

Sinice a řasy v učebnicích pro základní a střední školy

Veronika Kaufnerová, Petra Vágnerová

Abstrakt: Předložená studie je zaměřena na analýzu kurikulárních dokumentů (rámcové vzdělávací programy) a učebnic přírodopisu a biologie pro základní a střední školy z hlediska didaktického zpracování problematiky sinic a řas. Z uvedených analýz vyplynulo, že stávající učebnice obsahují neaktuální, neúplné či zavádějící informace, a proto článek poskytuje souhrnný a systematický pohled na aktuální postavení sinic a řas a doporučuje skupiny a jejich zástupce vhodné pro výuku ve školách. Analyzováno bylo 10 učebnic (7 pro základní školu, 3 pro střední školu) a rámcové vzdělávací programy pro základní školu, gymnázia a sportovní gymnázia.

Klíčová slova: sinice, řasy, nižší rostliny, RVP, učebnice, přírodopis, biologie.

Abstract: The aim of this study was to analyse curricular documents and biology textbooks for primary and secondary schools in relation to Cyanobacteria and Algae. According to analyses methodological guidelines for teachers were prepared with actual taxonomical system and position of Algae in this system. A list of algal and cyanobacterial genera suitable for education at schools was proposed. More information about Algae that are not common in textbooks but could be used in the biology lessons were summarised in this article. In total, 10 textbooks (7 for primary schools and 3 for secondary school) were analysed.

Key words: cyanobacteria, algae, curricular documents, school book, biology.

KAUFNEROVÁ, V., VÁGNEROVÁ, P. 2013. Sinice a řasy v učebnicích pro základní a střední školy. *Arnica*, 1–2, 9–18. Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň. ISSN 1804-8366.

Rukopis došel 21. listopadu 2013; byl přijat po recenzi 11. prosince 2013.

Veronika Kaufnerová, Centrum biologie, geověd a envigogiky, Fakulta pedagogická, Západočeská univerzita v Plzni, Klatovská tř. 51, Plzeň, 306 19, Česká republika; e-mail: vkaufner@cbg.zcu.cz

Petra Vágnerová, Centrum biologie, geověd a envigogiky, Fakulta pedagogická, Západočeská univerzita v Plzni, Klatovská tř. 51, Plzeň, 306 19, Česká republika; e-mail: vagnerov@cbg.zcu.cz

Úvod

Tématika sinic a řas tradičně není u žáků příliš oblíbenou látkou, i když se při bližším pohledu jedná o zajímavé a pro člověka mnohdy významné organismy. Pokud bychom pátrali, odkud mají žáci většinu informací o sinicích a řasách, zjistíme, že prakticky jediným zdrojem jsou učebnice. Proto byla provedena studie výkladu sinic a řas v učebních textech pro základní a střední školy, která do určité míry odhalila slabiny výuky tohoto tématu ve školách. Tyto nedostatky navíc prohlubuje jen výjimečné využívání živého materiálu (přírodních vzorků sinic a řas, kultur modelových druhů) ve výuce na obou stupních škol. Cílem tohoto materiálu je naznačit učitelům změny v aktuálním pohledu na evoluci a vývojové vztahy organismů, poukázat na chyby uváděné ve vybraných nejběžnějších učebnicích a navrhnout taxonomické celky a jejich zástupce vhodné do výuky. Vzhledem k lokálnímu působení časopisu v Plzeňském kraji byly u vybraných skupin v této kapitole uváděny také lokality, kde je možné vybrané zástupce odebírat.

Metodika

Celkem bylo analyzováno 10 učebnic, z toho 7 pro základní školu (Stříhanková a Sibrť 1980, Dobroruka et al. 1997, Černík et al. 1999, Jurčák a Froněk 1999, Čabradová et al. 2003, Maleninský et al. 2004, Černík

et al. 2007) a 3 pro střední školu (Lenochová et al. 1984, Kubát et al. 1998, Kincl et al. 2006). Vybírány byly učebnice schválené MŠMT ČR. Prostudovány a zhodnoceny byly rovněž rámcové vzdělávací programy (dále jen RVP) pro základní školu (vzdělávací oblast Člověk a příroda, vzdělávací obor *Přírodopis*) a pro gymnázia a sportovní gymnázia (vzdělávací oblast Člověk a příroda, vzdělávací obor *Biologie*). V rámci těchto dokumentů byl sledován výskyt pojmů *sinice* a *řasy*, popř. *nižší rostliny* apod. Na základě analýzy učebnic byla jako součást publikace vytvořena příloha, která navrhuje skupiny organismů vhodné k zařazení do výuky. Zohledňovány byly morfologické a ekologické znaky zástupců jednotlivých skupin. Materiál byl koncipován tak, aby postihoval aktuální postavení sinic a řas v systému a dále také rozšiřující informace o jednotlivých skupinách sinic a řas se stručnými charakteristikami významných a didakticky dobře využitelných zástupců (viz příloha).

Výsledky

Sinice a řasy v RVP

RVP jsou v současné době koncipovány tak, že poskytují učitelům základní oporu při tvorbě školních

vzdělávacích programů. Nejsou tedy nijak podrobné, stanovují, jak již vyplývá z názvu, rámcový obsah učiva a očekávané výstupy (RVP ZV, RVP G, RVP GSP). Pokud se soustředíme na problematiku vědního oboru algologie, tedy oboru studujícího taxonomické skupiny sinic a řas, nenajdeme o nich příliš zmínek.

Obecně lze říci, že RVP nerespektují současný taxonomický systém organismů. Existují pro ně říše rostlin, živočichů a hub, což dnes není vyhovující systém (Keeling et al. 2009) a nebyl ani v době vzniku RVP. Problematiku sinic a řas tedy prakticky opomíjejí. RVP ZV pro 2. stupeň o tématice sinic nehovoří vůbec a řasy zmiňuje pouze u učiva systému rostlin (vzdělávací oblast Člověk a příroda, vzdělávací obor *Přírodopis*), kde je uvedeno poznávání a zařazování běžných druhů řas, ačkoli zdaleka ne všechny druhy řas jsou řazeny mezi rostliny. Dále jsou zmíněny mořské řasy v průřezovém tématu *Environmentální výchova*, a to v rámci tematického okruhu *Ekosystémy u ekosystému moře*. Sinicemi se RVP ZV pro 2. stupeň ZŠ vůbec nezabývá. V RVP G (vzdělávací oblast Člověk a příroda, vzdělávací obor *Biologie*) se pojmy sinice ani řasy nevyskytují vůbec. Jedině v tematickém okruhu *Biologie rostlin* se objevuje v očekávaných výstupech pojem *stélkaté rostliny* bez další specifikace. Totéž platí pro RVP GSP.

Sinice a řasy v učebnicích pro základní školy

V učebnicích pro základní školy nacházíme několik obecně platných skutečností. Informace jsou zde velmi zjednodušené, což je částečně pochopitelné, ale nemělo by docházet ke ztrátě smyslu sdělení nebo k podávání mylných informací. Při bližším pohledu do učebnic byly v některých nalezeny chyby či nepřesnosti.

