

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Přírodovědecká fakulta

**Rod *Gloeocapsa* KÜTZING – shrnutí současného
stavu poznání a příspěvek ke znalostem o jeho
rozšíření v České Republice**

Bakalářská práce

Aneta Flekalová

Školitel: RNDr. Tomáš Hauer, Ph.D.

České Budějovice 2016

Flekalová, A., 2016: Rod *Gloeocapsa* KÜTZING – shrnutí současného stavu poznání a příspěvek ke znalostem o jeho rozšíření v České Republice. [The genus *Gloeocapsa* KÜTZING - a summary of the current state of knowledge and contribution to the knowledge of distribution of the genus in the Czech Republic. Bc. Theses, in Czech.] – 33 p., Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Annotation

Members of the cyanobacterial genus *Gloeocapsa* present a regular part of phototrophic communities growing on natural stones as well as on anthropogenic substrates outside aquatic environment over the world. When compared with other genera, this current genus is not studied in depth, and its systematics is has not been solved yet. Main goal of this theses was to summarize current knowledge on the genus including its ecology, life cycles, or importance of sheath pigments for determination of particular species. Practical part of the theses contributes to knowledge on distribution of *Gloeocapsa* species in the Czech Republic by delivery of occurrence data on sites with three different substrates – limestone, serpentinitic, and granitic rocks.

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 22. dubna 2016

.....
Aneta Flekalová

Poděkování

Ráda bych na tomto místě poděkovala vedoucímu své bakalářské práce RNDr. Tomáši Hauerovi, Ph.D., za podporu, trpělivé vedení a za čas, který mi věnoval při konzultacích.

Obsah

1	Úvod	1
2	Rod <i>Gloeocapsa</i>	2
2.1	Slizové obaly	4
2.2	Rozmnožování.....	9
2.3	Životní cyklus.....	10
3	Ekologie.....	15
4	Potenciální využití	20
5	Praktická část.....	22
5.1	Metody	22
5.2	Popis jednotlivých lokalit.....	23
5.2.1	Hadcové lokality.....	23
5.2.2	Vápencové lokality	24
5.2.3	Žulové lokality.....	24
6	Výsledky.....	25
7	Stručný popis nalezených druhů.....	26
8	Diskuze	29
9	Závěr.....	32
10	Seznam literatury	33
11	Přílohy	39
11.1	Seznam platných druhů podle databáze Algaebase.org	40

1 Úvod

Sinice jsou prokaryotní autotrofní bakterie s fotosyntézou rostlinného typu, provázenou produkcí kyslíku. Jejich stélky jsou jednobuněčné nebo vláknité, v obou případech mohou žít jednotlivě nebo tvořit kolonie. Na rozdíl od eukaryotních buněk nemají sinice buněčné jádro ani buněčné organely. Fotosyntetické pigmenty jsou uloženy v tylakoidech (chlorofyl *a*, nebo chlorofyly *a+b*, *a+c*, *a+d*), které jsou uloženy v cytoplazmě. Na tylakoidech jsou pak světlosběrné antény fykobilisomy obsahující barviva fykobiliny (Kalina & Váňa, 2005). Sinice patří mezi organismy, které jsou schopné obývat prostředí se silným slunečním zářením. Často bývají prvními kolonizátory skalních ploch a půd. Za takovýchto podmínek musí mít vyvinuté efektivní mechanismy, které je ochrání před účinky škodlivého slunečního záření, včetně těch způsobených UV částmi spektra (Garcia-Pichel & Castenholz, 1993).

Aerofytické neboli vzdušné sinice žijí mimo vodní prostředí, vyskytují se na skalách, kamenech, aj. Vodu potřebnou k životu přijímají z atmosféry (Komárek & Anagnostidis, 1998).

Petersen (1915) použil jako první termín aerické sinice. Definoval je jako sinice, které získávají většinu vody z atmosféry a pravidelně v běžném vegetativním stavu vysychají. Nicméně moderní přístupy většinou označují aerické organismy jako organismy suspendované a pro Petersenovy sinice užívají termín subaerické.

Subaerické sinice definoval Schlichting (1975) jako sinice, které rostou na vzduchu a pokrývají určitý povrch.

V posledních letech s rozvojem moderních metod studia rychle přibývá nových rodů sinic. Každý rok přibude mezi 15 až 36 novými druhy (Nabout *et al.*, 2013).

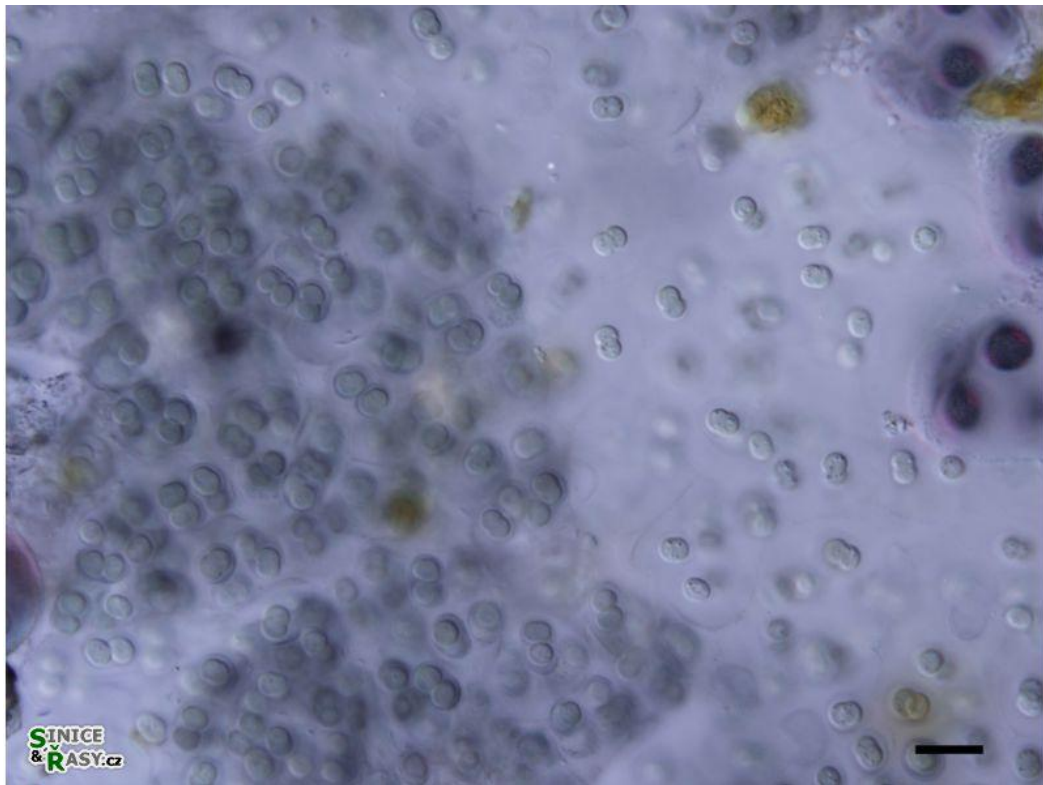
I přes to zůstává mnoho rodů popsaných staršími autory nedostatečně prostudováno a jedním z těchto rodů je právě rod *Gloeocapsa*.

2 Rod *Gloeocapsa*

Cyanobacteria, Cyanophyceae, Chroococcales, Chroococcaceae (Komárek *et al.*, 2014).

Rod *Gloeocapsa* tvoří mikroskopické až makroskopické kolonie. Tyto kolonie jsou složeny z nepravidelně uspořádaných buněk, obklopených slizovými obaly. Tyto obaly jsou široké, obvykle jednotlivě vrstvené, sdružené do kulovitých, plochých nebo beztvarych kolonií. Buňky a jejich kolonie jsou vždy ohraničené širokými slizovými obaly, ty mohou být díky přítomnosti barviv, jako gloeocapsin a scytonemin zbarveny (Komárek & Anagnostidis, 1998).

Typovým druhem tohoto rodu je *Gloeocapsa atrata*, který byl popsán v roce 1843 Friedrichem Traugottem Kützingem ve *Phycologii generalis oder Anatomie, Physiologie und Systemkunde der Tange*. Nalezen byl pod mechy na pěnovci na mokrých skalách u Bernu v srpnu 1835 (Kützing, 1843). Ve světových sbírkách mikroorganismů se nenachází žádná kultura tohoto druhu a ani v trojici hlavních databází sekvencí (DDBJ/EMBL ENA/GenBank) o něm nejsou k dispozici žádná data.



Obrázek 1: *Gloeocapsa atrata* KÜTZING

Zdroj: http://galerie.sinicearasy.cz/galerie/cyanobacteria/chroococcales/gloeocapsa?image_id=8990

Podle databáze AlgaeBase.org dnes existuje 147 druhových jmen, z nichž 86 druhů je považováno za taxonomicky platné. Jejich seznam je uveden v příloze. Zbytek z nich tvoří druhy dosud taxonomicky nejisté, ale podrobované ověření, dále předběžně zařazené do rodu, homotypická a heterotypická synonyma. Od rodu *Gloeocapsa* byl poměrně nedávno oddělen rod *Gloeocapsopsis*, který má s rodem *Gloeocapsa* mnoho společných vlastností, proto je též zmíněn v textu.

Na území České republiky bylo dosud nalezeno 19 druhů rodu *Gloeocapsa*, z nich však jeden nebyl znovu nalezen více než 100 let (Kaštovský *et al.*, 2010).

Hansgirg (1892) rozdělil tento rod do sekcí a to do *Eugleocapsa*, pro ty druhy, které měly bezbarvé obaly, *Chrysocapsa* s barvou obalů od žluté po hnědou a *Rhodocapsa* s červeným, respektive od modrého po fialové zbarvení. Další rozčlenění rodu provedl v roce 1900 Kirchner, přičemž pro formu s bezbarvým obalem založil sekci *Hyalocapsa*, která odděluje ty s modrým obalem od těch s obalem červeným a zabývá se jimi ve vlastní sekci *Cyanocapsa*. V roce 1943 se podařilo Gemschovi, na základě pigmentové analýzy prokázat sounáležitost červených a modrých sinic tohoto rodu. Formy obou skupin nevyvíjejí v obalech při slabém osvětlení žádné pigmenty. Příslušnost organismů s tímto bezbarvým statutem k té či oné skupině, jež byly zmíněny výše, je však sotva zjištělná, neboť nejsou známy žádné další charakteristické znaky spolehlivě použitelné pro druhové určení. Mezi těmito stínovými formami existují i takové, které za daných okolností nemohou v obalech vyvinout žádné barvivo, to znamená, že geneticky fixovaná, bezbarvá skupina by mohla ospravedlnit existenci sekce *Hyalocapsa*. Mezi tyto formy s bezbarvými obaly patří například druhy *Gloeocapsa aeruginosa* nebo *Gloeocapsa punctata*. V roce 1900 se objevilo zpracování druhu *Gloeocapsa alpina* od Branda. Díky pečlivému pozorování byla zaznamenána velká variabilita druhu v různých ekologických podmínkách. Různé stavy označil Brand jako *status: pallidus, coloratus, siccus, solutus a perdurans*.

Geitler (1932): Příklad *Gloeocapsa alpina* je proto zajímavý, že způsob, který navrhl Brand, je použitelný také u ostatních druhů.

Branda následovalo mnoho dalších autorů. V roce 1924 revidoval Hollerbach druh *Gloeocapsa magma* (nyní *Gloeocapsopsis magma*), přičemž rovněž označil ekologicky podmíněné tvoření forem jako *status*. Podobně postupoval Ercegović (1925) při popisování *Gloeocapsa biformis*, přičemž dřívější druhy *Gloeocapsa dermochroa* (nyní považován za synonymum druhu *Chondrocystis dermochroa*) a *Gloeocapsa punctata* byly jak zbarvené,

tak případně bezbarvé stavy jednoho a téhož druhu. Ještě důslednější se zdá revize druhů *Gloeocapsa sanguinea* a *Gloeocapsa kützingiana*, kterou provedl v roce 1945 Jaag.

Do prvního druhu jsou zahrnuty *Gloeocapsa sanguinea*, *Gloeocapsa magma*, *Gloeocapsa ralfisiana* a *Gloeocapsa alpina*, zatímco *Gloeocapsa kützingiana* zahrnuje původní *Gloeocapsa kützingiana*, *Gloeocapsa rupestris* a *Gloeocapsa pleurocapsoides* (nyní *Gloeocapsopsis pleurocapsoides*). Odpovídající utváření forem jsme mohli zjistit u druhů s menšími buňkami s červenými, případně modrými slizovými obaly. Druh *Gloeocapsa compacta* je uchopen více zešíroka a revidován tak, že následující druhy byly uznány jako takové, které k tomuto druhu patří: *Gloeocapsa compacta*, *Gloeocapsa haematodes*, *Gloeocapsa rupicola* a *Gloeocapsa sabulosa* (pozn. nyní považováno za taxonomické synonymum druhu *Protococcus sabulosus*) (Golubić, 1965).

