

Universita Karlova v Praze  
Přírodovědecká fakulta  
Katedra botaniky



Bakalářská práce

**Tvarová dynamika křemičitých struktur u modelových  
populací chrysomónád (Synurophyceae)**

Kateřina Janatková

2009

Školitelka: RNDr. Yvonne Němcová, PhD.

## Abstrakt:

Předkládaná bakalářská práce shrnuje poznatky o taxonomii a geografii křemitých chrysomonád a jejich distribuci podél gradientů životního prostředí. Křemité chrysomonády jsou především sladkovodní bičíkovci, jejich buňky jsou pokryty křemitými šupinami. Šupiny jsou druhově specifické. Druhy se vyskytují v úzkou škálu ekologických podmínek a jsou tak cennými bioindikátory nedávného i historického prostředí. Literární rešerše se týká distribuce chrysomonád podél gradientu pH, vodivosti, obsahu živin a teplotních gradientů. Je diskutována i skutečnost, že některé druhy mohou způsobovat zápach a zakalení vod. Práce se zmiňuje i o typech rozšíření. Praktická část zabývá odběry z lokalit na Borkovických blatech a v Novohradských horách. Spolu s kosmopolitními a široce rozšířenými druhy, byla nalezena *Mallomonas conspersa*. Tento druh dosud byl nalezen pouze v Japonsku a na Nového Zélandu. Nálezy druhů *Synura mollispina* a *M. pumilio* var. *munda* byly rovněž prvními pro Českou republiku.

Klíčová slova: chrysomonády s křemičitými šupinami, Synurophyceae, taxonomie, bioindikace, , biogeografie, *Mallomonas conspersa*

## **Abstract:**

### **Shape dynamics of silicate structures in experimental populations of chrysophytes (Synurophyceae)**

Presented Bc. Thesis summarises temporal knowledge on taxonomy and biogeography of silica-scaled chrysophytes and their distribution along environmental gradients. Silica-scaled chrysophytes are mainly freshwater flagellates, their cells are covered with imbricated silica scales. The scales are species-specific and thus the taxa with the narrow range of ecological conditions represent a valuable bioindicators of recent and historical environments. The literature survey concerns the distribution of chrysophytes along pH, conductivity, nutrient content and temperature gradients. The species causing water tastes and odors are discussed. Types of distribution are underlined. The practical part surveys silica-scaled chrysophytes from Borkovická Blata peat-bog and Novohradské Hory ponds. Along with cosmopolitan and widely distributed species, *Mallomonas conspersa* was found, This taxon has so far been reported only from Japan and New Zealand. Moreover *Synura mollispina* and *M. pumilio* var. *munda* were recorded for the first time from the territory of the Czech Republic.

Key words : Silica scaled chrysophytes, Synurophyceae, taxonomy, bioindication, geographical distribution, *Mallomonas conspersa*

## **Poděkování**

Především bych chtěla mnohokrát poděkovat zejména své školitelce RNDr. Yvonne Němcové, PhD. za její nekonečnou trpělivost, kterou projevovala celou dobu při vedení mé práce. Dále pak RNDr. Jiřímu Neustupovi, PhD za to, že mě k této práci přivedl. Děkuji samozřejmě také všem ostatním kamarádům a kolegům, kteří mi během mé práce vycházeli vstříc a neváhali mi s čímkoli pomoci.

<b>1. Úvod</b> .....	6
<b>2. Teoretická část</b> .....	6
2.1. Chrysomonády s křemitými šupinami.....	6
2.1.1. Taxonomické zařazení.....	6
2.1.2. Obecná charakteristika.....	7
2.2. Ekologie.....	10
<b>3. Distribuce druhů chrysomonád podél gradientu</b> .....	11
prostředí.....	11
3.1. Výskyt podél gradientu pH .....	12
3.2. Výskyt podél gradientu konduktivity.....	14
3.3. Výskyt podél gradientu trofie.....	15
3.4. Výskyt podél gradientu teploty .....	17
<b>4. Bioindikace</b> .....	18
4.1. Chrysomonády jako bioindikátory .....	18
4.1.1. Využití v paleolimnologii.....	18
<b>5. Biogeografie</b> .....	20
5.1. Geograficky podmíněné rozšíření .....	20
5.2. Neutrální teorie ubikvitního rozšíření .....	21
<b>6. Praktická část</b> .....	23
6.1. Úvod.....	23
6.2. Odběrové lokality.....	23
6.3. Odběry vzorků a měření.....	25
6.4. Výsledky a diskuze.....	25
<b>7. Závěr</b> .....	30
<b>8. Použitá literatura:</b> .....	31

# 1. Úvod

Pojmem chrysomonády s křemitými šupinami označujeme solitérní či koloniální bičíkovce, jejichž zástupci se vyskytují téměř výhradně ve sladkých vodách. První popisy těchto chrysomonád pocházejí z pozorování preparátů ve světelném mikroskopu (LM) již v polovině 19. století (EHRENBERG; PERTY). V 50. letech 19. století, po vynálezu elektronového mikroskopu, dochází k rozvoji studia křemičitých struktur, k objevům nových druhů chrysomonád a k objasnění celkového vzhledu buněk. První snímky šupin ze skenovacího elektronového mikroskopu (SEM) byly publikovány v roce 1955 (ASMUND 1955, FOTT 1955) a další využívání této metody, spolu s metodou transmisního elektronového mikroskopu (TEM), přineslo další detailní informace o uspořádání křemitých struktur na povrchu buněk a o povrchových strukturách šupin v závislosti na specifitě pro jednotlivé druhy (KRISTIANSEN 1971).

Dnes můžeme za použití EM determinovat jednotlivé druhy chrysomonád podle jejich druhově charakteristických šupin. Vzhledem k tomu, že některé druhy mají úzké rozpětí ideálních podmínek výskytu, jsou tak ideální pro využití jako bioindikátory pro posuzování jak stavu současného, tak i minulého, a to díky dlouhodobému zachovávání šupin i cyst v sedimentu (SIVER 1995, SMOL 1995).

Cílem této práce je poskytnout úvod ke studiu ekologie a biogeografie křemičitých chrysomonád. Zaměřuje se na jejich výskyt v rámci gradientů prostředí, na jejich využití jako bioindikátorů a také se zabývá geografickým rozšířením chrysomonád. Cílem praktické části bylo seznámit se s metodikou odběru a určováním druhů.

## 2. Teoretická část

### 2.1. Chrysomonády s křemitými šupinami

#### 2.1.1. Taxonomické zařazení

Jako chrysomonády s křemitými šupinami jsou označovány koloniální či jednotlivě žijící bičíkovci zařazení do dvou tříd v oddělení Heterokontophyta. Jde o třídy Chrysophyceae, a Synurophyceae ANDERSEN (1987). Třída Synurophyceae, kterou se zabývá tato práce,

obsahuje rody *Mallomonas*, *Synura*, *Chrysodidymus* a *Tessellaria* (KRISTIANSEN & PREISIG 2001).

V dnešní době se tradiční taxonomická rozdělení dostávají do rozporu s novými molekulárními daty, a je tomu tak i u této skupiny organismů. Ta byla, jako jiné skupiny, zprvu klasifikována podle morfologických znaků různých vegetačních stadií. Jedním z prvních systémů navrhl roku 1957 BOURELLY (ANDERSEN 2007). V tomto systému byly všechny rody šupinatých chrysomonád řazeny do čeledi Synuraceae. Během dalších výzkumů bylo tento systém několikrát rozčleněn a pozměněn.

V souvislosti s molekulárními a biochemickými daty se ukazuje, že není možné využívat v taxonomii pouze morfologické znaky vegetativních stadií, neboť tato stadia mají značnou variabilitu v závislosti na prostředí a samotné znaky jsou mnohdy obtížně identifikovatelné (např. druhý bičík je v některých případech minimálně vyvinutý a nepostřehnutelný). Morfologická a molekulární data spolu nesouhlasí při kvalifikaci vyšších skupin (podtřídy, řády), ale v případě nižších taxonomických skupin (čeleď, rod) spolu korelují (ANDERSEN 2007).

Třídy Chrysophyceae a Synurophyceae jsou od sebe tradičně oddělovány na základě biochemických a morfologických rozdílů, a nejnovější molekulární studie toto rozdělení podporují, i když zatím jen slabě. Naproti tomu stojí molekulární data o rodu *Tessellaria*, který byl dříve řazen do třídy Synurophyceae, ale molekulární data ukazují, že spadá přesně mezi dvě třídy Synurophyceae a Chrysophyceae. Na úrovni rodů *Mallomonas* a *Synura* skupiny Synurophyceae nebylo přesné rozdělení potvrzeno, ale oproti tomu jsou diskutovány nálezy šupin těchto rodů 47 mil. let staré, které jsou morfologií srovnatelné s tvarem šupin jak je známe dnes. Je tedy otázka, zda toto zachování přesné morfologie nedoprovází i zachování genu na úrovni druhů (ANDERSEN 2007). Na úrovni druhů dochází k novým objevům, kdy se ukazuje, že v některých případech může jít o druhové komplexy (např. *Synura petersenii*) s více či méně odlišenou morfologií šupin (KYNČLOVÁ, et al. 2008, subm.).

### **2.1.2. Obecná charakteristika**

Třídy Chrysophyceae a Synurophyceae (podle tradičního členění) (ANDERSEN 1987) mají, jako ostatní zástupci oddělení Heterokontophyta, některé společné znaky jako jsou dva bičíky, jeden delší, se dvěma řadami mastigonem, a druhý krátký, pokrytý pouze jemným vlášením. Dále jsou to chloroplasty se 4 obalnými membránami, thylakoidy tvořící skupiny po třech a zásobní látkou je chrysolaminaran. Přítomny jsou pigmenty chlorofyl a, c,  $\beta$ -karoten,

xantofyly a zlatavou barvu typickou pro tyto dvě třídy dodává dominantní fukoxanthin (KALINA & VÁŇA 2005). Přesto, že se v řadě dalších znaků liší, je pro obě tyto třídy typické vytváření křemičitých cyst s pórem uzavřeným zátkou.

Některé morfologické a biochemické znaky jsou pro třídy Chrysophyceae a Synurophyceae odlišné a jsou základem pro jejich taxonomické oddělení (ANDERSEN 2007).

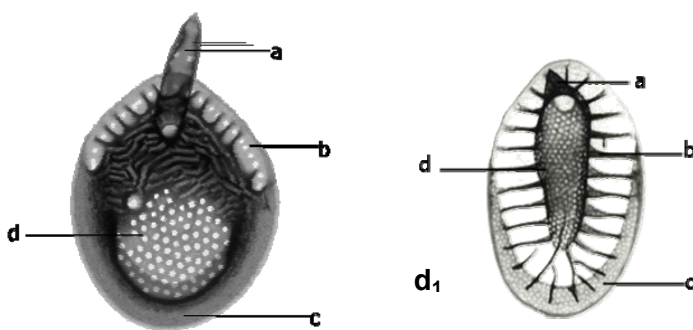
Pro zástupce třídy Synurophyceae, kterými se tato práce zabývá, jsou typické buňky kryté pancířem šupin, tvořených z polymerovaného oxidu křemičitého. Buňky kromě šupin vytvářejí ze stejného materiálu i další struktury, jako ostny či cysty. Všechny tyto struktury mají endogenní původ.

