NO}_3^-$ ), (nižšia, vyššia koncentrácia). Pri ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) sa vetvenie nevyskytovalo. Tento druh sa bežne vyskytuje na vlhkej zemi, na skalách a stenách, niekedy medzi machmi na rašelinových pôdach, zriedka vo vode.

*Scytonema javanicum* popisujú vlákna až 10-19 $\mu$ m široké, no v naše vlákna dosahujú maximálne 10 $\mu$ m šírky. Najväčšia šírka buniek v našom prípade dosahovala 7-10 $\mu$ m, pri ( $\text{NO}_3^-$ ), (vyššia koncentrácia). Pošvy úzke, silné, bezfarebné, zriedka žlté. Pošvy v našom prípade úzke 1 $\mu$ m niektoré dosahovali až 4 $\mu$ m. Trichómy 7-12 (14)  $\mu$ m široké, olivové alebo fialové zafarbenie. Najčastejšie v našich kultúrach vykazovali zelené (olivové) zafarbenie, hlavne pri ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), (nižšia koncentrácia).

(Frémy 1930) popisuje *Scytonema ocellatum* z oblasti Afriky ako stielku inkrustovanú vápencom, ktorá je černastá alebo popolavo-modrá, tá sa nezhoduje s našim zafarbením. Zafarbení sa však s našim popisom odlišuje. Vlákna širšie ako v našom prípade, tu až 10-18 $\mu$ m široké, pošvy pevné, často lamelovité, krehké. Šírka vlákien v našom prípade dosahovala 6 $\pm$ 6,5 $\mu$ m, maximálne až 10 $\mu$ m. Tento druh popisujú z lokalít ako holé pôdy alebo machy, kamene, steny, skaly a to najmä v tieni. Geografické rozšírenie tohto druhu z oblasti Afrika, hlavne Líbia (De Toni, Forti); Etiopské cisárstvo- známe tiež ako Habeš (Penzig, De Toni); Alžírsko (Durieu); Francouzský Súdán (kolónia vo Francúzskej Západnej Afrike); Dioubéba (Chevalier); Kamerun (Jungner) Angola (Welwitsch); Južná Afrika (Menyhardt); Madagaskar, Antananarivo (Perrier de la Bathie); Maurícius (Jadin); *Réunion* (Martens, Jadin).

Podľa Anagnostidis a Komárka (1988) sú diakritické charakteristiky rodu *Porphyrosiphon* podľa Kützing (1843), Gomont (1892), Frémy (1927), Geitler (1932), viac či menej rovnaké s *Phormidium* podrod *Hansgirgia*, ale líšia sa v niekoľkých jemných, stabilných prvkoch, hlavná diakritická charakteristika je schopnosť vytvárať pevné, silné, a lamelové pošvy. Nepohyblivé trichómy sú 6-20 $\mu$ m široké, ktoré sú v pošve. Pošvy sú často charakteristicky rozšírené alebo stočené. Vlákna solitérne, alebo rozšírené do širokých kompaktných stielok. Pôvodne bol rod definovaný s červenými pošvami. Avšak pigmenty v pošve nie sú stabilné a nemôžu byť prijaté ako stabilný znak, ktorý by bol akceptovateľný (Jaag 1945, Anagnostidis et.al. 1961). Preto boli do rodu *Porphyrosiphon* prenesené všetky druhy *Lynghya*, ktoré majú lamelovité pošvy (a to v prípade, že odpovedajú všetkým vlastnostiam pre *Phormidaceae*).

Anagnostidis a Komárek, (2005) definujú *Porphyrosiphon* ako vlákna solitérne, modrozelené, hnedé alebo červené stielky na rôznych podkladoch. Vlákna  $\pm$  skrútené, zvlnené, výnimočne s jediným nepravým vetvením, obsahujúci (zriedka) dva trichómy v pošve, pošvy silné, pevné, lamelovité, farebné, (červená, červenohnedá, fialová, žltá, hnedá alebo žltá, zriedka bezfarebná).

V našom prípade tá šírka vlákien pohybuje od 3 $\pm$ 3,5 $\mu$ m, maximálne 5 $\mu$ m. Najčastejšie šírky buniek, ktoré boli pozorované pri ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) dosahovali hodnoty (2,5 $\pm$ 3 $\mu$ m), najväčšia zaznamenaná pri vyššej koncentrácii (3-5 $\mu$ m). Hodnoty šírky buniek pri vyššej koncentrácii

(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) dosahovali maximálne 4µm. Vlákna s koncentraciami fosforu aj dusičnanov rôzne zvlnené, zaujímavosťou je však ich stočenie do špirály, viac v prípade fosforu. Najčastejší špirálovite-stočený priebeh bol zreteľný pri (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), (vyššia koncentrácia). Trichómy nepohyblivé, 6-10µm široké, bez konstriekcie. Bunky v našej štúdií sa zhodujú s popisom, ktorý autori uvádzajú izodiametrické alebo dlhšie ako široké. Apikálne bunky aj v našom prípade zaoblené, bez kalyptry (Kützing a Gomont 1892). Aerofytické/ subaerofytické druhy z Afriky reprezentujú *Porphyrosiphon luteus*, (Anagnostidis a Komárek (1988), *Porphyrosiphon notarisii* (Kützing a Gomont 1892).

*Porphyrosiphon luteus* majú ale vlákna husto zamotané, 9µm široké, trichómy olivovozelené, 2,5-6µm široké, bez konstriekcie, často granulované bunkové steny. Bunky izodiametrické, 1/3 dlhšie ako širšie, 1,5-5,5 µm dlhé. U nás 1±1,5 µm, maximálne 2µm dlhé. Apikálne bunky zaoblené, s ťažko viditeľnou kalyptrou. Výskyt bol zaznamenaný okrem vodného prostredia aj na vlhkých stenách, kameňoch a múroch. Afrika-Alžírsko, Kanárske ostrovy, Madagaskar, Maroko, Tunisko.

*Porphyrosiphon notarisii* subaerofytické druhy s výskytom na kôre stromov, skál, ďalej steny/múry z tropických a subtropických zón Afriky (Angola, Kamerun, centrálna Sahara, Etiópia, Gabon, Madagaskar, Sudán, Senegal). Vlákna rôzne zakrivené avšak fialovo hnedé, zriedka modrozelené, pošvy taktiež farebné- oranžova, ružova, hnedočervená, čo sa však nezhoduje s našou morfológiou.

Rod *Leptolyngbya* Anagnostidis a Komárek (1988), zahrňuje radu druhov vláknitých siníc, starých tradičných rodov *Lyngbya*, *Phormidium*, *Plectonema*. Avšak u rodu *Leptolyngbya* bolo preukázané, že je polyfyletická (Albertano a Kováčik 1994; Komárek a Anagnostidis 2005), a to tým, že obsahuje sinice s odlišnou evolučnou históriou s (Taton et al. 2003; Casamatta et al. 2005). Na základe génu 16S rRNA z niekoľkých ďalších kmeňov *Leptolyngbya* boli izolované druhy z prostredia púšti, morských a sladkovodných vôd (Wilmotte a Herdman 2001). Fylogenetické analýzy z nich ukázali, že rod *Leptolyngbya* by mal byť rozdelený do niekoľkých druhov (Casamatta et al. 2005; Komárek a Anagnostidis 2005).

Anagnostidis a Komárek, (2005) popisujú zástupcov aerofytických a subaerofytických druhov ako sú *Leptolyngbya minus*, *Leptolyngbya muralis*, *Leptolyngbya nigricans*, *Leptolyngbya scytonematicola*. *Leptolyngbya minus* (Gardner) Anagnostidis 2001 (syn. *Phormidium scytonematicola* var. *minus* Gardner 1927), trichómy svetlo modro-zelené, 1-1,5µm široké, čo sa zhoduje s našimi výsledkami. Šírka vlákien sa pohybuje v rozmedzí 1±2µm. V našich nameraných hodnotách sme maximálnu šírku do 2µm namerali pri (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), (vyššia koncentrácia). Slizová pošva dobre viditeľná, slizová pošva však nedosahuje až k vrcholu

vlákna. Pošvy zreteľné aj v našom prípade, ale nesplývajú tak ako to opisujú v tejto literatúre. Bunky aj tu boli izodiametrické, alebo dlhšie ako širšie. Apikálne bunky tiež zaoblené. Tento aerofytický druh popisujú zo skál, ktorý rastie so sinicou *Scytonema*, z oblasti Puerto Rica. *Leptolyngbya muralis* (Gardner) Anagnostidis et Komárek 1988 [syn. *Pletonema murale* Gardner 1927] tento druh, ktorý tu popisujú má širšie vlákna 3,6-4 $\mu$ m, s nepravým vetvením. Najväčšia možná šírka vlákna v našom prípade (3 $\pm$ 3,5 $\mu$ m) bola zaznamenaná pri fosfore (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), (vyššia koncentrácia). Inak najčastejšia možná šírka vlákien sa pohybovala v rozmedzí 2-2,5 $\mu$ m. Navyše sme pozorovali pravé vetvenie pri (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), (vyššia koncentrácia). Trichómy svetlo modrozelené, 1,5-1,8 $\mu$ m široké, mierne zúžené v mieste bunkových stien. Bunky na konci vlákna izodiametrické, 2x dlhšie ako široké, apikálne bunky zaoblené. U nás bunky viac menej izodiametrické. Tento druh bol popísaný zo steny mosta v Puerto Rica. Naša vzorka je odobratá z vulkanickej skaly u termálnych vôd z jazera Bogoria. Autori, popisujú *Leptolyngbya nigricans* (Komárek 2005) z vlhkých skál a hornín, tento druh je známy z chladnejšej lokality a to z ostrovov na severozápade Antarktídy-Južná Shetlandy. Zo skalných puklín popisujú druh *Leptolyngbya scytonematicola* (Gardner) Anagnostidis et Komárek 1988 [syn. *Phormidium scytonematicola*, Gardner 1927]. S trichómami svetlo modrozelenej farby, 2,5-3 $\mu$ m širokými. Bunky izodiametrické a to 3x dlhšie, čo sa moc nezhoduje s našimi veľkosťami buniek.

*Oculatella* predstavuje novo ustanovený rod, oddelený od *Leptolyngbya* (Zammit, Billi a Albertano 2012). Morfotyp tohto nového rodu, prvý krát popísali v literatúre Albertano a Grilli-Caiola (1988), ako zvláštny morfotyp uviedli Komárek a Anagnostidis (2005) pod označením *Leptolyngbya* "Albertano/Kováčik-red". Tento rod je v skutočnosti odlišný od všetkých ostatných rodov v rámci *Pseudanabaenaceae*, ktorá je založená na prítomnosti rodopsínu- ako červených inklúzií v apikálnych bunkách (Albertano et al. 2000). Jednotlivé druhy rodu *O. subterranea* Zammit, Billi a Albertano, sa vyznačujú tiež podzemnými typmi biotopov (Albertano a Grilli-Caiola 1988; Zammit et al. 2008a, 2008b, 2009, 2011; Martinez a Asencio 2010) a červenkastou farbou spôsobenú v dôsledku vysokých koncentrácií fykoerytrínu. V súčasnej dobe, bol taxón objavený zo stredomorských krajín (ako je Taliansko, Španielsko, Malta a Izrael). Okrem stredomorských oblastí nájdeme ich výskyt aj z teplejších oblastí. Výskumom tohto kmeňa boli izolované vzorky z nepodzemných biotopov, kde tieto kmene majú červenkasté škvrny v apikálnych častiach buniek, ale sú modrozelenej farby. Jedna z týchto foriem bola potom následne označená ako *Leptolyngbya* sp. (Flechtner et al. 2008). Iné kmene *Oculatella* boli zozbierané z vulkanických pôd z Grécka, Hafnersee (a jazero v Rakúsku), vodopád v Utahu (USA), jaskyne z oblasti Hawaii, a púštne pôdy v Atacame, Mohavská púšť a Colorado Plateau. K nim môžeme zaradiť druhy, ktoré sú typickými

predstaviteľmi takéhoto prostredia jedná sa o *Oculatella kauaiensis*, *Oculatella neakameniensis*, *Oculatella mojaviensis*, *Oculatella coburnii*, *Oculatella atacamensis*.