2.1 Slizové obaly

Díky přítomnosti barviv, jako gloeocapsin a scytonemin mohou být slizové obaly, které ohraničují buňky a kolonie rodu *Gloeocapsa* zbarveny (Komárek & Anagnostidis, 1998).

Ve zbarvení obalů některých rodů *Chroococcales* podle Nováčka (1934) můžeme pozorovat dvě modifikace:

1. Zbarvení distinktní – kdy je barvivo sraženo do více či méně intenzivní pigmentové vrstvy na vnější obalovou lamelu. Je to obvyklé u arthrospor, ve *status perdurans* a pokročilém *status familiaris lamellosus*. Jednou diferencovaná pigmentová vrstva chrání před bezprostředním působením světla lamely pod ní uložené. Příčinou je, že jsou zbarveny jen slabě difuzně, nebo jsou úplně bezbarvé. Pigmentové vrstvy ve *status familiaris lamellosus* vznikají pravděpodobně při vysychání.
2. Zbarvení difuzní – kdy je zbarvena celá masa obalu. Obaly jsou přitom víceméně rovnoměrně zbarvené. Toto zbarvení je význačné pro *status familiaris simplex* a *status solutus*, také pro pokročilý *status familiaris lamellosus*, tedy pro vegetační úsek životního cyklu. Netvoří se však pigmentová vrstva, která by silněji omezovala intenzitu světla. Difuzní zbarvení charakterizuje spíše vlhčí stanoviště, upřednostňuje fázi vegetační.

Barevné granulace jsou uloženy všude v povrchové lamelle každého obalu a jsou zbytkem původně celistvých pigmentových lamel (Nováček, 1934).

Rozsah zbarvení jak distinktního tak difuzního je u různých druhů různý. Například u druhu *Gloeocapsa sanguinea* a *Gloeocapsa alpina* jsou obě modifikace stejně zastoupené a můžeme je často pozorovat. U *Gloeocapsa dvorakii* (pozn. nyní *Gloeocapsis dvorakii*) a jiných forem s rigidní buněčnou stěnou má distinktní zbarvení převahu. Druhy drobné jako například *Gloeocapsa compacta* nebo *Gloeocapsa biformis* mají tendenci ke zbarvení difuznímu téměř po celý životní cyklus (Nováček, 1934).

Intenzita zbarvení slizových obalů představuje vlastnost závislou na světle, proto mohou mít některé druhy žijící ve stínu obaly bezbarvé, ačkoliv na světle mají tyto druhy obaly zbarvené. Musíme tedy počítat s druhovými skupinami, které tvoří pod vlivem silného osvětlení buď žlutohnědé, scytoneminové, nebo červené, případně modré, gloeocapsinové barvivo a tato barviva skladují ve slizových obalech (Golubić, 1965).

V literatuře často bývá barva slizových obalů používána jako determinační znak, sloužící k lepšímu určování jednotlivých druhů. Někteří autoři tento způsob určování uznávají, jiní se spíše přiklání k možnosti, že jednotlivé barvy obalů mohou být ovlivněny a to dostupností železa, hodnotou pH prostředí a intenzitou ozáření.

Při změně pH může dojít i ke změně barvy příslušného barviva. Například gloeocapsin, který je červený až modrý, při kyselém pH bude červený (růžovočervený, červenooranžový nebo modročervený), při zásaditém pH bude modrý, nebo modrofialový (Nägeli & Schwendener, 1877).

V roce 1932 vyjádřil Geitler názor, že červeně, fialově a hnědě zbarvené formy nemohou vzájemně přejít jedna do druhé. Během roku 1936 pak došel ke zjištění, že výskyt barviv je specifický, a tak například druhy rodu *Gloeocapsa* s červenými obaly nemohou formovat modře nebo hnědě zbarvené obaly, druhy s hnědými obaly nemohou formovat červené nebo modré obaly atd.

Tento názor se již dříve vyskytl i u jiných autorů: Ercegović (1925), Frémy (1925) nebo Nováček (1930).

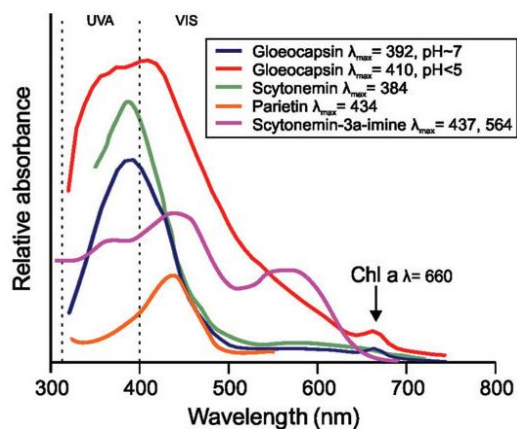
Formy s červenými obaly jako je například *Gloeocapsa sanguinea* a *Gloeocapsa ralfisiana* můžeme najít na silikátech, oproti tomu druh *Gloeocapsa alpina* s fialovými obaly na vápenci (Nováček, 1934).

Jaag (1940) tvrdí, že intenzita zbarvení slizových obalů nemůže sloužit jako stálý znak. Mění se vlivem osvětlení, kterému jsou kolonie vystavené, čím silnější je záření, tím intenzivnější je zbarvení. Často se nachází kolonie bezbarvé na straně přivrácené k podkladu a zbarvené na straně orientované ke světlu (Jaag, 1940; Rifón-Lastra & Nogueroles-Seoane, 2003) Tento jev platí jak pro žluté, tak i pro červené a modré druhy, pokud ne pro všechny, tak alespoň pro velkou část popsanych a s podrodem *Hyalocapsa* sloučených druhů.

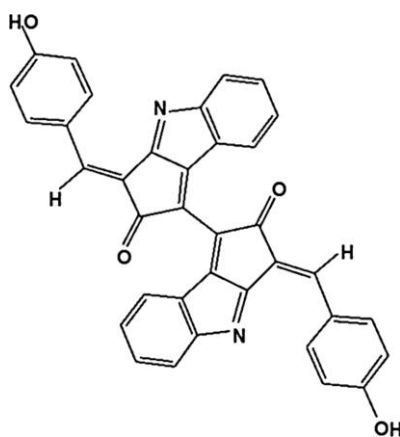
Zabarvení slizových obalů jednotlivých druhů rodu *Gloeocapsa* je do značné míry závislé na vnějších faktorech, především se jedná o kyselost případně zásaditost prostředí, ve kterém se vyskytují. V případech, kde bylo naměřené pH kyselé, tj. pod hodnotou 6,5, byly nalezeny především druhy s červeně zbarvenými obaly. Oproti tomu s vyšším pH v zásadité oblasti, se vyskytovaly hlavně druhy s obaly fialovými (Jaag, 1945).

Barviva gloeocapsin a scytonemin jsou extracelulární barviva, jejichž funkcí je ochrana před škodlivým UV zářením (100 – 400 nm) a fotosynteticky aktivní radiací (400 – 700 nm) (Vincent, 2007).

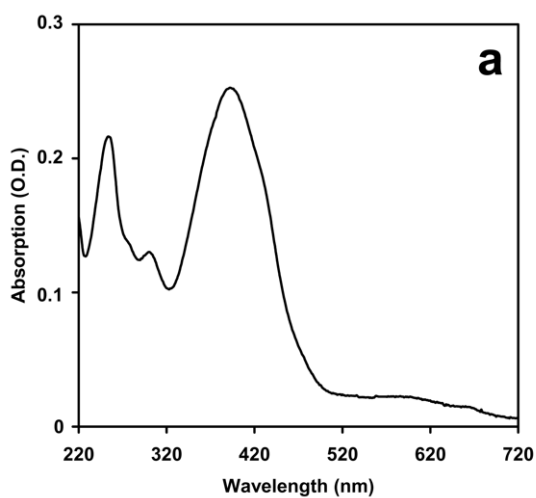
Gloeocapsin je modře, též modročerveně zbarvené barvivo, který bylo pojmenováno díky své přítomnosti v druhu *Gloeocapsa* Kützing. Scytonemin je žlutohnědé barvivo, pojmenováno na základě své přítomnosti v obalech druhu *Scytonema* Agardh. Chemická struktura scytoneminu je dlouhodobě studována. Chemická struktura gloeocapsinu nebyla dosud zjištěna. V přírodních vzorcích je identifikace gloeocapsinu založena na jeho schopnosti měnit barvu se změnou pH prostředí, v rozmezí modré a fialové v alkalickém prostředí a na červenou v kyselém prostředí.



Obrázek 2: Absorpční spektrum gloeocapsinu (Storme *et al.*, 2015)



Obrázek 3: Chemická struktura scytoneminu (Vítek *et al.*, 2014)



Obrázek 4: Absorpční spektrum scytoneminu (Ferroni *et al.*, 2010)

Díky těmto barvivům můžeme jednotlivé druhy tohoto rodu rozdělit do 3 skupin a to na: červeně zbarvené, fialovomodře, modře až černě zbarvené a žlutě až žlutohnědě zbarvené. Toto rozdělení na skupiny je však umělé a není dosud známo, že by tato vlastnost měla fylogenetický význam.

Rastogi & Incharoensakdi (2013) studovali míru ovlivnění biosyntézy přirozených složek „opalovacích krémů“, jejich stabilitu a antioxidační aktivitu způsobenou UV zářením. Jako vzorovou sinici používají kmen *Gloeocapsa* sp, který pochází z kamenných monumentů vyskytujících se oblasti Phra Nakhon blízko Bangkoku v Thajsku. Vysokoenergetické záření (především UV-B) má velký potenciál pro poškozování buněk. Kromě morfologie jsou UV zářením ovlivněny i fyziologické procesy jako například buněčné dělení a diferenciace, růst, přežití, pohyblivost, orientace, fixace dusíku, absorpce oxidu uhličitého, fotosyntéza, pigmentace a aktivita. V důsledku toho mají organismy vystavené těmto nepříznivým vlivům několik ochranných mechanismů jako je například migrace, opravné mechanismy nebo sekundární metabolity, jejichž cílem je zmírnit negativní dopady UV záření. V posledních letech byly ze sinic izolovány některé mycosporinům podobné aminokyseliny (mycosporine-like amino acids, MAAs), se slibnými vlastnostmi pro využití v oblasti biotechnologií a biomedicínského výzkumu. Stabilita MAA byla v tomto případě pozorována za různých fyzikálně-chemických podmínek jako teplota, UV záření a použití silně oxidačního činidla (tj. H_2O_2). Jedna z nalezených MAAs byla identifikována jako shinorin. Další nalezená MAA nebyla identifikována a byla označena jako M-307. Ačkoliv syntéza shinorinu byla zjištěna i u jiných jednobuněčných organismů, stejně jako u vláknitých sinic, u pokusného kmenu *Gloeocapsa* sp. to bylo poprvé. M-307 zde byla objevena jako hlavní protektivní sloučenina. Nalezené MAAs se ukázaly jako stabilní při pokojových teplotách až do 40 °C, nicméně jejich absorbance se při zvyšování teploty snižovala. Po ozáření UV zářením se obě MAA ukázaly jako stabilnější pro UV-A než UV-B. Po UV-C bylo pozorováno značné snížení absorbance. Buňky pokusného kmenu *Gloeocapsa* sp. mohou odolat některým potenciálně škodlivým vlivům UV záření i na jasně osvětlených lokalitách díky syntéze MAAs, které mají velkou účinnost při odstínění UV záření a antioxidační vlastnosti.

Slizové obaly kopírují tvar buňky, obvykle jsou ohraničené pouze v některých stádiích životního cyklu, nebo nepravidelné za zvláštních podmínek. Buňky jsou kulaté, zřídka prodloužené až oválné, po dělení polokulovité, obvykle se světle modrozeleným, homogenním obsahem (Komárek & Anagnostidis, 1998).

Slizové obaly chrání buňky před ztrátou vody, jelikož rod *Gloeocapsa*, stejně jako ostatní rody sinic, není schopen pracovat se vzdušnou vlhkostí. Ochranná barviva vytváří zejména kvůli ochraně před silným slunečním zářením.