Šupiny vznikají v SDV (silica deposition vesicle) a poté jsou exocytozou dopraveny na povrch buňky. Tvar a velikost šupin se podle umístění na buňce liší. Všechny šupiny mají bazální desku s případnou sekundární vrstvou a všechny nesou druhově specifickou ornamentaci.

Rod *Synura* tvoří kolonie několika buněk spojených posteriorními konci. Šupiny jsou tvarem a dorsální ornamentací druhově specifické a tvarově odlišné podle umístění na buňce. Vzájemně na sebe nasedají a zcela tak obepínají buňku. Na distálním konci se pak může vytvářet ostének, nebo kýl, s původem ve stejném SDV jako samotná šupina. (KRISTIANSEN 2005).

### *Synura echinulata*

### *Synura petersenii*

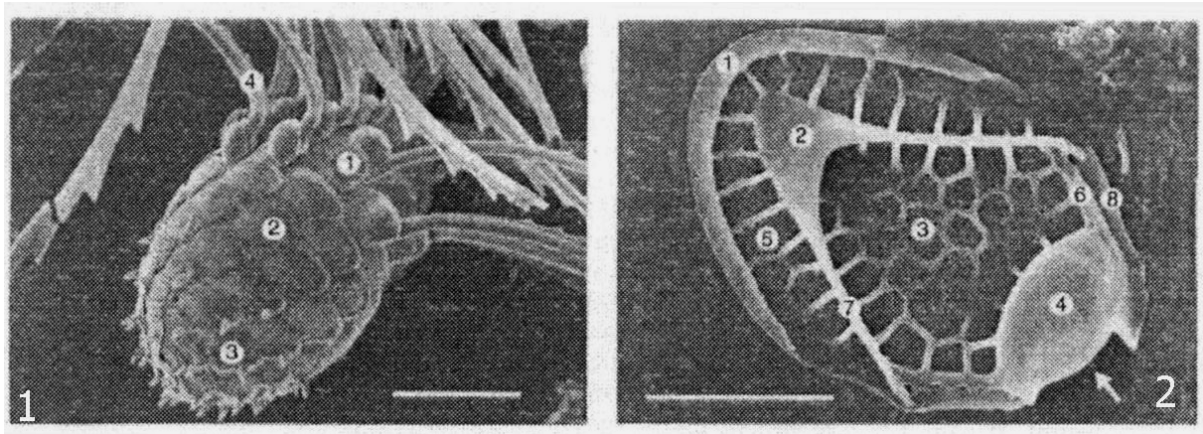


Obr. 1. Morfologie šupin rodu *Synura*: a. ostének (scale), kýl (*S. (S. petersenii)*), b. žebra (ribs), c. přehnutý proximální konec, d. póry na bazální desce, d1: kýl

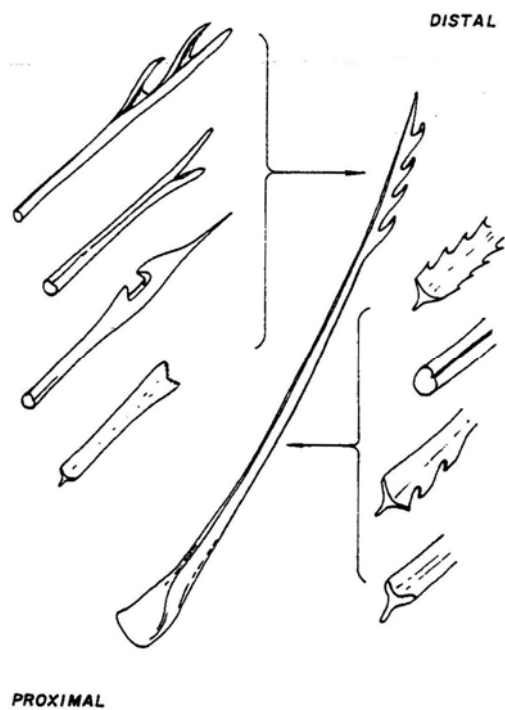
Buňky rodu *Mallomonas* žijí jednotlivě a k některým jejich šupinám je připevněn ostének. Jejich uspořádání na buňce je stejné, jako je tomu u rodu *Synura*. Šupiny jsou většinou bipolární, na spodní straně hladké. Na vrchní straně je pak sekundární vrstva tvořící žebra, papily či jiné struktury. Přes obě vrstvy mohou procházet drobné póry. Nejčastější šupiny bývají tzv. tripartitní, rozdělené na tři části. Povrch šupiny je dělen žebrem ve tvaru V (V-rib) na štít a postraní okraje. Na těchto plochách se pak vytvářejí druhově specifické ornamentace.



Na distálním konci se nachází dóm (dome), na který se přikládá ostěn. Ostěn má původ v samostatném SDV, kde vznikne stočením původně plochého útvaru, a k šupině se připojí až dodatečně na povrchu buňky (KRISTIANSEN 1986). Ostny jsou stejně jako šupiny důležité pro taxonomii.

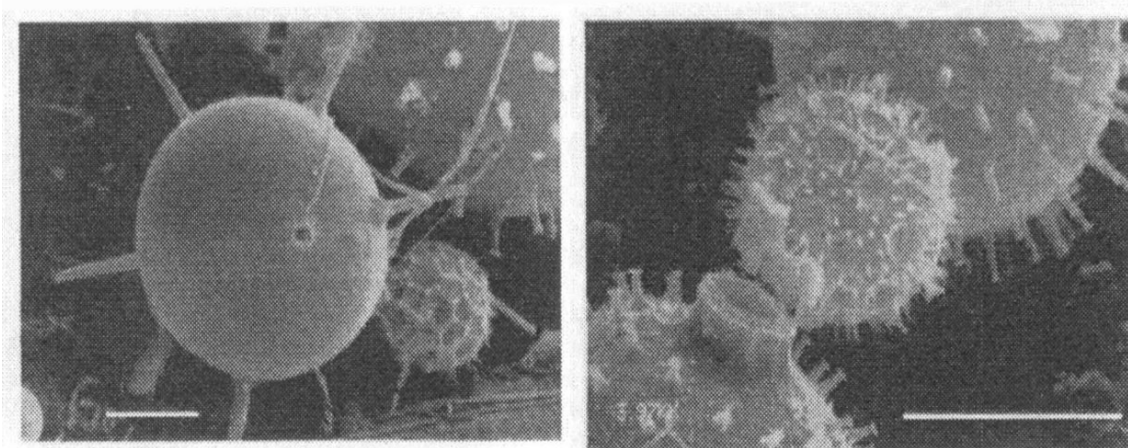


Obr.2.1. celá buňka: 1.šupiny s dómem, 2. šupiny bez dómu, 3. posteriorní šupiny, 4. ostny;  
 2.2. tripartitní šupina rodu *Mallomonas*: 1. posteriorní přehnutý kraj, 2. V-rib, 3. štít,  
 4. dóm, 5. postraní žebra. Převzato ze SIVER 2003



Obr. 3. Zobrazení nejčastějších typů ostnů. Převzato ze SIVER (1991)

Cysty (Obr.4) jsou stejně jako šupiny a ostny tvořeny endogenně, splýváním SDV a váčků Golgiho aparátu. Poté co se obal cysty uvnitř buněk dostatečně zpevní, přesune se volným otvorem dovnitř celý obsah protoplastu bičíkovce. Cysta se nakonec uzavře v místě póru zátkou, která je pevná, ale není křemičitá. Povrch cyst je opět druhově charakteristický – hladký, různě strukturovaný, či s osténky (SIVER 1991). Fakt, že morfologie cyst je druhově charakteristická a že se dobře dochované cysty nacházejí i v sedimentech, je předurčuje k roli vhodných bioindikátorů v paleolimnologických výzkumech, při studiích historických jezerních sedimentů. (SMOL 1995)



Obr. 4. Cysty šupinatých chrysomonád, s viditelnými póry a různou povrchovou ornamentací (papily nebo ostny). Ze SIVER (2003)

## 2.2. Ekologie

Chrysomonády se jako striktní autotrofové vyskytují v planktonu sladkých vod, až na některé výjimky v rodu *Paraphysomonas*, kde najdeme i druhy planktonu salinních vod. Vzhledem ke značnému globálnímu rozšíření zástupců těchto skupin chrysomonád je obtížné přesně vymezit jejich ekologické nároky (SIVER 1995). Chrysomonády byly dříve označovány jako organismy chladných, oligotrofních vod s maximem rozvoje výskytu na jaře (KRISTIANSEN 1975). Toto je však zobecnění, které nelze aplikovat na všechny zástupce, pouze na skupinu jako celek, protože podmínky výskytu se druh od druhu liší, a některé druhy jako takové mají úzkou ekologickou valenci (SIVER 1995). Velké množství druhů chrysomonád můžeme tedy najít i ve fytoplanktonu eutrofních vod (KRISTIANSEN 1985). Nejvyšší počet druhů se pak nachází v lokalitách s mírným a nižším pH, nízkou alkalinitou,

konduktivitou, mírným obsahem živin a rozpuštěných huminových kyselin (SIVER 1995). Zástupce nacházíme v jezerech, tůních, rašeliništích, slepých ramenech řek i přímo v tekoucích vodách (řičky či vysychavé potůčky) (např. VESELÁ & PICHRTOVÁ, in press)

Výskyt chrysomonád na lokalitách je nejvíce ovlivněn pH, alkalinitou a konduktivitou vody. Tyto parametry ovlivňují druhové složení na lokalitě, neboť výskyt jednotlivých druhů je specifický podle tolerance rozpětí gradientu prostředí (SIVER 1991). Teplota vody pak ovlivňuje sezónní přítomnost a abundanci populací chrysomonád ve fytoplanktonu (SIVER & HAMER 1992).

Někteří zástupci rodů *Synura* a *Mallomonas* mohou ve vodních nádržích vytvářet vodní květy a způsobovat nepříjemný zápach vody připomínající rybinu (WHIPPLE et al. 1984), nebo negativně ovlivnit další organismy, ať už konkurencí o světlo a živiny nebo svými metabolity. Nejčastěji tyto zákaly způsobují *M. acaroides*, *M. crassisquama*, *M. caudata* (KRISTIANSEN 1971) a druhy rodu *Synura* (NICHOLLS & GERATH 1985). Tendence tvořit zákaly mají populace žijící v severnějších oligotrofních jezerech (SANDGREN 1988) a to zejména z důvodu, že při nižších teplotách a hodnotách osvětlení rychleji jejich populace rostou rychleji než populace jiných druhů ve přítomných ve fytoplanktonu. Problémy se zákaly je potřeba řešit zejména při výskytu ve vodohospodářských nádržích s pitnou vodou, kdy mohou kromě vytváření zápalu narušovat svou přítomností filtrační a sedimentační procesy při konečných úpravách pitné vody (NICHOLLS ET GERATH 1985).

### **3. Distribuce druhů chrysomonád podél gradientu prostředí**

Data o druhovém složení a proměnných prostředí lze využít k diskriminaci lokalit a zhodnocení relativního významu jednotlivých proměnných pro distribuci druhů ve zkoumaných lokalitách. Mezi nejpoužívanější statistické metody zpracování dat patří přímé a nepřímé ordinační metody.

