

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**  
**Přírodovědecká fakulta**

**Studijní materiály pro badatelsky orientované vyučování  
k tématu sinic a řas na středních školách**

Diplomová práce

**Bc. David Hnátek**

Školitel: doc. RNDr. Jan Kaštovský, Ph.D.

Konzultant: Mgr. Josef Juráň, Ph.D.

České Budějovice 2020

Hnátek, D. 2020. *Studijní materiály pro badatelsky orientované vyučování k tématu sinic a řas na středních školách* [Education materials for inquiry-based science learning in secondary schools focused on the subject of cyanobacteria and algae, Mgr. Thesis, in Czech] The University of South Bohemia, Faculty of Science, České Budějovice, 132pp.

**Annotation:**

Introduction of the thesis deals with inquiry-based science learning - from the level of research to its evaluation. The following practical advice summarize information about the possibilities of obtaining natural material for teaching, creating permanent diatom preparations and examples of suitable determination literature for teachers. The main part of this work presents 10 elaborated study materials for research teaching method divided into five phycologically oriented topics: (1) cyanobacterial and algal physiology, (2) biodiversity of standing waters, (3) algae defence mechanisms, (4) cyanobacteria and algae like bioindicators, (5) substances in cyanobacteria and algae and their importance for humans. Individual study materials contain information on the level of research, methodological guidance for teachers with a theoretical basis, working and recording sheet for students and, in conclusion, own proposed solution for teachers. Another part of this thesis is a comparison of inquiry-based science learning with frontal education, which is done by didactic test.

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

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

V Českých Budějovicích dne 22. 5. 2020

.....

David Hnátek

**Poděkování:**

Tímto malým odstavečkem bych chtěl poděkovat svému školiteli Hanysovi za vedení mé práce, i když to bylo někdy velmi náročné. Dále pak paní RNDr. Haně Pallové za umožnění a provedení úloh. A v neposlední řadě i své rodině, která mě neustále podporovala a stála při mně, i když se zrovna nedařilo.

TAKŽE, VŠEM MOC DĚKUJI.

# Obsah

<b>1. Úvod</b> .....	<b>1</b>
1.1. Co je to badatelsky orientovaná výuka.....	1
1.2. Úrovně badatelsky orientované výuky.....	3
1.3. Jak postupovat při bádání.....	4
1.4. Výhody a nevýhody badatelského vyučování.....	5
1.5. Hodnocení badatelského vyučování.....	6
<b>2. Cíle práce</b> .....	<b>7</b>
<b>3. Praktické rady pro učitele</b> .....	<b>8</b>
3.1. Zisk řasového materiálu.....	8
3.1.1. Odběr planktonního společenstva.....	12
3.1.2. Odběr nárostového a (sub)aerického společenstva.....	13
3.1.3. Odběr pomocí specializovaných přístrojů a postupů.....	14
3.2. Tvorba trvalých rozsivkových preparátů.....	16
3.3. Přístrojové vybavení.....	17
3.4. Determinační literatura.....	18
<b>4. Metodika</b> .....	<b>19</b>
<b>5. Výsledky</b> .....	<b>21</b>
5.1. Fyziologie sinic a řas.....	21
5.1.1. Sinice a jejich buněčná stěna.....	21
5.1.2. Barviva zelených řas.....	31
5.1.3. „Zrak“ krásnooček.....	39
5.2. Biodiverzita stojatých vod.....	47
5.2.1. Společenstvo sinic a řas v rybníce.....	47
5.2.2. Gravitace ve vodě.....	55
5.3. Obranné mechanismy řas vůči predaci.....	64
5.3.1. Řasy vs. predátoři.....	64
5.4. Role sinic a řas v bioindikaci.....	73
5.4.1. Rozsivky jako ukazatele kvality řek.....	73
5.4.2. Kvalita vody podle sinic a řas.....	84
5.4.3. Nezvaní hosté v rybníce.....	94
5.5. Obsahové látky v sinicích a řasách a jejich význam pro člověka.....	103
5.5.1. Sinice a řasy: od biopaliva po jídlo.....	103
5.6. Porovnání BOV a frontální výuky.....	111
<b>6. Diskuze</b> .....	<b>115</b>
<b>7. Závěr</b> .....	<b>118</b>
<b>8. Literatura</b> .....	<b>119</b>
<b>9. Příloha</b> .....	<b>124</b>
9.1. Příloha I. – Dotazník.....	124
9.2. Příloha II. – Didaktické testy.....	125

# 1. Úvod

Sinice a řasy jsou nedílnou součástí vodních, ale i terestrických ekosystémů, a přestože jsou poměrně dostupným materiálem, v praktických cvičeních se málokdy využívají. Teoretická výuka tématu sinic a řas je většinou také omezena na minimum. Studenti se však se sinicemi a řasami setkávají v běžném životě, například při koupaní, kdy vidí zeleně zabarvenou vodu, dále při cestě do školy vidí zeleně porostlé zdi či stromy a nevědí, čím je to způsobeno (Nolčová & Vágnerová, 2015). Právě proto by bylo vhodné pokusit se využít přístupů badatelsky orientované výuky, která spojuje teoretické znalosti spolu s praktickými pokusy. Studenti tak dostanou povědomí o sinicích a řasách jak teoreticky, tak i prakticky.

## 1.1. Co je to badatelsky orientovaná výuka

Je to vzdělávací a vyučovací pedagogický směr, který klade důraz na rozvoj studentových znalostí a dovedností na základě aktivního a samostatného přístupu, který provádí pomocí bádání (Dostál, 2015a) a řadíme ji do aktivizujících vyučovacích metod (Papáček, 2010a; Rocard a kol., 2007). Tento směr se začal rozvíjet od 60. let 20. století v USA a do Evropy dostal až o 30 let později (Vohra, 2000). V angličtině nese označení Inquiry based education (IBE) a pro přírodní vědy Inquiry based science education (IBSE). Termín „inquiry“ se do češtiny překládá jako bádání, objevování. V češtině se tomuto směru říká badatelsky orientovaná výuka či badatelsky orientované vyučování (Stuchlíková, 2010).

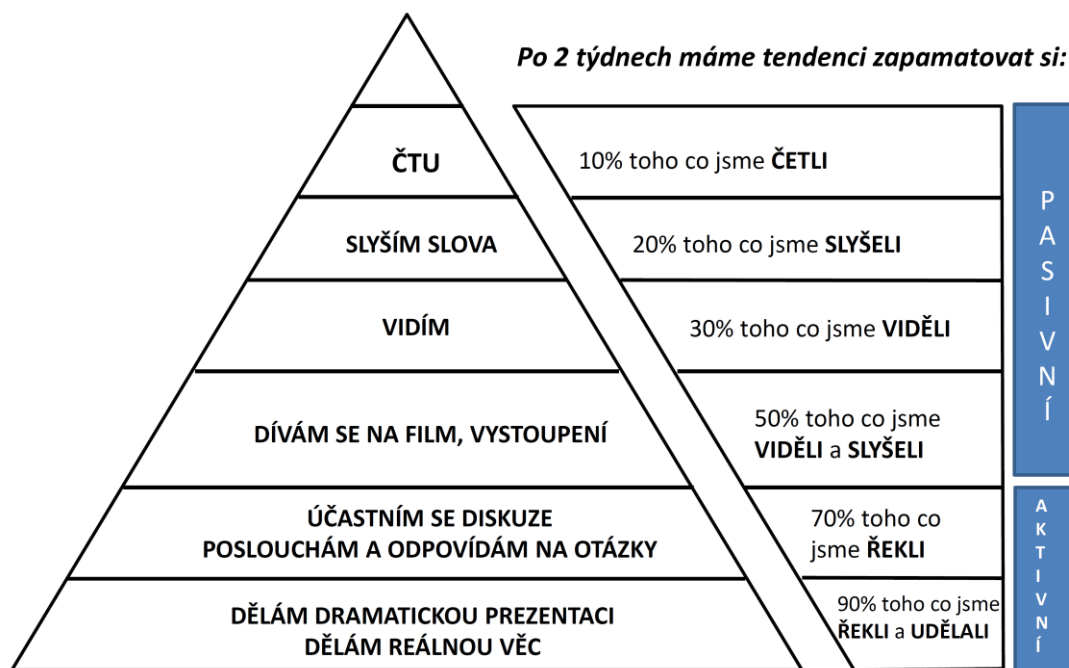
Podle Papáčka (2010 a) je hlavním cílem badatelsky orientované výuky zaměřit se na výuku jako proces bádání, a nejen memorování pouhých faktů. Jelikož bádání je proces zaměřený na spoustu vlastností, které si žáci mohou osvojit a rozvíjet. Hlavním faktorem je kritické, logické nebo také tvůrčí myšlení, které umožňuje studentům dobře posoudit různé varianty postupů, jelikož se opírá o logická fakta, zahrnuje např.: formulace problémů a otázek, experimentování, rozhodování, zkoumání a ověřování hypotéz, vyhledávání informací, vytváření názorů a diskutování (Činčera, 2014; Linn, Davis & Bell, 2004; Llewellyn, 2014; Stuchlíková, 2010).

Metody, které se využívají při badatelsky orientované výuce, používají vědci při svých výzkumech, a tak se i studenti mohou stát v rámci tohoto typu výuky na krátký okamžik také „vědci“ (Janoušková a kol. 2008). Studenti přebírají iniciativu, sami si formulují problémy, následně vytvářejí hypotézy, které podle svých navržených experimentů či pozorování buď potvrzují či vyvracejí. Podle toho vytvářejí závěry, které prezentují ostatním studentům a

dále s nimi diskutují o jiných variantách řešení stejně jako vědečtí pracovníci (Bransford a kol. 1999; Papáček, 2010a; Petr, 2014).

Při badatelsky orientované výuce se mění role učitele – učitel už nepředává informace přímo, ale stává se rádcem, pomocníkem nebo průvodcem, který studenty navádí správným směrem, klade jim otázky k zamyšlení a podporuje jejich nadšení (Papáček, 2010a,b; Petr, 2014).

Edgar Dale (1969) vytvořil pyramidu učení (Obr. 1), která ukazuje, jakým způsobem si studenti nejlépe zapamatují probíranou látku. Platí to nejen ve škole, ale i v normálním životě. Nejvíce studenti přijdou ve škole do kontaktu jen s tím, co četli, viděli a slyšeli, jelikož na tom je hlavně postavena dnešní výuka na školách. Z tohoto vyučování mají studenti tendenci si zapamatovat pouhých 50 % poznatků. Tato transmisivní výuka je hlavním důvodem poklesu zájmu studentů o přírodovědné předměty (Rocard a kol., 2007). Řešením by mohlo být právě častější zavádění badatelské výuky do vyučování. Přejít od pasivního vyučování, při kterém učitel frontálně předává žákům fakta, k aktivnímu vyučování (Nezvalová a kol., 2010). Při BOV studenti experimentují, tím vytvářejí určitou aktivitu a podle obrázku spadá BOV do poslední části pyramidy kde účinnost získání poznatků je až 90 % (Dostál, 2013).



**Obr. 1:** Dalova pyramida učení (Dale, 1969).

## 1.2. Úrovně badatelsky orientované výuky

Bylo by naivní předpokládat, že studenti budou dosahovat stejné úrovně bádání jako vědci. Ovlivněné je to odlišným věkem, a hlavně pak schopnostmi a znalostmi studentů, kteří nejsou s danou problematikou dostatečně seznámeni, a proto se úroveň bádání výrazně liší. Bell, Smetana & Binns (2005), Banchi & Bell (2008) a Eastwell (2009) definovali čtyři úrovně bádání podle podílu na vedení výuky ze strany učitele, viz tabulka (Tab. I). Díky různým úrovním bádáním mohou učitelé definovat náročnost výuky a tím poskytnout studentům možnost zapojení se, především podle jejich schopností a dovedností, a tímto způsobem je ve výuce více aktivizovat. Členění úrovně bádání podle Bell, Smetana & Binns (2005), Banchi & Bell (2008) a Eastwell (2009) používají i další autoři. Stuchlíková (2010) ve své práci přeložila úrovně bádání podle Eastwell (2009). Toto členění podle Stuchlíkové (2010) pak používají i ostatní čeští autoři ve svých pracích jako Dostál (2015a,b), Janík & Stuchlíková (2010), Papáček (2010a,b), Ryplová & Reháková (2011), Vácha & Ditrich (2016).

**Tab. I:** Úrovně badatelsky orientovaného vyučování (Banchi & Bell, 2008).

	<b>Potvrzující bádání</b>	<b>Strukturované bádání</b>	<b>Nasměřované bádání</b>	<b>Otevřené bádání</b>
<b>Otázky</b> (dané učitelem)	✓	✓	✓	✗
<b>Postup</b> (dán učitelem)	✓	✓	✗	✗
<b>Řešení</b> (dané učitelem)	✓	✗	✗	✗

První úrovní badatelsky orientovaného vyučování je potvrzující bádání, při kterém jsou studentům poskytnuty výzkumné otázky, postup práce a výsledky experimentů jsou předem známy a studenti je jen ověřují. Jedná se o nejméně náročnou úroveň. Tato úroveň slouží pro upevnění dříve získaných znalostí, dále pak k shromažďování a zaznamenávání dat, příkladem je typické laboratorního cvičení, například práce s mikroskopem.

Druhou úrovní badatelsky orientovaného vyučování je strukturované bádání, i zde má učitel stále významnou roli – poskytne studentů výzkumnou otázku a postup práce. Následující průběh práce je zcela závislý na studentech, kteří stanovují výsledky na základě

údajů, které během pokusu či pozorování získali. Tato úroveň je důležitá pro postupné rozvíjení badatelských dovedností a zároveň je zde prostor pro kreativnější práci studentů.

Třetí úrovní badatelsky orientovaného vyučování je nasměrované bádání, při níž učitel už nehraje tak velkou roli a stává se spíše rádcem studentů. Položí studentům jen výzkumnou otázku a práce je pak pouze na studentech, kteří si navrhnou postup a provedení experimentu samostatně a podle údajů, které zjistí, stanovují a prezentují své získané výsledky. Při této úrovni BOV si studenti procvičují plánování pokusu a spolupráci s ostatními členy skupiny. Proto, aby studenti dokázali sami navrhnout pokus a provést ho, musí mít zkušenosti z předchozích nižších úrovní bádání.

Poslední a také nejnáročnější úrovní badatelsky orientovaného vyučování je otevřené bádání. V této úrovni učitel pouze dohlíží na klid ve třídě, nijak do procesu bádání nezasahuje, jen občas navede studenty potřebným směrem, avšak celá práce od položení výzkumné otázky až po závěrečné prezentování výsledků je jen a pouze na studentech. Tato úroveň se nejvíce podobá vědeckému výzkumu, studenti proto musí projít výše uvedenými úrovněmi bádání, aby získali potřebné zkušenosti pro zvládnutí této nejtěžší úrovně – nejobtížnější pro studenty je správně si položit otázku na určitý problém, který by chtěli následně řešit (Bell, Smetana & Binns, 2005; Banchi & Bell, 2008; Stuchlíková, 2010).

Z výše uvedených úrovní, když nebereme v potaz potvrzující bádání, je nejběžnější používanou úrovní badatelsky orientovaného vyučování, strukturované bádání (Petr, 2014; Zion, Cohen & Amir, 2007). Další hojně používanou úrovní bádání je nasměrované bádání. Obě úrovně poskytují studentům vhodný prostor pro nácvik badatelských aktivit, které rozvíjejí jejich schopnosti a současně dovolí učiteli mít nad vyučováním relativní kontrolu a zároveň studenty vést k naplnění určitého vzdělávacího cíle (Petr, 2014).

### **1.3. Jak postupovat při bádání**

Kroky při badatelském vyučování by měly odrážet postupy, jakými pracují vědečtí pracovníci. Práce, která se nejen zabývá badatelským postupem, ale i dalšími věcmi týkající se badatelsky orientované výuky je „BADATELÉ.cz – průvodce pro učitele badatelsky orientovaného vyučování“ vydaný sdružením TEREZA (Votápková a kol., 2013). V uvedené publikaci je napsaný návod, jak postupovat a co má učitel během jednotlivých kroků od žáků očekávat. V prvním kroku pro výzkum v rámci BOV je pro studenta hlavní ujasnit si, co chce řešit a pokládat si otázky, čím by se chtěl v úloze zabývat. Zde by se měla projevit studentova motivace, vyhledávání a uspořádání informací, kladení si zvědavých



otázek s konečným výběrem té výzkumné. Studenti by se neměli bát vyjadřovat své názory a myšlenky. Cílem tohoto kroku by mělo být probuzení zájmu a přimět studenty k přemýšlení. Nejdůležitější je však motivovanost studentů, budou-li studenti vnitřně motivováni, zvýší se jejich zájem o bádání a celkově i zájem učit se novým věcem. Snaha motivovat studenty je hlavní úlohou učitele. V druhém kroku studenti vycházejí ze své výzkumné otázky a na základě svých dosavadních znalostí odhadují, jak by se pokus mohl vyvíjet a snaží se formulovat hypotézu. Předposlední krok se zaměřuje spíše na kreativitu studentů a jejich analytické schopnosti, kdy sami navrhnou postup práce, kterým si ověří svoji hypotézu. Následně provedou pokus nebo pozorování podle svého připraveného postupu. Všechna data si pečlivě zapisují a v případě nastalé komplikace provádějí úpravy postupu, dále mezi sebou diskutují a případné nejasnosti konzultují s učitelem. Poslední krok uzavírá badatelský výzkum, jeho hlavní částí je vyhodnocení a interpretace dosažených výsledků ostatním studentům. Tento krok může samozřejmě vést k novému objevování, jelikož během pokusu mohou vyvstat další otázky, na které budou chtít studenti najít odpovědi (Votápková a kol., 2013). Jednotlivé badatelské kroky by na sebe měly navazovat a není možné měnit jejich posloupnost – nemůžeme vymýšlet postup práce, když nemáme zadanou výzkumnou otázku (Dostál, 2015a). Podobný postup při bádání uvádějí ve svých pracích i Dostál (2015a), Llewellyn (2014), Lokšová & Lokša (2003) a Papáček (2010a).

Hlavní je motivace studentů, jak již bylo nastíněno v předchozím textu. Pro udržení motivace je důležité, aby úlohy odpovídaly svou náročností, znalostem a dovednostem studentů. Při velmi složitých úlohách se mohou studenti stresovat, že úlohu nezvládají, a tak na badatelsky orientovanou úlohu zanevrou, na druhou stranu, pokud budou úlohy velmi snadné, studenti se začnou nudit a přestanou tématu věnovat pozornost. Je samozřejmé, že se studenti budou dopouštět chyb, zvláště studenti, kteří s badatelsky orientovanou výukou začínají. Problémy mohou nastat už na začátku s výběrem a formulováním otázek či hypotéz, dále s tím, jak si navrhnout postup práce nebo s interpretováním svých výsledků. Od toho tu je právě učitel, aby studenty navedl pomocí diskuze a správně směřovanými otázkami ke zdárnému dosažení cíle badatelsky orientované výuky (Petr, 2014).

#### **1.4. Výhody a nevýhody badatelského vyučování**

Za výhody badatelsky orientovaného vyučování můžeme považovat určité kompetence, které žák získá – objevování, budování, aplikování, syntéza informací, vyhledávání a shromažďování dat, prezentace výsledků s diskuzí. Badatelská výuka má vést studenty

k tvořivému myšlení, student se naučí lépe porozumět vědeckým pojmům, tvořit smysluplné otázky, pracovat v kolektivu a tím respektovat názor ostatních členů skupiny, jelikož organizační formou BOV je skupinová práce (Nezvalová a kol., 2010; Papáček, 2010a,b; Stuchlíková, 2010).

Mezi nevýhody badatelsky orientovaného vyučování patří jak časová náročnost úkolu, tak časová příprava učitele na úkol, spojená s limitací hodinové dotace, kdy většina odborných předmětů má na týden dvouhodinovou dotaci, což je málo. Učitel má dost látky, kterou musí probrat, aby byli žáci připraveni k maturitní zkoušce a na tyto novinky nezbývá čas. Dalšími nevýhodami jsou počáteční obtíže studentů při pochopení badatelských principů, jejich dosavadní znalosti a tím pádem malá motivovanost studentů a dále také špatná vybavenost škol, která nedovolí realizovat některé úlohy. Problém může působit i vedení školy, které si nepřeje, aby učitelé zaváděli badatelské vyučování do výuky. Posledním článkem je samotný učitel, který nechce upouštět od zaběhnutých metod a nevyhledává nic nového, čím by výuku ozvláštnil, někteří učitelé, kteří by naopak chtěli zkusit něco nového, mají však obavy z neúspěšné aplikace. Další hlediskem, proč učitelé nechtějí BOV zavádět, je problematické hodnocení a známkování (Papáček, 2010a,b; Stuchlíková, 2010).

## **1.5. Hodnocení badatelského vyučování**

V průvodci pro učitele badatelsky orientovaném vyučování sdružením TEREZA se zabývají tím, jak hodnotit práci žáků. Jedním z možných postupů je vytvoření dotazníku, do kterého si učitel zapisuje, jak se daří studentovi zvládat jednotlivé kroky badatelské práce, např. vytvoření otázky či hypotézy nebo provedení pokusu. K jednotlivým bodům si učitel píše písmenka (V – výborně, P – průměr, Z – zlepšit), samozřejmě učitel nemůže pojmout všechny kroky badatelského postupu, a tak se může soustředit pouze na určité kroky, které na studentovy hodnotí, zda klade otázky k tématu, provádí pokus, zná souvislosti. Avšak studenti dostanou zpětnou vazbu i během výuky od spolužáků i od učitele, kdy o všem diskutují, a tak si mohou udělat představu o svém výkonu. Možností je, aby se studenti ohodnotili samostatně tak, že dotazník vyplní sami studenti. Další možností je, aby si učitel nebo student vedl „badatelský deník“. V tomto deníku by byl zaznamenán pokrok studenta, v čem se student zlepšil oproti předešlému zkoumání (Votápková a kol., 2013).

## 2. Cíle práce

- Vypracovat seznam praktických rad pro učitele (odběr, mikroskopování, determinace).
- Vypracovat studijní materiály pro badatelský způsob vyučování pěti algologicky orientovaných témat:
  1. fyziologie sinic a řas;
  2. biodiverzita stojatých vod;
  3. obranné mechanismy řas vůči predaci;
  4. role sinic a řas v bioindikaci;
  5. obsahové látky v sinicích a řasách a jejich význam pro člověka.
- Ověřit některé úlohy na středních školách a následně pomocí didaktického testu porovnat frontální výuku s badatelsky orientovanou výukou.

## 3. Praktické rady pro učitele

### 3.1. Zisk řasového materiálu

Pro zisk jak sinicového, tak řasového materiálu je důležité zvolit vhodný typ lokality a také správné časové období ve kterém se zájmový druh vyskytuje nejčastěji a má tak největší zastoupení (biomasu).

Nejprve jsou zde uvedeny typy lokalit s určitými skupinami sinic a řas, které se na daných lokalitách nacházejí. V literatuře jsou většinou lokality rozdělené dle úživnosti vody či trofie (dystrofní, oligotrofní, mezotrofní, eutrofní). Avšak pro lepší znázornění jsou zde uvedeny konkrétní biotopy, které v České republice můžeme nalézt (Juráň, 2010; Kalina & Karlova, 1989).

V **Atlasu sinic a řas ČR** od Kaštovský a kol. (2018) je sepsána většina druhů sinic a řas, které se na území České republiky vyskytují. U jednotlivých druhů je uvedena i jejich ekologie.

- Rašeliniště

Rašeliniště se řadí z pohledu trofie mezi dystrofní lokality. Tyto lokality obsahují velké množství huminových kyselin a málo živin, jejichž dostupnost navíc omezuje i nízké pH. Podstatně méně je zde vyvinut plankton, jeho součástí jsou pak spíše bičíkovci jako *Synura*, *Peridinium*, *Cryptomonas*, které doplňuje pár druhů ze skupiny zlativek (Chrysophyceae). Hlavním řasovým společenstvem rašelinišť je perifyton, metafyton a bentos. Charakteristickou skupinou jsou převážně krásivky (Desmidiaceae) jako *Closterium*, *Cosmarium* nebo *Euastrum* a některé rozsivky (Bacillariophyceae) jako rod *Eunotia*, nebo některé druhy rodů *Pinullaria* nebo *Nitzschia*. Dále zde můžeme nalézt rody jako *Tribonema*, *Goniochloris* a druh *Euglena mutabilis* (Kalina & Karlova, 1989; Pouličková, 2011; Reynolds, 2006; Round, 1984).

- Lesní rybník nebo tůňka či slepá ramena řek

Druhá bohatost řas vzhledem k častému zastínění, a ne přílišnému obsahu rozpuštěných živin není zas tak velká. Pro lesní tůň je spíše charakteristický výskyt především skrytěnek (Cryptophyta, hlavně na jaře), krásnooček (Euglenophyta), obrněnek (Dinophyta) a zlativek (Chrysophyceae) jako *Chrysococcus*. V nárostech pak dominují rozsivky (Bacillariophyceae) může se zde objevit i zelená řasa *Hydrodictyon* (Pouličková, 2011; Reynolds, 2006; Round, 1984).

- Větší rybník s bohatě vyvinutým litorálem z rákosin, případně se zrašeliněnou částí

Tyto lokality bývají rybáři poměrně často obhospodařovány, ale díky přítomnosti dobře vyvinutého litorálu, je část živin zafixována vyššími rostlinami. Výsledkem je méně úživná lokalita, která by podle trofie mohla spadat do mezotrofních vod. Jelikož je zde menší obsah živin, tak zde nedominují sinice (Cyanobacteria) ani zelené řasy (Chlorophyta), ale jsou zde samozřejmě zastoupeny. Tyto lokality jsou velmi druhově zastoupeny různými skupinami řas jako rozsivky (Bacillariophyceae), krásnoočka (Euglenophyta), obrněnky (Dinophyta) a zlativky (Chrysophyceae) (Pouličková, 2011; Reynolds, 2006; Round, 1984).

- Návesní rybníky

Dalším typem stojaté vody jsou návesní rybníky, které by se podle trofie mohly řadit mezi mezotrofní až eutrofní vody. Tyto rybníčky nejsou člověkem tak obhospodařovány, ale i tak jsou na živiny velmi bohaté. V těchto rybníčcích mají největší početnost většinou zelené řasy (Chlorophyta) hlavně bičíkovci, společně s krásnoočky (Euglenophyta), která mohou vytvořit i neustonickou blanku (Kalina & Karlova, 1989; Pouličková, 2011; Reynolds, 2006; Round, 1984).

- Rybářsky intenzivně využívané rybníky – produkční rybníky

Pro velké množství živin rozpuštěných ve vodě a velmi intenzivnímu obhospodařování se jedná o jedny z nejuživnějších lokalit. Podle trofie bychom tyto lokality mohli zařadit do vod eutrofních až hypertrofních. Eutrofní rybníky se vyznačují vysokými hodnotami chlorofylu a nízkou průhledností. Hlavní dominantou jsou sinice (Cyanobacteria), které při přemnožení vytváří vodní květ. Další skupinou, která se velmi hojně vyskytuje, jsou zelené řasy (Chlorophyta). Dále pak nesmíme opomenout i krásnoočka (Euglenophyta) a v malé míře i obrněnky (Dinophyta) (Pouličková, 2011; Reynolds, 2006; Round, 1984).

- Tekoucí vody

Hlavním společenstvem tekoucích vod je perifyton, kde převládají hlavně rozsivky (Bacillariophyceae). Na kamenech často najdeme zelenou řasu *Cladophora* a *Microspora* a dále ruduchy *Batrachospermum*, *Hildebrandia*, *Audouinella*, *Lemanea* (Kalina & Karlova, 1989; Pouličková, 2011).

- Aerofytické řasy a sinice

Tyto organismy dokáží přežít i dlouhodobá vyschnutí. Můžeme je proto najít na povrchu holých skal (sinice *Stigonema*), na kamenech, stromech (zelená řasa *Trentepohlia*) dále pak

na vlhkých pařezech, kde tvoří místa zeleného slizu – zelené řasy *Gloeocystis*, *Coccomyxa* a také i sinice *Nostoc* (Kalina & Karlova, 1989).