Znaky, jež se obvykle používají při určování jednotlivých druhů *Chroococcaceae* dle Nováčka (1934):

- rozměr protoplastu – obvykle stálý, vyjímaje nannocytosní stavy. Dobře použitelný během fází životního cyklu.
- zbarvení protoplastu – znak značně labilní. Použitelný při výčtu různých odstínů
Vlivem intenzity a složení světla dochází u sinic ke změně poměru pigmentů v tylakoidech, tzv. chromatické adaptaci (Ambrožová, 2002).
- tvar protoplastu – lze rozlišovat druhy, u nichž jsou vnucené tvary velmi časté a druhy, kde jsou vzácné.
- soustava a stavba obalů – znak labilní, dobře však použitelný popisem v mezích celého cyklu.
- zbarvení obalů – též labilní znak, v mezích celého cyklu je však stálý.
- reakce – hlavně barviv: jsou stálým znakem jen v mezích sekcí. Použitelné v příznivých případech.
- makroskopický habitus – použitelný v některých případech.

2.2 Rozmnožování

K rozmnožování rodu dochází binárním dělením uvnitř slizového obalu. Během dělení dochází k prodlužování buněk. Dělení probíhá ve třech na sebe vzájemně kolmých rovinách. Dceřiné buňky jsou brzy odděleny jedna od druhé, vyvíjejí vlastní slizové obaly a rostou do původní velikosti před dalším dělením (Komárek & Anagnostidis, 1998).

Ve vegetačním stadiu je rytmus dělení nejvyrovnanější. Tento stav je možné pokládat za životní optimum. U rodu *Gloeocapsa* se projevuje tento stav ve stejnoměrném poměru mezi dělením a produkcí slizu a buněk. Pod vlivem ekologických faktorů nebyly u rodu *Gloeocapsa* pozorovány pouze změny ve zbarvení jejich slizových obalů, ale též byly silně ovlivněny v rytmus dělení. Vysoká rychlost dělení za příznivých podmínek má za následek tvoření menších buněk - nanocytů, zatímco se jako přechod do klidového stavu, díky zpomalenému rytmu dělení, zvětšoval objem buněk (Golubić, 1965).

Geitler (1932) zdůrazňuje, že velikost buněk jednoho druhu se může v určitém rozsahu měnit, ale za stejných životních podmínek by buňky měly být zhruba stejně velké.

Pokud by měly být takovéto mnohotvárné druhy vymezeny, musely by mít odpovídající vývojové podmínky – doba, vegetativní a nanocytosní stavy, atd. a neustále být jedna s druhou porovnávány. Pokud se dodrží správné pořadí, nechá se použít velikost buňky jako dobrý druhový znak. Použití buněčné masy v taxonomii však naráží na nemalé potíže, neboť její variabilita může mít různé příčiny a v žádném případě nemusí zrcadlit genetickou zvláštnost dané populace (Golubić, 1965).

2.3 Životní cyklus

Aeorofytické sinice *Chroococaceae* se vyznačují pohotovostí ke změně fází, které zasahují jejich životní cyklus. Tak mohou během krátké doby generace přecházet do *status perdurans*, vytvářet arthrospory, jež mohou opět vznikat uvnitř obalové soustavy, jindy zase směřují opačně ke *status solutus* apod (Nováček, 1934).

V roce 1900 objevil Brand během přesného pozorování druhu *Gloeocapsa alpina* jeho velkou ekologicky podmíněnou rozmanitost. Rozdílné stavy označil jako *status pallidus*, *coloratus*, *siccus*, *solutus* a *perdurans*. Jeho příkladu následovalo více autorů jako Hollerbach (1924), Geitler (1932), Nováček (1934), Jaag (1945), Abdelahad & Bazzichelli (1991) nebo Komárek (1993).

Různé druhy rodu *Gloeocapsa* rostou v morfologicky velice odlišných stadiích, v závislosti na sezónních a místních změnách prostředí. Znalost sezónní variability celé populace je proto nezbytné ke správné identifikaci (Komárek & Anagnostidis, 1998).

Pro posouzení různých stavů je rozhodujícím znakem tvorba obalů. Ve své práci Nováček (1934) rozděluje rod *Gloeocapsa* do dvou vývojových řad:

1. Druhy s tuhou, nerozplývající se obalovou soustavou, které jsou zařízené na časté střídání vlhka a sucha. Aridní stanoviště. Patří sem například druhy: *Gloeocapsa dvorakii* (pozn. nyní *Gloeocapsis dvorakii*), *Gloeocapsa pleurocapsoides* (pozn. nyní *Gloeocapsopsis pleurocapsoides*).

2. Druhy se stavbou obalů rosolovitou, rozplývající se, se stálou, nebo málo kolísající vlhkost. Patří sem například druhy: *Gloeocapsa sanguinea*, *Gloeocapsa novacekii*, *Gloeocapsa alpina* nebo *Gloeocapsa rupestris*.

K těmto dvěma typům můžeme přidat ještě třetí pro drobnější druhy, které mají obalovou soustavu přechodovou, patří sem například druhy: *Gloeocapsa compacta*, *Gloeocapsa biformis* nebo *Gloeocapsa rupicola*.

Nováček (1934) se ve své práci zabýval druhem *Gloeocapsa sanguinea*. Na odebraných vzorcích pocházejících z mohelenských serpentinitů pozoroval její životní cyklus a přechod mezi jednotlivými stadii životního cyklu. Životní cyklus rodu zde rozděluje do dvou fází a to na fázi vegetační, odpovídá příznivým životním podmínkám, které se vyznačují přiměřenou vlhkostí a osvětlením. Druhá fáze je latentní, která odpovídá nepříznivým podmínkám s nedostatečnou vlhkostí a příliš velkým osvětlením.

Podle Branda (1900) dále rozděluje fáze do jednotlivých stavů a to následovně:

Fáze vegetační:

- *status solutus* – *Aphanocapsa stadium*
- *status pallidus*
- *status coloratus*

Fáze latentní:

- *status siccus*
- *status perdurans*

Tyto fáze odpovídají především zbarvení slizových obalů, nicméně pro účely Nováčkovy práce, je využíváno dělení dle diferenciací obalové soustavy a z toho důvodu je zde upřednostněno dělení:

Fáze vegetační:

- *status solutus* – *Aphanocapsa stadium*
- *status familiaris simplex*
- *status familiaris lamellosus*

Fáze latentní:

- *status perdurans* – arthrospory

Fáze vegetační se vyznačuje těmito znaky:

1. zbarvená, nebo bezbarvá obalová soustava s tendencí k rozplývání.
2. zelené až modrozelené protoplasty, jemně zrnité až homogenní, se zřetelnou vrstvou chromato-centroplazmatickou a rychlým dělením spojeným s mírným zmenšováním průměru protoplastu.

Nannocytosní stavy patří do fáze vegetační (Geitler, 1932). Nanocyty jsou drobné buňky, vzniklé rychlým dělením. Odpovídají příznivým životním podmínkám s vystupňovanou frekvencí dělení bez přestávek.

Status familiaris simplex, v němž je kromě společného obalu viditelně diferencovaná obalová soustava. Je tvořený mateřskými a dceřinými buňkami, které po oddělení vytváří vlastní obal, nicméně původní mateřský zůstává stále zachován - obaly, které jsou buď bezbarvé, nebo na straně obrácené ke světlu difuzně zbarveny, nesou na povrchu společného obalu granulaci pocházející z rozptýlené pigmentové vrstvy (Nováček, 1934).

Status solutus je pokračováním předchozího *statusu* a vede k němu to, že dojde k úplnému rozpuštění všech obalových struktur. Navenek není omezen. Protoplasty jsou uloženy v beztvaré rosolovité hmotě, která má nanejvýš barevný nádech. Tento *status* slouží pravděpodobně též k propagaci, protože jeho útržky se snadno mohou zachytit na skalním povrchu. Protoplasty mohou přejít na arthrospory a udržet se tak během nepříznivých podmínek (Nováček, 1934). Někdy též nazývaný jako *Aphanocapsa stadium* – mající rozpuštěné obaly, což má za následek uspořádání ve více méně homogenním slizu, podobně jako u rodu *Aphanocapsa* (Komárek & Anagnostidis, 1998).

Status familiaris simplex i *status solutus* se pravidelně vyskytují na vlhkých a dobře osvětlených stanovištích (Nováček, 1934).

Status familiaris lamellosus je určen diferenciací obalové soustavy, tak, že se postupně zasouvají mladší buněčné elementy do zbytků vnějších lamel membrán mateřských buněk (Nováček, 1934).

Arthrospory slouží k přečkání nepříznivých podmínek a též k propagaci druhu. Jsou to trvalé buňky, pro něž místo původně užívaného názvu „spory“ používá Nováček (1934) názvu „arthrospory.“ Jedná se o buňky, které jsou za nepříznivých podmínek odolné vůči prudkému světlu, suchu, mrazu i vysokým teplotám.

Při vlivu vyšší vlhkosti, trvalého smáčení a silného osvětlení podléhají destrukci. Též samostatně, má dlouhotrvající smáčení nepříznivé následky. Dříve uvedené kombinace však nejsou v přírodě dlouhotrvající a proto se neuplatňují rušivě. Protoplast je bledý, nažloutlý, proti normálu mírně zvětšený a často nese nápadnou granulaci (Nováček, 1934).

Zmínku o artrosporách najdeme například i v práci Rifón-Lastra & Noguerol-Seoane (2003). Arthrospory popisují u druhu *Gloeocapsa violascea*, 16 arthrospor vnořených do slizového obalu s nepravidelnými okraji, může být bezbarvý a homogenní, nebo vrstevnatý a fialově zbarvený směrem dovnitř, bezbarvý směrem ke krajům. Arthrospory jsou nepravidelné a tvoří je dvě polokulovité buňky obklopené několika obaly. V kultuře arthrospory pozorovány nebyly.

Schránka arthrospory se skládá ze 3 vrstev:

1. těsně k protoplastu přiléhající bezbarvá, nebo bledá vrstva, nově tvořený vlastní obal.
2. vrstva pigmentová, která je tenká a diferencuje se z povrchové lamely nově tvořeného vlastního obalu a to srážením barviva.
3. kutikula – přiléhá k pigmentové vrstvě vně a je základem ježatých episporů. U nevyzrálých arthrospor není zřetelná, plného rozvoje dosahuje u uvolněných arthrospor, které jsou syté zbarvené a vyzrálé. Je to tenká čirá, nebo jemně nažloutlá blanka, v normálních případech hladká. V ní se diferencují bradavky – gemmulae – které jsou podobné jemným třpytivým perličkám, rozptýleným po pigmentové vrstvě. Tato vrstva pak někdy může vypadat jako dírkovaná.

Episporby byly Nováčkem pozorovány u druhů *Gloeocapsa sanguinea*, *Gloeocapsa alpina*, *Gloeocapsa ralfisiana*. Popisuje je jako ježaté a radiálně stavěné. Jejich výskyt provází klíčení a též všechny přechody do vegetační fáze. Trvalým působením vlhka se episporby ztrácejí, vysycháním se smršťují a vznikají již dříve zmíněné bradavky (Nováček, 1934).

Pigmentová vrstva je zodpovědná za resistenční schopnosti arthrospor. Zralá je korovitá, neprostupná a není schopná rozpínání. Uzavírá protoplast a vnitřní obalové lamelly. Barvivo v ní je hustě a rovnoměrně uložené, vnitřní obalové vrstvy jsou bledé a zbarvené, směrem k protoplastu rychle ztrácí intenzitu (Nováček, 1934).

Arthrospory ve většině případů uzavírají jediný protoplast a jejich rozměry kolísají kolem průměrné hodnoty, která je pro druhy konstantní. Jejich tvar je různý, u druhů s poddajnou obalovou soustavou: *Gloeocapsa sanguinea*, *Gloeocapsa alpina* je kulovitý, elipsoidní až cylindrický. Často se můžou objevovat arthrospory, které jsou dvojité, obsahují dva právě se dělící nebo oddělené protoplasty. Arthrospory jsou uloženy do různě redukované obalové soustavy, která pochází ze *status familiaris lamellosus*. Shluky jsou kompaktní, v celku sytě zbarvené, téměř neprůhledné. Kolem nich jsou světlejší dvůrky, jelikož i zde je barvivo lokalizováno do periferních lamel každého obalu. Celek se označuje jako *status perdurans*. V tomto období již protoplast nemá kontakt s obalovou soustavou a ta je mrtvým útvarem. Postupem doby tuhne, křehne a ztenčuje se, ubývá rezistence vůči rušivým vlivům prostředí. Zaniká buď úplně, nebo přechází do fáze vegetační. Většinou se uvolňují z obalů různými mechanickými vlivy, jako jsou poryvy větru, nárazy dešťových kapek, stékající voda během dešťů, tání, atd. Uvolněné arthrospory jsou snadno unášeny a díky svým nepatrným rozměrům se snadno zachytí i na drobných nerovnostech podkladu, nebo se v některých případech mohou přichytit na hladkých površích díky drsným episporám.

