

Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra botaniky

PERIFYTICKÉ SINICE INUNDAČNÍ ZÓNY ŘEKY MORAVY

Bakalářská práce

Vypracovala: Kateřina Boráňová

B1101 – obor Matematika a Biologie se zaměřením na vzdělávání

Prezenční forma studia

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

Olomouc 2012

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovávala samostatně s použitím literatury citované v závěru.

V Olomouci 2012

.....

Poděkování:

Děkuju RNDr. Petru Hašlerovi, Ph.D. za vedení bakalářské práce a jeho cenné rady a pomoc v laboratoři.

Bibliografická identifikace:

Jméno a příjmení autora: Kateřina Boráňová

Název práce: Perifytické sinice inundační zóny řeky Moravy

Typ práce: Bakalářská práce

Pracoviště: Katedra botaniky PřF UP

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

Rok obhajoby práce: 2012

Abstrakt:

U sinic objasňuji strukturu stélky, funkci a obsah buněk a jednotlivé způsoby jejich rozmnožování. Jsou zmíněny i oblasti, ve kterých se sinice vyskytují. Popisují řády Chroococales, Oscillatoriales, Nostocales a Stigonematales. Provedla sem sběr sinic ze dna, z vody a z vodní rostliny ve stanovených lokalitách a později jsem determinovala vzorky sinic. Vzorky bylo nutné uchovat v laboratorních podmínkách, potom jsem s nimi dále pracovala. V rámci ročního období jsem pozorovala změny druhového složení. Největší výskyt druhů byl na jaře a v létě.

Klíčová slova: sinice, morfologie stélky, sběr vzorků, charakteristika lokalit, determinace

Počet stran: 35

Počet příloh: 3

Jazyk: Čeština

Bibliographical identification:

Autor's first name and surname: Kateřina Boráňová

Title: Periphytic cyanobacteria in the flood-plain of the Morava River

Type of thesis: Bachelor

Department: Botany PřF UP

Supervisor: RNDr. Petr Hašler, Ph.D.

The year of presentation : 2012

Abstract:

I have cleared up structure of thallus, function and content of cells of cyanophytes and different ways of its reproduction. Also I have mentioned areas, where cyanophytes have occurred. I have described cohorts of Chroococcales, Oscillatoriales, Nostocales and Stigonematales. I have been collecting cyanophytes from the bottom of lakes, from the water and water planes in established locations, then I determined samples of cyanobacteria. The samples had to be stored in laboratory conditions. After I have worked with them. In the period of the year seasons I have been watching changes of generic composition. The highest incidence of genera was noticed in spring and summer.

Keywords: cyanophytes, morphology of thallus, sample collection, characteristic of locations, determination

Number of pages: 35

Number of appendices: 3

Language: Czech

Obsah:

1. ÚVOD

- 1.1 Obecná charakteristika sinic
- 1.2 Výskyt sinic v přírodě
- 1.3 Význam sinic v hospodářství
- 1.4 Systém sinic

2. CÍLE MÉ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

3. POPIS LOKALITY

- 3.1 Obec a okolí
- 3.2 Flóra a fauna v okolí
- 3.3 Popis sběrných míst

4. METODA SBĚRU

- 4.1 Sbíráání vzorků
- 4.2 Zpracování vzorků v laboratoři

5. VÝSLEDKY

- 5.1 Dynamika růstu sinic během roku
- 5.2 Diverzita sinic v nastudovaných lokalitách

6. ZÁVĚR

7. POUŽITÁ LITERATURA

8. PŘÍLOHY

1) ÚVOD

1. 1. OBECNÁ CHARAKTERISTIKA SINIC

Sinice jsou prokaryotní autotrofní organismy, které můžeme najít v půdě, ve vodním prostředí a i v biotopech s vysokými hodnotami pH, s extrémní salinitou a teplotou. První nálezy sinic pocházejí z doby před 3,2 miliardami let. Mají jednobuněčné nebo vláknité stélky a vyskytují se jednotlivě nebo v koloniích.

Na povrchu buňky je pevná vícevrstevná buněčná stěna, díky níž se sinice řadí mezi gramnegativní bakterie (tzn., že buněčná stěna svým složením neumožní obarvení protoplastu podle K. Gramma). Skládá se z peptidoglykanů (murein a kyselina diaminopimelová) a je citlivá na penicilin a enzymaticky může být odbourávána lyzozymem. Vnější vícevrstevná slizová vrstva je složena z lipopolysacharidů a často je nápadně zbarvena karotenoidem. U některých sinic byly mezi dalšími vrstvami objeveny mikrofibrily, které způsobují klouzavý pohyb. Poslední vrstvou je plazmatické membrána sloužící k transportu iontů a k exkreci látek. Při buněčném dělení odstartuje oddělování dceřiných protoplastů a obsahuje dýchací enzymy. V buněčné stěně se objevují transportní pasivní kanály obsahující porin. Díky nim je možná difúze iontů a malých molekul. Difúze větších molekul je zajišťována kanály se specifickými vazebnými místy (Kalina a Váňa, 2005).

Uvnitř buňky je protoplazma, v které je uložena kruhová molekula DNA, ribozomy a další struktury. Sinicím chybí buněčné jádro a buněčné organely, jako jsou Golgiho aparát, chloroplasty, mitochondrie a bičíky. U mnohých sinic na povrchu můžeme najít vrstevnatý, někdy zbarvený obal buňky. Nazýváme ho slizová pochva nebo obal. Sinice nají fotosyntézu rostlinného typu. Energií získávají rovněž heterotrofním způsobem. Pohyb sinic je možný díky svazkům kontraktilních bílkovinných filament, které se nacházejí v buněčné stěně. Pohybu napomáhají látky slizovité povahy, které sinice intenzivně vylučují do svého okolí. Pohyby jsou různého charakteru, např. rotační, klouzavé, drkavé, kýváním apod. Schopnost pohybu má celá řada sinic a jejich vývojových stádií, jednobuněčné sinice (Chroococcales), sinice řádu Oscillatoriales a Nostocales. Rychlost a směr pohybu sinic jsou ovlivněny intenzitou světla, koncentrací živin, kyslíku a predací (Kalina a Váňa, 2005).

STAVBA A FUNKCE BUŇKY

Sinice dělíme podle stélky na dvě skupiny:

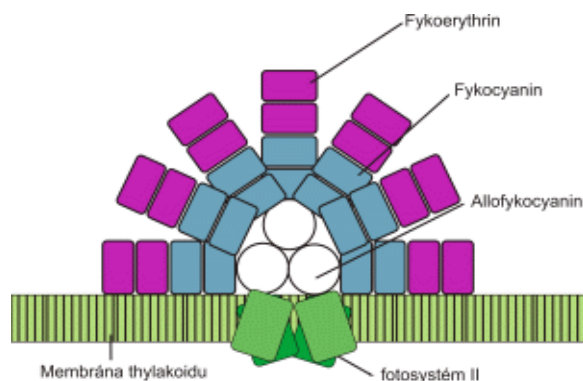
1) **KOKÁLNÍ SINICE** – buňky stélky mají kulovitý, vejčitý nebo tyčinkovitý tvar. Mohou žít samostatně nebo se shlukují do kolonií. Buňky jsou obvykle obklopeny slizovým obalem, který patří mezi pomocné taxonomické znaky. Slizový obal má řadu biologických funkcí, např. zabraňuje ztrátám vody u aerofytických typů nebo nadměrnému ozáření. Mezi kokální sinice patří například: *Microcystis*, *Chroococcus*, *Woronichinia*, *Aphanocapsa*.

2) **TRICHÁLNÍ SINICE** – stélky jsou tvořeny různě dlouhými vlákny, která se mohou nepravě nebo pravě dělit. Některá vlákna jsou obalena slizovou pochvou, která je doplňkovým taxonomickým znakem. Zástupci trichálních sinic jsou například: *Phormidium*, *Nostoc*, *Oscillatoria* (Anagnostidis & Komárek 1988).

Pod buněčnou stěnou se nachází protoplast, který se skládá ze dvou částí. První část je povrchová, tzv. chromatoplazma, v ní jsou uloženy fotosyntetické membrány (**tylakoidy**). Tylakoidy jsou ploché měchýřky, které patří mezi základní strukturu fotosyntetického aparátu u sinic. Na povrchu tylakoidů nacházíme **fykobilizomy** (obr. 1). Jsou bochánkovitého tvaru a obsahují fykobiliproteiny, tj. fykocyanin (modrý), allofykocyanin (modrý) a fykoerytrin (červený). Poměr těchto pigmentů dává buňce sinic barvu, která se mění od ocelově šedé přes modravou, zelenou až k červené. Za změnu může vlastnost nazývána **chromatická adaptace**. Ta mění barvu sinic podle složení světla a způsobu výživy. V membráně tylakoidů nalezneme fotosyntetické proteiny, mezi které řadíme chlorofyl a, xantofyly a β – karoten.

S fotosyntézou souvisí také přítomnost karboxyzómů, což jsou submikroskopická tělíska ve tvaru mnohostěnu. Karboxyzómy obsahují enzym ribuloso-1,5-bifosfát karboxylosu/oxidázu (Rubisco), který zajišťuje fixaci oxidu uhličitého v Calvinově cyklu (Kalina, 1994). U sinice *Gloeobacter violaceus* fykobilizomy nenajdeme na povrchu tylakoidů, protože ty chybí, ale jsou posazeny na plazmatické membráně. U rodů

Prochloron, *Prochlorococcus*, *Prochlorothrix* a *Acaryochloris* chybí zase fykobilizomy, proto jsou fykobiliproteiny a fotosyntetické proteiny uloženy přímo v tylakoidech.



Obr. 1: Struktura fykobilizomu dle Pankratz & Bowen 1963

Druhou částí je oblast středová, které říkáme centroplazma nebo také nukleoplazmatická část. V této středové oblasti najdeme ribozomy, DNA, cytoplazmu a jiné plazmatické struktury. Molekula DNA je velká kruhová, uspořádaná ve smyčkách, které jsou tvořeny záporně vinutými šroubovicemi. Díky RNA a bílkovinám je připevněna k plazmatické membráně. Tento celek, u kterého ještě nenajdeme histoproteiny (ty jsou až u eukaryot), se jmenuje **genofor**.

Jiné struktury u sinic

AEROTOPY – plynové měchýřky u planktonních sinic tvořících vodní květ (tj. charakteristické zbarvení stojatých i tekoucích vod do zelena způsobené přemnožením sinic). Měchýřky mají válcovitý tvar a pevnou stěnu tvořenou proteinovými molekulami, která je propustná pro plyny rozpuštěné ve vodě. Aerotopy sinice nadnášejí a snižují hmotnost buněk. Tyto plynové měchýřky můžeme najít i u některých bakterií.

AKINETY (artrospora) – nepohyblivé klidové stádium významné pro přežití v nepříznivých podmínkách, klíčí z nich za vhodných podmínek nová vlákna. Odlišují se od ostatních buněk vlákna tvarem a ztloustlou buněčnou stěnou. Akinety mají bohatou zásobu živin a vznikají u sinic metamorfózou jedné nebo několika vegetativních buněk (Kalina, 1994). Akinety klesají ke dnu a tam a usazené v sedimentech prezimují. Vyskytují se u řádu Nostocales a Stigonematales. K tvorbě akinet vedou chemicko-fyzikální

procesy jako například fosfátový deficit, nízká teplota, omezené množství uhlíku a snížení dostupnosti světelného záření (Li et al., 1997; Van Dok a Hart, 1995).