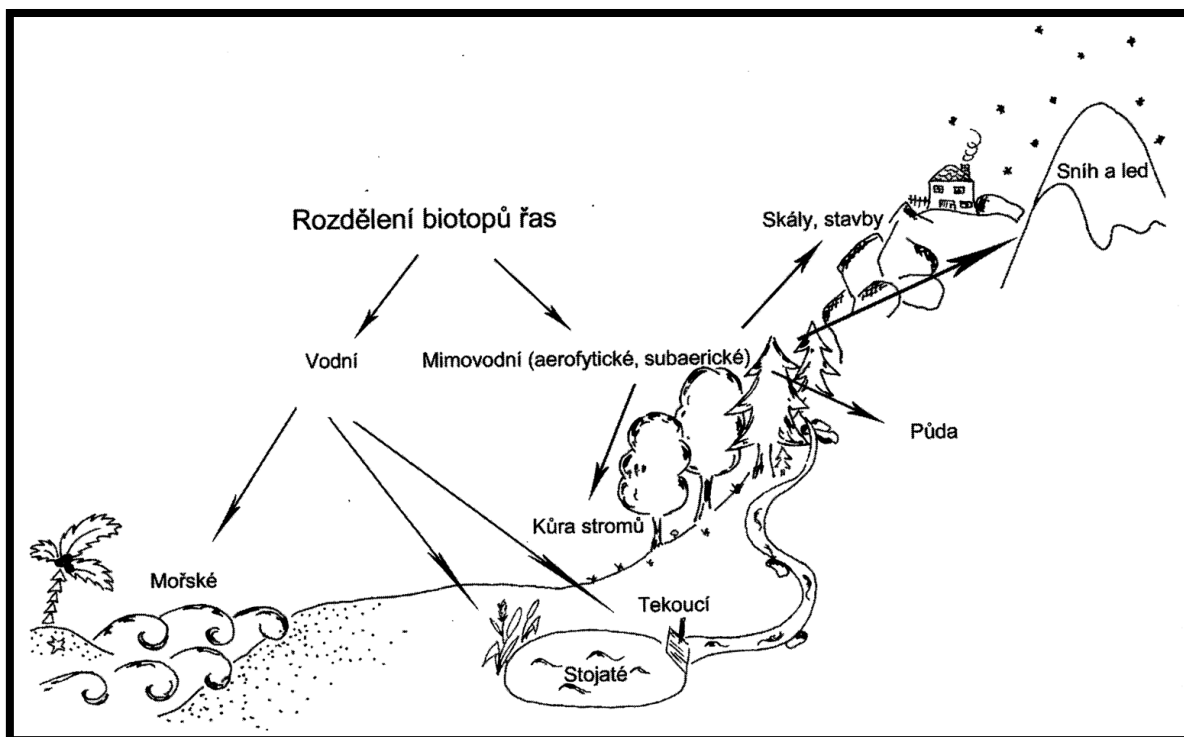
Jak bylo nastíněno již na začátku kapitoly, dalším faktorem pro odběr zájmového organismu je období. Fytoplankton stojatých vod se v mírném pásu vyznačuje sezónní dynamikou (Obr. 2). Určité skupiny řas mají největší zastoupení v různých ročních obdobích. V jarním období je voda obohacena živinami, které se uvolnily ze dna, je studená a málo prosvětlená. V tomto fytoplanktonu dominují většinou skrytěnky (Cryptophyta), zlativky (Chrysophyceae), zelení bičíkovci (Chlorophyta) či rozsivky (Bacillariophyceae) například: *Stephanodiscus*, *Cyclotella*, *Asterionella*, *Melosira*. Pro letní období je charakteristická vyšší teplota u hladiny, prosvětlenost vody a samozřejmě vyšší koncentrace živin, která napomáhá k dominanci sinic (Cyanobacteria) jako *Microcystis*, *Planktothrix*, *Dolichospermum*, které vytvářejí vodní květ. Dále se v planktonu vyskytují zelené řasy (Chlorophyta) jako *Scenedesmus*, *Desmodesmus*, *Coelastrum*, *Pediastrum* s.l. časté jsou i obrněnky (Dinophyta) hlavně *Ceratium* a *Peridinium* a také zlativky (Chrysophyceae) jako *Dinobryon*, *Synura*, *Mallomonas*. Na podzim doznívá dominance sinic a zelených řas, kromě sinice rodu *Woronichinia*, která může vytvářet vodní květ i na podzim. Největší zastoupení pozimního planktonu mají však znovu rozsivky. Tento trend je dán snižováním teploty a světla, a také podzimní cirkulací. Zimní plankton je na živiny velmi chudý, a to odpovídá i druhové bohatosti. Tvořen je většinou rozsivkami a skrytěnkami (Bellinger & Sigeo, 2010; Kalina & Karlova, 1989; Pouličková, 2011).

Typ lokality	Jaro	Léto	Podzim
Oligotrofní	<b>Rozsivky</b> <i>Cyclotella</i>	→ <b>Obrněnky</b> <i>Ceratium</i> <b>Sinice</b> <i>Gomphosphaeria</i>	
Mezotrofní	<b>Rozsivky</b> <i>Asterionella</i>	→ <b>Zlativky</b> <i>Mallomonas</i>	→ <b>Obrněnky</b> <i>Ceratium</i> → <b>Rozsivky</b> <i>Asterionella</i> <b>Sinice</b> <i>Gomphosphaeria</i> <b>Zelené řasy</b> <i>Sphaerocystis</i>
Eutrofní	<b>Rozsivky</b> <i>Asterionella</i>	→ <b>Zelené řasy</b> <i>Eudorina</i>	→ <b>Sinice</b> <i>Anabaena</i> → <b>Obrněnky</b> <i>Ceratium</i> → <b>Rozsivky</b> <i>Stephanodiscus</i> <b>Skrytěnky</b> <i>Cryptomonas</i> <b>Sinice</b> <i>Microcystis</i>
Hypertrofní	<b>Malé rozsivky</b> <i>Stephanodiscus</i>	→ <b>Zelené řasy</b> <i>Scenedesmus</i>	→ <b>Zelené řasy</b> <i>Pediastrum</i> → <b>Sinice</b> <i>Aphanocapsa</i>

**Obr. 2:** Sezónní dynamika fytoplanktonu v různě trofických lokalitách. (Bellinger & Sigeo, 2010).

Aby bylo možné provádět pokusy se sinicemi a řasami je nutné si tyto organismy nejprve obstarat. Pro odběr různých řasových či sinicových společenstev nebude vždy planktonní síť stačit, jelikož všechny druhy sinic a řas se nevyskytují v planktonu stojatých vod, nebo dokonce ve vodě. Některé druhy se vyskytují na kůrách stromů, či na fasádách domů, dále v nárostech u rybníčních břehů, nebo na kamenech tekoucích vod atd. (Obr. 3). Nadcházející odstavce se budou zabývat jejich odběrem.

Pokud nebude možné obstarat vzorky osobně v terénu, je možné použít výukové sady pro základní a střední školy, které nabízí Sběrka autotrofních mikroorganismů BÚ AV ČR v Třeboni – CCALA (Culture Collection of Autotrophic Organisms) dostupné z: <http://ccala.butbn.cas.cz/en/vyukove-sady-pro-zakladni-a-stredni-skoly>.



**Obr. 3:** Rozdělení biotopů řas a sinic (Pouličková, 2011).

### 3.1.1. Odběr planktonního společenstva

Odběr planktonního společenstva může být proveden několika způsoby, jelikož na některých středních školách nemusí být potřebné hydrobiologické vybavení (Juráň, 2010; Kalina & Karlova, 1989).

- a) odběr pomocí planktonní sítě: planktonní síť (velikost ok 20  $\mu\text{m}$ ), čajové sítko, lahvičky na odebrané vzorky, lihový fix

Před odběrem vzorků s planktonní sítí je nutné vždy propláchnout síť čistou vodou, abychom nepřenesli organismy z předchozí lokality. Následně párkrát hodíme planktonní síť do vody s otevřeným uzávěrem, což slouží k dalšímu promytí sítě. Poté provedeme odběr, a to tak, že planktonní síť s uzavřeným uzávěrem vhodíme do vody a vytáhneme ji tahem k sobě tak, aby se síť nepotopila do hlubší vrstvy nebo nenabrala zvířený sediment ze dna nádrže. Tento úkon provedeme minimálně 3krát za sebou (dáno podle typu lokality, při vodním květu, nebo velké biomase stačí jen jednou, ale v oligotrofních vodách musíme někdy i více než 3krát). Toto provádíme pro zahuštění vzorku. Při každém vylovení sítě z vody musíme vzorek zahustit a to tím, že necháme protéct a následně znovu vhodíme do vody. Při posledním vylovení necháme vzorek znovu zahustit protečením a následně necháme vzorek přecedit přes čajové sítko, aby byl ze vzorku odstraněn zooplankton, jinak



by došlo k zředění vzorku (zooplankton se živí fytoplanktonem). Lahvičku s odebraným vzorkem popíšeme názvem lokality a místem, kde byl odebrán. Vzorky skladujeme v pootevřených lahvičkách v ledničce. Vydrží čerstvé zhruba 2 až 3 dny. Pro delší uchování do vzorku nalejeme Lugolův roztok, který všechno usmrtí. Vzorky s Lugolovým roztokem jsou hůře určitelné než vzorky živé, jelikož vzorek není tak barevný a není zde žádný pohyb. Doporučuji vždy odebrat vzorky živé (Juráň, 2010; Kalina & Karlova, 1989).

- b) odběr pomocí plastové láhve (PET láhve): plastová láhev (objem 1,5 – 2 litry), plastovou nálevku, čajové sítko, kelímek, lihový fix

Stejně jako u planktonní sítě je nutné odběrovou láhev nejprve vypláchnout vodou z lokality a poté do ní vložit plastovou nálevku a do ní čajové sítko (opět kvůli odstranění zooplanktonu, který by řasy zfiltroval). Poté je vhodné láhev naplnit z vrstvy blízko hladiny, kde by mělo být nejvíce fytoplanktonu. Láhev naplníme tak, že kelímkem nabíráme vodu z hladiny a přeléváme jí do láhve. Láhev se vzorkem popíšeme názvem lokality. Pro každou lokalitu musíme mít vlastní PET láhev. Protože vzorky, které získáme, jsou velmi řídké, musíme vzorek zahustit. K tomu je možné použít filtraci (např.: přes vatou ve filtrační nálevce, vakuovou filtrací nebo normální filtrací). Vždy je ale potřeba vymáchat jak vatou nebo filtrační papír ve vodě z lokality (Juráň, 2010, Kalina & Karlova, 1989).

### **3.1.2. Odběr nárostového a (sub)aerického společenstva**

Pojem perifyton se používá pro označení nárostového společenstva žijících přisedle na předmětech ponořených ve vodě (Kalina & Karlova, 1989; Říhová Ambrožová, 2007). Hlavním cílem jsou nárosty na rostlinách, kamenech, či jiných útvarech stojatých a tekoucích vod. Dále pak (sub)aerické řasy, které se vyskytují na kůře stromů, fasádách domů, a smáčených stěnách. Jelikož se odběry budou provádět ve dvou různých prostředích, tak se bude metodika odběru lišit.

- a) odběr vodních nárostových společenstev: starý kartáček, nožík, lahvičky na odebrané vzorky, lihový fix

Odběry nárostového společenstva jsou jak pro tekoucí, tak pro stojaté vody v podstatě podobné. Za prvé můžeme z lokality odebrat celou rostlinu či kámen, na kterém se vyskytuje nárostové společenstvo. Do odběrové lahvičky spolu s vodou z lokality vložíme odebraný materiál a poté jej ve škole očistit pomocí kartáčku či nožíku. Za druhé můžeme očistit vzorky už na lokalitě, zde musíme oškrabávat nárosty rovnou do odběrových lahviček společně s vodou z lokality. U obou případů musíme vždy kartáček omýt, abychom zamezili

kontaminaci vzorku. Lahvičku s odebraným vzorkem popíšeme názvem lokality. Vzorky skladujeme v pootevřených lahvičkách v ledničce (Kalina & Karlova, 1989).

b) odběr terestrických nárostových společenstev: nožík, papír, lahvičky na odebrané vzorky, lihový fix

K odběru terestrického nárostového společenstva nám postačí nožík, kterým oškrábeme biomasu z kůry stromu nebo z fasády domu. Pod místo odběru si dáme papír, na který bude vzorek padat, ten pak následně přesypeme do odběrové lahvičky, nebo můžeme vynechat krok s papírem a odběrovou lahvičku umístit přímo pod místo odběru. U kůry stromů můžeme nožíkem odloupnout velký kus kůry se vzorkem a následně jej pak ve škole oškrábat. Lahvičku s odebraným vzorkem popíšeme názvem lokality (Kalina & Karlova, 1989).

### **3.1.3. Odběr pomocí specializovaných přístrojů a postupů**

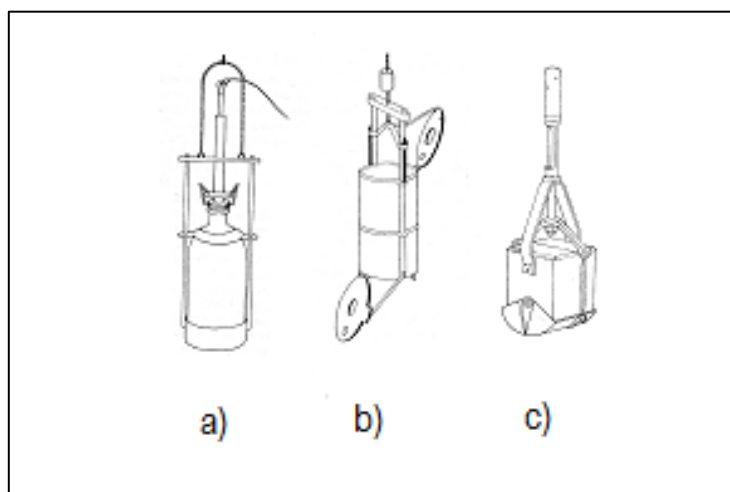
Tato část se bude zabývat speciálními metodami odběrů různých sinicových i řasových společenstev pomocí specializovaných přístrojů a postupů. S přístroji a postupy, které jsou v této kapitole napsány, se učitelé nesetkají. Tento odstavec slouží spíše pro ukázkou, jak se mohou sinice či řasy dále odebírat.

Jedním z přístrojů pro odběr volné vody se používá Mayerova láhev (Obr. 3), která je vytvořena z obyčejné láhve se závažím. Láhev má zátku upevněnou provazem k hrdlu a k tažnému lanku. Láhev spouštíme do vody uzavřenou, když dosáhneme potřebné hloubky, ze které chceme odebírat (například 1 metr), trháme za tažné lanko, to uvolní zátku a láhev se naplní. Pro odebírání větších objemů vody (1 až 7 litrů) z větších hloubek se používá odběrák typu Van Dorn (Obr. 4 a Obr. 5). Odběrák se skládá z plastové trubice, na obou koncích opatřené gumovými víky navzájem spojených gumou uvnitř trubice. Obě víka jsou při otevření fixována k uzavíracímu mechanismu na vnější straně trubice. Po spuštění trubice do hloubky se prudkým trhnutím za tažné lanko spolu s elastickou gumou oba konce trubice uzavřou gumovými víky. Objem odebraného vzorku vody v trubici pak odpovídá vzorku vody ze sledované vodní vrstvy.

K odběru benthických zástupců se používají různé druhy škrabáků dna (Obr. 4), například Ekmanův drapák (Obr. 5), které jsou rozdílné ve své velikosti a podle množství odebraného sedimentu do plochy (Říhová Ambrožová, 2007).

Pro odběr nebo spíše pro zkoumání nárostových společenstev či perifýtonu se používají expoziční sklíčka. Tato sklíčka se umístí do vody. Po uplynutí určité doby se na sklíčkách

vytvoří biofilm (povlak) s přichycenými nárosty. Tato metoda je založena na přírodním postupu, ale místo kamenů zde máme uměle vytvořené prostředí, kde se mohou organismy uchytit (Kalina & Karlova, 1989, Říhová Ambrožová, 2007).



**Obr. 4:** Odběrové přístroje pro odběry planktonu: a) Mayerova láhev; b) odběrák typu Van Dorn a sedimentu c) škrabák dna (Říhová Ambrožová, 2007).



**Obr. 5:** Odběrák typu Van Dorn s odběrovým množstvím 3 litry.



**Obr. 6:** Ekmanův drapák s odběrovou plochou 1 dm<sup>2</sup>.

### **3.2. Tvorba trvalých rozsivkových preparátů**

Pokud se ve vzorkách objeví mnoho rozsivek, nebo či je odběr přímo namířený na rozsivky, je potřeba si udělat trvalé rozsivkové preparáty. Výhodou těchto preparátů je, že se mohou používat pro výuku pořád a na další odběry se potom už nemusí. Další výhodou trvalého preparátu je to, že rozsivky jsou pod mikroskopem lépe určitelné na druhové úrovni. Avšak před vytvořením trvalého preparátu je dobré analyzovat vzorek v živém stavu, pro vytvoření představy o druhovém složení vzorku. Bez vytvoření trvalého preparátu je možné určit rozsivky do rodů (Marvan & Heteša, 2006).

Budeme postupovat podle upravené metody Van der Werff (1955). Do 50 ml plastové zkumavky přelijeme 10 ml z odebraného vzorku, dále přidáme 20 ml 30 % peroxidu vodíku. Z bezpečnostních důvodů je pro výuku lepší vynechat krok, ve kterém se do zkumavky přidávají krystaly dichromanu draselného či manganistanu draselného, které by zvýšily rychlost oxidační reakce. Reakce peroxidu by měla být dostačující, avšak záleží na vzorku.

Vzorky s peroxidem ponecháme stát při pokojové teplotě po dobu tří týdnů, kdy dojde k víceméně dokonalé oxidaci přítomného organického materiálu. Poté přelejeme z 50 ml lahviček do 15 ml zkumavek. Peroxid během vypalování zreaguje s organickým materiálem a pokud ne, tak trochu opatrně odlijeme, aby se nám to vešlo do 15 ml zkumavek. Tyto 15 ml

zkumavky centrifugujeme při 1300 otáčkách 5 minut. Po centrifugaci slijeme supernatant a ponecháme pelet, zkumavky doplníme destilovanou vodou a promícháme. Tento postup opakujeme šestkrát, aby se dosáhlo dokonalého vymytí peroxidu ze vzorku. Promytý rozsivkový pelet rozmícháme v malém množství destilované vody a pomocí Pasteurovy skleněné pipety odebereme část vzorku. Na předem připravené sklíčko nakapeme několik kapek vzorku, který ještě v případě, že je vzorek velmi koncentrovaný zředíme destilovanou vodou, jelikož determinace jednotlivých druhů by ve zbytečně hustém vzorku byla obtížná. Podložní sklíčko s připraveným preparátem ponecháme bez manipulace vyschnout (rozsivky se tak přilepí k povrchu sklíčka). Po vyschnutí naneseeme několik kapek syntetické pryskyřice Naphrax či Pleurax, poté přiložíme krycí sklíčko. Takto připravený preparát položíme na horkou plotnu, aby se Naphrax či Pleurax mohl rozlít po celé ploše sklíčka a vytékalo zbylé rozpouštědlo. Takto připravené trvalé preparáty mají díky těmto pryskyřicím vysoký index lomu světla (Fleming, 1954). To se používá pro dobrou viditelnost i těch nejmenších struktur, které se nalézají na frustulách rozsivek.

Další metoda pro vytvoření trvalého rozsivkového preparátu je rychlejší a jednodušší. Připravíme se i trojnožku a pod ni dáme kahan. Na trojnožku položíme litinovou desku a na ni položíme podložní sklíčko. Na podložní sklíčko nakapeme připravený vzorek. Zapálíme kahan a počkáme, dokud se voda nevypaří. Poté přikapeme 30% peroxid vodíku a počkáme, než peroxid zaschne. Tento postup s peroxidem opakujeme minimálně pětkrát. Následně je postup podobný jako v předchozí metodě. Po zaschnutí nakapeme pár kapek syntetické pryskyřice (Naphrax nebo Pleurax) a necháme zaschnout na rovné ploše.

Pro výrobu pleuraxu je možné využít návod v článku **Příprava pleuraxu pro tvorbu trvalých rozsivkových preparátů** od Vojíře (2017).

### 3.3. Přístrojové vybavení

Hlavní přístroje, které jsou nedílnou součástí každého algologa, je optický mikroskop a také binolupa (binokulární mikroskop). Binolupa se používá většinou pro určování makroskopických řas.

Pro mikroskopování je nejlepší použít minimální zvětšení objektivu 30x a více, při mikroskopování rozsivek je nejvhodnější použít zvětšení objektivu 100x, kde je nutné použití imerzního oleje. Díky tomu to zvětšení se dají na rozsivkách pozorovat určovací znaky jako je raphe a strie. Imerzní olej nakapeme vždy až na konci před použitím objektivu se zvětšení 100x. Kapka imerzního oleje se nakape mezi objektiv se zvětšením 100x a jemu

předcházející. Poté se objektiv se zvětšením 100x natočí do zorného pole, tím se objektiv zanoří do oleje. Po dokončení práce s imerzním olejem je vždy nutné očistit objektiv a sklíčko ethyletherem či ether. Zaschnutí oleje způsobí na optice nenapravitelné škody (Kalina & Karlova, 1989).

### 3.4. Determinační literatura

Pro základní určování sinic a řas bohatě postačí **Mikroskopické praktikum z hydrobiologie** od Ambrožové (2006), **Malý obrazový atlas našich sinic a řas** od Pouličkové a Jurčáka (2001), dále pak **Klíč k určování bezcévných rostlin: sinice, řasy, hlenky, houby, lišejníky a mechorosty** od Svrčka a kol. (1976) nebo **Der Kosmos-Algenführer: Süßwasseralgen unter dem Mikroskop** od Linne von Berg a kol. (2012) a jako poslední **Atlas vodních organismů se zřetelem na vodárenství, povrchové vody a čistírny odpadních vod. Díl 1. Destruenti a producenti** od Sládečka a Sládečkové (1996).

Pro důslednější určování, tu je **Süßwasserflora von Mitteleuropa**, což je soubor více knih, které jsou napsány různými autory. Každá z knih se specializuje na jiné skupiny sinic a řas. Další knihou je **Das leben im wassertropfen** od Streble, Krauter a Bäuerle (1973) dále pak **Sladkovodné riasy** od Hindáka a kol. (1978) a nově zpracovaný **Atlas sinic a řas ČR** od Kaštovský a kol. (2018).

Vhodné a volně dostupné určovací práce, které jsou k nalezení na internetu: **Určování sinic a řas, Jak na to?** od Šejnohové (2013), která vznikla pro hydrobiologický determinační kurz. Následně je tu i **Atlas mikroorganismů** od Říhové Ambrožové (2014). Dále pak obrazové klíče například: **PhycoKey** od Bakera (2017) z Univerzity z Nev Hampshire nebo stránka **Protist Information Server** (<http://protist.i.hosei.ac.jp/>). Pro určování rozsivek je v hodné použít **Diatoms of North Amerika** (<https://diatoms.org/>). Dále i galerie na stránkách fykologické laboratoře, katedry botaniky Přírodovědecké fakulty JU v Českých Budějovicích (<http://www.sinicearasy.cz/>) obsahuje poměrně široké spektrum fotografií sinic a řas.

## 4. Metodika

Nejprve byly za pomoci dostupné literatury vytvořeny výukové materiály spolu s pracovními listy. Každý výukový materiál se skládá ze tří částí. V první části jsou obecné údaje o úloze. Dále jsou zde podrobné metodické pokyny pro provedení úlohy a teoretický základ pro pedagogy. Nakonec jsou zde literární a internetové zdroje, ze kterých bylo čerpáno a u některých úloh i determinační literatura, která by byla vhodná pro použití. Prostřední část tvoří pracovní list neboli vlastní záznamový arch pro studenty. Na začátku jsou otázky a různá cvičení, které mají za cíl uvést studenty do probírané problematiky a zjistit, zda jsou studenti dostatečně seznámeni s tématem. Mezi otázkami jsou texty označené žárovkou, které označují pro studenty nové informace, jež jsou důležité pro další bádání. Dále následuje vlastní záznamový arch. Poslední částí výukového materiálu jsou vzorová řešení i s fotodokumentací jednotlivých pokusů. Samozřejmě se jedná o badatelské vyučování, a tudíž studenti mohou přijít na jiné, lepší či jednodušší postupy, a právě o tom badatelsky orientovaná výuka je.

Bylo vytvořeno 10 pracovních listů: Fyziologie sinic a řas (Sinice a jejich buněčná stěna, Barviva zelených řas, „Zrak“ krásnooček); Biodiverzita stojatých vod (Společenstvo sinic a řas v rybníce, Gravitace ve vodě); Obranné mechanismy řas vůči predaci (Řasy vs. predátoři); Role sinic a řas v bioindikaci (Rozsivky jako ukazatele kvality řek, Kvalita vody podle sinic a řas, Nezvaní hosté v rybníce); Obsahové látky v sinicích a řasách a jejich význam pro člověka (Sinice a řasy od biopaliva po jídlo). Z těchto 10 pracovních listů byly pro výuku ve škole použity pouze 4 (Společenstvo sinic a řas v rybníce, Kvalita vody podle sinic a řas, Řasy vs. predátoři a Gravitace ve vodě). Výsledky této výuky byly experimentálně testovány.

Výzkum začal ve školním roce 2018/2019 na Vyšší odborné a Střední zemědělské škole v Benešově. Tohoto výzkumu se zúčastnili studenti 2. ročníku (12 studentů) a 3. ročníku (10 studentů) přírodovědného lycea. Studentům byli na začátku vysvětleny principy badatelské práce, a co se od nich očekává. Poté byl studentům nastíněn problém, kterým se budou zabývat. Studentům 2. ročníku byl dán pracovní list s názvem „Kvalita vody podle sinic a řas“ a studentům 3. ročníků byl dán pracovní list s názvem „Společenstvo sinic a řas“. Po skončení pokusu byl dán studentům dotazník, který je zaměřen hlavně na to, jak si studenti užili takovou výuku, jestli se s ní už někdy setkali a zda bylo pro ně složité vytvořit hypotézu, postup a celkově náročnost úlohy (viz příloha).

Následně byla od paní učitelky zjištěna látka, kterou studenti probírali v den pokusu či den předtím, aby bylo možné porovnat získané znalosti z badatelsky orientované výuky s klasickou frontální výukou se stejným časovým odstupem. U studentů 2. ročníky byla probírána fotosyntéza a u studentů 3. ročníku to byli mlži a úvod do hlavonožců. Po uplynutí 14 dní od provedení pokusu, bez jakékoliv přípravy, byl studentům podán test. Test obsahoval 12 uzavřených otázek s výběrem odpovědi a typem „jedna správná odpověď“. Byl rozdělen na dvě části. Prvních 6 otázek se vztahovalo k výuce, která byla provedena badatelsky a dalších 6 otázek se vztahovalo k výuce, která byla vyučována klasickou frontální výukou. Následně po uplynutí 5 měsíců byl studentům podán ten samý test, který jim byl dán po 14 dnech od provedení pokusu. A výsledky byly porovnány.

Výzkum probíhal i v následujícím školním roce 2019/2020. Výzkumu se tentokrát účastnili studenti 1. ročníku (12 studentů) a 2. ročníku (13 studentů) přírodovědného lycea. Postup testování byl stejný jako u předešlých dvou skupin, avšak s tím rozdílem, že zde nebyl studentům podán test po 5 měsících. Studentům 1. ročníku byl dán pracovní list s názvem „Gravitace ve vodě“ a látka, která byla probírána pro porovnání, bylo Látkové složení živých soustav. Studentům 2. ročníku byl dán pracovní list s názvem „Řasy vs. predátoři“ a látka, která byla probírána pro porovnání, byl buněčný cyklus.

Nejprve byl pozorován rozdíl bodů u jednotlivých skupin mezi badatelsky orientovanou výukou a klasickou frontální výukou. Poté byl porovnán celkový rozdíl mezi badatelsky orientovanou výukou a frontální výukou. A v poslední řadě byly porovnány výsledky z didaktického testu po 5 měsících u 2. a 3. ročníku 18/19 s výsledky u těch samých ročníků při prvním testování po 14 dnech.