Diferenciace obalové soustavy brání příliš velkým ztrátám vody. Bývá provázena tvorbou barviv, to se projevuje především v koloniích ve *status familiaris simplex*, které jsou často jednostranně zbarveny a též jejich soustava je jednostranně vyvinuta (Nováček, 1934).

3 Ekologie

Sinice rodu *Gloeocapsa* nalezneme po celém světě. Vyskytují se v suchých i vlhkých prostředích, nejčastěji však na vlhčených kamenných podkladech, ale i na kůře stromů (Komárek & Anagnostidis, 1998). Existují i druhy popsané z vodního prostředí, ale není dosud jisté, že se opravdu jedná o druhy patřící do tohoto rodu. Jejich příslušnost musí být ještě ověřena.

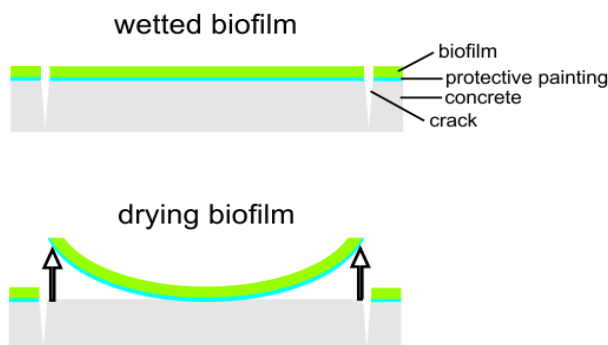
Sinice a zelené řasy však nalezneme i na antropogenních stanovištích, hrají důležitou roli v poškozování památek, ale i povrchů budov, jsou zodpovědné za estetické, biogeochemické a fyzické škody. Z estetického hlediska vytváří na povrchu budov skvrny, které jsou nejčastěji černé nebo šedé barvy (Gaylarde & Gaylarde, 2005).

Mezi sinice, které se podílejí na jejich poškození, patří i rod *Gloeocapsa*. Dnes existuje mnoho prací, které se zabývají popisem jednotlivých druhů na těchto stanovištích a možnostmi, jak jim zabránit v osidlování těchto typů stanovišť. Tyto práce se soustředí na památky vyskytující se po celém světě, oblasti Evropy, především Středomoří, Asie i Ameriky.

O mechanismu a rychlosti poškozování se ví celkem málo a přesná data chybí (Hirsch et al., 1995).

Sinice poškozují povrch především produkcí metabolitů. Syntetizují barviva, aminokyseliny, polysacharidy, organické kyseliny, dusíkaté báze, vitamíny a další látky, které průvodní bakterie a plísně asimilují rovněž za tvorby kyselin. Anionty kyselin reagují s kationty kamene, tak vznikají ve vodě rozpustné soli, jejichž hydratace přispívá k výskytu vody v pórech kamene a k pozvolnému uvolňování kationtů – chelatizaci. Časem dojde ke zvýšené pórovitosti a pozvolnému rozpadu povrchu stavebního kamene. Endolitické sinice aktivně penetrují stavební kámen, vytváří zde mikrodutinky různých tvarů a sekreci rozpouštějí a vyluhují karbonáty přítomné ve stavebním kameni (Wasserbauer, 2006).

Na následujícím obrázku je vidět rozdíl mezi vlhkým a suchým sinicovým biofilmem, pokrývajícím betonovou stěnu. Zatímco vlhký biofilm je přisedlý k povrchu, tím, že postupně vysychá, dochází k odlupování a postupnému odpadávání, což může působit problém např. u chladicích věží s přirozeným tahem.



Obrázek 4: Sinicový biofilm

Zdroj: Tomáš Hauer

Chladicí věž poskytuje stabilní teplotu a vlhkost, proudění vzduchu i nabídku živin, což vytváří sinicím vhodné prostředí k růstu (Hauer, 2010).

Tím, jak biofilm roste, může se utrhnout a spadnout, tím se může narušit chladicí proces a snížit se tak účinnost chlazení (Liou, 2009).

Současný stav mnoha historických památek ukazuje, že nejsou imunní vůči faktorům zvětrávání a znehodnocení. V portugalské studii, která byla provedená v roce 2006, byly vzorky naočkovány mikrořasou *Stichococcus barcillaris* a sinicí *Gloeocapsa alpina*. Jako typy stavebních kamenů byly použity vápence typu Anca a Lioz, žula z Portalegre a mramor z Vila Vicosa, byly vybrány proto, že se právě v portugalské architektuře často vyskytují. Růst a pokrývnost na povrchu kamene byly vyhodnocovány vizuálně a měřením fluorescence chlorofylu in vivo. Po 4 měsících byly biofilmy rozvinuté podobně jako ty, které se vyskytují venku. Použité kmeny byly schopné nejvíce růst na uhličitanovém substrátu, na křemičitém substrátu byl jejich růst spíše omezen. Vápenec Anca a mramor z Vila Vicosa mají nejvyšší a nejnižší pórovitost, na jejich povrchu se mikroorganismům dařilo nejvíce (Miller *et al.*, 2006).

Macedo *et al.* (2009) provedli revizi literatury zaměřující se na sinice a zelené řasy, které způsobují zhoršení stavu kamenných památek, hlavně venkovních monumentů a kamenných uměleckých děl, vyskytujících se v oblasti Středozeří. Použili 45 případových studií

z celkem 32 vědeckých prací, publikovaných mezi léty 1976 až 2009. Typy hornin, na které se soustředili, byly mramor, vápenec, travertin, dolomit, pískovec a žula. Tyto horniny se v dané oblasti vyskytují nejčastěji. Klima v této oblasti je charakteristické mírnými deštivými zimami, teplými a suchými léty. Většinu roku je slunečno, zřídka mrazivo a obvykle bez sněhu. Množství sinic, které se objevuje na kamenných monumentech, je poměrně rozsáhlé. Celkově bylo nalezeno 96 taxonů sinic, z nich byl nejvíce rozšířen rod *Gloeocapsa*. Tento rod se objevil na 20 ze 45 testovaných památek, vyskytoval se na všech substrátech a byl reprezentován 8 druhy. Těmito druhy byly: *Gloeocapsa alpina*, *Gloeocapsa biformis*, *Gloeocapsa calcarea*, *Gloeocapsa compacta*, *Gloeocapsa decorticans*, *Gloeocapsa kützingiana*, *Gloeocapsa novacekii*, *Gloeocapsa sanguinea*.

Horninami, na nichž bylo nalezeno nejvíce taxonů sinic, byly mramor a vápenec, kolem 55 resp. 56 druhů. Nejméně taxonů bylo nalezeno na žulovém substrátu, pouze 10 (Macedo *et al.*, 2009).

Gaylarde & Gaylarde (2005) ve své práci uvádí, že dominance jednotlivých složek v biofilmu se může měnit, a to v závislosti na klimatických podmínkách, povrchové úpravě konkrétní budovy, ale i na typu substrátu (vápenec, omítka z betonu, pískovec nebo mramor).

V biofilmech pokrývajících povrch budov se nevyskytují pouze sinice, ale i houby a heterotrofní bakterie (Gorbushina, 2007). Avšak na prvních dvou příčkách se téměř vždy objevují sinice a řasy (Gaylarde & Gaylarde, 2005).

Mezi nejběžnější rody nalezené na monumentech v Evropě, Americe a Asii patří rody *Gloeocapsa*, *Phormidium*, *Chroococcus* a *Microcoleus* (Ortega-Calvo *et al.*, 1995).

Kolonizace kamenů je úzce spjata s jejich pórovitostí, povrchem, hygroskopičností a absorpcí vody (Prieto & Silva, 2005).

Vývoj řasových společenstev na stavebních kamenech je často spojen s místy, kde je vysoká vlhkost a retence vody. Kombinace ostatních ekologických faktorů jako je teplota, světlo, pH může též ovlivnit rozložení organismů na monumentech. Řasové komunity se mohou vyvíjet ve velmi krátkém časovém úseku v porovnání s jinými organismy, jako jsou lišejníky nebo vyšší rostliny (Ortega-Calvo *et al.* 1995).

Důležitým faktorem počátečních stadií kolonizace je textura povrchu. Například buňky rodu *Gloeocapsa*, které se dostávají na nový povrch v kapce dešťové vody nebo prachových částicích, budou spíše zachyceny drsnějším než hladším povrchem, ten tedy povede k rychlejší kolonizaci. Takové rozdíly v mikrotopografii povrchu mají důležitý vliv na kolonizaci. Malé sklony na jinak hladkém povrchu mohou udržet vlhkost, napomáhají podmínkám růstu, zatímco poskytují ochranu před spásáním, činností větru, jiných forem abraze a vysokou intenzitou záření (Gorbushina, 2007).

Ortega – Morales *et al.* (2012) se ve své studii zaměřili na mikrobiální složení černé a červené patiny spojené s budovami v mayských městech Becán, Chicanná a Hormiguero v Mexiku. Většina památek je postavena z vápence, původně potaženého štukovou omítkou, tvořenou směsí páleného vápence, písku a rostlinných částí. Většina z nich je dnes již bez štukové vrstvy, tvořených pouze holými kameny. Řasy a sinice byly převládajícími mikrobiálními skupinami. V biomase nejdominantnějšími byly řasy rodu *Trentepohlia*, převažující v červené patině a sinice rodu *Gloeocapsa*, převažující v černé patině. Klíčovou roli v prostorové distribuci patiny hrála též orientace budov. Červená patina, zbarvená díky přítomnosti karotenoidů, byla převážně spojená se severními a východními zdi. Černá patina byla pozorována hlavně na jižních a západních zdech. Černé zbarvení patiny bylo způsobeno přítomností pigmentu scytoneminu. Zhodnocením celkového slunečního záření dopadajícího na mayské město Becán za rok 2010 se ukázalo, že severně a východně orientované zdi byly vystaveny podstatně nižšímu záření než stěny orientované na jih a západ. Měření globálního záření se ukázalo, že je to nejdůležitější faktor pro mikrobiální kolonizaci, velké záření snižuje vlhkost a zvýší vystavení UV záření, takto potlačí řasový růst, zatímco umožní odolným sinicím přežít.

Golubić *et al.* (2015) se ve své práci zaměřují na Cestiovu pyramidu v Římě, její poškozování vlivem mikrobiálních aktivit, převážně sinicí *Chroococcus lithophilus*, zároveň však zmiňuje častou přítomnost sinic rodu *Gloeocapsa* ve vzorcích. Cestiova pyramida je postavena z betonu a je krytá mramorovými deskami. Povrch mramoru pokrývá šedočerná mikrobiální krusta, tvořená 3 různými skupinami: zelenými řasami sdruženými s mikroskopickými houbami a lišejníky. Dále jsou to kulovité a vláknité sinice, patřící převážně do rodů *Chroococcus*, *Gloeocapsa* a *Tolypothrix*. Rod *Gloeocapsa* je zastoupen druhy: *Gloeocapsa alpina* (Nägeli) Brand, *Gloeocapsa compacta* Kützing em. Golubić, *Gloeocapsa sanguinea* (C. Agardh) Kützing a *Gloeocapsa rupestris* Kützing.

Morfologické rozdíly v barvě a konzistenci obalů jsou závislé na ekologických faktorech jako je intenzita světla, zásobení vodou a pH. (Jaag 1945; Golubić 1967). Tmavé zbarvení patiny bylo převážně způsobeno přítomností fotoautotrofních a organotrofních organismů. Mikroskopická analýza mramoru ukázala krystaly s drsným povrchem, často oddělené s mezikrystalovými prostory. Druhy *Chroococcus lithophilus* a *Gloeocapsa spp* kolonizují mramor jako epilithické, a také trhliny a praskliny, reprezentující chasmoendolitický růst. Nicméně sinicový růst mohl také způsobit snížení soudržnosti krystalů se zbytkem mramoru a usnadnit tak oddělení krystalů z povrchu.



Obrázek 5: Sinicový biofilm, Cestiova pyramida v Římě
(Golubić *et al.*, 2015)

Řasové komunity se mohou vyvíjet ve velmi krátkém časovém úseku v porovnání s jinými organismy, jako jsou lišejníky nebo vyšší rostliny (Ortega-Calvo *et al.*, 1995).

Sinice jsou společně s mnohými druhy lišejníků často primárními kolonizátory holých kamenných povrchů (Büdel *et al.*, 1997).