*Oculatella kauaiensis* (Miscoe a Johansen 2014). V tejto štúdií popisujú tento druh z tropickej lokality a to z vlhkých stien jaskyne, Severné pobrežie ostrova Kauai, Hawaii. Stielky sú v tomto prípade tenké, intenzívne modrozelené, vlákna zvlnené, niekedy stočené s pošvou 1,2-1,7 $\mu$ m široké. Trichómy pohyblivé, mierne zúžené v miestach bunkových stien 0,9-4,4 $\mu$ m široké. Bunky dlhšie ako širšie, občas so viditeľnými tylakoidmi v mikroskope, 1,0-4,4 $\mu$ m dlhé. Naše hodnoty namerané sa pohybujú v rozmedzí 1,5 $\pm$ 2 $\mu$ m, (pri zväčšení 100x). Apikálne (zrelé) bunky bez obalu, v priemere dlhšie ako vegetatívne bunky, červenkastá- oranžová škvrna na vrchole. Naša lokalita z ktorej bola vzorka odobratá bola vulkanická skala, u termálnych vôd. V tomto prípade je lokalita podobná s týmto výskytom. Najmenšia zaznamenaná šírka buniek (1-1,5), (maximálne 2 $\mu$ m) je pri ( $\text{NO}_3^-$ ), (vyššia koncentrácia). Apikálna bunka viditeľná, pri zaostrení zo znateľnou tmavou škvrnou.

*Oculatella neakameniensis* (Kováčik a Johansen 2014) z vyprahnutej sopečnej pôdy, sopka na ostrove Nea Kameni, Grécko, v Egejskom mori je známy druh. Stielka je tenká, modrozelené, vlákna zvlnené, s plášťom 1,2-4,1 $\mu$ m široké. Trichómy pohyblivé, s malými granulami lemujúce bunkové steny, chýba nepravé vetvenie. Bunky dlhšie ako širšie s tylakoidmi, ktoré sú občas zreteľné vo svetelnom mikroskope, 1,5-5,4 $\mu$ m dlhé. V našom prípade sú najväčšie namerané hodnoty šírky buniek od 2,5-3 $\mu$ m. Apikálne (zrelé) bunky zaoblené, v priemere dlhšie ako vegetatívne bunky, červenkastá, oranžová škvrna na vrchole bunky, 2,3-2,7 $\mu$ m dlhá a 1,1-1,7 $\mu$ m široká.

*Oculatella mojaviensis* (Pietrasiak a Johansen 2014) reprezentuje dolomitové pôdy v púšti- Severná Amerika, reprezentujú druh. So stielkou tenkou, modrozelenou, s vláknami zvlnenými, zriedka v nepravým vetvením. Trichómy pohyblivé, zriedka s malými granulami lemujúce bunkové steny. Bunky izodiametrické, alebo prevažne dlhšie ako širšie s tylakoidmi, ktoré sú občas zreteľné vo svetelnom mikroskope, 1,5-5,0 $\mu$ m dlhé. Apikálne (zrelé) bunky kónické, priemerne väčšie ako vegetatívne bunky, červenkastá až oranžová škvrna na vrchole bunky, 2,4-6,8 $\mu$ m dlhá, 1,4-2,0 $\mu$ m široká.

*Oculatella coburnii* (Pietrasiak a Johansen 2014) žulové pôdy v púšti v Severnej Amerike, So stielkou tenkou, modrozelenou, s vláknami zvlnenými, zriedka v nepravým vetvením. Trichómy pohyblivé, bez granúl. Bunky izodiametrické, alebo prevažne dlhšie ako širšie s tylakoidmi, ktoré sú občas zreteľné vo svetelnom mikroskope, 1,4-4,8 $\mu$ m dlhé. Apikálne (zrelé) bunky kónické, priemerne väčšie ako vegetatívne bunky, červenkastá až oranžová škvrna na vrchole bunky, 2,4-5,4 $\mu$ m dlhá, 1,4-1,8 $\mu$ m široká.



*Oculatella atacamensis* (Osorio-Santos a Johansen) pôdy a kremenné skaly v púšti Atacama. So stielkou tenkou, modrozelenou, s vláknami zvlnenými s viac ako jedným trichómom v slize. Trichómy nepohyblivé, s malými granulami na bunkovej stene. Bunky izodiametrické, alebo prevažne dlhšie ako širšie s tylakoidmi, ktoré sú občas zreteľné vo svetelnom mikroskope, 1,5-7,4 $\mu\text{m}$  dlhé. Apikálne (zrelé) bunky kónické, priemerne väčšie ako vegetatívne bunky, červenkastá-oranžová škvrna na vrchole bunky, 2,5-9,9  $\mu\text{m}$  dlhá, 1,4-2,1 $\mu\text{m}$  široká.

Hodnoty sa z predchádzajúcimi druhmi opísanými vyššie približne pohybujú okolo našich hodnôt, avšak niektoré hodnoty, ktoré sme popísali sa podstatne líšia od našich výsledkov. Druhy, ktoré sa vyskytujú takmer v identickom prostredí, podobnému nášmu je *Oculatella kauaiensis* (Miscoe a Johansen 2014), druh z tropickej lokality a to z vlhkých stien jaskyne, ktorý najlepšie vystihuje prostredie, podobné nášmu. *Oculatella atacamensis* (Osorio-Santos a Johansen), známe z pôd a kremenných skál z púšti Atacama. Reprezentujú skalnaté povrchy, pričom *Oculatella* sa v našom prípade vyskytuje v dvoch izolovaných kmeňoch, a z dvoch odlišných lokalít 1 Jezero Baringo v blízkosti termálnych prameňov, 2 Jezero Bogoria u termálnych vôd, vulkanická skala.

Jezero Baringo v našich výsledkoch predstavuje nameraná šírka vlákien pri (zväčšení 100x) sa pohybuje v rozmedzí 1,5 $\pm$ 2 $\mu\text{m}$ , maximálne až 2,5 $\pm$ 3 $\mu\text{m}$ . Bunky vo vlákne dlhšie než širšie. Apikálne bunky zašpicatené pro zaostrení s výraznou čiernou bodkou, dobre viditeľné. Najmenšia zaznamenaná šírka buniek (2 $\mu\text{m}$ ) je pri ( $\text{NO}_3^-$ ), (vyššia koncentrácia).

Jazero Bogoria zas vo výsledkoch prezentujú namerané hodnoty šírky vlákien pri (zväčšení 100x) v rozmedzí 1 $\pm$ 2 $\mu\text{m}$ . Prítomná pošva bezfarebná, potom šírka vlákna je maximálne 2,5 $\pm$ 3 $\mu\text{m}$ . Vlákna mierne zvlnené, lomené bez väčších nezrovnalostí. Vlákna, mierne zvlnené, zvlnené pri ( $\text{NO}_3^-$ ), (nižšia, vyššia koncentrácia). Zvlnený až lomený priebeh pozorovaný pri ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), (nižšia, vyššia koncentrácia). Najväčšie zaznamenané šírky buniek sú pri nižších koncentráciách ( $\text{NO}_3^-$ ) a ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).

K celkovej malej vedeckej činnosti, ktorá by venovala väčšiu pozornosť práve fyzikálnym, chemickým vplyvom na rast a morfológiu siníc je jasné, že sa údaje (pri popise rodov siníc toho istého druhu, alebo druhov) v odlišných environmentálnych podmienkach odlišujú. Aj v našom prípade sme jednotlivé kmene vystavili rozdielnym koncentráciám živín a to dusičnanov a fosforu. Taktiež kultivačné podmienky prebiehali za rovnakých podmienok (v kultivačnej miestnosti).

Kultivácia prebiehala jak v tekutom (2 kmene) tak aj v tuhom médiu (4 kmene). Za týchto podmienok sme následne vyvodili morfológickú variabilitu siníc pri rôznych koncentráciách živín. Jednotlivé zmeny, odchýlky v morfológii (veľkosť buniek, šírka buniek, prítomnosť

pravého, nepravého vetvenia a pod.) sú zaznamenané v tabuľkách 7-12. Následne sme porovnávali jednotlivú morfológickú klasifikáciu s inými druhmi, kde sme si priblížili druhy z tropických oblastí, prípadne druhy ktoré sa vyskytovali priamo v Afrike. Tým približne porovnať naše výsledky s literatúrou a tým sa približne odraziť pri jednotlivom zaradovaní siníc na úrovni druhu.

Môžeme sa ďalej odraziť od tvrdenia, že každý druh má vlastnú plasticitu a rôzne reakcie na podmienky okolitého prostredia. To vyplýva napríklad z vyhodnotenia morfológických parametrov (Jaag 1941, 1943, Schwabe 1944, 1947, Komárek 1958, Anagnostidis 1961, Golubié a Schwabe 1965, Skulberg a Skulberg 1985, Anagnostidis a kol. 1985), ktoré sú závislé nielen na priamych vplyvoch premenlivých faktorov, ale sú tiež variabilné a môžu sa meniť v priebehu vegetačného obdobia (Meffert a Oberhäuser 1982).

## 8. Záver

Táto diplomová práca je zameraná na morfológickú variabilitu, kde z pôvodných 10-rodov *Gloeocapsa*, *Nostoc*, *Scytonema*, *Leptolyngbya*, *Lyngbya*, *Phormidium*, *Phormidium*, *Pseudanabaena*, *Pseudophormidium*, *Stigonema*, sa izolovalo 6 kmeňov. Vzorky z bakalárskej práce boli zachované jak na agare, tak v tekutom médiu a kultivované. Kultivácia prebiehala v laboratórnych podmienkach vo flow-boxe.

V rokoch 2014-2016 sa podarilo prekultivovať a izolovať 6 kmeňov *Porphirosiphon*, *Scytonema*, *Leptolyngbya*, *Oculatella* (2), *Microcoelus*. Následne sa podarilo vystaviť kmene jednotlivým koncentraciami živín a to dusičnanov ( $\text{NO}_3^-$ ), fosforu ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) a zamerať vplyv týchto faktorov na rast a morfológiu siníc. Z výsledkov našej morfológickej variability, sme následne porovnávali druhy z tropických oblastí a z iných zdrojov literatúry.

Práca v sebe zahrňuje informácie o vláknitých siniciach z Keni a z iných tropických oblastí. Popisuje aj novo ustanovený rod sinice, pričom vysoká pozornosť je venovaná vplyvu faktorov prostredia na výskyt a morfológiu siníc. Ďalej popisuje reakcie siníc na jednotlivé podmienky okolitého prostredia obývajúce najmä skalnaté povrchy, vyskytujúce sa aj mimo tropické podmienky. V práci je venovaná kapitola geologickej charakteristiky oblasti s prehľadom horninových jednotiek s jednoduchou geologickou mapou Keni.

V praktickej časti sa pozornosť obracia na morfológickú variabilitu kultivovaných vzoriek, ktoré boli vystavené odlišným gradientom živín. A následne boli kmene morfológicky, popísané, prekreslené a fotograficky spracované. Kultivované kmene reprezentujú *Leptolyngbya* sp., *Microcoelus vaginatus*, *Oculatella* sp., *Scytonema javanicum*, *Porphirosiphon* sp., a výsledky spracované a porovnané s obdobnými štúdiami zameranými na morfológickú variabilitu.

Taktiež v rámci diplomovej práce bol vypracovaný učebný text, úlohy a praktické cvičenia s praktickým využitím pre stredné školy.