## 5. Výsledky

Výsledkem této diplomové práce jsou zpracované výukové materiály pro badatelsky orientovanou výuku zaměřené na pět algologicky orientovaných témat. Témata, která byla vybrána, pokrývají téma sinic a řas poměrně široce – od fyziologie přes ekologii až po význam pro člověka. Tyto výukové materiály slouží k prohloubení dosavadních znalostí o nové poznatky. Slouží jako doplňující a rozšiřující cvičení k již probrané látce. Jednotlivé zpracované materiály jsou detailně rozepsány v následujících podkapitolách.

### 5.1. Fyziologie sinic a řas

Fyziologie sinic a řas je velmi zajímavé téma a často se žáci s touto problematikou nesetkají. Téma fyziologie sinic a řas je velmi obsáhlé, proto byly vytvořeny 3 pracovní listy, které se budou zabývat buněčnou stěnou sinic, barvivy obsažených v zelených řasách a fototaxí krásnooček.

#### 5.1.1. Sinice a jejich buněčná stěna

---

**Úroveň bádání:** strukturované bádání

**Cíl:** Praktickou úlohou upevnit získané znalosti z hodin biologie a chemie týkající se tématu sinic a Gramova barvení. Seznámit se strukturou buněčné stěny bakteriální buňky a metodou Gramova barvení, která je pro tuto úlohu modifikovaná. V poslední řadě podle nashromážděných údajů určit, zda jsou sinice gramnegativní (G-) nebo grampozitivní (G+) bakterie.

**Stručná charakteristika úlohy:** Studenti budou pomocí metody Gramova barvení a optického mikroskopu sledovat, jak se obarvuje buněčná stěna sinic a podle toho vyvozovat závěry.

**Cílová skupina:** studenti středních škol, 1. až 4. ročník

**Časová náročnost:** 90 minut

**Zařazení do výuky:** hodiny biologie – jako samostatné praktické cvičení

**Nutné znalosti pro zvládnutí úlohy:** Znalost bakteriální buňky, práce s mikroskopem.

**Materiál a pomůcky:** krystalová violet, Lugolův roztok, alkohol (ethanol), destilovaná voda, safranin/karbofuchsin, pipeta, filtrační papír/buničitá vata, krycí a podložní sklíčko, kádinky, mikroskop, sinice rodu *Chroococcus* sp., *Microcystis* sp.

*Chroococcus* sp. – druhy, které jsou potřebné pro pokus se většinou nachází v metafyttonu i v planktonu stojatých vod; z CCALA – 057 *Chroococcus* sp., číslo kmenu HINDAK 1971/52.

*Microcystis* sp. – druhy, které jsou potřebné pro pokus se většinou nachází v planktonu stojatých vod, s největším výskytem v létě, vytváří vodní květ.

**Strukturované metodické pokyny pro provedení úlohy:** Na začátek učitel řekne studentům pár slov k danému tématu a nastíní, čím se budou zabývat. Učitel rozdělí studenty do skupin po 2-3 a rozdá záznamové archy a pomocí diskuze a otázek seznamuje studenty s danou problematikou. Otázky mají studenti uvedené v záznamovém archu. Následně každá skupina navrhne výzkumnou otázku. Učitel se studenty poté vyberou jednu otázku, na kterou by bylo možné najít v hodině odpověď. Tento postup je dán kvůli technickému vybavení, a hlavně pro naplnění daného výchovně vzdělávacího cíle, který je stanoven učitelem. Poté studenti vytvoří hypotézu. Postup této práce je složitý, a tak ho mají studenti zapsaný v záznamovém archu spolu s materiálem a pomůckami. Studenti následně provádějí pokus a během toho mohou konzultovat případné nejasnosti se spolužáky nebo s učitelem. Po dokončení pokusu studenti vyvodí závěry, které následně prezentují před třídou (jaká byla jejich hypotéza, jestli byla potvrzena či vyvrácena, jaký měli postup a jakým výsledkům se dobrali). Na konci cvičení učitel dá prostor k diskuzi, která by měla upevnit výsledky pokusu a shrnout celkový výsledek, co se studenti naučili a co by je zajímalo do budoucna.

## **Teoretický základ**

### **Sinice**

Sinice jsou velmi drobné a jednoduché autotrofní prokaryotické organismy – bakterie. Jsou evolučně nesmírně staré (3,5 miliardy let) a schopné žít téměř ve všech biotopech na Zemi. Český název sinice pochází z termínu “siný” = namodralý.

Sinice mají několik struktur, které jsou pro ně specifické a jsou to:

**\*aerotopy** – umožňují planktonním sinicím vznášet se ve vodě, jsou reversibilní neboli buňka tak ovládá svoji polohu ve vodním sloupci.

**\*heterocyty** – jsou větší než vegetativní buňky a slouží k fixaci vzdušného dusíku

**\*akinety** – vznikají z jedné či více vegetativních buněk – trvalé spory, slouží k přežití nepříznivých podmínek.

Stavba buněk sinic je velmi jednoduchá. Nejnápadnějším útvarem uvnitř buňky sinic jsou thylakoidy. Jsou to ploché váčky s fotosyntetickým aparátem. V membráně tylakoidu je obsažen chlorofyl, dále pak  $\alpha$ - a  $\beta$ - karoten a xantofyly. Na povrchu tylakoidního váčku se

nachází tzv. fykobilizómy. Jsou to drobné útvary, které obsahují specifická barviva, zvaná fykobiliny. Tyto fykobiliny jsou celkem tři. Dva z nich jsou modré pigmenty (c-fykocianin a allofykocyanin) a jeden je červený (c-fykoerythrin). Tyto pigmenty plní funkci tzv. světlo sběrné antény, ta mimo jiné umožňuje fotosyntézu při velmi nízké hladině osvětlení – hluboko pod hladinou vody, v půdě, uvnitř kamenů, v jeskyních atd.

**Buněčná stěna** sinic je dost pevná a výrazně vrstevnatá, je podobná jako buněčná stěna u gramnegativních bakterií. Je tvořena peptidoglykany, dále jsou zde zastoupeny i fosfolipidy, lipoproteiny a liposacharidy, ve kterých jsou zanořené transportní kanály tvořené z porinu. Buněčná stěna je o něco tlustší (10-35 nm) než u klasických gramnegativních bakterií (2-6 nm).

### **Gramovo barvení**

Barvení podle Grama je tzv. diagnostické barvení, to znamená, že pomáhá určovat bakterie a tím je zařazovat do systému. Gramova reakce je založena na reakci některých látek v buněčné stěně bakterií s určitými barvivy. Buněčné stěny určitých bakterií obsahují kyselinu teichovou, která po obarvení krystalovou violetí a Lugolovým roztokem vytvoří pevný barevný komplex, který se nevymývá rozpouštědlem (alkoholem nebo acetonem). V preparátu mají tyto bakterie barvu krystalové violeti (fialovou, modrou, modrofialovou). To jsou tedy bakterie grampozitivní – G+. Druhá skupina bakterií neobsahuje kyselinu teichovou v buněčné stěně, takže zmíněný komplex se netvoří a modrá violet' se rozpouštědlem vymyje. Tím pádem nejsou bakterie nijak barevné, proto se pro dobarvení používá světlejší barviva např. karbolfuchsinem či safraninem, kdy se tyto bakterie obarví na růžovo (příp. růžovočervenou). Jsou tedy gramnegativní (G-).

Za určitých podmínek (stáří bakteriálních kultur, nevhodné kultivační podmínky apod.) se některé bakterie mohou jevit jako gramlabilní anebo se z grampozitivních mění na gramnegativní. Gramovo barvení je tedy metodou potvrzující, nikoli vyvracející. Jiný výsledek Gramova barvení sám o sobě nevyvrátí zařazení druhu do systému, pokud není podpořen dalšími zkouškami, např. biochemickými testy apod. Některé bakterie se tímto barvením nedají zařadit - např. mykobaktérie pro vysokou hydrofobii své stěny barviva přijímají jen obtížně.

Objevitel Hans Christian Gram (1853-1938) chtěl vyvinout barvení, které v infekčním vzorku barevně odliší všechny přítomné bakterie od napadené tkáně. To se mu ovšem nezdařilo, jelikož gramnegativní bakterie jsou stejně červené, jako buňky tkáně.

### Použitá literatura:

- **Amann, W. 2000.** *Chemie pro střední školy 2b*. Praha: Scientia, 104 pp.
- **CCALA, 2013.** Dostupné z: <http://ccala.butbn.cas.cz/>
- **Čtrnáctová, H. 2000.** *Chemické pokusy pro školu a zájmovou činnost*. Praha: Prospektrum, 233 pp.
- **Graham, L. E., & Graham, M. J., & Wilcox, L. W. 2009.** *Algae*. Benjamin Cummings, 616 pp.
- **Jelínek, J., & Zicháček, V. 1999.** *Biologie pro gymnázia*. nakladatelství Olomouc, 576 pp.
- **Kalina, T., & Váňa, J. 2005.** *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*. Karolinum, 606 pp.
- **Kaštovský, J., & Hauer, T. 2016.** *Sinice a řasy.cz*. Jihočeská univerzita, Přírodovědecká fakulta, České Budějovice. Dostupné z: <http://www.sinicearasy.cz/>
- **Kaštovský, J., a kol. 2018.** *Atlas sinic a řas České republiky, svazek 1*. Powerprint, Praha, 338 pp.
- **Kubát, K., a kol. 2003.** *Botanika*. Praha: Scientia, 231 pp.
- **Lee, R. E. 2008.** *Phycology*. Cambridge University Press. 547 pp.
- **Říhová Ambrožová, J. 2007.** *Encyklopedie hydrobiologie*. Praha: VŠCHT Praha. Dostupné z: *Encyklopedie hydrobiologie: výkladový slovník*
- **Wikiskripta, 2017.** *Gramovo barvení*. Dostupné z: [https://www.wikiskripta.eu/w/Gramovo\\_barven%C3%AD](https://www.wikiskripta.eu/w/Gramovo_barven%C3%AD)

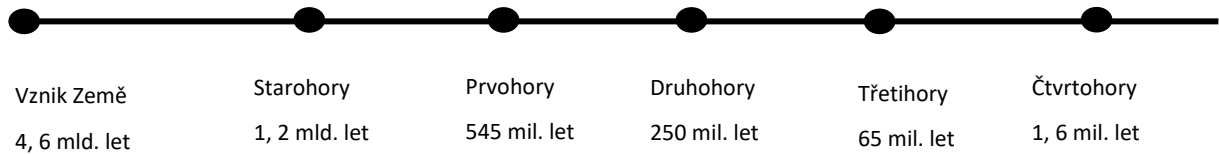
## Sinice a jejich buněčná stěna

Sinice stejně jako bakterie patří mezi prokaryotické organismy. Čím se od ostatních prokaryot odlišují?

.....

.....

Na časové ose vyznač, jak staré jsou sinice.



Podle čeho by se bakterie, a tedy i sinice, daly od sebe rozeznat?

.....

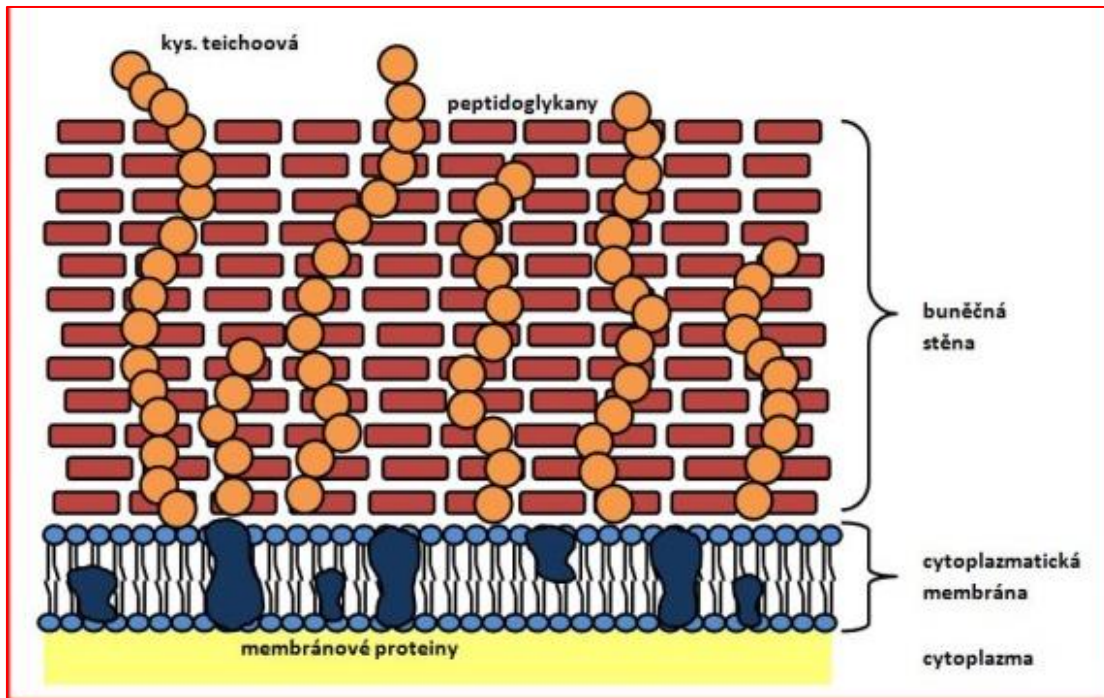
.....



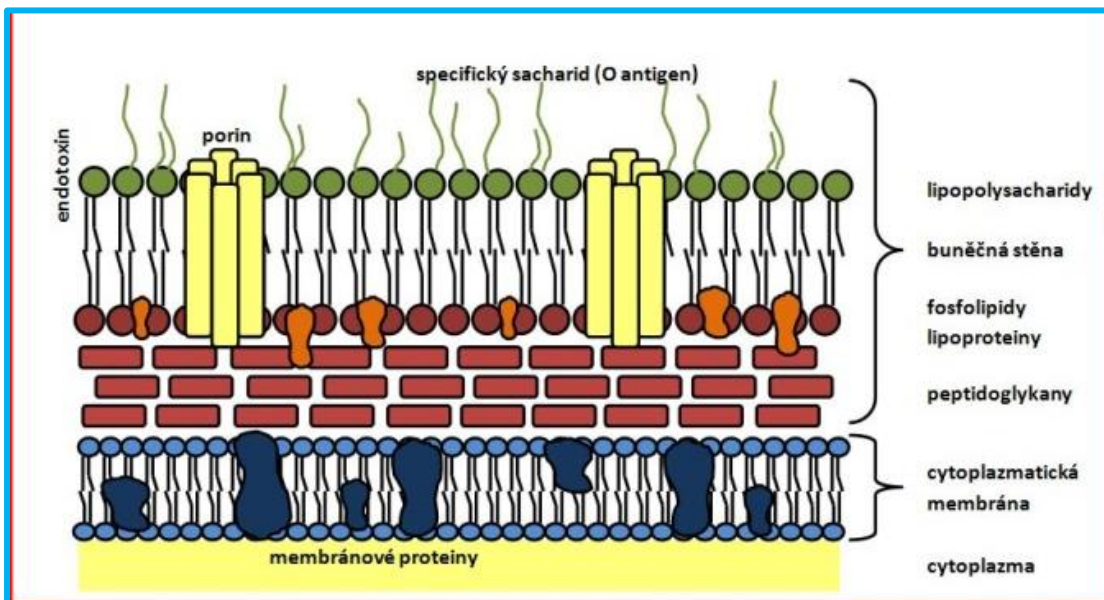
Víte, co je to Gramovo barvení?

- Barvení podle Grama je tzv. diagnostické barvení, to znamená, že pomáhá určovat bakterie a tím je zařazovat do systému. Gramova reakce je založena na reakci některých látek v buněčné stěně bakterií s určitými barvivy.
- Toto barvení dalo základ pro rozdělení bakterií na
  - a) Grampozitivní (G+)
  - b) Gramnegativní (G-)

Která z buněčných stěn uvedených na obrázcích, patří grampozitivním bakteriím (G+) a která gramnegativním bakteriím (G-)?



a) .....



b) .....

Máme zde neznámý vzorek sinice a potřebujeme zjistit, do jaké skupiny podle Gramova barvení bude spadat.

**Výzkumná otázka:**

.....

**Hypotéza:**

.....

**Postup a pomůcky:**

Chemikálie: krystalová violeť, Lugolův roztok, alkohol (ethanol), destilovaná voda, safranin/karbofuchsin

Materiál: kultura sinice rodu *Chroococcus* sp. nebo *Microcystis* sp.

Pomůcky: pipeta, filtrační papír/buničitá vata, krycí a podložní sklíčko, kádinky, mikroskop

1. Zkoumaný vzorek nanese na podložní sklo, poté překryjeme krycím sklíčkem.
2. K vzorku přidáme pomocí pipety krystalovou violeť a necháme působit 2–3 minuty. Poté si do tabulky zapíšeme, zda došlo k změně barvy.
3. Dále k vzorku budeme přikapávat Lugolův roztok. Pomocí buničité vaty nebo filtračního papíru budeme na jedné straně krycího sklíčka odsávat směs krystalové violeti a na druhé straně přikapávat Lugolův roztok. Následně zkontrolujeme, zda nedošlo k nějaké změně barvy a zapíšeme do tabulky.
4. Vzorek budeme promývat alkoholem (ethanol). Pomocí buničité vaty nebo filtračním papírem budeme na jedné straně krycího sklíčka odsávat směs krystalové violeti a Lugolova roztoku a na druhé straně přikapávat alkohol. Znovu zapíšeme do tabulky, zda byla pozorována nějaká změna barvy.
5. Vzorek se vymývá destilovanou vodou po dobu 2 minuty. Stejný postup jako při kroku č. 3 (buničitá vata/filtrační papír na jedné straně a pipeta s destilovanou vodou na straně druhé).
6. V posledním kroku k promytému vzorku přikapeme safranin/karbofuchsin a do tabulky zapíšeme výslednou barvu vzorku.
7. Postup si snadno zapamatujeme podle zkratky VLAS (VLAK) ☺.

**Výsledky:**

Tabulka pro zapisování barevné změny v průběhu pozorování.

Po přidání roztoku	Barevná změna
Krystalová violeť	
Lugolův roztok	
Alkohol (ethanol)	
Safranin/ Karbolfuchsin	výsledná barva:

**Závěr:**



## Sinice a jejich buněčná stěna – Řešení

- Která z buněčných stěn uvedených na obrázcích, patří grampozitivním bakteriím (G+) a která gramnegativním bakteriím (G-)? **a) Grampozitivní; b) Gramnegativní**

**Výzkumná otázka:** Jaké jsou sinice bakterie grampozitivní (G+) či gramnegativní (G-)?

**Hypotéza:** Sinice jsou grampozitivní (G+) bakterie. / Sinice jsou gramnegativní (G-) bakterie.

### **Výsledky:**

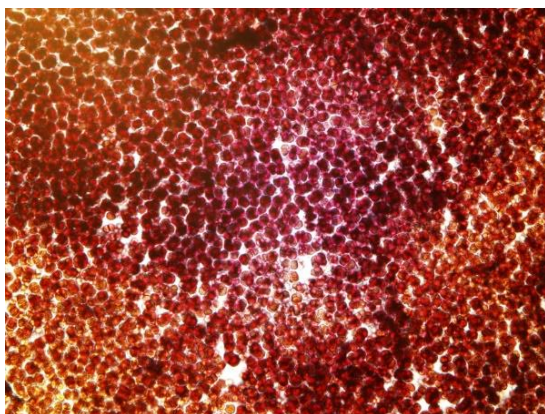
Tabulka pro zapisování barevné změny v průběhu pozorování.

Po přidání roztoku	Barevná změna
Krystalová violet'	modrofialové
Lugolův roztok	oranžovo-modrofialová
Alkohol (ethanol) *	odbarvené
Safranin/Karbofuchsin **	výsledná barva: růžová

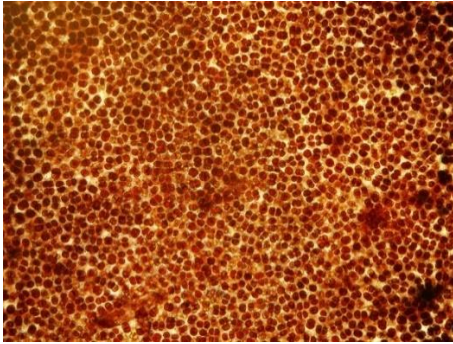
\*Alkohol (ethanol) – grampozitivní modrofialové / gramnegativní odbarvené

- U G+ alkohol není schopný prostoupit buněčnou stěnou a rozpustit komplex krystalové violeti a Lugolova roztoku, jenž je vázán na peptidoglykan.
- U G– je alkohol schopný prostoupit buněčnou stěnou, jelikož vrstva peptidoglykanů není tak silná a rozpustí komplex krystalové violeti a Lugolova roztoku.

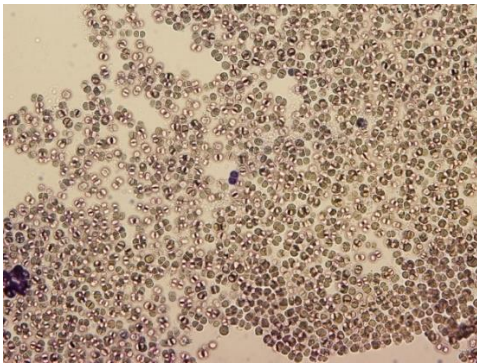
\*\*Safranin/Karbofuchsin – slouží k dobarvení, u grampozitivních bakterií zůstane stejná (modrofialové až tmavě fialové) / u gramnegativních bakterií se obarví na růžovou.



**Obr. 7:** Na obrázku je zachyceno přidání Lugolova roztoku a odsávání krystalové violeti, proto je vzorek oranžovo-modrofialový.



**Obr. 8:** Na tom to obrázku se byla ze vzorku odsáta krystalová violet', a tak převládá oranžová barva Lugolova roztoku.



**Obr. 9:** Zde je vzorek zachycen po přidání ethanolu což způsobilo odbarvení buněčných stěn buněk. Tak můžeme určit, že sinice rodu *Chroococcus* sp. patří do gramnegativních bakterií.

#### **Závěr:**

Sinice jsou **gramnegativní bakterie** a jako takové Gramovou metodou získávají **růžové zabarvení**, protože tyto bakterie mají specifický typ buněčné stěny, jelikož alkohol je schopný prostoupit buněčnou stěnou, vrstva peptidoglykanů není tak silná a rozpustí komplex krystalické violeti a Lugolova roztoku.

### 5.1.2. Barviva zelených řas

---

**Úroveň bádání:** strukturované bádání

**Cíl:** Praktickou úlohou upevnit získané znalosti z hodin biologie a chemie týkající se tématu rostlinných barviv. Seznámit se s metodou chromatografie a obsahem rostlinných barviv v zelených řasách. Podle nashromážděných údajů zjistit, zda zelené řasy obsahují i jiná barviva než zelená.

**Stručná charakteristika úlohy:** Studenti pomocí metody chromatografie zkoumají obsažená barviva v zelené řase rodu *Apatococcus* s.l.

**Cílová skupina:** Studenti středních škol, 1. až 4. ročník

**Časová náročnost:** 90 minut

**Zařazení do výuky:** hodiny biologie – jako samostatné praktické cvičení

**Nutné znalosti pro zvládnutí úlohy:** Znalost rostlinných barviv u řas a znalost separační metodu chromatografie.

**Materiál a pomůcky:** zelená řasa rodu *Apatococcus* s.l., aceton, pipeta, filtrační nebo chromatografický papír, kádinka, odměrný válec, hodinové sklíčko

*Apatococcus* s.l. – řasa, která je potřebná pro pokus, se většinou nachází na kůře stromů, kamenech či fasádách domů – způsobuje zelené zbarvení; CCALA - 214 *Apatococcus lobatus* (Chodat) J.B. Petersen, číslo kmenu CHODAT/SAG 464-1

I v případě samotného rodu *Apatococcus* se jedná o celý rodový komplex, a navíc při odběru těchto řas odeberete i jiné druhy, takže vzorek nebude úplně čistý, ale to pro provedení pokusu nevedí.

**Strukturované metodické pokyny pro provedení úlohy:** Na začátek učitel řekne studentům pár slov k danému tématu a nastíní, čím se budou zabývat. Učitel rozdělí studenty do skupin po 2-3 a rozdá záznamové archy a pomocí diskuze a otázek seznamuje studenty s danou problematikou. Otázky mají studenti uvedené v záznamovém archu. Následně každá skupina navrhne výzkumnou otázku. Učitel se studenty poté vyberou jednu otázku, na kterou by bylo možné najít v hodině odpověď. Tento postup je dán kvůli technickému vybavení, a hlavně pro naplnění daného výchovně vzdělávacího cíle, který je stanoven učitelem. Poté studenti vytvoří hypotézu. Postup této práce je složitý, a tak ho mají studenti zapsaný v záznamovém archu spolu s materiálem a pomůckami. Studenti následně provádějí pokus

a během toho mohou konzultovat případné nejasnosti se spolužáky nebo s učitelem. Po dokončení pokusu studenti vyvodí závěry, které následně prezentují před třídou (jaká byla jejich hypotéza, jestli byla potvrzena či vyvrácena, jaký měli postup a jakým výsledkům se dobrali). Na konci cvičení učitel dá prostor k diskuzi, která by měla upevnit výsledky pokusu a shrnout celkový výsledek, co se studenti naučili a co by je zajímalo do budoucna.

**Případná modifikace:** Učitel může formou menší exkurze (cca 1 vyučovací hodina) vzít studenty na odběry do okolí školy. Studenti tak uvidí, jak se odebírají terestrická nárostová společenstva a sami si odběry provedou. Během této exkurze učitel začíná s badatelskou výukou. Studenti si vyplňují první část pracovního listu a při návratu do školy už tak mají navrženou výzkumnou otázku a hypotézu. Následně ve škole provedou pokus a prezentují výsledky.

Místo zelené řasy *Apatococcus* s.l. ze stromů odebrat zelenou řasu *Trentepohlia*, která má výrazné červené zbarvení. Se studenty pak zjišťovat, zda tato řasa obsahuje i zelené barvivo chlorofyl.

## Teoretický základ

### Barviva v řasách

- Chlorofyly – a, b, c<sub>1</sub>, c<sub>2</sub> = zelené barvivo (v chloroplastech)
  - o absorbuje energii světelného záření, která se pak využívá v procesu fotosyntézy, kde dochází k tvorbě cukrů z oxidu uhličitého a vody.
  - o rovnice fotosyntézy:  $6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$
- Karoteny –  $\alpha$ ,  $\beta$  = červené barvivo (chromoplastech)
- Xantofyly – patří do skupiny karotenoidů jako karoteny – barví od žluté až po červenofialovou barvu
  - o Lutein – žlutá či oranžovo-červená barva
  - o Další xantofyly: diadinoxanthin, neoxanthin, zeaxanthin, crocoxanthin, monadoxanthin, dinoxanthin, neodinoxanthin.
- Antokyan – není obsažen v řasách, ale u rostlin ano; červená – fialová – modrá.

### Oddělení: Chlorophyta (zelené řasy)

Fotosyntetickými pigmenty jsou chlorofyl a a b,  $\alpha$ - a  $\beta$ -karoten a několik dalších karotenoidů. Poměr chlorofylu a i b a  $\alpha$ - a  $\beta$ -karotenů je stejný jako u vyšších rostlin. Karotenoidy občas překryjí ostatní barviva a slouží jako sluneční filtr. V chloroplastu se nevyskytují grana, jaká známe u vyšších rostlin.

#### Oddělení: Euglenophyta (krásnoočka)

Chloroplasty (u některých druhů nejsou vyvinuty – jelikož tato skupina obsahuje i bezbarvé zástupce) obsahují chlorofyl a a malé množství chlorofylu b. Dále pak  $\beta$ -karoten, diadinoxanthin, neoxanthin a další xantofyly.

#### Oddělení: Rhodophyta (ruduchy)

Mají pouze chlorofyl a,  $\alpha$ - a  $\beta$ -karoten, zeaxanthin a lutein. Na povrchu tylakoidů jsou fykobilizomy, které obsahují fykobiliny: c-fykocyanin a allofykocyanin stejný jako u sinic a zvláštní r-fykocyanin a r-fykoerythrin.