Mnohorozměrné statistické metody se používají také k odvození inferenčních modelů. V souboru zkoumaných jezer se naměří požadované hodnoty prostředí a určí se zastoupení jednotlivých druhů chrysomonád z vrchní vrstvy sedimentu. Tyto dva soubory dat (druhové složení a hodnoty prostředí) se pak použijí ke stanovení optimálních hodnot pro výskyt jednotlivých druhů a šíři tolerance podél gradientu zkoumané hodnoty prostředí. Použitím

inferenčních modelů na soubory dat z hlubších sedimentů lze pak vysledovat historické změny na lokalitě (SIVER 2003).

### 3.1. Výskyt podél gradientu pH

Hodnota pH je nejvýznamnějším parametrem pro výskyt jednotlivých druhů, což bylo opakovaně prokázáno v mnoha studiích (SIVER 1987, SIVER 1988, SIVER & HAMER 1989, SIVER & SMOL 1993). Druhy s úzkým rozpětím tolerance pH rozdělil Husted (1939) do několika skupin podle výskytu podél gradientu pH (SIVER 1991):

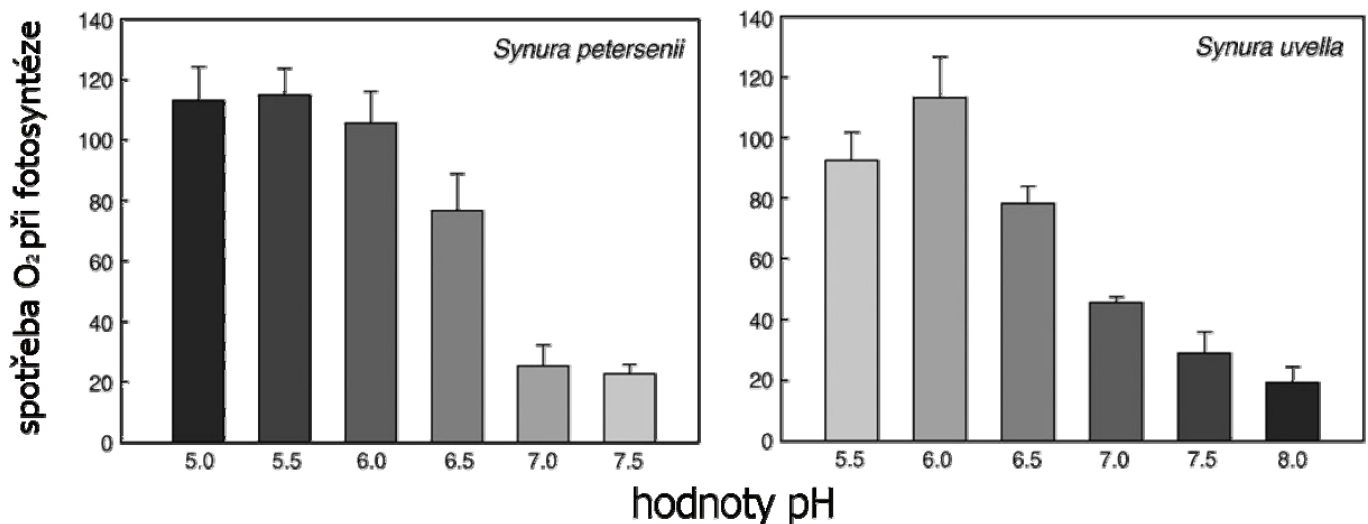
1. **acidobiontní** – omezený výskyt pouze na kyselých vodách s pH < 5.5
2. **acidofilní** – nejčastější výskyt při pH < 7.0
3. **indiferentní** – převážně v hodnotách pH kolem 7.0
4. **alkalifilní** – maximum výskytu při pH > 7.0
5. **alkalibiontní** – výskyt omezen na vody s pH > 7.0

Species No.	Taxon*	Hustedt	pH	Sp cond. (μS)	Temp (°C)
Group 1					
46	<i>C. longispina</i>	ACF	6.0	40	14.8
29	<i>S. spinosa</i>	ACF	6.1	41	11.3
38	<i>Sp. bourrellyi</i>	ACF	6.1	41	13.8
28	<i>S. petersenii</i>	ACF/IND	6.2	45	12.6
39	<i>Sp. serrata</i>	ACF	6.4	33	15.3
37	<i>Sp. bilacunosa</i>	IND	6.5	47	19.5
31	<i>S. uvella</i>	IND	6.6	53	17
13	<i>M. caudata</i>	IND	6.7	54	15
36	<i>Sp. coronacircumspina</i>	IND	6.7	59	17.4
35	<i>Sp. trioralis</i>	IND	6.7	56	17.2
9	<i>M. crassisquama</i>	IND	6.9	57	15
Group 2					
52	<i>M. pugio/canina/hindonii</i>	ACB	4.9	37	14
51	<i>M. acaroides v. muskokana</i>	ACB	5.3	28	20
6	<i>S. sphagnicola</i>	ACB	5.3	30	14
30	<i>S. echinulata</i>	ACB/ACF	5.9	40	15
4	<i>M. punctifera</i>	ACF	5.9	32	20
Group 3					
1	<i>M. tonsurata</i>	ALKF/ALKB	7.6	83	17
Group 4					
2	<i>M. hamata</i>	ACB/ACF	6.0	36	13.7
5	<i>M. heterospina</i>	ACF	6.3	60	6
7	<i>M. galeiformis</i>	ACF	6.3	29	18.5
8	<i>M. akrokomos</i>	IND	6.5	50	12
Group 5					
12	<i>M. portae-ferreae</i>	ALKF	7.1	86	15
3	<i>M. pseudocoronata</i>	ALKF	7.3	81	19
11	<i>M. corymbosa</i>	ALKF	7.7	99	15.6
53	<i>M. acaroides v. acaroides</i>	ALKB	8.1	112	14.1

Tab1. Zobrazuje průměr naměřených hodnot pH, konduktivity (množství rozpuštěných solí) a teploty popisující prostředí, kde byly druh nalezeny. Spolu s následným zařazením taxonů do skupin, které definoval Husted (1939); ACB- acidobiontní, ACF – acidofilní, IND- indiferentní, ALKF- alkalifilní, ALKB- alkalibiontní; *Chryso-sphaerella* – C.; *Synura* – S.; *Spiniferomonas* – Sp.; *Mallomonas* – M. Převzato ze SIVER & HAMER (1989).

Podle zařazení nalezených druhů do těchto skupin lze říci jaká hodnota pH se na stanovišti vyskytovala či vyskytuje. Acidobiontní skupinu nejčastěji reprezentují *Mallomonas acaroides* var. *muskokana*, *M. canina*, *M. hindonii*, *M. pugio*, *M. paludosa*, *M. hamata*, *Synura echinulata*, a *S. sphagnicola*. Acidofilní skupinu tvoří například *M. punctifera*, *M. akromonas*, *M. galeiformis*, *M. crassisquama*, *M. caudata*, *S. spinosa*, *S. uvella*. Na druhé straně gradientu kolem hodnot pH 7.0 se vyskytují *M. corymbosa*, *M. tonsurata*, *M. alpina*. Druhy *M. acaroides* var. *acaroides* a *M. pseudocoronata* se zřídka vyskytují v prostředí s pH klesajícím pod 7.0 (SIVER 1988).

Hodnoty pH na rozšíření chrysomonád nepůsobí přímo, ale pravděpodobně limitují chrysomonády množstvím dostupného anorganického uhlíku. Ten se ve vodě vyskytuje jako rozpuštěný  $\text{CO}_2$ , který reaguje s vodou za vzniku  $\text{H}_2\text{CO}_3$  a dále disociuje na  $\text{HCO}_3^-$  a  $\text{CO}_3^{2-}$ . Zastoupení těchto forem uhlíku udává výslednou hodnotu pH. Chrysomonády nejsou pravděpodobně schopné využívat pro fotosyntézu ion  $\text{HCO}_3^-$ , který se vyskytuje při vysokých hodnotách pH. Potřebují zejména  $\text{CO}_2$ , který je dostupný naopak při nižším pH (BHATTI & COLMAN 2008). To je jednak přímo limituje a nepřímo pak nejsou při nižších hladinách  $\text{CO}_2$  schopny konkurovat jiným planktonním druhům. Může to být jeden z důvodů jejich jarního maxima výskytu a naopak případného letního minima (SAXBY-ROUEN 1998). Klesající hodnoty fotosyntetické aktivity u dvou druhů rodu *Synura* lze vidět na Obr.5.



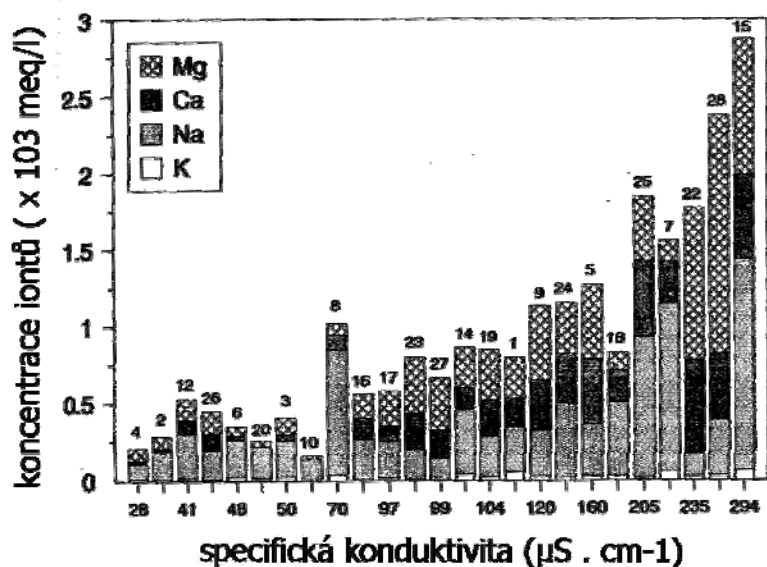
Obr.5. Hodnoty  $\text{O}_2$  (mEv.l<sup>-1</sup>) spotřebovávaného při fotosyntetické aktivitě v závislosti na okolním pH vody. Převzato z práce BHATTI & COLMAN (2008).

### 3.2. Výskyt podél gradientu konduktivity

Výskyt chrysomonád je dále ovlivňován konduktivitou. Konduktivita udává míru vodivosti vody dané množstvím rozpuštěných solí. Na změnách hodnot konduktivity lze zpětně sledovat změny v okolí vod jako např. osidlování lokalit, stavby silnic, přítomnost továren atd. a jejich vliv na zvyšování rozpuštěných živin ve vodě. Hodnoty konduktivity jsou v takových případech průkaznější, neboť takovéto změny se na hodnotách pH nemusejí vůbec projevit (SIVER 1993).

Základními kationy ovlivňujícími vodivost jsou  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  a  $\text{K}^+$ . Poměry koncentrací těchto iontů se v závislosti na hodnotě konduktivity liší, ale obecně platí, že při hodnotách  $>90 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$  dominuje rozpuštěný  $\text{Na}^+$  (viz Tab. 2). Vliv rozpuštěného  $\text{H}^+$  na hodnoty konduktivity je minimální a zanedbatelný (SIVER 1995)

Nejčastěji se chrysomonády vyskytují při nižších hladinách konduktivity a jejich množství se stoupajícími hodnotami klesá. V hodnotách nad  $200 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$  se pak téměř nevyskytují (viz Tab.2.) (SUSHIL et al 1999).



Tab.2. Hodnoty konc. rozpuštěných kationů v závislosti na hodnotě specifické konduktivity. Ze SIVER 1993.