HETEROCYTY – tlustostěnné buňky, které mají homogenní bezbarvý obsah, na povrchu bývá slizový obal a jsou fotosynteticky inaktivní. Heterocyty vznikají, když sinice reaguje na nízký obsah dusíku v okolí, a jsou stejně velké nebo větší než vegetativní buňky. Vznikají díky autoregulačnímu genu *hetR*. V těchto specializovaných buňkách probíhá fixace dusíku (proces fixace plynného dusíku se nazývá diazotrofie). Při tomto procesu vzniká amoniak, který se dále naváže na glutamin a je transportován pórem do vegetativních okolních buněk. Heterocyty se objevují u sinic řádů Stigonematales a Nostocales. Do heterocytů vstupují redukující látky z vegetativních buněk omezující přítomnost kyslíku a do vegetativních buněk se pohybují dusíkaté sloučeniny (Kalina a Váňa, 2005).

Některé sinice produkují biologicky aktivní sekundární metabolity - **cyanotoxiny**. Ty se fyziologicky dělí na neurotoxiny a hepatotoxiny. Neurotoxiny jsou alkaloidy se schopností blokovat přenos signálu z neuronu na neuron a potom z neuronu do svalů. Způsobují křeče, obtížné dýchání, svalové napětí a při velké koncentraci jsou smrtelné i pro člověka. Hepatotoxiny patří mezi peptidy. Po požití způsobují krvácení jater, příznaky jsou průjem a zvracení (Carmichael, 1992; Bell a Coby, 1994). Tyto toxiny působí smrtelné otravy. Dají se srovnat s jedem kobry. Sinice rodu *Microcystis*, *Trichodesmium*, *Planktothrix rubescens* a *Anabaena flos-aquae* produkují neurotoxiny i hepatotoxiny.

Druhá skupina toxinů jsou cytotoxiny, které nezpůsobují smrt, ale působí chronické otravy a trvalé poškození organismu. Otrava vzniká požitím vod, které obsahují vodní květ, nebo koupelí v takové vodě (například u skotu v Austrálii a nebo jižních oblastech Ruska a Ukrajiny). Následek otravy se projevuje jako kožní alergie, zánět bronchitidy a spojivek. Mohou být využívána taky jako cytotoxická antibiotika s protinádorovými účinky.

Zásobní látky sinic

- sinicový škrob – polysacharid, který je hlavní zásobní látkou většiny sinic a má stejné vlastnosti jako glykogen některých bakterií, živočichů a hub

- cyanofycinová zrnka – jsou tvořena kyselinou asparaginovou a argininem a sinicím slouží jako dusíkatá zásobní látka

- polyfosfátové granule (volutin) – díky nim sinice přečkávají období bez fosforečných živin, protože volutin se v buňkách hromadí, když je přebytek fosforečnanů v prostředí. Využívá se pak v období vyčerpání fosforečnanů (Kalina a Váňa, 2005)

Rozmnožování

Jednobuněčné sinice se rozmnožují dělením, které patří mezi nepohlavní rozmnožování. Dělení začíná tvorbou příčné přehrádky, která vrůstá po obvodu buňky od obvodu do nitra buňky. Buňka se tak rozdělí na dvě dceřiné buňky například u rodu *Synechococcus* nebo takové dělení proběhne ve dvou nebo ve třech rovinách, které jsou na sebe kolmé a vzniknou deskovité kolonie jako například u rodu *Merismopedia*. Do procesu dělení se nezapojuje slizový obal.

U vláknitých sinic můžeme vidět **trichom** (u rodu *Oscillatoria*), což je jednoduchá stélka, která se skládá z nerozvětvené řady vegetativních, ale i specializovaných buněk. Dále u nich najdeme **slizovou pochvu** (například u rodu *Phormidium*), která vlákno obaluje, má různou strukturu a různé zbarvení. Někdy se pochva zachovává pouze z části, například ve formě čepičky (= calyptra) u *Phormidium autumnale*. Vláknité sinice se rozmnožují větvením. To řadíme mezi nepohlavní rozmnožování. Větvení rozdělujeme na pravé a nepravé. Trichom se přeruší, protože buňka odumře nebo vznikne z některé buňky heterocyt, nastává vychýlení, protrhne se slizová pochva a vlákno roste dál. Toto dělení je nepravé a můžeme ho najít například u rodu *Tolypothrix*. Pravé větvení je vývojově pokročilejší. Vzniká nové vlákno změnou roviny dělení v některé vegetativní buňce (například u rodu *Stigonema*). U vláknitých sinic můžeme najít i rozmnožování pomocí **hormogonií**. Jsou to několikabuněčná

vlákna, která se mohou pohybovat klouzavým pohybem a dorůstají do velikosti původního vlákna (Anagnostidis & Komárek 1988, 1989).

Některé sinice se rozmnožují ojedinělým způsobem. Například u rodu *Chamaesiphon* se tvoří **exocyty** (exospory), které jsou drobné, kulovité a uvolňují se po roztržení buněčné stěny kyjovité buňky. Pomocí **beocytů** se rozmnožuje rod *Chroococciopsis*. Mnohonásobným dělením mateřské buňky vznikají malé kulovité buňky, které nazýváme beocyty.

1.2. VÝSKYT SINIC V PŘÍRODĚ

Sinice jsou v přírodě všudypřítomné - ve slaných i sladkých vodách, na vlhkých skalách, v půdě atd.

V čistých oceánických vodách byl objeven fotoautotrofní pikoplankton. Je to nejmenší frakce planktonu, která byla objevena díky měření koncentrace chlorofylu a fotosyntézy až v hloubce 75 – 125 m. Pikoplankton tvoří kokální sinice rodu *Synechococcus*, *Prochlorococcus* a některé řasy.

Sinice rodu *Chroococciopsis*, *Aphanocapsa* a *Plectonema* byly nalezeny v horkých a arktických pouštích. V těchto oblastech žijí sinice ve spodním povrchu průsvitných křemenů nebo ve skalních dutinách. V polárních oblastech sinice využívají krystaly ledu, mezi kterými rostou. V tundře jsou přes léto jediným zdrojem dusíku a uhlíku. V antarktických jezerech vytvářejí sinice povlak tlustý až 90 cm.

Termální sinice žijí v horkých pramenech, kde je vysoká salinita a extrémní hodnoty pH. První termální druh byl popsán v 19. století v Karlových Varech. Byl to *Mastigocladus laminosus*. Další lokalitou, kde se vyskytují termální sinice, je Yellowstonský národní park. Při hodnotě pH 4–6 dosahují největší druhové pestrosti. Nízké pH se vyskytuje v přírodě ve vulkanických oblastech s vysokou koncentrací kyseliny sírové. V příliš kyselém prostředí rostou pouze sírné bakterie. V alkalických vodách s pH 13,5 roste sinice rodu *Leptolyngbya*. Ve slaných jezerech, v Mrtvém moři a v sírných pramenech nalezneme vláknitý druh *Microcoleus chthonoplastes* a jednobuněčnou *Aphanothece halophytica*.

Vznik **vodního květu** je způsoben přemnožením sinic. Pozorujeme ho okem jako zbarvení vody dozelená na hladinách koncem jara. To se sinice díky aerotopům vynořují ze dna na hladinu. Vodní květ se vyskytuje ve vodě, která obsahuje moc dusíkatých a fosforečnanových živin. V létě působí problémy v přehradách a na koupalištích a jenom špatně se dá odstranit. Ve vodním květu nalezneme sinice rodu *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Planktothrix*, *Microcystis* atd. Do jisté míry je vodní květ žádoucí, protože svědčí o eutrofizaci vody (= postupné obohacování vody organickými živinami). Pro alergiky je ale nebezpečný, protože sinice do vody vypouštějí sinicové jedy = cyanotoxiny. Při vyšším výskytu rybám odebírá kyslík a je nežádoucí také ve vodárenských nádržích, kde ucpává filtry a zhoršuje kvalitu pitné vody.

Sinice se samy chrání i před UV zářením. Vyhledávají stinná místa, žijí například v kamenech, odfiltrovávají UV záření díky barvivu **scytonemin**, které je uloženo ve slizových obalech, a nebo obsahují **mikrosporiny** = aminokyseliny, které mají maximální absorpci v oblasti 320 – 335 nm.

1.2.1. NEJVÝZNAMNĚJŠÍ RODY SLADKOVODNÍCH SINIC

Mezi nejvýznamnější rody sladkovodních sinic patří:

Rod *Microcystis*

Sinice se vyskytují v mikroskopických nebo makroskopických koloniích uložených v čistém a bezbarvém slizu. V buňkách jsou výrazné aerotopy. Sinice tohoto rodu se rozmnožují rozpadem kolonií na malé shluky buněk nebo jenom na samostatné buňky. Taxonomie tohoto rodu je složitá a používají se k ní znaky jako uložení buněk v koloniích, slizová struktura, hustota a velikost buněk a tvar kolonií. V České republice můžeme najít zástupce *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis wesenbergii*, *Microcystis viridis* a další (obr. 2).