#### Oddělení: Cryptophyta (skrytěnky)

Chloroplasty obsahují chlorofyl a a c<sub>2</sub>,  $\alpha$ - i  $\beta$ -karoten, xantofyly (alloxanthin, crocoxanthin, zeaxanthin a monadoxanthin), dále pak fykoerythrin a fykocyanin (vždy jen jeden z nich, ne oba). Chloroplast jeden nebo dva.

#### Oddělení: Dinophyta (obrněnky)

Chloroplasty obsahují chlorofyl a a c<sub>2</sub>,  $\beta$ -karoten, diadinoxanthin a několik specifických barviv – peridinin (ten tvoří 76 % karotenoidů v buňce), dinoxanthin a neodinoxanthin.

#### Oddělení: Chromophyta (hnědé řasy)

V chloroplastech je chlorofyl a, c<sub>1</sub> a c<sub>2</sub>, většinou i xantofyl fukoxanthin.

### **Chromatografie – papírová chromatografie**

Je to fyzikálně-chemická separační metoda. Nepoužívanější chromatografií ve školách je papírová chromatografie. Jde o rozdělovací metodu, kde dochází k separaci látek. Stacionární fáze je kapalina zachycená v papíře a mobilní fáze je též kapalná. Na chromatografický papír se vyznačí ve vhodné vzdálenosti od okraje start s body pro nanesení analyzovaných vzorků. Na označená místa se nanesou vzorky v kapalně formě (stacionární fáze) a po odpaření rozpouštědla se chromatogram umístí do předem připraveného rozpouštědla (mobilní fáze). Vlivem kapilárních sil vzlíná rozpouštědlo po chromatogramu vzhůru a unáší s sebou jednotlivé složky, které se dělí na základě svých rozpustností. Tento způsob se nazývá vzestupné vyvíjení. Dosáhne-li čelo mobilní fáze dostatečné vzdálenosti, vyjme se chromatogram z rozpouštědla. Chromatogram se nechá vyschnout (vytěkat rozpouštědlo), a pak se provádí analýza.

### Použitá literatura:

- **Amann, W. 2000.** *Chemie pro střední školy 2b*. Praha: Scientia, 104 pp.
- **Baer, H., W. 1968.** *Biologické pokusy ve škole*. 2. vydání. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 241 pp.
- **Boháč, I. 1983.** *Cvičení z biologie I*. Státní pedagogické nakladatelství, Praha. 128 pp.
- **CCALA, 2013.** Dostupné z: <http://ccala.butbn.cas.cz/>
- **Čtrnáctová, H. 2000.** *Chemické pokusy pro školu a zájmovou činnost*. Praha: Prospektrum, 233 pp.
- **Graham, L. E., Graham, M. J., & Wilcox, L. W. 2009.** *Algae*. Benjamin Cummings, 616 pp.
- **Jelínek, J., & Zicháček, V. 1999.** *Biologie pro gymnázia*. nakladatelství Olomouc, 576 pp.
- **Juráň, J., & Kaštovský, J. 2016.** Nový pohled na systém řas a jak ho učit. *Živa*. 6:229-301
- **Kalina, T., & Váňa, J. 2005.** *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*. Karolinum, 606 pp.
- **Kaštovský, J. & Hauer, T. 2016.** *Sinice a řasy.cz*. Jihočeská univerzita, Přírodovědecká fakulta, České Budějovice. Dostupné z: <http://www.sinicearasy.cz/>
- **Kaštovský, J. a kol. 2018.** *Atlas sinic a řas České republiky, svazek 2*. Powerprint, Praha, 479pp.
- **Kubát, K. kol. 2003.** *Botanika*. Praha: Scientia, 231 pp.
- **Lee, R. E. 2008.** *Phycology*. Cambridge University Press, 547 pp.

## Barviva zelených řas

Jaké barvivo způsobuje u řas zelenou barvu?

.....

K čemu řasy toto barvivo potřebují (ale i jiné organismy jako třeba rostliny)? A jakého procesu se tedy účastní?

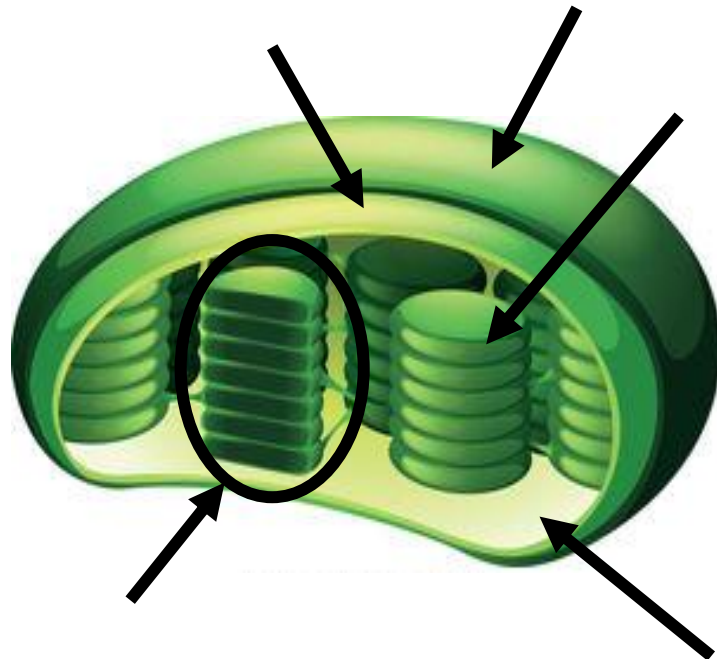
.....

Ve kterých organelách řasové buňky se toto barvivo nachází?

- a) chromoplasty
- b) vakuoplasty
- c) leukoplasty
- d) chloroplasty

Víš, jaká organela se nachází na obrázku a dokážeš jí popsat?

.....



Dalším důležitým barvivem je karoten. Ve kterých organelách se karoten nachází a jaké barvivo představuje?

.....



Další rostlinná barviva jsou:

Xantofyly – patří do karotenoidů – barví od žluté až po červenofialovou barvu

- Lutein – žlutá či oranžovo-červená barva

Antokyany – není obsažen v řasách, ale u rostlin ano; červená – fialová – modrá.

Věděli byste, jakou fyzikálně-chemickou metodou bychom mohly pozorovat obsažená rostlinná barviva v řasových buňkách?

.....

Máme zde neznámou řasu, patřící do skupiny zelených řas, kterou jsme oškrábali z kůry stromu, a potřebovali bychom zjistit, jaká barviva řasa obsahuje.

**Výzkumná otázka:**

.....

**Hypotéza:**

.....

**Postup a pomůcky:**

Chemikálie: aceton, ethanol, uhličitan vápenatý, písek

Materiál: zelená řasa *Apatococcus* s.l.

Pomůcky: pipeta, filtrační nebo chromatografický papír, kádinka, hodinové sklíčko,

1. Do třecí misky nasypete asi 3 g řasového materiálu, přidejte lžičku uhličitanu vápenatého a lžičku jemného písku. Tuto směs rozetřete pomocí tloučku spolu s acetonem (5 ml).
2. Na proužek filtračního/chromatografického papíru (2x10 cm), asi 2 cm od zdola měkkou tužkou nakreslete startovní čáru.
3. Na startovací čáru naneste několik kapek vzorku a nechte zaschnout.
4. Chromatografický /filtrační papír vložíme do kádinky. Kádinka je pro nás vyvíjecí nádobou, nalijte mobilní fázi, do výšky zhruba 1 cm. Mobilní fází je ethanol. Poté přiklopíme válec hodinovým sklíčkem.



5. Sledujte, jak vzlínající rozpouštědlo unáší jednotlivé složky barviv vzhůru. Pokus ukončete, jakmile dojde k zřetelnému rozdělení barviv.
6. Chromatografický / filtrační papír vyjměte a usušte. Získali jste takzvaný chromatogram.
7. Z chromatogramu vyvodím závěr.

**Výsledky:**

Do výsledků vlep výsledný chromatogram.

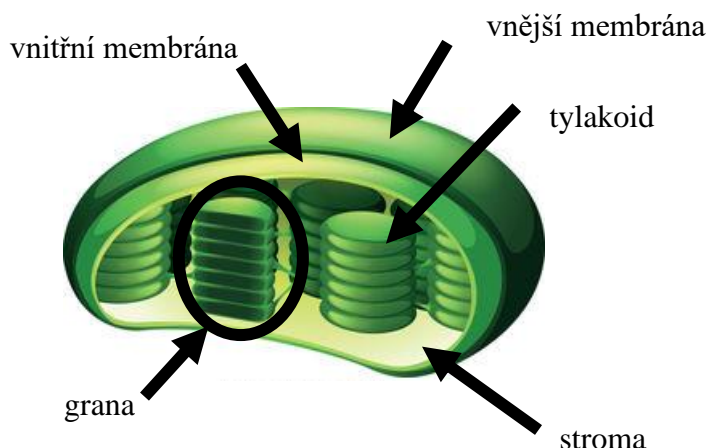
**Závěr:**

Zamyslete se, k čemu by mohlo červené barvivo řasám být a zkuste porovnat význam červeného barviva s rostlinami.

Dále tu máme ještě jednu skupinu řas, a to jsou ruduchy, také se jim říká červené řasy. Myslíte si, že tyto červené řasy obsahují zelené barvivo?

## Barviva zelených řas – Řešení

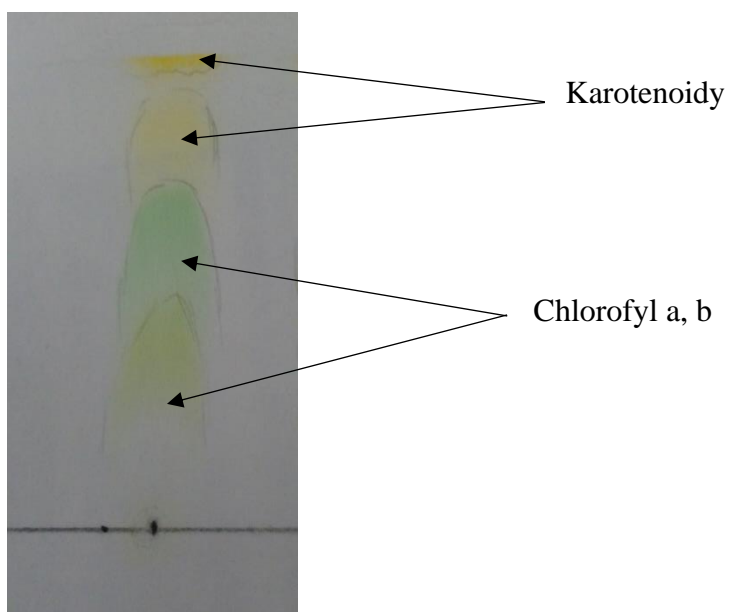
- Víš, jaká organela se nachází na obrázku a dokážeš jí popsat? **Chloroplast**



**Výzkumná otázka:** Obsahují zelené řasy také jiná barviva?

**Hypotéza:** Ano, zelené řasy obsahují i jiná barviva. / Ne, zelené řasy obsahují pouze zelená barviva.

**Výsledky:**



**Obr. 10:** Výsledný chromatogram.

**Závěr:**

Ano, zelené řasy obsahují i jiná barviva, jako například červené či v našem případě žluté karotenoidy. Tyto barviva jim slouží jako ochrana UV zářením, jelikož se vyskytují na zdech či kůrách stromů. Zatím co u rostlin zbarvují květy (pro lákání opylovačů), plody a listy, ale nemají ho proti ochraně před UV zářením jako řasy.

### 5.1.3. „Zrak“ krásnooček

---

**Úroveň bádání:** nasměřované bádání; možnost i otevřeného bádání

**Cíl:** Praktickou úlohou upevnit získané znalosti z hodin biologie, týkající se tématu fyziologie krásnooček, především fototaxe a podle nashromážděných údajů zjistit, zda krásnoočka mají pozitivní či negativní fototaxi.

**Stručná charakteristika úlohy:** Studenti pomocí svého navrženého postupu, provedou pokus a tím zjistí fototaxi u krásnooček. Ať už negativní nebo pozitivní.

**Cílová skupina:** Studenti středních škol, 1. až 4. ročník

**Časová náročnost:** 90 minut

**Zařazení do výuky:** hodiny biologie – jako samostatné praktické cvičení

**Nutné znalosti pro zvládnutí úlohy:** Znalost skupiny krásnooček a principu fototaxe.

**Materiál a pomůcky:** řasy *Euglena* sp., stojan, uzavíratelnou zkumavku, držák, alobal, zdroj světla (například lampička)

*Euglena* sp. – druhy, které jsou potřebné pro pokus, se většinou nachází ve sladkovodních biotopech (rybníky, přehrady, rašeliniště, tůň, návesní rybníky); CCALA – 872 *Euglena mucifera* Mainx, číslo kmene KOVACIK 2007/10 nebo 349 *Euglena gracilis* Klebs; číslo kmene SAG 1224-5/25.

**Strukturované metodické pokyny pro provedení úlohy:** Na začátek učitel řekne studentům pár slov k danému tématu a nastíní, čím se budou v hodině zabývat. Učitel rozdělí studenty do skupin po 2-3 a rozdává záznamové archy. Pomocí diskuze a otázek seznamuje studenty s danou problematikou. Otázky mají studenti uvedené v záznamovém archu. Po dokončení otázek učitel studentů sdělí, že od něj dostanou kulturu řasy *Euglena* sp. Následně každá skupina navrhne výzkumnou otázku. Učitel se studenty vybere jednu otázku, na kterou by bylo možné najít v hodině odpověď. Tento postup je dán kvůli technickému vybavení, a hlavně pro naplnění daného výchovně vzdělávacího cíle, který je stanoven učitelem. Poté studenti vytvoří hypotézu a postup práce. Studenti následně provádějí pokus a během toho mohou konzultovat případné nejasnosti se spolužáky nebo s učitelem. Po dokončení pokusu studenti vyvodí závěry, které následně prezentují před třídou (jaká byla jejich hypotéza, jestli byla potvrzena či vyvrácena, jaký měli postup práce a k jakým výsledkům se dobrali). Na konci cvičení učitel dá prostor k diskusi, která by měla upevnit

výsledky pokusu a shrnout celkový výsledek, co se studenti naučili a co by je zajímalo do budoucna.

## **Teoretický základ**

### **Krásnoočka**

Krásnoočka jsou jednobuněční a ve většině případů volně žijící bičíkovci. Zásobní látkou je paramylon, což je polysacharid podobný škrobu. Povrch buňky je kryt pelikulou, což jsou šroubovitě vinuté bílkovinné proužky, některé druhy mají i pevnou schránku loriku, která je mineralizovaná železem a manganem.

Z lahvicovité nádržky (ampula) v přední části buňky vyrůstají bičíky. U některých druhů jsou vidět dva bičíky, u jiných jen jeden, jelikož druhý zakrněl a nepřesahuje tak prostor ampule. K bičíkům je po jejich celé délce připojena paraflagelární lišta. Lišta má krystalickou strukturu a je hlavní součástí fotoreceptoru, který ve spolupráci se stigmatem zajišťuje pozitivní fototaxi. Na povrchu bičíku je rovněž vyvinuta řada mastigonemat dvou různých délek. Nápadné stigma (světločivná skvrna) není součástí chloroplastu a leží v bezprostřední blízkosti ampule. Je tvořeno velkým množstvím pigmentových granulí. Toto stigma dalo skupině i “český”, název Krásnoočka. Avšak tento název není docela tak český, spíše ruský. Jelikož název této skupiny nemá znamenat “řasa s krásným okem”, ale s červeným okem, což je z ruského slova krasnyj – červený.

### **Metabolismus – rozdělení organismů**

Heterotrofní – uhlík je přijímán ve formě organických látek – živočichové a houby

Autotrofní – uhlík je přijímán ve formě oxidu uhličitého CO<sub>2</sub>. Jsou schopny vytvořit z anorganických látek látky organické, k čemuž získávají energii:

- ve formě světelné energie – **fotoautotrofní organismy** (sinice, řasy, zelené rostliny)
- oxidací anorganických látek – **chemoautotrofní organismy** (některé bakterie)

### **Fototaxe**

Taxe je pohyb buňky či většího organismu, který je vyvolán zevním podnětem a je to výsledkem životních projevů organismu. Řadí se mezi tzv. lokomoční pohyby. Takže fototaxe je pohyb, který je vyvolán a ovlivněn zdrojem světla. Můžeme jej rozdělit na dva orientované pohyby: pohyb orientovaný ke zdroji světla označujeme jako pozitivní fototaxe a pohyb orientovaný od zdroje světla, který označujeme termínem negativní fototaxe.

Rostliny mají pouze ohyby, tedy nemohou se pohnout z místa na místo

- samovolné – vyvolané vnitřním podnětem (břečťan, liány, svlačec, vinná réva)

- indukované – vyvolané vnějším podmětem
  - tropismy – orientované ve směru podráždění; fototropismus (slunečnice, listy)
  - nastie – neorientované, jde o intenzitu; fotonastie (otevírání a zavírání květů, smetánka lékařská, sasanka hajní)

**Použitá literatura:**

- **CCALA, 2013.** Dostupné z: <http://ccala.butbn.cas.cz/>
- **Graham, L. E., Graham, M. J., & Wilcox, L. W. 2009.** *Algae*. Benjamin Cummings, 616 pp.
- **Hoek, Ch., a kol. 1995.** *Algae: an introduction to phycology*. Cambridge University Press, 623 pp.
- **Jelínek, J., & Zicháček, V. 1999.** *Biologie pro gymnázia*. nakladatelství Olomouc, 576 pp.
- **Kalina, T., & Váňa, J. 2005.** *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*. Karolinum, 606 pp.
- **Kaštovský, J. & Hauer, T. 2016.** *Sinice a řasy.cz*. Jihočeská univerzita, Přírodovědecká fakulta, České Budějovice. Dostupné z: <http://www.sinicearasy.cz/>
- **Kaštovský, J., a kol. 2018.** *Atlas sinic a řas České republiky, svazek 2*. Powerprint, Praha, 479pp.
- **Kubát, K., a kol. 2003.** *Botanika*. Praha: Scientia, 231 pp.
- **Lee, R. E. 2008.** *Phycology*. Cambridge University Press, 547 pp.

## „Zrak“ krásnooček

Kde se v buňce krásnoočka nachází organela (vyznačte), která by mohla být tím “očkem”. A jak se tato organela nazývá?

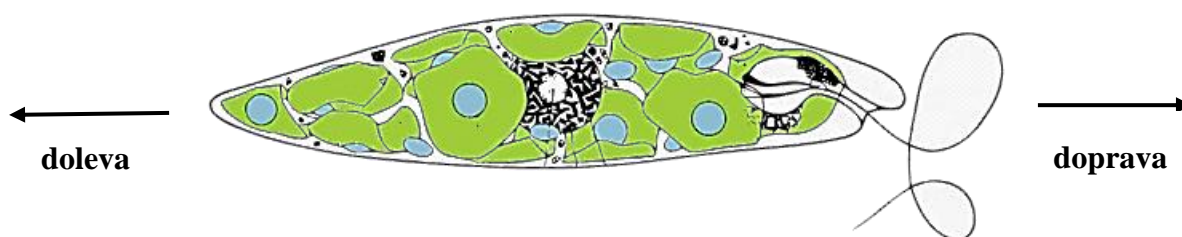
.....



„Hnacím motorem“ krásnooček je bičík, který vyrůstá z lahvicovité nádržky (ampula). Ve které části buňky krásnoočka se bičík nachází?

- Bičík se nachází v přední – zadní části buňky. **(nehodící se škrtněte)**

Když už víme, ve které části se bičík nachází, jakým směrem se bude toto krásnoočko (viz obrázek) pohybovat? **(správnou odpověď zakroužkujte)**



O jaký typ bičíku se tedy jedná? **(správnou odpověď zakroužkujte)**

- a) tlačný bičík                      b) tažný bičík

Co to znamená, když se řekne, že nějaký organismus se vyživuje fotoautotrofně?

.....  
.....  
.....

Vysvětli pojem **photaxe** a kde s ní můžeš setkat?

.....

.....

.....

.....

.....

Máme zde kulturu řasy *Euglena* sp. a vaším úkolem je zjistit, jak to mají krásnoočka z fototaxí.

**Výzkumná otázka:**

.....

**Hypotéza:**

.....

**Postup:**

Pomůcky:

.....

.....

1. ....
2. ....
3. ....
4. ....
5. ....
6. ....
7. ....

**Výsledky:**

Během probíhajícího pokusu zde nakresli a popiš aparaturu, kterou jste sestrojili.

**Závěr:**

Zamyslete se, a porovnejte svůj výsledek s rostlinami. Dochází k tomuto jevu i u rostlin?



## „Zrak“ krásnooček – Řešení

- Kde se v buňce krásnoočka nachází organela (vyznačte), která by mohla být tím “očkem”. A jak se tato organela nazývá? **Stigma**
- **Bičik se nachází v přední části buňky.**
- **doprava**
- O jaký typ bičíku se tedy jedná? **b) tažný bičík**



**Výzkumná otázka:** Mají krásnoočka pozitivní fototaxi?

**Hypotéza:** Krásnoočka mají pozitivní fototaxi. / Krásnoočka mají negativní fototaxi.

**Postup:**

Pomůcky: stojan, uzavíratelná zkumavka, držák, alobal, zdroj světla (lampička)

1. Kulturu nalijeme do uzavíratelné zkumavky.
2. Na laboratorní stojan upevníme držák.
3. Do držáku vodorovně upevníme zkumavku s kulturou.
4. Jednu stranu zakryjeme alobalem, aby nebyla osvětlená světlem a druhou stranu necháme volně bez zakrytí (Obr. 11).
5. Po určitou dobu asi cca 30 minut, dále po 1 hodině, odkryjeme alobal, abychom se podívali, kde se nachází většina biomasy.
6. Nastalou změnu si zapíšeme.

**Výsledky:**



**Obr. 11:** Sestrojená aparatura pro pozorování fototaxe.



**Obr. 12:** Zkumavka na začátku pokusu.



**Obr. 13:** Zkumavka po 30 minutách pokusu.



**Obr. 14:** Zkumavka po skončení pokusu (po 1 hodině).

**Závěr:**

Krásnoočka mají pozitivní fototaxi, pohybují se za světlem. Musejí se dostat ke světlu proto, aby mohly provádět fotosyntézu a tím si vytvářet látky, které potřebují pro své přežití, jelikož jejich hlavní výživa je fotoautotrofie. Už po 30 minutách pokusu je vidět pozorovatelná změna pohybu biomasy směrem ke světlu.

## 5.2. Biodiverzita stojatých vod

Pro tuto kapitolu byly připraveny dva pracovní listy zabývající se tematikou biodiverzity stojatých vod se zaměřením na sinice a řasy. Znalost biodiverzity jakožto druhové rozmanitosti je velmi důležité.

### 5.2.1. Společenstvo sinic a řas v rybníce

---

**Úroveň bádání:** strukturované bádání

**Cíl:** Praktickou úlohou upevnit získané znalosti z hodin biologie, týkajících se tématu biodiverzity sinic a řas ve vodní nádrži. Seznámit se Simpsonovým indexem diverzity a se základy determinace vodních organismů. Poté najít jaké druhy/rody se vyskytují v planktonu vodní nádrže a pomocí Simpsnova indexu zhodnotit biodiverzitu lokality.

**Stručná charakteristika úlohy:** Studenti budou pod mikroskopem pozorovat a určovat společenstvo sinic a řas. Výsledky pozorování si zapíší do záznamového archu. Poté podle Simpsonova indexu diverzity vypočítají, jaké společenstvo sinic a řas se vyskytuje na dané lokalitě.

**Cílová skupina:** Studenti středních škol, 1. až 4. ročník

**Časová náročnost:** 90 minut

**Zařazení do výuky:** Hodiny biologie – jako samostatná praktická cvičení.

**Nutné znalosti pro zvládnutí úlohy:** Znalost práce s mikroskopem a tvorbou preparátů dále práce s určovacími klíči.

**Materiál a pomůcky:** neznámý vzorek, mikroskop, krycí a podložní sklíčko, pipeta, určovací literatura

**Strukturované metodické pokyny pro provedení úlohy:** Na začátek učitel řekne pár slov k danému tématu a nastíní, čím se studenti budou zabývat. Učitel rozdělí studenty do skupin po 2-3 a rozdá záznamové archy a pomocí diskuze a otázek seznamuje studenty s danou problematikou. Otázky mají studenti uvedené v záznamovém archu. Po dokončení otázek učitel studentů sdělí, že od něj dostanou neznámé vzorky a determinační literaturu. Následně každá skupina navrhne výzkumnou otázku. Pak učitel se studenty vyberou jednu otázku, na kterou by bylo možné najít v hodině odpověď. Tento postup je dán kvůli technickému vybavení, a hlavně pro naplnění daného výchovně vzdělávacího cíle, který je stanoven učitelem. Studenti následně provádějí pokus a během toho mohou konzultovat případné

nejasnosti se spolužáky nebo s učitelem. Pokud by si studenti nevěděli rady s výpočtem Simpsnova indexu, měl by mít učitel v prezentaci připravenou ukázkou příkladu, která se zde nachází sekci Společenstvo sinic a řas – Řešení. Po dokončení pokusu studenti vyvodí závěry, které následně prezentují před třídou (jaká byla jejich hypotéza, jestli byla potvrzena či vyvrácena, jaký měli postup práce a k jakým výsledkům se dobrali). Na konci cvičení učitel dá prostor k diskuzi, která by měla upevnit výsledky pokusu a shrnout celkový výsledek, co se studenti naučili a co by je zajímalo do budoucna.

**Případná modifikace:** Učitel může formou menší exkurze (cca 1 vyučovací hodina) vzít studenty na odběry do okolí školy. Studenti tak uvidí, jak se odebírají společenstva planktonu a nárostů. Následně si sami odběry provedou. Během této exkurze učitel začíná s badatelskou výukou. Studenti si vyplňují první část pracovního listu a při návratu do školy už tak mají navrženou výzkumnou otázku a hypotézu. Následně ve škole vytvoří postup, provedou pokus a prezentují výsledky.

## **Teoretický základ**

### **Společenstvo sinic a řas ve vodě**

#### Rozdělení vodního biotopu – kde hledat řasy (tučně)

litorál – příbřežní prosluněné pásmo

- **metafyton** – společenstvo nepřisedlých řas mezi litorální vegetací (příbřežní vegetace)
- **perifyton** – společenstvo nárostových sinic a řas
  - dělí se podle toho, na jakém materiálu jsou přisedlí: epizoon (na živočiších); epifyton (na rostlinách); epiliton (na kamenech); epixylon (zbytky dřeva)

pelagiál – oblast volné vody

- **neuston** – společenstvo povrchové blanky vody (*Euglena sanguinea*, *Chromulina rosanoffi*)
- **plankton** – je soubor mikroskopických organismů pasivně se vznášejících v prostředí, pohybují se díky vodním proudům a turbulencím.
  - **fytoplankton** (řasy a sinice)
  - zooplankton (drobní živočichové)
  - mykoplankton (houby)
  - bakterioplankton (bakterie)
- nekton – aktivně se pohybující živočichové (ryby, obojživelníci...)

bentál – oblast dna

- **bentos** – společenstvo obývající celé dno vodní nádrže
  - **epipelon** – společenstvo žijící v jemném detritu na povrchu bahna
  - **fyto-bentos** (řasy a sinice)
  - zoobentos (drobní živočichové)

Většina fytoplanktonního společenstva mají fotoautotrofní způsob výživy. Musí se tak vyskytovat co nejbližší vodní hladiny v tzv. euforické zóně. Je to zóna, kam proniká světlo (světelné záření) a jsou zde tak vhodné podmínky pro fotosyntézu. Mocnost této zóny se však mění s přibývajícím biomasou.

### **Biodiverzita**

Je to druhová bohatost, rozmanitost, pestrost. Biodiverzita je celková rozmanitost všech forem života na Zemi jako celku (živočichů, rostlin, ekosystémů, genů).

Nejnižší prostorovou úrovní diverzity je  **$\alpha$ -diverzita**. Jedná se o druhovou diverzitu v rámci jednoho společenstva, stanoviště či vzorku. Kromě prostého počtu druhů ve společenstvu může být vyjádřena některým indexy diverzity. Další úrovní je  **$\beta$ -diverzita**, která je mírou rozdílnosti či podobnosti druhového složení mezi společenstvy. Největší úrovní je  **$\gamma$ -diverzita**, která je vlastně  $\alpha$ -diverzitou pro velké geografické celky např. kontinenty.

