

**Univerzita Karlova  
Přírodovědecká fakulta**

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Biologie



**Anna-Marie Hadravová**

**Diverzita vláknitých sladkovodních řas a faktory ovlivňující dynamiku  
jejich společenstev**

The diversity of filamentous freshwater algae and factors affecting the dynamics  
of their communities

Bakalářská práce

Školitel: Mgr. Jan Šťastný, Ph.D.

Praha, 2017

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 13.5.2017

Podpis



kolonie „floating mats“ v recentně revitalizovaném rybníčku ve Stromovce, Praha

Foto: Anna-Marie Hadravová

### **Poděkování**

Ráda bych poděkovala svému školiteli, Honzovi Šťastnému, za trpělivé a laskavé jednání, za jeho drahocenný čas a mnoho inspirace, jež mi během posledních měsíců dodával.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce shrnuje poznatky z doposud publikovaných prací, jež se zabývají ekologií společenstev vláknitých řas. Pozornost je věnována závislosti složení řasových společenstev na jejich sezónní dynamice, faktorech biotických a abiotických. V první části práce je uveden taxonomický přehled rodů, kterými se zabývám. V druhé části jsou rozděleny vodní plochy na základě jejich odlišné morfologie a vlastností (hloubka, teplota apod.). Zkoumám, jaké faktory, a jestli vůbec, ovlivňují strukturu společenstev vláknitých řas ve stojatých vodách temperátní zóny. Neexistuje žádná ucelená práce zabývající se touto problematikou a jde tedy o syntézu poznatků z dostupných zdrojů. Vlákňité řasy mají v mnohých případech nejasné druhové koncepty, jejich rutinní určování do druhu je tudíž problematické. Z tohoto důvodu neexistuje mnoho souhrnných ekologických článků zabývajících se podobnou tematikou.

Klíčová slova: vláknité řasy, ekologie, sladkovodní habitaty, diverzita

## **Abstract**

This bachelors thesis is summing up the knowleadge from published papers which are dealing with the ecology of filamentous algae communities. It is focused on how the seasonal dynamics and biotic and abiotic factors do affect the communities of filamentous algae. The first part of the thesis contains a taxonomical overview of genera of the concern. In the second part there are different types of water habitats divided by their morphology and other characteristics (depth, temperature etc.). I am dealing with the factors affecting the composition of filamentous algae communities in stagnant waters of the temperate zone. No comprehensive works focusing on this field have been published so far. My thesis presents a synthesis of knowledge from avaiable sources. The species concepts of many filamentous algae are quite confusing, that is why their species determination is so difficult. That is the reason why there are not many journal articles dealing with such ecological issues.

Key words: filamentous algae, ecology, freshwater habitats, diversity

## Obsah

<b>1. Úvod</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1. Vlákňitost jako fenomén</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Význam vláknitých řas ve sladkovodních ekosystémech</b> .....	<b>1</b>
<b>3. Druhové koncepty u vláknitých řas</b> .....	<b>2</b>
<b>4. Výskyt vláknitých řas</b> .....	<b>3</b>
<b>5. Zkoumané rody</b> .....	<b>3</b>
<b>5.1 <i>Cladophora</i></b> .....	<b>5</b>
<b>5.2. <i>Oedogonium</i></b> .....	<b>6</b>
<b>5.3. <i>Ulothrix</i></b> .....	<b>7</b>
<b>5.4. <i>Microspora</i></b> .....	<b>8</b>
<b>5.5. <i>Zygnema</i></b> .....	<b>9</b>
<b>5.6. <i>Spirogyra</i></b> .....	<b>10</b>
<b>5.7. <i>Mougeotia</i></b> .....	<b>11</b>
<b>5.8. <i>Tribonema</i></b> .....	<b>12</b>
<b>5.9. <i>Ulva</i></b> .....	<b>13</b>
<b>6. Vodní biotopy</b> .....	<b>14</b>
<b>6.1. Velká jezera</b> .....	<b>14</b>
6.1.1. teplota .....	14
6.1.2. dostupnost živin.....	15
<b>6.2. Mělké habitaty</b> .....	<b>15</b>
6.2.1. sezónní dynamika.....	15
6.2.2. kolonie „floating mats” .....	16
6.2.3. stádium „clear water” .....	17
6.2.4. alelopatické účinky .....	17
<b>7. Kompetice</b> .....	<b>17</b>
<b>8. Parazitismus</b> .....	<b>18</b>
<b>9. Závěr</b> .....	<b>18</b>
<b>10. Zdroje</b> .....	<b>19</b>
<b>11. Internetové zdroje k obrázkům</b> .....	<b>24</b>

# 1. Úvod

## 1.1. Vlákňitost jako fenomén

Vlákňitost je jedna ze strategií, jež řasám přináší mnohé výhody. Vlákňitý typ stélky je v mnoha ohledech jedinečnou morfologickou adaptací. Vlákňité řasy rostou rychle do délky a mohou tak využívat velký objem vody, zatímco je jejich poměr povrch ku objemu konstantní.

Větvení vláken umožňuje řasám lepší využití vody v omezeném prostoru a lepší kontrolu nad absorpcí živin (Margalef, 1983). Ve sladkovodních ekosystémech můžeme velmi často pozorovat trend vedoucí od růstu rychle rostoucích nevětvených vláken po pomalu rostoucí větvená vlákna (Margalef, 1983). Ta jsou do sebe složitě zapletena a tvoří tak kolonie, které se nejčastěji vznášejí na hladině. Dochází k tvorbě takzvaných „*floating mats*“. Pokud se jedná o zelené řasy, používá se zkratka FGA (floating green algae) (Cattaneo *et al.*, 2013). Vznášení se na hladině řasám umožňuje přijímat dostatek světla a množství živin. Řasové kolonie však nejprve vznikají na dně z odolných stádií, spor, jakmile zmizí zamrznutí (Hillebrand, 1983).

Eutrofizace je primární faktor, jež indikuje rozvoj „*floating mats*“ (Hillebrand & Klapwijk, 1976). Jsou také vystaveny řadě extrémních podmínek právě z důvodu radiace, dostupnosti kyslíku a nedostatku živin. Jejich růst směřuje k hladině a jsou vynášeny bublinkami vyprodukovaného kyslíku. Absorbují živiny ze sedimentů a tím redukuje jejich dostupnost pro fytoplankton a plovoucí makrofyta (Ozimek, 1990). Ta často způsobují zastínění, případně až anoxické podmínky a disturbance v biologickém cyklu sloučenin (Green & Fong, 2015). Po období vysoké ozáření jsou masy pokryty žlutou vrstvou tvořenou odumřelými řasami. V senescenci (proces stárnutí) horních vrstev řas hraje roli i UV záření (Hillebrand, 1983).

## 2. Význam vláknitých řas ve sladkovodních ekosystémech

Vlákňité řasy jsou významní primární producenti vod stojatých i tekoucích. O jejich ekologii máme omezené a roztržštěné poznatky. Tyto řasy rostou velmi rychle, a to zejména díky tvorbě vláken a jejich široké ekologické toleranci (Margalef, 1983).

*Spirogyra* a *Cladophora* mohou ztrojnásobit svou biomasu během pouhých tří dnů (Cambra & Aboal, 1992).

Velmi často se vyskytují v přítomnosti makrofyt v litorálu jezer či v malých vodních tělesech. V některých případech je mohou makrofyta i nahradit (Pieczynska, 2008). Obvykle bývají důležitým zdrojem energie pro mnohé bezobratlé, kterým často poskytují vhodné habitaty pro jejich život (Meyer & Likens, 1979) a také tvoří refugia pro zooplankton (Scheffer, 2004).

Bentické vláknité řasy jsou dokonce dominantní primární producenti mělkých jezer a rybníků. Obvykle rostou na povrchu sedimentů a jsou významným zdrojem živin předtím, než dojde k jejich uvolnění do vodního sloupce. Dokáží porůst sediment a tím ho zpevňují. Ve stojatých vodách vláknité řasy pumpují vodu z hloubky, které je bohatá na živiny a mění tak teplotu vody horizontálně, na základě jejího teplotního gradientu. Voda mezi vlákny může být až o šest stupňů Celsia teplejší než voda okolní (Margalef, 1983).

Pod nárasty řasových společenstev je intenzita světla velmi nízká a podmínky mohou být téměř anoxické (Cambra, 1991). Zastíněním vodního biotopu redukuje nárůst fytoplanktonu (Graham *et al.*, 1995). Většina mikroskopického bentosu zredukovala své ztráty tím, že sedimentuje do oblastí, které jsou mimo eufotickou zónu. V jezerech a především v menších vodních habitatech je primární produkce litorálních a bentických řasových společenstev dvakrát vyšší než produkce fytoplankton (Margalef, 1983). Vláknité řasy z bentosu přechází do metafytonu, kde tvoří již zmiňované kolonie plovoucí na hladině tzv. „floating mats”.

### 3. Druhové koncepty u vláknitých řas

Druhové koncepty vláknitých řas jsou nejčastěji tvořeny na základě znaků spojených s pohlavním rozmnožováním (Mrozinska, 1981). V přírodě je ale obvykle najdeme ve vegetativní fázi a nemůžeme dopředu určit, za jakých podmínek přejdou do fáze reprodukční.