Podobně jako u hodnot pH lze jednotlivé druhy seřadit do skupin podle hodnot konduktivity, kterou tyto druhy preferují. Skupina druhů zahrnující např. *Mallomonas acaroides* var. *muskokana*, *M. punctifera*, *M. galeiformis* a *Synura sphagnicola* reprezentuje spodní hladinu gradientu a málokdy je najdeme ve vodách s hodnotami nad  $75 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ . Uprostřed gradientu, přibližně v rozmezí hodnot  $75 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$  až  $125 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ , pak najdeme

například druhy *M. hamata*, *M. crassisquama*, *M. caudata*, *M. akromonas*, *Synura echinulata*, *S. spinosa*. V poslední skupině se nachází druhy které se vyskytují ve vyšších gradientech a prakticky se nevyskytují v prostředí s konduktivitou klesající pod  $50 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ . Jsou to třeba *M. corymbosa*, *M. tonsurata*, *M. alpina*, *M. acaroides* var. *Acaroides*. Ve skupinách jsou jako příklady uváděny druhy, které jsou ve studiích nejčastěji nacházeny, a které mají úzkou ekologickou valenci.

### 3.3. Výskyt podél gradientu trofie

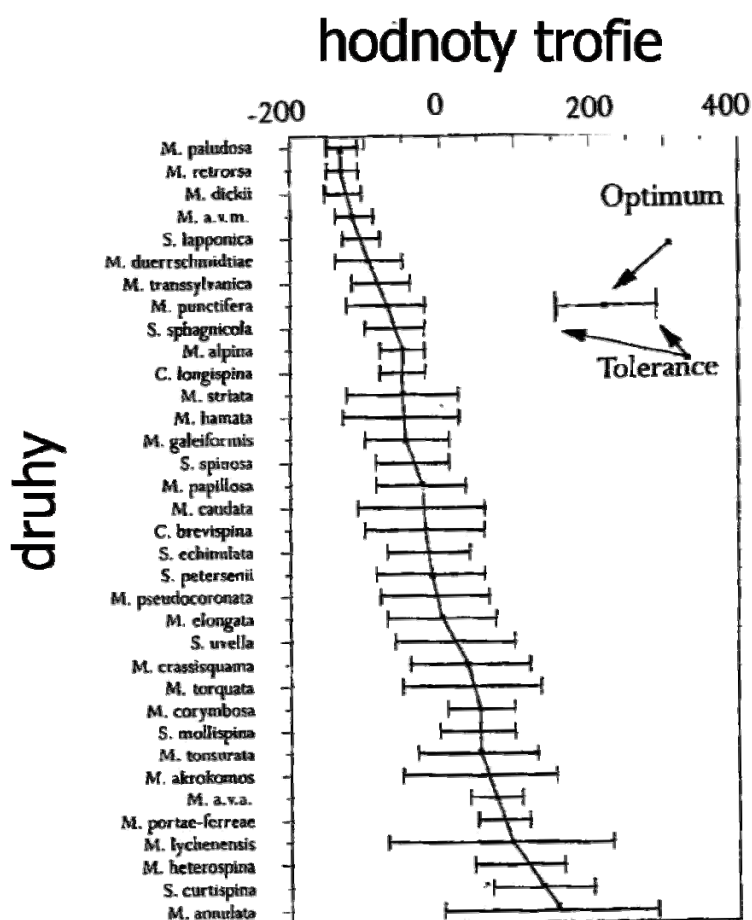
Dalším signifikantním parametrem výskytu je pro chrysomonády hladina trofie. Aby bylo možno postihnout gradient trofie, byly vytvořeny indexy trofie (trophic score) (SIVER & MARSCIANO 1996). Podle množství celkového fosforu, dusíku a chlorofylu-a a hloubku viditelnosti Secchiho desky (prostupnost světla vodním sloupcem) se lokality řadí do 6 skupin (FRINK & NOVELL 1984):

1. **Oligotrofní** – největší množství výskytu chrysomonád
2. **Mírně mesotrofní**
3. **Mesotrofní**
4. **Silně mesotrofní**
5. **Eutrofní**
6. **Silně eutrofní** – pouze vzácné nálezy chrysomonád

<b>Trophic Category</b>	<b>Trophic Score</b>	<b>Total Phosphorus (<math>\mu\text{g} / \text{l}</math>)</b>	<b>Total Nitrogen (<math>\mu\text{g}/\text{l}</math>)</b>	<b>Chlorophyll-<i>a</i> (<math>\mu\text{g}/\text{l}</math>)</b>	<b>Secchi Disk Depth (m)</b>
Oligotrophic	(-204) to (-112)	0 - 10	0 - 200	0 - 2	>6
Early Mesotrophic	(-112) to (-43)	10 - 15	200 - 300	2 - 5	4 - 6
Mesotrophic	(-43) to 45	15 - 25	300 - 500	5 - 10	3 - 4
Late Mesotrophic	45 to 108	25 - 30	500 - 600	10 - 15	2 - 3
Eutrophic	108 to 293	30 - 50	600 - 1000	15 - 30	1 - 2
Highly Eutrophic	>293	>50	>1000	>30	0 - 1

Tab.4. Tabulka jednotlivých trofických skupin a jejich charakteristik podle 4 proměnných. Ze SIVER & MARSCIANO 1996.

Druhy lze pak podle jejich tolerance rozmístit podél gradientu trofie. *Mallomonas paludosa*, *M. retrorsa*, *M. acaroides* var. *muskonana* a *Synura lapponica* jsou typičtí zástupci oligotrofních vod. Naproti tomu *M. heterospina*, *M. acaroides* var. *acaroides* a *Synura curtispina* se vyskytují při vysokých hladinách trofie. *M. tonsurata* a *M. corymbosa* se vyskytují ve vodách s různou mírou eutrofizace, ale nikdy je nenajdeme ve vodách oligotrofních. Naopak *M. elongata* nebo *S. uvella* jsou schopny tolerovat jak lehce eutrofní vody, tak je nacházíme i na oligotrofních lokalitách. Rozložení druhů podél gradientu spolu s jejich optimy výskytu znázorňuje Obr.6.



Obr.6. Výskyt druhů podle jejich tolerance k hodnotám trofie spolu s jejich optimálními hodnotami pro výskyt. Převzato ze SIVER & MARSIANO (1996).

V silně eutrofizovaných vodách se chrysomonády téměř vůbec nevyskytují. Existuje několik teorií pokoušejících se tento fakt vysvětlit. Může to být z důvodu zvýšené konkurence s ostatními druhy fytoplanktonu, např. se sinicemi, které dokážou efektivněji využít větší množství dostupných živin. (SANDGREN 1988). Dále může jít o souhrn více faktorů, které



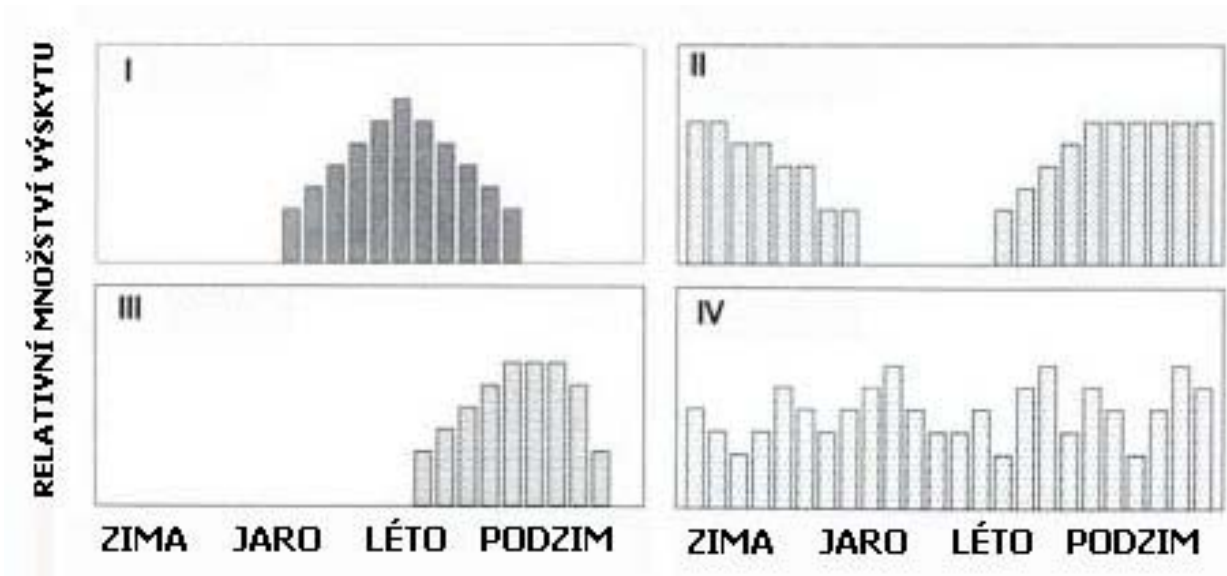
v eutrofních nádržích panují. Jedná se spíše o nádrže mělké, tudíž s vyššími teplotami vody, což je v rozporu s ideálními podmínkami výskytu pro chrysomonády, jak bylo uvedeno dříve (metalimnium oligotrofních chladnějších jezer). V mělkých nádržích nemohou chrysomonády tak snadno uniknout predátorům do větších metalimnických hloubek, mělké nádrže se také snadněji promíchávají a ohřívají a to pro chrysomonády s optimem růstu spíše v nižších teplotách není ideální (WATSON & MCCAULY 2005). Rovněž bývá pravidlem, že vysoce eutrofní lokality mají i vyšší pH a konduktivitu, a optima výskytu chrysomonád na těchto dvou parametrech opět leží spíše ve středních a nižších hodnotách (SUSHIL et al.).

### 3.4. Výskyt podél gradientu teploty

Teplota hraje v rozšíření chrysomonád také svou roli. Má vliv zejména na sezónní vývoj početnosti populací na dané lokalitě (SIVER 1995, SIVER & HAMER 1992). Druhy se nacházejí ve velkém rozmezí teplot, ale jejich optima se opět druhově liší (ROIJACKERS & KESSELS 1986):

1. **Eurytermní** – druhy se širokým spektrem tolerance teplot
2. **Stenotermní** – druhy s úzkým rozpětím tolerance
3. **Oligotermní** – optima v nižších teplotách
4. **Polytermní** – optima ve vyšších teplotách

Teplotní optima jsou pro druhy důležitá z hlediska rychlosti jejich růstu. Bylo prokázáno, že největší rychlosti dosahují spíše při nižších teplotách. Pokud jsou jejich podmínky růstu ideální, mohou tak přerůst a konkurenčně vytlačit jiné druhy fytoplanktonu a stát se dominantami nejen na jaře (KRISTINASEN 1975), ale i v průběhu celého roku (SIVER & HAMER 1992). Záleží také na tom, jaké druhy se spolu na lokalitě nacházejí (Obr.7). Pokud máme vedle sebe dva druhy se stejnou valencí teplot, pak jejich společná optima mohou znásobit rychlost vývoje chrysomonád v celkovém fytoplanktonu (typ II), a naopak při snížení či zvýšení teploty za hranici jejich tolerance mohou zcela z fytoplanktonu vymizet (typ I a III). Pokud má jeden z druhů jiné optimum teploty než druhý, budou se chrysomonády s velkou pravděpodobností nacházet ve fytoplanktonu celoročně (typ IV) (pokud by jejich výskyt závisel na teplotě) a to v podobě chladno- či teplomilnějšího druhu v závislosti na ročním období (NICHOLLS & GERATH 1985).