### **Determinační literatura:**

- **Ambrožová, J. 2006.** *Mikroskopické praktikum z hydrobiologie*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 183 pp.
- **Pouličková, A., & Jurčák, J., 2001.** *Malý obrazový atlas našich sinic a řas*. Olomouc: Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, 81 pp.
- **Sládeček, V., & Sládečková, A. 1996.** *Atlas vodních organismů se zřetelem na vodárenství, povrchové vody a čistírny odpadních vod. Díl 1. Destruenti a producenti*. Praha: Agrospoj, 350 pp.
- **Svrček, M., a kol., 1976.** *Klíč k určování bezcévných rostlin: sinice, řasy, hlenky, houby, lišejníky a mechorosty*. Praha: Statní pedagogické nakladatelství, 576 pp.

### **Použitá literatura:**

- **Jarkovský, J., Littnerová, S., & Dušek, J. 2012.** *Statistické hodnocení biodiverzity.* Akademické nakladatelství CERM, 77 pp.
- **Jelínek, J., & Zicháček, V. 1999.** *Biologie pro gymnázia.* nakladatelství Olomouc, 576 pp.
- **Kaštovský, J., & Hauer, T. 2016.** *Sinice a řasy.cz.* Jihočeská univerzita, Přírodovědecká fakulta, České Budějovice. Dostupné z: <http://www.sinicearasy.cz/>
- **Kubát, K., a kol. 2003.** *Botanika.* Praha: Scientia, 231 pp.
- **Pouličková, A. 2011.** *Základy ekologie sinic a řas.* Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 91 pp.
- **Říhová Ambrožová, J. 2007.** *Encyklopedie hydrobiologie.* Praha: VŠCHT Praha. Dostupné z: *Encyklopedie hydrobiologie: výkladový slovník*
- **Sládeček, V., & Sládečková, A. 1996.** *Atlas vodních organismů se zřetelem na vodárenství, povrchové vody a čistírny odpadních vod. Díl 1. Destruenti a producenti.* Praha: Agrospoj, 350 pp.

## Společenstvo sinice a řas v rybníce

Sinice a řasy se vyskytují mimo jiné i v planktonu. Víte, co je to plankton?

.....

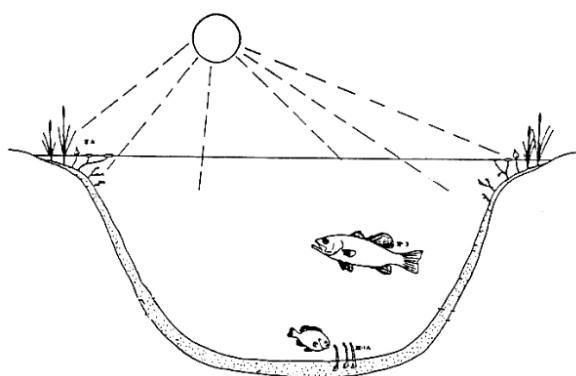
.....

Můžeme plankton nějak rozdělit podle organismů?

.....

.....

Na obrázku vyznačte, ve které části vodní nádrže se vyskytují planktonní organismy?



Ve vodním prostředí můžeme sinice a řasy nalézt i jinde než v planktonu.

- bentos – společenstvo dna vodní nádrže
- perifyton – společenství nárostů na čemkoli (kamenech, rostlinách)
- metafyton – společenstvo nepřisedlých řas mezi litorální vegetací (příbřežní vegetace)
- neuston – společenstvo povrchové blanky vody

Vysvětli pojem biodiverzita.

.....

.....

.....



Nejnižší prostorovou úrovní diverzity je  **$\alpha$ -diverzita**. Jedná se o druhovou diverzitu v rámci jednoho společenstva, stanoviště či vzorku. Kromě prostého počtu druhů ve společenstvu může být vyjádřena některým z indexů diverzity:

### Simpsonův index diverzity (D)

- vychází z pravděpodobnosti, s jakou budou dva náhodně nalezení jedinci ve společenstvu náležet k odlišným druhům.

$$D = 1 - \left( \frac{\sum n(n-1)}{N(N-1)} \right)$$

- D = index diverzity
- N = celkový počet jedinců
- n = počet jedinců určitého druhu

- může nabývat hodnot od **0** (malá diverzita) do **1** (velká diverzita)

Obdrželi jste neznámý vzorek z lokality. Kde byl odebrán plankton, bentos i perifyton a vaším cílem je zjistit biodiverzitu této neznámé lokality.

### Výzkumná otázka:

.....

### Hypotéza:

.....

### Postup:

### Pomůcky:

.....

.....

1. ....

2. ....

3. ....

4. ....

5. ....

6. ....



**Pozorování:**

Druhy	Zastoupení (n)
-------	----------------

**Výpočet:**

**Závěr:**

Zamyslete se, čím je dáno odlišné druhové složení na různých lokalitách?

## Společenstvo sinic a řas v rybníce – Řešení

**Výzkumná otázka:** Jaká bude biodiverzita ve vodní nádrži?

**Hypotéza:** Biodiverzita vodní nádrže bude nízká. / Biodiverzita vodní nádrže bude vysoká.

**Postup:**

Pomůcky: pipeta, krycí a podložní sklíčko, mikroskop

1. Nanést vzorek na podložní sklíčko a překrýt krycím sklíčkem.
2. Pomocí optického mikroskopu najít rody/druhy sinic a řas.
3. Pomocí určovací literatury určit jaké druhy/rody se nacházejí ve vzorku.
4. Nalezené druhy zapsat do zápisového archu.
5. K nalezeným druhům zapsat množství, kolikrát se daný druh ve vzorku objevil.
6. Jednotlivá čísla zapsat do vzorce a vypočítat biodiverzitu vodní nádrže.

**Pozorování a výpočet:**

**Příklad:**

U zkoumaného rybníka zjistí jeho biodiverzitu.

$N = 22$

$$D = 1 - \left( \frac{3(3-1) + 5(5-1) + 4(4-1) + 3(3-1) + 7(7-1)}{22(22-1)} \right)$$

$$D = 1 - \left( \frac{6 + 20 + 12 + 6 + 42}{462} \right)$$

$$D = 1 - \left( \frac{86}{462} \right)$$

$$D = 1 - (0,19)$$

$$\mathbf{D = 0,81}$$

<b>Druhy</b>	<b>Zastoupení (n)</b>
<i>Desmodesmus opoliensis</i>	3
<i>Pediastrum boryanum</i>	5
<i>Chlamydomonas simplex</i>	4
<i>Navicula minima</i>	3
<i>Dolichospermum flos-aquae</i>	7

Diverzita společenstva vodní nádrže je 0,81 čili velmi vysoká. Je tedy 81 % pravděpodobnost, že dva náhodně nalezení jedinci ve společenstvu budou patřit k odlišným druhům.

**Závěr:**

Jednotlivé závěry se budou lišit v závislosti na lokalitě a vzorku, který studenti dostanou a samozřejmě i na tom, kolik druhů student naleznou. Obecně bude biodiverzita buď velká, tím pádem bude společenstvo planktonu vyvážené a žádný druhu nebude tvořit dominantu, nebo bude malá a jeden druh bude mít velkou biomasu a bude tak dominantní.

### 5.2.2. Gravitace ve vodě

---

**Úroveň bádání:** nasměřované bádání; možnost i otevřeného bádání

**Cíl:** Praktickou úlohou upevnit získané znalosti z hodin biologie a týkající se tématu sinic a řas. Seznámit se s různými strategiemi, které sinicím a řasám umožňují co nejmenší sedimentaci (pokles ke dnu).

**Stručná charakteristika úlohy:** Studenti pomocí textového materiálu budou v mikroskopu pozorovat různé strategie sinic a řas proti sedimentaci. Jednotlivé strategie, které vyzorují, budou následně zapisovat do záznamových archů a posléze z nich vyhodnotí, která ze strategií poklesu ke dnu se nejčastěji objevuje v planktonu stojatých vod.

**Cílová skupina:** Studenti středních škol, 1. až 4. ročník

**Časová náročnost:** 90 min

**Zařazení do výuky:** hodiny biologie – jako samostatná praktická cvičení

**Nutné znalosti pro zvládnutí úlohy:** Práce s mikroskopem a tvorba preparátů.

**Materiál a pomůcky:** kádinka, pipeta, podložní a krycí sklíčko, mikroskop, neznámý vzorek

**Strukturované metodické pokyny pro provedení úlohy:** Na začátek učitel řekne pár slov k danému tématu a nastíní, čím se studenti budou zabývat. Učitel rozdělí studenty do skupin po 2-3 a rozdá záznamové archy. Pomocí diskuze a otázek seznamuje studenty s danou problematikou. Otázky mají studenti uvedené v záznamovém archu. Po dokončení otázek učitel studentů sdělí, že od něj dostanou neznámé vzorky planktonu rybníka. Následně každá skupina navrhne výzkumnou otázku. Pak učitel se studenty vyberou jednu otázku, na kterou by bylo možné najít v hodině odpověď. Tento postup je dán kvůli technickému vybavení, a hlavně pro naplnění daného výchovně vzdělávacího cíle, který je stanoven učitelem. Poté studenti vytvoří hypotézu a postup práce a následně provádějí pokus a během toho mohou konzultovat případné nejasnosti se spolužáky nebo s učitelem. Po dokončení pokusu studenti vyvodí závěry, které následně prezentují před třídou (jaká byla jejich hypotéza, jestli byla potvrzena či vyvrácena, jaký měli postup práce a k jakým výsledkům se dobrali). Na konci cvičení učitel dá prostor k diskuzi, která by měla upevnit výsledky pokusu a shrnout celkový výsledek, co se studenti naučili a co by je zajímalo do budoucna.

**Případná modifikace:** Učitel může formou menší exkurze (cca 1 vyučovací hodina) vzít studenty na odběry do okolí školy. Studenti tak uvidí, jak se odebírá planktonní společenstvo

a následně si odběry provedou. Během této exkurze učitel začíná s badatelskou výukou. Studenti si vyplňují první část pracovního listu a při návratu do školy už tak mají navrženou výzkumnou otázku a hypotézu. Následně ve škole vytvoří postup, provedou pokus a prezentují výsledky.

### **Teoretický základ**

#### **Stélka sinic a řas**

Sinice a řasy jsou tvarově velmi pestré organismy. Bez ohledu na jejich systematické zařazení vykazují řasy podobný vývoj buněk a stélek. Stélka je označení pro tělo bezcévných rostlin, jenž není diferencovaná na jednotlivé orgány.

- **bičíkatá stélka** (monadoidní) – jednobuněčná stélka, která má nejčastěji kapkovitý tvar. Zúžení se nachází na předním konci společně s bičíky (obvykle 2) = mají polární stavbu buňky. Vyskytuje se prakticky u všech zástupců oddělení obrněnky (Dinophyta), krásnoočka (Euglenophyta) nebo skrytěnky (Cryptophyta), velmi častá je u zelených řas (Chlorophyta) nebo třídy zlativky (Chrysophyceae).
- **měňavkovitá stélka** (rhizopodová, améboidní) – jednobuněčná, buňka pokryta pouze plazmatickou membránou, proto mají proměnlivý tvar, chybí jim pevná buněčná stěna. Pohyb buňky je zajištěn panožkami na povrchu. Vyskytuje se např. u různobrvků (Xanthophyceae) či u zlativků (Chrysophyceae). Tento typ stélky je velmi vzácný.
- **kapsální stélka** (gloeomorfní) – jednobuněčná, jednojaderná často s polární stavbou. Je uložena ve slizu a má nefunkční bičíky (pseudocilie) = nepohyblivá. Vyskytuje se např. u skupin různobrvků (Xanthophyceae).
- **kokální stélka** (buněčná) – jednobuněčná, jednojaderná, nepohyblivá stélka, kryta na povrchu pevnou buněčnou stěnou. Buňky se mohou seskupovat do kolonií. Vyskytuje se u různých skupin zelených řas (Chlorophyta) dále u některých ruduch (Rhodophyta) a hnědých řas (Chromophyta).
- **vláknitá stélka** (trichální) – mnohobuněčná, z jednojaderných buněk. Může být nevětvená nebo jednoduše větvená. Vyskytuje se např. u skupin různobrvků (Xanthophyceae), spájivek (Zygnemophyceae) také u některých zelených řas (Chlorophyta).
- **vláknitá větvená stélka** (heterotrichální) – rovněž mnohobuněčná a z jednojaderných buněk. Hlavní vlákno je morfologicky i funkčně odlišeno od postranních vláken. Vyskytuje se např. u skupin ruduch a zelených řas (*Draparnaldia*, *Trentepohlia*).

- **pletivná stélka** – mnohobuněčná, odvozená od vláknité větvené stélky. Stélka se diferencuje na fyloid (podobný listům), kauloid (podobný stonku), rhizoid (podobné kořenům). Vyskytuje se např. u skupin ruduch, parožnatek a hnědých řas (chaluhy).
- **sifonokladální stélka** – mnohobuněčná ve tvaru vlákna či vakovitá. Může se i větvit. Buňky vždy mnohojaderné s oddělenými přehrádkami. Vyskytuje se např. u zelených řas (*Cladophora* – žabí vlas)
- **sifonální stélka** (trubicovitá) – rozvětvená, mnohojaderná, bez příčných přepážek. Vyskytuje se u různých zelených řas (rod *Caulerpa*).

Sinice tvoří několik typů stélek. Nejjednodušší typem stélky sinic je jednobuněčná kokální stélka. Ty bývají často obaleny slizem a mohou se sdružovat do kolonií. Kolonie jsou buď pravidelné (*Merismopedia*) nebo nepravidelné (*Microcystis*). Dalším typem jsou vláknité typy, které mohou být buď nevětvené (*Leptolyngbya*, *Phormidium*, *Oscillatoria*) či nepravě větvené (vlákna jsou spolu spojena jen slizovou pochvou a ne fyziologicky – *Scytonema*) nebo pravě větvené (vlákna jsou spojena fyziologicky – *Stigonema*, *Mastigocladus*). Dále u větvených vláken rozeznáváme, zda jsou heteropolární (spodní konec tlustší a ukončený) či izopolární (není rozeznat kde je konec) a dále jestli obsahují akinety, heterocyty a aerotopy.

**Sedimentace** – usazování těžších, nerozpustných součástí jak v plynném, tak i v kapalném prostředí. Jelikož řasy patří do planktonního společenstva, tím pádem se pohybují jen pomocí proudů či při míchání větrem. Tak postupně klesají vodním sloupcem ke dnu.

Sedimentace závisí na velikosti organismu a výbězcích. Všechny tvary sedimentují pomaleji než koule a čím větší plocha, tím rychlejší sedimentace.

### **Použitá literatura:**

- **Graham, L. E., Graham, M. J., & Wilcox, L. W. 2009.** *Algae*. Benjamin Cummings, 616 pp.
- **Jelínek, J., & Zicháček, V. 1999.** *Biologie pro gymnázia*. nakladatelství Olomouc, 576 pp.
- **Kalina, T., & Váňa, J. 2005.** *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*. Karolinum, 606 pp.
- **Kubát, K., a kol. 2003.** *Botanika*. Praha: Scientia, 231 pp.
- **Lee, R. E. 2008.** *Phycology*. Cambridge University Press, 547 pp.
- **Urban, Z., & Kalina, T. 1980.** *Systém a evoluce nižších rostlin*. Státní Pedagogické Nakladatelství, 415 pp.

## Gravitace ve vodě

Víte, co je to stélka?

.....

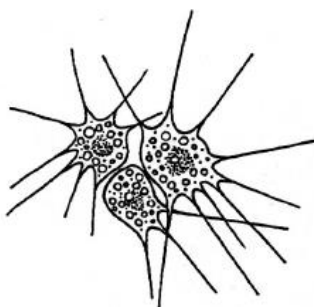
.....

Určete typy stélek řas na obrázcích?

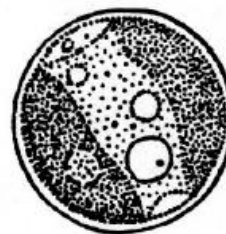
(bičíkatá, pletivná, měňavkovitá, kokální, vláknitá, vláknitá větvená)



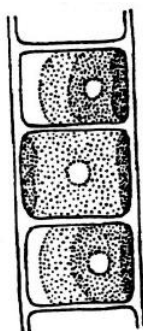
a)



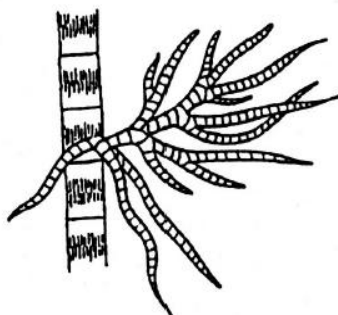
b)



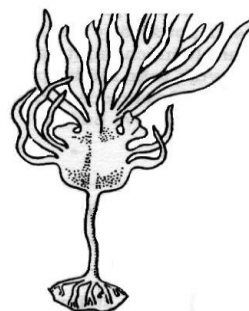
c)



d)



e)



f)

Pletivná stélka je členěna na 3 části. Víš, jak se tyto části nazývají?

1. ....

2. ....

3. ....

Co je to sedimentace?

.....

.....



V této tabulce je přehled jednotlivých skupin řas s typy stélek.

Skupina řas	Stélka řas						
	bičíkatá	měňavkovitá	kokální	vláknitá	vláknitá; větvená	trubicovitá	pletivná
Krásnoočka (Euglenophyta)	✓						
Obrněnky (Dinophyta)	✓	✓	✓				
Skrytěnky (Cryptophyta)	✓						
Hnědé řasy (Chromophyta)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ruduchy (Rhodophyta)			✓	✓	✓		✓
Zelené řasy (Chlorophyta)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Z tabulky vyčti,

- a) jaký typ stélky se nejčastěji vyskytuje napříč všemi skupinami řas,
- b) jaká ze skupin řas obsahuje nejvíce typů stélek.

.....



Máme zde neznámý vzorek planktonu, který je tvořen spoustou druhů sinic a řas s rozdílnými stélkami. Vaším úkolem je zjistit jaká stélka nejlépe odolá sedimentaci, a tak udrží organismus nejdéle u hladiny.

**Výzkumná otázka:**

.....

**Hypotéza:**

.....

**Postup:**

Pomůcky:

.....

.....

1. ....

2. ....

3. ....

4. ....

5. ....

6. ....

**Pozorování a výsledky:**

Po skončení pokusu zakresli stélku, která nejlépe odolává sedimentaci.

**Závěr:**

Proč se potřebují řasy co nejdéle udržet u hladiny?

## Gravitace ve vodě – Řešení

Určete typy stélek sinic a řas na obrázcích?

**a) bičíkatá; b) měňavkovitá; c) kokální; d) vláknitá; e) vláknitá větvená; f) pletivná**

**Výzkumná otázka:** Jaká je nejlepší stélka pro pomalejší sedimentaci?

**Hypotéza:** Nejlepší stélka pro pomalejší sedimentaci je bičíkatá / kokální / mít aerotopy

**Postup:**

Materiál: neznámý vzorek, voda z lokality

Pomůcky: mikroskop, pipeta, podložní a krycí sklíčko

1. Vzorek přeliji do 500 ml kádinky a vzorek promíchám s vodou z lokality.
2. Odeberu pipetou z vrchu část vzorku.
3. Nanést vzorek na podložní sklíčko a překrýt krycím sklíčkem.
4. Pomocí optického mikroskopu pozoruji, jaké druhy se ve vzorku vyskytují.
5. Po 10 minutách znovu odeberu vrchní část vzorku (u hladiny), vzorek nijak nepromíchávám.
6. Znovu zmikroskopuji a uvidím, jaké druhy zde zůstaly.
7. Po dalších 10 minutách provedu to samé.
8. Z posledního pozorování vyvodím závěr.

**Závěr:**

Výsledky budou především na studentech, jaké stélky najdou. Je jasné, že kokální stélky jsou nejméně vhodné pro udržení se u hladiny, ovšem některé stélky jsou sdružené do kolonií a mohou být i ploché, vytvářet sliz či mít výběžky, které sedimentaci zpomalí. Zde je mnoho možných výsledků. Studenti můžou vybrat i sinice, které obsahují aerotopy, jenž je udrží u hladiny, ale zde to není tvarem stélky nýbrž speciálními strukturami.

### 5.3. Obranné mechanismy řas vůči predaci

V této kapitole byl vytvořen jeden pracovní list, kde se studenti dozvědí něco o obranných mechanismech řas proti predátorům. Toto téma není pro studenty moc známé. Studenti se většinou v hodinách dovídají, které organismy se planktonem živí, avšak už se nedozvědí, jak se řasy mohou bránit.

#### 5.3.1. Řasy vs. predátoři

---

**Úroveň bádání:** nasměřované bádání; možnost i otevřeného bádání

**Cíl:** Praktickou úlohou upevnit získané znalosti z hodin biologie a týkající se tématu řas. Seznámit se s obrannými strategiemi řas proti predaci. Podle získaných údajů vyvodit závěry, který obranný mechanismus řasy nejčastěji používají.

**Stručná charakteristika úlohy:** Studenti budou v mikroskopu pozorovat obranné strategie řas. Jednotlivé strategie, které vypořádají, budou následně zapisovat do záznamových archů a posléze z nich vyhodnotí, která z obranných strategií je pro řasy nejúčinnější.

**Cílová skupina:** Studenti středních škol 1. až 4. ročník

**Časová náročnost:** 90 min

**Zařazení do výuky:** Hodiny biologie – jako samostatná praktická cvičení

**Nutné znalosti pro zvládnutí úlohy:** Práce s mikroskopem a tvorba preparátů.

**Materiál a pomůcky:** kádinka, pipeta, podložní a krycí sklíčko, mikroskop, neznámý vzorek

**Strukturované metodické pokyny pro provedení úlohy:** Na začátek učitel řekne pár slov k danému tématu a nastíní, čím se studenti budou v hodině zabývat. Učitel rozdělí studenty do skupin po 2-3 a rozdá záznamové archy. Pomocí diskuze a otázek seznamuje studenty s danou problematikou. Otázky mají studenti uvedené v záznamovém archu. Po dokončení otázek učitel studentů sdělí, že od něj dostanou neznámé vzorky planktonu rybníka. Následně každá skupina navrhne výzkumnou otázku. Pak učitel se studenty vyberou jednu otázku, na kterou by bylo možné najít v hodině odpověď. Tento postup je dán kvůli technickému vybavení, a hlavně pro naplnění daného výchovně vzdělávacího cíle, který je stanoven učitelem. Poté studenti vytvoří hypotézu a postup práce a následně provádějí pokus a během toho mohou konzultovat případné nejasnosti se spolužáky nebo s učitelem. Po dokončení pokusu studenti vyvodí závěry, které následně prezentují před třídou (jaká byla

jejich hypotéza, jestli byla potvrzena či vyvrácena, jaký měli postup práce a k jakým výsledkům se dobrali). Na konci cvičení učitel dá prostor k diskuzi, která by měla upevnit výsledky pokusu a shrnout celkový výsledek, co se studenti naučili a co by je zajímalo do budoucna.

**Případná modifikace:** Učitel může formou menší exkurze (cca 1 vyučovací hodina) vzít studenty na odběry do okolí školy. Studenti tak uvidí, jak se odebírá planktonní společenstvo a následně si odběry provedou. Během této exkurze učitel začíná s badatelskou výukou. Studenti si vyplňují první část pracovního listu a při návratu do školy už tak mají navrženou výzkumnou otázku a hypotézu. Následně ve škole vytvoří postup, provedou pokus a prezentují výsledky.

## Teoretický základ

### Obranné strategie řas

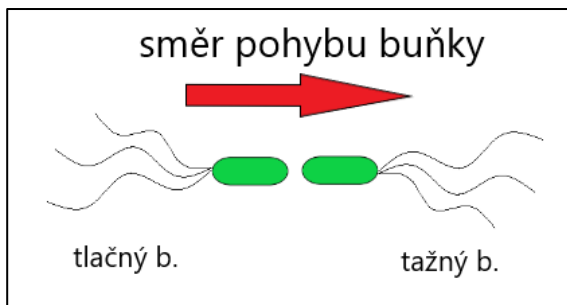
Řasy jsou mikroskopické organismy, a tak se proti rybám nemají šanci bránit, ale přece jen jsou tu organismy, proti kterým se bránit mohou. Hlavními konzumenty řas jsou mikroskopičtí bezobratlí jako například perloočky, vírníci, buchanky či jiní klanonožci. Řasy si musely vytvořit různé obranné strategie či mechanismy pro své přežití.

Pod mikroskopem jsou pozorovatelné pouze 3 mechanismy, jak se mohou řasy bránit proti predátorům, a ty jsou hlavní náplní výuky.

- útěk od predátora – pomocí bičíků
- stát se pro predátora velkým – vytvářet kolonie
- stát se „obrněným“ – vytvořit si schránku

### 1. Útěk

- nejúčinnějším nástrojem pro útěk je bičík
- počet (1-4), délka i funkce bičíků jsou variabilní
- můžeme rozdělit bičíky podle délky a struktury:
  - Izokontní bičíky – mají stejnou délku a strukturu
  - Heterokontní bičíky – mají rozdílnou délku i strukturu
- dále můžeme rozdělit bičíky podle toho, zda buňku tlačí nebo táhnou (Obr. 15)
  - tažný bičík – nachází se v přední části buňky, táhne buňku dopředu
  - tlačný bičík – nachází se v zadní části buňky, tlačí buňku dopředu



**Obr. 15:** Postavení bičíku na buňce a jejich pohyb.

## 2. Kolonie

- dalším způsobem, jak se vyhnout predátorovi je vytvářet kolonie
- i zde se můžeme setkat s dvěma termíny, a to kolonie a cenobium
- Kolonie: v průběhu života postupně přibývá počet buněk, každá buňka se může dělit
- Cenobium: v průběhu života se počet buněk nenavysuje (je konstantní), dělí se pouze jen jedna buňka (mateřská)

## 3. Schránka

- posledním způsobem, jak se bránit predátorům je vytvořit si schránku
- schránky mohou být různého tvaru a struktury
- Lorika – schránka tvořená slizem, který je mineralizován železem a manganem, vyskytuje se některých u krásnooček (Euglenophyta); lorika se také nachází u zlativek (Chrysophyceae), ale zde je tvořená z celulóznic mikrofibril nebo křemičitých šupin
- Téka – schránka tvořená z celulóznic destiček, vyskytuje se u obrněnek (Dinophyta)
- Frustula – schránka tvořená z polymerního oxidu křemičitého, vyskytuje se u rozsivek (Bacillariophyceae)
- Kokolity – u řádu Coccolithophoridales skupiny Haptophyta mají povrch krytý organickými vápenatými šupinami. Toto jsou ovšem z velké většiny jen mořské organizmy.

Když už si řasy nedokážou vytvořit schránku, našly si jiné mechanismy. Tyto mechanismy však nejsou určené k obraně. U krásnooček (Euglenophyta) se nachází pod plazmatickou membránou pelikula, která je tvořena šroubovitě vinutými bílkovinnými proužky. Skrytěnky (Cryptophyta) mají pod plazmatickou membránou destičky. Různobrvky (Xanthophyceae) mají dvojitou buněčnou stěnu, dále ruduchy (Rhodophyta) mají tlustou polysacharidovou stěnu a některé zelené řasy (Chlorophyceae) mají glykoproteinovou chlamys.

Další obranné mechanismy, které si řasy vyvinuly, již nejsou pozorovatelné pod mikroskopem. Mezi tyto strategie patří hlavně únik predátorovi v čase neboli tvorba spor. Což je nejčastější a nejrozšířenější obranný prvek řas. Dále mořské obrněnky (Dinophyta) mají ve speciálních organelách luciferin, který pomocí luciferázy dokáže vyvolat záblesk a tím zmást predátora. Některé řasy jako např. chaluhy (Phaeophyceae) umí tvořit látky odpuzující býložravce. U obrněnek (Dinophyta) a Raphidophyceae jsou mezi celulózními destičkami nebo uvnitř cytoplazmy vystřelovací vlákna (trichocysty), které slouží k rychlému úniku před predátorem. Dále Haptophyta mají haptonema, které může sloužit k rychlé změně směru při srážce s překážkou či úniku. Některá krásnoočka (Euglenophyta) a rozsivky (Bacillariophyceae) dokáží přežít v trávicím traktu buchanky.