## 9. Literatúra

- Ahmend, D., El- Gamal, (2008): Aerophytic Cyanophyceae (Cyanobacteria) from Some Cairo Districts, Egypt: Pakistan Journal of Biological Sciences, 11 (10): 1293-1302.
- Anagnostidis, K. a Komarek, J. (1988): Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3-Oscillatoriales. Archiv. Hydrobio. Suppl. 80,1-4 (Algological studies 50-53): 327-472.
- Anagnostidis, K. a Komarek, J. (1990): Modern approach to the classification system of cyanophytes 4-Nostocales. Algological Studies 56: 247- 345.
- Anagnostidis, K. a Komarek, J. (1990): Modern approach to the classification system of cyanophytes. 5-Stigonematales. Algological studies 59: 1-73
- Ballot, A., Krienitz, L., Kotut, K., Wiegand, C., Metcalf, J.S., Codd, G.A. a Pflugmacher, S. (2004): Cyanobacteria and cyanobacterial toxins in three alkaline Rift Valley lakes of Kenya - Lakes Bogoria, Nakuru and Elmenteita. J. Plankt. Research (in press), Journal of Plankton research: pages 925–935.
- Becerra- Absalón, I., Rodarte, B., Osorio, K., Alba-Lois, L., Segal-Kischinevzky, C. a Montejano, G. (2013). A new species of Brasilonema (Scytonemataceae, Cyanoprokaryota) from Tolantongo, Hidalgo, Central Mexico. Fottea 13(1): 25-38.
- Büdel, B., (1999): Ecology and diversity of rock-inhabiting cyanobacteria in tropical regions. Eur J Phycol 34: 361- 370.
- Crossley. R. R. 1976. Structure, stratigraphy and volcanism in the Nguruman escarpment area on the western side of the Kenya Rift Valley. Ph. D. disserrafion Unrversdy of Lancaster, U.K.
- Crossley, R. R. 1979. The Cenozoic stratigraphy and structure of the western part of the Rift Valley rn southern Kenya. Journal Geological Society London 136, 393-405.

- Díez B, Bauer K, Bergman B. (2007). Epilithic cyanobacterial communities of a marine tropical beach rock (Heron Island, Great Barrier Reef): diversity and diazotrophy applied and environmental microbiology, June 2007, p. 3656–3668.
- Dvořák, P., Jahodářová, E., Hašler, P., Gusev, E. a Pouličková, A. (2015) A new tropical cyanobacterium *Pinocchia polymorpha* gen. et sp. nov. derived from the genus *Pseudanabaena*. *Fottea* 15(1): 113–120.
- Dvořák, P., Pouličková, A., Hašler, P., Belli, M., Casamatta, D. A., a Papini, A. (2015): Species concepts and speciation factors in cyanobacteria, with connection to the problems of diversity and classification.- *Biodiversity and Conservation*, 24: 739–757.
- Ferreira, V., Branco, L.H.Z. a Kaštovský, J. 2013. True branched nostocalean Cyanobacteria from tropical aerophytic habitats and molecular assessment of two species from field samples.- *Revista de Biologia Tropical* 61 (1): 455-466.
- Frémy, A.P. (1930): Les Myxophycées de l'Afrique équatoriale française. *Archives de Botanique, Mémoires* 3(2): 1-508.
- Garcia-Pichel, F., Lopez-Cortez, A. a Nubel, U. (2001): Phylogenetic and morphological diversity of cyanobacteria in soil deserts crusts from the Colorado Plateau. – *Appl. Environ. Microb.* 67: 1902–1910.
- Hašler, P.; Dvořák, P.; Johansen, J.R.; Kitner, M.; Ondřej, V. a Pouličková, A. (2012): Morphological and molecular study of epipellic filamentous genera *Phormidium*, *Microcoleus* and *Geitlerinema* (Oscillatoriales, Cyanophyta/Cyanobacteria). *Fottea*, 12: 341–358.
- Hauer, T., Mühlsteinová, R., Bohunická, M., Kaštovský, J. a Mareš, J. (2015): Diversity of cyanobacteria on rock surfaces. - *Biodiversity and Conservation* 24: 759-779.
- Huddleston, A. 1954. Geology of the Kakamega District.. Geological Survey of Kenya, Narrobr. Kenya. Report Number 28. 59p.

- Komárek, J., Komárková, J., Kling, H., 2003: Filamentous cyanobacteria, Freshwater Algae of North America. Academic Press, San Diego, CA, pp. 117- 196.
- Komárek, J. a Anagnostidis, K. (2005): Cyanoprokaryota. 2. Teil: Oscillatoriales. – In: Büdel, B.; Gärdner, G.; Krienitz, L. and Schagerl, M. (eds): Süßwasserflora von Mitteleuropa, vol. 19/2.–759 pp., Elsevier, München.
- Komárek, J. (2006): Cyanobacterial Taxonomy: Current Problems and Prospects for the Integration of Traditional and Molecular Approaches, 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. (2013): Cyanoprokaryota: 3rd part: heterocystous genera. - In: Büdel, B.; Gärdner, G.; Krienitz, L. & Schagerl, M. (eds): Süßwasserflora von Mitteleuropa, vol. 19/3. 1130 pp., Springer Spektrum, Heidelberg.
- Komárek, J. (2013): Cyanoprokaryota: 3rd part: heterocystous genera. - In: Büdel, B.; Gärdner, G.; Krienitz, L. a Schagerl, M. (eds): Süßwasserflora von Mitteleuropa, vol. 19/3–1130 pp., Springer Spektrum, Heidelberg.
- Komárek, J. Cyanoprokaryota. Berlin: Springer Spektrum, 2013, xviii, 1130 s. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 19/3. ISBN 978-3-8274-0932-4.
- Krienitz L., Ballot A., Kotut K., Wiegand C., Pütz S., Metcalf J. S., Codd G. A., Pflugmacher S. (2003): Contribution of hot spring cyanobacteria to the mysterious deaths of Lesser Flamingos at Lake Bogoria, Kenya, FEMS Microbiology Ecology, 141-148.
- Kubešová S., Faimon J., Štelcl J., Zimák J. (2002): The study of “lampflora“ in the Kateřinská Cave (the Moravian Karst, Czech Republic). - In: International Conference on Cavelighting, 15-17 November 2000, Budapest. Proceedings, 73-76. Budapest 2002.

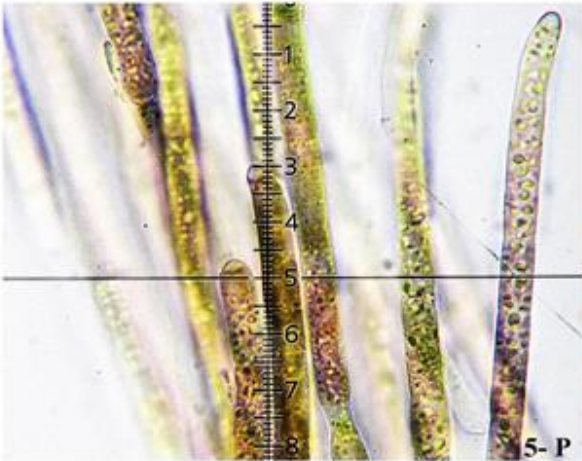
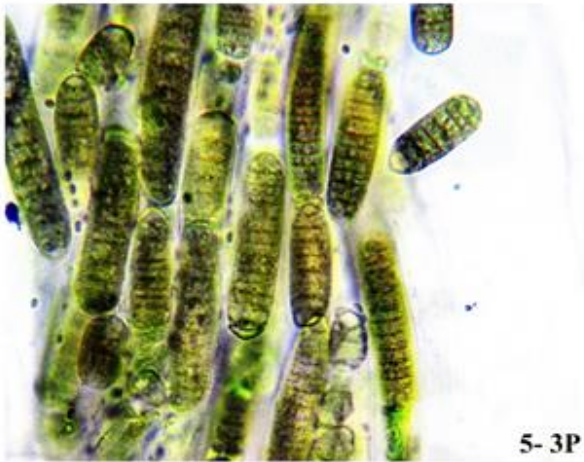
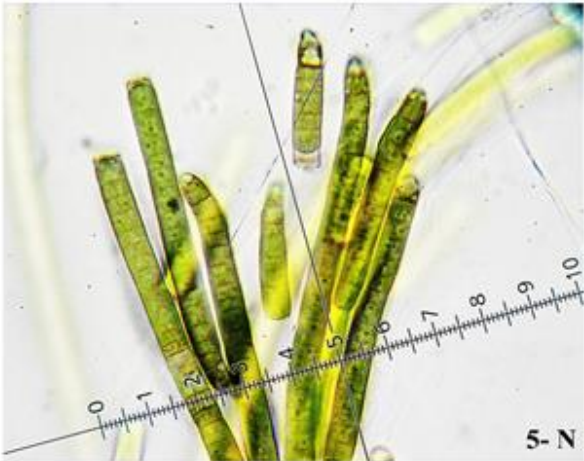
- Lucien Hoffman (1999) Marine cyanobacteria in tropical regions: diversity and ecology, *European Journal of Phycology*, 34:4, 371-379.
- Mathu, E. M., a Davides, T.C., 1997. Geology and the enviroment in Kenya, *Journal of African Earth Sciences*. Vol. 23, No. 4, pp. 511-539, 1996.
- Mulec, J. Kosi, G., a Vrhovšek, D., – Characterization of cave aerophytic algal communities and effects of irradiance levels on production of pigments. *Journal of Cave and Karst Studies*, v. 70, no. 1, p. 3–12.
- Nestupa, J. (2001): Aerofytické řasy tropického deštného lesa - zkušenosti z Malajského poloostrova (Aerophytic algae from the tropical rainforests of Peninsular Malaysia) *Czech Phycology* 1: 31-35.
- Nestupa, J. a Škaloud, P. (2008): Diversity of subaerial algae and cyanobacteria on tree bark in tropical mountain habitats. - *Biologia* 63: 802-808.
- Nestupa, J. a Škaloud, P. (2010): Diversity of subaerial algae and cyanobacteria growing on bark and wood in the lowland tropical forests of Singapore. - *Plant Ecology and Evolution* 143: 51-62.
- Osorio-Santos, K., Pietrasiak, N., Bohunická, M., Miscoe, L.H., Kovácik, L., Martin, M.P. a Johansen, J.H. (2014). Seven new species of *Oculatella* (Pseudanabaenales, Cyanobacteria): taxonomically recognizing cryptic diversification. *European Journal of Phycology* 49(4): 450-470, 69 fig., 5 tables.
- Piontek, M., Lechów, H. (2014) Aerophytic Cyanobacteria as a Factor in the Biodegradation of Technical Materials on External Building Walls, *Civil And Environmental Engineering Reports*. Jan 2014, Vol. 13.
- Potts, Edited by Brian A. Whitton a Malcolm. The ecology of cyanobacteria their diversity in time and space. New York: Kluwer Academic, 2002. ISBN 03-064-6855-7.

- Pouličková, A. (2011): Základy ekologie sinic a řas. – 91 pp., Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc.
- Robarts, R. D., T. Zohary. 1987. Temperature effects on photosynthetic capacity, respiration, and growth rates of bloom-forming cyanobacteria. N. Z. J. Mar. Freshw. Res. 21:391-399.
- Sant'Anna, C. L., Azevedo, M. T. P., Komárek, J., Kaštovský, J., Sulek, J., Lorenzi, A. S. (2007): The cyanobacterial genus *Brasilonema*: molecular and phenotype evaluation. – Journal of Phycology 43: 789–798.
- Sant'Anna C. L., Azevedo M. T. P., Fiore M. F., Lorenzini A.S., Kaštovský J., Komárek J. (2011). Subgeneric diversity of *Brasilonema* (Cyanobacteria, Scytonemataceae). - Revista Brasileira Botanica 34(1): 51-62.
- Šramková, K., Kováčik, Ľ. Occurrence of cyanobacteria and algae in growths of lampflora in six show caves of Slovakia (2005). In Bulletin Slovenskej botanickej spoločnosti. Vol. 27, p. 17-21.
- Techer, D., Pascal, F., Personne, A., Viot, S., Thomas. M. (2016) Allelopathic potential and ecotoxicity evaluation of gallic and nonanoic acids to prevent cyanobacterial growth in lentic systems: A preliminary mesocosm study. Science of The Total Environment 547, 157-165.
- Vaccarino, M. A., Johansen, J. R. (2012) *Brasilonema angustatum* sp. nov. (Nostocales), a new filamentous cyanobacterial species from the Hawaiian islands. Journal of Phycology, 48 (5): 1178–1186 p.
- Zammit, G., Billi, D. a Albertano, P. (2012). The subaerophytic cyanobacterium *Oculatella subterranea* (Oscillatoriales, Cyanophyceae) gen. et sp. nov.: a cytomorphological and molecular description. European Journal of Phycology 47(4): 341-354.