Pokud se zaměříme pouze na sinice, matoucí a chybné informace najdeme v učebnici *Přírodopis 6* (Jurčák a Froněk 1999), kde jsou sinice jakožto prokaryotní organismy řazeny do kapitoly *Jednobuněčné rostliny*. Autoři zde uvádějí, že sinice jsou příbuzné bakterií, ve skutečnosti se jedná o skupinu bakterií. Samotná kapitola *Bakterie*, která předchází kapitole *Jednobuněčné rostliny*, sinice nezmiňuje. Navíc autoři hovoří o sinicích jako o jednobuněčných organismech, čímž ignorují existenci vláknitých sinic. Učebnice dále uvádí, že sinice mají ve svých buňkách dutinky (vakuoly) naplněné dusíkem. To také nelze považovat za správné tvrzení. Sinice obsahují tzv. aerotopy, které jsou naplněny plynem, ale nejedná se o čistý dusík, spíše směs plynů původně rozpuštěných ve vodě. Navíc pouze některé sinice mají ve svých buňkách aerotopy (např. sinice vodního květu). Také další učebnice (Střihavková a Sibrť 1980,

Dobroruka et al. 1997, Černík et al. 1999, Čabradová et al. 2003, Maleninský et al. 2004, Černík et al. 2007) věnují sinicím zmínku, informací je zde však málo (z hlediska taxonomie, příkladů zástupců a jejich ekologie). Chybí zde především praktický význam sinic pro člověka, například problematika vodního květu a jeho negativních účinků na lidské zdraví nebo využívání sinic jako hnojiva na rýžových polích v Asii.

Při pohledu na kapitoly věnované řasám zaregistrujeme téměř identicky zpracované texty i obrázky. Řasy jsou zde univerzálně řazeny mezi rostliny, ačkoli dnes považujeme za rostliny jen ruduchy a zelené řasy. Ostatní skupiny řas jsou řazeny do jiných říší (Chromalveolata, Excavata). V učebnicích jsou pak řasy dále děleny do tří skupin: červené řasy (ruduchy), hnědé řasy (chaluhy, rozsivky) a zelené řasy. Uvádění jsou také stále titíž zástupci: zelenivka (*Chlorella*), zrněnka (*Apatococcus*), pláštěnka (*Chlamydomonas*), krásnoočko (*Euglena*), váleč (*Volvox*), šroubatka (*Spirogyra*), žabí vlas (*Cladophora*), obecně rozsivky a chaluhy. Zde do určité míry vybočuje učebnice *Přírodopis pro 6. ročník* (Maleninský et al. 2004), která navíc uvádí vejcovku (*Oocystis*), řetězovku (*Scenedesmus*), čapoblanku (*Oedogonium*), trentepólii (*Trentepohlia*), jařmatku (*Zygnema*), parožnatku (*Chara*) a porost locíkový (*Ulva*). Setkáváme se také s problémem s českými názvy sinic a řas, které jsou v učebnicích uváděny. Odborníci v oboru algologie vůbec nepoužívají české názvy a většina sinic a řas český název vůbec nemá. Názvy v učebnicích pocházejí především ze starších algologických publikací nebo ze starších učebnic, kde je autoři pro své potřeby vytvořili.

Zobrazování zástupci jsou již po celá desetiletí stejní bez ohledu na jejich význam pro člověka, častý výskyt v přírodě nebo jejich dostupnost pro učitele (Střihavková a Sibrť 1980, Lenochová et al. 1984, Dobroruka et al. 1997, Kubát et al. 1998, Černík et al. 1999, Jurčák a Froněk 1999, Čabradová et al. 2003, Maleninský et al. 2004, Kincl et al. 2006, Černík et al. 2007), navíc se v učebnicích často uvádějí zástupci nepříliš morfologicky zajímaví či rody bez znaků charakteristických pro danou skupinu.

Sinice a řasy v učebnicích pro střední školy

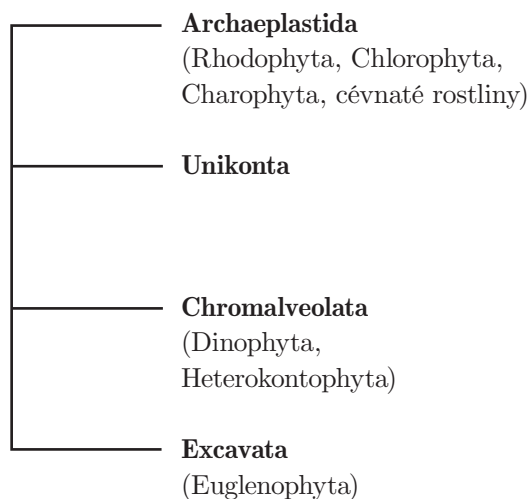
V učebnicích pro střední školy je již kladen větší důraz na systém a také celkový rozsah učiva je mnohem širší. Ze systematického pohledu byly zachyceny dva použité přístupy. Učebnice *Biologie pro I. ročník gymnázia* (Lenochová et al. 1984) a *Botanika* (Kubát et al. 1998) rozdělují řasy do oddělení Rhodophyta, Chromophyta, Chlorophyta a Euglenophyta a řadí je mezi rostliny nebo se příslušností k říším v podstatě nezabývají.

Biologie rostlin (Kincl et al. 2006) používá systém pěti eukaryotních říší, přičemž řasy řadí do tří: Protista, Chromista a Plantae. Ačkoli se jedná o novější systém oproti předchozím učebnicím, ani tento není již několik let považován za správný. Z hlediska zástupců platí podobný závěr jako u učebnic pro základní školy, tedy že titíž zástupci se opakují ve všech učebnicích.

Aktuální pohled na systém eukaryotních organismů a postavení řas v tomto systému

Sinice zaujímají v aktuálním systému organismů pozici ve skupině Bacteria, bakterie (Wolf et al. 2001). Řasy jsou v klasifikacích užívaných v učebnicích základních a středních škol považovány za skupinu tzv. nižších rostlin, popř. rostlin obecně (Střihavková a Síbrt 1980, Lenochová et al. 1984, Dobroruka et al. 1997, Černík et al. 1999, Jurčák a Froněk 1999, Čabradová et al. 2003). Tento termín je vzhledem k aktuálním znalostem o systematice eukaryot značně zavádějící. Současný pohled na evoluci a fylogenetické vztahy organismů je vytvářen na základě vzájemného porovnávání molekulárních znaků organismů (informace z jaderné, mitochondriální či chloroplastové DNA) a některých morfologických znaků podporujících molekulární systém.

Aktuálně jsou eukaryotní organismy členěny do čtyř říší: Archaeplastida (dříve Plantae, rostliny), Excavata, Chromalveolata a Unikonta (Keeling et al. 2009), viz obr. 1.



Obr. 1. Zařazení řasových skupin do eukaryotních říší

Řasy jsou součástí tří eukaryotních říší – Archaeplastida, Excavata a Chromalveolata, tedy nejen zástupci říše rostlinné. Některé skupiny řas byly v minulosti řazeny do říše Protozoa (prvoci), v současné době již neakceptované. Ta zahrnovala heterotrofní

i autotrofní skupiny organismů. Z autotrofních (řasových) skupin sem byly začleňovány obrněnky a krásnookčka (Cavalier-Smith 1998). Každá z těchto skupin však zaujímá v aktuálním systému eukaryot postavení v jiné eukaryotní říši (Keeling et al. 2009).