Zástupci s obranou proti predátorům, kteří by se mohli ve vzorku objevit:

#### Krásnoočka (Euglenophyta)

- krásnoočko (*Euglena*) – bičík
- *Trachelomonas*, *Strombononas* – bičík, schránka

#### Obrněnky (Dinophyta)

- rohatka (*Ceratium*), *Peridinium* – bičík, schránka

#### Rosivky (Bacillariophyceae)

- člunovka (*Navicula*), rozsivka (*Diatoma*), bokovka (*Pleurosigma*), *Cymbela*, *Synedra*, *Tabellaria*, *Meridion*, *Cyclotella*, *Aulacoseira*, *Melosira* – schránka, některé kolonie

#### Zlativky (Chrysophyceae)

- *Synura* – bičík, kolonie, schránka
- *Malomonas* – bičík, schránka

#### Zelené řasy (Chlorophyceae)

- *Cryptomonas*, *Chlamydomonas* – bičík
- koulenka (*Pandorina*), *Eudorina*, váleč (*Volvox*) – cenobium, bičík
- *Pediastrum*, *Coelastrum*, *Scenedesmus*, *Desmodesmus* – cenobium
- *Dictyosphaerium*, *Botryococcus* – koloniální

### **Použitá literatura:**

- **Jelínek, J., & Zicháček, V. 1999.** *Biologie pro gymnázia*. nakladatelství Olomouc, 576 pp.
- **Kaštovský, J., & Hauer, T. 2016.** *Sinice a řasy.cz*. Jihočeská univerzita, Přírodovědecká fakulta, České Budějovice. Dostupné z: <http://www.sinicearasy.cz/>
- **Kalina, T., & Váňa, J. 2005.** *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*. Karolinum, 606 pp.
- **Kubát, K., a kol. 2003.** *Botanika*. Praha: Scientia, 231 pp.
- **Pouličková, A. 2011.** *Základy ekologie sinic a řas*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 91 pp.



## Řasy vs. predátoři

Proti jakým predátorům se musí řasy bránit?

.....

.....

Jak se proti takovým predátorům mohou řasy bránit?

.....

.....



Kromě výše uvedených mechanismů se řasy dokáží bránit i jinak avšak tyto obranné strategie nejsou pozorovatelné pod mikroskopem.

- únik predátorovi v čase (tvorba spor)
- vyvolání záblesku (luciferin)
- tvoří odpuzující látky
- dokáží přežít v trávicím traktu buchanky

U řas můžeme nalézt dva typy bičků, a to tažný bičík a tlačný bičík.

Nakresli buňku nejprve s tažným b. a pak s tlačným b. a u každého nákresu zaznamenej směr pohybu buňky.

Znáte nějaké řasy, které mají schránku?

.....  
.....

Víte, co je to cenobium?

.....  
.....

Máme zde neznámý vzorek planktonu, který je tvořen spoustou druhů sinic a řas s rozdílnými obrannými mechanismy. Vaším úkolem je zjistit jaká obranná strategie by mohla být proti predátorům nejúspěšnější.

**Výzkumná otázka:**

.....

**Hypotéza:**

.....

**Postup:**

Pomůcky:

.....  
.....

1. ....
2. ....
3. ....
4. ....
5. ....
6. ....

**Pozorování a výsledky:**

Během pozorování se zkuste zamyslet, jakou obranu proti predátorům mají rostliny a živočichové a zda nenajdete nějakou podobnost?

**Závěr:**

## Řasy vs. predátoři – Řešení

**Výzkumná otázka:** Jaká je nejlepší obranná strategie řas vůči predaci?

**Hypotéza:** Nejlepší obrannou strategií je mít schránku /mít bičík / dělat kolonie.

**Postup:**

Materiál: neznámý vzorek

Pomůcky: mikroskop, pipeta, podložní a krycí sklíčko

1. Nanést vzorek na podložní sklíčko a překrýt krycím sklíčkem.
2. Pomocí optického mikroskopu hledat obranné strategie řas proti predaci.
3. Každou nalezenou strategii zapsat.
4. Posléze spočítat kolik jednotlivých strategií bylo nalezeno.
5. Z výpočtu vyvodit závěr.

**Pozorování:**

- kolonie – 8
- bičík – 1
- schránka - 0

Výsledek pozorování ukazuje, že nejvíce je zde zastoupena strategie vytvářet kolonie a být tak pro predátora moc velký.



**Závěr:**

Výsledky budou především na studentech, jaké strategie a v jakém počtu naleznou. Zde je mnoho možných výsledků. Jinak nejčastější a nejrozšířenější obranou strategií je únik predátorovy v čase, tím pádem vytvořit co nejvíce spor, což ovšem nejde moc dobře pozorovat.

## 5.4. Role sinic a řas v bioindikaci

Další pracovní listy jsou zaměřené na bioindikaci. Sinice a řasy jsou hlavními indikátory kvality vod jak stojatých, tak tekoucích. K tomuto tématu byly vytvořeny tři pracovní listy. Jeden je zaměřen na rozsivky jako hlavní bioindikátory, dále pak na celkovou sinico-řasovou flóru a jako poslední je zaměřen na vztah sinic a koupání ve vodních nádržích.

### 5.4.1. Rozsivky jako ukazatele kvality řek

---

**Úroveň bádání:** strukturované bádání

**Cíl:** Praktickou úlohou upevnit získané znalosti z hodin biologie a týkající tématu rozsivek. Seznámit se s jednotlivými morfologickými znaky, které jsou důležité pro determinaci rozsivek, dále se základním rozsivkovým indexem a podle toho zjistit, jaká je úroveň znečištění daného vodního toku.

**Stručná charakteristika úlohy:** Studenti budou pod mikroskopem pozorovat trvalé preparáty řas třídy rozsivky (Bacillariophyceae). Pokusí se vypočítat základní rozsivkový index a tím určit kvalitu vody.

**Cílová skupina:** Studenti středních škol 1. až 4. ročník

**Časová náročnost:** 90 minut

**Zařazení do výuky:** hodiny biologie – jako samostatná praktická cvičení.

**Nutné znalosti pro zvládnutí úlohy:** Práce s mikroskopem a orientace v určovacích klíčích

**Materiál a pomůcky:** mikroskop, trvalé rozsivkové preparát, určovací literatura

**Strukturované metodické pokyny pro provedení úlohy:** Na začátek učitel řekne pár slov k danému tématu a nastíní, čím se studenti budou zabývat. Učitel rozdělí studenty do skupin po 2 až 3 a rozdá záznamové archy a pomocí diskuze a otázek seznamuje studenty s danou problematikou. Otázky mají studenti uvedené v záznamovém archu. Po dokončení otázek učitel studentů sdělí, že od něj dostanou jen neznámé vzorky trvalých preparátů a determinační literaturu. Následně každá skupina navrhne výzkumnou otázku. Pak učitel se studenty vyberou jednu otázku, na kterou by bylo možné najít v hodině odpověď. Tento postup je dán kvůli technickému vybavení, a hlavně pro naplnění daného výchovně vzdělávacího cíle, který je stanoven učitelem. Poté studenti vytvoří hypotézu a postup práce a následně provádějí pokus podle svého navrženého postupu a během toho mohou konzultovat případné nejasnosti se spolužáky nebo s učitelem. Pokud by si studenti nevěděli

rady s výpočtem GDI (Generic Diatom Index), měl by mít učitel v prezentaci připravenou ukázkou příkladu, která se zde nachází sekci Rozsivky jako ukazatelé kvality řek – Řešení. Po dokončení pokusu studenti vyvodí závěry, které následně prezentují před třídou (jaká byla jejich hypotéza, jestli byla potvrzena či vyvrácena, jaký měli postup práce a k jakým výsledkům se dobrali). Na konci cvičení učitel dá prostor k diskuzi, která by měla upevnit výsledky pokusu a shrnout celkový výsledek, co se studenti naučili a co by je zajímalo do budoucna.

**Případná modifikace:** Učitel může formou menší exkurze (cca 1 vyučovací hodina) vzít studenty na odběry do okolí školy. Studenti tak uvidí, jak se odebírá nárostové společenstvo a následně si odběry provedou. Během této exkurze učitel začíná s badatelskou výukou. Studenti si vyplňují první část pracovního listu a při návratu do školy už tak mají navrženou výzkumnou otázku a hypotézu. Následně ve škole vytvoří postup, provedou pokus a prezentují výsledky.

Další možností je, že si studenti při příchodu do školy z odebraných vzorků vytvoří vlastní trvalé preparáty. Celkově by tento postup byl velice časově náročný. Bylo by tedy vhodné rozdělení do více hodin. Například nejprve jít se studenty na odběry a vytvořit trvalé preparáty. Posléze tyto preparáty použít pro badatelskou výuku.

## **Teoretický základ**

### **Rozsivky**

Rozsivky jsou jednobuněčné, převážně vodní (sladkovodní i mořské), žijící jednotlivě, občas v koloniích. Hlavním znakem rozsivek je schránka, kterou nazýváme frustula, je tvořena z hepahydrátu oxidu křemičitého. Podle typu schránky rozdělujeme rozsivky na centrické (radiálně souměrný typ) a penátní (dvoustraně souměrný typ). Frustula se skládá ze dvou částí (jako Petriho miska). Horní část se nazývá **epithéka** a spodní **hypothéka**. Každá z částí má svoji plochu (**valvu**) a stěnu (**pleuru**). Determinace rozsivek je založena hlavně na struktuře a ornamentaci schránek. Rozsivky se dají určovat jen z valvarního pohledu tedy ze shora, jelikož jsou zde hlavní určovací znaky v podobě **raphé** a **striae**. Tyto znaky jsou dobře patrné až při velkém zvětšení (zvětšení okuláru 100x) a na prázdných schránkách, proto je nutné před determinací buňky usmrtit.

Vyskytují se hlavně v mořích, ale jsou i sladkovodní druhy. Žijí v planktonu, bentosu, perifytonu či přisedle na korýších a velrybách a jiných mořských živočiších. Ve sladkých vodách se planktonní rozsivky vyskytují ve dvou vrcholech (jaro a podzim). Celkově se dá říct, že centrické rozsivky se vyskytují převážně v mořích a jsou planktonní. V příbřežních

oblastech mohou vytvářet i vodní květ, který barví vodu do hněda – tzv. surfující rozsivky. Penátní rozsivky jsou pak převážně sladkovodní a přisedlé. U nás často tvoří nápadně vyvinutou biomasu na březích tekoucích vod, kde vytváří jasně viditelné rezavě hnědé povlaky. Jejich ekologické nároky jsou mnohdy druhově specifické – jednotlivé druhy mají různé nároky na obsah kyslíku ve vodě, rychlost proudění, obsah živin, pH atd. Podle složení společenstva rozsivek můžeme tedy poměrně úspěšně určit, jaká je kvalita vody na zkoumané lokalitě, aniž bychom museli provádět nákladné laboratorní analýzy.

### Kvalita tekoucích vod

Kvalitu vody ovlivňují mnohé faktory. Mezi takové faktory ovlivňující kvalitu vody je toxicita (amoniak, těžké kovy, fenoly atd.), radioaktivita, fyzikální faktory (teplota), salinita, acidifikace (pH), saprobita a eutrofizace. Pro naše vody je největším problémem eutrofizace vod, zatím co radioaktivita u nás není zvláště závažný problém. Tekoucí stejně jako stojaté vody můžeme rozdělit do 5. tříd kvality vody. Ty jsou založeny právě na organickém znečištění neboli saprobitě (Tab. III). Saprobita se vyjadřuje podle saprobního indexu. Ten zde používat nebudeme. Pro studenty bude lepší určit kvalitu vody podle určitých druhů – bioindikátorů. Rozsivky jsou jedněmi z nich. Jsou velmi zajímavou součástí vodního ekosystému, a proto se staly velmi důležitou skupinou pro monitoring kvality vody a pro tyto účely se využívají rozsivkové indexy.

**Tab. III:** Tabulka rozdělení čistoty vody.

Třída čistoty	Jakost vody	Saprobita
I.	Velmi čistá	xenosaprobita
II.	Čistá	oligosaprobita
III.	Znečištěná	$\beta$ -mezosaprobita
IV.	Silně znečištěná	$\alpha$ -mezosaprobita
V.	Velmi silně znečištěná	polysaprobita

#### I. – velmi čistá voda

- málo organických látek, bez ryb; prameny, horní toky potoků a řek
- některé druhy rozsivek (Bacillariophyceae) a sladkovodních ruduch (Rhodophyta)

#### II. – čistá voda

- málo organických látek, vysoký obsah kyslíku; pstruhové a lipanové pásmo
- některé druhy rozsivek (Bacillariophyceae)

### III. – znečištěná voda

- více organických látek, dostatek kyslíku
- střední část vodních toků (dolní část lipanového pásma dále parmové pásmo)
- některé druhy zelených řas (Chlorophyta) a rozsivek (Bacillariophyceae)

### IV. – silně znečištěná voda

- vysoké znečištění organickými látkami, kyslíku málo
- střední a dolní část vodního toku (cejnové pásmo dále už jen kaprovité ryby)
- některé druhy sinic (Cyanobacteria) a krásnooček (Euglenophyta)

### V. – velmi silně znečištěná voda

- silně znečištěná voda, minimum kyslíku
- vody s vysokým podílem odpadních vody

### **Bioindikátory**

Jsou to biologické ukazatele, mohou to být jak konkrétní druhy, tak i společenstva, které poskytují svou přítomností informaci o fyzikálních či chemických podmínkách okolního prostředí. Podstata jednotlivých druhů jako bioindikátorů spočívá v jejich preferenci nebo toleranci k určitým stanovištním podmínkám (teplota, pH, rozpuštěné látky). Mezi tyto indikátory můžeme kromě rozsivek zařadit také krásivky nebo z řad živočichů mihuli, pstruha obecného, raka říčního.

### **Determinační literatura:**

- **Ambrožová, J. 2006.** *Mikroskopické praktikum z hydrobiologie*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 183 pp.
- **Pouličková, A., & Jurčák, J., 2001.** *Malý obrazový atlas našich sinic a řas*. Olomouc: Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, 81 pp.
- **Sládeček, V., & Sládečková, A. 1996.** *Atlas vodních organismů se zřetelem na vodárenství, povrchové vody a čistírny odpadních vod. Díl 1. Destruenti a producenti*. Praha: Agrospoj, 350 pp.
- **Svrček, M., a kol., 1976.** *Klíč k určování bezcévných rostlin: sinice, řasy, hlenky, houby, lišejníky a mechorosty*. Praha: Statní pedagogické nakladatelství, 576 pp.

### **Použitá literatura:**

- **Coste, M., & Rosebery, J. 2011.** Guide iconographique pour la mise en oeuvre de l'Indice Biologique Diatomée 2007. *Action*. 14: 236



- **Jelínek, J., & Zicháček, V. 1999.** *Biologie pro gymnázia*. nakladatelství Olomouc, 576 pp.
- **Kalina, T., & Váňa, J. 2005.** *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*. Karolinum, 606 pp.
- **Kaštovský, J., & Hauer, T. 2016.** *Sinice a řasy.cz*. Jihočeská univerzita, Přírodovědecká fakulta, České Budějovice. Dostupné z: <http://www.sinicearasy.cz/>
- **Kubát, K., a kol. 2003.** *Botanika*. Praha: Scientia, 231 pp.
- **Pouličková, A. 2011.** *Základy ekologie sinic a řas*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 91 pp.
- **Rumeau, A., & Coste, M. 1988.** Initiation à la systématique des diatomées d'eau douce pour l' utilisation pratiqued' unindice diatomite générique. *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture*. 309: 1–69
- **Říhová Ambrožová, J. 2007.** *Encyklopedie hydrobiologie*. Praha: VŠCHT Praha. Dostupné z: *Encyklopedie hydrobiologie: výkladový slovník*
- **Sládeček, V., & Sládečková, A. 1996.** *Atlas vodních organismů se zřetelem na vodárenství, povrchové vody a čistírny odpadních vod. Díl 1. Destruenti a producenti*. Praha: Agrospoj, 350 pp.

## Rozsivky jako ukazatele kvality řek

Co víš o rozsivkách?

.....

.....

Jak se nazývá schránka rozsivek a z čeho je tvořena?

.....

Rozsivky dělíme podle tvaru schránek na centrické a penátní. Přiřaď, ke kterému obrázku patří, jaký tvar schránky.

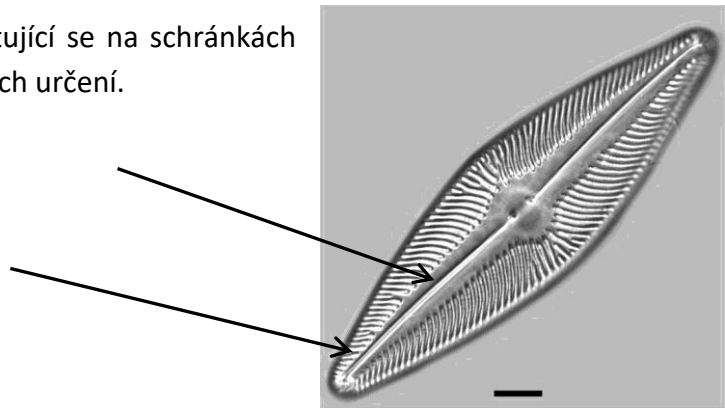
a)



b)

Přiřaď názvy ke strukturám, vyskytující se na schránkách rozsivek, které jsou důležité pro jejich určení.

(raphe, striae)



Co může ovlivnit kvalitu vody?

.....

.....

Jak bychom mohli zjistit znečištění vody bez použití přístrojů?

.....



## Biomonitoring

Je to metoda pozorování vlivu vnějších faktorů na ekosystémy a jejich vývoj v určitém období. Sleduje se tím stav prostředí.

Základním indexem pro určení kvality vody je **GDI (Generic Diatom Index)**. GDI index nabývá hodnot od 1 (velmi znečištěná voda) do 5 (velmi čistá voda). Základní vzorec pro počítání tohoto indexu:

$$GDI = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \times V_i \times A_i}{\sum_{i=1}^n V_i \times A_i}$$

$S_i$ ..... citlivost rodu (nabývající hodnot od 1 do 5)

$V_i$ ..... citlivost rodu jako bioindikátoru

(1=vysoká, 2= průměrná, 3= nízká)

$A_i$ ..... relativní zastoupení jednotlivých rodů

$n$  ..... počet všech rozsivkových rodů ve vzorku

$$A_i = \frac{\text{množství jednoho rodu ve vzorku}}{n}$$

Hodnota indexu	Kvalita vody
1	Velmi znečištěná voda
2	Znečištěná voda
3	Středně čistá voda
4	Čistá voda
5	Velmi čistá voda

rod	$S_i$	$V_i$
<i>Cyclotella</i>	3	1
<i>Cylostephanos</i>	2	1
<i>Stephanodiscus</i>	2	1
<i>Melosira</i>	3	1
<i>Aulacoseira</i>	3	1
<i>Fragilaria</i>	4	1
<i>Asterionella</i>	4	1
<i>Diatoma</i>	4	1
<i>Meridion</i>	5	2
<i>Cocconeis</i>	4	1
<i>Lemnicola</i>	3	1
<i>Planothidium</i>	3	1
<i>Luticola</i>	1	2
<i>Sellaphora</i>	3	1
<i>Hippodonta</i>	3	1
<i>Fallacia</i>	3	1
<i>Navicula</i>	3	1
<i>Gyrosigma</i>	4	3
<i>Pinnularia</i>	4	3
<i>Stauroneis</i>	5	2
<i>Neidium</i>	4	3
<i>Diploneis</i>	5	1
<i>Frustulia</i>	5	2
<i>Amphora</i>	3	2
<i>Cymbella</i>	5	1
<i>Encyonema</i>	5	1
<i>Reimeria</i>	5	1
<i>Gomphonema</i>	3	2
<i>Rhoicosphenia</i>	4	1
<i>Epithemia</i>	5	2
<i>Nitzschia</i>	1	1
<i>Hantzschia</i>	1	3
<i>Tryblionella</i>	1	1
<i>Cymatopleura</i>	4	2
<i>Surirella</i>	3	3
<i>Eunotia</i>	5	1

Máme zde neznámý vzorek rozsivek a je potřeba zjistit znečištění daného toku.

**Výzkumná otázka:**

.....

**Hypotéza:**

.....

**Postup:**

Pomůcky:

.....

.....

1. ....

2. ....

3. ....

4. ....

5. ....

6. ....

**Pozorování:**

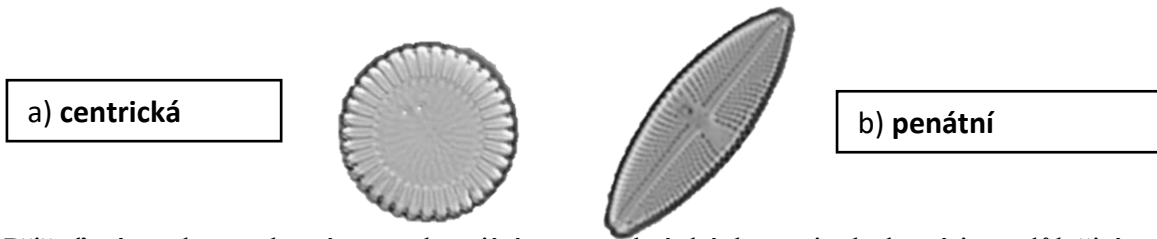
Rod	Zastoupení	$A_i$	$S_i$	$V_i$
-----	------------	-------	-------	-------

**Výpočet:**

**Závěr:**

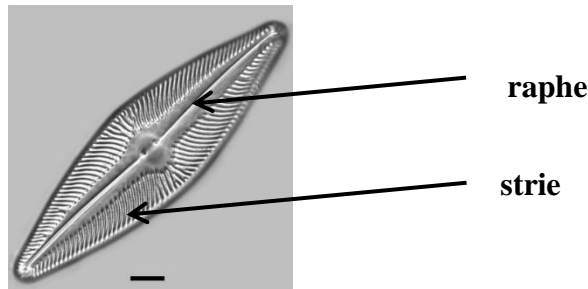
## Rozsivky jako ukazatele kvality řek – Řešení

Rozsivky dělíme podle tvaru schránek na centrické a penátní. Přiřaď, ke kterému obrázku patří, jaký tvar schránky.



Přiřaď názvy ke strukturám, vyskytující se na schránkách rozsivek, které jsou důležité pro jejich určení.

(raphe, strie)



**Výzkumná otázka:** Jaká bude kvalita vodního toku?

**Hypotéza:** Vodní tok bude znečištěný. / Vodní tok bude čistý.

**Postup:**

Pomůcky: trvalý rozsivkový preparát, mikroskop

1. Vložit trvalý preparát pod mikroskop.
2. Pomocí optického mikroskopu a najít rody rozsivek.
3. Nalezené druhy zapsat do zápisového archu.
4. K nalezeným rodům zapsat jejich zastoupení podle toho vypočítat individuální zastoupení jednotlivých rodů.
5. V pracovním listu II. nalézt citlivost rodu a citlivost rodu jako bioindikátoru a zapsat je do tabulky.
6. Podle vzorce GDI (Generic Diatom Index) vypočítat kvalitu vodního toku.

**Pozorování a výpočet:**

U zkoumaného vodního toku zjistit míru znečištění vody.

Rod	Zastoupení	$A_i$	$S_i$	$V_i$
<i>Pinnularia</i>	4	0,20	4	3
<i>Aulacoseira</i>	3	0,15	3	1
<i>Navicula</i>	7	0,35	3	1
<i>Nitzschia</i>	6	0,30	1	1

$$\text{GDI} = \frac{(4 \times 3 \times 0,20) + (3 \times 1 \times 0,15) + (3 \times 1 \times 0,35) + (1 \times 1 \times 0,30)}{(3 \times 0,20) + (1 \times 0,15) + (1 \times 0,35) + (1 \times 0,30)}$$

$$\text{GDI} = \frac{2,4 + 0,45 + 1,05 + 0,30}{0,60 + 0,15 + 0,35 + 0,30}$$

$$\text{GDI} = \frac{4,2}{1,4}$$

$$\text{GDI} = 3$$

Pomocí indexu GDI jsme zjistili kvalitu vody u zkoumaného vodního toku. Hodnota indexu byla stanovena na 3. Což nám ukazuje, že se jedná o středně čistou vodu.

### **Závěr:**

Jednotlivé závěry se budou lišit v závislosti na lokalitě a vzorku, který studenti dostanou. Dále samozřejmě i na tom, kolik rodů rozsivek budou schopni studenti najít a určit a podle toho jim vyjde výsledek indexu.

## 5.4.2. Kvalita vody podle sinic a řas

---

**Úroveň bádání:** strukturované bádání

**Cíl:** Praktickou úlohou upevnit získané znalosti z hodin biologie, týkající se tématu sinic a řas. Seznámit se s pojmem trofie, jako označení míry úživnosti vody. Dále pak se saprobním indexem, který se může použít k zjištění trofie, a v neposlední řadě se základy determinace vodních organismů. Následně podle toho zjistit, jakou trofií má daná lokalita a tím určit její míru úživnosti.

**Stručná charakteristika úlohy:** Studenti budou pod mikroskopem pozorovat a určovat společenstvo sinic a řas. Výsledky pozorování si zapíší do záznamového archu, pomocí literatury dohledají chybějící proměnné a poté vypočítají saprobní index a určí míru úživnosti vody.

**Cílová skupina:** Studenti středních škol 1. až 4. ročník

**Časová náročnost:** 90 minut

**Zařazení do výuky:** Hodiny biologie – jako samostatná praktická cvičení.

**Nutné znalosti pro zvládnutí úlohy:** Práce s mikroskopem a tvorba preparátů také orientace v určovacích klíčích a práce s literaturou

**Materiál a pomůcky:** mikroskop, krycí a podložní sklíčko, vzorek vody, pipeta, determinační literatura, neznámý vzorek

**Strukturované metodické pokyny pro provedení úlohy:** Na začátek učitel řekne pár slov k danému tématu a nastíní, čím se studenti budou zabývat. Učitel rozdělí studenty do skupin po 2-3 a rozdá záznamové archy a pomocí diskuze a otázek seznamuje studenty s danou problematikou. Otázky mají studenti uvedené v záznamovém archu. Po dokončení otázek učitel studentů sdělí, že od něj dostanou neznámé vzorky fytoplanktonu, a determinační literaturu. Následně každá skupina navrhne výzkumnou otázku. Pak učitel se studenty vyberou jednu otázku, na kterou by bylo možné najít v hodině odpověď. Tento postup je dán kvůli technickému vybavení, a hlavně pro naplnění daného výchovně vzdělávacího cíle, který je stanoven učitelem. Poté studenti vytvoří hypotézu a postup práce a následně provádějí pokus podle svého navrženého postupu a během toho konzultují případné nejasnosti se spolužáky nebo s učitelem. Pokud by studenti nevěděli rady s výpočtem saprobního indexu, měl by mít učitel v prezentaci připravenou ukázkou příkladu, která se zde nachází sekci Kvalita vody podle sinic a řas – Řešení. Po dokončení pokusu studenti vyvodí



závěry, které následně prezentují před třídou (jaká byla jejich hypotéza, jestli byla potvrzena či vyvrácena, jaký měli postup práce a k jakým výsledkům se dobrali). Na konci cvičení učitel dá prostor k diskuzi, která by měla upevnit výsledky pokusu a shrnout celkový výsledek, co se studenti naučili a co by je zajímalo do budoucna.

**Případná modifikace:** Učitel může formou menší exkurze (cca 1 vyučovací hodina) vzít studenty na odběry do okolí školy. Studenti tak uvidí, jak se odebírá planktonní společenstvo a následně si odběry provedou. Během této exkurze učitel začíná s badatelskou výukou. Studenti si vyplňují první část pracovního listu a při návratu do školy už tak mají navrženou výzkumnou otázku a hypotézu. Následně ve škole vytvoří postup, provedou pokus a prezentují výsledky.

### **Teoretický základ**

#### **Kvalita vody – trofie, saprobity atd.**

Kvalitu vody ovlivňují mnohé faktory. Mezi takové faktory ovlivňující kvalitu vody je toxicita (amoniak, těžké kovy, fenoly atd.), radioaktivita, fyzikální faktory (teplota), salinita, acidifikace (pH) saprobity a eutrofizace. U posledních dvou se zastavíme, jelikož s určením těchto faktorů nám mohou pomoci organismy – bioindikátory. Bioindikátory nám ukazují zejména míru saprobity a míru eutrofizace povrchových vod.