4 Potenciální využití

Výzkum sinic rodu *Gloeocapsa* neprobíhá pouze v oblasti jejich výskytu na kamenných památkách a jejich poškozování, ale i v oblastech, kde by mohly být potenciálně člověkem využívány.

Begum *et al.* (1996) se zabývali možnostmi využít sinice v zemědělství, a to jako alternativní zdroj dusíku v souvislosti s užíváním dusíkatých hnojiv na rýžových polích v Bangladéši. Zvýšené užívání hnojiv, založených na chemické bázi, především močoviny, na rýžových polích přispívá k biologické degradaci půdy a též má nepřímý vliv na životní prostředí. Dalším důvodem je i fakt, že chemická hnojiva jsou z ekonomického hlediska pro místní farmáře zátěží. Právě proto by se dle autorů měly hledat jiné možnosti hnojení za účelem snížit užívání těchto chemických. Jako východisko vidí využití schopnosti některých sinic fixovat vzdušný dusík. Též by jejich užití mohlo být levnější a snadnější cestou ke zvýšení úrody rýže. Pro účely jejich výzkumu bylo odebráno 58 vzorků půdy z 27 okresů. Půda byla z hlediska pH téměř neutrální s velmi nízkým obsahem uhlíku, dusíku i fosforu. Celkem zde bylo nalezeno 93 druhů, včetně druhu *Gloeocapsa decorticans*, *Gloeocapsa calcarea*, *Gloeocapsa punctata* a *Gloeocapsa sp.*, ačkoliv patří mezi sinice, jež nemají heterocyty, které umožňují fixaci atmosférického dusíku. Podle Stewarta *et al.* (1979) však mohou i některé sinice, které nemají heterocyty za určitých podmínek fixovat atmosférický dusík za mikroaerofilních (optimální růst v prostředí s nízkou koncentrací kyslíku) podmínek. Právě 50 % z zde nalezených sinic byly sinice bez heterocytů. I samotní autoři však dodávají, že je třeba další výzkum v této oblasti.

Najdenski *et al.* (2013) se zase zabývají myšlenkou využít sinice z hlediska jejich antibakteriální a protiplísňové aktivity. Hlavním důvodem je stále se zvyšující odolnost patogenních bakterií vůči antibiotikům. Východiskem by mohly být různé druhy sinic a mikrořas, právě z hlediska svého výskytu a schopnosti se přizpůsobit i nepříznivým podmínkám díky vyvinutým adaptivním a obranným strategiím, včetně syntézy rozmanitých sloučenin rozdílnými metabolickými cestami. Pokud se soustředíme pouze na rod *Gloeocapsa*, v této práci byl použita kultura *Gloeocapsa sp.*, prokázala se její účinnost proti grampozitivním bakteriím *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes* a *Bacillus cereus* a proti kvasince *Candida albicans*.

Synechocystis sp. a *Gloeocapsa* sp. vykazují poměrně vysoký stupeň antimikrobiální účinnosti a širší rozsah látek proti většině významných potravinových patogenů (Najdenski *et al.*, 2013).

Sinice můžeme objevit na různých typech stanovišť, včetně kontaminovaných lokalit, protože jsou schopné tolerovat různé toxické chemikálie. Jejich výhodou je velká produkce biomasy a jednoduché výživové požadavky, díky kterým mohou být různě využívány.

Kiran *et al.* (2008) a Mona & Kaushik (2015) se ve své práci zabývají možností využití sinic, díky jejich toleranci k chromu, kobaltu a karcinogenním barvivům z textilních výroben, dále také možností výroby biovodíku pomocí sinic v odpadních nádržích těchto výroben. Tolerance k chromu byla testována na různých sinicových kmenech, které byly izolovány z okolí závodů, kde probíhá průmyslové pokovování a z oblastí textilního průmyslu. Produkce vodíku fotoautotrofními zelenými řasami a sinicemi si v posledních letech též získala pozornost, hlavně díky potenciální možnosti výroby čisté a obnovitelné energie s využitím hojně dostupných přírodních zdrojů, jako je solární energie a voda. Právě jedním z použitých druhů je i druh patřící do rodu *Gloeocapsa*. Proto, že konkrétní druh není v práci specifikován, bylo by třeba ověřit, zda se opravdu jedná o druh tohoto rodu. Existují totiž druhy *Gloeocapsa* popsané i z vodního prostředí, ale jejich příslušnost je sporná a v současnosti probíhá jejich ověřování.

5 Praktická část

Cíle praktické části mé bakalářské práce byly rozděleny do dvou částí, první část měla za úkol určit druhy rostoucí na 3 různých typech lokalit a to na vápencových, hadcových a žulových podkladech. Druhá část měla za úkol porovnat, zda se liší druhové složení mezi jednotlivými substráty.

Odběrová místa byla vybírána pomocí internetových zdrojů: <http://lokality.geology.cz/d.pl> a http://mapy.geology.cz/geocr_50/. Snahou bylo vybírat lokality, které nebyly dosud prozkoumány, aby mé výsledky mohly poskytnout nová floristická data.

5.1 Metody

Vzorky pro praktickou část bakalářské práce byly odebírány během léta a podzimu v roce 2015.

Během měsíce srpna byly odebrány vzorky z lokalit: lesopark Šeptouchov, Tři Studně a Věžná u Nedvědice. Během měsíce září byly odebrány vzorky z lokalit: Vyšný, Krty – Hradec, Bernartice, Lipnice nad Sázavou hrad, Lipnice nad Sázavou skalní výchoz a Dolní Město.

Materiál byl získán oškrabem sinicových společenstev na vybraných substrátech pomocí nože, který byl mezi jednotlivými odběry očišťován. Vzorky byly vysušeny a uchovávány v plastových vzorkovnicích. Se záměrem následného porovnání lokalit, byly vzorky odebírány z jižního případně jihovýchodního směru. Na každé lokalitě byly odebrány 4 vzorky.

K zaznamenání relativní abundance byla použita Braun-Blanquetova stupnice abundance a dominance, vyjadřující pokryvnost a početnost daného druhu nebo populace na daném substrátu ve fykologické úpravě Kaštovský *et al.* (2008). Jednotlivé stupně od „+“ které udává velmi řídké zastoupení druhu ve vzorku až po 6, které udává jednoznačnou dominanci druhu ve vzorku. Jednotlivé stupně jsou uvedeny v Tabulce I.

Celkově bylo odebráno 36 vzorků, které byly podrobeny mikroskopické analýze na světelném mikroskopu. Určování zástupců rodu *Gloeocapsa* bylo prováděno s pomocí práce Komárek & Anagnostidis 1998. Následně byly zaznamenány relativní abundance.

Tab. I: Tabulka relativních abundancí (Kaštovský *et al.*, 2008)

Stupeň	Abundance druhu	Pokryvnost v %
6	Masově zastoupený	90 – 100
5	Velmi hojný	50 – 90
4	Hojný	20 – 50
3	Dostí hojný	5 – 20
2	Zřídka se vyskytující	1 – 5
1	Velmi zřídka se vyskytující	0,1 – 1
+	Ojedinele zastoupený	0,1

5.2 Popis jednotlivých lokalit

5.2.1 Hadcové lokality

Hadce u Želivky (49°67' S, 15°12' V) jsou národní přírodní památkou. Tvoří je strmé, místy skalnaté svahy nad nádrží. Nachází se na sever a severovýchod od obce Bernartice, okres Benešov. Regionálním zařazením patří do soustavy Českého masivu – krystalinika a prevariského paleozoika, české moldanubikum.

Lokalitu Tři Studně (49°36' S, 16°12' V) tvoří opuštěný lom jihovýchodně od obce Tři Studně, okres Žďár nad Sázavou. Tato lokalita je součástí chráněné krajinné oblasti Žďárské vrchy. Regionálním zařazením patří do soustavy Českého masivu – krystalinika a prevariského paleozoika, strážecké a moravské moldanubikum.

Lokalitu Věžná u Nedvědice (49°26' S, 16°16' V), okres Žďár nad Sázavou, tvoří umělý odkryv pegmatitové žíly. Regionálním řazením patří do soustavy Českého masivu – krystalinika a prevariského paleozoika, strážecké moldanubikum.

5.2.2 Vápencové lokality

Lokalitu Krty – Hradec (49°18' S, 13°51' V), okres Strakonice, tvoří opuštěný lom, který se nachází severovýchodně od této obce. Regionálním zařazením patří do soustavy Českého masivu – krystalinika a prevariského paleozoika, moldanubická oblast.

Lesopark Šeptouchov (49°69' S, 15°27' V) tvoří vápencové skály, které jsou umístěny podél řeky v Ledči nad Sázavou. Regionálním zařazením patří do soustavy Českého masivu – krystalinika a prevariského paleozoika, moldanubická oblast.

Lokalitu Vyšný (48°49' S, 14°17' V), okres Český Krumlov, tvoří opuštěný lom, který se nachází západním směrem od této obce. Regionálním zařazením patří do soustavy Českého masivu – krystalinika a prevariského paleozoika, moldanubická oblast.

5.2.3 Žulové lokality

Lokalitu v Lipnici nad Sázavou (49°36' S, 15°24' V), okres Havlíčkův Brod, první část tvoří skalní výchoz na okraji lesa v jižní části obce. Regionálním zařazením patří do soustavy Českého masivu – krystalinika a prevariského paleozoika, moldanubická oblast. Druhá část lokality je skalní stěna pod hradem.

Lokalitu Dolní Město (49°37' S, 15°23' V), okres Havlíčkův Brod, tvoří několik opuštěných lomů jihovýchodním směrem od Dolního Města. Regionálním zařazením patří do soustavy Českého masivu – krystalinika a prevariského paleozoika, moldanubická oblast.

6 Výsledky

Mikroskopické analýze bylo podrobena 36 vzorků. Sinice rodu *Gloeocapsa* byly zaznamenány v každém vzorku.

Nalezené druhy byly určovány pomocí publikace *Cyanoprokaryota 1.Teil: Chroococcales*, Komárek J. & Anagnostidis K. (1998)

Celkem bylo nalezeno 7 druhů patřících do rodu *Gloeocapsa*, v porovnání se seznamem nalezených druhů na území České republiky (Kaštovský *et al.* 2010) nebylo nalezeno ani 50 %, nebyl nalezen žádný nový druh. Seznam nalezených druhů na mnou vybraných lokalitách je uveden v následujících tabulkách.

Tab. II: Výsledky vápencových lokalit

	Šeptouchov	Krty - Hradec	Vyšný
<i>Gloeocapsa violascea</i>	5	5	5
<i>Gloeocapsa novacekii</i>	3	3	3
<i>Gloeocapsa aeruginosa</i>		3	
<i>Gloeocapsa nigrescens</i>		+	

Tab. III: Výsledky hadcových lokalit

	Bernartice	Tři Studně	Věžná
<i>Gloeocapsa compacta</i>	3	2	
<i>Gloeocapsa novacekii</i>	5	5	5
<i>Gloeocapsa sanguinea</i>		+	+

Tab. IV: Výsledky žulových lokalit

	Lipnice - hrad	Lipnice	Dolní Město
<i>Gloeocapsa rupicola</i>		3	3
<i>Gloeocapsa aeruginosa</i>	2	2	
<i>Gloeocapsa sanguinea</i>	2		

7 Stručný popis nalezených druhů

1. *Gloeocapsa violascea* (Corda) Rabenhorst 1865

Protococcus violaceus Corda v Sturm 1833, *Gloeocapsa violacea* Kützing 1847

Kolonie špinavě až tmavě modrozelené až načernalé. Buňky světle modrozelené, 2,8 – 4 (6,8) μm v průměru. Aerofytický druh, na stěnách (také známé z hadců a vápenců), od nížin po hory, obvykle spíše stinné lokality a skalní dutiny, známé ze střední Evropy (Rakousko, Česká republika, Německo).

Nalezena převážně na vápencových podkladech, dobře osvětlených, vlhkých.

2. *Gloeocapsa novacekii* Komárek et Agnostidis 1995

Gloeocapsa sanguinea sensu Nováček 1930

Kolonie mikro- i makroskopické, slizovité, granulovité, rezavě červené (mokrě), špinavě nebo černohnědé (suché), složené ze subkolonií, 60 μm v průměru. Buňky kulovité nebo oválné, světle olivově zelené, modrozelené nebo nažloutlé, (3) 3,5 – 9 (10) μm v průměru. Aerofytický druh na periodicky vlhčených kamenech, od nížin po hory, v říčních údolích. Popsána z hadců z České republiky.