**10. Príloha č.1.**  
**Fotografie izolovaných kmeňov**

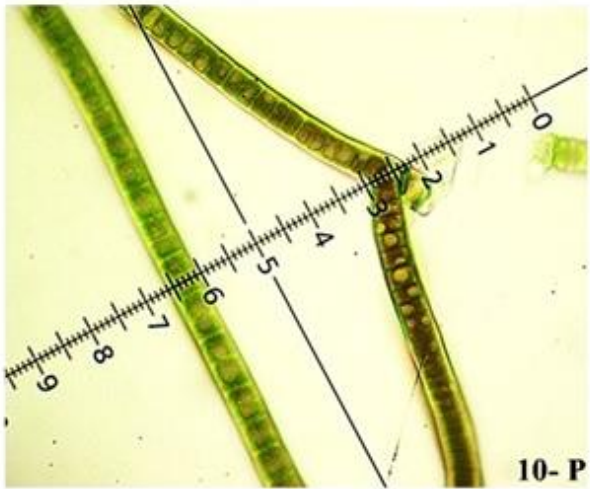
Obr. č.3: *Microcoelus (vaginatus)*



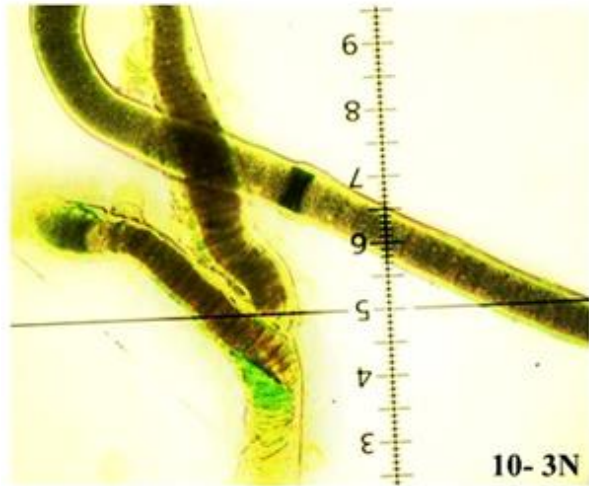
Obr. č.4: *Scytonema javanicum*



10- P



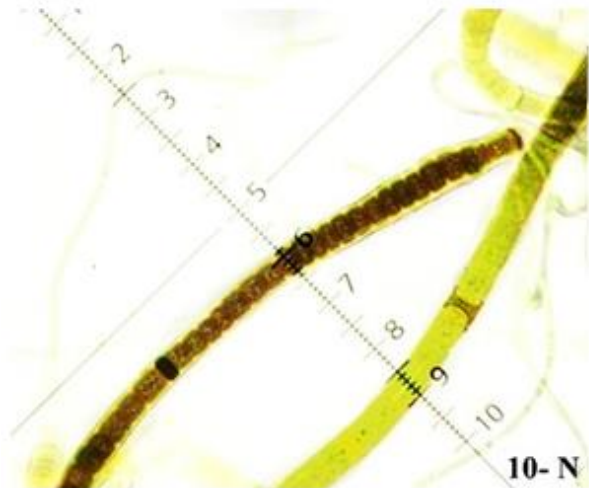
10- P



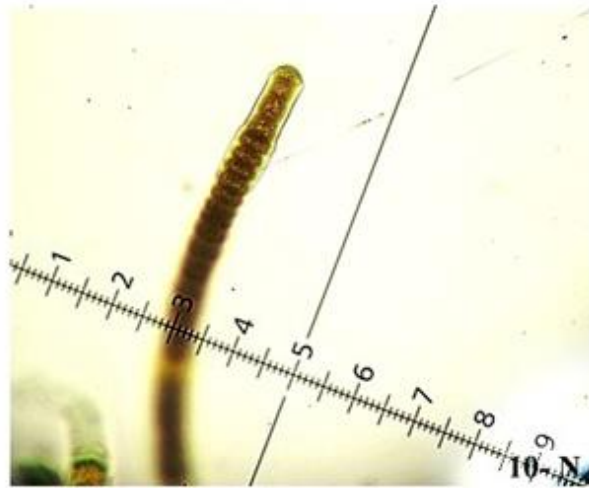
10- 3N



10- 3N

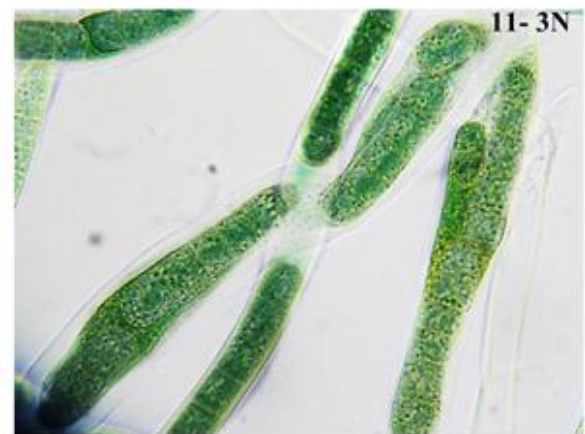
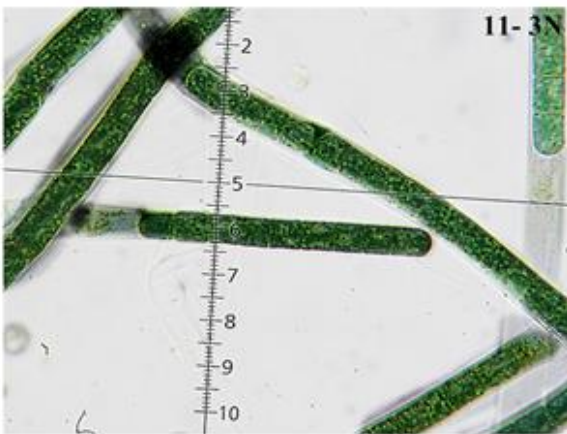
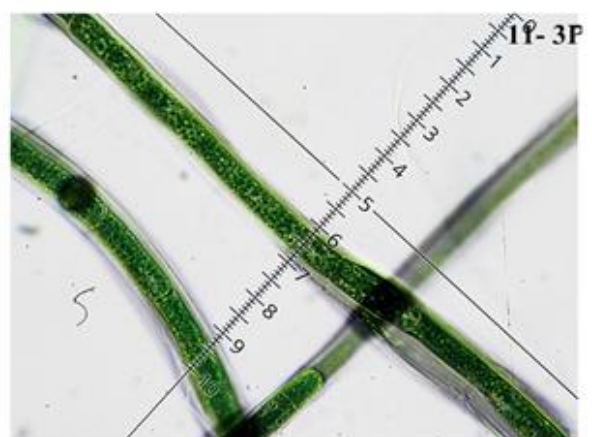
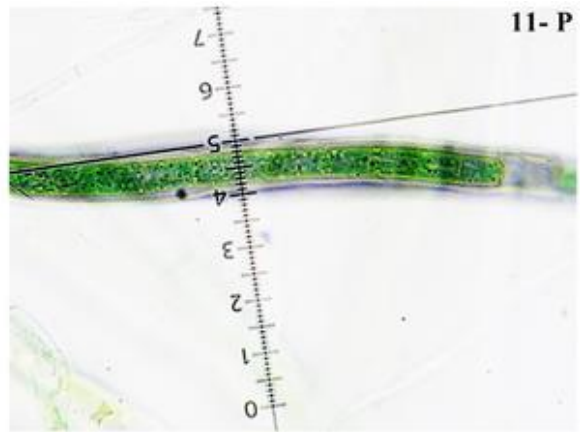


10- N



10- N

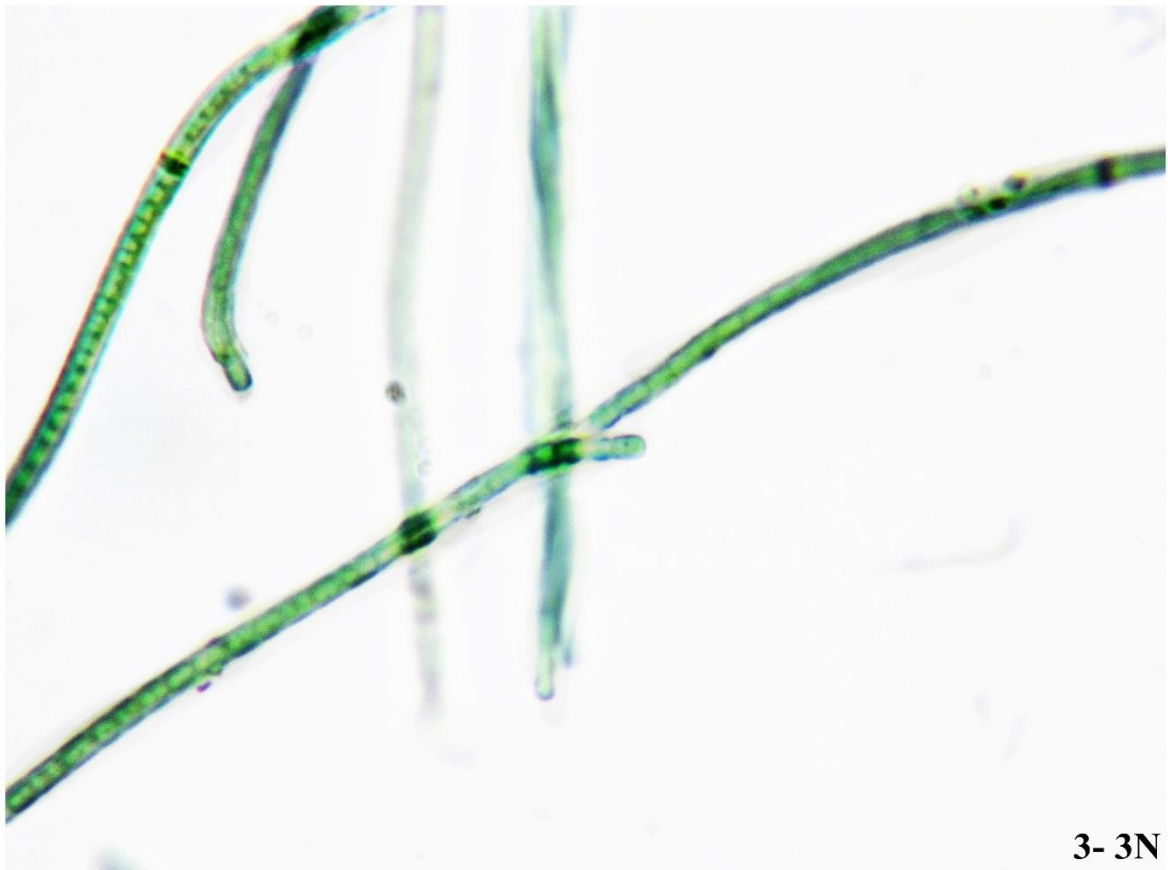
Obr. č.5: *Porphirosiphon* sp.



Obr. č.6: *Leptolyngbya* sp.