Obr.7. Různé typy sezónní distribuce chrysomonád ve fytoplanktonu. Typy distribucí jsou vysvětleny v textu. Převzato ze NICHOLLS & GERATH 1985.

## 4. Bioindikace

### 4.1. Chrysomonády jako bioindikátory

Bioindikátory jsou organismy, pomocí nichž je možné monitorovat vývoj stavů životního prostředí či ekosystému. Faktorem určujícím změny prostředí jsou pak změny abundance a druhového složení těchto organismů (KRISTIANSEN 2005).

Chrysomonády, stejně jako jiné bioindikační organismy musejí splňovat několik podmínek. Bioindikátory musí být taxonomicky přesně definované, snadno identifikovatelné a jejich výskyt se musí vyznačovat úzkou ekologickou valencí podél gradientu sledovaného faktoru prostředí (KRISTIANSEN 1986). Mnoho druhů křemičitých chrysomonád tyto podmínky splňuje, a navíc se jejich cysty a šupiny, podle kterých je lze zpětně určit, dobře zachovávají v sedimentech.

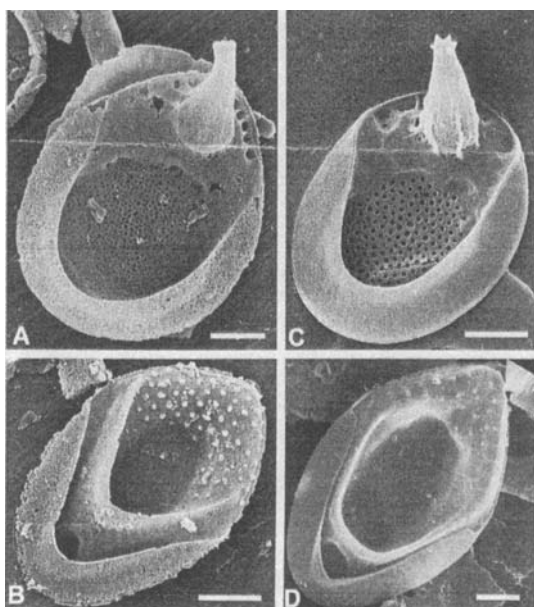
#### 4.1.1. Využití v paleolimnologii

Dříve se v paleolimnologii používaly pouze křemičité schránky rozsivek, v posledních 15 letech se však začaly ve studiích používat i šupiny a cysty chrysomonád (SUSHIL et al. 1999).

Cysty jsou nejčastěji využívány ve studiích, kde se porovnávají dnešní stavy vod s podmínkami z preindustriální doby a v Evropě z doby před jejím osídlením (SIVER et al. 1999) a k posouzení klimatických změn (SMOL 2005). Takovéto studie byly prováděny například na jezerech v Connecticutu (SIVER et al. 1999; MARSCIANO & SIVER 1993), na jezerech v pohoří Adirondack v USA (SMOL et al. 1983; SIVER 1987) nebo v jezerech ve Vermontu a v New Hampshire (SIVER & LOTT 2000).

Vzhledem k tomu, že chybí historická data o faktorech prostředí z minulých dob, využívají se křemité struktury, získané z vrtů do starších vrstev sedimentu, pro určení jednak typu změny, a jednak jakým faktorem byla tato změna způsobena – zda přírodním vývinem ekosystému, nebo antropogenními vlivy (SIVER et al 1999). Například v Minnesotě byly v sedimentech z doby před 8,500 lety nalezeny struktury podobné cystám chrysomonád a to na místě, kde se věřilo že bývala travnatá prairie (SIVER 2003).

Unikátním nálezem jsou šupiny z vrtu „Girrafe Pipe“ z jezerního sedimentu v Kanadě. Ve vrtu hlubokém 163 m bylo nalezeno několika chrysofytních šupin. Nálezy byly z hloubek 95,6m a 127,6m. Oba nálezy jsou datované z doby středního Eocénu, tedy z doby asi před 47 mil. lety. Na základě znalostí ekologických nároků druhů chrysomonád se zdá, že zatímco druhy z hloubky 127,6 m pocházejí z jezera, v hloubce 95,6m se již nacházejí druhy z mělkého rašeliniště (SIVER & WOLF 2005).



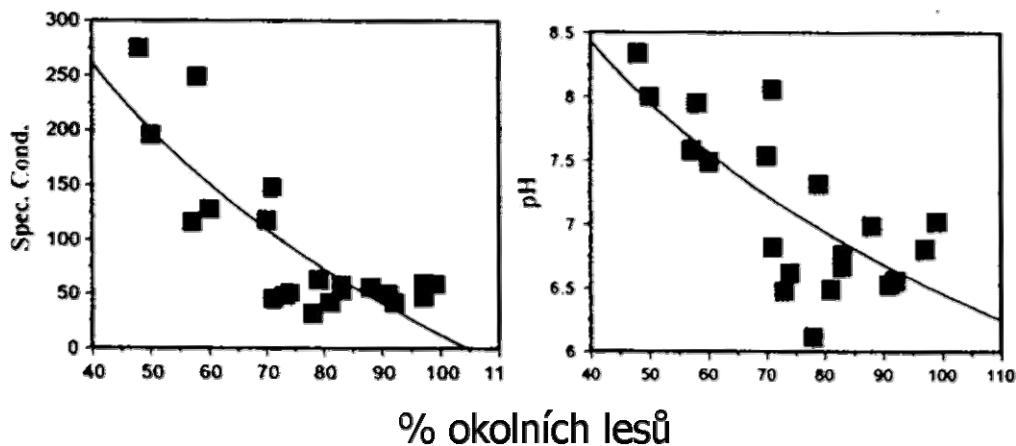
Obr.8.

A, B: nálezy šupin z Eocénu srovnané s nálezy s dnešní doby (C, D) Ze SIVER & WOLF 2005.

Struktury podobné cystám chrysomonád se našly i v mořských sedimentech z období druhohor (145 mil. – 65 mi.l let). Vzhledem k tomu, že nálezy ze starších vrstev se

neobjevily, mohlo by to znamenat, že v tomto období započala silifikace u této skupiny řas (SIVER & WOLF 2005).

Mnoho studií se rovněž zabývá studiem změn v posledních desetiletích v kvalitě vody, zejména v temperátních jezerech Severní Ameriky a Evropy. Chrysomonády se využívají jako indikátory změn v kyselých depozicích (CHARLES AND SMOL 1988, SIVER AN HAMER 1999, CUMMING et al 1991), při stanovení míry acidifikace způsobené např. nárůstem CO<sub>2</sub> z emisí (MARSCIANO & SIVER 1993, SIVER & LOTT 2000) či pro sledování klimatických změn (SIVER 1993). Například ze studie prováděné na jezerech v Connecticutu vyplývá, že v posledních 100 letech se hodnota pH zvedla v rozpětí 0,4- 1,1 a hladina konduktivity se zvýšila přes 100 μS . cm<sup>-1</sup>. Jako jedním z hlavních důvodů bylo vykácení značného množství lesního porostu v okolí těchto jezer (obr.9) a jejich následné obhospodařování (SIVER et al. 1999).



Obr.9. Změny trofie a pH v závislosti na kácení okolních lesů. Přítomnost lesních ploch uvedena v %. Ze SIVER et al. 1999

## 5. Biogeografie

### 5.1. Geograficky podmíněné rozšíření

Podle KRISTIANSENA (2001) je rozšíření chrysomonád závislé na konkrétních podmínkách prostředí, na tom, jak se v minulosti měly možnost rozšiřovat ze svých stanovišť a na možnostech, které takovéto šíření zprostředkují. Podle této teorie jsou tedy druhy geograficky rozmístěny, ať už v klimatických zónách nebo v rámci kontinentů. Podle tohoto rozšíření se řadí do několika kategorií:

1. **kosmopolitní** – druhy nalezené na všech kontinentech; např. *M. tonsurata*
2. **široce rozšířené** – chybí na 1-2 kontinentech (často je tímto kontinentem Austrálie)
3. **bipolární** – s výjimkou tropického pásu výskyt na obou polokoulích, např. *M. alata*
4. **tropické** – pouze v tropických oblastech
5. **arktické a temperátní** – rozšíření pouze v temperátních či arktických zónách severní polokoule, např. *M. hamata*
6. **rozptýlené** – pouze v rámci dvou nebo tří kontinentů, např. *Synura mollispina*
7. **endemické** – výskyt omezen na jediný kontinent

O možnostech rozšiřování mezi vzdálenějšími lokalitami se vedou spory. Bičíkatá stádia mají jen malou pravděpodobnost, že by se mohla bez vyschnutí dostat do větších vzdáleností. Přenášeny jsou tedy pravděpodobně křemičité stomatocysty. Jednou z možností je přenos cyst na nebo uvnitř těla ptáků, což by ale nevysvětlovalo celkové geografické rozšíření, neboť na mnoho míst, kde se chrysomonády vyskytují, nevedou žádné migrační trasy ptáků (WEE et. al. 1993). Na tato místa by se pak mohly stomatocysty dostat spolu se vzdušnými mikročásticemi unášenými větrem (KRISTIANSEN 1996). Nezanedbatelným faktorem pro šíření chrysomonád je pak člověk - převozem ryb nebo vodních rostlin z místa na místo, mezi kontinenty a jinak izolovanými ostrovy pak v zásobách sladké vody na lodích (KRISTIANSEN 2001). Posledním faktorem minulých desetiletí může být transport druhů na nedostatečně vymytých planktonních sítích či jiných pomůckách vědců cestujícími mezi více lokalitami (KRISTIANSEN 2007).

## 5.2. Neutrální teorie ubikvitního rozšíření

Naproti této teorii staví FINLEY & CLARKE tzv. neutrální teorii ubikvitního rozšíření druhů. Týká se všech mikroorganismů menších než 1mm a toho, že skupiny mikroorganismů jsou velice staré a tudíž již měli ve své historii dost času a možností na to, aby se globálně rozšířily. Tato teorie také předpokládá velkou lokální diversitu mikroorganismů, která se se zvětšující plochou mění jen málo (FENCHEL & FINLAY 2004). Pokud nebyly na některých lokalitách nalezeny, je to zapříčiněno nevhodnými podmínkami prostředí, které zde nedovolují druhu přežít.

Rozšíření chrysomonád tak, jak je publikoval KRISTIANSEN (2001) není v rozporu s touto teorií kromě faktu, že druhy nacházející se v severní temperátní zóně se nevyskytují na jižní polokouli. Model ubikvitního rozšíření na vybraných zástupcích rodu *Mallomonas* a pravděpodobnost jejich výskytu na jižní polokouli testovali ve své práci ŘEZÁČOVÁ &

NEUSTUPA (2007). Srovnávali nálezy v jedné aluviální tůni, soustavě několika aluviálních tůní, nálezy v ČR a nálezy publikovanými ve světě. U druhů nalezených ve zkoumaných tůních pak byla v závislosti na počtu jejich předchozích nálezů vypočtena pravděpodobnost, s jakou by mohly být nalezeny i na polokouli jižní. U velké většiny druhů byla tato pravděpodobnost značně vysoká. Pokud tomu tak u některých druhů není, může to být zapříčiněno buď tím, že druh je z evolučního hlediska příliš mladý, než aby se stačil globálně rozšířit. Další možností je menší schopnost některých druhů se šířit, což může být způsobeno např. menší odolností jejich cyst. Také připadá v úvahu možnost, že šíření cyst je vázáno na určitou skupinu zvířat, která se sice v areálu dosavadního výskytu druhu pohybuje, ale nemůže tento areál opustit. Druhy chrysomonád tak nebudou mít možnost se mimo tento areál rozšířit (ŘEZÁČOVÁ & NEUSTUPA 2007).