Ekologie odpovídá, nejvíce zastoupena na hadci, na dobře osvětlených místech viditelné zbarvení. Stínové formy spíše světlejší, minimum extracelulárních barviv.

3. *Gloeocapsa aeruginosa* Kützing 1843

Kolonie granulovité nebo rosolovité, občas formují amorfní makroskopické útvary. Modrozelené nebo šedě olivě zelené, sestavené z víceméně kulovitých, mnohobuněčných subkolonií, 16 – 50 μm v průměru. Slizové obaly bezbarvé, buňky kulovité, malé, modrozelené, 2 – 3 μm v průměru. Aerofytický druh, na vlhkých, většinou vápencových kamenech, popsána ze střední Evropy.

Na vápenci hojný, na žule spíš sporadický výskyt.

4. *Gloeocapsa nigrescens* Nägeli v Rabenhorst 1857

Kolonie mikroskopické, kulovité, od 2 do více buněk, občas sdružené do nepravidelných makroskopických, granulovité černé hmoty. Subkolonie složené ze skupiny kulovitých buněk, obklopených vlastními slizovými obaly. Buňky kulovité, modrozelené 3 – 5 μm v průměru. Aerofytický druh, na vlhkých vápencových a hadcových kamenech, v nížinách i horách.

Výskyt na vápenci, dobře osvětlená, vlhká lokalita.

5. *Gloeocapsa compacta* Kützing 1845

Kolonie mikro- nebo makroskopické, nepravidelné, složené z těsně seskupených subkolonií nepravidelného tvaru. Slizové obaly široké, bezbarvé (mladé), později intenzivně modré, modrofialové, červenofialové nebo hnědofialové. Buňky kulovité, modrozelené (1,5) 2 – 2,5 (3,5) μm v průměru. Subaerofytický druh, na vlhkých (obvykle vápencových) skalách a vzácně na kůře stromů. Od nížin po hory, střední Evropa, Skandinávie, Itálie a Španělsko.

Hadcové lokality s menší mírou osvětlení a nízkou vlhkostí.

6. *Gloeocapsa sanguinea* (Agard) Kützing 1843

Gloeocapsa itzigsohnii Bornet v Zopf 1882

Kolonie mikro- nebo makroskopické, slizovité, nepravidelné, složené z početných subkolonií. Slizový obal široký. Buňky kulovité, před dělením oválné, světle modrozelené nebo šedomodré, (3,5) 4 – 6,5 μm v průměru. Subaerofytický druh, na vlhkých kamenech (hlavně na žule, pískovci, aj.). Vyskytující se zejména ve vyšších polohách.

Výskyt na hadcové lokalitě ojedinělý, tato lokalita tmavá. Žulová stěna dobře osvětlená, s nízkou vlhkostí.

7. *Gloeocapsa rupicola* Kützing 1849

Gloeocapsa sabulosa (Meneghini) Richter ve Wittrock et Nordstedt 1864; *Gloeocapsa quaternata* (Brébisson) Kützing 1848 sensu aut. post.

Kolonie mikro- nebo makroskopické, ne příliš velké, formující červené, červenohnědé, nebo červenočerné slizové body nebo místa na (obvykle) ne vápencových kamenech. Slizové obaly kolem jednotlivých buněk jsou tenké, pevné, do 6 μm široké, uvnitř tmavě červené nebo hnědočervené. Buňky modrozelené, světle olivově zelené nebo žluté, 2 – 3 (4,5) μm v průměru. Aerofytický druh, na vlhkých, občas periodicky schnoucích kamenech, stěnách, od nížin po hory.

Výskyt na lokalitách s dobrou vlhkostí, ale lokalita Dolní Město s poměrně nízkým osvětlením.

8 Diskuze

Rod *Gloeocapsa* je hojně se vyskytujícím rodem, který dokáže přežít na skalních povrchích, jež se vyznačují velice specifickými životními podmínkami. Jedná se především o výkyvy v oblasti teploty, množství slunečního záření nebo dostupnosti vody. Nalezneme ho v jak v polárních oblastech, tak i v oblastech tropických (Hauer *et al.*, 2015). Existuje i několik druhů z vodních biotopů, ale pokud nebudou tyto druhy molekulárně zpracovány, nemůžeme s jistotou prohlásit, zda se opravdu jedná o příslušníky tohoto rodu. Na některých z nich se pracuje, ale výsledky dosud nejsou k dispozici.

Jeho výskyt však není podmíněn pouze stanovišti přírodními, ale nalezneme ho i na stanovištích antropogenních, například na betonu, sklářském tmelu, aj. Právě z těchto druhů podkladů bývají často postaveny mnohé budovy, chladicí věže, sochy či jiné památky. Přítomnost tohoto rodu je problém, jelikož dochází k mechanickému poškozování a zároveň pokryv, který vytváří, nepůsobí příliš esteticky. Proto mnoho prací, které se zmiňují o tomto rodu, bývá právě v souvislosti s jeho výskytem na těchto typech stanovišť od Ameriky přes Evropu po Asii a zahrnují též možnosti jak s tímto biofilmem bojovat. Ačkoliv není tvořen pouze tímto rodem, právě různé druhy tohoto rodu bývají velmi často zastoupeny.

V současné době probíhá testování jeho potenciálních biologických vlastností, blíže nespecifikované kmeny se testují na různé bioaktivní látky, ale díky absenci obrazové dokumentace není jisté, zda se opravdu jedná druhy rodu *Gloeocapsa*.

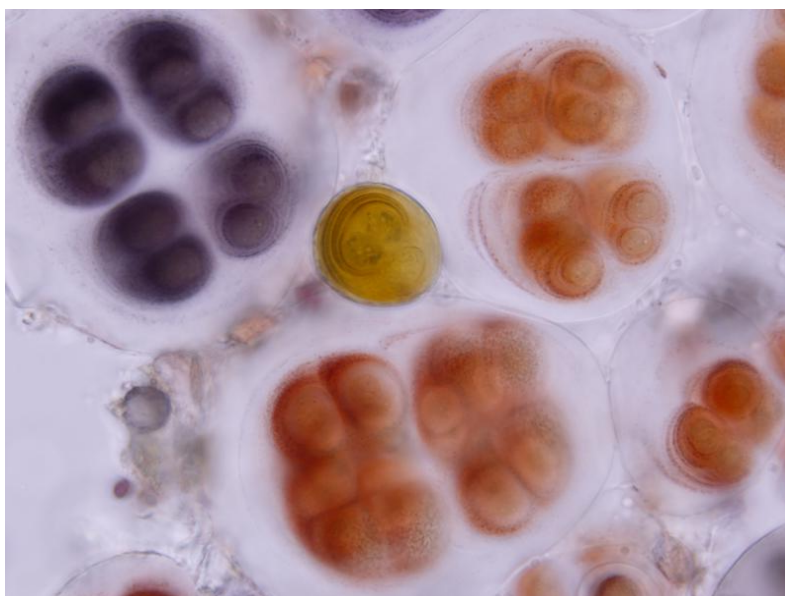
Též taxonomie tohoto rodu není úplně jasná. K roku 2016 je evidováno 86 druhových jmen, toto číslo se postupně navyšuje, protože dosud nejisté druhy bývají podrobovány ověření.

K určování jednotlivých druhů se často používá barva slizových obalů, zbarvení obalů jakožto determinační znak však mnoho autorů zpochybňuje. Zbarvení slizových obalů může být ovlivněno pH prostředí, množstvím železa či mírou ozáření (Jaag, 1945). Zmínku o barevných přechodech uvádějí ve své práci i Abdelahad & Bazichelli (1991). Dalším faktem přispívajícím ke zpochybnění určování jednotlivých druhů pomocí zbarvení slizových obalů je, že extracelulární barvivo gloeocapsin, za běžných podmínek modrý až modročervený, má schopnost měnit barvu se změnou pH prostředí, v rozmezí modré a fialové v alkalickém prostředí a na červenou v kyselém prostředí (Storme *et al.*, 2015). Na druhou stranu jak je vidět na obrázku 6, i v rámci jednoho vzorku můžeme najít různě

zbarvené druhy rostoucí v těsné blízkosti. Tento fakt může podpořit zastávce názoru, že můžeme používat zbarvení slizového obalu jako determinační znak. Pro objasnění tohoto fenoménu je třeba další výzkum zahrnující mimo jiné i zjištění přesné prostorové organizace společenstva, v němž se různě barevné typy vyskytují z důvodu možného ovlivnění pH obalů intenzitou fotosyntézy.

Dalším problémem může být případ, že pokud studujeme kolonii buněk, která byla odebrána z tmavého prostředí, mohou být tyto buňky bezbarvé i přesto, že za okolností, kdy jsou tyto buňky přivrácené ke světlu, mají své slizové obaly zbarvené. Toto se může stát i v případě kolonií v jednotlivých vrstvách.

Často se nachází kolonie bezbarvé na straně přivrácené k podkladu a zbarvené na straně orientované ke světlu (Jaag, 1945). Neboť produkce extracelulárních barviv je energeticky náročná.



Obrázek 6: *Gloeocapsa* s různě zbarvenými obaly

Zdroj: Tomáš Hauer

Bylo by dobré také získat sekvence DNA, nejlépe celého genomu, typového druhu - *Gloeocapsa atrata*, pomohlo by to zjistit fylogenetický vztah tohoto rodu k ostatním sinicím a k takto získaným datům by se daly vztahovat sekvence dalších druhů rodu *Gloeocapsa*.

I v rámci mé práce se druhy odebrané v lokalitě, kde míra ozáření nebyla příliš vysoká, jevíly daleko světlejší než druhy pocházející z lokality s vyšší mírou světelného záření.

Ve své praktické části jsem se odebírala vzorky na 9 lokalitách: 3 vápencové, 3 hadcové a 3 žulové. Jednalo se o lokality dosud neprozkoumané. Celkově bylo nalezeno

7 druhů. Druhy sinic rodu *Gloeocapsa* byly nalezeny na všech lokalitách, ve všech 36 odebraných vzorcích.

Při porovnání se seznamem nalezených druhů na území České republiky (Kaštovský *et al.*, 2010) nebylo nalezeno ani 50 %, nebyl nalezen žádný nový druh.

Z hadcových lokalit je na území České republiky nejlépe prozkoumaná Mohelenská hadcová step, kde bylo nalezeno 10 druhů rodu *Gloeocapsa*. Rozsáhlý průzkum byl proveden Nováčkem (1934) a revizi později provedl Hauer (2007). Počet druhů na mých hadcových lokalitách je daleko menší, jedná se o 3 nalezené druhy. Ačkoliv jeden z Nováčkových druhů – *Gloeocapsa pleurocapsoides* (nyní *Gloeocapsopsis pleurocaposoides*), který popisuje jako hojně se vyskytující, byl často a hojně přítomen i v mých vzorcích, nicméně pro účely této bakalářské práce není ve výsledcích zahrnut. Zajímavý je zde však výskyt druhu *Gloeocapsa sanguinea* na lokalitách Tři Studně a Věžná, který byl původně popsán z ostrova Lilla Hessingen (Švédsko), jež je žulový. Obě tyto lokality však byly hojně porostlé mechem, který mohl způsobit okyselení substrátu a tím by se mohl vysvětlit výskyt tohoto druhu na ultrabazickém podkladu.

Za zmínku stojí vápencový lom Krty – Hradec, který byl z druhového i abundantního hlediska nejlepší lokalitou, v mých vzorcích byly nalezeny 4 druhy rodu *Gloeocapsa*, v porovnání s prací Hauera (2007), který odebíral na výchozech přímo v obci Krty – Hradec, která je od mé lokality vzdálená necelé 3 km, nalezl 6 druhů rodu *Gloeocapsa*. Jednalo se o lokalitu s nejlepším osvětlením a celkově dobrou vlhkostí, odebíranou z jižní strany.

Žulové lokality byly z hlediska abundance srovnatelné, jednalo se typově velice podobné lokality, s výjimkou lokality Dolní Město, kde se jednalo z hlediska osvětlení o poměrně temnou lokalitu a z hlediska vlhkosti i dost suchou lokalitu.

9 Závěr

Bakalářská práce byla rozdělena do dvou částí. První a větší část tvořila literární rešerše, druhou praktickou část tvořil odběr vzorků na 3 typech lokalit, určení druhů, které se zde vyskytují a jejich srovnání z hlediska výskytu na bazickém vápenci, ultrabazickém hadci a kyselém žule.