3- P



3- 3N

**Obr.č.7:** *Oculatella* sp.



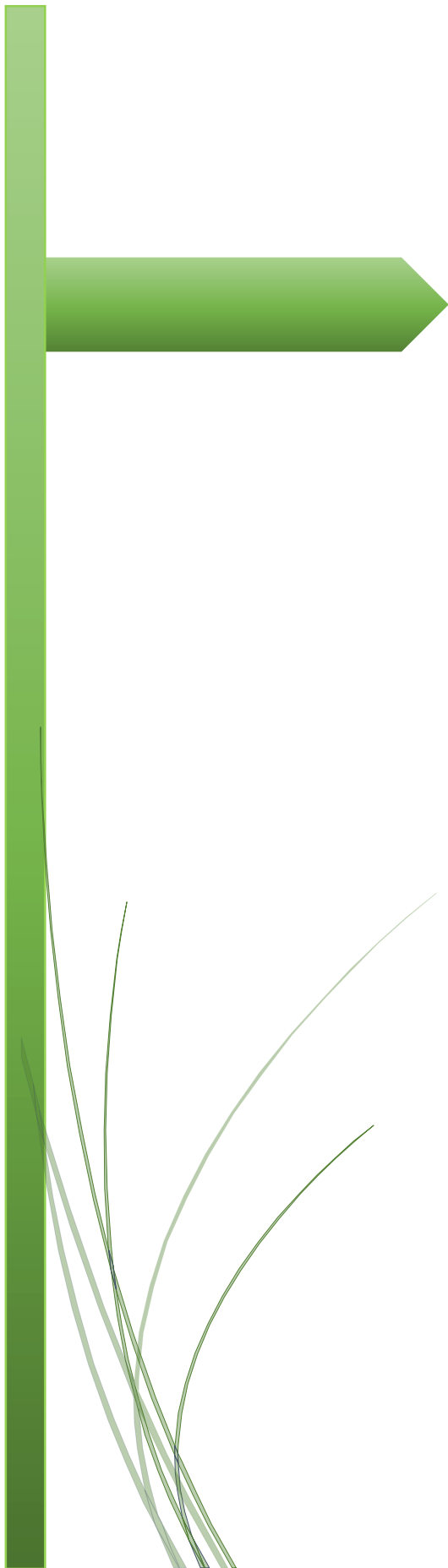
6- 3P



8- 3N

## **11. Príloha č.2.**

**UČEBNÝ TEXT, ÚLOHY A PRAKTICKÉ CVIČENIA  
PRE STREDNÉ ŠKOLY**



**SINICE**  
**(Cyanobacteria)**

**Meno:**

**Trieda:**



## Sinice- vznik a vývoj

- Sinice sa pravdepodobne vyvinuli z anaeróbných fotosyntetizujúcich baktérií, ako sú dnešné **purpurové baktérie** či **chlorobaktérie** (*Chloroflexi*).
- Najstaršie známe dôkazy o existencii siníc na Zemi v podobe fosílií sú staré 3,5 miliardy rokov a pochádzajú predovšetkým z formácie Apex Chert v Austrálii.
- Tieto **prekambrijské** nálezy tzv. **stromatolitov** možno predstavujú vôbec najstaršie nálezy bunkových organizmov. Niektoré štúdie však tvrdia, že tieto nálezy sú abiotického pôvodu a predstavujú len zložité štruktúry, ktoré vznikli devitrifikáciou horniny na báze uhlíku. Lepšie zachované fosílné nálezy siníc pochádzajú z obdobia medzi 2 – 0,9 miliardami rokov.
- Vzhľadom sú identické s dnešnými sinicami a pokiaľ je nejaká fosília zaradená do určitého súčasného rodu, pred daný rodový názov sa často dáva predpona „paleo“. Udáva sa, že tieto sinice patria do radov ***Chroococcales*** a ***Oscillatoriales***.
- Až do začiatku **kambria** (pred cca. 600 miliónmi rokov) boli sinice dominantnými organizmami na Zemi, a tento dlhý úsek geologickej histórie Zeme sa preto označuje ako „vek siníc“. V tomto období sa tiež vďaka siniciam postupne **zvyšoval obsah kyslíka v atmosfére**.

Obr. 1



Stromatolity v Shark Bay v západnej Austrálii

Obr. 2



Stromatolity, ako napr. tieto, predstavujú dôkaz o existencii siníc v dávnej minulosti.

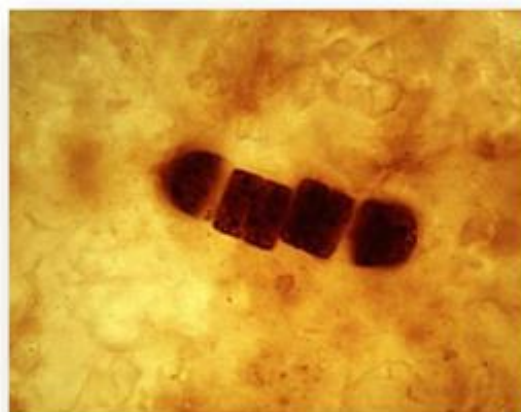
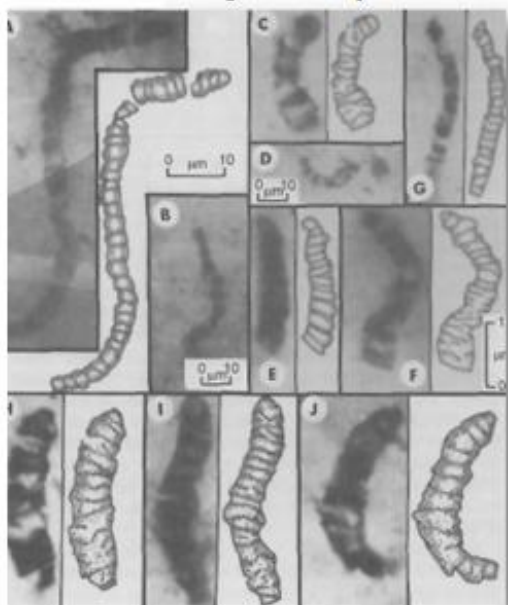
(Obr. 1: [cit. 2016-24-04]. Dostupný pod licenciou Creative Commons na [www: https://sk.wikipedia.org/wiki/Stromatolit#/media/File:Stromatolites\\_in\\_Sharkbay.jpg](https://sk.wikipedia.org/wiki/Stromatolit#/media/File:Stromatolites_in_Sharkbay.jpg);

Obr. 2: [cit. 2016-24-04]. Dostupný pod licenciou Creative Commons na [www: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:StromatolitheAustralie6.jpeg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:StromatolitheAustralie6.jpeg)).

**Tabuľka č. 1: Nálezky fosílií siníc a rias v geologických dobách**

geologická doba	epocha	milión rokov	prvé nálezy fosílií
štvrtohory	súčasná		
	pleistocén	1,8	
tret'ohory	pliocén	5,5	
	miocén	25,0	<i>Phaeophyceae</i>
	eocén	53,5	
	paleocén	65,0	
krieda		135,0	<i>Chrysophyceae</i>
jura		191 – 205	<i>Bacillariophyceae</i>
trias		235 – 245	
perm		275 – 290	
karbón		405 – 430	
silúr		435 – 460	<i>Dinophyceae, Charophyceae, Rodophyceae</i>
ordovik		500 – 530	<i>Chlorophyceae</i>
kambrium		570 – 610	
prekambrium		3700	<i>Cyanophyceae</i>

**Obr. 3: Fosilne pozostatky siníc**

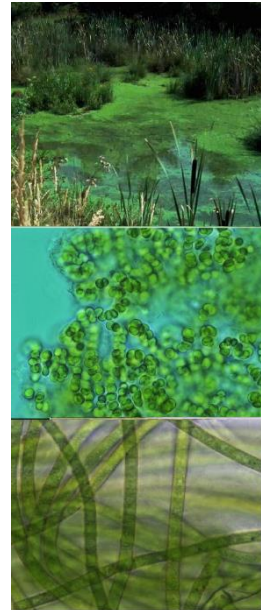


Stáří cca 3,5 mld. let

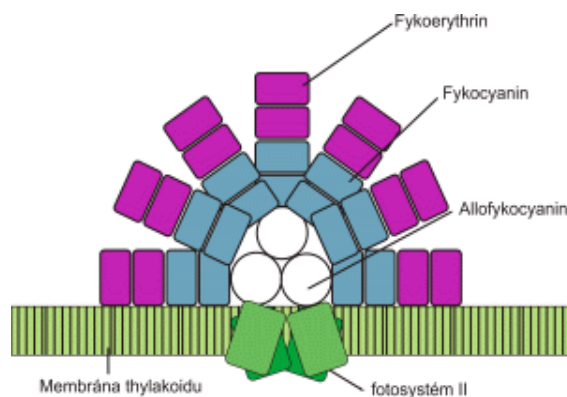
(Obr. 3: HAŠLER, Petr. [www.priroda21.upol.cz/](http://www.priroda21.upol.cz/)[online]. [cit. 24.4.2016]. Dostupný na [www.priroda21.upol.cz/docs/Hasler-Zajimavy-svet-sinic-a-ras.pdf](http://www.priroda21.upol.cz/docs/Hasler-Zajimavy-svet-sinic-a-ras.pdf)).

## Sinice- charakteristika

- Sinice alebo cynophyta sú jednoduché autotrofné prokaryotické organizmy s jednobunečnou alebo vláknitou stielkou.
- Sú staré (3.5 miliardy rokov) s výskytom po celej Zemi (pravdepodobne hrali rozhodujúcu úlohu vo vytváraní kyslíkatej atmosféry).
- **Stielka**- kokálna (kolónie, bunky), vláknitá, ktorá môže byť s pravým a nepravým vetvením.
- **Rozmnožovanie**- nepohlavné, priehradkové delenie, pomocou hormogónií u siníc nie je známy pohlavný cyklus.
- **Ich DNA** je obsiahnutá v nukleoplazmatickej oblasti (spravidla v strede). Tá podobne ako u všetkých prokaryot nie je oddelená od ostatnej protoplazmy žiadnou jadrovou membránou.
- Bunky sú často obalené slizom, bunková stena je dosť pevná, vrstevnatá.
- **fotosyntetické pigmenty** – k nim patria (**chlorofyl a**,  **$\beta$ -karotén**, **xantofyly** a **fykobily**).



**Tylakoidy** predstavujú najnápadnejší útvar vo vnútri bunky. **Fykobilizómy**, ktoré sú tvorené **fykobilinmi** bielkovinovej povahy (**fykobiliproteíny**), dva sú modré (**c-fykocyanin** a **allofykocyanin**) a jeden je červený (**c-fykoerythrin**).



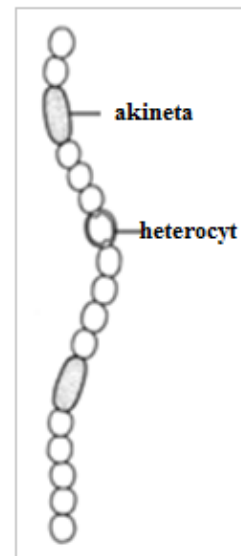
(Štruktúra fykobilizómu podľa Pankratz a Bowen 1963).

Tieto fotosyntetické pigmenty sa nachádzajú na povrchu tylakoidov spoločne s fykobilinmi. Ich funkcia má povahu- svetlozbernej antény, citlivosť umožňuje fotosyntézu siníc pri veľmi nízkej hladine osvetlenia.

## Sinice majú niekoľko typických štruktúr:

- **Aerotopy**- sú jedinou štruktúrou v živých bunkách, ktorá je naplnená plynom. Jedná sa o valcovité telieska v tvare mnohostena. Stena aerotopov je zložená z glykoproteínov a je priepustná pre všetky plyny rozpustné vo vode. Sinice si ich môžu tvoriť a dezorganizovať v závislosti na abiotických podmienkach.
- **Heterocyty** sú tlustostenné bunky ich obsah sa v optickom mikroskope javí ako prázdny teda s homogénnym vnútorným obsahom.
- **Akinety** sú tlustostenné bunky s obsahom, ktorý je tvorený zásobnými granulami. Funkcia akinet je prežívanie v nepriaznivých podmienkach.

Obr. 4

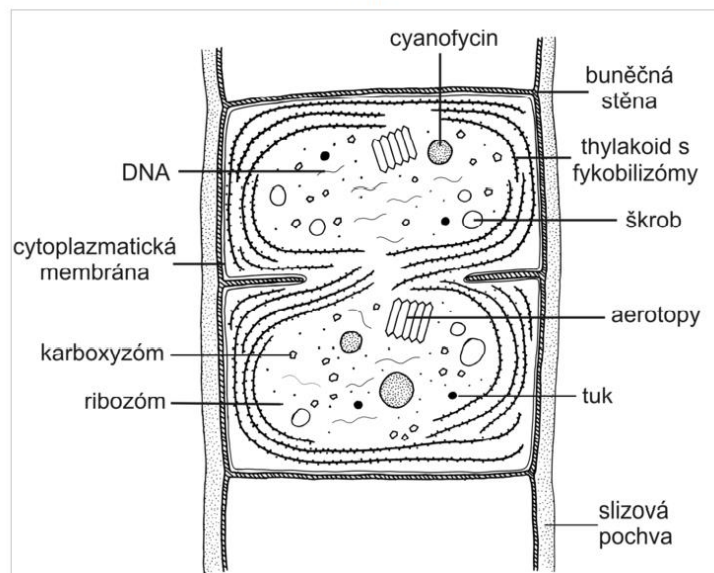


**H- (heterocyt)** tlustostenné bunky s homogénnym obsahom (dochádza v nich k fixácii plynného  $N_2$ ).

**A- (akineta)** tlustostenné bunky, často väčšie alebo iného tvaru, ktoré odolávajú extrémnym podmienkam s vysokým obsahom zásobných látok.