Diskuse a závěr

Sinice a řasy jsou ekologicky významnými a druhově bohatými skupinami organismů, kterým je – zejména kvůli jejich mikroskopickým rozměrům většiny sladkovodních druhů – věnována v učebnicích pro základní a střední školy pozornost pouze okrajově. Obecně lze říci, že učebnice nereflktují aktuální znalosti fylogeneze organismů. Zejména v nově vznikajících učebních textech by měly být zachyceny především změny na úrovni říší eukaryotních organismů. Změna pohledu na třídění eukaryot do říší je patrná již od počátku 21. století a učebnice, které vznikaly po této době, jsou stále pozadu.

Preference zástupců, kteří by měli vykazovat charakteristické rysy probíraných skupin, je poměrně ustálená, ovšem ne vždy jsou žákům a studentům předkládány vhodně zvolené druhy, např. zrněnka (*Apatococcus*) je morfologicky nevhledný rod zelené řasy, na jejichž buňkách není příliš charakteristických znaků, navíc již dlouho není řazena do třídy Chlorophyceae, jak uvádějí některé učebnice, podobně pak rod *Chlorella*. Je nasnadě se zamyslet nad tím, zda při výuce předkládat studentům pouhý systematický přehled organismů bez hlubšího pohledu na jejich význam v přírodě a jejich využívání člověkem.

Dalším problémem učebnic pro základní školy je zjednodušování učiva až do té míry, že informace jsou často značně zkreslené (např. vyčlenění sinic z bakterií apod.). Učebnice pro střední školy předkládají reálnější klasifikaci organismů, přesto je řazení skupin do eukaryotních říší zastaralé, či zcela chybí.

Používání latinské terminologie v učebních textech pro základní školu je z pochopitelných důvodů omezené a pro potřeby výuky na základních školách není potřebné, avšak v rámci výuky biologie na středních školách, zejména gymnaziálního typu, by měla být znalost latinské terminologie nezbytná (studenti se s jejím využitím mohou setkat již v přijímacích testech na vysoké školy).

Literatura

- AN, S. S, FRIEDL, T. & HEGEWALD, E. 1999. Phylogenetic relationships of *Scenedesmus* and *Scenedesmus*-like coccoid green algae as inferred from ITS-2 rDNA sequence comparisons. *Plant Biology* 1: 418–428.

- ANDERSEN, R. A. 1987. The Synurophyceae classis nov., a new class of algae. *American Journal of Botany* 74: 337–353.
- ANDERSEN, R. A. 1989. The Synurophyceae and their relationship to other golden algae. *Nova Hedwigia Beihefte* 95: 1–26.
- BABICA, P., MARŠÁLEK, B. & BLÁHA, L. 2005. *Microcystiny – cyklické heptapeptidy sinice* [online]. Centrum pro cyanobakterie a jejich toxiny [cit. 10. 11. 2013]. Dostupné na WWW: <<http://www.sinice.cz/res/file/popular/microcystiny.pdf>>.
- BHATTACHARYA, D. & MEDLIN, L. 1998. Algal phylogeny and the origin of land plants. *Plant Physiology* 116: 9–15.
- CAVALIER-SMITH, T. 1998. A revised six-kingdom systém of life. *Biological Reviews* 73: 203–266.
- CYRUS, Z. & SLÁDEČEK, V. 1973. *Určovací atlas organismů z čistíren odpadních vod*. VÚV, SZN, Praha. 156 pp.
- ČABRADOVÁ, V., HASCH, F., SEJPKA, J. & VANĚČKOVÁ, I. 2003. *Přírodopis pro 6. ročník základní školy a primu víceletého gymnázia*. Fraus, Plzeň. 120 pp.
- ČERNÍK, V., BIČÍK, V. & MARTINEC, Z. 1999. *Přírodopis 1 pro 6. ročník základní školy*. Státní pedagogické nakladatelství, Praha. 103 pp.
- ČERNÍK, V., HAMERSKÁ, M., MARTINEC, Z. & VANĚK, J. 2007. *Přírodopis 6 pro základní školy: Zoologie a botanika*. Státní pedagogické nakladatelství, Praha. 119 pp.
- DOBRORUKA, L. J., CÍLEK, V., HASCH, F. & STORCHOVÁ, Z. 1997. *Přírodopis 1 pro 6. ročník základní školy*. Scientia, Praha. 127 pp.
- DURAS, J. 2005. Kvalita vody. In Klán, M. (ed.): *Životní prostředí města Plzně*, díl 3, Odbor životního prostředí Magistrátu města Plzně, Plzeň. 16–17.
- GRAHAM, L. E. & WILCOX, L. W. 2000. *Algae*. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River. 640 pp.
- GUIRY, M. D. & GUIRY, G. M. 2013. *Cyclotella* (Kützing) Brébisson [online]. AlgaeBase, World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway [cit. 10. 11. 2013]. Dostupné na WWW: <http://www.algaebase.org/search/genus/detail/?genus_id=43757&-session=abv4:93E4D1B01b4613203AOkVV3CBCA3>.
- HAUSMANN, K. & HÜLSMANN, N. 2003. *Protozoologie*. Academia, Praha. 347 pp.
- HINDÁK, F. 2008. *Colour Atlas of Cyanophytes*. Veda, Bratislava. 253 pp.
- HOEK VAN DEN, C., MANN, D. G. & JAHNS, H. M. 1995. *Algae: An introduction to phycology*. Cambridge University Press, Cambridge. 627 pp.
- JOHN, D. M., WHITTON, B. A. & BROOK, A. J. 2008. *The Freshwater Algal Flora of the British Isles. An Identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae*. Cambridge University Press, Cambridge. 702 pp.
- JURČÁK, J. & FRONĚK, J. 1999. *Přírodopis 6*. Prodos, Olomouc. 127 pp.
- KALINA, T. & VÁŇA, J. 2005. *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*. Karolinum, Praha. 606 pp.
- KAUFNEROVÁ, V. 2006. Řasová flóra zatopených lomů na Poběžovicu. *MS, Diplomová práce, Západočeská univerzita, Plzeň*. 60 pp.
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. 1997. *Bacillariophyceae, 1. Teil: Naviculaceae*. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart – Jena. 876 pp.
- KEELING, P., LEANDER, B. S. & SIMPSON, A. 2009. *Eukaryota: Organisms with nucleated cells* [online]. Tree of life web project, version 28 October 2009 [cit. 10. 11. 2013]. Dostupné na WWW: <<http://tolweb.org/Eukaryotes/3/2009.10.28> in The Tree of Life Web Project>.
- KINCL, L., KINCL, M. & JAKRLOVÁ, J. 2006. *Biologie rostlin*. Fortuna, Praha. 302 pp.
- KUBÁT, K., KALINA, T., KOVÁČ, J., KUBÁTOVÁ, D., PRACH, K. & URBAN, Z. 1998. *Botanika*. Scientia, Praha. 231 pp.
- LAUVAU, S., SAUNDERS, G. W. & WETHERBEE, R. 1997. A phylogenetic analysis of the Synurophyceae using molecular data and scale case morphology. *Journal of Phycology* 33: 135–151.
- LEANDER, B. S. 2008. *Alveolates* [online]. Tree of life web project, version 16 September 2008 [cit. 10. 11. 2013]. Dostupné na WWW: <<http://tolweb.org/Alveolates/2379/2008.09.16>>.
- LEE, R. E. 2008. *Phycology*. Cambridge University Press, Cambridge. 547 pp.
- LELIAERT, F., SMITH, D. R., MOREAU, H., HERRON, M. D., VERBRUGGEN, H., DELWICHE, C. F. & DE CLERCK, O. 2012. Phylogeny and molecular evolution of the green algae. *Critical Reviews in Plant Sciences* 31: 1–46.
- LENOCHOVÁ, M., NEČAS, O., DVOŘÁK, F., VILČEK, F. & BOHÁČ, I. 1984. *Biologie pro 1. ročník gymnázia*. Státní pedagogické nakladatelství, Praha. 253 pp.
- MALENINSKÝ, M., SMRŽ, J. & ŠKODA, B. 2004. *Přírodopis pro 6. ročník: Učebnice pro základní školy a nižší stupeň víceletých gymnázií*. Nakladatelství České geografické společnosti, s.r.o., Praha. 104 pp.
- MANHART, J. R. & PALMER, J. D. 1990. The gain of two chloroplast tRNA introns marks the green algal ancestors of land plants. *Nature* 345: 268–70.
- McCOURT, R. M. 1995. Green algal phylogeny. *Trends in Ecology and Evolution* 10: 159–163.
- McCOURT, R. M., CHAPMAN, R. L., BUCHHEIM, M. & MISHLER, B. D. 1996. *Green plants* [online]. Tree of life web project, version 01 January 1996