Ve své literární rešerši jsem se zaměřila na různé typy článků. Články, které by se věnovaly pouze rodu *Gloeocapsa* nejsou příliš zastoupeny, ačkoliv je tento rod poměrně dobře prostudován. Článků, které se věnují rodu *Gloeocapsa* v souvislosti s výskytem na povrchu budov, aj. je daleko větší množství. Bylo by však dobré se dál věnovat i potenciálnímu využití tohoto rodu, díky slibným výsledkům v oblasti jeho antimikrobiálních účinků, testovaným kmenům však dosud chybí obrazová dokumentace, bylo by tedy dobré se tyto kmeny pokusit blíže určit a potvrdit tak možnost jeho využití.

Kvůli rozporuplnému názoru v oblasti určování druhů podle zbarvení slizových obalů, by bylo dobré provést další studie a najít možné řešení pro určování druhů, které by bylo spolehlivé a jednotné.

Z hlediska praktické části mé bakalářské práce byly nejlepšími odebíranými lokalitami z hlediska počtu druhů i abundance lokality vápencové, následovaly lokality hadcové a pak žulové.

Na vápencových lokalitách byla nejhojnějším druhem *Gloeocapsa violascea*, která se i podle dostupné literatury vyskytuje často na vápencových podkladech.

Na hadcových lokalitách byla nejhojnějším druhem *Gloeocapsa novacekii*, popsána z hadcových stepí v Mohelně, též typický rod pro hadcové podklady.

Žulové lokality byly z hlediska druhového výskytu srovnatelné.

Vzhledem k nízkému počtu mnou nalezených druhů by bylo dobré další rozšíření lokalit.

10 Seznam literatury

- ABDELAHAD, N. & BAZICHELLI, G. (1991). The genus *Gloeocapsa* KÜTZ. (*Cyanophyta*) on Calcareous Rock Surface in the Upper Halley of the river Anione (Latium, Italy). – *Cryptogamic Botany* **2/3**: 155-160.
- BRAND, F. (1900). Der Formenkreis von *Gloeocapsa alpina*. *Bot. Centralb.* **15**: 152-159
- BEGUM, Z., MANDAL, R., KHAN, Z., & HOSSAIN, M. (1996). Prospect and potentiality of *cyanobacteria* as an alternative source of nitrogen fertilizer in Bangladesh rice cultivaton. *Developments in plant and soil sciences* **70**: 119-131.
- BÜDEL, B., KARSTEN, U. & GARCIA-PICHEL, F. (1997). Ultraviolet-absorbing scytonemin and mycosporine-like amino acid derivatives in exposed, rock-inhabiting cyanobacterial lichens. *Oecologia* **112**:165–172.
- Česká geologická služba. Geologická mapa území České republiky 1 : 50 000. – Dostupné z: <http://www.geology.cz/extranet/geodata/mapserver>.
- ERCEGOVIĆ, A. (1925). Litofitska vegetacija vapnenaca i dolomita u Hrvatskoj. *Univ. Zagrebensis. Acta. Inst. Bot.* **1**:64-114.
- FERRONI, L. *et al.* (2010). Complementary UV-Absorption of Mycosporine-like Amino Acids and Scytonemin is Responsible for the UV-Insensitivity of Photosynthesis in *Nostoc flagelliforme*. *Marine Drugs* **8(1)**: 106-121
- FRÉMY, P. (1925). Essai sur l'écologie des algues saxicoles, aériennes et subaériennes, en Normandie. *Nuova Notarisia* **36**: 297-304.
- GARCIA-PICHEL, F. & CASTENHOLZ, R. W. (1993). Occurrence of UV-absorbing mycosporinelike compounds among cyanobacterial isolates and an estimate of their screening capacity. – *Appl. Environ. Microbiol.* **59**: 163-169.
- GAYLARDE, P.M. & GAYLARDE, C. C. (1999). Algae and cyanobacteria on painted surfaces in Southern Brazil. - *Revista de Microbiologia* **30**: 209-213.

GAYLARDE, P. M. GAYLARDE, C. C. (2005). A comparative study of the major microbial biomass of biofilms on exteriors of buildings in Europe and Latin America. *International Biodeterioration & Biodegradation* **55**: 131-139.

GAYLARDE, C. C., ORTEGA-MORALES, B. O., & BARTOLO-PEREZ, P. (2007). Biogenic black crusts on buildings in unpolluted environments. *Current Microbiology* **54**: 162-166.

GEITLER, L. (1932): *Cyanophyceae*. – In: L. Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig **14**: 1-1196.

GEMSCH, N. (1943). Vergleichende Untersuchungen über Membranfärbung und Membranfarbstoffe in den Gattungen *Gloeocapsa* Kütz. und *Scytonema* Ag. *Bereichte der Schweizerische Botanischen Gesellschaft* **53**: 122-192.

GOLUBIĆ S. (1965). Zur Revision der Gattung *Gloeocapsa* Kützing (*Cyanophyta*). *Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie*, **27(2)**: 218–232.

GOLUBIĆ, S., PIETRINI, A. M. & RICCI, S. (2015). Euendolithic activity of the cyanobacterium *Chroococcus lithophilus* Erc. In biodeterioration of the Pyramid of Caius Cestius, Rome, Italy. *International Biodeterioration & Biodegradation* **100**: 7-16.

GORBUSHINA, A. A. (2007). Life on the rocks. *Environmental Microbiology* **9**:1613-1631.

HANSGIRG, A. (1892): *Prodromus der Algenflora von Böhmen*. 2. – *Arch. Naturwiss.* – *Landesdurchforsch. Böhmen* **8(4)**: 1-182.

HAUER, T. (2007). Rock-inhabiting cyanoprokaryota of selected localities in the Czech Republic. Ph.D. Thesis, in Czech. University of South Bohemia, České Budějovice, 57 pp.

HAUER, T. (2010). Phototrophic biofilms on the interior walls of concrete Iterson-type cooling towers. *Journal of Applied Phycology* **22**: 733-736.

HAUER, T. *et al.* (2015). Diversity of cyanobacteria on rock surfaces. *Biodiversity and Conservation* **24**: 759-779.

HIRSCH, P., ECKHARDT, F. E. W. & PALMER JR., R. J. (1995). Methods for the study of rockinhabiting microorganism. A mini review. *Journal of Microbiological Methods* **23**:143-167.

JAAG, O. & GEMSCH, N. (1940). Beiträge zur Kenntnis der Hüllfarbstoffe in der Gattung *Gloeocapsa*. *Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft* **120**:158–159.

JAAG, O. (1945). Untersuchungen über die Vegetation und Biologie der Algen des nackten Gesteins in den Alpen im Jura und im Schweitzerischen Mittelland. Böhler & Co., Bern.– 560 p.

KALINA, T. & VÁŇA, J. (2005). *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*. Vyd. 1. Praha: Karolinum, 608. ISBN 80-246-1036-1.

KAŠTOVSKÝ, J., HAUER, T., KOMÁREK, J. & SKÁCELOVÁ, O. (2010) . The list of cyanobacterial species of the Czech Republic to the end of 2009. *Fottea* **10**: 235–249.

KAŠTOVSKÝ, J. *et al.* (2008). Experimental assessment of phosphorus effects on algal assemblages in dosing mesocosms. In *The Everglades Experiments*. (Richardson, C., editor), Springer, New York. 461–476.

KIRAN, B., KAUSHIK, A. & KAUSHIK, C. P. (2008). Metal-salt co-tolerance and metal removal by indigenous cyanobacterial strains **43**: 598-604.

KOMÁREK, J. (1993). Validation of the genera *Gloeocapsopsis* and *Asterocapsa* (*Cyanoprokaryota*) with regard to species from Japan, Mexico and Himalayas. *Bulletin of the National Science Museum, Ser. B* **19(1)**: 19–37.

KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. (1998). *Cyanoprokaryota* I. In Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/1. (Ettl, H., Gärtner, G., Heynig, H., & Mollenhauer, D., editors), 548. GustavFischer, Stuttgart – Jena.

KOMÁREK, J. *et al.* (2014). Taxonomic classification of *cyanoprokaryotes* (cyanobacterial genera) 2014, using a polyphasic approach. *Preslia* **86**: 295-235

KÜTZING, F.T. (1843). *Phycologia generalis oder Anatomie, Physiologie und Systemkunde der Tange*. Mit 80 farbig gedruckten Tafeln, gezeichnet und gravirt vom Verfasser. Leipzig: F.A. Brockhaus.

LIU, H. T. (2009). An on-site cooling tower treated by stand-alone low-concentration dissolved ozone. *Ozone-Science & Engineering* **31**:53–59.

MACEDO, M. F., MILLER, A., DIONÍSIO, A. & SAIZ-JIMENEZ, C. (2009) Biodiversity of cyanobacteria and green algae on monuments in the Mediterranean Basin: an overview. *Microbiology* **155**: 3476–3490.

MILLER, A., DIONÍSIO, A. & MACEDO, M. F. (2006). Primary bioreceptivity: A comparative study of different Portuguese lithotypes. *International Biodeterioration & Biodegradation* **57**: 136-142.

MONA, K. & KAUSHIK, A. (2015). Screening metal-dye-tolerant photoautotrophic microbes from textile wastewaters for biohydrogen production. *The Journal of Applied Phycology* **27**: 1185-1194.

NABOUT, J. C., SILVA ROCHA, B., et al. (2013). How many species of *Cyanobacteria* are there? Using a discovery curve to predict the species number. *Biodiversity and Conservation*. **22**: 2907-2918.

NÄGELI C. & SCHWENDERER S. (1877). *Das Mikroskop: Theorie Und Awndung Desselben*. Wilhelm Engelman Verlag, Lepzig, pp.261.

NAJDENSKI, H. M., *et al.* (2013). Antibacterial and antifungal activities of selected microalgae and cyanobacteria. *International journal of food science and technology* **48**: 1533-1540

NOVÁČEK, F. (1930): Příspěvek k poznání životního cyklu *Gloeocapsa sanguinea* AG. Sborn. Kl. přírodověd. v Brně **13**: 1-13.

NOVÁČEK, F. (1934). Epilitické sinice serpentínů mohelenských. Pars I.: *Chroococcales*. In Podpěra, J. (ed.) Mohelno. Svaz pro ochranu přírody a domoviny v zemi Moravskoslezské, Brno, 178 pp.

ORTEGA-CALVO, J. J., ARIÑO, X., HERNANDEZ-MARINE, M. & SAIZ-JIMENEZ, C. (1995). Factors affecting the weathering and colonization of monuments by phototrophic microorganisms. *The Science of the Total Environment* **167**:329-341.

ORTEGA-MORALES, B. O. *et al.* (2013) Orientation affects *Trentepohlia*-dominated biofilms on Mayan monuments of the Rio Bec style. *International Biodeterioration & Biodegradation* **84**: 351-356.

PETERSEN J. B. 1915: Studier over Danske aërofile alger. K Danske Vidensk. Selsk. Ser 7., Kopenhagen **12**:272–379.

PRIETO, B. & SILVA, B. (2005). Estimation of the potential bioreceptivity of granitic rocks from their intrinsic properties. *International Biodeterioration & Biodegradation* **56**: 206-215.

RASTOGI, R. P. & INCHAROENSAKDI, A. (2014). UV radiation-induced biosynthesis, stability and antioxidant activity of mycosporine-like amino acids (MAAs) in a unicellular cyanobacterium *Gloeocapsa* sp. CU2556. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* **130**: 287–292.

RIFÓN-LASTRA, A. & NOGUEROL-SEOANE, A. (2003). Life cycles of *Gloeocapsa biformis* ERCEGOVIĆ, *G. kuetzingiana* NÄGELI *G. violascea* (Corda) RABENHORST (*Chroococcales*, *Cyanoprokaryota*). *Algological Studies* **109**: 525-536

ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, J. (2002). Mikroskopické praktikum z hydrobiologie. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemickotechnologická v Praze. ISBN 80-7080-496-3.

SCHLICHTING H. E. (1975): Some subaerial algae from Ireland. *British Phycological Journal* **10**(3):257–261.

STORME, J. Y., GOLUBIĆ, S. et al. (2015). Raman Characterization of the UV-Protective Pigment Gloeocapsin and Its Role in the Survival of Cyanobacteria. *Astrobiology* **15**: 857-871.