Saprobity znamená organické znečištění. Podle různého druhového rozdělení společenstva může tak určit míru znečištění. Využívá se k tomu tzv. **saprobity index** a podle něj můžeme rozdělit saprobity do různých skupin:

1. Katarobity – nejčistší vody
2. Limnosaprobity – vody slabě až silně organicky znečištěné, většina povrchových vod
  - a. xenosaprobity (velmi čisté vody) kvalita vody třída I.
  - b. oligosaprobity (čisté vody) kvalita vody třída II.
  - c.  $\beta$  – mezosaprobity (znečištěné vody) kvalita vody třída III
  - d.  $\alpha$  – mezosaprobity (silně znečištěná voda) kvalita vody třída IV.
  - e. polysaprobity (velmi znečištěná voda) kvalita vody třída V
3. Eusaprobity – velmi silně znečištěné vody (odpadní vody)
4. Transsaprobity – odpadní vody vymykající pojmu saprobity (jedy, radioaktivní látky)

Další pojem je trofie neboli úživnost vody. Je dána obsahem chemických látek v ní rozpuštěných. Ukazatelem trofie je trofický potenciál. A podle toho tak můžeme rozdělit lokality viz tabulka (Tab. IV).

**Tab. IV:** Rozdělení lokalit jejich trofického potenciálu.

Stupeň trofie vody	Míra úživnosti	Trofický potenciál (mg/l)
Ultraoligotrofní	neúživné	<5
Oligotrofní	slabě úživné	5–50
Mezotrofní	středně úživné	50–200
Eutrofní	silně úživné	200–500
Polytrofní	velmi silně úživné	500–1000
Hypertrofní	vysoce úživné	> 1000

Pro zjištění trofie lokality se také dá použít saprobní index. Pro naše užití postačí jen běžnější rozdělení trofie vody na tyto skupiny:

#### **Oligotrofní**

- indikátory: ruduchy rodu *Batrachospermum*, zlativky rodu *Hydrurus*, sinice rodu *Chamaesiphon*.

#### **Mezotrofní**

- indikátory: rozsivky (*Asterionella*), obrněnky (*Ceratium*, *Peridinium*), sinice *Aphanothece stagnina*

#### **Eutrofní**

- indikátory: rozsivky *Navicula lanceolata*, *N. rhynchocephala*, *Nitzschia acicularis*, zelená řasa *Cladophora globulina*, sinice rodů *Microcystis*, *Dolichospermum* nebo *Oscillatoria limosa*

#### **Dystrofní**

- indikátory: rozsivky rodu *Eunotia*, většina krásivek (*Micrasterias*, *Euastrum*), zlativky rodů *Synura*, částečně i *Dinobryon*, krásnoočko *Euglena mutabilis*

Pro zvyšování trofie se uvádí pojem eutrofizace vod. Což znamená obohacování vody minerálními látkami, hlavně dusíkem (N) a fosforem (P), které se do vody dostávají ze zemědělství (splachy z polí), z čistících a pracích prostředků a z průmyslové odpadní vody. V důsledku toho dochází k přemnožení fytoplanktonu, hlavně sinic, které vytvářejí vodní květ. Ten způsobuje vegetační zbarvení vody, které je doprovázeno charakteristickým zápachem vody. Konečným důsledkem eutrofizace je pak vysoké množství odumřelé biomasy, obohacení vody živinami, úbytek kyslíku a převaha anaerobních procesů nad aerobními.

**Eutrofizaci je poměrně těžké odlišit od saprobizace (znečišťování).** Saprobizace se obvykle projevuje změnou druhového složení (biodiverzity), zatímco při eutrofizaci se mění

biomasa jednotlivých zástupců a druhové složení společenstva by mělo být víceméně podobné. To ovšem nemusí být pravda, některé druhy mohou vytlačit jiné a tím se společenstvo mění.

**Bioindikátory** – jsou biologické ukazatele, které mohou být jak konkrétní druhy, tak i společenstva, které poskytují svou přítomností informaci o fyzikálních či chemických podmínkách okolního prostředí. Podstata jednotlivých druhů jako bioindikátorů spočívá v jejich preferenci nebo toleranci k určitým stanovištním podmínkám (teplota, pH, rozpuštěné látky).

- rozsivka *Entomoneis* – silně mineralizované vody
- rozsivka *Navicula oblonga* – vysoký obsah vápníku ve vodě
- *Synura, Mallomonas, Eunotia* – acidifikace (okyselování), nízké pH
- *Hydrodictyon reticulatus* – přirozené organické znečištění

#### **Determinační literatura:**

- **Ambrožová, J. 2006.** *Mikroskopické praktikum z hydrobiologie*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 183 pp.
- **Pouličková, A., & Jurčák, J., 2001.** *Malý obrazový atlas našich sinic a řas*. Olomouc: Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, 81 pp.
- **Sládeček, V., & Sládečková, A. 1996.** *Atlas vodních organismů se zřetelem na vodárenství, povrchové vody a čistírny odpadních vod. Díl 1. Destruenti a producenti*. Praha: Agrospoj, 350 pp.
- **Svrček, M., a kol., 1976.** *Klíč k určování bezcévných rostlin: sinice, řasy, hlenky, houby, lišejníky a mechorosty*. Praha: Statní pedagogické nakladatelství, 576 pp.

#### **Použitá literatura:**

- **Bellinger, E. G., & Sigeo, D. C. 2010.** *Freshwater algae: identification and use as bioindicators*. John Wiley & Sons, 271 pp.
- **Hindák, F., Cyrus, Z., Marvan, P., Javornický, P., Komárek, J., Ettl, H., & Rosa, K. 1978.** *Sladkovodné riasy*. SPN Bratislava, 724 pp.
- **Juráň, J. 2015.** *Co řeknou sinice a řasy o kvalitě vody, badatelsky orientovaná úloha*. Science ZOOM, Jihočeská univerzita, Přírodovědecká fakulta, České Budějovice. Dostupné z: <http://www.sciencezoom.cz/cs/611-zivotni-prostredi>.
- **Pouličková, A. 2011.** *Základy ekologie sinic a řas*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 91 pp.

- **Reynolds, C. S. 2006.** *The ecology of phytoplankton*. Cambridge University Press, 535 pp.
- **Round, F. E. 1984.** *The ecology of algae*. CUP Archive, 653 pp.
- **Říhová Ambrožová, J. 2007.** *Encyklopedie hydrobiologie*. Praha: VŠCHT Praha.  
Dostupné z: *Encyklopedie hydrobiologie: výkladový slovník*
- **Seckbach, J. 2007.** *Algae and cyanobacteria in extreme environments* (Vol. 11). Springer Science & Business Media. 881pp.
- **Sládeček, V., & Sládečková, A. 1996.** *Atlas vodních organismů se zřetelem na vodárenství, povrchové vody a čistírny odpadních vod. Díl 1. Destruenti a producenti*. Praha: Agrospoj, 350 pp.

## Kvalita vody podle sinic a řas

Jaké faktory ovlivňují kvalitu vody?

.....

.....

Víte, co označuje pojem trofie neboli úživnost vody?

.....

.....

Setkali jste se s pojem eutrofizace vod a věděli byste, co tento pojem označuje?

.....

.....



Dále máme pojem saprobity, který označuje vliv organického znečištění vody.

Podle trofie můžeme vody rozdělit do několika skupin:

- **oligotrofní**
  - nejméně úživné vody s nízkou produkcí fytoplanktonu, průhledná voda, charakteristická pro vysokohorská jezera, pH  $\approx$  7
- **mezotrofní**
  - se středním obsahem živných látek, výskyt fytoplanktonu je nižší, netvoří se zde vodní květy
- **eutrofní**
  - vody vysoce úživné (bohaté na živiny) a produktivní, na dně hnilobné bahno, ve vodě hojný výskyt planktonu (hlavně sinice), pobřežní vegetace, pH je proměnlivé v průběhu dne. Ráno může být pH klidně kolem 5-6 a odpoledne i větší než 7
- **dystrofní**
  - obsahují velké množství huminových kyselin a málo živin, málo fytoplanktonu, hojně zooplanktonu a nárostových společenstev, vody rašelinišť, pH  $<$  7
  - Pozn.: Huminové kyseliny jsou nerozpustné ve vodě s pH 2 a nižším, naopak při vyšším pH se rozpouštějí. Typická barva je hnědá až hnědočerná.

Jaký typ rybníků podle trofie v České republice převažuje?

.....

Které látky nejvíce zatěžují vodu a odkud se tyto látky do vody dostávají?

.....

.....

Víte, co je to bioindikátor?

.....



**Biomonitoring** je metoda pozorování vlivu vnějších faktorů na ekosystémy a jejich vývoj v určitém období, nebo slouží k zjišťování rozdílů mezi jednotlivými lokalitami. Z řas mají největší bioindikační význam především rozsivky. Existují však složitější postupy, jak určit míru kvality vody. Jedním z nich je tzv. saprobní index.

### Saprobní index (S)

Metoda je založena na tom, že každé sinici nebo řase je přidělen **individuální saprobní index** ( $S_i$ ) a **celkový saprobní index** (**S**) je výsledkem individuálních saprobních indexů jednotlivých druhů a jejich **hojnosti ve vzorku** ( $h_i$ ), která je většinou odhadovaná na stupnici od 1 (ojedinělý) do 7 (druh masově zastoupený):

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n s_i \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i}$$

Podle úživnosti můžeme rozdělit biotopy na:

- dystrofní ( $S \leq 0,5$ ) – velmi slabě úživné
- oligotrofní ( $S \approx 0,5 - 1,5$ ) – slabě úživné
- mezotrofní ( $S \approx 1,5 - 2,5$ ) – středně úživné
- eutrofní ( $S \geq 2,5$ ) – silně úživné

Slovní vyjádření zastoupení	$h_i$
druh masově zastoupený	7
velmi hojný	6
hojný	5
dost hojný	4
řídce se vyskytující	3
velmi zřídka	2
ojedinělý	1

**Pozn.:** individuální saprobní index ( $S_i$ ) naleznete v:

**Sládeček, V. & Sládečková, A. 1996.** *Atlas vodních organismů se zřetelem na vodárenství, povrchové vody a čistírny odpadních vod. Díl 1. Destruenti a producenti.* Praha: Agrospoj, 350 s.

Máme zde neznámý vzorek planktonu a je potřeba zjistit úživnost vodní nádrže.

**Výzkumná otázka:**

.....

**Hypotéza:**

.....

**Postup:**

Pomůcky:

.....

.....

1. ....

2. ....

3. ....

4. ....

5. ....

6. ....

7. ....

**Pozorování:**

Druh	$h_i$	$S_i$
------	-------	-------

**Výpočet:**

**Závěr:**

Zamyslete se, jak by se dalo zabránit zvyšování eutrofizace vod?



## Kvalita vody podle sinic a řas – Řešení

**Výzkumná otázka:** Jaká bude kvalita vody ve zkoumané vodní nádrži?

**Hypotéza:** Voda ve vodní nádrži bude velice úživná. / Voda ve vodní nádrži bude velmi neúživná.

**Postup:**

**Materiál:** neznámý vzorek planktonu

**Pomůcky:** pipeta, krycí a podložní sklíčko, mikroskop

1. Nanést vzorek na podložní sklíčko a překrýt krycím sklíčkem.
2. Pomocí optického mikroskopu a najít rody/druhy sinic a řas.
3. Pomocí určovací literatury určit jaké druhy/rody se nacházejí ve vzorku.
4. Nalezené druhy zapsat do zápisového archu.
5. K nalezeným druhům zapsat jejich odhadované zastoupení.
6. V literatuře najít individuální saprobní indexy ( $S_i$ ) nalezených druhů/rodů a podle vzorce vypočítat saprobní index.
7. Pomocí výsledku saprobního indexu zjistit úživnost lokality.

**Pozorování a výpočet:**

U zkoumaného rybníka zjistí, jakou má úživnost.

$$S = \frac{(2,2 \times 4) + (1,9 \times 4) + (2,8 \times 2) + (1,8 \times 1) + (2,0 \times 6)}{4 + 4 + 2 + 1 + 6}$$

$$S = \frac{8,8 + 7,6 + 5,6 + 1,8 + 12}{17}$$

$$S = \frac{35,8}{17}$$

$$S = 2,11.$$

Druhy	$h_i$	$S_i$
<i>Desmodesmus opoliensis</i>	4	2,2
<i>Pediastrum boryanum</i>	4	1,9
<i>Chlamydomonas simplex</i>	2	2,8
<i>Navicula minima</i>	1	1,8
<i>Dolichospermum flos-aquae</i>	6	2,0

Saprobní index se rovná 2,11 to znamená, že zde máme mezotrofní na živiny bohatý rybník.

**Závěr:**

Jednotlivé závěry se budou lišit v závislosti na lokalitě a vzorku, který studenti dostanou a samozřejmě i na tom, kolik druhů studenti najdou a jaký jim vyjde výsledek indexu. Podle odhadů budou studentům vycházet mezotrofní a eutrofní vody.

### 5.4.3. Nezvaní hosté v rybníce

---

**Úroveň bádání:** nasměřované bádání, možnost i otevřeného bádání

**Cíl:** Praktickou úlohou upevnit získané znalosti z hodin biologie a týkající se tématu sinic. Seznámit se s fyziologií sinic a tvorbou vodních květů ve vodních nádržích. Podle získaných údajů vyvodit závěry, jak se dá zjistit přítomnost sinic.

**Stručná charakteristika úlohy:** Učitel přinese v plastové lahvi vzorky s vodním květem. Následně tuto láhev přelije do neprůhledného kyblíku. Studenti budou muset podle postupu zjistit, zda se ve zkoumaném vzorku nachází ve vodní květ.

**Cílová skupina:** Studenti středních škol, 1. až 4. ročník

**Časová náročnost:** 90 minut

**Zařazení do výuky:** hodiny biologie – jako samostatná praktická cvičení, či součástí odběrové exkurze

**Nutné znalosti pro zvládnutí úlohy:** fyziologie sinic a dopady na prostředí

**Materiál a pomůcky:** neznámý vzorek, kádinka, tablet či chytrý telefon

**Strukturované metodické pokyny pro provedení úlohy:** Na začátek učitel řekne pár slov k danému tématu a nastíní, čím se studenti budou zabývat. Učitel rozdělí studenty do skupin po 2-3 a rozdá záznamové archy a pomocí diskuze a otázek seznamuje studenty s danou problematikou. Otázky mají studenti uvedené v záznamovém archu. Po dokončení otázek učitel studentů sdělí, že od něj dostanou neznámý vzorek vody. Následně každá skupina navrhne výzkumnou otázku. Pak učitel se studenty vyberou jednu otázku, na kterou by bylo možné najít v hodině odpověď. Tento postup je dán kvůli technickému vybavení, a hlavně pro naplnění daného výchovně vzdělávacího cíle, který je stanoven učitelem. Poté studenti vytvoří hypotézu a postup práce, které prezentují před ostatními. Studenti provádějí pokus podle svého navrženého postupu a během toho konzultují případné nejasnosti se spolužáky nebo s učitelem. Jelikož tento pokus je časově náročnější mezi pozorováním studenty pomocí tabletu či chytrých telefonů naleznou a posléze nakreslí druh, jehož znaky jsou vypsány v pracovním listu. Po dokončení pokusu studenti vyvodí závěry, které následně prezentují před třídou (jaká byla jejich hypotéza, jestli byla potvrzena či vyvrácena, jaký měli postup práce a k jakým výsledkům se dobrali). Na konci cvičení učitel dá prostor k diskuzi, která by měla upevnit výsledky pokusu a shrnout celkový výsledek, co se studenti naučili a co by je zajímalo do budoucna.

**Případná modifikace:** Učitel může formou menší exkurze (cca 1 vyučovací hodina) vzít studenty na odběry do okolí školy. Studenti si provedou odběry planktonu. Během této exkurze učitel začíná s badatelskou výukou. Studenti si vyplňují první část pracovního listu a při návratu do školy už tak mají navrženou výzkumnou otázku a hypotézu. Následně ve škole vytvoří postup, provedou pokus a prezentují výsledky.

### **Teoretický základ**

#### **Eutrofizace**

Trofie neboli úživnost vody je dána obsahem chemických látek v ní rozpuštěných. Pro zvyšování míry trofie se uvádí pojem eutrofizace vod. Eutrofizace vody znamená obohacování vody minerálními látkami, hlavně dusíkem (N) a fosforem (P), které se do vody dostávají ze zemědělství (splachy z polí), z čistících a pracích prostředků a z průmyslové odpadní vody. V důsledku toho dochází k přemnožení fytoplanktonu hlavně sinic, které vytvářejí vodní květ. Ten se drží u hladiny vody díky aerotopům, strukturám, které sinice mají. Způsobuje vegetační zbarvení vody, které je doprovázeno charakteristickým zápachem vody. Konečným důsledkem eutrofizace je pak vysoké množství odumřelé biomasy, obohacení vody živinami, úbytek kyslíku a převaha anaerobních procesů nad aerobními.

#### **Sinice – toxiny, vodní květ + ostatní vodní květy (i mořské)**

Sinice produkují sekundární metabolity, z nichž některým říkáme cyanotoxiny. Tyto toxiny mimo jiné mohou ohrožovat člověka při koupání. Podle účinnosti toxicity pro člověka můžeme cyanotoxiny rozdělit na smrtící, které působí smrtelné otravy a na ty, které smrtelné nejsou. Do první skupiny spadají neurotoxiny, hepatotoxiny, které jsou produkovány některými druhy rodu *Microcystis* a *Trichodesmium* a dále druhy *Dolichospermum flos-aquae*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Planktothrix rubescens*. Do druhé skupiny se řadí cytotoxiny, které mají selektivní účinek na bakteriální, houbové a jiné buňky. Mohou způsobovat chronické otravy či trvalá poškození organismu, avšak výsledky vědeckého zkoumání v laboratořích ukázaly, že by se mohly využívat jako cytotoxická antibiotika s protinádorovými účinky. Problémy s otravou cyanotoxiny vznikají požitím vody, která obsahuje sinice či vodou kontaminovanou. Časté následky lehkých otrav koupáním ve vodě s vodním květem jsou kožní alergie, záněty spojivek, bronchitidy, střevní a žaludeční potíže a také u vážnějších otrav i jaterní problémy. V extrémním případě může hrozit rakovinné bujení, ale to jen při dlouhodobém požívání vody obsahující sinicové toxiny. Není však známo, že by na otravu sinicemi při vodní rekreaci někdo zemřel. Toxiny jsou jen zřídka

příčinou hynutí organismů. Tak jak je možné, že dochází k úhynu ryb? Je to spojeno hlavně s velkou biomasou sinic, která se vytvoří, dochází tak k zanesení dýchacího aparátu ryb. Mrtvé buňky klesají ke dnu, tam se rozkládají a spotřebovávají kyslík. V důsledku toho v hloubkách v blízkosti dna vzniká zóna hypoxie až anoxie. Dalším důvodem je dýchání. Sinice stejně jako rostliny v noci dýchají tím spotřebovávají kyslík ve vodě. Ryby a další organismy v důsledku nedostatku kyslíku mohou hynout.

Vodním květem nazýváme nadprodukcí biomasy vodních organismů. Nejvíce je vodní květ ovlivněn právě eutrofizací. Samozřejmě v rozvoji vodního květů hrají i jiné faktory (teplota, světlo, salinita, pH, obsah kyslíku, míchání vody). Za vodní květ u nás ve sladkých vodách můžou především sinice, hlavně druhy rodu *Microcystis*. Vodní květy nejsou jen doménou sladkovodních vod, ale vyskytují se i v mořské vodě. Tam za ně mohou také sinice (např. *Nodularia*), ale hlavně Haptophyta (whita water), obrněnky (Dinophyta), které tvoří tzv. red tide neboli rudý příliv. ale i rozsivky (Bacilariophyceae), krásnoočka (Euglenophyta).

O zvýšeném výskytu sinic na řízených koupalištích či ve volné přírodě by veřejnost měla být informována. Pro toto informování slouží výstražné tabule s barevnými symboly, které jsou umístěny na břehu.



**Voda vhodná ke koupání:** Nezávadná voda s nízkou pravděpodobností vzniku zdravotních problémů při vodní rekreaci.



**Voda vhodná ke koupání s mírně zhoršenými vlastnostmi:** Nezávadná voda s nízkou pravděpodobností vzniku zdravotních problémů při vodní rekreaci. V případě možnosti je vhodné se osprchovat.



**Zhoršená jakost vody:** Mírně zvýšená pravděpodobnost vzniku zdravotních problémů při vodní rekreaci, u některých citlivějších jedinců by se již mohly vyskytnout zdravotní obtíže, po koupání se doporučuje osprchovat.



**Voda nevhodná ke koupání:** Voda neodpovídá hygienickým požadavkům a pro uživatele a představuje zdravotní riziko, koupání nelze doporučit zejména pro citlivé jedince.



**Voda nebezpečná ke koupání – ZÁKAZ KOUPÁNÍ:** Voda neodpovídá hygienickým požadavkům a hrozí akutní poškození zdraví, vyhláší se zákaz koupání.

### Použitá literatura:

- **Centrum pro cyanobakterie a jejich toxiny.** *Je bezpečné se koupat ve vodě se sinicemi?*. Dostupné z: <http://www.sinice.cz/index.php?pg=o-sinicich--toxiny--nebezpeci-koupani>
- **Centrum pro cyanobakterie a jejich toxiny.** *Toxiny sinic.* Dostupné z: <http://www.sinice.cz/index.php?pg=o-sinicich--toxiny>
- **Kaštovský, J., & Hauer, T. 2016.** *Sinice a řasy.cz.* Jihočeská univerzita, Přírodovědecká fakulta, České Budějovice. Dostupné z: <http://www.sinicearasy.cz/>
- **Kalina, T., & Váňa, J. 2005.** *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii.* Karolinum, 606 pp.
- **Krajská hygienická stanice kraje Vysočina.** Hodnocení kvality vody. Dostupné z: <http://www.khsjih.cz/koupaci-plochy/hodnoceni-kvality.php>
- **Pouličková, A. 2011.** *Základy ekologie sinic a řas.* Olomouc, Univerzita Palackého v Olomouci, 91 s.
- **Říhová Ambrožová, J. 2007.** *Encyklopedie hydrobiologie.* Praha: VŠCHT Praha. Dostupné z: *Encyklopedie hydrobiologie: výkladový slovník*
- **Sládeček, V., & Sládečková, A. 1996.** *Atlas vodních organismů se zřetelem na vodárenství, povrchové vody a čistírny odpadních vod. Díl 1. Destruenti a producenti.* Praha: Agrospoj, 350 pp.

### Určovací klíč:

- **Kaštovský, J., Hauer, T., Geriš, R., Chattová, B., Juráň, J., Lepšová-Skácelová, O., Potelková, P., Puzstai, M., Škaloud, P., Šťastný, J., Čapková, K., Bohunická, M., & Mühlsteinová, R. 2018.** *Atlas sinic a řas České republiky, svazek 1.* Powerprint, Praha, 338 pp.

## Nezvaní hosté v rybníce

Jak se nazývá děj, při kterém je voda obohacována o živiny?

.....

Které látky nejvíce zatěžují vodu a odkud se tyto látky do vody dostávají?

.....

.....

Víte, co je to vodní květ a jaké organismy ho způsobují?

.....

.....



Sinice produkují sekundární metabolity, z nichž některým říkáme cyanotoxiny. Tyto toxiny mimo jiné mohou ohrožovat člověka při koupání. Podle účinnosti toxicity pro člověka můžeme cyanotoxiny rozdělit na smrtící, které působí smrtelné otravy a na ty, které smrtelné nejsou. Mohou způsobovat chronické otravy či trvalá poškození organismu, avšak výsledky vědeckého zkoumání v laboratořích ukázaly, že by se mohly využívat jako cytotoxická antibiotika s protinádorovými účinky. Problémy s otravou cyanotoxiny vznikají požitím vody, která obsahuje sinice či vodou kontaminovanou. Časté následky lehkých otrav koupáním ve vodě s vodním květem jsou kožní alergie, záněty spojivek, bronchitidy, střevní a žaludeční potíže a také u vážnějších otrav i jaterní problémy. V extrémním případě může hrozit rakovinné bujení, ale to jen při dlouhodobém požívání vody obsahující sinicové toxiny. Není však známo, že by na otravu sinicemi při vodní rekreaci někdo zemřel. Toxiny jsou jen zřídka příčinou hynutí organismů.

Čím je způsobeno uhynutí ryb ve vodě s vodním květem?

.....

.....

.....

Víte, co značí tyto značky a kde se s nimi můžeme setkat? 😊 😐 😏 😡 😞

.....

.....

.....

Máme zde neznámý vzorek jedné vodní nádrže a naším cílem je zjistit, zda je vhodná ke koupání a jestli neobsahuje sinice. Jak bychom to mohli poznat bez pomoci přístrojů.

**Výzkumná otázka:**

.....

**Hypotéza:**

.....

**Postup:**

Pomůcky:

.....

.....

1. ....
2. ....
3. ....
4. ....
5. ....
6. ....
7. ....

**Pozorování:**

Během pozorování si vyzkoušíte práci s určovacím klíčem. Jako určovací klíč použijte: **Kaštovský, J., a kol. 2018. Atlas sinic a řas České republiky, svazek 1**, který naleznete na stránkách <http://www.sinicearasy.cz/>. Podle determinačních znaků, které jsou uvedeny níže, urči, o jaký druh sinice se jedná a zakresli, jak vypadá.

- kolonie a buňky bez železitých konkréci
- buňky jiného tvaru
- buňky jiného tvaru či uložené v koloniích
- kolonie jiných vlastností
- buňky v koloniích uspořádány jiným způsobem
- buňky v koloniích jiného tvaru
- kolonie izopolární
- buňky ve vegetativním stavu i těsně po ukončení dělení kulovité
- buňky s aerotopy i bez nich, bez jasně vymezených vlastních obalů, velké kolonie nejsou složené ze subkolonií
- buňky v kolonii uspořádané nikoliv radiálně
- kolonie jiného tvaru, nepravidelné
- buňky 3–6  $\mu\text{m}$ , kolonie prolamované (s otvory)

**Závěr:**



## Nezvaní hosté v rybníce – Řešení

**1. Výzkumná otázka:** Poznám výskyt vodního květu pouhým pozorováním?

**2. Hypotéza:** Ano, poznám to pouhým pozorováním / Ne, nepoznám to pouhým pozorováním

**3. Postup:**

Materiál: neznámý vzorek

Pomůcky: 1x kádinka

1. Naberu si do kádinky neznámý vzorek.
2. Počkám, než se hladina ustálí.
3. Po 10 minutách zapíšu, jak vzorek vypadá.
4. Tento postup budu opakovat po dalších 10 minutách, dokud nenastane výraznější změna ve vzhledu.

Pro lepší viditelnost nechat vzorky studentů i přes noc a studentům nechat závěr otevřený a závěr provést například až na konci vyučování nebo druhý den.



**Obr. 15:** Na začátku pokusu byla celá směs zakalená.



**Obr. 16:** Po 30 minutách nedošlo k výrazné změně avšak, u hladiny se začíná tvořit kroužek zelené biomasy.



**Obr. 17:** Po 1 hodině nestala větší změna. Vzorek je světlejší oproti předchozímu, kroužek biomasy je více méně stejný.



**Obr. 18:** Ten to stav nastal po 3 hodinách a 30 minutách od začátku experimentu. Zde je dobře vidět kroužek sinicové biomasy.

#### **Práce s určovacím klíčem:**

Během pokusu studenti pracují s určovacím klíčem. Druhem, který by měli studenti určit je *Microcystis aeruginosa*. Tento druh je u nás velmi hojný a se vyskytuje převážně v planktonu vodních nádrží, kde tvoří vodní květ.

#### **Závěr:**

Po uplynutí určité doby (30 min) se na hladině neznámého vzorku vytvořil nepatrný kroužek zelené biomasy (kuličky, malé jehličky). Tím jsme dokázali, že v tomto vzorku se nachází sinice. Avšak po uplynutí delší doby je tento jev lépe viditelný. Tento jev je dán díky speciálními strukturám, které sinice obsahují a nazývají se aerotopy. Aerotopy jsou naplněny vzduchem, tak mohou být sinice nadnášeny.