- [cit. 11. 11. 2013]. Dostupné na WWW: <http://tolweb.org/Green_plants/2382/1996.01.01>.
- MEDLIN, L. K. & KACZMARSKA, I. 2004. Evolution of the diatoms: V. Morphological and cytological support for the major clades and a taxonomic revision. *Phycologia*: 43(3): 253–270.
- MELKONIAN, M. & SUREK, B. 1995. Phylogeny of the Chlorophyta: Congruence between ultrastructural and molecular evidence. *Bulletin de la Société zoologique de France* 120: 191208.
- NOLČOVÁ, L. 2013. Řasová společenstva zatopených lomů v okolí Štěnovic. *MS, Diplomová práce, Západočeská univerzita, Plzeň*. 50 pp.
- OKAICHI, T. 2004. *Red-Tide Phenomena*. In Okaichi, T. (ed.): Red tides, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 439 pp.
- RŮŽIČKA, J. 1977. *Die Desmidiaceen Mitteleuropas*, Band 1. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. 291 pp.
- SIDDALL, M. E., REECE, K. S., NERAD, T. A. & BURRESON, E. M. 2001. Molecular determination of the phylogenetic position of a species in the genus *Colpodella* (Alveolata). *American Museum Novitates* 3314: 1–10.
- STARMACH, K. 1985. Chrysophyceae und Haptophyceae. In Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H., Mollenhauer, D. (eds.): *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Band 1, Gustav Fischer Verlag, Jena. 515 pp.
- STŘIHAVKOVÁ, H. & SÍBRT, F. 1980. *Přírodopis 5*. Státní pedagogické nakladatelství, Praha. 172 pp.
- TSARENKO, P. M. & PETLEVANNY, O. A. 2001. Addition to the diversity of algae of Ukraine. *Algologia supplement*: 1–130.
- TURMEL, M., POMBERT, J. F., CHARLEBOIS, P., OTIS, C. & LEMIEUX, C. 2007. The green algal ancestry of land plants as revealed by the chloroplast genome. *International Journal of Plant Sciences* 168(5): 679–689.
- WOLF, Y. I., ROGOZIN, I. B., GRISHIN, N. V., TATUSOV, R. L. & KOONIN, E. V. 2001. Genome trees constructed using five different approaches suggest new major bacterial clades. *BMC Evolutionary Biology* 1: 8.
- WOLOWSKI, K. & HINDÁK, F. 2004. Taxonomic and ultrastructural studies of *Trachelomonas* Ehrenberg emend. Deflandre (Euglenophyta) from Slovakia. *Nova Hedwigia* 78: 179–207.
- WOLOWSKI, K. & HINDÁK, F. 2005. *Atlas of Euglenophytes*. Veda, Bratislava. 136 pp.
- ZNACHOR, P. 2005. *Vodní květy řas a sinic* [online]. Scientific American české vydání [cit. 17. 11. 2013]. Dostupné na WWW: <http://www.fytoplankton.cz/doc/Vodni_kvety.pdf>.

Příloha

Sinice a řasy ve výuce na ZŠ a SŠ

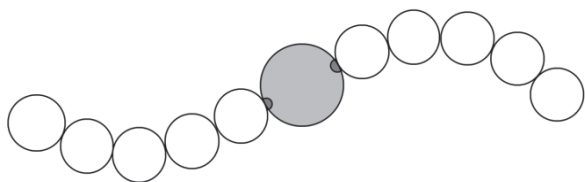
Sinice (oddělení Cyanobacteria, třída Cyanophyceae) jsou prokaryotní organismy schopné fotosyntézy s následnou produkcí kyslíku. Rozvoj velkého počtu druhů sinic je úzce spjatý s množstvím živin, zejména pak sloučenin dusíku a fosforu v prostředí. Následkem eutrofizace vod těmito látkami dochází k prudkému nárůstu biomasy sinic a tím ke vzniku vodních květů. V posledních letech byl na našem území patrný značný nárůst rozvoje toxických vodních květů (Znachor 2005). V důsledku nadměrného rozvoje sinic vodního květu dochází v průběhu rozkladu buněk sinic ke snížení koncentrace kyslíku ve vodě. Ten je nezbytný pro chemické pochody související s rozkladem buněk. Při těchto chemických pochodech se mohou následně uvolňovat toxické látky. Dalším z problémů vodního květu je samotná produkce toxinů sinicemi (Babica et al. 2005). K pohybu sinic vodního květu ve vodním sloupci slouží tělíska uvnitř buněk – plynové měchýřky (aerotopy). Stěna měchýřky je propustná pro plyny rozpuštěné ve vodě a umožňuje tak sinici nadnášení ve vodním sloupci (Hoek et al. 1995). Nejčastějšími sinicemi vodních květů v ČR jsou: *Microcystis*, *Anabaena*, *Planktothrix*, *Aphanizomenon*, *Woronichinia* aj.

Microcystis je jedním z nejhojnějších zástupců sinic vodních květů na našem území (Znachor 2005). Jedná se o koloniální planktonní sinici, jejíž buňky jsou pohromadě drženy pomocí slizu (Hindák 2008). Druhy tohoto rodu jsou schopny produkovat nejedovatější toxiny (mikrocystiny) ze všech sinic. Některé populace *Microcystis* jsou dokonce schopny produkovat několik typů mikrocystinů najednou, ovšem jiné populace mohou být zcela netoxické (Babica et al. 2005). Výskyt vodního květu *Microcystis* na Plzeňsku byl zaznamenán např. ve vodní nádrži Hracholusky (Duras 2005).