Rod *Planktothrix*

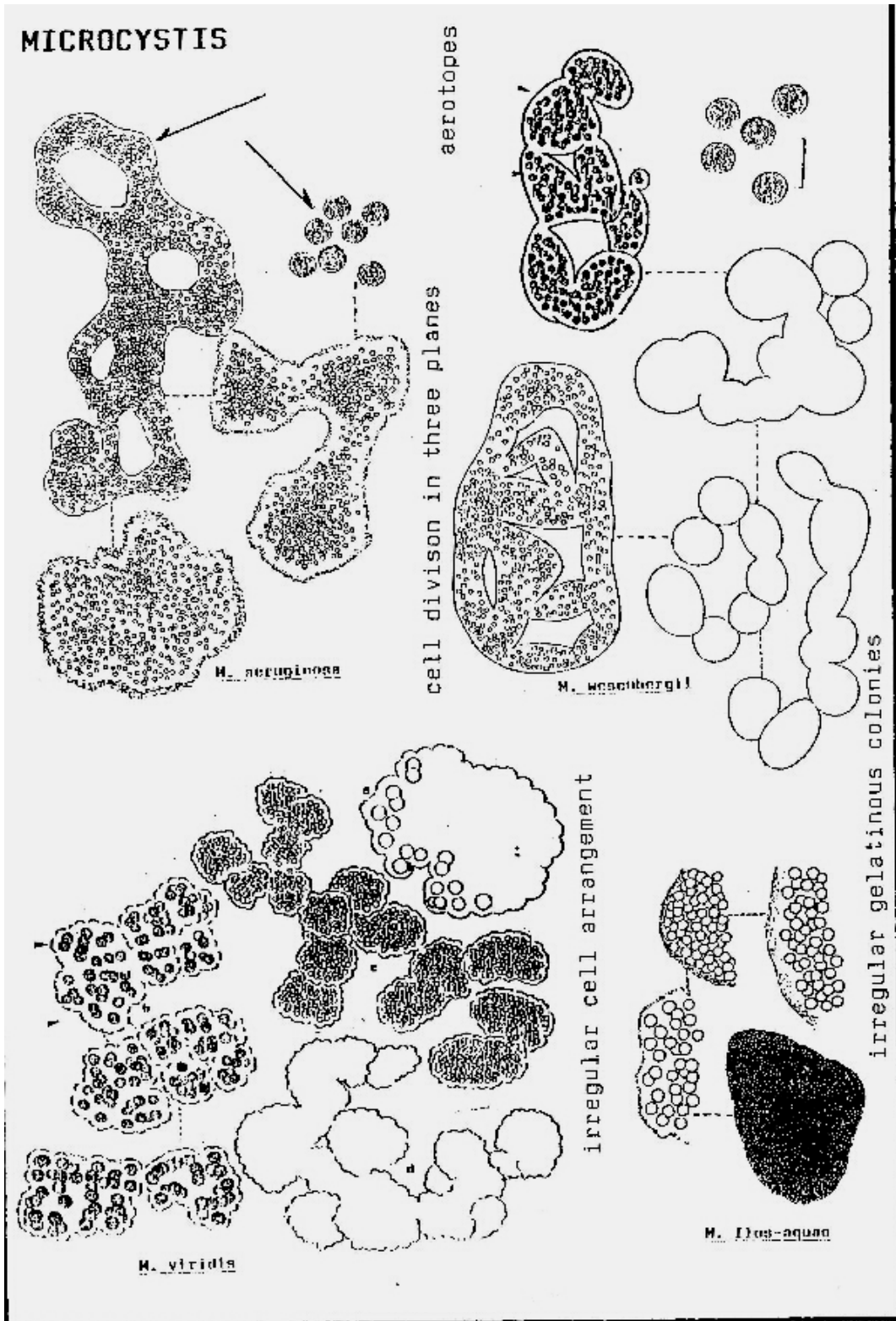
Sinice patřící do tohoto rodu jsou vláknité a mají modrozelenou až načervenalou barvu. Vlákna jsou volně plovoucí, rovná nebo mírně zakřivená, bez pohybu nebo s mírným klouzavým pohybem. Kolem vláken obvykle chybí jakékoliv slizové pochvy. Buňky jsou kubické, protáhlé nebo kratší než širší. Aerotopy najdeme a jsou výrazné. Apikální buňky jsou zakulacené a někdy u nich můžeme najít kalyptru. Rozmnožování se děje rozpadem na nepohyblivé hormogonie, které přezimují. U nás můžeme najít zástupce *Planktothrix agardhii*, *Planktothrix isothrix*, *Planktothrix rubescens* a další (obr 3).

Rod *Phormidium*

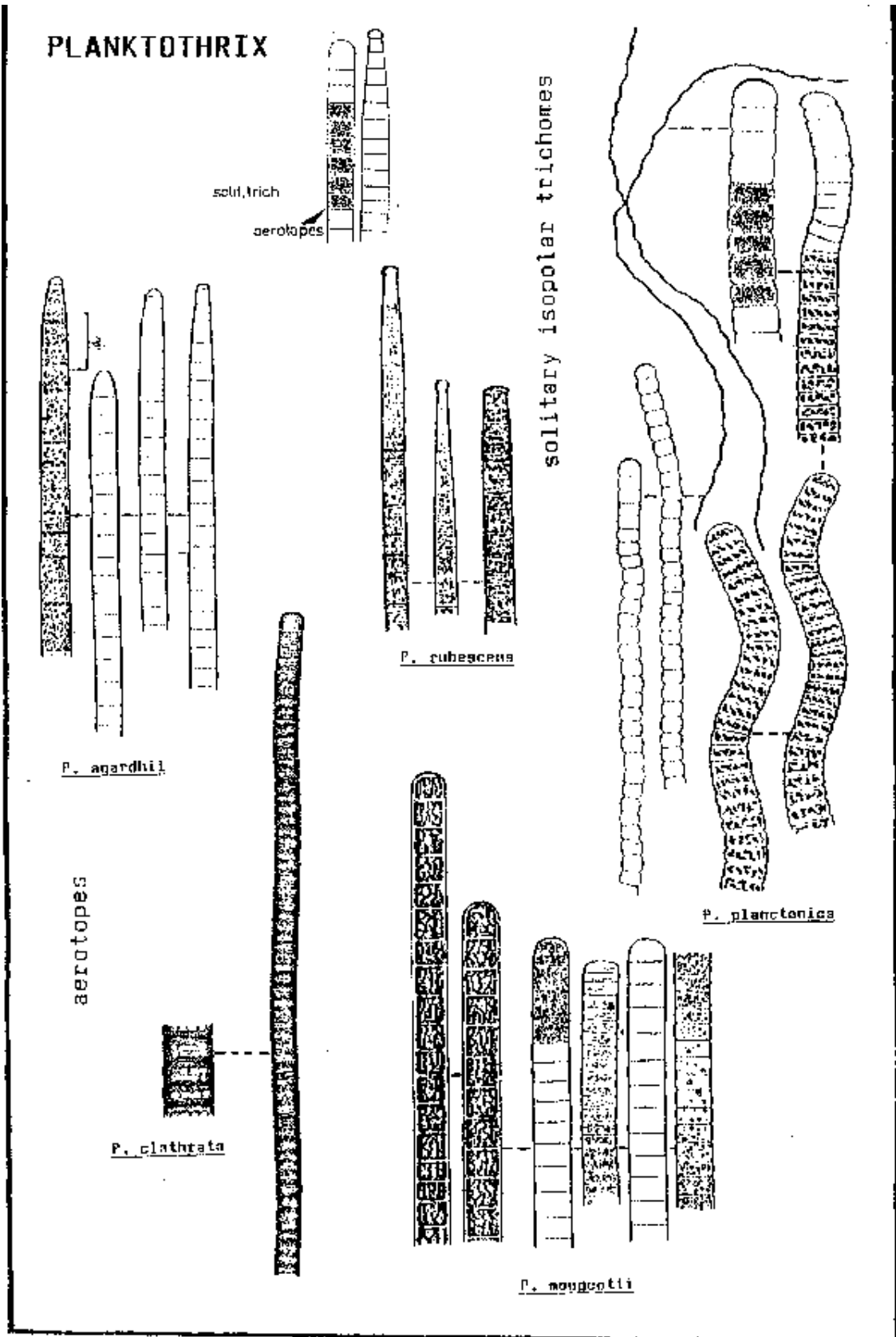
Sinice tohoto rodu mají rozšířenou slizovitou stélku, která je přirostlá k substrátu nebo tvoří částečně volné shluky. Vlákna jsou různě zakřivená, nezaškrcená a jsou pohyblivá. Občas se vyskytuje silná, tenká a bezbarvá pochva. Buňky jsou většinou kubické - bez aerotopů a s podélnými thylakoidy. Rozmnožování buněk se děje pomocí příčného dělení. Vlákna se rozpadají na nepohyblivé hormogonie. Mezi zástupce patří například *Phormidium boryanum*, *Phormidium animale*, *Phormidium autumnale* a další (obr. 4).

Rod *Tychonema*

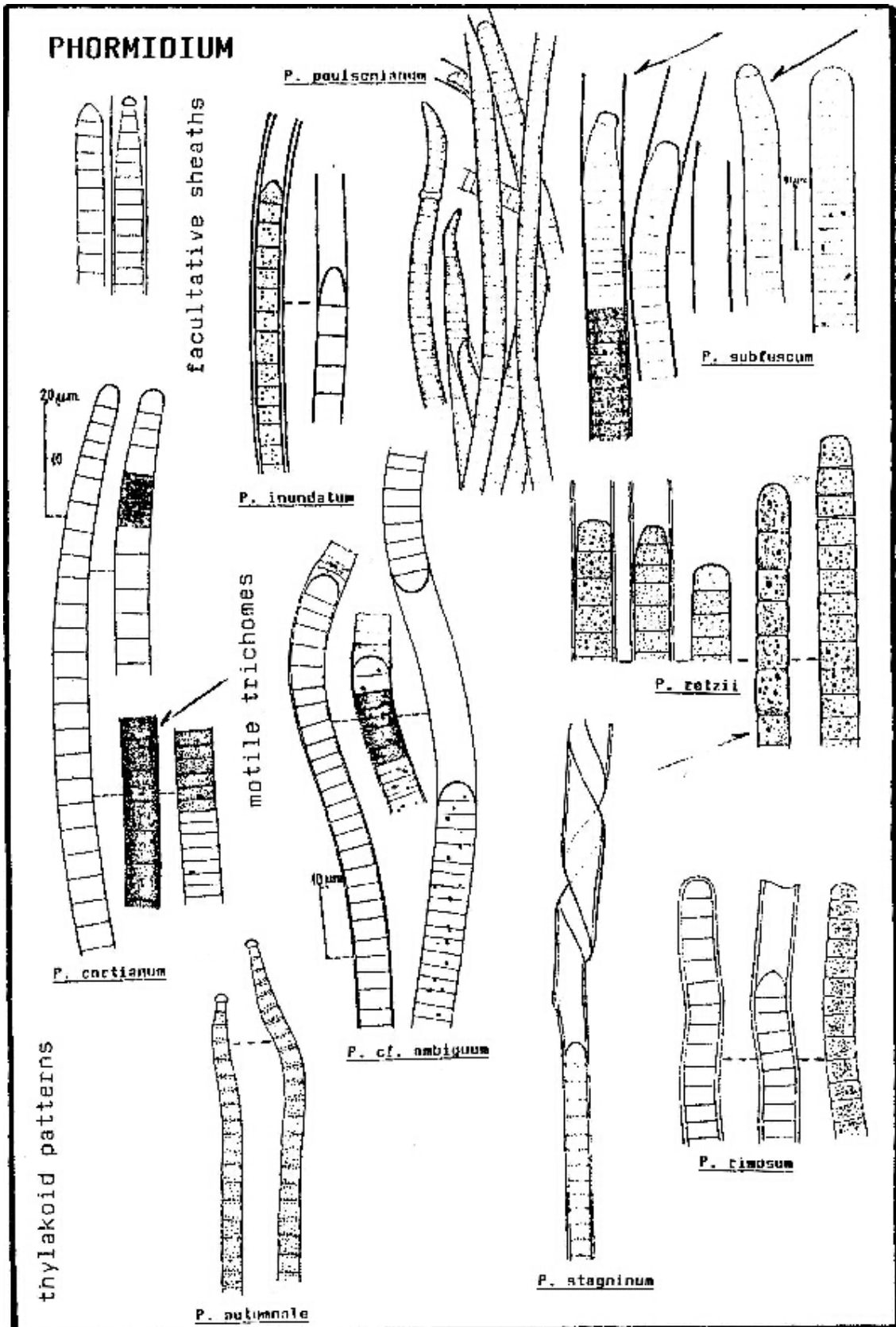
Vlákna jsou samostatná bez pochev nebo jemné slizovité pochvy a nemají nepravidelné větvení. Obvykle jsou rovné, občas méně či více zakřivené. Všechny buňky jsou stejné stavby - cylindrické, isodiametrické, občas menší než širší. Koncové buňky mají občas zahuštěnou buněčnou stěnu nebo úzkou kalyptru. Uvnitř buněk nejsou aerotopy, někdy můžeme vidět speciálně orientované thylakoidy. Buněčný obsah je bledý a někdy s několika vakuolami. Fykobilizomy mají proměnlivý obsah (jsou schopny chromatických adaptací) a obsahují phycoerythrin, který ve velkém množství sinic tohoto rodu mění barvu z olivové na rudohnědou. Ze zástupců to jsou *Tychonema borneyi*, *Tychonema rhodonema* a další (Obr. 5).