Stavba buniek je veľmi jednoduchá a v bunkách siníc nie sú prítomné štruktúry ako: jadro, chloroplasty, mitochondrie, chýbajú tiež bičičky, Golgiho aparát, endoplazmatické retikulum, vakuoly atď.

Obr. 5



(Obr. 4, 5: KRAUTOVÁ, Markéta. [www.sinicearasy.cz](http://www.sinicearasy.cz) [online]. [cit. 24.4.2016]. Dostupný na [www](http://www.sinicearasy.cz):

4: [http://www.sinicearasy.cz/sites/default/files/Cyanobacteria\\_bunky.gif](http://www.sinicearasy.cz/sites/default/files/Cyanobacteria_bunky.gif);

5: [http://www.sinicearasy.cz/sites/default/files/Cyanobacteria\\_vlakno.gif](http://www.sinicearasy.cz/sites/default/files/Cyanobacteria_vlakno.gif)).

## Systematika

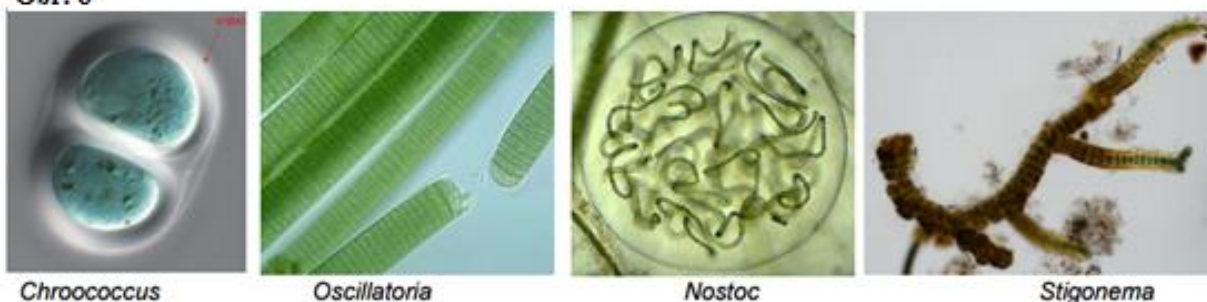
- Kedysi boli zarad'ované buď medzi tzv. **nižšie rastliny** alebo tvorili samostatnú jednotku na rovnakej úrovni s **baktériami**. Dnes sa zarad'ujú medzi **gramnegatívne baktérie**.

o Na ich pomenovanie sa vzťahuje kód rastlín aj kód prokaryotov. Všetky sinice v súčasnosti patria do jednej triedy cyanophyceae (alebo cyanobacteria) jedinej ríše bacteria jediného impéria prokarya. Je známych minimálne 200 rodov a niekoľko tisíc druhov.

**Najčastejšie sa sinice delia do 4 radov** (v súčasnosti sa systém sa mení):

- **Chroococcales** – jednoduché kokálne bunky, ktoré sa môžu združovať do kolónií. Nemajú akinety ani heterocyty, delia sa jednoduchým delením bunky.
- **Nostocales** – ich telo je tvorené trichálnou stielkou, ktorá je retiazkovitá alebo nepravo vetvená. Majú akinety, heterocyty a často aj aerotopy.
- **Oscillatoriales** (drgavkotvaré) – jednoduché sinice s vláknitou (trichálnou) stielkou. Nemajú akinety ani heterocyty, môžu mať aerotopy. Rozmnožujú sa pomocou hormogónií.
- **Stigonematales** – trichálna stielka, pravé vetvenie, majú heterocyty, nemajú aerotopy, akinety, žijú v pomerne extrémnych podmienkach, napr. v horúcich prameňoch.

Obr. 6



(Obr. 6: HAŠLER, Petr. [www.priroda21.upol.cz/](http://www.priroda21.upol.cz/)[online]. [cit. 24.4.2016]. Dostupný na [www.priroda21.upol.cz/docs/Hasler-Zajimavy-svet-sinic-a-ras.pdf](http://www.priroda21.upol.cz/docs/Hasler-Zajimavy-svet-sinic-a-ras.pdf)).

## Rad Chroococcales

*Cyanothece*

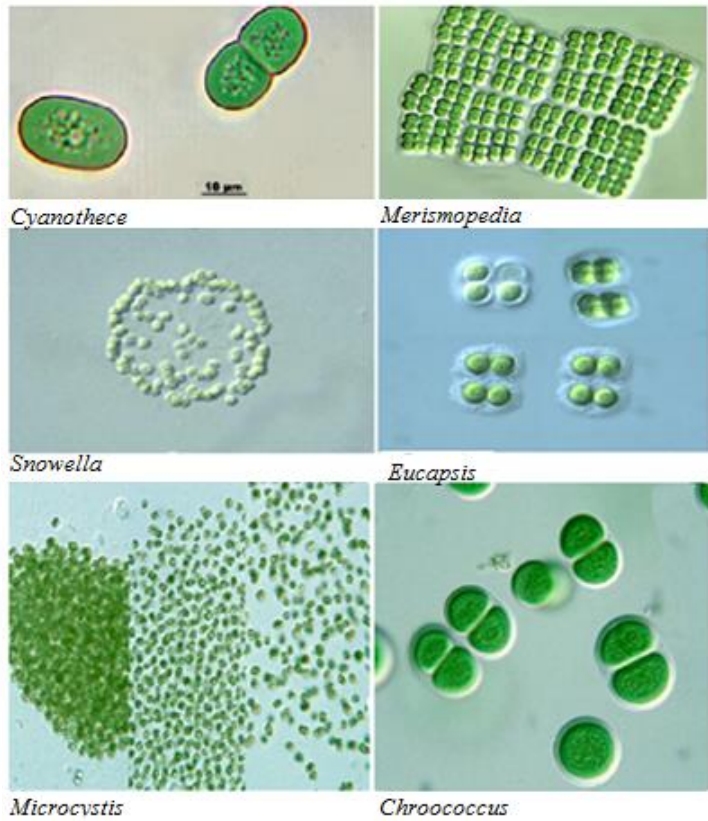
*Merismopedia*

*Snowella*

*Microcystis**Eucapsis*

*Chroococcus*

*Chamaesiphon*



## Rad Stigonematales

*Hapalosiphon*

*Mastigocladus*

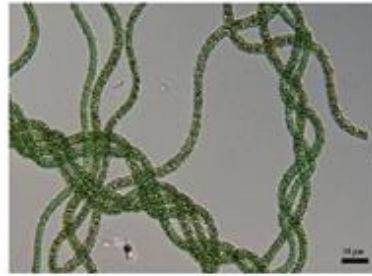
*Stigonema*



**Doporučené online galérie zástupcov siníc:** 1. [www.galerie.sinicearasy.cz](http://www.galerie.sinicearasy.cz) Dostupný na: [www:http://galerie.sinicearasy.cz/galerie/cyanobacteria/chroococcales](http://galerie.sinicearasy.cz/galerie/cyanobacteria/chroococcales); 2. [www.sinice.webnode.sk](http://www.sinice.webnode.sk) Dostupný na: <http://sinice.webnode.sk/galeria-sinic/>; 3. [www.http://protist.i.hosei.ac.jp](http://www.http://protist.i.hosei.ac.jp) Dostupný na: <http://protist.i.hosei.ac.jp/pdb/images/Prokaryotes/Cyanobacteria.html>

**Rad Oscillatoriales**

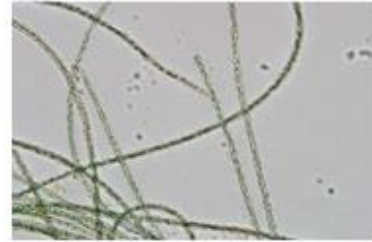
- Arthrospira*
- Leptolyngbya*
- Phormidium*
- Planktothrix*
- Oscillatoria*
- Spirulina*



*Arthrospira*



*Leptolyngbya*



*Planktothrix*



*Oscillatoria*



*Spirulina*



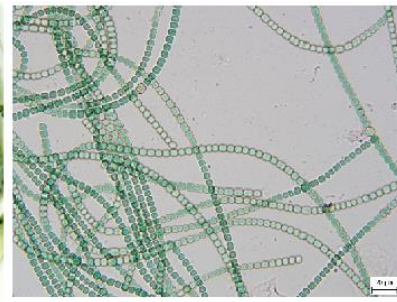
*Phormidium*

**Rad Nostocales**

- Scytonema*
- Anabaena*
- Aphanizomenon*
- Nostoc*
- Trichormus*



*Nostoc*



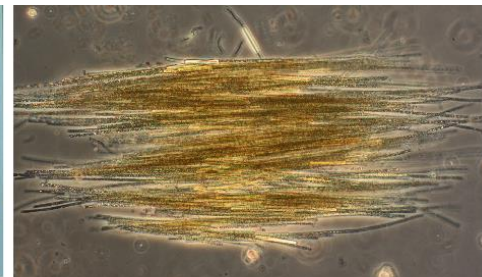
*Trichormus*



*Scytonema*



*Anabaena*



*Aphanizomenon*

## Ekológia siníc

- **sú to kozmopolitné** (všadeprítomné) **organizmy** od tróпов až po arktické oblasti:
- žijú jak v sladkej vode i v morskej, v nárástoch, v pôde, na stenách rôznych budov atď.
- nachádzajú sa tiež na stanovištiach s vysokou vzdušnou vlhkosťou, v pôde (terestrické druhy) a vo vlhkom dreve.
- osídľujú: extrémne stanovištia– ako jediné fototrofné organizmy sú schopné žiť v prostredí teplejšom, ako je 45°C.
- horúce termálne pramene, kde tvoria nápadné svetlozelené, tmavozelené, niekedy modrasté až ružovkasté povlaky. Niektoré druhy znesú teplotu vody až 73°C.
- naopak iné sinice dokážu osídliť povrchové vrstvy snehu a ľadu. o typické je pre nich obývanie všetkých extrémnych biotopov, s výnimkou extrémne kyslých lokalít.

- Sinice sú významnými primárnymi producentami a je od nich závislých množstvo ďalších organizmov. Planktónové druhy pri masovom premnožení tvoria **vodný kvet**, voľným okom viditeľný v podobe drobných zrnovitých zhlukov (*Microcystis*, *Gomphosphaeria*, *Anabea*), krátkych ihlicovitých kolónií (*Aphanizomenon*) alebo vlákien (*Oscillatoria*).
- "Vodný kvet" sa tvorí ako dôsledok zvýšenia obsahu organických a anorganických látok vo vode, najmä fosfátov.
- Mnohé druhy sú okrem toho jedovaté, ktoré môžu spôsobovať značné vodohospodárske problémy.
- **Veľmi často sinice vystupujú do veľmi previazaných vzťahov**, tvorí fykobiont (rastlinnou zložku) lišajníkov, **vstupujú do symbiózy**.
- **Sú výrazným geologickým činiteľom**, pre naše územie má najväčší význam tvorba travertínu.

Obr. 7



Anabeana (masívne populácie sinice)



vodný kvet sinice

Zrážanie rozpustných solí (Ca-vápenatých, Fe-železitých) z minerálnych vôd závisí na teplote a koncentrácii CO<sub>2</sub>. Sinice sú schopné v týchto minerálnych vodách žiť. Ich fotosyntézou sa vo vode zníži koncentrácia CO<sub>2</sub>, soli sa vyzrážajú a vzniká spomenutá hornina.