Oscillatoria (drkalka) – svůj český název získala sinice od způsobu drkavého pohybu trichomů po podkladu (pozn. termínem trichom se označuje vlákno sinice ve slizové pochvě). *Oscillatoria* je bentická sinice často se vyskytující na bahnitěm dně kaluží i větších stojatých vod či na bahnitěm a písčitém dně toků. Morfologicky je podobná druhům rodu *Phormidium* (buňky *Oscillatoria* jsou několikrát širší než dlouhé; Hindák 2008).

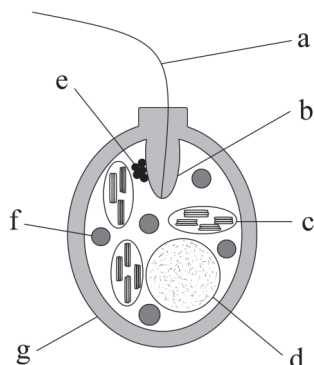
Nostoc (jednořadka) (obr. 2) je vláknitá sinice obsahující ve svých vláknech buňky schopné fixování vzdušného dusíku, heterocyty (John et al. 2008).

Někteří zástupci rodu *Nostoc* žijí v terestrickém prostředí. Např. druh *N. commune* vytváří makroskopicky viditelné slizovité kolonie na povrchu písčitých půd (John et al. 2008).



Obr. 2. Schéma vláknité sinice rodu *Nostoc* (šedou barvou zvýrazněn dusík fixující heterocyt)

Krásnoočka (oddělení Euglenophyta, třída Euglenophyceae) jsou zástupci eukaryotní říše Excavata. Většinu organismů řazených do této říše spojuje společný znak – tzv. *cavum* = dutina (proto latinský název *Ex »cavata«*), ostatní zástupci sem byly přiřazeni na základě genetické příbuznosti (Keeling et al. 2009). Krásnoočka mají tuto dutinu (ampulu) uloženou na předním konci buňky. Ze spodní části dutiny vyrůstají bičíky, ústí do ní organely související s heterotrofní výživou a pulzující vakuoly. Starší systémy řadí krásnoočka na pomezí rostlinné říše a říše prvoků, tj. na pomezí botanického – schopnost fotosyntézy a tvorby vlastní zásobních látek, přítomnost chloroplastů – a zoologického systému – pohyb pomocí bičíků, schopnost heterotrofní výživy u některých druhů (Hausmann a Hülsmann 1996, Kalina a Váňa 2005). Schopnost fotosyntézy tedy není zásadním znakem pro řazení organismů (vč. krásnooček) do systému rostlin. U některých krásnooček (např. rod *Trachelomonas*) se na povrchu buňky vyvinula apikálně otevřená schránka (lorika). Skrze otvor vystupuje z loriky bičík určený k pohybu buňky, obr. 3. V podélné ose bičíku probíhá vlákno tvořené fotosenzitivním proteinem, které představuje hlavní fotoreceptor buňky. V součinnosti se světločivnou skvrnou (stigma) tak řídí fototaxi buňky (Kalina a Váňa 2005). Zástupci Euglenophyta mají tendenci vyskytovat se ve vodách vyššího stupně znečištění, např. návesní rybníky (Cyrus a Sládeček 1973, Kalina a Váňa 2005).



Obr. 3. Stavba buňky krásnoočka rodu *Trachelomonas*.

- a – bičík,
- b – ampula,
- c – chloroplast,
- d – jádro,
- e – stigma,
- f – zásobní polysacharid,
- g – lorika

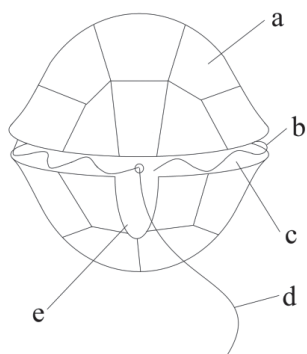
Euglena (krásnoočko) je jednobuněčný bičíkovec volně se pohybující ve vodním sloupci stojatých vod. Pohyb buňky je zajišťován pomocí jediného tažného bičíku umístěného na apexu buňky. Důležitým znakem odlišujícím jednotlivé druhy je tvar a poloha chloroplastů v buňce (Kalina a Váňa 2005, Wolowski a Hindák 2005).

Trachelomonas (obr. 3) je hojně rozšířený rod krásnooček. Jeho buňky jsou umístěné v hnědě až černě zbarvené, železem a manganem mineralizované schránce, lorice (Graham a Wilcox 2000, Wolowski a Hindák 2005). Hlavními kritérii pro odlišení jednotlivých druhů rodu *Trachelomonas* jsou detaily struktury loriky (Wolowski a Hindák 2004, 2005), které je velmi obtížné pozorovat s využitím běžného světelného mikroskopu. Druhy tohoto rodu jsou součástí fytoplanktonu a jsou považovány za indikátory znečištění vod (Wolowski a Hindák 2005).

Obrněnky (oddělení Dinophyta, třída Dinophyceae) jsou bičíkovci řazení do eukaryotní říše Chromalveolata, podskupiny Alveolata. Tato podskupina sdružuje organismy, jejichž společným morfologickým rysem je přítomnost měchýřků (= alveolární vezikuly) uložených pod plazmatickou membránou. Tyto měchýřky jsou buď prázdné, nebo jako v případě některých obrněnek mohou být vyplněny celulózními deskami a tvořit pancíř. Dalšími nejbližší příbuznými obrněnek jsou nálevníci a výtrusovci (Siddall et al. 2001, Leander 2008). Centrum diversity obrněnek je ve slaných vodách, kde jsou schopny za určitých podmínek vytvářet rozsáhlé vegetační zbarvení vody (tzv. rudý příliv). Značná část druhů schopných vytvářet v pobřežních oblastech rozsáhlé vegetační zákalů produkuje silně toxické látky. Tyto jedy se hromadí v tělech vodních bezobratlých i obratlovců a po značnou dobu v nich přetrvávají, což v napadených oblastech vedek ohrožení rybolovu a navazujícího průmyslu (Okaichi 2004). V našich podmínkách jsou obrněnky hojně zaznamenávány jako součást fytoplanktonu zatopených lomů oligotrofního až mezotrofního stupně znečištění, a to zejména v jarním a podzimním období (Kaufnerová 2006, Nolečová 2013), ovšem sladkovodní obrněnky toxické látky neprodukují. Nejčastějšími rody jsou *Peridinium* a *Ceratium*.

Peridinium (obr. 4) je rod obrněnky zhruba kulovitěho tvaru. Na povrchu je buňka kryta pancířem z celulózních desek. Toto brnění je schopno růstu příkládáním celulózního materiálu po okrajích jednotlivých desek. Na povrchu buňky jsou patrné dvě rýhy – příčná a podélná. Na střetu obou rýh vyrůstají

dva bičíky. V příčné rýze je uložen částečně přirostlý bičík, podélnou rýhou vybíhá z buňky druhý, volný bičík, umožňující pohyb (Hoek et al. 1995, Graham a Wilcox 2000).



Obr. 4. Stavba buňky obrněnky *Peridinium*.

- a – celulózní destička pancíře,
- b – příčný bičík,
- c – příčná rýha,
- d – podélný bičík,
- e – podélná rýha

Ceratium je rod s charakteristickým tvarem pancíře, jehož horní polovina je protažena do špičatého výrůstku a dolní polovina vybíhá do dvou a více hrotů. Stejně jako rod *Peridinium* je i *Ceratium* složkou fytoplanktonu vodních nádrží, rybníků a zatopených lomů, na území Plzně např. ve fytoplanktonu Košuteckého jezírka, dále pak jako součást fytoplanktonu Kamenného rybníka či Malého boleveckého rybníka).