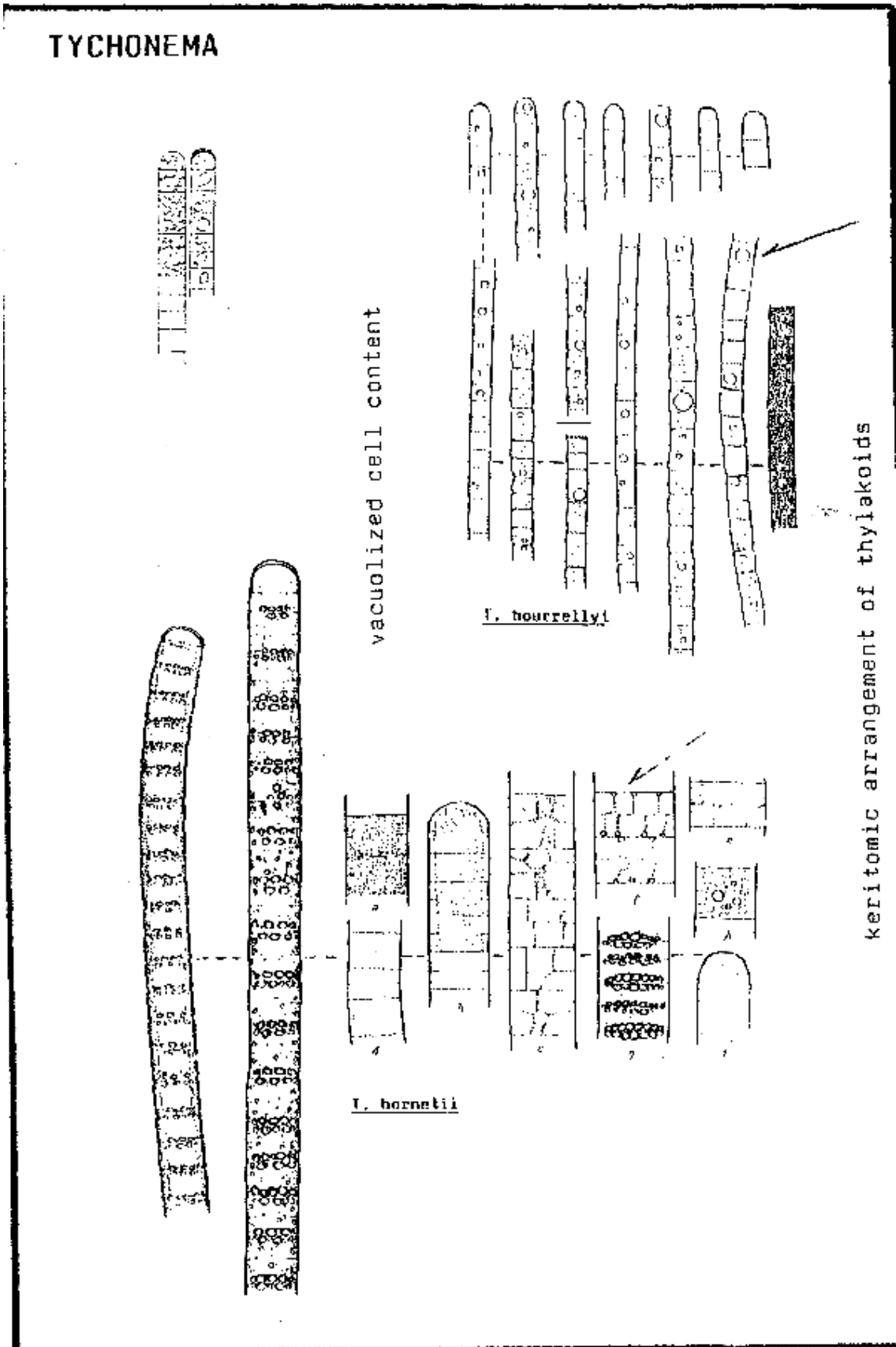
Obr 2: *Microcystis aeruginosa*, *M. wesenbergii*, *M. viridis* a *M. flos-aquae*
 (Komárek 1998)



Obr. 3: *Planktothrix agardhii*, *P. rubescens*, *P. planctonica*, *P. clathrata* a *P. mougeotii*
(Anagnostidis et Komárek, 1988)



Obr. 4: *Phormidium inundatum*, *P. paulsenianum*, *P. subfuscum*, *P. retzii*, *P. cortianum*, *P. ambiguum*,
P. timosum, *P. autumnale* a *P. stagninum*
 (Geitler 1932, Anagnostidis & Komárek 1988, Komárek 1992)



Obr. 5:

Tychonema bourrellyi a *T. bornetii*
 (Anagnostidis & Komárek 1988, Komárek 1992)

1.3. VÝZNAM SINIC V HOSPODÁŘSTVÍ

Díky vysokému obsahu proteinů v sušině (60 – 70 %) se sinice používají v biotechnologii. V USA, Japonsku a dalších státech se v kultivačních nádržích (z části krytých a z části venkovních) pěstuje *Spirulina*, která je vhodná pro dietiky pro svou lehkou stravitelnost a bohatost na karoteny a vitamíny (hlavně vitamín B₁₂). Při předávkování se objevují otoky, puchýře, žaludeční nevolnosti a poruchy imunity. Nukleové kyseliny, které sinice obsahují ve vysokém procentu, se v lidském těle metabolicky mění a vzniká kyselina močová. Ta se ukládá v kloubech a způsobuje onemocnění dnou. V Indii se sinice používají ke zúrodnění rýžových polí díky schopnosti vázat plynný dusík. V některých zemích se sinicemi léčí těžko hojivé záněty a používají se ke zrání léčivých bahen. V potravinářství se využívají fykobiliproteiny jako netoxická barviva.

1.4. SYSTÉM SINIC

V roce 1886 Bornet a Flahault a v roce 1892 Gomont vydali monografie, které se staly výchozími publikacemi pro Mezinárodní kód botanické nomenklatury. Pozdější autoři museli respektovat názvy sinic z těchto publikací. V roce 1932 vytvořil moderní systém sinic Geitler, který je považoval za primitivní rostliny. Stanier a Van den Niel v roce 1962 publikovali práci, ve které řadili sinice mezi fotosyntetické bakterie. Podle dělení a morfologie buněk byly sinice v roce 1979 rozděleny do několika skupin Rippkou et al. Morfologii, ekologii, ultrastrukturu a geografické rozšíření využívali při studiu taxonů *Anagnostidis* a Komárek (1985, 1988) a Komárek a *Anagnostidis* (1986). Při stanovení jmen používali Mezinárodní kód botanické nomenklatury. V roce 1994 shrnula Willmote poznatky o evoluci a taxonomii sinic, také se zabývala problematikou druhů a potvrdila, že se druhy nelze rozeznat - stejně jako v roce 1992 Castenholz, který uváděl pouze rodová jména.

Dnešní systém sinic obsahuje pouze jednu třídu, Cyanophyceae, která se podle stavby stélek a podle přítomnosti heterocytů dělí na 4 řády: Chroococcales, Oscillatoriales, Nostocales a Stigonematales.

Řád: Chroococcales

Do tohoto řádu patří jednobuněčné sinice žijící jednotlivě nebo v koloniích obklopených slizem. Rozmnožují se dělením i ve více rovinách, některé se rozmnožují exocytů a pomocí beocytů. Do tohoto řádu řadíme například rod *Gloeobacter*, který má zelené buňky bez tylakoidů a v plazmatické membráně najdeme fykobilizomy. Rod *Synechococcus* má jednotlivé, oválné nebo tyčinkovité buňky s modrozeleným obsahem. Do tohoto rodu řadíme sinici, která žije v horkých pouštích – *Chroococciopsis*. V pikoplanktonu tropických oblastí byly objeveny sinice rodu *Prochlorococcus*. V rašelinných tůních roste druh *Chroococcus turgidus*. Hustý vodní květ, který může obsahovat i toxické látky, tvoří *Microcystis aeruginosa* (obr. 6). Ve sladkovodním planktonu nalezneme sinice druhu *Merismopedia glauca* (oválné buňky uspořádané v řadách do deskovitých kolonií) (obr. 7) a *Woronichinia naegeliana* (mikroskopické kulovité buňky ve vrstvě slizu). Jednobuněčné sinice s kyjovitými nebo válcovitými buňkami, které se rozmnožují exosporami (doškrcují se na volném koncibuňky), patří do rodu *Chamaesiphon*.



Obr. 6: *Microcystis aureginosa*
(botany.natur.cuni.cz)



Obr. 7: *Merismopedia glauca*
(galerie.sinicearasy.cz)

Řád: Oscillatoriales

Do tohoto řádu patří vláknité sinice (obr. 8). Vlákna jsou nevětvená a nenajdeme u nich ani heterocyty, ani akinety. Koncová buňka dospělých vláken nese kalyptru (čepičku). Rozmnožování se děje za pomoci hormogonií. Do Oscillatoriales řadíme rody jako například *Oscillatoria*, *Phormidium*, *Arthrospira* atd. Rod *Oscillatoria* má přímá nebo mírně zahnutá vlákna bez pochev a aerotopů. Tento rod česky nazýváme drkalka díky drkavému pohybu. Komárek a Anagnostidis podle nově definovaných znaků rozdělili drkalky do rodů *Planktothrix* (*P. rubescens* – červený vodní květ v jezerech na severu), *Limnothrix* (*L. redekei* – planktonní sinice ve znečištěných vodách s bledými a tenkými vlákny), *Pseudanabaena*, atd. Vlákna rodu *Phormidium* uložená ve slizových pochvách tvoří v litorálu a mírně tekoucích vodách povlaky. Šroubovitě vinutá vlákna má *Arthrospira*, jejíž druhy žijí v termálních pramenech i v tropických jezerech. Stejně vinutá vlákna má i rod *Spirulina*.

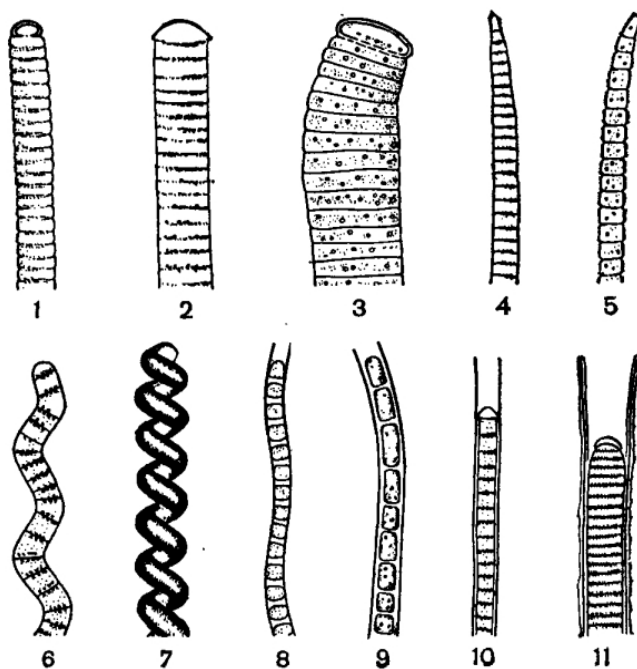


Рис. 59. Осцилляториевые:

1 — *Oscillatoria sancta*; 2 — *O. limosa*; 3 — *O. princeps*; 4 — *O. brevis*; 5 — *O. formosa*; 6 — *Spirulina jeneri*; 7 — *S. major*; 8 — *Phormidium foveolarum*; 9 — *Ph. molle*; 10 — *Ph. autumnale*; 11 — *Lyngbya aestuarii*. На всех рисунках изображены концы трихомов и нитей.