Indukovat spájení u mnoha klonů zástupců rodu *Spirogyra* se snažil ve své práci Zwirn *et al.*, 2013. Nenašli nicméně žádný vzorec, dle kterého by *Spirogyra* přecházela do reprodukční fáze. Na základě jejich výsledků lze soudit, že k pohlavnímu procesu dochází v širokém rozpětí ozářenosti, což ovlivňuje odlišné ekologické nároky druhů, které byly



ve studii zkoumány (Zwirn *et al.*, 2013). Stejně tak není znám žádný klíčový faktor, jež indukuje reprodukci u zástupců rodu *Zygnema* (Kim *et al.*, 2007)

Doposud neexistuje žádná práce, jež by se zabývala touto problematikou a je proto velmi obtížné dávat dohromady střípky informací z různých vědeckých článků, kterých pochopitelně i z toho důvodu neexistuje mnoho.

Tvorbu druhových konceptů též komplikuje výskyt polyploidů. Přítomnost polyploidie u zástupců rodu *Spirogyra* dokázal Allen již v roce 1958 (Allen, 1958). Hoshaw tvrdí, že v mnohých případech se nejedná o odlišné druhy, nicméně o polyploidy téhož druhu (Hoshaw *et al.*, 1985). Liší se šířkou vláken, počtem chloroplastů a množstvím chromozomů (Berry & Lembi, 2000). Výskyt polyploidů tedy tvoří velké zmatky při tvorbě druhových konceptů (Hoshaw *et al.*, 1987)(Mccourt, Hoshaw & Wang, 1985).

#### 4. Výskyt vláknitých řas

Diverzita vláknitých řas, obývajících sladké vody, je opravdu široká. Vzhledem k zaměření budoucí diplomové práce a zvládnutelnosti tématu jsem se proto v této práci soustředila pouze na vláknité řasy temperátních zón, jež se vyskytují v různých typech sladkých stojatých vod.

Jak jsem již zmínila v předešlé kapitole, neexistuje mnoho článků, zabývajících se touto problematikou a proto jsou v práci zahrnuty především rody ekologicky významné, čteně studované a zmiňované. V práci není zahrnut fytoplankton, z toho důvodu nezmiňuji vláknité rozsivky a další vláknité planktonní řasy. Práce se tedy zabývá ekologií hojně se vyskytujících rodů vláknitých bentických řas.

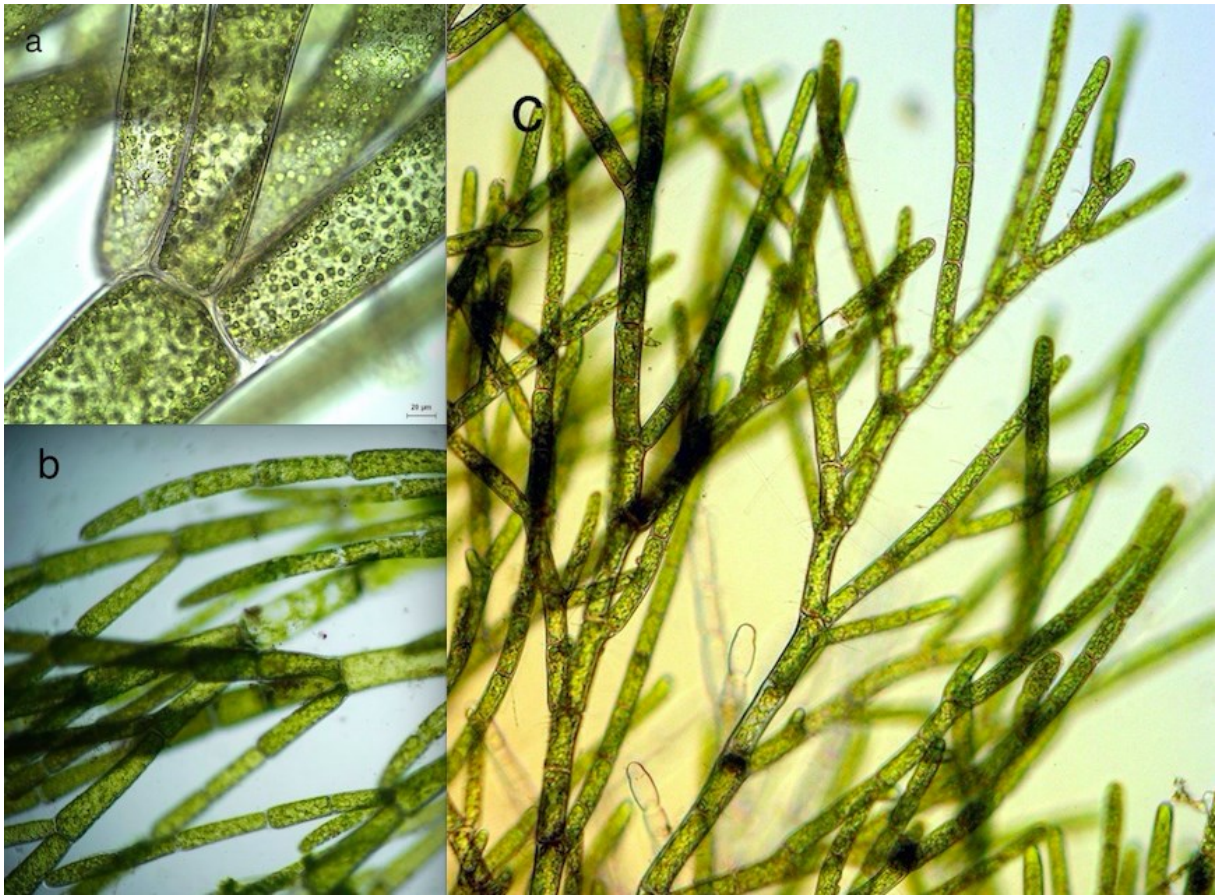
Hlavním cílem práce bylo zjistit, jaké faktory a jakým způsobem ovlivňují složení společenstev vláknitých řas v různých typech sladkovodních lentických habitatů. Dále také získat přehled o rozmanitosti a autekologii nejběžnějších zástupců vláknitých bentických řas a na základě toho zjistit, jaké faktory a podmínky ovlivňují jejich výskyt v určitých typech sladkovodních habitatů

#### 5. Zkoumané rody

V práci se zabývám především rody ekologicky významnými, čili ekologickými dominantami habitatů, o kterých se zmiňuji. Jedná se především o vláknité rody z tříd



## 5.1 *Cladophora*



**Obrázek č.2:** stélka zástupců rodu *Cladophora*

Foto a: dbmuseblade.colorado.edu, Foto b: Jan Kaštovský, Foto c: Ignacio Bárbara

oddělení: Chlorophyta

třída: Cladophorophyceae

### **Morfologie**

Jedná se o makroskopickou řasu s obvykle dichotomicky či sub-dichotomicky větvcí se sifonokladální stélkou. *Cladophora* má apikální či interkalární růst. Gamety bývají dvoubičíkaté, akinety obvykle neprodukuje. V mělkých vodách jsou stélky relativně krátké, zatímco v tekoucích vodách jsou dlouhé s malým počtem větví. Velká morfologická plasticita způsobuje problémy s taxonomickou identifikací (Littler & Littler, 1980).

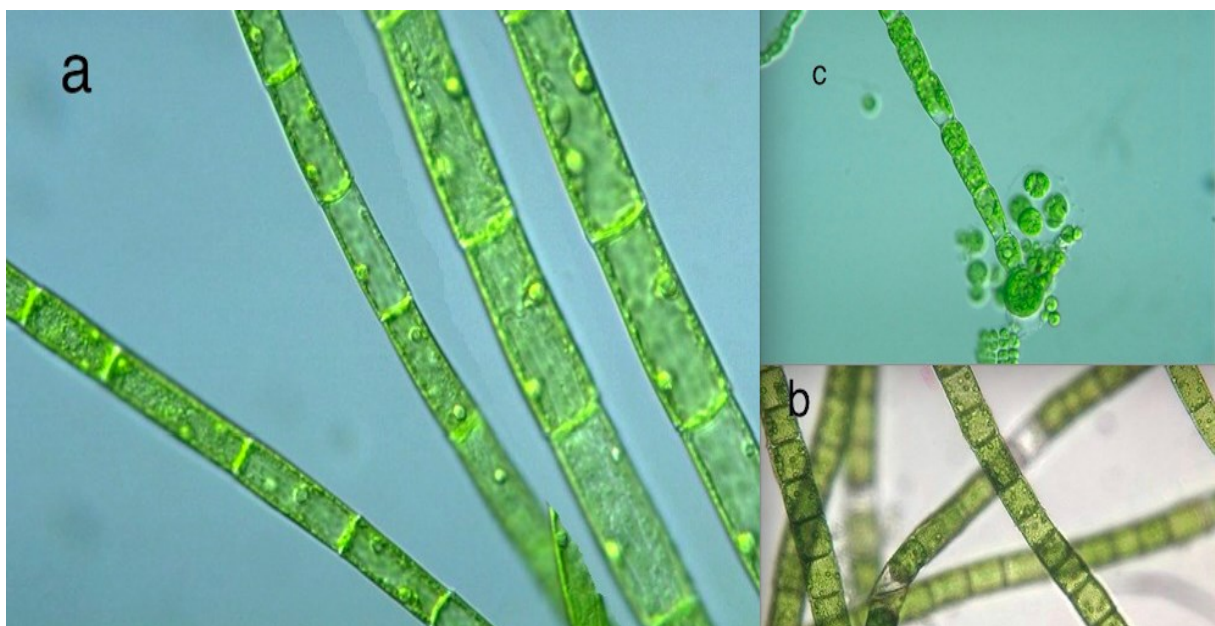
### **Ekologie**

Patří mezi nejrozšířenější zelené řasy sladkých, brakických i slaných vod. Dnes známe

1072 druhů (algaebase.org). Mezi nejčastější druhy sladkých vod patří *C. glomerata*, která obývá především tekoucí vody.