Zlativky (oddělení Heterokontophyta, třída Chrysophyceae) a **synury** (oddělení Heterokontophyta, třída Synurophyceae) jsou dvě sesterské linie řas, které byly původně slučovány v jedinou třídu zlativky. Ovšem různé přístupy (dřívější molekulární studie, výzkum ultrastruktury buněk) odhalily jejich rozdílnost (Andersen 1987, 1989, Lavau et al. 1997). Obě skupiny spojuje několik znaků: vnější a vnitřní stavba dvou bičíků na předním konci buňky (jeden bičík delší a ochlupený, druhý bičík kratší, holý), tvorba stomatocyst (tlustostěnných odpočívajících cyst) a typ fotosyntetických pigmentů, konkrétně kombinace chlorofylu a + c (ovšem zlativky vlastní typ chlorofylu c2, synury chlorofyl c1), dále pak přítomnost doplňkového pigmentu fukoxantinu, který dává chloroplastům typickou zlatavou barvu (John et al. 2008).

Oběma skupinám dominují jednobuněční či koloniální bičíkovci, kteří osidlují především sladké stojaté vody, často s její nižší úživností (Starmach 1985). Charakteristický je pro ně výskyt v brzkém jarním a pozdním podzimním období. Na území Plzně je možné zlativky či synury odebrat jako součást fytoplanktonu např. v Třemošenském rybníce (zejména zástupce rodu *Synura*), dále bývají hojné v zatopených lomech (častěji druhy rodu *Dinobryon*).

Dinobryon je zástupce zlativek. Charakteristickým znakem tohoto rodu je tvorba polysacharidových lorik

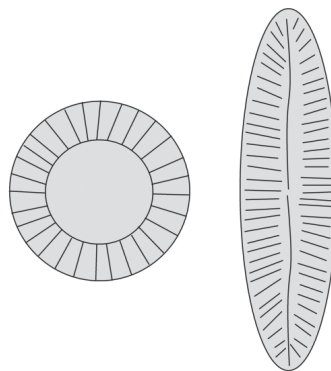
(jednostranně otevřených schránek), které se sdružují do keříčkovitých kolonií. Každá lorika je osídlena jedním bičíkovcem. Ve vrcholové části buňky je patrné výrazné stigma. Výskyt tohoto rodu je omezen na sladké stojaté vody, ve kterých není příliš vysoký obsah fosforu (vody oligo- a mezotrofního charakteru), ovšem nikoli proto, že by mu nadbytek fosforu potlačoval jeho růst, ale proto, že jej v takovém prostředí rychleji přerostou jiné, kompetičněsilnější řasy (Lee 2008).

Synura je typovým rodem třídy Synurophyceae. Jedná se o hojně rozšířený rod koloniálního bičíkovce. Povrch buněk je kryt křemičitými šupinkami, které se střechovitě překrývají. Jejich tvar a struktura jsou druhově specifickým znakem, ovšem viditelná je tato struktura pouze pomocí elektronového mikroskopu. Na rozdíl od zlativek postrádají synury v buňkách světločivnou skvrnu (Lee 2008).

Rozsivky (oddělení Heterokontophyta, třída Bacillariophyceae) byly po dlouhou dobu rozdělovány na dvě morfologické skupiny dle tvaru schránek (frustul) z valvárního pohledu, a to na rozsivky centrické (radiálně symetrické) a penátní (rozsivky souměrné podél jedné či dvou os souměrnosti) (obr. 5 a 6).



Obr. 5. Pohled na schránku rozsivky z pleurálního pohledu (z boku)



Obr. 6. Pohled na rozsivku z valvárního pohledu (vlevo centrická rozsivka, vpravo penátní rozsivka)

Aktuální fylogenetický pohled na taxonomii rozsivek je poněkud odlišný, ačkoliv v současné době stále není uspokojivě vyřešen. Některé poslední studie poukazují na existenci tří tříd rozsivek: první odpovídá pravým centrickým rozsivkám, druhá pravým penátním rozsivkám a třetí skupina je přechodnou mezi penátními a centrickými rozsivkami, tj. zahrnuje morfologicky jak „penátní“, tak „centrické“ mořské druhy rozsivek

(Medlin a Kaczmarska 2004). Aktuálně jsou rozsivky spolu s dalšími liniemi tzv. hnědých řas řazeny do říše Chromalveolata, podskupiny Chromista, Stramenopila (Keeling et al. 2009).

Schránky rozsivek mají na valvách (ploškách frustuly) charakteristickou, druhově specifickou ornamentaci. Některé druhy mají vytvořené štěrbinové raphe. Tato štěrbinová rapha může procházet skrze schránku na obou valvách frustuly, pouze na jedné z nich nebo zcela chybět. Rozsivky využívají raphe k pohybu po podkladu. Skrze štěrbinu vypouštějí slizová vlákna, s jejichž pomocí se přitahují po substrátu (Hoek et al. 1995, Graham a Wilcox 2000).

V našich podmínkách se setkáváme jak s centrickými, tak s penátními rozsivkami. Tyto rozsivky jsou součástí fytoplanktonu i fyto-bentosu stojatých i tekoucích vod. Nejsnadněji získatelné vzorky rozsivek jsou z bentosu pomaleji tekoucích vod, z jejichž dna se pomocí plastové pipety odsaje povrchová vrstva sedimentu. Další možností je stěr rozsivkových nárostů z povrchu ponořených kamenů či ze stěny akvária (stěr z kamenů se obvykle provádí pomocí zubního kartáčku). V těchto vzorcích bývají hojní zástupci rodů *Navicula*, *Cymbella*, *Gomphonema*, *Meridion*, *Pinnularia*, *Cyclotella*, *Melosira*, *Tabellaria* aj. Ve fytoplanktonních vzorcích eutrofních rybníků se často setkáváme se druhy rodů *Gomphonema*, *Cymatopleura*, *Cymbella*, *Pinnularia*, *Asterionella*, *Navicula*, *Cocconeis* aj.

Fosilní sedimenty rozsivek (křemelina) jsou tvořeny schránkami rozlišných rozsivkových druhů stmelеныmi různými materiály. Jejich ložiska najdeme po celém světě. Na území západních Čech jsou ložiska křemeliny např. na území NPR Soos. Křemelina vzhledem k poréznosti frustul rozsivek nachází hojně využití v praxi (filtrační či absorpční materiály, dále např. při leštění či do zubních past atd., Kalina a Váňa 2005).

Cyclotella je zástupce centrických rozsivek vyskytující se zejména ve sladkých vodách jako součást fytoplanktonu. Fosilní nálezy tohoto rodu jsou již z třetihorního miocénu (Guiry a Guiry 2013).