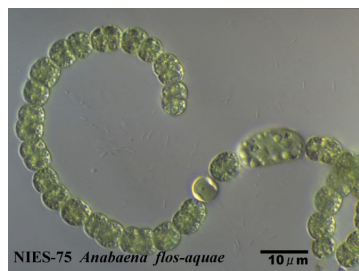
Obr. 8: (dic.academic.ru)

Řád: Nostocales

Vlákná tohoto řádu jsou nevětvená, mohou být přímá nebo zprohýbaná, stélka je izopolární nebo heteropolární. Plynný dusík se fixuje v heterocytech (interkalární, terminální). Vlákna s nepravým větvením jsou uložena ve slizu, který bývá žlutohnědé barvy. Přezimování druhů zajišťují akinety. Na kamenech v horských potocích roste *Tolypothrix distorta*. Rod *Anabaena* je druhově bohatý. Vlákna jsou jednoduchá a nevětvená s heterocyty ve slizových obalech. Na konci vegetace se na vláknech tvoří akinety. U planktonních druhů najdeme aerotopy, jsou složkou vodního květu. *Anabaena flos-aquae* (obr. 10) je spirálně vinutá, tvoří propletené shluky a produkuje neurotoxin. Rod *Nostoc* (obr. 9) tvoří kolonie různé velikosti a tvaru. Tyto sinice mají nevětvená vlákna s koncovými heterocyty ve slizu. Na povrchu půdy tvoří slizovou vrstvu a v Číně jsou sinice tohoto rodu považovány za cenný lék. Rod *Nodularia* a rod *Aphanizomenon* vytvářejí v brakických vodách Baltického moře rozsáhlé oblasti vodního květu. Do tohoto řádu patří i rod *Rivularia*, jehož některé druhy jsou kalcifikovány a tvoří vápenaté krusty, kterým říkáme travertiny. Rod *Gloeoetrichia* poznáme tak, že apikální konec vlákna končí bezbarvým chlupem.



Obr. 9: *Nostoc commune*
(www.nhm.ac.uk)



Obr. 10: *Anabaena flos-aquae*
(www.shigen.nig.ac.jp)

Řád: Stigonematales

Vlákna tohoto řádu mají pravé větvení, jsou tvořena jednou nebo několika řadami buněk a mají slizové hnědavé pochvy. Rozmnožují se hormogoniemi. Jednořadá vlákna mají například druhy *Mastigocladus laminosus* a *Hapalosiphon fontinalis*. *Mastigocladus laminosus* s interkalárními heterocyty je termální druh, který byl popsán v Karlových Varech ve vřídelní vodě nad 55 °C. *Hapalosiphon fontinalis* roste ve sladkovodních tůních a na hlavní vlákno kolmo nasedají vlákna boční. *Stigonema informe* má mnohořadá vlákna, z kterých vyrůstají vlákna boční. Celá stélka je uložena v hnědavém slizu, často je zaměňována s lišejníkem *Ephebe*. Druh můžeme najít mezi vlhkými mechy nebo na okraji mokřadů.

2) CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Před zahájením vypracování mé bakalářské práce jsem si stanovila následující cíle:

- 1) Vytvořit literární rešerši na téma ekologie sinic
- 2) Provést sběr vzorků na vybraném území inundační zóny řeky Moravy v oblasti Spytihněv–Otrokovice a pořídit fotografickou dokumentaci z těchto lokalit
- 3) Určit nalezené druhy sinic

3) POPIS LOKALITY

3.1. OBEC A OKOLÍ

Spytihněv je velká obec na Slovácku s 1680 obyvateli. Náleží do Zlínského kraje a nachází se mezi městy Uherské Hradiště a Otrokovice. Leží na pravém břehu řeky Moravy v severní části Dolnomoravského úvalu. Obec se táhne po obou stranách železniční trati vedoucí z Břeclavi do Přerova v nadmořské výšce 186 m. První písemná zmínka o obci se objevila roku 1141. Spytihněv je ze západní strany lemována výběžky Chřibů a z východní strany předhůřím Karpat. Podnebí je mírné s průměrnou roční teplotou 9°C. Ze severní strany chrání obec Chřiby, od jihu mají volný přístup teplé větry. Kopcovitá část vznikla vrásněním ve třetihorách a je tvořena vrstvami jílovitých břidlic, pískovců a slepenců. Klikatý tok Moravy se regulací napřímil a tím vznikla čtyři mrtvá ramena. Tato mrtvá ramena slouží místním i turistům jako přírodní koupaliště, jestliže je ovšem koupání kvůli sinicím povoleno. Ale hlavně jsou využívána sportovními rybáři. Po druhé světové válce vznikla na řece hydroelektrárna (obr. 11). Morava se hlubokou erozí prohlubovala a na jílové podloží se ukládaly další štěrky, proto probíhá v okolí obce těžba štěrkopísku, který je cennou stavební surovinou. Do revíru Morava 11A patří slepá ramena řeky Moravy (její původní tok před regulací) a štěrkopísková jezera vytvořená těžbou štěrku. Kolem obce je vybudován Baťův plavební kanál, na kterém se u jihovýchodního okraje nachází jez s mostem. Komora kanálu byla elektrifikována a automatizována v roce 2001 a v roce 2006 byla zrekonstruována. Baťův kanál je v obci 55,1 m dlouhý, 5,3 m široký a 4,12 m hluboký. Místní obyvatelé stále dodržují folklorní zvyky a tradice. Každoročním vrcholem kulturního života jsou Slovácké hody s právem, které se konají druhou říjnovou nedělí.



Obr. 11: vodní elektrárna Spytihněv

(www.cez.cz)

3.2. FLÓRA A FAUNA OBCE

Biologická a bioklimatická rovnováha přírody je narušena činností člověka. Používání insekticidů vedlo k narušení životního prostředí. Na březích Moravy roste zajímavá netýkavka Royleova (*Impatiens roylei*) (obr. 13). V pobřežních lokalitách řeky Moravy se rozšířilo několik rostlin, jako je modře kvetoucí hvězdice a severoamerické druhy hvězdice novobelgická (*Aster novi – belgii*) a hvězdice hladká (*Aster laevis*). Dále můžeme najít žlutě kvetoucí zlatobýl obecný (*Solidago virgaurea*) nebo slunečnici topinambur (*Helianthus tuberosus*) (obr. 12). V některých místech heřmánek cizí (*Matricaria discoidea*) vytlačil heřmánek pravý (*Matricaria recutita*) a stále více se vytrácí sněženka podsněžník (*Galanthus nivalis*). V okolí obce se rozprostírá Kněžpolský les, který v současné době strádá nedostatkem podzemní vody. Pokles hladiny spodní vody je spojen s regulací koryta řeky Moravy. Lípy ve Spytihněvi patří mezi památné stromy.

Řeka Morava a kvalita její vody mají vliv na rozšíření jednotlivých druhů živočichů. V druhé polovině dvacátého století došlo k velkému znečištění toku Moravy a okolní nivy, což vedlo k úbytku drobné zvěře (např. křepelka, koroptev, skřivan). V březích řeky Moravy hnízdí vzácný ledňáček říční (obr. 15), břehule a stále více se rozšiřuje hrdlička balkánská (obr. 14).



Obr. 12: Topinambura
(www.chovatelka.cz)



Obr. 13: netýkavka Royleova
(botany.cz)



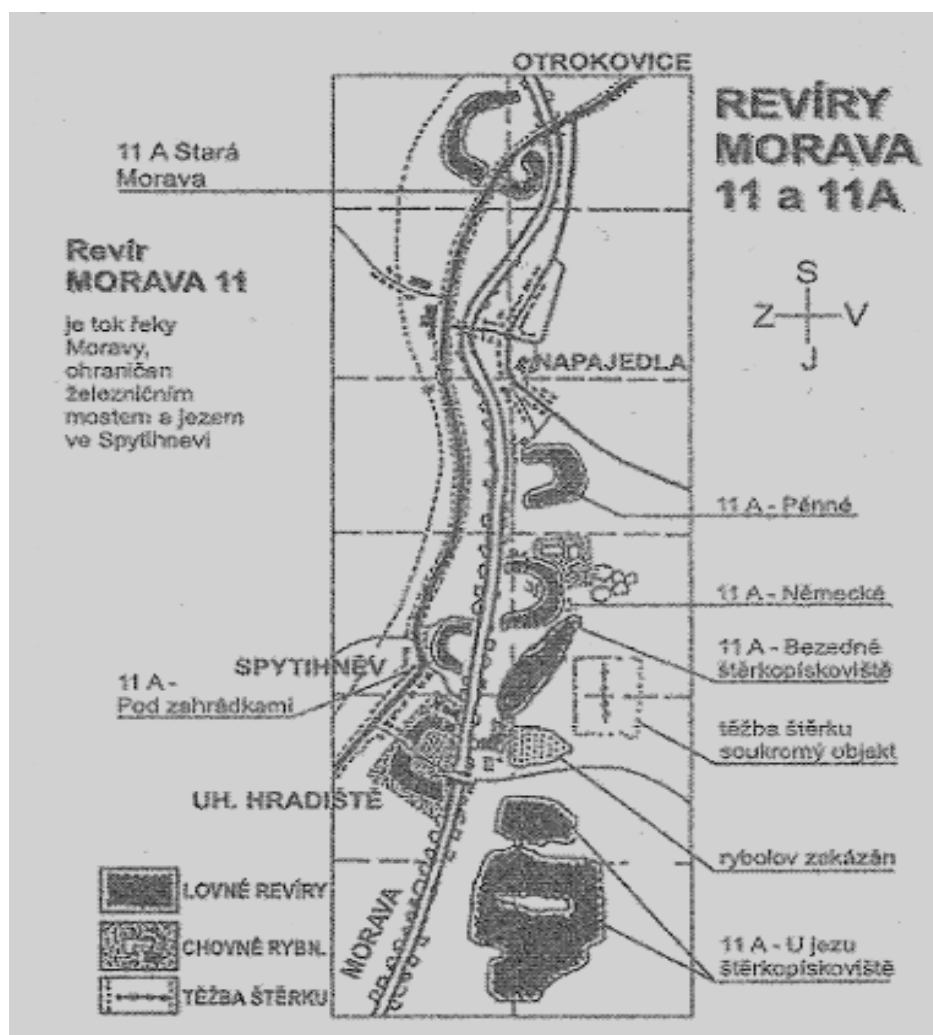
Obr. 14: hrdlička balkánská
(www.hlasek.com)



Obr. 15: ledňáček říční
(www.naturfoto.cz)

3.3. POPIS SBĚRNÝCH MÍST

Vzorky jsem sbírala ze slepých ramen a štěrkopískového ramena řeky Moravy, která patří do rybářského revíru Morava 11A (obr. 16). Slepé rameno Pěnné s rozlohou 10 ha náleží do katastru města Napajedla, Německé, rozloha 11 ha, do katastru obce Spytihněv a štěrkopískové rameno Bezedné s rozlohou 12 ha patří také do katastru Spytihněvi. V inundační zóně se dále nachází slepá ramena Stará Morava (8 ha v katastru města Napajedla), Pod zahrádkami (5 ha v katastru obce Spytihněv) a štěrkopískové rameno U jezu (rozloha 20 ha v katastru obce Spytihněv). Všechny vodní plochy jsou každoročně zarybňovány. Mezi vysazovanými druhy jsou například kapr, amur, lín, sumec, štika, candát a úhoř. Kromě dosazovaných ryb se hojně vyskytují cejn, plotice, perlín atd.