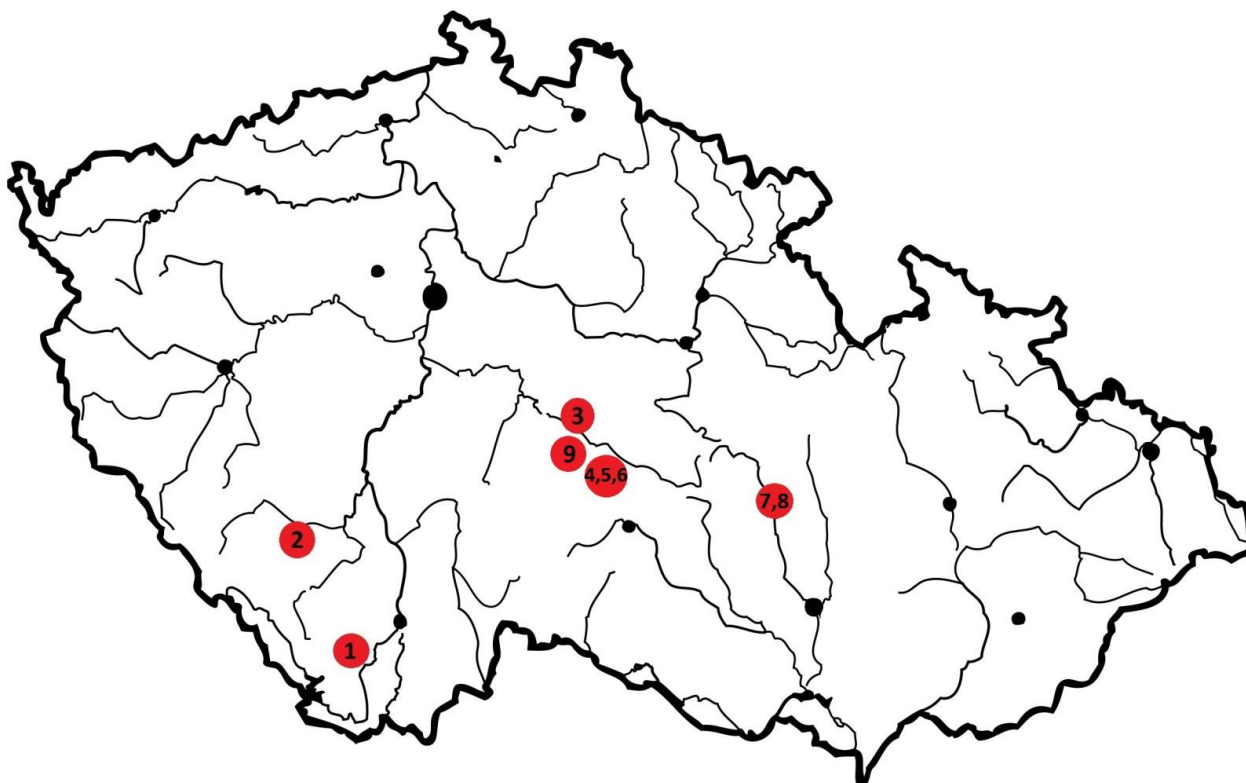
VINCENT, W. F. (2007). Cold tolerance in cyanobacteria and life in the cryosphere. In *Algae and Cyanobacteria in Extreme Environments* **11**: 287-301

VÍTEK, P. *et al.* (2014). Distribution of scytonemin in endolithic microbial communities from halite crusts in the hyperarid zone of the Atacama Desert, Chile. *FEMS Microbiology Ecology* **90**: 351–366.

WHITTON, B. A. (ed.). (2012). *Ecology of cyanobacteria II: their diversity in space and time*. Dordrecht: Springer. 291–343. ISBN 978-94-007-3854-6.

WASSERBAUER, R. (2006). Řasy na stavebních objektech. *Stavební obzor* **5**:149-152.

11 Přílohy



Obrázek 7: Mapa odebíraných lokalit

Zdroj: <http://www.zemepis.com/reky4.php>

Tab. V. Seznam lokalit

1	Vyšný	vápenec
2	Krty - Hradec	
3	Šeptouchov	
4	Lipnice nad Sázavou hrad	žula
5	Lipnice nad Sázavou skalní výchoz	
6	Dolní Město	
7	Věžná	hadec
8	Tři Studně	
9	Bernartice	

11.1 Seznam platných druhů podle databáze Algaebase.org

* vyznačené druhy, které byly nalezeny na území České republiky (Kaštovský *et al.*, 2009).

1. *Gloeocapsa acervata* N.L.Gardner
2. *Gloeocapsa aeruginosa* Kützing*
3. *Gloeocapsa aeruginosa f. lignicola* Wille
4. *Gloeocapsa africana* Chohnoky
5. *Gloeocapsa alpicola* (Lyngbye) Bornet
6. *Gloeocapsa alpina* Nägeli*
7. *Gloeocapsa arenaria* (Hassall) Rabenhorst
8. *Gloeocapsa atrata* Kützing*
9. *Gloeocapsa attingens* Schiller
10. *Gloeocapsa aurata* Stizenberger
11. *Gloeocapsa bahamensis* Collins
12. *Gloeocapsa biformis* Ercegović*
13. *Gloeocapsa bituminosa* (Bory) Kützing*
14. *Gloeocapsa botryoides* Kützing
15. *Gloeocapsa calcarea* Tilden
16. *Gloeocapsa calcicola* N.L.Gardner
17. *Gloeocapsa caldariorum* Rabenhorst*
18. *Gloeocapsa cartilaginea* N.L.Gardner
Gloeocapsa cartilaginea var. minor N.L.Gardner
19. *Gloeocapsa compacta var. coeruleoatra* Nováček
Gloeocapsa compacta Kützing*
20. *Gloeocapsa conglomerata* Kützing
21. *Gloeocapsa conspicua* Reinsch
22. *Gloeocapsa coracina* Kützing*
23. *Gloeocapsa cryptococcoides* Kützing
24. *Gloeocapsa decorticans* (A.Braun) P.Richter
25. *Gloeocapsa didyma* (Kützing) Kützing
26. *Gloeocapsa dirumpens* Beck-Mannagetta
27. *Gloeocapsa endocodia* Vouk
28. *Gloeocapsa gelatinosa* Kützing

29. *Gloeocapsa geminata* Kützing
30. *Gloeocapsa gigas* West & G.S.West
31. *Gloeocapsa granosa* (Berkeley) Kützing
32. *Gloeocapsa haematodes* (Kützing) Kützing*
33. *Gloeocapsa holstii* Hieronymus
34. *Gloeocapsa ianthina* Nägeli ex Kützing
35. *Gloeocapsa incrustata* H.-J.Chu
36. *Gloeocapsa insignis* Thuret
37. *Gloeocapsa juliana* (Meneghini) Kützing
38. *Gloeocapsa kuetzingiana* Nägeli ex Kützing*
39. *Gloeocapsa livida* (Carmichael) Kützing
Gloeocapsa livida var. *minor* N.L.Gardner
40. *Gloeocapsa luteofusca* Martens
41. *Gloeocapsa mellea* (Meneghini) Kützing
42. *Gloeocapsa membranina* (Meneghini) F.E.Drouet & W.A.Daily
43. *Gloeocapsa minutula* N.L.Gardner
44. *Gloeocapsa monococca* Kützing
45. *Gloeocapsa multispherica* N.L.Gardner
46. *Gloeocapsa myxophila* Beck-Mannagetta
47. *Gloeocapsa nigra* (Meneghini) Grunow
48. *Gloeocapsa nigrescens* f. *vitrea* Nováček
49. *Gloeocapsa nigrescens* Nägeli*
50. *Gloeocapsa novacekii* Komárek & Anagnostidis*
51. *Gloeocapsa ocellata* Rabenhorst
52. *Gloeocapsa opaca* Nägeli ex Kützing
Gloeocapsa opaca var. *pellucida* Kützing
53. *Gloeocapsa ovalis* N.L.Gardner
54. *Gloeocapsa paroliniana* (Meneghini) Kützing
55. *Gloeocapsa peniocystis* Kützing
56. *Gloeocapsa planctonica* G.B.McGregor
57. *Gloeocapsa punctata* Nägeli*
58. *Gloeocapsa purpurea* Kützing

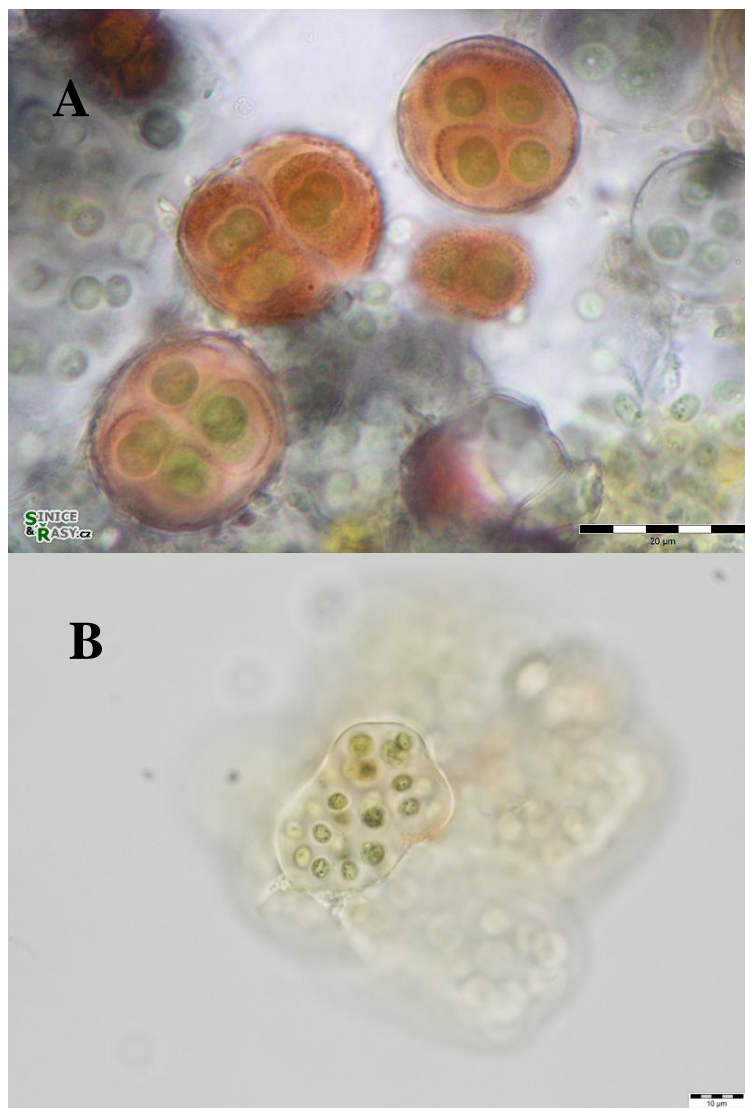
59. *Gloeocapsa quaternata* Kützing
Gloeocapsa quaternata var. *major* N.L.Gardner
60. *Gloeocapsa ralfsii* (Harvey) Lemmermann
61. *Gloeocapsa reicheltii* P.G.Richter*
62. *Gloeocapsa rosea* Kützing
63. *Gloeocapsa rubicunda* Kützing
64. *Gloeocapsa rupestris* Kützing
65. *Gloeocapsa rupicola* Kützing
66. *Gloeocapsa sabulosa* (Meneghini ex Kützing) Richter
67. *Gloeocapsa salina* Hansgirg
68. *Gloeocapsa sanguinea* (C.Agardh) Kützing
69. *Gloeocapsa sanguinolenta* Kützing
70. *Gloeocapsa saxicola* Wartmann
71. *Gloeocapsa scopulorum* Nägeli
72. *Gloeocapsa shuttleworthiana* Kützing
73. *Gloeocapsa siderochlamys* (Skuja) Starmach
74. *Gloeocapsa sparsa* Wood
75. *Gloeocapsa sphaerica* N.L.Gardner
76. *Gloeocapsa squamulosa* Brébisson ex Kützing
77. *Gloeocapsa stegophila* (Itzigsohn) Rabenhorst
78. *Gloeocapsa stegophila* var. *crassa* C.B.Rao
79. *Gloeocapsa stillicidiorum* Kützing
80. *Gloeocapsa thermalis* Lemmermann
81. *Gloeocapsa thermalis* Kützing
82. *Gloeocapsa tornensis* Skuja
83. *Gloeocapsa versicolor* Nägeli ex Kützing
84. *Gloeocapsa violacea* (Corda) Rabenhorst
85. *Gloeocapsa violacea* Kützing
86. *Gloeocapsa zostericola* Farlow



Obrázek 8: *Gloeocapsa sanguinea*, Tři Studně



Obrázek 9: *Gloeocapsa violacea*, Krty – Hradec



Obrázek 10: Porovnání zbarvení slizového obalu osvětlené (A) a stínové (B) formy druhu *Gloeocapsa novacekii*

Zdroj: (A) http://galerie.sinicearasy.cz/galerie/cyanobacteria/chroococcales/gloeocapsa?image_id=8984,
měřítko 20 µm

(B) Tři Studně, měřítko 10 µm