Navicula (loděnka, člunovka) je jeden z nejběžnějších rodů penátních rozsivek. V posledních letech bylo z tohoto rodu vyčleněno několik druhů na úroveň samostatných rodů. Z toho důvodu je pro laika prakticky nemožné zařadit do rodu *Navicula* organismus ze živého vzorku (bez použití trvalého preparátu, v němž je možné pozorovat charakteristické rysy na schránce). Český název rodu je odvozen od obrysu schránky z valvárního pohledu, který připomíná obrys loďky. Zástupci rodu *Navicula* se vyskytují ve všech

typech vod různého stupně trofie, stojatých i tekoucích (Krammer a Lange-Bertalot 1997).

Cymbella je druhově početný rod. Při valvárním pohledu na schránku rozsivky je patrná asymetrická dorzoventrální stavba schránky (dorzální strana schránky více vypouklá nežli ventrální strana). Na obou valvách probíhá středem schránky štěrbinová rapha (Krammer a Lange-Bertalot 1997).

Gomphonema je rozsivka volně pohyblivá či žijící přichycená pomocí slizových stopek k rozličnému substrátu. Buňky jsou charakteristického tvaru souměrné v podélné ose schránky při pohledu valvárním. Na obou valvách (obou ploškách schránky) probíhá ve střední ose stélky štěrbinová rapha. Druhy rodu *Gomphonema* jsou kosmopolitně rozšířené ve sladkých vodách různého charakteru (Krammer a Lange-Bertalot 1997).

Asterionella je koloniální rozsivka, jejíž tyčinkovité schránky se shlukují do hvězdicovitých kolonií. *Asterionella formosa*, běžný druh našich stojatých vod, vykazuje pravidelné roční výkyvy v růstu ovlivněné environmentálními podmínkami. V průběhu jarních měsíců se vyskytuje ve vysokých abundancích (pokles četnosti je zhruba v polovině jara ovlivněn dalšími podmínkami, zejména pak úbytkem množství křemíku nezbytného pro stavbu schránek ve vodě – tento průběh rozvoje je charakteristický i pro další rozsivky), během podzimních měsíců je četnost výskytu o poznání menší. V průběhu zimy je její výskyt limitován světlem a teplotou (Lee 2008).

Pinnularia je rozsivka s izopolární schránkou (souměrná podle podélné i příčné osy). Z hlediska velikosti schránky sem zahrnujeme od malých po velké formy. Většina z cca 500 druhů jsou volně žijící buňky sladkých vod, cca deset druhů je mořských (Krammer a Lange-Bertalot 1997).

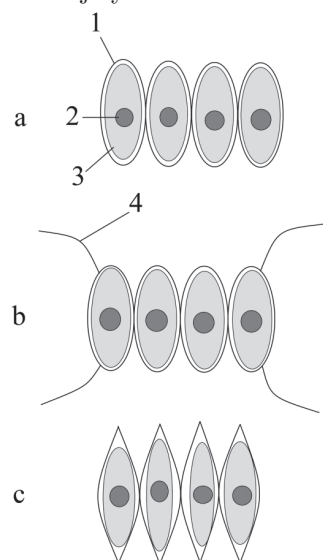
Zelené řasy (oddělení Chlorophyta) představují rozsáhlou skupinu řas, morfologicky značně variabilní, od mikroskopických po makroskopické, jednobuněčné i mnohobuněčné typy. Z hlediska typu stélky patří mezi zelené řasy organismy kokální (jednobuněčné), bičíkaté, vláknité, sifonální i sifonokladální, ale i zástupci s morfologicky odvozenějšími typy stélek (tyto spíše u mořských zástupců).

Zelené řasy jsou jako v dříve akceptovaných taxonomických součástích říše rostlinné (dříve Plantae, dnes nověji Archaeplastida, Keeling et al. 2009). Součástí oddělení Chlorophyta je několik tříd. V našich podmínkách se

nejčastěji setkáváme se zástupci třídy Chlorophyceae a Cladophorophyceae. Aktuální systém tříd zelených řas založený na analýzách genetické informace jednotlivých zástupců prodělává neustálé změny, nicméně již dnes víme, že systém vystavený na základě morfologických kritérií není správný. V evoluci organismů opakovaně docházelo k vytváření podobných morfologických znaků u organismů vzdálených fylogenetických linií (např. typ stélky, vzájemná pozice bičíkových bází), a tato kritéria tak nejsou využitelná pro jejich taxonomii (Leliaert et al. 2012).

Pediastrum (Chlorophyceae) je cenobiální zelená řasa (cenobium je soubor buněk připomínající kolonii, ovšem všechny buňky cenobia jsou vždy jediné generace a jejich počet je 2^n). Buňky jsou uspořádány do diskovitých plochých kolonií. V každé buňce cenobia je viditelný jediný chloroplast s pyrenoidem. *Pediastrum* je kosmopolitní řasový rod, jehož cenobia jsou častou součástí fytoplanktonu stojatých, na živiny bohatších vod, např. rybníků a jezer (John et al. 2008).

Desmodesmus – Scenedesmus – Acutodesmus (Chlorophyceae) jsou v současné době tři platné rody zelených cenobiálních řas, které byly v minulosti sloučeny v jediný rod *Scenedesmus* (An et al. 1999, Tsarenko et Petlevany 2001). *Scenedesmus*, česky řetízkovka, charakterizuje soubor oválných buněk (nejčastěji 2, 4 či 8), které nemají na buněčné stěně vytvořeny žádné další struktury. Oproti tomu rod *Desmodesmus* vytváří (nejčastěji) v rozích cenobia dlouhé trny. Buňky rodu *Acutodesmus* jsou na protilehlých koncích zřetelně zašpičatělé (obr. 7). V každé buňce cenobia je uložen chloroplast se zřetelným pyrenoidem (John et al. 2008). Nejběžnějším z uvedených rodů je rod *Desmodesmus*. Druhy tohoto rodu jsou hodné ve fytoplanktonu zejména stojatých vod mezo- až eutrofních vod.



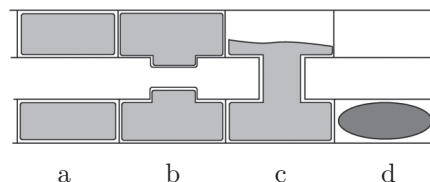
Obr. 7. Rozdíl mezi rody *Scenedesmus* (a), *Desmodesmus* (b) a *Acutodesmus* (c).

1 – buněčná stěna,
2 – pyrenoid,
3 – chloroplast,
4 – ostěn

Zelená řasa **Volvox** (Chlorophyceae) vytváří pouhým okem viditelná (někdy až 3 mm velká) kulovitá cenobia tvořená několika sty až tisíci drobnými bičíkovci uspořádanými v povrchové vrstvě. Každý z těchto bičíkovců má dva stejně dlouhé bičíky (samotné bičíkovce je možno pozorovat při maximálním zvětšení optického mikroskopu, tj. 1000×). *Volvox* je schopný reprodukce jak nepohlavní, tak pohlavní. Při nepohlavním rozmnožování se uvnitř cenobia vytvářejí dceřiná cenobia (zelené kulovité útvary), při pohlavním rozmnožování se vytvářejí pohlavní buňky (John et al. 2008). Samotný pohlavní proces je řízený feromony (Kalina a Váňa 2005). Rozšíření rodu je kosmopolitní, *Volvox* osidluje zejména jezírka a rybníky v průběhu pozdního léta (John et al. 2008).