## 6. Praktická část

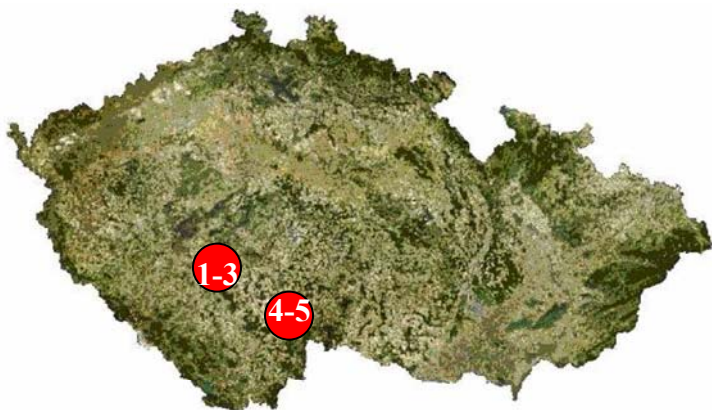
### 6.1. Úvod

Chrysomonády s křemitými šupinami jsou často významnou součástí fytoplanktonu sladkovodních jezer a nádrží. Cílem práce bylo zvládnutí metodiky odběru a následného zpracování vzorků ze vhodných přírodních lokalit, na nichž je možné předpokládat výskyt křemičitých chrysomonád, a následné vyhodnocení výskytu nalezených druhů v kontextu přírodních podmínek, ve kterých byly nalezeny zde a v dosud publikovaných studiích.

Rašeliniště Borkovická Blata a rybníky v lesích Novohradských hor se zdály jako ideální lokality, na niž lze předpokládat hojnější výskyt chrysomonád.

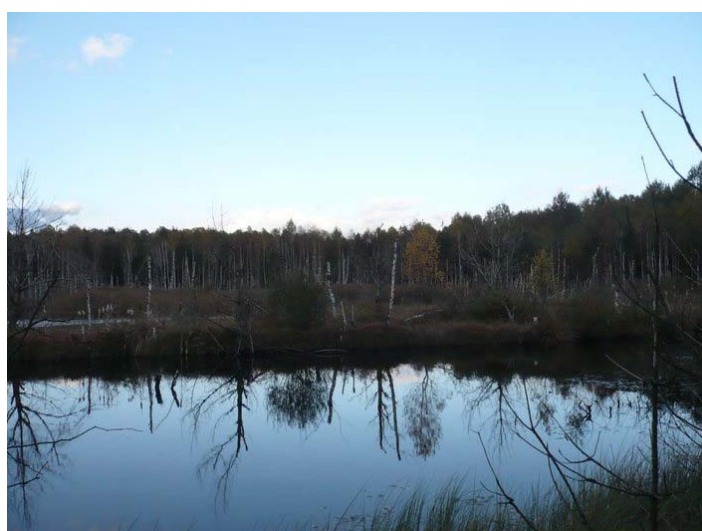
### 6.2. Odběrové lokality

Lokality Borkovická Blata a Novohradské hory jsou unikátními biotopy. Rašeliniště Borkovická Blata se nachází na jihu Čech poblíž Veselí nad Lužnicí. Rašeliniště staré více jak deset tisíc let bylo od poloviny dvacátých let využíváno pro těžbu rašeliny, která probíhala do nedávné doby. Vzorky byly sbírány z mělkých rašelinných jezírek vzniklých předchozí těžbou rašeliny. Nacházejí se na části rašeliniště o výměře asi 50 ha, které je od roku 1980 chráněné. Novohradské hory představují cennou nedotčenou přírodní oblast u česko – rakouských hranic (Obr. 10.) Tato oblast byla v letech 1948-1989 uzavřena pro veřejnost a v roce 2000 zde byla založena Přírodní rezervace Novohradské Hory. Rybníky, nebo lesní nádrže, z nichž byly vzorky odebírány, byly vystavěny v 18. století k plavení dřeva.



Obr. 10. Odběrová místa:  
Lokality Borkovická blata-č.1-3,  
Lokality Novohradské Hory č.4-5.

Hlavní chemicko-fyzikální parametry na zkoumaných lokalitách je zobrazen v Tab.5., a na Obr. 11 jsou fotografie některých odběrových míst.



Obr. 11. Fotografie odběrových lokalit  
1-Uhlíšťský rybník, 2-Huťský rybník  
3-5 Borkovická Blata



Lokalita	Datum odběru	pH	kond. ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )	Teplota ( $^{\circ}\text{C}$ )	NH <sub>3</sub> ( $\mu\text{g/l}$ )	P ( $\mu\text{g/l}$ )	N ( $\mu\text{g/l}$ )
1 Borkovická blata, tůň 1	19.10.2007	5,6	149	6,7	2,16	0,31	2,4
2 Borkovická blata, tůň 2	19.10.2007	5,5	101	6	1,61	0,23	6,9
3 Borkovická blata, tůň 3	19.10.2007	5,9	85	6,8	1,8	0,35	2,8
4 Novohradské hory, Uhlíšťský rybník	7.12.2007	5,58	45	0,2	2,8	0,18	1,8
5 Novohradské hory, Huťský rybník	7.12.2007	5,93	46	0	1,7	0,2	1,7

Tab.5. Hlavní chemicko-fyzikální parametry na zkoumaných lokalitách

### 6.3. Odběry vzorků a měření

Vzorky byly odebírány planktonní sítí o velikosti ok 20  $\mu\text{m}$  a zároveň s planktonem byla injekční stříkačkou odebírána i svrchní část sedimentu. Na rašeliništích a na březích rybníků s vodní vegetací byl z rostlin ždímán metafyton. Zvlášť pak byl odebrán vzorek nezčeřené vody pro pozdější spektrofotometrická měření hodnot celkového fosforu, křemíku a dusíku. Všechny vzorky byly po příjezdu do laboratoře prohlédnuty pod světelným mikroskopem a ty, které obsahovaly šupinaté chrysomonády byly v příslušném množství nakapány na měděné síťky pokryté formvarovou vrstvou. Tyto síťky pak byly prohlíženy pod transmisním elektronovým mikroskopem JEOL 1011 pro determinaci druhové složení těchto lokalit. Zbytek vzorku byl zafixován Lugolovým roztokem pro případné opětovné využití.

Měření pH, konduktivity a teploty vody probíhalo přímo v lokalitě a to pomocí terénního měřicího přístroje Combo pH EC (Hanna Instruments). V laboratoři byly pak ze vzorků čisté nezčeřené vody měřeny další parametry vodního prostředí. Zjišťovalo se množství celkového dusíku, celkového fosforu za využití spektrofotometru DR/890 Colorimetr (Hach). Naměřené hodnoty jsou uvedeny v Tab. 5.

### 6.4. Výsledky a diskuze

Zkoumané lokality mají podobné hodnoty pH, ale hodnoty vodivosti se liší. Tyto hodnoty jsou vyšší v lokalitách z Borkovických Blat, kde se pohybují kolem  $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . V rybnících Novohradských hor jsou hodnoty pouze okolo  $50 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Nicméně druhové složení chrysomonád se mezi těmito dvěma lokalitami příliš neliší. Druhy nalezené v jednotlivých

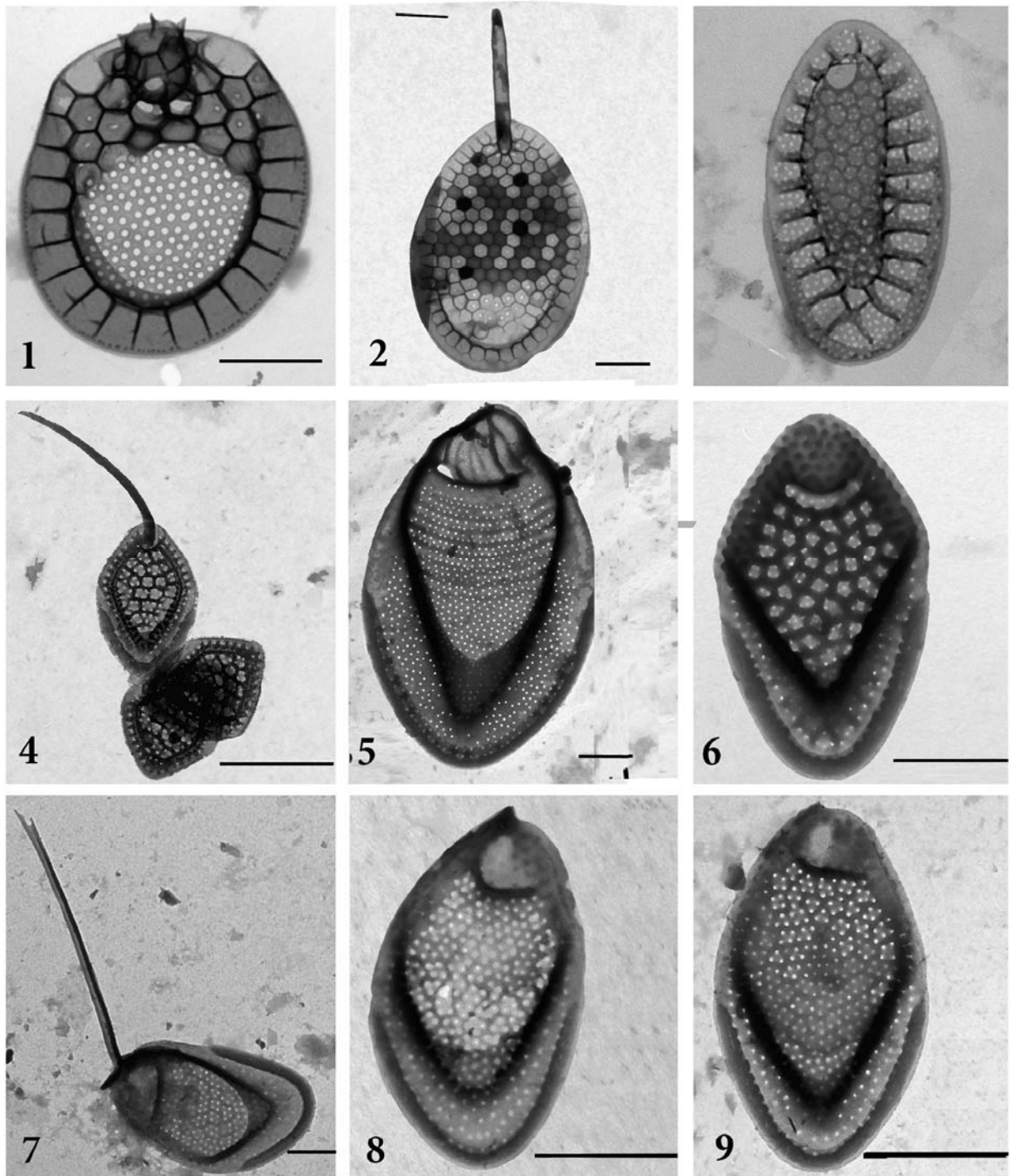
lokalitách jsou shrnuty v Tab.6. Bylo zaznamenáno celkem 22 druhů chrysomonád z třídy Synurophyceae. Počet druhů nalezených na Borkovických Blatech (Lokality 1-3) se pohyboval v rozmezí 2 - 12, v Novohradských Horách (lokality 4-5) byl nalezen shodný počet 11 druhů.