**Obr. 7:** HAŠLER, Petr. [www.priroda21.upol.cz/\[online\]](http://www.priroda21.upol.cz/[online]). [cit. 16.5.2016]. Dostupný na [www.priroda21.upol.cz/docs/Hasler-Zajimavy-svet-sinic-a-ras.pdf](http://www.priroda21.upol.cz/docs/Hasler-Zajimavy-svet-sinic-a-ras.pdf)

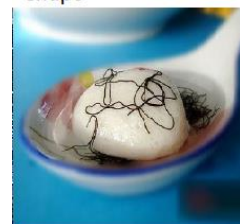


## Význam a využitie siníc

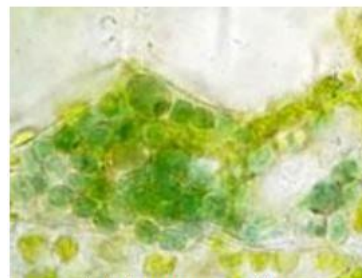
- Predstavujú prvých producentov kyslíku na Zemi- tvorba kyslíkatej atmosféry.
- Počiatok evolúcie nižších rastlín- vznik chloroplastu.
- V prírode majú sinice a taktiež aj riasy hlavný význam ako primárni producenti organickej hmoty.
- Vo vodnom prostredí tvoria základný stupeň potravinového reťazca, na ktorý sú viazané organizmy (konzumenti) ďalších trofických stupňov.
- Je možné konštatovať, že morský fytoplanktón je jediným zdrojom potravy pre živočíchov v pelagiále.
- Sinice sa podieľajú na kolobehu látok a energií, ktorý prebieha v ekosystémoch. Svojou činnosťou ovplyvňujú a menia fyzikálne a chemické vlastnosti vody.
- Sinice majú tiež hospodársky význam. Vo veľkom sa pestuje a žne *Arthrospira*, ktorá je obzvlášť v Afrike významným zdrojom potravy miestneho obyvateľstva.
- V západnom svete sa potom pod názvom *Spirulina* predáva v potravinových doplnkoch.
- Ďalšie sinice sa používajú v ázijskej kuchyni do omáčok, polievok aj.
- Sú taktiež perspektívnym zdrojom látok použiteľných v lekárstve (s antivírovými alebo fungicídnymi účinkami).



Chupe



Kapradina Azolla



Trichormus azollae

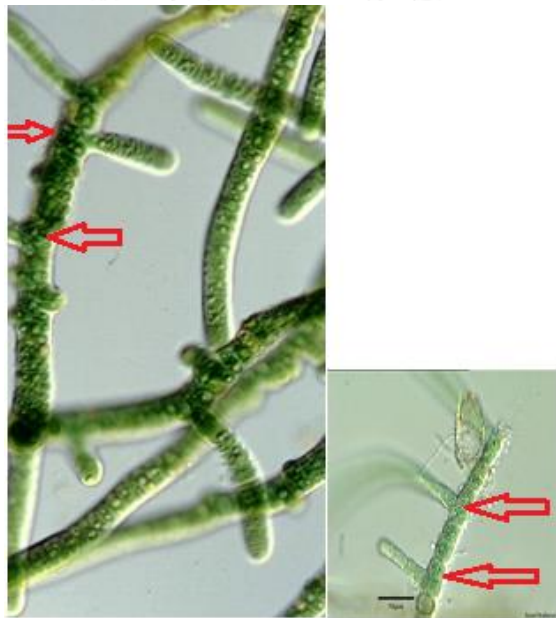
- *Arthrospira (Spirulina)*- biotechnologický význam, biomasa sa používa ako doplnok stravy.
- *Trichormus (Anabaena) azollae*- žije v symbióze s papradinou *Azolla* – význam pri produkcii ryže.
- *Synechococcus (Anacystis) nidulans*- objekt fyziologických štúdií.

**Obrázky:** HAŠLER, Petr. [www.priroda21.upol.cz/\[online\]](http://www.priroda21.upol.cz/[online]). [cit. 16.5.2016]. Dostupný na [www.priroda21.upol.cz/docs/Hasler-Zajimavy-svet-sinic-a-ras.pdf](http://www.priroda21.upol.cz/docs/Hasler-Zajimavy-svet-sinic-a-ras.pdf).

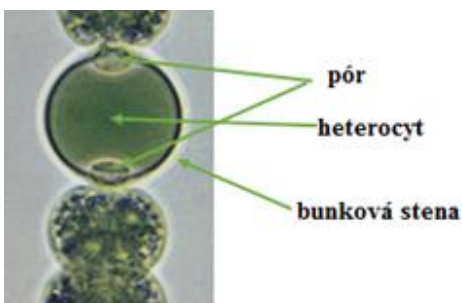
# Príloha



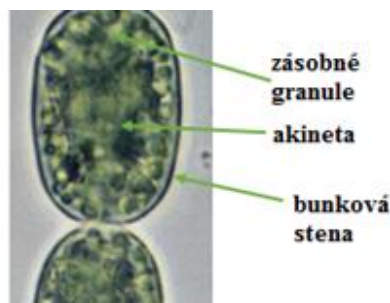
**nepravé vetvenie**- voľné spojenie vlákien, najčastejšie pomocou slizových pošiev



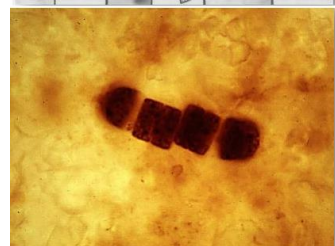
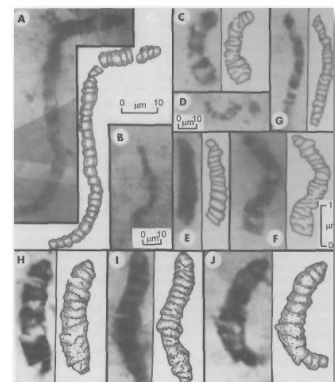
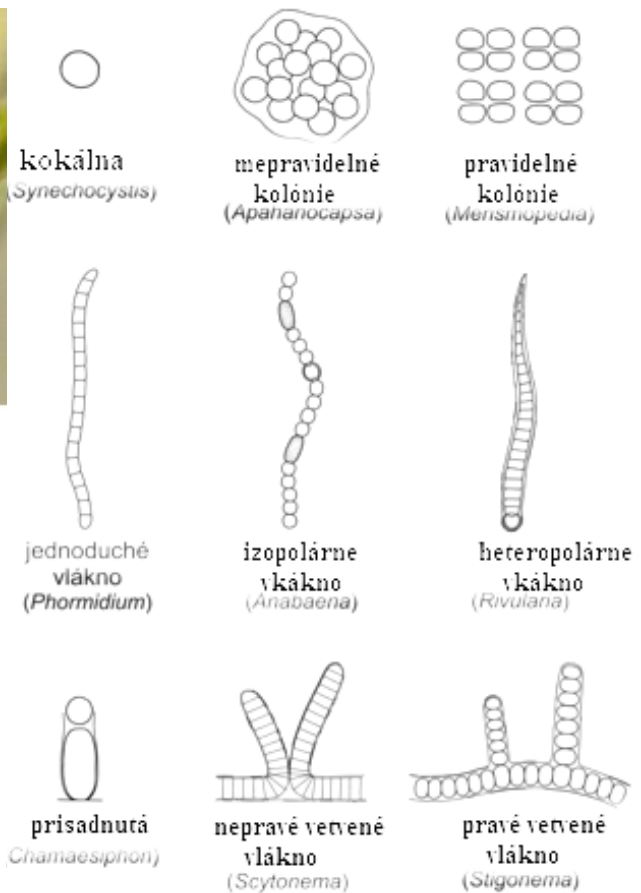
**pravé vetvenie**- vzniká oddeľovaním buniek v rovine kolmej na pôvodnú rovinu



- homogénny obsah
- fixácia plynného dusíka



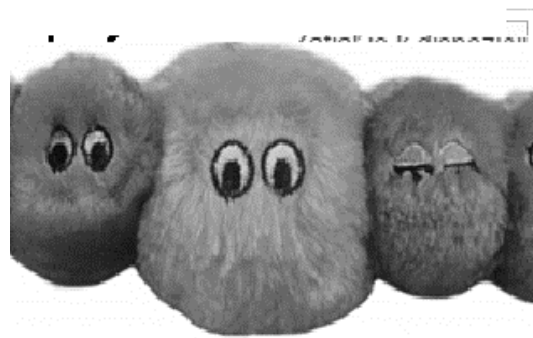
- heterogénny obsah
- prežitie siníc v nepriaznivých podmienkach



**fosilné pozostatky siníc- 3,5 mld rokov**



**OTESTUJ SA!**



## Test č.1

**Niektoré druhy siníc žijú symbiotický s:**

- prasličkami
- lišajníkmi
- hubami
- stromami

**Pre fotosyntézu siníc je nevyhnutný:**

- len chlorofyl a
- sinicový škrob
- fykoerytrín
- fykocyanín

**Bunka siníc obsahuje:**

- jadro s membránou
- chloroplasty
- RNA molekulu
- DNA molekulu

**Sivozelenú farbu siníc zabezpečuje:**

- $\beta$  – karotén
- fykocyanín
- fykoerytrín
- chlorofyl a

**Produktom fotosyntézy siníc je:**

- celulóza
- mureín
- tuk
- sinicový škrob

**Tzv. vodný kvet vytvára jednobunková sinica:**

- Nostoc
- drgavka
- Microcystis
- Anabena

**Nepriaznivé podmienky prečkávajú sinice ako:**

- gaméty
- vlákna
- bunky
- akinéty

**Akinéty sú:**

- spóry
- plynové vakuoly
- zásobné látky
- doplnkové farbivá

**Sinice sa vyživujú:**

- heterotrofne
- autotrofne
- saprofytický
- chemosyntézou

**Bunka siníc je:**

- rastlinná
- bakteriálna
- prokaryotická
- eukaryotická

## Test č.2:

Vypíš 5 príkladov využitia a významu siníc (5b):

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_

Schematicky znázorni pravé a nepravé vetvenie (2b):

Izopolárne vlákno je typické pre (1b):

- a) *Phormidium*
- b) *Rivularia*
- c) *Anabaena*
- d) *Synechocystis*

Ktoré druhy sú zodpovedné za tvorbu vodného kvetu (vypíš); (4b):

- a) \_\_\_\_\_
- b) \_\_\_\_\_
- c) \_\_\_\_\_
- d) \_\_\_\_\_

Vymenuj 4 základných zástupcov rodu *Oscillatoriales* (4b):

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_

Jednotlivých zástupcov siníc prirad' k správnym rodom (pr. *Anabaena*- a)); (8b):

*Anabaena*

*Phormidium*

*Synechococcus*

*Lyngbya*

*Microcystis*

*Nostoc*

*Stigonema*

*Hapalosiphon*

a) **Oscillatoriales**

b) **Stigonematales**

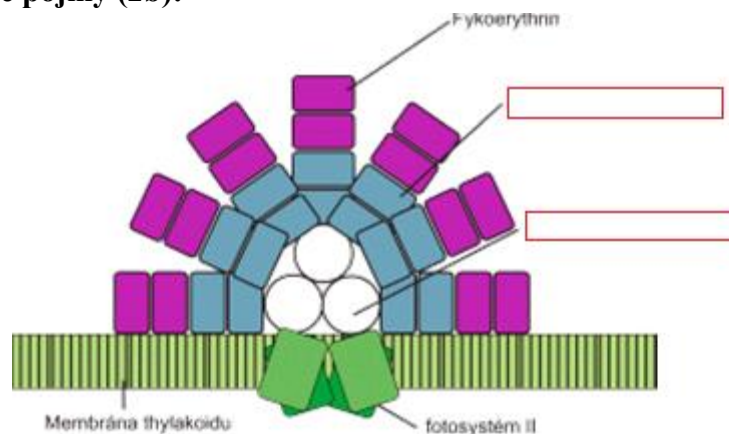
c) **Nostocales**

d) **Chroococcales**

**Doplň k textu o aký rad (*Oscillatoriales*, *Stigonematales*, *Nostocales*, *Chroococcales*) sa jedná (4b):**

1. Trichálna stielka, pravé vetvenie, majú heterocyty, nemajú aerotopy, akinety, žijú v pomerne extrémnych podmienkach, napr. v horúcich prameňoch; rad \_\_\_\_\_
2. Ich telo je tvorené trichálnou stielkou, ktorá je retiazkovitá alebo nepravo vetvená. Majú akinety, heterocyty a často aj aerotopy; rad \_\_\_\_\_
3. Jednoduché sinice s vláknitou (trichálnou) stielkou. Nemajú akinety ani heterocyty, môžu mať aerotopy. Rozmnožujú sa pomocou hormogónií; rad \_\_\_\_\_
4. Jednoduché kokálne bunky, ktoré sa môžu združovať do kolónií. Nemajú akinety ani heterocyty, delia sa jednoduchým delením bunky; rad \_\_\_\_\_

**Doplň chýbajúce pojmy (2b):**



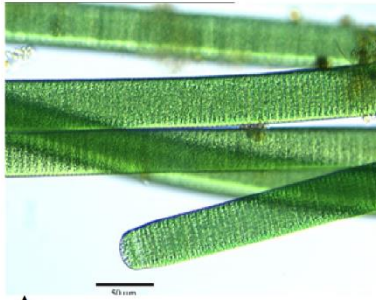
**Aerotopy- vyber správnu odpoveď (1b):**

- e) Sú bunky s nízkym obsahom zásobných látok.
- f) Sú bunky s homogénnym obsahom.
- g) Stena aerotopov je z glykolipidov.
- h) Stena aerotopov je z glykoproteínov.