Cladophora (Cladophorophyceae) je druh zelené makroskopické řasy se sifonokladální stélkou (tj. vláknitá větvená stélka, v každé buňce přítomno více jader). Její přítomnost ve sladkých vodách je považována za důsledek antropogenní eutrofizace vodního prostředí. Často tak vytváří rozsáhlé porosty přichycené na kamenitěm dně toků či v litorálech rybníků a jezer. Často bývá kolonizována různými nárostovými řasami (rozsivkami, sinicemi apod.), jelikož vytváří vhodné prostředí pro přežívání dalších druhů (Lee 2008).

Spájkivé řasy (oddělení Charophyta, třída Zygnemato-phyceae) charakterizuje způsob pohlavního rozmnožování – spájení (obr. 8). V průběhu spájení se nevytvářejí pohlavní buňky jako u většiny zelených řas, ale splývají celé protoplasty buněk. V konečné fázi rozmnožování vzniká klidové stádium hypnozygota, která přečkává případně nepříznivé podmínky (např. zimní období) a následně klíčí v novou stélku. Z morfologického hlediska odlišujeme dvě základní skupiny spájkivých řas: vláknité jařmatky a kokální (jednobuněčné) krásivky.



Obr. 8. Schéma pohlavního rozmnožování jařmatek (spájení). a – vegetativní buňky, b – vytváření konjugačního kanálku, c – spájení protoplastů, d – hypnozygota

V systému eukaryotních organismů řadíme spájkivé řasy do říše Archaeplastida (dříve Plantae, rostliny, McCourt et al. 1996, Kalina a Váňa 2005). Některé studie založené na výzkumu různých genů naznačují možný původ cévnatých rostlin z těchto řas (Turmel et al. 2007). Dalšími skupinami, které mohly

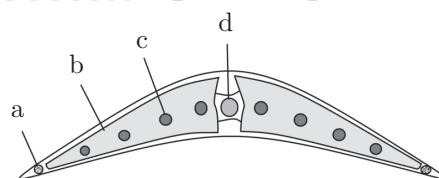
vést ke vzniku cévnatých rostlin, jsou řasy z oddělení Charophyta, z třídy parožítek (Charophyceae), které vytvářejí makroskopickou stélku podobnou přesličkám, či epifytické řasy z třídy Coleochaetophyceae (Manhart a Palmer 1990, Bhattacharya a Medlin 1998). Skupina, ze které vznikly cévnaté rostliny, je ale zatím stále nejistá (McCourt 1995, Melkonian a Surek 1995).

Vláknité jařmatky (*Spirogyra*, *Mougeotia*) jsou hojné na kamenitých březích vodních nádrží (např. Velký bolevecký rybník). Krásivky jsou skupinou osidlující zejména rašeliniště, v menších abundancích (početnostech) se vyskytují ve stojatých vodách různého stupně trofie (zatopené lomy, některé rybníky).

Spirogyra (šroubatka) je vláknitá jařmatkovitá řasa charakteristická tvarem a uspořádáním jednoho či více chloroplastů v buňkách. Chloroplasty jsou páskovité, šroubovitě vinuté. V každé buňce může být jeden či více těchto páskovitých plastidů. Pro druhové odlišení však počet plastidů v buňkách nemá význam (hlavním znakem k odlišování druhů jsou tvar a rozměry hyponozygoty, John et al. 2008). *Spirogyra* je hojným rodem porůstajícím např. kamenité podloží na okrajích vodních nádrží. Vlákna této jařmatky porůstají např. kamenité břehy Velkého boleveckého rybníku.

Micrasterias je kokální krásivka. Mezi krásivkami představuje jeden z morfologicky nejzajímavějších a nejkrásnějších rodů. Buňka tohoto rodu je tvořena ze dvou souměrných polovin (půlbuněk, semicel), uprostřed spojených tzv. krčkem, ve kterém je uloženo jádro. Obrys buňky je kruhovitěho tvaru, zbrázděný četnými různě hlubokými zářezy směřujícími do středu buňky. V každé půlbuněce se nachází jeden chloroplast s pyrenoidy (drobná kulovitá tělíska). Většina druhů *Micrasterias* je (spolu s dalšími krásivkami) vázána na kyselém vodním prostředí, zejména rašeliniště (John et al. 2008).

Closterium (vřetenovka) (obr. 9) je jednobuněčná řasa ze skupiny krásivek. Její buňka je protáhlého, rohličkovitě více či méně ohnutého tvaru a je tvořena ze dvou symetrických polovin, které nejsou na rozdíl od předchozího rodu *Micrasterias* odděleny středovým zúžením. V každé polovině buňky je umístěn jeden chloroplast s četnými pyrenoidy. Ve střední části buňky mezi oběma chloroplasty se nachází jádro. Na obou koncích buňky bývá viditelná vakuola s drobnými krystalky šťavelanu vápenatého. Její funkce není zatím přesně známa. Výskyt většiny zástupců tohoto rodu je ve sladkých stojatých kyselejších vodách, část zástupců je ale běžně nacházena v jezerech či rybnících s vyšším pH i trofií (Růžička 1977, John et al. 2008).



Obr. 9. Stavba buňky krásivky rodu *Closterium*. a – vakuola s krystaly šťavelanu vápenatého, b – chloroplast, c – pyrenoid, d – jádro

Summary – Cyanobacteria and Algae in the Czech textbooks for primary and secondary schools

The aim of this study was to review textbooks for primary schools and secondary schools to find out the actual problems in education of algal groups. We analyzed ten textbooks (seven for primary education and three for secondary education). Moreover, we analyzed information from curricular documents for both types of education levels. In these documents we focused our attention to information about taxonomical position of blue-green algae and algae in system of organisms, to information about presence of groups and taxons of algae in these documents and to presence of mistakes and inaccurate claims in textbooks.

According to the information about algal groups in school books guideline for teachers with actual taxonomical information of algae and other characteristics of groups of algae was prepared. In this guideline there are proposed morphologically the most suitable genera useful in education in primary and secondary schools. Furthermore remarkableness of representatives are presented.

Fig. 1. Position of algal groups in eukaryotic tree of life

Fig. 2. A scheme of cyanobacterial genus *Nostoc* (nitrogen fixing heterocyte highlighted by grey colour)

Fig. 3. Structure of euglenophyte cell of the genus *Trachelomonas*. a – flagellum, b – reservoir, c – chloroplast, d – nucleus, e – stigma, f – storage polysaccharide, g – lorica

Fig. 4. Structure of a dinoflagellate cell of the genus *Peridinium*. a – cellulose plate, b – transverse flagellum, c – cingulum, d – longitudinal flagellum, e – sulcus

Fig. 5. Pleural view on diatom frustule

Fig. 6. Valvar view on diatom frustule (on the left centric diatom, on the right pennate diatom)

Fig. 7. Differences between genera *Scenedesmus* (a), *Desmodesmus* (b) and *Acutodesmus* (c). 1 – cell wall, 2 – pyrenoid, 3 – chloroplast, 4 – spine

Fig. 8. Schematic illustration of sexual reproduction of Zygnematales (conjugation). a – vegetative cells, b – conjugation canal bulges formation, c – protoplast conjugation, d – hypnozygote

Fig. 9. Structure of desmidial cell of the genus *Closterium*. a – vacuole with crystals of calcium oxalate, b – chloroplast, c – pyrenoid, d – nucleus