Obr. 16: Mapa revíru Moravy 11 a 11A, ve kterém leží odběrová místa

4) METODA SBĚRU

4.1. SBÍRÁNÍ VZORKŮ

Vzorky vody ze tří slepých ramen řeky Moravy - Pěnné, Německé a Bezedné - jsem sbírala v období od 14. 10. 2009 do posledního sběru dne 10. 10. 2010. Za tuto dobu proběhly čtyři sběry – podzimní, jarní, letní a opět podzimní. Vzorky byly odebírány v odpoledních hodinách vždy za příznivého, většinou slunečného počasí. Deštivé počasí totiž znemožňovalo přístupnost terénu. Vzorky jsem odebírala z různých stanovišť (příloha 1), získávala jsem je prostřednictvím různých pomůcek (síťka na odběr kamenů z vody, nožík na odřezání vodní rostliny, pinzetu na sundání povlaku z kamenů) a ukládala je do umělohmotných lahviček o objemu 100 ml. Na každou lokalitu jsem použila tři takové lahvičky. První nádobka byla použita k odběru vody ze slepého ramena, do druhé jsem ukládala substrát ze dna a třetí nádobka sloužila na odřezaný kousek ponořené vodní rostliny. Vodní rostlinou byl většinou mladý orobinec nebo rákos, který se v lokalitě nachází velké množství. Vzorky jsem do převozu do laboratoře nechávala otevřené na světle v chladném místě, aby voda v lahvičkách nezahnívala.

4.2. ZPRACOVÁNÍ VZORKŮ V LABORATOŘI

V algologické laboratoři UP v Olomouci jsem do živného roztoku ve zkumavkách, v Petriho miskách nebo na agarový substrát odebírala nasbírané vzorky. Malé části jsem přenášela pomocí jehel a pinzet, které jsem kvůli kontaminaci opalovala nad kahanem. Zkumavky i Petriho misky s živným roztokem a vzorky jsem uzavřela a nechala v kultivačním boxu.

Sinice jsem studovala v optickém mikroskopu. K určování sinic jsem využila odborné monografie: Geitler 1932, Komárek & Anagnostidis 1986, 1988, 1989, 1999, 2005, Starmach 1966, Drouet 1956, Desikachary 1959, Kondratěva 1968, Anagnostidis & Komárek 1985, 1988. Morfologickou variabilitu sinic jsem dokumentovala kresbou a digitální fotografií.

5) VÝSLEDKY

5.1. DYNAMIKA RŮSTU SINIC BĚHEM ROKU

Ve sledovaných lokalitách převažovaly zelené řasy a sinice. Ze zelených řas (Chlorophyta) se ve vzorcích vyskytovaly druhy jako *Ulothrix* sp., *Spyrogira* sp., *Pediastrum boryanum*, *Scenedesmus quadricauda* a *Cladophora glomerata*. Sledované sinice byly nejvíce zastoupeny ve slepých ramenech Pěnné a Německé, které slouží převážně pro sportovní rybolov. Slepé rameno Bezedné se využívá jako šterkopískoviště a je narušeno těžbou. V letních měsících je kontrolováno na výskyt sinic, protože slouží jako přírodní koupaliště. Se vzrůstávající teplotou (jarní a letní sběr) se ve vzorcích vyskytovalo více druhů sinic, mezi kterými dominoval rod *Microcystis*. Tento rod se řadí mezi kokální sinice tvořící slizovité kolonie. Kolonie jsou zprvu kulovité, později nepravidelné a laločnaté v amorfním bezbarvém slizu. Tento rod se rozmnožuje rozpadem kolonií. U *Microcystis* se nevytváří akinety ani heterocyty. Díky aerotopům se vznášejí na hladině. Tento druh je rozšířen po celém světě, najdeme ho ve všech typech sladkých eutrofních vod. Zástupci tohoto rodu jsou planktonní. *Microcystis* způsobuje ve vodních nádržích velké komplikace tvorbou vodního květu. Tento rod je významný velkou produkcí biomasy, díky které je zamezen přísun světla do nižší části nádrže. Dále je nebezpečný produkcí toxických látek, které jsou nebezpečné pro člověka i teplokrevná zvířata. V chladnějších měsících klesl počet pozorovaných sinic a sledovala jsem pouze zástupce rodu *Phormidium* a *Leptolyngbya*, kterým nejspíš nevadí menší teploty vody. V podzimních měsících jsem rod *Microcystis* nepozorovala vůbec. V tuhle dobu tento rod klesá ke dnu, kde přezimuje v sedimentu.

5.2. DIVERZITA SINIC V NASTUDOVANÝCH LOKALITÁCH

Merismopedia elegans (foto 1) – patří mezi kokální sinice. Buňky se vyskytují v koloniích, obvykle mají obdelníkový tvar (rozměry průměrně 7 x 5 µm), jsou široce oválné, ale po dělení polokulovité. Mají homogenní nebo jemně zrnitý obsah. Sliz, v němž jsou buňky uloženy v kolmých řadách, je pevný s výrazným okrajem. Barva je obvykle modrozelená. Tato sinice patří mezi sladkovodní, najdeme ji z jara v bažinách, v řekách a v mírně kyselých vodách.

Anabaena sp. (foto 2, 3 a 4) – se řadí do vláknitých sinic. Trichomy jsou rovné, zakřivené nebo stočené a jsou složeny z kulovitých, elipsovitých nebo válcovitých buněk. Sinice tohoto rodu mají modrozelenou nebo žlutozelenou barvu a jsou známé svými specializovanými buňkami – heterocysty, které fixují dusík na amonný iont. Kolem některých druhů nalezneme bezbarvý sliz. Ve vodě je najdeme v planktonu.

Phormidium autumnale (foto 5) – vláknitá sinice se silnou, modro až hnědavě zelenou rozšířenou stélkou. Vlákna jsou rovné, zřídka zakřivené, s tenkou, pevnou slizovitou pochvou, která zřídka chybí. Trichomy 6 μm široké, jednotlivé buňky jsou asi 3 μm dlouhé a apikální buňky protáhlého tvaru mají zaoblenou kalyptru. Tato sinice patří mezi sladkovodní, vyskytuje se na substrátech, v bahnitých březích nádrží, v řekách a ve vodopádech. Je kosmopolitní.

Geitlerinema sp. (foto 6) – tato vláknitá sinice má trichomy jemné a tenké, většinou modrozelené barvy, občas fialové nebo hnědé. Vlákna jsou průměrně 3 μm široká, rovná, cylindrická a někde i nepravidelně šroubovitě stočená. Pohybují se ve směru podélné osy, někdy se otáčejí nebo krouží. U těchto sinic nenajdeme pochvu a vzácné je také zužování. Buňky obsahují karotenoidy a granula, ale jsou bez aerotopů. U vláken pozorujeme apikální buňku, která bývá kuželovitá, zahnutá nebo různě zaoblená. Rod *Geitlerinema* se rozmnožuje rozpadem na pohyblivé hormogonie.

Aphanocapsa sp. (foto 7) – řadíme ji mezi jednobuněčné sinice. Jednotlivé buňky bez obalu, kulovitého tvaru a bez aerotopů tvoří více či méně kulovité, mikroskopické a nepravidelné kolonie obalené bezbarvým a homogenním slizem s nezřetelným okrajem. Rozmnožují se pomocí štěpení buněk ve dvou kolmých rovinách a po dělení zůstávají ve skupinách pohromadě.

Calothrix sp. (foto 8) – vláknitá heteropolární sinice s bazální a vrcholovou částí. Vlákna jsou jednoduchá, vyskytují se samostatně nebo v malých skupinách. Vždycky jsou ukryty v pochvě, která je pevná, lamelovaná a žlutohnědé barvy. Někdy se trychtýřovitě rozšiřuje na obou koncích. U trichomů na bazální straně nalezneme kulovitý nebo polokulovitý heterocyt. Ve vegetativní buňce chybí aerotopy. Ty ale můžeme najít u pohyblivých hormogonií. Buňky se dělí kolmo k podélné ose. Tuto sinici jsem našla ve vzorku odebraného z části vodní rostliny.

Phormidium sp. (foto 9) – tato vláknitá sinice má vlákna jemné, tenké, slizovité, široce připojené k podkladu. Dále je můžeme vidět ve volně plovoucí mase, v trsech nebo jako samostatně se vyskytující vlákna, která jsou zakřivená a různě zapletená. Z vnější strany jsou kryty pochvou, která je bezbarvá, tenká, nelamelovaná a někdy

může i chybět. Trichomy jsou 3 – 10 µm široké, cylindrické a dlouhé. V buňkách nenajdeme aerotopy, ale jsou v nich podélné a radiálně orientované tylakoidy. Tento rod určujeme podle apikálních buněk. Ty jsou buď rozšířené, zúžené, zaoblené a s kalyptrou nebo bez ní.

Pseudanabaena sp. (foto 10) – je planktonní sinice, jejichž vlákno je rovné, válcovité, krátké, skládající se z několika málo buněk většinou s výrazným zaškrcením. Trichomům chybí pevné pochvy, mají pouze jemné, slizovité obaly. Apikální buňky se od ostatních neliší, nemají ani kalyptry a ani zesílené buněčné stěny. Buňky jsou válcovitého tvaru se zaoblenými konci a jsou delší než širší. Někdy u nich můžeme najít polární aerotopy, thylakoidy jsou uspořádány paralelně. Tato sinice se dělí štěpením v kolmé rovině k podélné ose.

Phormidium inundatum (foto 11) – tenká vláknitá sinice modrozelené, zřídka bledě zelené barvy. Vlákna většinou rovné, 4 µm široké, na koncích oslabené, s tenkými a slizovými pochvy. Buňky jsou isodiametrické, apikální buňky mají tupě nebo kulatě kuželovitý tvar bez kalyptry. Je to sladkovodní sinice vyskytující se v tekoucích i stojatých vodách, na ponořené vegetaci, na vlhkých stěnách a skalách.