Jedná se o typického R-stratéga. Je odolná vůči stresu a rychle rostoucí. Ve stojatých vodách se často vznáší ve vodním sloupci, zatímco v tekoucích vodách roste přichycená k podkladu. Obvykle obývá eutrofní, alkalinní lokality s relativně nízkým množstvím těžkých kovů (John, 1994). Obecně vyžaduje velké ozáření, teplé alkalinní vody, pH mezi 7-10. Velké nárůsty jsou často spojeny s eutrofními vodami (Pikosz & Messyas, 2016).

### 5.2. *Oedogonium*



**Obrázek č. 3:** stélka zástupců rodu *Oedogonium*

Foto a: protist.i.hosei.ac.jp, Foto b: algalweb.net, Foto c: protist.i.hosei.ac.jp

oddělení: Chlorophyta

třída: Chlorophyceae

#### **Morfologie**

Obvykle mívá nevětvená vlákna. Charakteristickým znakem pro její buňky je límeček, který vzniká po každém jaderném dělení nad srůstem obou dílů buněčné stěny. Zoospora se pohybuje pomocí věnce bičíků (Kalina & Váňa, 2005). Buňky jsou cylindrické, obsahující několik pyrenoidů a síťovitý chloroplast (John, 1994).



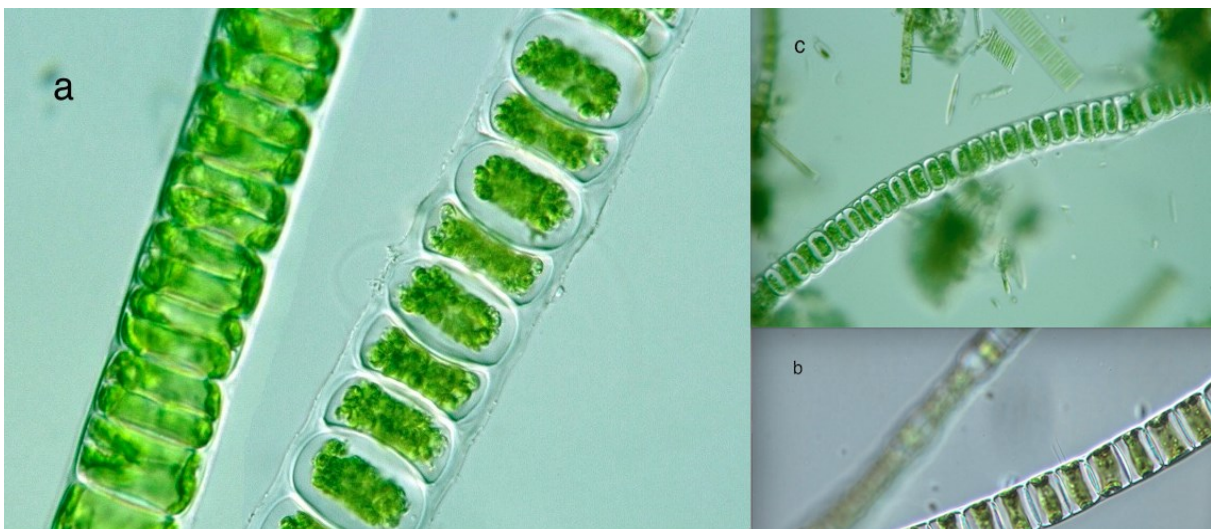
## Ekologie

*Oedogonium* se běžně vyskytuje v tůních či v metafytonu rybníků. Preferuje sladké a stojaté vody (Cambra & Aboal, 1992). Nejvíce druhů rodu *Oedogonium* bylo nalezeno v malých vodních tělesech (Szymanska *et al.*, 2015).

Jedná se o volně žijící řasu, která ale může růst také epifyticky na ponořených rostlinách. Opět je zde problém s druhovými koncepty, jelikož se řasa běžně nenachází v reprodukčním stádiu. Znaky spojené s pohlavním rozmnožováním jsou pro morfologické určení nezbytné (John, 1994).

*Oedogonium* roste po celou sezónu, nicméně nejvíc jeho reproduktivních stádií bylo pozorováno v červnu a srpnu (Mrozinska, 1976). Často tvoří plovoucí kolonie společně se zástupci rodu *Spirogyra* či *Cladophora* (Pikosz & Messyas, 2015a).

### 5.3. *Ulothrix*



**Obrázek č.4:** stélky zástupců rodu *Ulothrix*

Foto a: protist.i.hosei.ac.jp, Foto b: diatom.huxley.wvu.edurix, Foto c: protist.i.hosei.ac.jp

oddělení: Chlorophyta

třída: Ulvophyceae

## Morfologie

Její dlouhá a nevětvená vlákna přirůstají bazální buňkou, jež neobsahuje chloroplast, k podkladu. Buňky jsou cylindrické, často delší než široké. Buněčná stěna bývá tenká. Laločnatý chloroplast zasahuje obvykle až do dvou třetin buňky. Dochází k produkci aplanospor i akinet (John, 1994).

## Ekologie

Jedná se rod, jež obývá vody tekoucí i vody čisté, stojaté (Kalina & Váňa, 2005).

### 5.4. *Microspora*



**Obrázek č. 5:** stélky zástupců rodu *Microspora*

Foto a: protist.i.hosei.ac.jp, Foto b: botany.natur.cuni.cz, Foto c: protist.i.hosei.ac.jp

oddělení: Chlorophyta

třída: Chlorophyceae

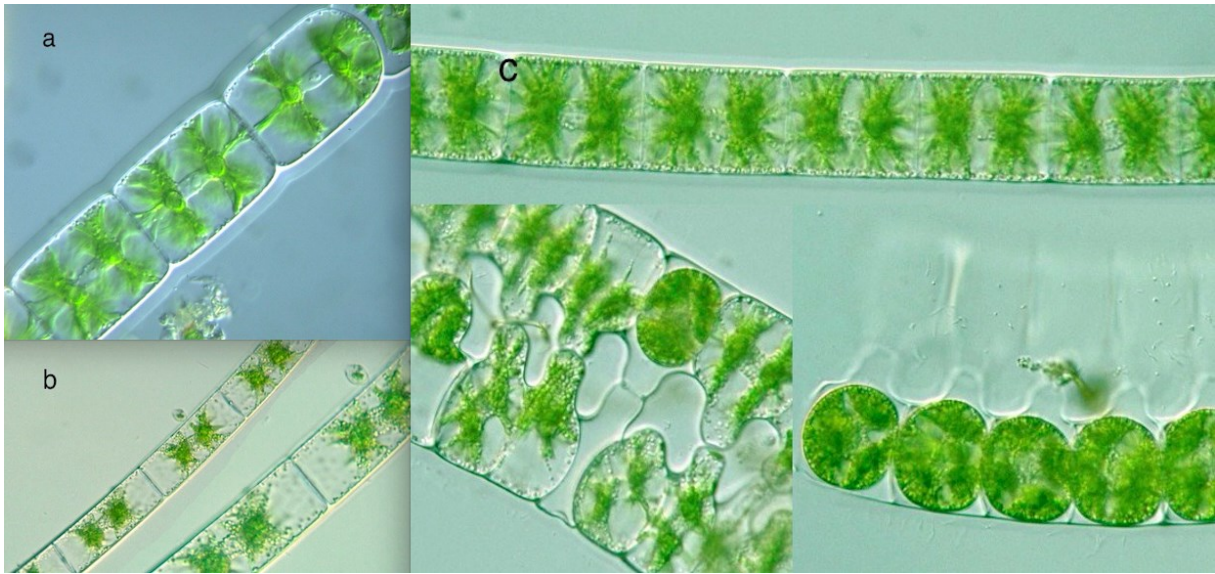
## Morfologie

Buňky bývají čtvercové, cylindrické či lehce nafouklé. Dochází k produkci aplanospor i akinet (John, 1994).

## Ekologie

Vyskytuje se jako volně rostoucí či alespoň zpočátku přichycená k podkladu. Velmi často roste v habitatech společně s dalšími vláknitými řasami. Některé druhy se hojně vyskytují ve vodách s nižším pH. Opět je zde problém s určováním do druhů a často dochází k záměně se zástupci rodu *Tribonema* vzhledem k podobné stavbě vláken, kdy dochází v obou případech k tvorbě tzv. H-kusů (John, 1994).