Mezi nejčastější druhy patřila *Synura petersenii*, která byla nalezena ve všech 5 lokalitách. Dalšími hojnými druhy nalezenými na 4 lokalitách byly *S. spinosa* a *Mallomonas papillosa*.

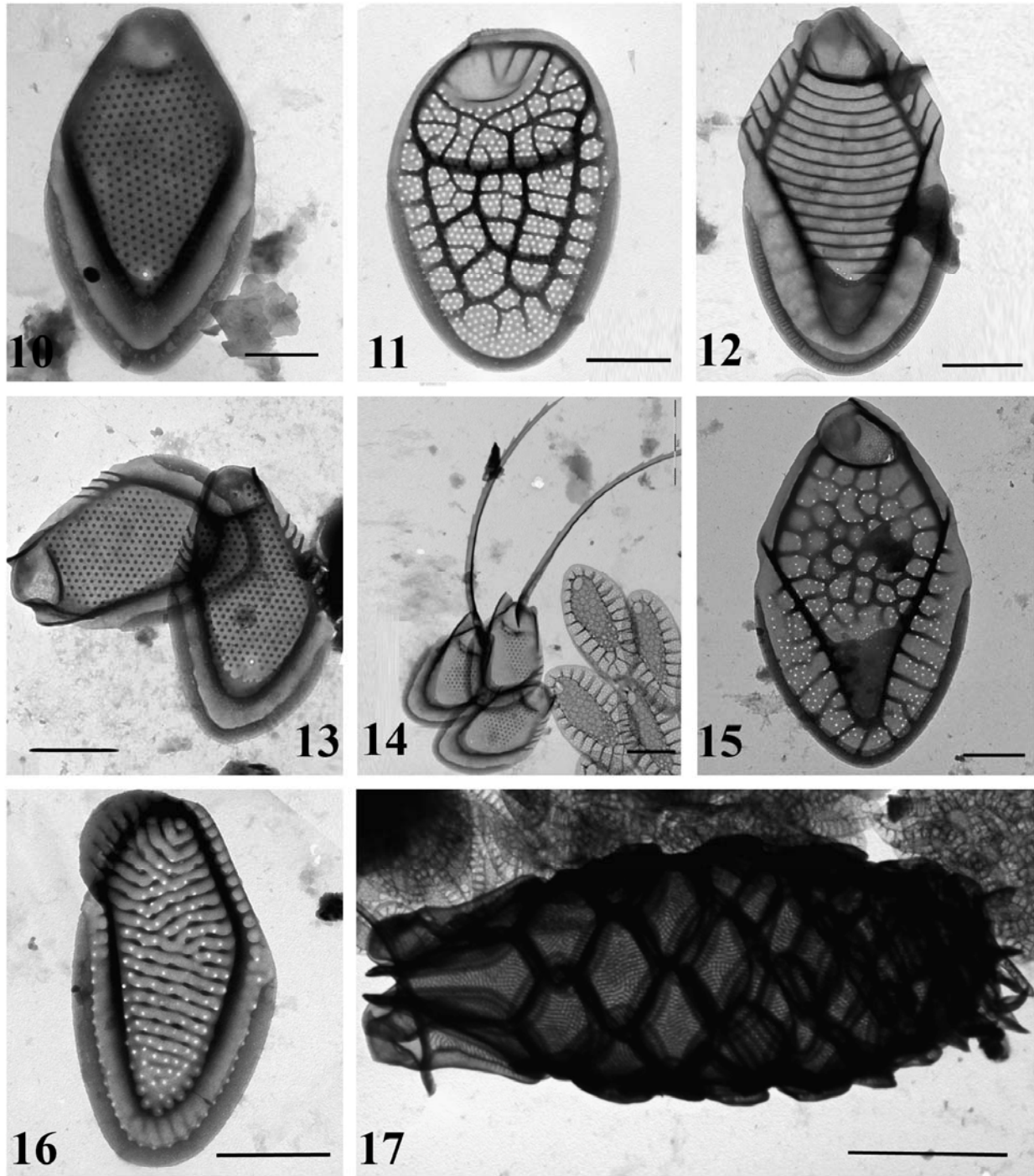
Většina druhů z těchto lokalit je pH indiferentní s širokým rozšířením. Byly nalezeny i některé vzácné druhy (*S. mollispina*, *M. retifera*, *M. kalinae*). Druh *Mallomonas conspersa* byl České republice nalezena poprvé. Fotografie šupin podobných šupinám *M. conspersa* byly dříve publikovány v Japonsku, jako neidentifikovaný druh (TAKAHASHI 1959) a později byl druh popsán z Nového Zélandu (DÜRRSCHMIDT 1986). Před tím byl také publikován záznam o jejím nálezu v Japonsku, ale nebyl doložen fotografiemi šupin (ITO 1991). Šupiny toho druhu jsou velice podobné šupinám druhu *M. retifera*. Druhy by se měly lišit ve velikosti buněk a šupin a (*M. conspersa*: velikost buňky 8-15 x 5-7  $\mu\text{m}$ , velikost šupin: 2.8-3.5 x 1,5-2  $\mu\text{m}$ ; *M. retifera* : velikost buňky 17-20 x 5-9  $\mu\text{m}$ , velikost šupin 3,2-3,7 x 2-2,4  $\mu\text{m}$ ), zde ale byly nalezeny šupiny obou druhů o shodné velikosti. Oba druhy byly nalezeny na téže lokalitě (viz Tab. 9). SIVER (1991) se na základě podobné morfologie domnívá, že tyto dva vzácné druhy mohou představovat jeden a týž druh. Nicméně je zde několik znaků jasně odlišujících šupiny těchto dvou druhů. Například šupiny *M. retifera* mají pod dómem umístěno příčné žebro, což je na první pohled odlišuje od šupin *M. conspersa*. Ty mají naopak z boku nad dóm vyčníhající osten (zub) který šupiny *M. retifera* postrádají (viz. Tab.8., Obr 7-9). Zatímco druh *M. retifera* byl hlášen z Evropy (např. HARTMANN & STEINBERG 1989, PICHRTOVÁ et al. 2007), Jižní Ameriky (DÜRRSCHMIDT 1980, 1982) a východní Asie (ITO 1990), *Mallomonas conspersa* byl považován za mimořádně vzácný druh. Tento druh může být široce či kosmopolitně rozšířen, ovšem ve srovnání s ostatními druhy se vyskytuje jen vzácně. *Mallomonas conspersa* byl popsán jako druh z malé vodní tůně v mírně zalesněném rašeliništi, s pH 5,6 a vodivostí 90  $\mu\text{S} / \text{cm}$  (DÜRRSCHMIDT 1986). Tyto přírodní podmínky odpovídají hodnotám a prostředí, kde byl *M. conspersa* nalezen v této studii (Tab.5 a 6.) Druh *Mallomonas kalinae* je široce rozšířen, ale vyskytuje se vzácně, nalézt ho lze především při vyšších teplotách. DÜRRSCHMIDT & CROOME 1985, ho určili jako *Mallomonas* cf. *rasilis*, popsán byl až roku 2006 (ŘEZÁČOVÁ 2006). *M. pumilio* je druh s prokázaným výskytem převážně při teplotách nižších než 13 ° C, a s bipolárním rozšířením (SIVER 1991). *M. schwemmelei* je možno popsat jako zimní druh temperátních oblastí. Četné populace *M. schwemmelei* byly objeveny v Hutském rybníce (Lok. 5) pod ledem.

Druhy		Lokality				
		1	2	3	4	5
<i>M. tonsurata</i> TEILING			X			X
<i>Synura echinulata</i> KORSHIKOV	Fig. 3	X				
<i>S. mollispina</i> (J.B.PETERSEN & J.B.HANSEN) L.S.PÉTERFI & MOMEU	Fig. 2	X				
<i>S. petersenii</i> KORSHIKOV	Figs 18-19	X	X	X	X	X
<i>S. sphagnicola</i> (KORSHIKOV) KORSHIKOV		X	X			
<i>S. spinosa</i> KORSHIKOV		X	X		X	X
<i>S. uvella</i> EHRENBERG	Fig. 1					
<i>Mallomonas. acaroides</i> PERTY emend. IWANOFF	Fig. 15		X	X	X	X
<i>M. calceolus</i> D.E.BRADLEY					X	
<i>M. conspersa</i> DÜRRSCHMIDT	Figs 7-9		X			
<i>M. costata</i> DÜRRSCHMIDT	Fig. 6		X			
<i>M. crassisquama</i> (ASMUND) FOTT						X
<i>M. heterospina</i> J.W.G.LUND	Fig.11				X	X
<i>M. kalinae</i> ŘEZÁČOVÁ	Fig. 10					X
<i>M. multisetigera</i> DÜRRSCHMIDT					X	
<i>M. ouradion</i> K.HARRIS & D.E.BRADLEY						X
<i>M. papillosa</i> K.Harris & D.E.BRADLEY emend. K.HARRIS	Figs 13-14	X	X		X	X
<i>M. pumilio</i> var. <i>pumilio</i> K.HARRIS & D.E.BRADLEY emend. ASM., CRONB. & DÜRRS.		X	X			
<i>Mallomonas pumilio</i> var. <i>munda</i> ASMUND, CRONBERG & DÜRRSCHMIDT	Fig. 4		X		X	
<i>M. retifera</i> DÜRRSCHMIDT	Fig. 7		X			
<i>M. schwemmleri</i> GLENK emend. GLENK & FOTT	Figs 16-17					X
<i>M. striata</i> K.HARRIS & D.E.BRADLEY	Fig. 12		X		X	X

Tab. 6. Seznam druhů a jejich výskyt ve zkoumaných lokalitách



**Figs 1-9.** 1 - *Synura uvella*; 2 - *S. mollispina*; 3 - *S. petersenii*; 4 - *Mallomonas pumilio*  
 5 - *M. costata*; 6 - *M. retifera*; 7 - 9 *M. conspersa*; Scale = 1 $\mu$ m.



**Figs 10 - 18** 10 - *Mallomonas kalinae*; body scale  
 11 - *M. heterospina*; 12 - *M. striata*; 13 - *M. papillosa*; 14 - *M. papillosa*; scales with bristles 15 - *M. acaroides* 16-18 - *M. schwemlii*; 16 - scale; 17 - whole cell; scale bar 500 nm; Scale = 1  $\mu$ m

## 7. Závěr

V dnešní době se studiem šupinatých chrysomonád zabývá stále více studií. Chrysomonády se ve stále větší míře úspěšně využívají jako bioindikátory přírodních podmínek, což je umožněno úzkou ekologickou valencí jednotlivých druhů a jejich snadnou identifikací. Mnoho studií to potvrzuje a dále se snaží určit co nejpřesnější rozpětí těchto podmínek a poznat ekologické nároky jednotlivých druhů co nejpřesněji. Zároveň je nezbytné posoudit přesnost morfologického určování druhů podle křemitých struktur, zda toto tradiční členění skutečně odpovídá fylogenetickému členění druhů. Proto se některé studie snaží potvrdit či vyvrátit toto tradičního morfologického členění srovnáváním morfologických dat spolu s daty molekulárními. Co se geografického rozšíření týče, mnoho druhů bylo nalezeno po celém světě a jejich rozšíření je tedy kosmopolitní, ale některé druhy se stále na mnoha místech nalézt nepodařilo, a tak zůstává otázkou, zda je jejich rozšíření ubikvitní, či geograficky podmíněné.