BEZEDNÉ	PĚNNÉ	NĚMECKÉ
<i>Phormidium autumnale</i>	<i>Phormidium inundatum</i>	<i>Phormidium</i> sp.
<i>Nostoc commune</i>	<i>Aphanocapsa</i> sp.	<i>Oscillatoria chlorina</i>
<i>Pseudanabaena catenata</i>	<i>Anabaena affinis</i>	<i>Nostoc commune</i>
<i>Calothrix clavata</i>	<i>Mantellum commune</i>	<i>Anabaena flos-aquae</i>
<i>Anabeana affinis</i>	<i>Pseudanabaena</i> sp.	<i>Microchaete violacea</i>
<i>Aphanocapsa</i> sp.	<i>Phormidium fragile</i>	<i>Pseudanabeana catenata</i>
<i>Geitlerinema</i> sp.	<i>Calothrix clavata</i>	<i>Phormidium autumnale</i>
<i>Merismopedia punctata</i>	<i>Anabaena</i> sp.	<i>Aphanocapsa</i> sp.
<i>Leptolyngbya</i> sp.		<i>Microcystis aeruginosa</i>
		<i>Nodularia</i> sp.
		<i>Merismopedia elegans</i>
		<i>Calothrix</i> sp.

6) ZÁVĚR

Během roku 2010 jsem studovala výskyt sinic ve slepých ramenech řeky Moravy v okolí obce Spytihněv. Vzorky byly odebírány ze slepých ramen Bezedné, Pěnné a Německé. Nejčastěji vyskytující se druhy sinic byly: *Anabaena affinis*, *Nostoc commune*, *Pseudanabaena catenata* a zástupci rodu *Phormidium*, které se mi kvůli stáří ne vždy podařilo určit. Během ročního období jsem pozorovala také velké změny v druhovém složení. V teplejších měsících jsem pozorovala více druhů sinic, mezi které patřily hlavně rody *Anabaena*, *Pseudanabaena*, *Geitlerinema*, *Microcystis*, *Phormidium*, *Aphanocapsa*. Ve vzorcích z podzimních odběrů jsem pozorovala ze sinic nejvíce rody *Phormidium* a *Leptolyngbya*. Sinice vodního květu klesly ke dnu a další sinice buď vymizely úplně nebo jsem je v množství řas neobjevila. Díky teplému jaru a létu byl na hladině okem pozorovatelný vodní květ. Nejintenzivnější vodní květ jsem pozorovala v srpnu na slepém rameni Německé. Ze sinic vodního květu jsem nejčastěji pozorovala *Anabaena flos-aquae* a *Microcystis aeruginosa*. Ve mnou sledovaných vzorcích měly vláknité druhy sinic značnou převahu nad druhy kokálnými. Ve studiu sinic bych ráda pokračovala dále ve své diplomové práci, kde bych se chtěla více zaměřit pouze na rody *Microcystis* a *Anabaena*.

7) POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ANAGNOSTIDIS, K. & KOMÁREK, J. (1985): Modern approach of the classification system of cyanophytes, 1-Introduction.-Arch. Hydrobiol. Suppl. 71: 291-302.
- [3] ANAGNOSTIDIS, K. & KOMÁREK, J. (1990): Modern approach of the classification system of cyanophytes. 5-Stigonematales - Arch. Hydrobiol./Algol.Stud. 59: 1-73.
- [4] ARMENT, A. R. & CARMICHAEL, W. W. (1996): Evidence that microcystin is a thio template produkt - J. Phycol. 32: 691-697.
- [5] ATTRIDGE, E. M. & ROWELL, P. (1997): Growth, heterocyst differentiation and nitrogenase activity in the cyanobacteria *Anabaena variabilis* and *Anabaena cylindrica* in response to molybdenum and vanadium - New Phytologist 135: 517-526.
- [6] BELL, S. G. & COBY, G. A. (1994): Cyanobacterial toxins and human health - Rev. Med. Microbiol. 5: 256-264.
- [7] BERGMAN, B. & CARPENTER, E. J. (1991): Nitrogenase confined to randomly distributed trichomes in the marine cyanobacterium *Trichodesmium thiebautii* - J. Phycol. 27: 158-165.
- [8] BOOTH, W. E. (1941): Algae as Pioneer in plant succession and their importance in erosion control - Ecology 22: 38-46.
- [9] CAPONE, D. G., ZEHR, J. P., PAERL, H. W., BERGMAN, B. & CARPENTER, E. J. (1997): *Trichodesmium*, a globally significant marine cyanobacterium - Science 275: 1221-1229.
- [10] CARMICHAEL, W. W. (1992): Cyanobacteria secondary metabolites – the cyanotoxins - J. Appl. Bacteriol. 72: 445-459.
- [11] CMIECH, H. A., LEEDALE, G. F. & REYNOLDS, C. S. (1986): Morphological and ultrastructural variability of planctonic Cyanophyceae in relation to seasonal periodicity. II. *Anabaena solitaria*: vegetative cells, heterocysts, akinetes - Br. J. Phycol. 21: 81-92.
- [12] DAVIS, J. S. & RANDS, D. G. (1982): Lime incrusting *Hapalosiphon intricatus* (Cyanophyceae) and phosphate availability in a Florida cave - Schweiz Z Hydrol 44: 289-294.

- [13] FREDRICKSSON, C. & BERGMAN, B. (1997): Ultrastructural characterization of cells specialized for nitrogen function in a non-heterocystous cyanobacterium, *Trichodesmium* spp - *Protoplasma* 197: 76-85.
- [14] GEITLER, L. (1932): Cyanophyceae. –*Radenhorst's Krypt.-Fl.* 14: 1196 pp.
- [15] CHAUVAT, E., CORRE, B., HERDMAN, M. & JOSEF-ESPARDELLIER, F. (1982): Energetic and metabolic requirements for the germination of akinetes of the cyanobacterium *Nostoc PCC7524* - *Arch. Microbiol.* 133: 44-49.
- [16] CHEN, H. M., CHIEN, C-Y. & HUANG, T-C. (1996): Regulation and molecular structure of a circadian oscillating protein located in the cell membrane of the prokaryote *Synechococcus* RF-1. - *Planta* 199: 520-527.
- [17] JENSEN, T. E., CLARK, R. L. (1969): Cell wall and coat of the developing akinete of a *Cylindrospermum* species - *J. Bacteriol.* 97: 1494-1495.
- [18] KALINA, T. (1994): Systém a vývoj sinic a řas.-Univerzita Karlova, Praha: 165 pp.
- [19] KALINA, T. & VÁŇA, J. (2005): Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy.-Univerzita Karlova, Praha: 583 pp.
- [20] KAPUSTKA, L. A. & DUBOIS, J. D. (1987): Dinitrogen fixation by cyanobacteria nad associative rhizosphere bacteria in the Arapaho prairie in the sand hills of Nevraská - *Am. J. Bot.* 74: 107-113.
- [21] KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. (1986): Modern approach to the classification system of cyanophytes 2. Chroococcales – *Arch. Hydrobiol./Algological Studies* 43: 157-226.
- [22] KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. (1989): Modern approach to the classification system of cyanophytes 4. Nostocales – *Arch. Hydrobiol./Algological Studies* 56: 247-345.
- [23] KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. (1999): Cyanoprokaryota 1. Teil: Chroococcales.-In: Ettl, H., Gärtner, G., Heynig, H. a Mollenhauer, D. (eds), Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/1, G. Fischer Verlag Stuttgart: 548 pp.
- [24] KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. (2005): Cyanoprokaryota 2. Teil: Oscillatoriales.-In: Büdel, B., Gärtner, G., Krinitz, L. a Schagerl, M. (eds), Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/2, Elsevier München: 759 pp.
- [25] LEE, R. E. (1999): The prokaryotic Algae. –In: LEE, R. E. (ed.) *Phycology*, Cambridge University Press, Cambridge: 67-112.

- [26] LI, D-M. & QI, Y-Z. (1997): Spirulina industry in China: Present status and future prospects - J. Appl. Phycol. 9: 25-28.
- [27] PENTECOST, A. & WHITTON, B.A. (2001): Limestones. -In: WHITTON, B.A a POTTS, M. (eds): The ekology of cyanobacteria. Kluwer academic publischrs, Dordrecht: 257-279.
- [28] POTTS, M. (1994).Desiccation tolerance of procaryotes - Microbiol Rev 58: 755-805.
- [29] POTTS, M., ANGELONI, S. V., EBEL, R. E. & BASSAM, D. (1992): Myoglobin in a cyanobacterium - Science 256: 1690-1692.
- [30] RINEHART, K. L., NAMIKOSHI, M. & CHOI, B. W. (1994): Structure and biosynthesis of toxins from blue-green algae (cyanobacteria) - J. Appl. Phycol. 6: 159-176.
- [31] SMITH, D. C., MUSCATINE, L. & LEWIS, D. (1970): Carbohydrate movement from autotrophs to heterotrophs in parasitic and mutalistic symbiosis - Biol. Rev. 44: 17-90.
- [32] SMITH, R.J. & WILKINS, A. (1988): A correlation between intracellular calcium and incident radiation in Hostic 6720 - New Phytol. 109: 157-162.
- [33] STANIER, R. Y. (1973): Autotrophy and heterotrophy in unicellular blue-green algae.-In: The Bioligy of the Blue-Green Algae ed. N. G. CARR a B. A. WHITTON. Berkeley: Univ. Calif. Press: 501-518.
- [34] VAN DOK, W. & HART, B. T. (1995): Akinete differentiation in Anabaena circinalis (Cyanophyta) - J. Phycol. 32: 557-565.
- [35] WILDMAN, R. B., LOESCHER, J. H. & WINGER, C. L. (1975): Development and germination of akinetes of Aphanizomenon flos-aquae - J. Phycol. 11: 96-104.
- [36] WHITTON, B., A. & POTTS, M. (eds) (2001): The Ecology of Cyanobacteria. Kluwer Academic Publishers, London: 668 pp.

7) PŘÍLOHY

Seznam příloh:

Příloha I:

Mapa 1: Poloha odběrových míst

Mapa 2: Lokalita slepých ramen v okolí Spytihněvi

Příloha II:

Obrázek 1: Odběrové slepé rameno Moravy - Bezedné

Obrázek 2: Odběrové slepé rameno Moravy – Německé

Obrázek 3: Odběrové slepé rameno Moravy – Pěnné

Příloha III:

Dokumentace pozorovaných sinic

Příloha I



Mapa 1:

Poloha odběrových míst
(www.mapy.cz)



Mapa 2: Lokalita slepých ramen v okolí Spytihněvi
(www.mapy.cz)

Příloha II

Obrázek 1: Odběrové slepé rameno Moravy – Bezedné



Autor: Kateřina Boráňová



Autor: Kateřina Boráňová



Autor: Kateřina Boráňová

Obrázek 2: Odběrové slepé rameno Moravy – Německé



Autor: Kateřina Boráňová



Autor: Kateřina Boráňová



Autor: Kateřina Boráňová



Autor: Kateřina Boráňová

Obrázek 3: Odběrové slepé rameno Moravy – Pěnné



Autor: Kateřina Boráňová



Autor: Kateřina Boráňová



Autor: Kateřina Boráňová



Autor: Kateřina Boráňová

Příloha III

Autor: Kateřina Boráňová



Foto 1: *Merismopedia elegans*

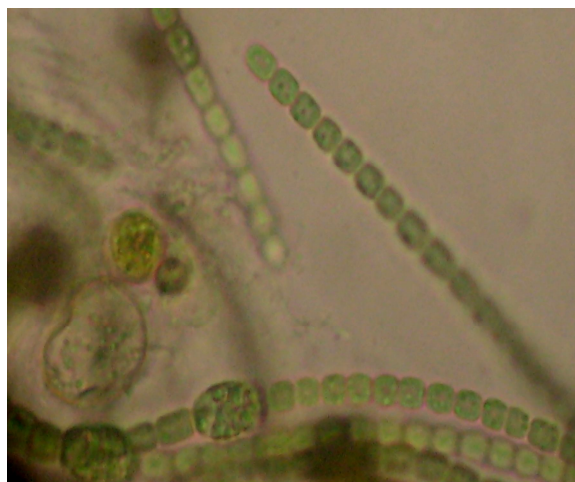


Foto 2: *Anabaena* sp.