## 5.5. Zygnema



**Obrázek č. 6:** stélky zástupců rodu *Zygnema*

Foto *a*: protist.i.hosei.ac.jp, Foto *b*: protist.i.hosei.ac.jp, Foto *c*: protist.i.hosei.ac.jp

oddělení: Charophyta

třída: Zygnematophyceae

### Morfologie

Vnější vrstvu její třívrstevné buněčné stěny tvoří amorfní polysacharidy a dochází tak k produkci slizu. *Zygnema* tvoří nevětvená vlákna. Pohlavní proces se nazývá konjugace, při kterém dochází ke splývání celých protoplastů. Děje se tak u všech dále zmiňovaných vláknitých spájitých řas.

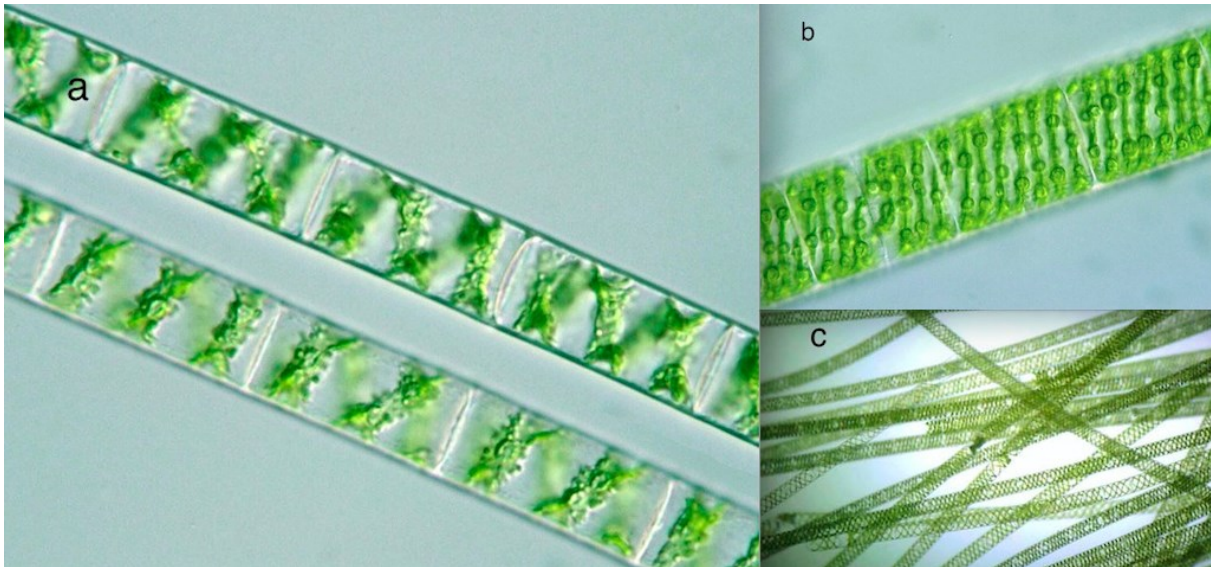
Během léta *Zygnema* přežívá pomocí akinet, v zimě pak tvoří odolná stádia parthenospory (Holzinger *et al.*, 2013). Typickým poznávacím znakem je laločnatý chloroplast, v každé buňce se vyskytují obvykle dva (Kalina & Váňa, 2005).

### Ekologie

*Zygnema* je schopna obývat široké spektrum habitatů. Upřednostňuje vody s nižším obsahem živin. Vyskytuje se velmi často v arкто-alpinských a vysýchavých habitatech. Tyto habitaty se vyznačují velkým množstvím stresových faktorů např.: teplotní extrémy, vysoká ozáření, nedostatek živin (Gray *et al.*, 2007). Má proto vyvinuté mnohé obranné mechanismy (Pichrtová, 2014).



## 5.6. *Spirogyra*



**Obrázek č.7:** stélky zástupců rodu *Spirogyra*

Foto a: protist.i.hosei.ac.jp, Foto b: protist.i.hosei.ac.jp, Foto c: www.britannica.com

oddělení: Charophyta

třída: Zygnematophyceae

### Morfologie

Tvoří nevětvená vlákna. Buňky obsahují šroubovitě vinuté páskovité chloroplasty. Během vegetativní sezóny dochází k určování druhů na základě typu „cross walls“ (příčné přehrádky mezi sousedními buňkami), šíře buněk a počtu chloroplastů (Hainz, 2008). Druhové koncepty každopádně stojí na znacích spojených s pohlavním rozmnožováním. V přírodě se jich v teplém období roku v reprodukční fázi vyskytuje cca 30-40 %, ale velmi často jsou kolonie plodné jen lokálně, tedy jen na malé ploše (Šťastný, osobní sdělení).

Konjugace může být skalariformní (kopuluje dvojice vláken) či laterální (kopulují dvě sousední buňky téhož vlákna) (Kalina & Váňa, 2005). Obvykle toleruje široké rozpětí pH a konduktivity.

Na základě vnějších podmínek tvoří různé morfotypy (šířka, délka vláken apod.) (Schagerl et al., 2009). Simons a van Beem (1990) se zabývali problematikou morfotypů u řasy rodu *Spirogyra* v Holandsku. Dle jejich výsledků druhy s velkými buňkami přetrvávají až do pozdního léta, zatímco většina druhů má největší pokryvnost v květnu až červnu. Dle Berryho a Lembiho může teplota vody a ozáření ovlivnit šíři vláken a



počet chloroplastů (Berry & Lembi, 2000). Toto zkoumání však komplikuje výskyt polyploidů.

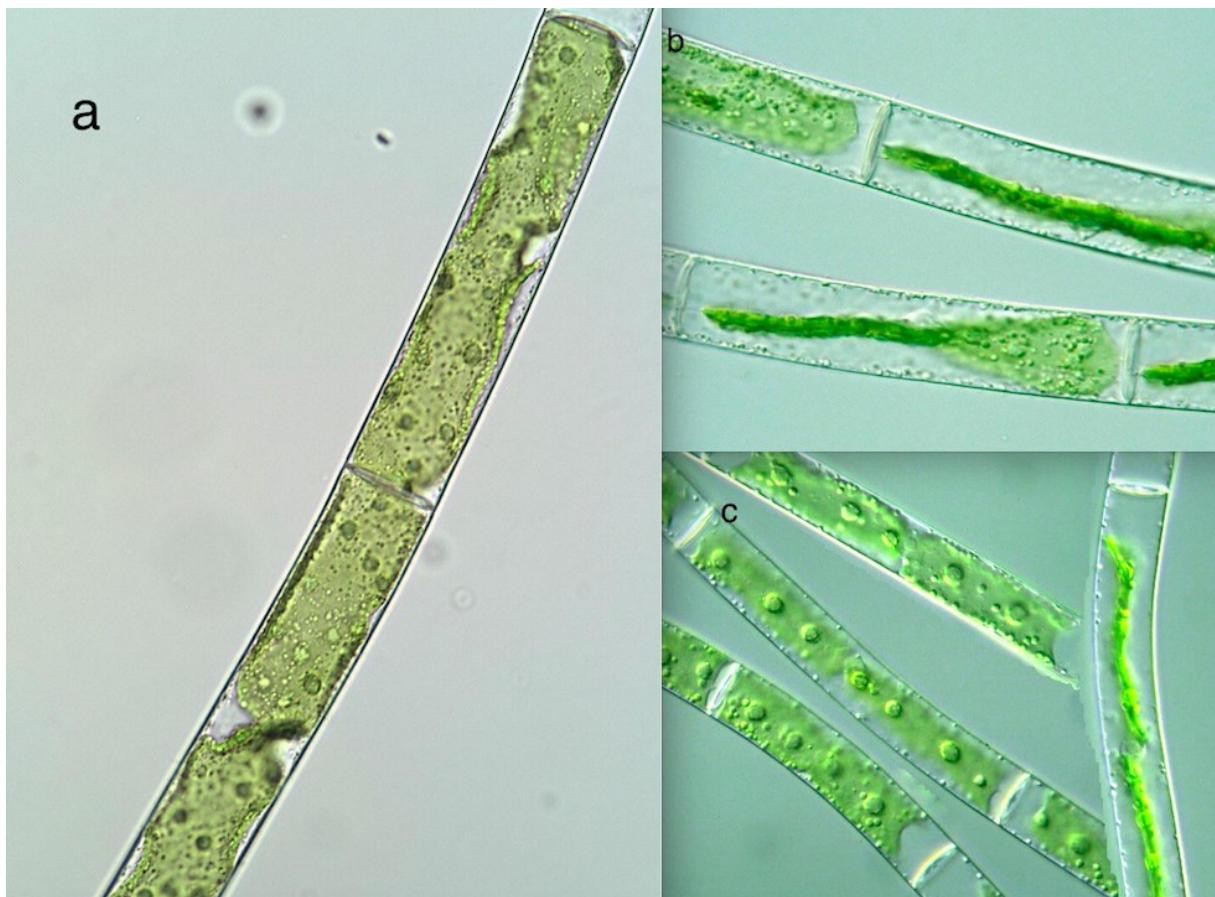
### Ekologie

Jedná se o zcela běžnou řasu tvořící „floating mats“. Nyní je popsáno zhruba 400 druhů vyskytujících se v širokém spektru různých habitatů. Obývá sladké vody celého světa, včetně Antarktidy (Hawes, 1988).