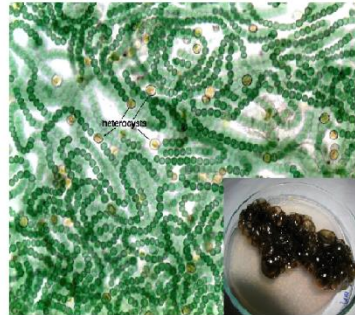
**Ako sa nazýva sinica, ktorá žije v symbióze s papradinou *Azolla* + napíš jej význam (1b):**

---

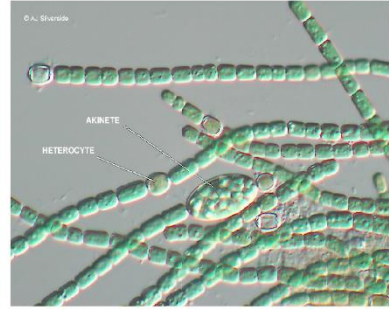
# Poznávka:



**A**



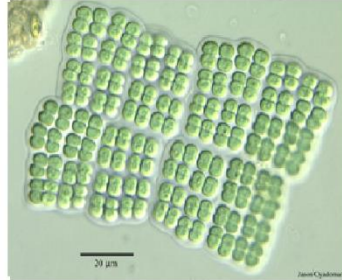
**B**



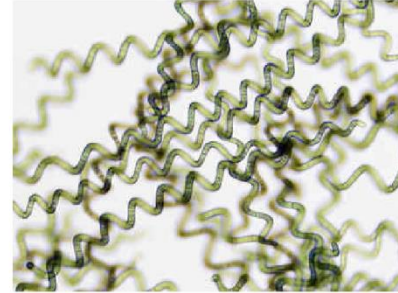
**C**



**D**



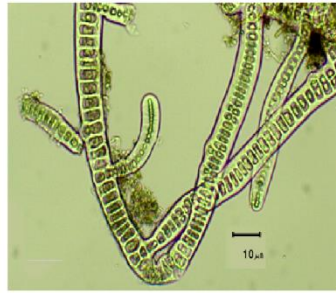
**E**



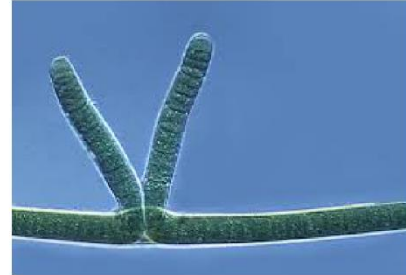
**F**



**G**



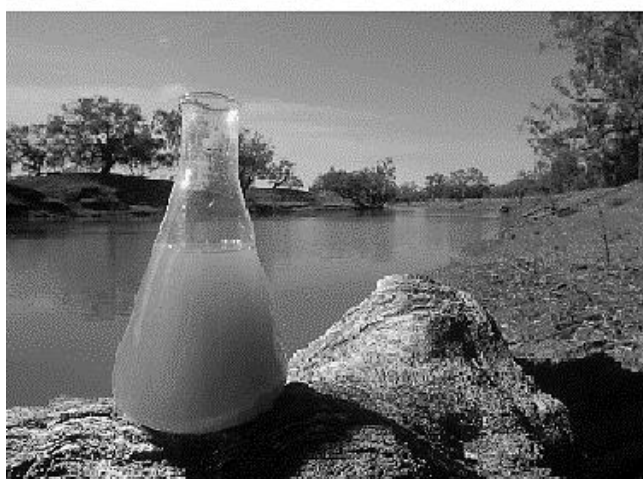
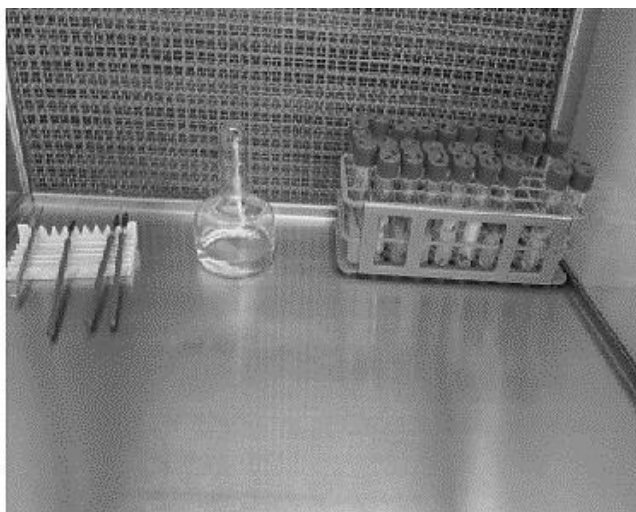
**H**



**I**

- A. \_\_\_\_\_
- B. \_\_\_\_\_
- C. \_\_\_\_\_
- D. \_\_\_\_\_
- E. \_\_\_\_\_
- F. \_\_\_\_\_
- G. \_\_\_\_\_
- H. \_\_\_\_\_
- I. \_\_\_\_\_

# PRAKTICKÉ CVIČENIA





## Protokol č. 1

**Úloha:** Pozorovanie siníc v našom okolí.

**Materiál:** Vopred pripravený materiál v podobe odobratej vzorky- voda z okolia.

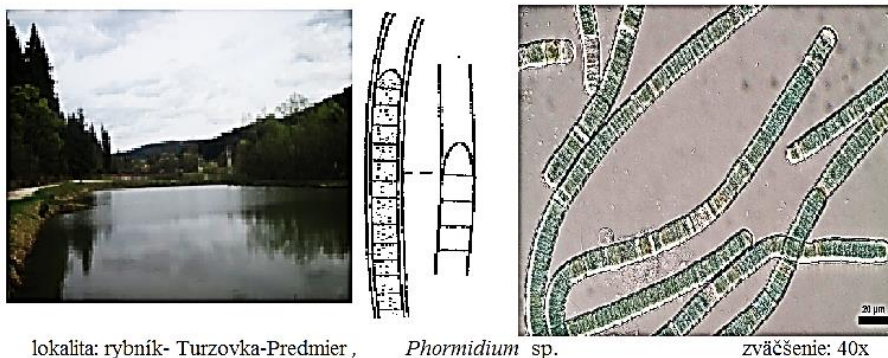
**Pomôcky:** mikroskop, určovací kľúč, krycie a podložné sklička, pipeta, internet, učebný text, fotoaparát.

**Postup:**

1. z vody odoberieme našu vzorku do plastovej nádoby (ktorý sme si nachystali dopredu a ktorú sme nechali vystaviť slnečnému žiareniu) a zhotovíme si preparát.
2. za pomoci určovacieho kľúča, alebo internetu sa pokúsime určiť aké druhy sa vyskytujú v našom vzorku vody.

**Nákres:** Do nákresu si zakreslite druhy siníc, ktoré ste pozorovali vo vašom preparáte (práca v skupinách, 4 miesta odberov vzoriek). Každá skupina študentov má svoj preparát. Každá skupina si zakreslí všetky druhy, ktoré pri pozorovaní objavili. Na základe určovacieho kľúča alebo internetu sa potom snažte určiť o aký druh siníc sa jedná. Do protokolu môžete pridať fotografie miest, kde boli vzorky odobraté.

Príklad:



lokality: rybník- Turzovka-Predmier,

*Phormidium* sp.

zväčšenie: 40x

**Vyhodnotenie:** Na základe získaných informácií, ktoré ste dosiahli pozorovaním vyhodnoťte výsledky. Zozbierané informácie o mieste odberu, podmienkach a druhoch siníc popíšte a porovnajte s výsledkami ostatných skupín. Porovnajte výsledky so skupinami medzi sebou a literatúrou. Do vyhodnotenia nezabudnite uviesť: zväčšenie a typ mikroskopu.

**Záver:** Zo získaných výsledkov určte, ktoré druhy siníc sa najviac vyskytujú v našom okolí. A na základe informácií o miestach odberov vyvodte v akých podmienkach sa tieto sinice vyskytujú.

## Protokol č. 2

**Úloha:** Pozorovanie rôznych kultúr siníc (3 kultúry).

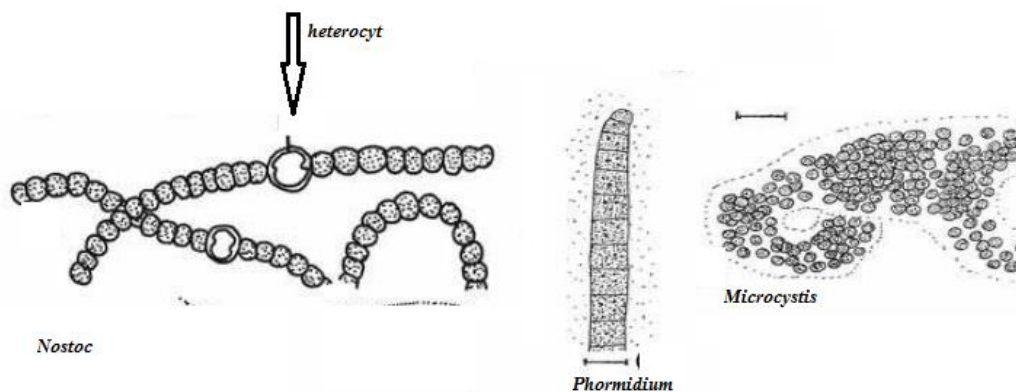
**Materiál:** Vzorky kultúr (kmeň 1, 2, 3).

**Pomôcky:** mikroskop, určovací kľúč, krycie a podložné sklíčka, pipeta, internet, učebný text, fotoaparát.

**Postup:** z každej kultúry si odoberieme vzorku a vyhotovíme.

**Nákres:** Do nákresu si zakreslíte druhy siníc, ktoré ste pozorovali vo vašom preparáte. Na základe určovacieho kľúča alebo internetu sa snažte určiť o aký druh siníc sa jedná. Prítomné štruktúry zakreslite a popíšte.

Príklad:



**Vyhodnotenie:** Jednotlivé rody siníc popíšte (šírka vlákna, prítomnosť slizovej pošvy, akinety, heterocyty, vetvenie a pod.) za pomoci vyhľadávania informácií z literatúry alebo internetu. Výsledok porovnajte s vaším nákresom. Do vyhodnotenia nezabudnite uviesť: zväčšenie a typ mikroskopu.

Príklad:

### ***Phormidium***:

Stielka obvykle rozšírená, tenká alebo súdržná, želatinózna, slizovitá. Vlákna rôzne zakrivené, nerozvetvená, zvyčajne zapletená. Pošvy zvyčajne bezfarebné alebo úplne chýba, trichómy cylindrické, (1,8) 2,5-11(15)  $\mu\text{m}$  široké. Bunky izodiametrické kratšie alebo dlhšie ako široké, bez aerotopov. Apikálne bunky špicaté, zúžené alebo zaoblené bez alebo s kalyptrou. V našom preparáte boli vlákna nerozvetvené, bunky viac široké ako vysoké atď.

**Záver:** Na základe získaných výsledkov porovnajte výsledky s literatúrou a vypíšte druhy lokalít, kde by sa dané druhy siníc mohli v našom okolí vyskytovať.

### **Phormidium**

- na druhy neobvyčajne bohatý rod. Jeho zástupcovia rastú v hustých chumáčoch ("mats") na najrôznejšom podklade v tečúcich aj stojatých vodách.. Veľmi hojný je napr. *P. autumnale*, ktorý sa vyskytuje prakticky na všetkých splavoch našich riek.