Foto 3: *Anabaena* sp.

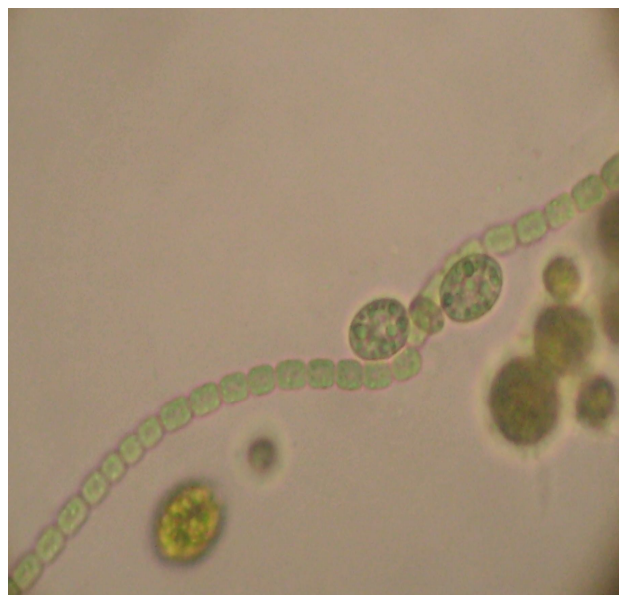


Foto 4: *Anabaena* sp.

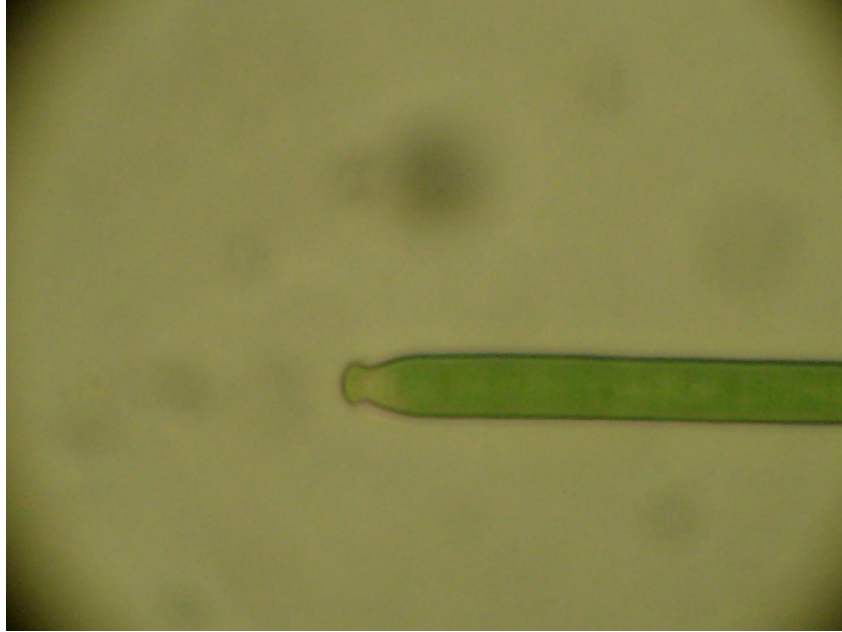


Foto 5: *Phormidium autumnale*

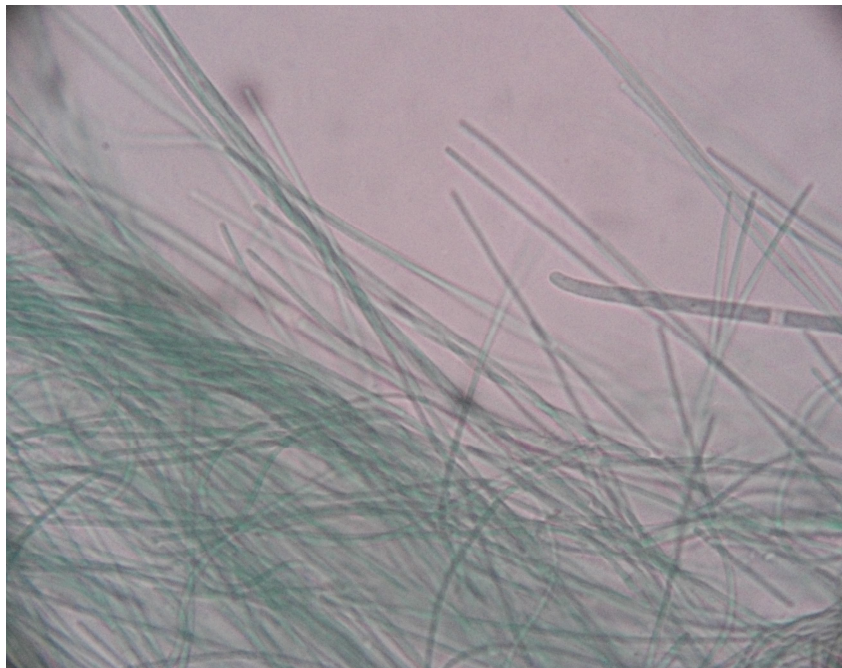


Foto 6: *Geitlerinema* sp.



Foto 7: *Aphanocapsa* sp.

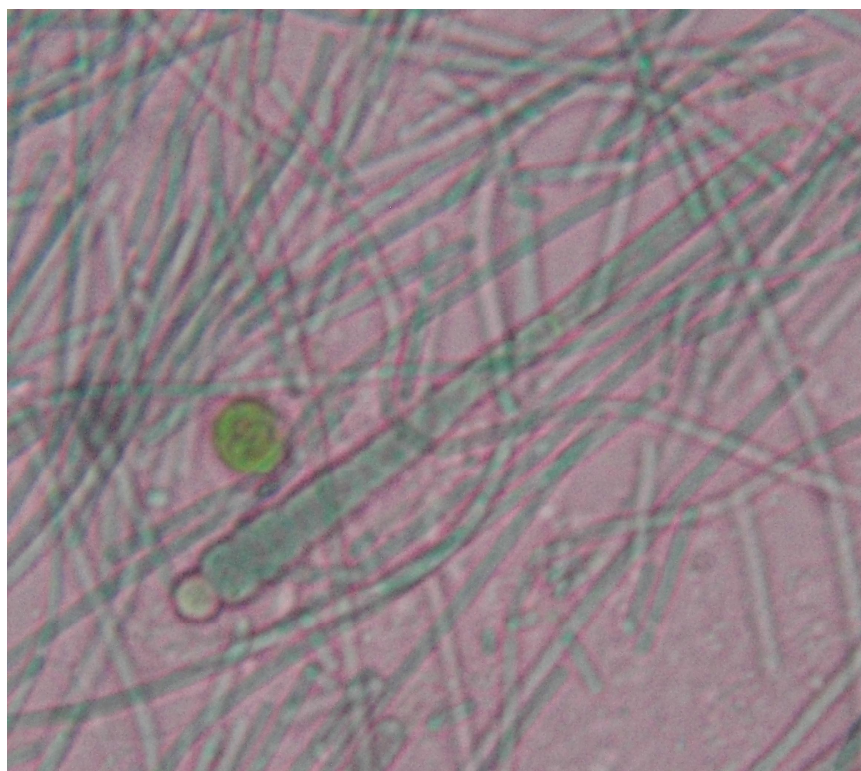


Foto 8: *Calothrix* sp.

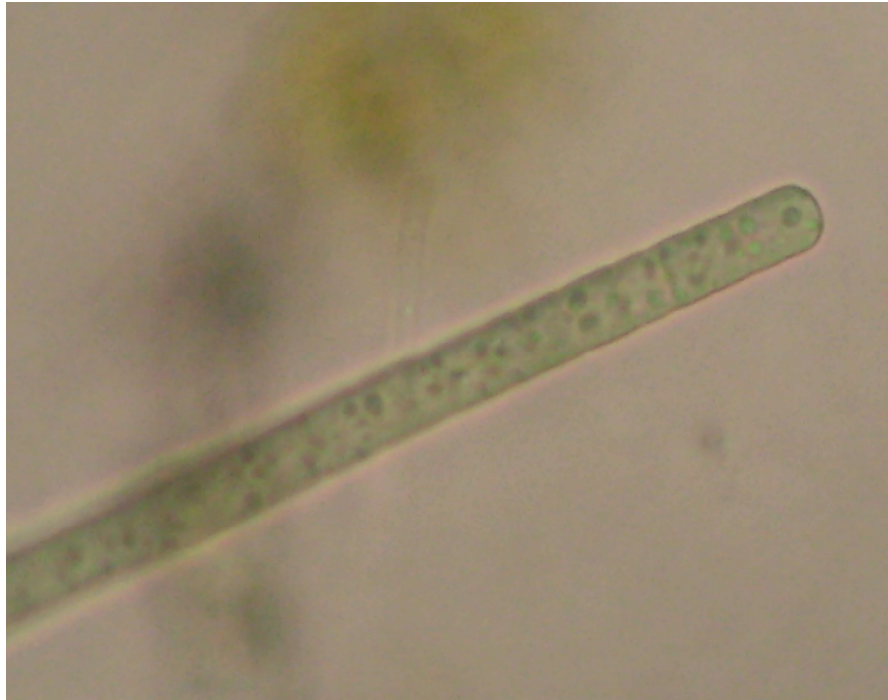


Foto 9: *Phormidium* sp.



Foto 10: *Pseudanabaena* sp.

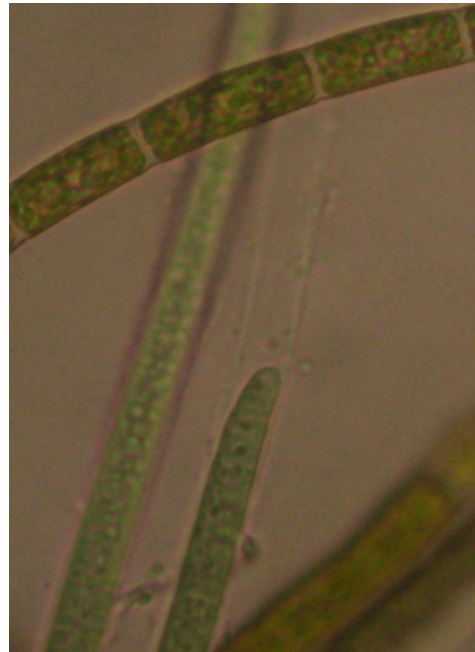


Foto 11: *Phormidium inundatum*