*Spirogyra* se objevuje během jara či časně v létě a narůstá zpravidla po odtání ledu (Engel, 1985). Dvouletá studie z Surrey Lake v Indianě tvrdí, že *Spirogyra* narůstá na jaře každého roku. Během sezóny vystřídá čtyři různé morfortypy, které se liší šířkou svých vláken (Simons & van Beem, 1990).

Z přezimujících zygot dochází k nárůstu kolonií v bentosu (Lembi *et al.*, 1988). Vlákná začnou fotosyntetizovat a tvořit bublinky kyslíku, jež se zachytávají v propletených vláknech, a kolonie řas tím přestává být bentická a pohybuje se směrem k hladině.

### 5.7. Mougeotia



**Obrázek č. 8:** stélky zástupců rodu *Mougeotia*

Foto a: dbmuseblade.colorado.edu, Foto b: protist.i.hosei.ac.jp, Foto c: protist.i.hosei.ac.jp

oddělení: Charophyta

třída: Zygnematophyceae

**Morfologie**

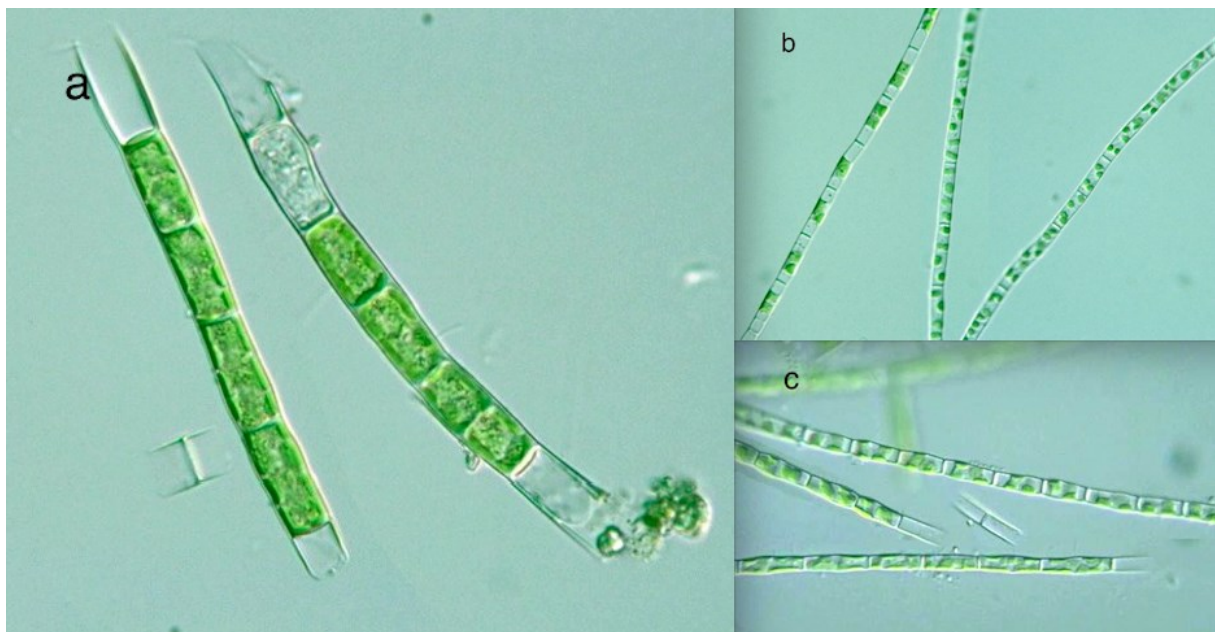
Doposud bylo rozpoznáno 273 druhů (algaebase.org). Rod *Mougeotia* je typický svým deskovitým chloroplastem, jehož orientace v buňce se mění na základě intenzity světla. Pokud je intenzita světla nízká, chloroplast se natáčí svou plochou stranou směrem k jeho zdroji, pokud je intenzita naopak vysoká, natočí se stranou úzkou, aby nedošlo ke stresu z nadměrné ozáření. *Mougeotia* je schopna fotosyntetizovat i při velmi nízké ozáření (Graham *et al.*, 1996).

**Ekologie**

Často je využívána jako indikátor kyselých dešťů, které pak ovlivňují sladkovodní habitaty (Graham *et al.*, 1996). Dokáže růst v širokém rozpětí podmínek, od vod eutrofních po oligotrofní, nicméně nebývá v přirozených podmínkách dominantní (Graham *et al.*, 1996).

Na základě studie v Little Rock Lake, preferuje teplejší vody (Graham *et al.*, 1996). Toleruje také široké rozpětí pH (Smith *et al.*, 2009).

**5.8. Tribonema**



**Obrázek č. 9:** stélky zástupců rodu *Tribonema*

Foto *a*: protist.i.hosei.ac.jp, Foto *b*: protist.i.hosei.ac.jp, Foto *c*: protist.i.hosei.ac.jp

oddělení: Heterokonta

třída: Xanthophyceae

### **Morfologie**

Obvykle mívá nevětvená vlákna a terčkovité chloroplasty. Dvoudílná buněčná stěna je tvořena typickými segmenty tzv. H-kusy. Dvě poloviny sousedních H-kusů tak vymezují prostor pro protoplast každé buňky. Vlákna jsou zpravidla zakončena prázdnou polovinou buněčné stěny (Kalina & Váňa, 2005).

### **Ekologie**

Obývá čisté, mírně kyselé tůně, kde může tvořit bohaté nárosty (Elster *et al.*, 2008).

### **5.9. Ulva**



**Obrázek č. 10:** stélka zástupce rodu *Ulva*

Foto: en.wikipedia.org

oddělení: Chlorophyta

třída: Ulvophyceae

## Morfologie

Jedná se o vláknitou řasu rozmnožující se pomocí dvoubičíkatých či čtyřbichíkatých gamet nebo zoospor. Buněčná stěna je mnohvrstevná a tvořená nepravidelně uspořádanými mikrofibrilami. Každá buňka obsahuje jeden parietální pohárkovitý chloroplast s jedním či více pyrenoidy.

Během svého životního cyklu tvoří haploidní i diploidní stélky, které produkují asexuální zoosporu mitotickým dělením vegetativních buněk. Sladkovodní *Ulva* tvoří pouze monostromatickou tubulární či listovitou stélku. To ji odlišuje od mořských druhů, které tvoří obvykle distromatickou frondózní stélku (Messyasz & Rybak, 2011).

## Ekologie

Mnoho druhů je mořských a je velmi často je adaptovaná na široké ekologické rozpětí podmínek. Upřednostňuje velké množství dusíku. Masivně narůstá při vysokém množství živin (Messyasz & Rybak, 2011). Dostupnost živin má pravděpodobně vliv na sezónní fluktuaci ve velikosti zástupců rodu *Ulva* (Czerwik-Marcinkowska *et al.*, 2013).

## 6. Vodní biotopy

### 6.1. Velká jezera

#### 6.1.1. teplota

Dle studie v Surrey Lake se *Spirogyra* objevuje na jaře a mizí zhruba v půlce června. Na základě šířky svých vláken tvoří čtyři různě morfotypy napříč sezónou. McCourt *et al.* (1986) našel větší výskyt širších vláken v severní části USA, nabízí se tedy otázka, zdali jsou tato vlákna lépe adaptována na přežití v nepříznivých podmínkách? Oproti tomu ale Wang našel širší vlákna ve vyšších teplotách (Wang *et al.*, 1989). Je teplota vůbec faktor, který ovlivňuje výskyt různých forem jednotlivých vláken (Berry & Lembi, 2000)?

Na základě různých studií je usuzováno, že teplota výrazně ovlivňuje výskyt *Cladophora glomerata*. Ukázalo se však, že tomu tak úplně není. Dle místa svého výskytu



dokáže *C. glomerata* tolerovat široké teplotní rozpětí (Hoffmann & Graham, 1984). Jiné teplotní optimum má ve Švédsku, Polsku či v USA.

Velký a rychlý nárůst *C. glomerata* za nízkých teplot je jednou ze strategií, které jí umožňují dominovat nad fytoplanktonem a mnohými makrofyty (Pikosz *et al.*, 2017). Studie z Laurentian Great Lakes definuje ideální teplotu pro růst zástupců rodu *Cladophora* mezi 13-31 stupni Celsia (Pikosz *et al.*, 2017).

### 6.1.2. dostupnost živin

Dle dánské studie z Lake Hampen dochází k nárůstu vláknitých řas na začátku června, a to zejména v habitatech se zvýšenou koncentrací CO<sub>2</sub>. Jakmile dojde ke snížení CO<sub>2</sub>, řasy mizí (Andersen & Andersen, 2006).

Některé studie tvrdí, že koncentrace anorganického uhlíku může limitovat produktivitu vláknitých řas (Howell *et al.*, 1990). Na druhou stranu řasy zároveň dokáží CO<sub>2</sub> efektivně využívat při jeho nízké koncentraci (Andersen & Andersen, 2006). Dle studie z dánského jezera jsou vláknité řasy limitovány anorganickým uhlíkem ve sladkých jezerech (Andersen & Andersen, 2006).

Není zcela jasné jak živiny ovlivňují růst řasy rodu *Spirogyra*. Obecně se tvrdí, že vyčerpání dusíku podporuje spájení a formaci zygot (Zwirn *et al.*, 2013), nicméně studie ze Surrey Lake to nepotvrzuje (Berry & Lembi, 2000).