V praktické části se podařilo odebrat a zpracovat vzorky ze dvou vybraných lokalit a následně určit jejich druhové složení. Hodnoty podmínek prostředí, ve kterých byly druhy nalezeny, odpovídaly předchozím publikovaným nálezům. Výsledkem praktické části je floristický článek (JANATKOVÁ & NĚMCOVÁ 2009).

## 8. Použitá literatura:

- ANDERSEN, R. A.** (1987): Synurophyceae species nov., a new class of algae. – Amer. J. Bot. 74: 337- 353
- ANDERSEN, R. A.** (2007): Molecular systematics of the chrysophyceae and Synurophyceae - Unravelling the algae: the past, present, and future of algal systematics, edit. Juliet Brodie, Jane Lewis, CRC Press, 15: 286-310
- ASMUND, B.** (1955): Electron microscope observations on *Mallomonas caudata* and some remarks on its occurrence in four Danish ponds. – Bot. Tidsskr. 52: 163-16.
- ASMUND, B. & KRISTIANSEN, J.** (1986) The genus *Mallomonas* (Chrysophyceae). – Opera Botanica 85: 5-128
- BHATTI S., COLMAN B.** (2008): Inorganic carbon acquisition in some synurophyte algae. Physiol Plant. 133: 33-40
- CUMMING B.F., SMAOL J.P. & BIRKS H.J.B.** (1990): The relationship between sedimentary chrysophyte scales (Chrysophyceae and Synurophyceae) and limnological characteristics in 25 Norwegian lakes – Nordic Journal of Botany 11: 231-242
- CUMMING, B.F., SMOL, J.P., & BIRKS, H.J.B.** (1992). Scaled chrysophytes. (Chrysophyceae and Synurophyceae) from Adirondack drainage lakes and their relationship to environmental variables
- DIXIT, S.S., DIXIT, A.S. & SMOL, J.P.** (1999): Lake sediment chrysophyte scales from the northeastern U.S.A. and their relationship to environmental variables. J. Phycology 35: 903-918
- DÜRRSCHMIDT, M.** (1980): Studies on the Chrysophyceae from Rio Cruces, Prov. Valdivia, South Chile by Scanning and transmission microscopy. – Nova Hedwigia 33: 353-388.
- DÜRRSCHMIDT, M.** (1982): *Mallomonas parvula* sp. nov. and *Mallomonas retifera* sp. nov. (Chrysophyceae, Synuraceae) from South Chile. – Can. J. Bot. 60: 651-656.
- DÜRRSCHMIDT, M.** (1986): New species of the genus *Mallomonas* (Mallomonadaceae, Chrysophyceae) from New Zealand. – In: Kristiansen, J. & Andersen, R. A. (eds): Chrysophytes. Aspects and Problems, 87-106 pp., Cambridge University Press
- DÜRRSCHMIDT, M. & CROOME, R.** (1985): Mallomonadaceae (Chrysophyceae) from Malaysia and Australia. - Nord. J. Bot. 5: 285-298
- FOTT, B.** (1955): Scales of *Mallomonas* observed in the elektron microscope. – Preslia 27: 280- 282.

- FENCHEL T. & INLAY B. J.** (2004): Species Diversity in Space and Time - Bioscience 54, 777, Cambridge Univ. Press, Cambridge,
- FINLAY B.J., CLARKE K.J.** (1999): Ubiquitous dispersal of microbial species. Nature 400: 828
- ITO, H.** (1990): Chrysophytes in the southern part of Hyogo prefecture, Japan (I). Chrysophyte flora in three ponds and reservoir. - Jap. J. Phycol. 38: 327-332.
- KALINA, T. & VAŇA, J.** (2005): Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii, 606 pp. Universita Karlova v Praze, Nakladatelství Karolinum, Praha
- KRISTIANSEN, J.** (1971): A *Mallomonas* bloom in a Bulgarian mountain lake. – Nova Hedwigia 21: 877- 882
- KRISTIANSEN, J.** (1986): The ultrastructural base of chrysophyte systematics and phylogeny CRC Crit. Rev. Plant Sci. 4:149- 211
- KRISTIANSEN J.** (2001): Biogeography of silica-scaled chrysophytes - Nova Hedwigia Beih 122: 23—39
- KRISTIANSEN J.** (2002): The genus *Mallomonas* (Synurophyceae) — a taxonomic survey based on the ultrastructure of silica scales and bristles. Opera Bot 139: 5—218
- KRISTIANSEN, J.** (2005): Golden Algae, 166 pp. Gantner Verlag Kommanditgesellschaft
- KRISTIANSEN, J.** (2007): Dispersal and biogeography of silica-scaled chrysophytes – Biodivers Conserv 17: 419-426
- KRISTIANSEN, J. & PREISIG H. R. (EDS.)** (2001): Encyclopedia of Chrysophyte genera. – Bibl.Phycol. 110
- KRISTIANSEN, J.** (1975): On the occurrence of the species of *Synura* (Chrysophyceae) – Verh. Internat. Verein. Limnol. 1:2709-2715
- MARSICANO, L.J. AND P.A. SIVER.** (1993): A paleolimnological assessment of Lake Acidification in five Connecticut lakes. J. Paleolimnology 9: 209-221.
- NICHOLLS, K. H. & GERRATH, J. F** (1985): The taxonomy of *Synura* (Chrysophyceae) in Ontario with special reference to taste and odour in water supplies. - Canad. J. Bot. 63: 1482-1493
- PICHRTOVÁ, M. & VESELÁ, J.** (in press): Silica-scaled chrysophytes in the Elbe Sandstone Region, Czech Republic.- Fottea.SUSHIL et al 1999
- ROIJACKERS, R. M. & KESSELS, H.** (1986): Ecological characteristics of scale-bearing Chrysophyceae from the Netherlands. - Nord. J. Bot. 6: 373-385.
- ŘEZÁČOVÁ, M.** (2006): *Mallomonas kalinae* (Synurophyceae), a new species of alga from



- northern Bohemia, Czech Republic. - *Preslia* 78: 353–358.
- ŘEZÁČOVÁ, M. & NEUSTUPA J.** (2007): Distribution of the Genus *Mallomonas* (Synurophyceae) – Ubiquitous Dispersal in Microorganisms Evaluated. – *Protist* 157(4)
- SANDGREN C. D.** (1988): The ecology of chrysophyte flagellates: their growth and perennation strategies as freshwater phytoplankton. – In: Sandgren, C. D. (ed): Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton: 9-104, Cambridge University Press, Cambridge.
- SAXBY-ROUEN K. J. & LEADBEATER B.S., REYNOLDS C. S.** (1998): The relationship between the growth of *Synura petersenii* (Synurophyceae) and components of the dissolved inorganic carbon system. *Phycologia* 37: 467–477
- SIVER, P. A.** (1987a): The distribution and variation of *Synura* species (Chrysophyceae) in Connecticut, USA. - *Nord. J. Bot.* 7: 107-116.
- SIVER, P.A.** (1987): Distribution of scaled chrysophytes in 17 Adirondack (New York) lakes with special reference to pH. *Can. J. Bot.* 66: 1391-1403
- SIVER, P. A.** (1988): The distribution of scale chrysophytes along a pH gradient, *Canadian Journal of botany* 59
- SIVER P. A.** (1989): The distribution of scaled chrysophytes along a pH gradient. *Can J Bot* 67: 2120—2130
- SIVER, P. A.** (1991): The biology of *Mallomonas*: Morphology, Taxonomy and Ecology. – Kluwer Academic Publishers
- SIVER, P.A.** (1993): Inferring lakewater specific conductivity with scaled chrysophytes. *Limnol. Oceanogr.* 38: 1480-1492
- SIVER, P. A.** (1995): The distribution of chrysophytes along environmental gradients: their use as biological indicators. – In SANDGREN, C.D., SMOL, J.P & KRISTIANSEN, J. (eds): Chrysophyte algae, 232-268 pp. Cambridge University Press, Cambridge.
- SIVER, P.A.** (1999): Morphological observations of synurophycean algae from some acidic habitats, including the description of a sub-specific taxon. *Nordic Journal of Botany* 19: 121-128
- SIVER, P.A.** (2002): Paleolimnology: Use of siliceous structures of chrysophytes as biological indicators in freshwater systems. In: *The Encyclopedia of Environmental Microbiology*. G. Bitton, Section Editor. John Wiley. Pages 2317-2327
- SIVER, P.A. & J.S. HAMER.** (1989): Use of extant populations of scaled chrysophytes for the inference of lakewater pH. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47: 1339-1347
- SIVER, P.A. , LOTT, A.M., CASH, E., MOSS, J. & L.J. MARSICANO.** (1999): Century

- changes in Connecticut, U.S.A., lakes as inferred from siliceous algal remains and their relationship to land-use changes. *Limnology and Oceanography* 44: 1928-1935
- SIVER, P. A. & LOTT A. M.**(2000): Preliminary investigations on the distribution of scaled chrysophytes in Vermont and New Hampshire (USA) lakes and their utility to infer lake water chemistry. *Nordic Journal of Botany* 20: 233–246
- SIVER P. A., MARSICANO L. J.** (1996): Inferring lake trophic status using scaled chrysophytes. *Nova Hedwigia Beih* 114: 233—246
- SIVER, P.A., RICARD, R., GOODWIN, R. & A.E. GIBLIN.**(2003): Estimating historical in-lake alkalinity generation and its relationship to lake chemistry as inferred from algal microfossils. *J. Paleolimnology* 29: 179-197
- SIVER, P. A. & SMOL, J. P.** (1993): The use of scaled chrysophytes in long term monitoring programs for the detection of changes lakewater acidity – *Water, Air and Soil pollution* 71: 357-376
- SIVER, P.A. & A.P. WOLFE** (2005): Eocene scaled chrysophytes with pronounced modern affinities. *Int. J. Plant Sci.* 166(3): 533-536
- SMOL, J. P.** (1995): Application of chrysophytes to problems in paleoecology. – In: SANDGREN, C.D., SMOL, J.P & KRISTIANSEN, J. (eds): *Chrysophyte algae*, 303-329, Cambridge University Press, Cambridge.
- SMOL, J. P., CHARLES D. F., & D. R. WHITEHEAD.** (1984): Mallomonadacean (Chrysophyceae) assemblages and their relationships with limnological characteristics in 38 Adirondack (New York) Lakes. *Can. J. Bot* 62:911–923
- TAKAHASHI, E.** (1959): Studies on genera *Mallomonas*, *Synura*, and other plankton in fresh-water by electron microscope (1). – *Bull. Yamagata Univ. Agr. Sci.* 3: 117-51.
- WEE, J. L., BOOTH, D. J.. & BOSSIER, M. A.** (1993): Synurophyceae from Southern. Atlantic Coastal Plain of North America: A preliminary survey in Louisiana, USA. – *Nord. J. Bot.* 11:95-106