Dle studie z Laurentian Great Lakes *Cladophora glomerata* intenzivněji narůstá při vyšších koncentracích fosforu a dusík není limitující prvek pro její růst (Tomlinson *et al.*, 2010).

## 6.2. Mělké habitaty

Jedná se především o malá jezera a periodicky vysychavé habitaty. V eutrofních mělkých jezerech dominují buď epifytické či metafytické řasy (Phillips *et al.*, 1978) nebo „floating mats“ (Morris *et al.*, 2003). Řasy se zde potýkají se stresem z vysychání. Mnoho druhů tedy tvoří resistantní spory. Pro přežití populace je důležité dobré načasování indukce formace spor (Yamashita & Sasaki, 1979).

### 6.2.1. sezónní dynamika

Ve studii z Naardermeeru v Holandsku v roce 1980 bylo pozorováno, že jakmile zmizí zamrznutí, objevují se spory či vegetativní materiál na dně vodního tělesa. Během března až dubna dochází k nárůstu řasových kolonií, které jsou vynášeny bublinkami

vyprodukovaného kyslíku směrem k hladině. Kolonie řas se stává kompaktní během léta a mizí koncem srpna či během září.

*Tribonema* a *Microspora* byla velmi častá již během dubna. *Spirogyra* se začala vznášet k povrchu v květnu a červnu. *Mougeotia* byla pozorována v červenci až srpnu. Tato situace byla nadále pozorována i v mnoha dalších lokalitách mělkých vod. Hlavní období výskytu „floating mats” je během května a června. Jedná se o měsíce, během kterých je ozářenost relativně nízká a teploty jsou relativně nižší na rozdíl od nadcházejících letních měsíců.

Teplotní stratifikace v mělkých vodách je dána mírou radiace. Během 24 hodin dochází ke změnám teplot na povrchu a pod povrchem. Během odpoledne je teplejší povrch, zatímco ráno je povrch vody chladnější než voda pod ním (Hillebrand, 1983).

### 6.2.2. kolonie „floating mats”

Kolonie řas plovoucích na hladině slouží jako tepelná izolace a ochrana před UV. Na jaře tvoří husté zelené či žluté nárůsty a představují tak významné primární producenty (Marvan *et al.*, 1978).

Jejich nárůsty zabraňují promíchávání vody. Ve chvíli, kdy začnou dominovat „floating mats”, množství ponořených rostlin se sníží, či vymizí úplně. Děje se tak z důvodu nedostatku světla, způsobeného nárůstem „floating mats” (Phillips *et al.*, 1978). Jejich velký nárůst má negativní vliv na růst fytoplanktonu v temperátních stojatých vodách.

Mnoho druhů bezobratlých využívá vláknité řasy jako úkryt během vysokých teplot. Pod nárůstem řas je jen malé množství kyslíku což může narušovat složení fauny v mělkých vodách. K tomuto jevu dochází zejména v případě, kdy řasy porostou celý povrch malého vodního tělesa. Dochází zde taktéž k jevu, během kterého poklesne produkce kyslíku v první polovině odpoledne. To je s největší pravděpodobností způsobeno vyčerpáním CO<sub>2</sub> fotosyntetickými procesy (Welch & Lindell, 1980). V tomto případě mohou být limitující alespoň tři faktory: fosfor, dusík a uhlík. Jámile je CO<sub>2</sub> vyčerpáno, pH zůstává konstantně vysoké a dominují primární producenti.

V koloniích „floating mats” jsou velmi často naměřeny extrémní hodnoty teplot, pH, množství kyslíku, a dochází zde k vertikální stratifikaci během dne. Pro pochopení tohoto ekologického fenoménu je nutno zrealizovat mnohá další pozorování. Společenstva „floating mats” vyžadují podrobnější prozkoumání společně s organismy, jež jsou adaptovány na růst a reprodukci uvnitř nich (Hillebrand, 1983).

### 6.2.3. stádium „clear water“

Některé studie poukazují na vznik stádia „clear water“ za přítomnosti vznášejících se řas v mělkých temperátních vodách (Irfanullah, 2004). Dochází k střídání stádia „clear water“, ve kterém dominují ponořené rostliny a stádia promíchávání vody, kde dominuje fytoplankton, jakožto primární producent (Moss, 1990).

Existuje více teorií, jež vysvětlují vznik stádia „clear water“ za přítomnosti vznášejících se řas. Jedna z teorií říká, že ke snížení množství živin dochází z důvodu přítomnosti perlooček, které využívají chomáče jako své úkryty (Irfanullah, 2004). Dle studie Trochine et al., 2011 řasy vylučují jisté alelopatické substance, a tím snižují množství fytoplanktonu. Výsledkem je pak stádium „clear water“. V této studii bylo taktéž prokázáno, že teplota vody může ovlivnit vztah mezi fytoplanktonem a FGA (floating green algae). FGA ovlivňuje výskyt fytoplanktonu silněji s přibývajícím teplotou (Trochine et al., 2011).

### 6.2.4. alelopatické účinky

Ve studii Irfanullaha a Mosse byly testovány alelopatické účinky řasy rodu *Spirogyra* na fytoplankton a ponořené rostliny v mělkých jezerech v Anglii. Zjistili, že *Spirogyra*, ať už živá či rozkládající se, má alelopatický vliv na růst fytoplanktonu ve vodách bohatých na živiny (Irfanullah & Moss, 2005a). Nicméně jiná práce stejných autorů ukazuje, že dochází k intenzivnímu vyžíraní fytoplanktonu perloočkami zejména proto, že jim FGA poskytuje vhodné refugium (Irfanullah & Moss, 2005b).

## 7. Kompetice

Kompetice je velmi důležitý faktor, který ovlivňuje celkové vztahy mezi různými skupinami řas a také mezi skupinami vodních živočichů. Příklad kompetice mezi dvěma skupinami vláknitých řas popsali Vries a Hillebrand (1986). Našli vztah mezi nárůstem *Spirogyra singularis* a *Tribonema minus*. Zatímco *T.minus* narůstá brzy z jara a roste intenzivněji v nižší teplotě a intenzitě světla, *S.singularis* preferuje teplejší vodu a intenzivnější světelné záření (Vries & Hillebrand, 1986). Výše zmiňované alelopatické účinky vláknitých řas, jsou naopak příkladem kompetice mezi řasami a fytoplanktonem. „Floating mats“ kompetují také s ponořenými rostlinami o dostupnost světelného záření

(viz. podkapitola kolonie „*floating mats*“). Kompetice se tedy vyskytuje na mnoha úrovních společenstev vodních organismů a ovlivňuje jejich složení.

## 8. Parazitismus

Vláknité řasy mohou být parazitovány vodními houbami (Phycomycetes), které poškozují buňky a mohou způsobit až smrt hostitele. Obvykle však infekce není natolik fatální, aby došlo k devastaci celé populace.

Barr a Hickman (1976a) prováděli laboratorní pokusy s houbou *Rhizophyidium sphaerocarpum*. Zjistili, že se specializuje na zástupce rodu *Spirogyra*. Dále také testovali, jaké faktory ovlivňují nárůst houbových patogenů. Nejintenzivněji je ovlivňuje teplota, přičemž teplotní optimum pro jejich nárůst je 20 stupňů Celsia. Intenzita infekce roste s rostoucí populací a zároveň zpomalením růstu zástupců rodu *Spirogyra* (Barr & Hickman, 1967a)(Barr & Hickman, 1967b).

Specifická houbových parazitů může hrát důležitou roli v dynamice společenstev vláknitých řas. Dále to může ovlivňovat jejich abundanci na různých lokalitách (Hoshaw & McCourt, 1988). Nebylo vedeno mnoho výzkumů zabývajících se kompeticí a predací v závislosti na diverzitě řasových společenstev. Nelze tedy generalizovat, na základě jakých podmínek se vláknité řasy objeví a jaké faktory limitují velikost jejich populací (Hoshaw & McCourt, 1988)

## 9. Závěr

Snažila jsem se najít souvislosti mezi výskytem či četností výskytu různých rodů vláknitých řas v různých typech vodních habitatů. Co to všechno ovlivňuje a jakým způsobem. Podařilo se mi dohledat informace o ekologii jednotlivých rodů řas (jaký typ vodního habitatu preferují, jaké pH, teplotu atd.), tyto informace však byly pouze útržkovité a nebylo tak možné to jakýmkoliv způsobem zobecnit. Většina článků se navíc zabývá vždy jen jedním či dvěma habitaty na určité lokalitě. Každý vodní habitat je ovlivňován množstvím biotických či abiotických faktorů, které mohou být specifické čistě pro něj. To je dáno například jeho polohou, složením okolní vegetace či půdy, prezencí rybí obsádky, mírou antropogenního znečištění apod. O těchto faktorech nebyly ve



zdrojích mnohé zmínky. Nemyslím si tedy, že mohu vytvořit nějaký obecný závěr, který by přehledně popisoval, co přesně a za jakých podmínek ovlivňuje výskyt vláknitých řas ve stojatých sladkovodních habitatech.

Podařilo se mi však zjistit, že vláknité řasy obecně preferují mělké sladkovodní habitaty. K jejich nárůstu dochází zpočátku na dně, potřebují tedy dostatek slunečního záření, aby mohly fotosyntetizovat, což jim mělké vody umožňují. Vysoký obsah živin, především fosforu a dusíku, hraje pak zásadní roli v jejich růstu. V mělkých menších vodních habitatech obvykle není vlnová aktivita a nedochází tak k promíchávání vody, což by mohlo narušovat nárůst vláknitých řas. V určité části roku dokonce mohou tvořit dominantu vodního habitatu. Porostou tak většinu vodní plochy, způsobí zastínění až anoxické prostředí a samy pak zabraňují promíchávání vody. Dochází také k mnohým interakcím mezi vláknitými řasami a jinými organismy (poskytování úkrytu perloočkám, snižování nárůstu fytoplanktonu atd.), s čímž se ale pojí i parazitismus a kompetice. Vlákenné řasy kompetují mezi sebou, ale i s jinými organismy. To vše je krásně propojeno například v případě zajištění stádia „*clear water*“, kdy vláknité řasy kompetují s fytoplanktonem. Vylučováním alelopatických substancí zabrání jeho nárůstu a své stélky poskytnou jako refugia pro perloočky, které fytoplankton dále vyžírají. Jsem přesvědčena o tom, že lze objevit mnoho podobně sofistikovaných interakcí a byla by škoda nechat se odradit od bádání již zmiňovaným nedostatkem informací.

## 10. Zdroje

- Allen, M.A. 1958. *The biology of a species complex in Spirogyra*. PhD. Thesis, Indiana University, Bloomington.
- Andersen, T. and Andersen, F.Ø. 2006. Effects of CO<sub>2</sub> concentration on growth of filamentous algae and *Littorella uniflora* in a Danish softwater lake. *Aquatic Botany* 84: 267–271.
- Bakker, F.T., Olsen, J.L., Stam, W.T. and Van Den Hoek, C. 1994. The *Cladophora* complex (Chlorophyta): new views based on 18S rRNA gene sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 3: 365–382.
- Barr, D.J.S. and Hickman, C.J. 1967a. Chytrids and algae, I. Host-substrate range and morphological variation of species of *Rhizophidium*. *Canadian Journal of Botany* 45: 423–430.

- Barr, D.J.S. and Hickman, C.J. 1967b. Chytrids and algae, II. Factors influencing parasitism of *Rhizophyidium sphaerocarpum* on *Spirogyra*. *Canadian Journal of Botany* 45: 431–440.
- Berry, H.A. and Lembi, C.A. 2000. Effects of temperature and irradiance on the seasonal variation of *Spirogyra* (Chlorophyta) population in a midwestern lake (U.S.A.). *Journal of Phycology* 851: 841–851.
- Cambra, J. 1991. Contribució a l'estudi de les algues epifitiques dels estanys de Banyoles, Basturs i Estanya. *Orsis* 6: 27–44.
- Cambra, J. and Aboal, M. 1992. Filamentous green algae of Spain : distribution and ecology. *Limnetica* 8: 213–220.
- Cattaneo, A., Hudon, C., Vis, C. and Gagnon, P. 2013. Hydrological control of filamentous green algae in a large fluvial lake (Lake Saint-Pierre, St. Lawrence River, Canada). *Journal of Great Lakes Research* 39: 409–419.
- Czerwik-Marcinkowska, J., Messyasz, B., Massalski, A., Uher, B., Rybak, A., Szendzina, L. and Pikosz, M. 2013. Morphological and ultrastructural studies on *Ulva flexuosa* subsp. *pilifera* (Chlorophyta) from Poland. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 82: 157–163.
- Elster, J., Adamec, L. and Machová, K. 2008. Xanthophyceae assemblages during winter-spring flood: autecology and ecophysiology of *Tribonema fonticolum* and *T. monochloron*. *Hydrobiologia* 600: 155–168.
- Engel, S. 1985. *Aquatic Community Interactions of Submerged Macrophytes*. Departement of Natural Resources, 79 pp.
- Graham, J.M., Arancibia-Avila, P. and Graham, L.E. 1996. Physiological ecology of a species of the filamentous green alga *Mougeotia* under acidic conditions: Light and temperature effects on photosynthesis and respiration. *Limnology and Oceanography* 41: 263–270.
- Graham, J.M., Lembi, C.A., Adrian, H.L. and Spencer, D.F. 1995. Phycological responses to temperature and irradiance in *Spirogyra* (Zygnematales, Charophyceae). *Journal of Phycology* 31: 532–540.
- Gray, D.W., Lewis, L.A. and Cardon, Z.G. 2007. Photosynthetic recovery following desiccation of desert green algae (Chlorophyta) and their aquatic relatives. *Plant, Cell Environment* 30: 1240–1255.
- Hainz, R. 2008. *Die Beziehung zwischen Fadentypen (Morphotypen) der Süßwasseralge*

- Spirogyra* (Zygnematophyceae, Streptophyta) und abiotischen Umweltbedingungen in mitteleuropäischen Gewässern. PhD. Thesis, Universität Wien, Fakultät für Lebenswissenschaften.
- Hawes, I. 1988. The seasonal dynamics of maritime antarctic lake *Spirogyra* in a shallow, maritime antarctic lake. *Polar Biology* 8: 429–437.
- Hillebrand, H. 1983. Development and dynamics of floating clusters of filamentous algae. In: Wetzel, R.G. (Ed.) , *Periphyton of Freshwater Ecosystems*, Dr W. Junk Publishers, The Hague, pp. 31–39.
- Hillebrand, H. and Klapwijk, S.P. 1976. Distribution of multicellular benthic algae in an eutrophic ditch. *Hydrobiological Bulletin* 10: 48–58.
- Hoffmann, J.P. and Graham, L.E. 1984. Effects of selected physicochemical factors on growth and zoosporogenesis of *Cladophora glomerata* (Chlorophyta). *Journal of Phycology* 20: 1–7.
- Holzinger, A., Karsten, U. and Oliver, M.J. 2013. Desiccation stress and tolerance in green algae: consequences for ultrastructure, physiological, and molecular mechanisms. *Plant Science* 4: 1–19.
- Hoshaw, R.I. V, Charus, V. and Mccourt, R.M. 1987. A polyploid species complex in *Spirogyra maxima* (Chlorophyta, Zygnemataceae), a species with large chromosomes. *Journal of Phycology* 23: 267–273.
- Hoshaw, R.W. and McCourt, R.M. 1988. The Zygnemataceae (Chlorophyta): a twenty-year update of research. *Phycologia* 27: 511–548.
- Hoshaw, R.W., Wang, J.-C., McCourt, R.M. and Hull, H.M. 1985. Ploidal changes in clonal cultures of *Spirogyra communis* and implications for species definition. *American Journal of Botany* 72: 1005–1011.
- Howell, E.T., Turner, M.A., France, R.L., Jackson, M.B. and Stokes, P.M. 1990. Comparison of Zygnematacean algae in the metaphyton of two acidic lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 47: 1085–1092.
- Irfanullah, H. and Moss, B. 2005a. Allelopathy of filamentous green algae. *Hydrobiologia* 543: 169–179.
- Irfanullah, H.M. 2004. *Comparative studies on two unusual shallow lakes*. PhD. Thesis, University of Liverpool, UK.
- Irfanullah, H.M. and Moss, B. 2005b. A filamentous green algae-dominated temperate shallow lake: variations on the theme of clear-water stable states? *Archiv Fur*

- Hydrobiologie* 163: 25–47.
- John, D.M. 1994. Filamentous and plantlike green algae. In: *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification*, Elsevier Inc., pp. 311–352.
- Kalina, T. and Váňa, J. 2005. *Sinice, Řasy, Houby, Mechorosty a Podobné Organismy v Současné Biologii*. Praha, 608pp .
- Kim, G.H., Yoon, M., West, J.A., Klochkova, T.A. and Kim, S.H. 2007. Possible surface carbohydrates involved in signaling during conjugation process in *Zygnema cruciatum* monitored with fluorescein isothiocyanate-lectins (Zygnemataceae, Chlorophyta). *Phycological Research* 55: 135–142.
- Lembi, C.A., O'Neal, S.W. and Spencer, D.F. 1988. Algae as weeds: economic impact, ecology, and management alternatives. *Cambridge University Press* 455–481.
- Littler, M.M. and Littler, D.S. 1980. The evolution of thallus form and survival strategies in benthic marine macroalgae: field and laboratory tests of a functional form model. *The American Naturalist* 116: 25–44.
- Margalef, R. 1983. *Limnología*, E. Omega. Barcelona, 1010pp .
- Marvan, P., Komárek, J., Ettl, H. and Komárková, J. 1978. Dynamics of algal communities. In: *Pond littoral ecosystem*, pp. 314–320.
- McCourt, R.M., Hoshaw, R. V and Wang, J.-C. 1986. Distribution, morphological diversity and evidence for polyploidy in North American Zygnemataceae (Chlorophyta). *Journal of Phycology* 22: 307–314.
- Messyasz, B. and Rybak, A. 2011. Abiotic factors affecting the development of *Ulva* sp. (Ulvophyceae; Chlorophyta) in freshwater ecosystems. *Aquatic Ecology* 45: 75–87.
- Meyer, J.L. and Likens, G.E. 1979. Transport and transformation of phosphorus in a forest stream ecosystem. *Ecology* 60: 1255–1269.
- Morris, K., Bailey, P.C., Boon, P.I. and Hughes, L. 2003. Alternative stable states in the aquatic vegetation of shallow urban lakes II. Catastrophic loss of aquatic plants consequent to nutrient enrichment. *Marine and Freshwater Research* 54: 201–2015.
- Moss, B. 1990. Engineering and biological approaches to the restoration from eutrophication of shallow lakes in which aquatic plant communities are important components. *Hydrobiologia* 200–201: 367–377.
- Mrozinska, T. 1976. A study on epiphytic alga of the order Oedogoniales on the basis of materials from Southern Poland. *Fragmenty Floristica et Geobotanica* 22: 147–227.
- Mrozinska, T. 1981. Some species of *Oedogonium* new to Poland. Supplement to 'Flora

- Polska, Oedogoniales, Chlorophyta'. *Fragmenty Floristica et Geobotanica* 27: 677–680.
- Phillips, G.L., Eminson, D. and Moss, B. 1978. A mechanism to account for macrophyte decline in progressively eutrophicated freshwaters. *Aquatic Botany* 4: 103–126.
- Pichrtová, M. 2014. *Stress resistance of polar hydro-terrestrial algae Zygnema spp. (Zygnematophyceae, Streptophyta) Stresová odolnost polárních hydro-terestrických řas Zygnema spp. (Zygnematophyceae, Streptophyta)*. PhD. Thesis, Charles University in Prague.
- Pieczynska, E. 2008. Eutrophication of shallow lakes-importance of macrophytes. *Wiadomosci Ekologiczne* 54.
- Pikosz, M. and Messyasz, B. 2015. New data on distribution, morphology and ecology of *Oedogonium capillare* Kützing ex Hirn (Oedogoniales, Chlorophyta) in Poland. *Biodiversity and Conservation Journal* 40: 21–26.
- Pikosz, M. and Messyasz, B. 2016. Characteristics of *Cladophora* and coexisting filamentous algae in relation to environmental factors in freshwater ecosystems in Poland. *Oceanological and Hydrobiological Studies* 45: 202–215.
- Pikosz, M., Messyasz, B. and Gabka, M. 2017. Functional structure of algal mat (*Cladophora glomerata*) in a freshwater in western Poland. *Ecological Indicators* 74: 1–9.
- Schagerl, M., Hainz, R. and Wober, C. 2009. The relationship between *Spirogyra* (Zygnematophyceae, Streptophyta) filament type groups and environmental conditions in Central Europe. *Aquatic Botany* 91: 173–180.
- Scheffer, M. 2004. *Ecology of Shallow Lakes*, 1st ed. Springer Science, 357pp .
- Simons, J. and van Beem, A.P. 1990. Spirogyra species and accompanying algae from pools and ditches in The Netherlands. *Aquatic Botany* 37: 247–269.
- Smith, R., Baulch, H.M., Turner, M.A., Findlay, D.L., Vinebrooke, R.D. and Donahue, W.F. 2009. Benthic algal biomass-measurement and errors. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 66: 1989–2001.
- Szymanska, H., Kurzyk, A. and Mietrak, M. 2015. Some species of Oedogoniales (Chlorophyceae) from small astatic water bodies in postagricultural landscape. *Phytotaxa* 192: 121–144.
- Tomlinson, L.M., Auer, M.T., Bootsma, H.A. and Owens, E.M. 2010. The Great Lakes *Cladophora* model: development, testing, and application to Lake Michigan. *Journal of Great Lakes Research* 36: 287–297.

- Trochine, C., Guerrieri, M., Liboriussen, L., Meerhoff, M., Lauridsen, T.L., Sondergaard, M. and Jeppesen, E. 2011. Filamentous green algae inhibit phytoplankton with enhanced effects when lakes get warmer. *Freshwater Biology* 56: 541–553.
- Vries, P.J.R. and Hillebrand, H. 1986. Growth control of *Tribonema minus* and *Spirogyra singularis* by light and temperature. *Acta Botanica Neerlandica* 35: 65–70.
- Wang, J.-C., Hoshaw, R.W. and McCourt, R.M. 1989. Diversity of *Spirogyra* (Chlorophyta) filament types on an altitudinal gradient. *British Phycological Journal* 24: 367–373.
- Welch, E.B. and Lindell, T. 1980. *Ecological Effects of Waste Water*. Press Syndicate of the University of Cambridge, .
- Yamashita, T. and Sasaki, K. 1979. Conditions for the induction of the mating process and changes in contents of carbohydrates and nitrogen compounds during the mating process of *Spirogyra*. *Journal of the Faculty of Science* 279–287.
- Zwirn, M., Chen, C., Uher, B. and Schagerl, M. 2013. Induction of sexual reproduction in *Spirogyra* clones - Does an universal trigger exist? *Fottea* 13: 77–85.

## 11. Internetové zdroje k obrázkům

**Obrázek č.1:** <http://www.keweenawalgae.mtu.edu>

**Obrázek č. 2:**

a) [http://dbmuseblade.colorado.edu/DiatomTwo/sbsac\\_site/species.php?g=Cladophora&s=glomerata](http://dbmuseblade.colorado.edu/DiatomTwo/sbsac_site/species.php?g=Cladophora&s=glomerata)

b) <http://galerie.sinicearasy.cz/galerie/chlorophyta/ulvophyceae/cladophora/cladophora-glomerata>

c) [http://www.algaebase.org/search/species/detail/?species\\_id=235&sk=0&from=results](http://www.algaebase.org/search/species/detail/?species_id=235&sk=0&from=results)

**Obrázek č. 3:**

a) [http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Chlorophyta/Oedogonium/sp\\_4/sp\\_01.html](http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Chlorophyta/Oedogonium/sp_4/sp_01.html)

b) <http://algalweb.net/oedogon.htm>

c) [http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Chlorophyta/Oedogonium/sp\\_4/sp\\_01.html](http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Chlorophyta/Oedogonium/sp_4/sp_01.html)

**Obrázek č. 4:**

a) [http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Chlorophyta/Ulothrix/zonata\\_2.html](http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Chlorophyta/Ulothrix/zonata_2.html)

b)[http://diatom.huxley.wvu.edu/algae\\_images/Green\\_Algae/Ulothrix](http://diatom.huxley.wvu.edu/algae_images/Green_Algae/Ulothrix)

c)[http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Chlorophyta/Ulothrix/zonata\\_2.html](http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Chlorophyta/Ulothrix/zonata_2.html)

**Obrázek č. 5:**

a)[http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Chlorophyta/Microspora/sp\\_32.html](http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Chlorophyta/Microspora/sp_32.html)

b)[http://botany.natur.cuni.cz/algo/CAUP/J0902\\_Microspora\\_sp.htm](http://botany.natur.cuni.cz/algo/CAUP/J0902_Microspora_sp.htm)

c)[http://protist.i.hosei.ac.jp/pdb/images/Chlorophyta/Microspora/tumidula/sp\\_10.html](http://protist.i.hosei.ac.jp/pdb/images/Chlorophyta/Microspora/tumidula/sp_10.html)

**Obrázek č. 6:**

a)[http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Chlorophyta/Zygnema/sp\\_8.html](http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Chlorophyta/Zygnema/sp_8.html)

b)[http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Chlorophyta/Zygnema/sp\\_04.html](http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Chlorophyta/Zygnema/sp_04.html)

c)[http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Chlorophyta/Zygnema/sp\\_4c.html](http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Chlorophyta/Zygnema/sp_4c.html)

**Obrázek č. 7:**

a)[http://protist.i.hosei.ac.jp/pdb/images/Chlorophyta/Spirogyra/group\\_D/sp\\_04.html](http://protist.i.hosei.ac.jp/pdb/images/Chlorophyta/Spirogyra/group_D/sp_04.html)

b)[http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Chlorophyta/Spirogyra/group\\_B/sp\\_03.html](http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Chlorophyta/Spirogyra/group_B/sp_03.html)

c)<https://www.britannica.com/science/Spirogyra>

**Obrázek č. 8:**

a)[http://dbmuseblade.colorado.edu/DiatomTwo/sbsac\\_site/genus.php?g=Mougeotia](http://dbmuseblade.colorado.edu/DiatomTwo/sbsac_site/genus.php?g=Mougeotia)

b)[http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Chlorophyta/Mougeotia/scalaris/sp\\_16.html](http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Chlorophyta/Mougeotia/scalaris/sp_16.html)

c)[http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Chlorophyta/Mougeotia/group\\_2/index.html](http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Chlorophyta/Mougeotia/group_2/index.html)

**Obrázek č. 9:**

a)[http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Heterokontophyta/Tribonema/sp\\_02.html](http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Heterokontophyta/Tribonema/sp_02.html)

b)[http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Heterokontophyta/Tribonema/minus/sp\\_05.html](http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Heterokontophyta/Tribonema/minus/sp_05.html)

c)<http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Heterokontophyta/Tribonema/minus/index.html>

**Obrázek č. 10:** [https://en.wikipedia.org/wiki/Ulva\\_linza](https://en.wikipedia.org/wiki/Ulva_linza)