## 5.5. Obsahové látky v sinicích a řasách a jejich význam pro člověka

Poslední kapitola se zabývá sinicemi a řasami z jiného úhlu, a to, jak jsou pro nás užitečné a co se z nich dá vyrobit. Zde je vytvořen jeden pracovní list, který představí celou škálu různých produktů od biopaliv až po doplňky stravy.

### 5.5.1. Sinice a řasy: od biopaliva po jídlo

---

**Úroveň bádání:** nasměřované bádání

**Cíl:** Praktickou úlohou upevnit získané znalosti z hodin biologie týkajících se tématu sinic a řas. Seznámit se s dalším využitím sinic a řas, které jsou důležité pro člověka.

**Stručná charakteristika úlohy:** Studenti pomocí dosažených informací odhadují, zda by se z ruduchy dá vytvořit agar. Následně si vytvoří agarovou plotnu ze zakoupeného agarového prášku či granulí.

**Cílová skupina:** Studenti středních škol, 1. až 4. ročník

**Časová náročnost:** 90 minut

**Zařazení do výuky:** hodiny biologie – jako samostatná praktická cvičení

**Nutné znalosti pro zvládnutí úlohy:** Základní využití sinic a řas pro člověka

**Materiál a pomůcky:** tablet či chytrý telefon, voda, hrnec, Petriho miska, vařič (sporák), agar v prášku, namletý či ve formě tyčinek, tablety *Chlorella* a *Spirulina*, chaluhy *Undaria pinnatifida* známou jako wakame, a ruduchu *Porphyra* spp. známou jako nori, či jiné dostupné doplňky stravy.

**Strukturované metodické pokyny pro provedení úlohy:** Na začátek učitel řekne pár slov k danému tématu a nastíní, čím se studenti budou zabývat. Učitel rozdělí studenty do skupin po 2-3 a rozdá záznamové archy a pomocí diskuze a otázek seznamuje studenty s danou problematikou. Otázky mají studenti uvedené v záznamovém archu. Po dokončení otázek učitel dá studentům už hotový agar ve formě vloček či tyčinek, učitel zamlčí tuto skutečnost a studentům tvrdí, že je to ruducha. Následně každá skupina navrhne výzkumnou otázku. Pak učitel se studenty vyberou jednu otázku, na kterou by bylo možné najít v hodině odpověď. Načež studenti vytvoří hypotézu. Nejprve nechá učitel studenty vytvořit postup samostatně a poté studentům poradí. Studenti provádějí pokus a během toho konzultují případné nejasnosti se spolužáky nebo s učitelem. Pro provedení pokusu jsou potřeba varné plotny, pokud bude méně vařičů, než bude skupin studentů, tak učitel sloučí některé skupiny k sobě,

aby bylo možné pokus provést. Dalším úkole je vyhledávání informací a ochutnávání sinic a řas. Vyhledávání informací a ochutnávání provádíme až po uložení Petriho misek do ledničky. Po dokončení pokusu studenti vyvodí závěry, které následně prezentují před třídou (jaká byla jejich hypotéza, jestli byla potvrzena či vyvrácena, jaký měli postup práce a k jakým výsledkům se dobrali). Na konci cvičení učitel dá prostor k diskuzi, která by měla upevnit výsledky pokusu a shrnout celkový výsledek, co se studenti naučili a co by je zajímalo do budoucna.

## **Teoretický základ**

### **Sinice a řasy – využití**

Sinice a řasy jsou již od pradávna využívány člověkem, avšak postupem času se jejich využívání měnilo. První využití řas byla samozřejmě přímá konzumace, jedli je už neandrtálci. Na britských ostrovech používali řasy jako hnojivo a krmivo pro zvířata, ale také jako jídlo (*Palmaria*). Ve Francii se používaly k hnojení kalcifikované ruduchy (jako tzv. maërl). Ve 20. letech minulého století sloužili řasy jako surovina pro výrobu potaše, sody a jódu. Řasy se spalovaly a následně byly extrahovány již zmíněné suroviny. Samozřejmě nemůžeme opomenout dálný východ, kde jsou sinice a řasy součástí lidských pokrmů dosud, jako například sushi. Taky je využívali jako hnojivo pro pěstování rýže. Azola, drobná vzplývavá kapradina, která je v symbióze se sinicí *Trichormus azollae* fixuje dusík. Dále v Africe domorodci sklízí z Čadského jezera *Arthrospira*, jenž tomuto pokrmu říkají „Dihé“.

V historii se sinice a řasy využívaly hlavně ke konzumaci a jako hnojivo. Samozřejmě i to se dochovalo do dnešní doby, avšak jejich využití se široce rozšířilo

### **Potraviny – výživa**

Sinice a řasy mají výhodné složení z hlediska výživy (bílkoviny, vitamíny, antioxidanty, nenasycené MK, fykokoloidy, vláknina, stopové prvky). Jsou součástí tradičních kuchyní i zdravé výživy (snižování hladiny cholesterolu, příznivé účinky na mozek nebo kožní choroby). Také jsou přidávány do normálních potravin či jako potravinové doplňky ve formě tablet (*Arthrospira* spp., *Chlorella* spp., chaluhy dále extrakty z řas i sinic –  $\beta$ -karoten, astaxanthin, fykobiliproteiny a diatomit (rozsivky). Z řas jsou známé hlavně chaluhy (*Undaria pinnatifida* známá jako wakame, *Hizikia fusiforme* známá jako hiziki, *Eisenia bicyclis* známá jako arame, *Saccharina longissima* známá jako kombu) a ruduchy (*Porphyra* spp. známá jako nori, *Palmaria palmata* známá jako dulse, *Monostroma* spp. známá jako aonori), které jsou hlavní součástí japonských pokrmů.

## **Léčiva**

Na léčiva se vesměs využívají zelené řasy, ruduchy, chaluhy či sinice. Mají široké užití v tradičních i alternativních medicínách (Japonsko, Čína). Izolované účinné látky zatím jsou ve fázi testování (protizánětlivé látky, antibiotika, antimykotika, antivirotika, antimalarika (*Chlamydomonas*), protinádorová léčiva. Jedna z vyizolovaných látek kyselina kainová, která se nachází v červených řasách *Digenea simplex*, slouží jako neurobiologické omezení (epilepsie), neurotoxin a proti střevním parazitům. Dále se sinice a řasy využívají jako zdravotnický materiál – krycí materiály (obvazy), hmota pro výrobu otisků (zuby...), pomůcky pro gynekologické zákroky.

## **Kosmetika**

V kosmetice se používají pro peelingové masky, kde hlavní roli hraje diatomit. Diatomit neboli křemelina je vytvořený ze schránek rozsivek. Dále jsou to pleťové masky a další kosmetické přípravky (*Laminaria*).

## **Zemědělství**

V zemědělství se z makrořas využívají celé stélky, umletá sušená biomasa nebo extrakty. Většinou se používají jako hnojiva (N, K), nebo jako krmivo pro hospodářská zvířata, zde se ovšem nepoužívají extrakty. Mikrořasy se používají hlavně pro hnojení (heterocytózní sinice) nebo se přidávají do krmiv (barva masa, vajec, vitamíny). Dále mohou sloužit jako krmivo pro ryby a pro larvy chovaných bezobratlých.

## **Barviva**

Hlavně ze sinic a zelených řas *Haematococcus pluvialis* a *Dunaliella* spp. Využití v potravinářství jako potravinářská barviva (karotenoidy ( $\beta$ -karoten E160a), chlorofyly, fykobiliny, fukoxantiny).

## **Fykokoloidy**

Je to skupina látek obsažených v chaluách a ruduchách (agar, karagen, alginát).

Agar je tvořen z agarózy a agaropektinu. Hlavními zdroji jsou *Gelidium* a *Glacilaria* (více se používá). Agar se využívá v potravinářství (plnivo a želírující látka, E406), farmacii a v laboratorní praxi.

Karageny jsou tvořeny 3 skupin látek, které mají různé fyzikální vlastnosti. Hlavními zdroji jsou *Eucheuma denticulatum*, *Kappaphycus alvarezii*. Karageny se používají jako

zahušťovadla v potravinářství (E407 a E407a) i kosmetice, dále pak jako zadržovadla vody (zmrzlina, salám) a lubrikační gely.

Algináty neboli soli kyseliny alginové, které se nacházejí v buněčných stěnách řas (*Laminaria*, *Lessonia*, *Macrocystis* a *Sargassum*) se používají jako zahušťovadla a stabilizátory v potravinářství (E400-E405) dále pro potisk textilu a povrchové úpravy papíru. Algináty dokáží velmi rychle absorbovat hodně vody, a tak se používá i ve zdravotnictví.

Dále se sinice a řasy používají k čištění odpadních vod, kde vychytávají nutrienty (N, P) a těžké kovy. Potom se využívají pro výrobu biopaliv, zejména z mikrořas produkující olej přirozeně, nebo jsou k produkci donucené – *Botryococcus*, *Chlorella*, *Nannochloropsis*.

#### **Použitá literatura:**

- **Graham, L. E., Graham, M. J., & Wilcox, L. W. 2009.** *Algae*. Benjamin Cummings, 616 pp.
- **Kalina, T., & Váňa, J. 2005.** *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*. Karolinum, 606 pp.
- **Kaštovský, J. a kol. 2018.** *Atlas sinic a řas České republiky, svazek 2*. Powerprint, Praha, 479pp.
- **Lee, R. E. 2008.** *Phycology*. Cambridge University Press, 547 pp.
- **Masojídek, J., Lhotský, R., Kopecký, J., & Prášil, O. 2016.** *Mikrořasy – solární továrna v jedné buňce*. Středisko společných činností AV ČR, V.V.I.

## Sinice a řasy: od biopaliva po jídlo

Daly by se sinice a řasy používat v zemědělství?

.....  
.....  
.....

Setkali jste se už někdy s nějakou řasou na talíři? Jestli ano, kde?

.....  
.....  
.....

Věděli byste, co je to diatomit, jaké řasy ho vytvořily a k čemu by se mohl používat?

.....  
.....  
.....

Víte, co je to agar a kde by se mohl využívat?

.....  
.....  
.....

Máme zde neznámou řasu, patřící mezi ruduchy. Vaším úkolem je zjistit, zda by se dala použít na výrobu agaru.

**Výzkumná otázka:**

.....

**Hypotéza:**

.....

**Postup:**

Pomůcky: voda, vařič, hrnec, Petriho miska

.....

1. ....
2. ....
3. ....
4. ....
5. ....
6. ....

Máme zde 4 vzorky sinic a řas, které člověk nějak využívá. Vaším úkolem je nalézt využití pro člověka a následně i ochutnat a porovnat mezi sebou.

- Za prvé nalezněte pomocí internetu využití a účinky jednotlivých produktů pro člověka.
- Za druhé ochutnejte a porovnejte chuťově mezi sebou jednotlivé produkty.

vzorek č.1: Chlorella

Využití:.....  
.....  
.....

Popiš chuť:.....  
.....

vzorek č.2: Spirulina

Využití:.....  
.....  
.....

Popiš chuť:.....  
.....



vzorek č.3: *Undaria pinnatifida* známá jako Wakame

Využití:.....

.....

.....

Popiš chuť:.....

.....

vzorek č.4: *Pyropia* spp. známá jako Nori

Využití:.....

.....

.....

Popiš chuť:.....

.....

**Porovnej vzorky mezi sebou a vyvod' závěr:**

**Závěr:**

## Sinice a řasy: od biopaliva po jídlo – Řešení

**Výzkumná otázka:** Dalo by se z neznámé ruduchy vytvořit agar?

**Hypotéza:** Ano, z ruduchy se dá vytvořit agar / Ne, ze ruduchy se vytvořit agar nedá

**Postup:**

Materiál: agar – tyčinky nebo vločky

Pomůcky: voda, vaříč, hrnec, Petriho miska

1. V hrnci 500 ml přivedeme vodu k varu
2. Poté přidáme 2 a půl lžičky agaru.
3. Půl minuty nechte povařit spolu.
4. Poté obsah přelijeme do Petriho misky.
5. Petriho misku dáme do lednice.

**Závěr:**

Studentům se podaří vyrobit agar. Všechny ruduchy mají buněčnou stěnu složenou z pektinů rozpustných v horké vodě, hlavně  $\beta(1,3)$ xylanu a  $\beta(1,4)$ mannanu, částečně též z celulózy. U některých druhů dochází při tloustnutí buněčné stěny k zdatelnému vrstvení. Při extrakci buněčných stěn horkou vodou získáme koloidní roztok, obsahující směs polysacharidů, hlavně gelózy.

## 5.6. Porovnání BOV a frontální výuky

Posledním cílem této diplomové práce bylo vyzkoušet některé pracovní listy ve škole a pomocí didaktického testu porovnat množství zapamatovaných informací mezi badatelsky orientovanou výukou a klasickou frontální výukou.

Aby bylo aspoň trochu možné porovnání jednotlivých skupin mezi sebou, byly počty získaných bodů zprůměrovány. V tabulce (Tab. VII) jsou uvedeny jednotlivé skupiny s průměrnými bodovými výsledky z didaktických testů.

**Tab. VII:** Tabulka porovnání badatelské výuky a frontální výuky.

	<b>3. ročník</b> 18/19	<b>2. ročník</b> 18/19	<b>2. ročník</b> 19/20	<b>1. ročník</b> 19/20
Badatelsky orientovaná výuka	4,5	3,5	4,1	3,3
Frontální výuka	3,5	4,9	3,8	4,0

Následné porovnání badatelsky orientované výuky a frontální výuky bylo provedeno pomocí t-testu, závislé skupiny. Toto porovnání bylo provedeno u každé skupiny zvlášť. Byla stanovena nulová hypotéza: „Podle Daleho pyramidy učení, studenti dosáhnou v didaktickém testu lepšího bodového zisku při badatelsky orientované výuce než při frontální výuce.“

Výsledek t-testu u 3. ročníku 18/19 ukazuje, že nulová hypotéza byla potvrzena ( $p = 0,14$ ;  $t = 1,63$ ). Nulová hypotéza se nezamítla ani u 2. ročníku 19/20 ( $p = 0,61$ ;  $t = 0,52$ ). U výsledku t-testu 2. ročníku 18/19 byla nulová hypotéza zamítnuta ( $p = 0,000264$ ;  $t = -4,83$ ). U poslední skupiny tedy 1. ročníku 19/20 se nulová hypotéza nezamítla, avšak z výsledků t-testu lze konstatovat, že mezi výsledky neexistuje statisticky průkazný rozdíl ( $p = 0,10$ ;  $t = -1,74$ ).

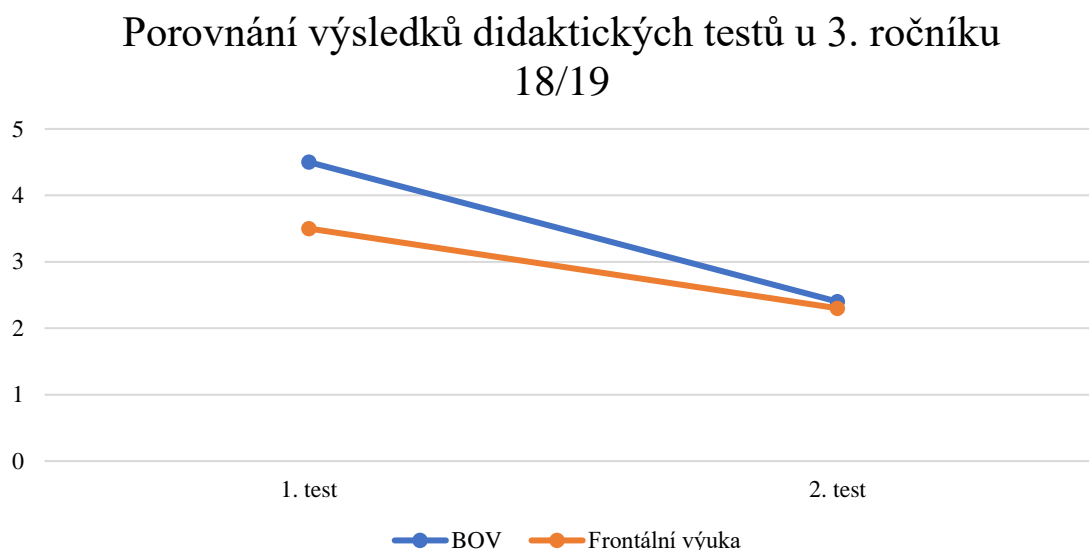
Celkově tedy po uplynutí 14 dní od provedení pokusu u všech čtyř ročníků z výsledků z t-testů, lze konstatovat, že mezi výsledky badatelsky orientované výuky a frontální výuky není zas tak velký statistický rozdíl, tím pádem badatelsky orientovaná výuka nevedla k významně lepším výsledkům než, výuka provedena frontálně.

U 3. a 2. ročníku 18/19 byl pro kontrolu, proveden i test po 5 měsících od provedení pokusu. Studenti vypracovávali stejný test, jaký jim byl dán po 14 dnech. Pro srovnání byly výsledky zprůměrovány. Byl sledován rozdíl mezi bodovými zisky z jednotlivých testů.

V tabulce (Tab. VIII) jsou uvedeny výsledky didaktických testů 3. ročníku 18/19 z prvního testu (po 14 dnech od provedení pokusu) a druhého testu (po 5 měsících od provedení pokusu) a jejich rozdíl. Pro lepší zobrazení jsou tyto výsledky převedeny do grafu (Obr. 19).

**Tab. VIII:** Tabulka porovnání badatelské výuky a frontální výuky u 3. ročníku 18/19.

	1. test (po 14 dnech)	2. test (po 5 měsících)	Rozdíl
Badatelsky orientovaná výuka	4,5	2,4	2,1
Frontální výuka	3,5	2,3	1,2



**Obr. 19:** Grafické srovnání výsledků didaktických testů 3. ročníku 18/19.

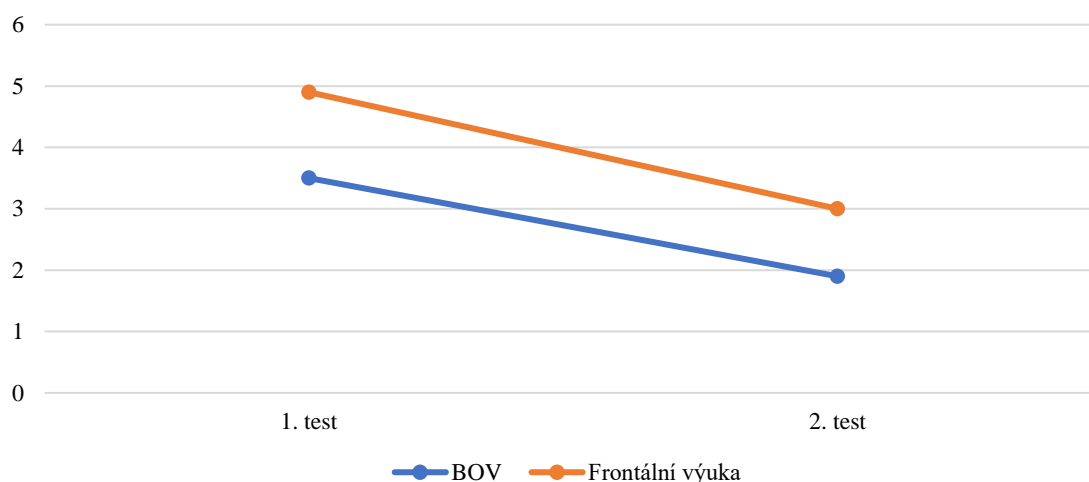
Z výsledků 2. testu je vidět pokles bodů oproti 1. testu. Avšak výraznější pokles nastal v části badatelsky orientované výuky. Výsledkem tedy je, že si studenti 3. ročníku 18/19 lépe zapamatovali učivo, které bylo probíráno frontální výukou, i když v 2. testu dosáhly většího průměrného počtu bodů z badatelsky orientované výuky, nicméně rozdíl mezi testy není výrazní, je spíše zanedbatelný.

V tabulce (Tab. IX) jsou uvedeny výsledky didaktických testů 2. ročníku 18/19 z prvního testu (po 14 dnech od provedení pokusu) a druhého testu (po 5 měsících od provedení pokusu) a jejich rozdíl. Pro lepší zobrazení jsou tyto výsledky převedeny do grafu (Obr. 20).

**Tab. IX:** Tabulka porovnání badatelské výuky a frontální výuky u 2. ročníku 18/19.

	<b>1. test</b> (po 14 dnech)	<b>2. test</b> (po 5 měsících)	<b>Rozdíl</b>
Badatelsky orientovaná výuka	3,5	1,9	1,6
Frontální výuka	4,9	3,0	1,9

Porovnání výsledků didaktických testů u 2. ročníku 18/19



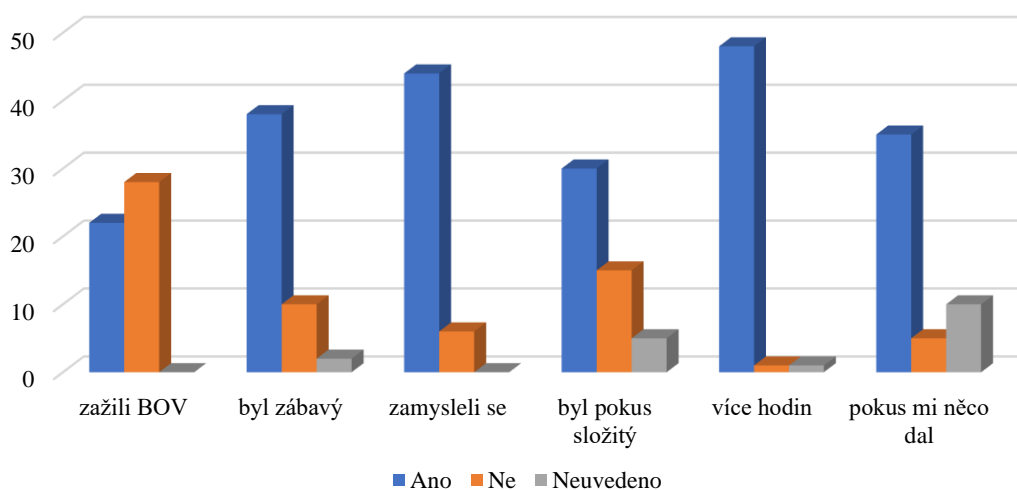
**Obr. 20:** Grafické srovnání výsledků didaktických testů 2. ročníku 18/19.

Z výsledků 2. testu je vidět pokles bodů oproti 1. testu. Rozdíl mezi 1. testem a 2. testem je v části frontální výuky větší oproti badatelské výuce. Avšak z toho rozdílu nemůžeme usuzovat o tom, že si studenti 2. ročníku 18/19 zapamatovali více informací z badatelsky orientované výuky. Zde je jasně viditelné, že množství zapamatovaných informací je u frontální výuky větší než při badatelsky orientované výuce, a to jak v prvním testování, tak i ve druhém testování.

Celkově tedy po uplynutí 5 měsíců od provedení pokusu si studenti 3. a 2. ročníku 18/19 zapamatovali více informací z hodin probíhající frontálně.

Vždy po skončení pokusů byl dán studentům dotazník (viz. příloha). Z dotazníku (Obr. 21) vyplívá, že z 50 studentů badatelskou úlohu zažilo 22 studentů. Dále 44 studentů uvedlo, že během pokusu se museli nad něčím zamyslet a pro 30 studentů byl pokus složitý. Pro 38 studentů byl pokus zábavný a většina studentů by chtělo takových to hodin vyučovaných badatelsky více. Poslední otázka směřovala na to, zda studentům toto vyučování něco mohlo dát, jak co do zkušeností, tak i znalostí a 35 studentů odpovědělo ano.

### Studentské hodnocení proběhlého vyučování



**Obr. 21:** Výsledky dotazníkového hodnocení studentů.

## 6. Diskuze

Největší nevýhodou pro zavedení badatelské výuky do vyučování je čas, jak uvádějí Papáček, (2010 a, b) a Stuchlíková (2010). Učitelé nemají ve výuce dost času, aby se mohli zdržet se studenty u jednoho tématu více než 2 hodiny. Možnost, kdy provádět badatelskou výuku, je jen při laboratorních cvičení, které jsou většinou jednou za měsíc a jsou dvouhodinová. Millar & Abrahams (2009) říkají, že laboratorní cvičení by měla být častěji zahrnována do výuky. Laboratorní práce jsou ve výuce velmi důležité pro pochopení vědeckých zákonitostí a postupů. Proto je většina mnou vytvořených výukových materiálů situovaná do 2 vyučovacích hodin (90 min). Také pokusy v nich obsažené nejsou časově náročné.

Otázky, které jsou součástí výukových materiálů, neslouží jen k motivování studentů, ale také ke zjištění, jaké jsou jejich vstupní znalosti. Studenti se musí zamyslet nad otázkami, což je další problém badatelsky orientované výuky. Ta většinou ztroskotává na znalostech studentů, jak uvádějí Papáček (2010a,b) a Stuchlíková (2010).

Úrovně bádání vypracovaných výukových materiálů jsou situované podle Banchi & Bell (2008) do strukturovaného a nasměrovaného bádání, které jsou i nejčastěji používané (Petr, 2014; Zion, Cohen & Amir, 2007). Jelikož pro studenty, kteří se doposud nesetkali s badatelskou výukou, je složité vymyslet výzkumnou otázku, či jak se správně zeptat na určitý problém. Nejprve by se měl učitel zeptat studentů, zda se už s takovým způsobem vyučováním setkali, pokud ne, měl by studentům vysvětlit, co to badatelská výuka je a co se od nich bude očekávat. Při zavádění je jasné, že časová náročnost bude větší, ale postupem času budou studenti aktivnější a více samostatní. Studenti získají zkušenosti a badatelská úloha jim půjde lépe (Votápková a kol., 2013). Jak dokazoval výsledek dotazníku, který byl pro mě docela překvapivý, jelikož z 50 studentů 22 studentů uvedlo, že už se s badatelskou orientovanou výukou setkali, ale při plnění úkolů to na studentech nebylo moct znát. Jelikož studenti po zadání vůbec nevěděli, jak mají dále postupovat, ale po následném dovysvětlení už bylo vše v pořádku a studenti pokračovali samostatně.

Z dotazníku, také vyplynulo, že pro většinu studentů byl pokus složitý (například: vymýšlení hypotézy či sestavování postupu nebo práce s mikroskopem spolu s určováním řas). Hlavním důvodem, proč tomu tak bylo je ten, že studenti museli přemýšlet a vyvíjet aktivitu. Hlavní z cílů badatelského vyučování je přimět studenty k rozvoji kritického myšlení. Přemýšlení je hlavním prvkem badatelské úlohy, jak uvádí Papáček (2010a). Podle mého názoru studenti si to chodí do školy, jak se říká „odsedět“ a nechtějí vyvíjet přílišnou

aktivitu. Dalším důvodem, proč studenti hodnotili pokus, jako složitý bylo určování sinic a řas. Tento důvod byl opodstatněný tím, že se některé skupiny s tímto tématem ještě nesetkali a nevěděli, co mají hledat. Přes tyto složitosti je pokus bavit a rádi by si takovéto vyučování zopakovali.

Jedním z hlavních cílů této diplomové práce bylo zjistit a ověřit, zda badatelsky orientované vyučování vede k lepšímu osvojení znalostí než klasická frontální výuka. Avšak se ukázalo, že na základě získaných výsledků není možné potvrdit ani vyvrátit, že by badatelsky orientovaná výuka vedla k lepším výsledkům než frontální výuka. U některých skupin byly výsledky z didaktického testu lepší v badatelské výuce a někdy ve výuce frontální. Jsem si ovšem plně vědom, že to, že se nejednalo o identickou látku, do značné míry komplikuje vyhodnocování. Nicméně takový rozsáhlý pokus by vyžadoval skutečně velký vlastní prostor ve výuce, který není reálné na SŠ dostat.

Studenti 3. ročníku školního roku 18/19 dosáhly lepších výsledků v badatelsky orientované výuce. Tento výsledek mohl být dán také tím, že studenti se s tématem řas už v průběhu studia setkali a za další tím, že paní učitelka s touto skupinou již od začátku studia prováděla různá laboratorní cvičení a pokusy a sama paní učitelka tvrdila, že tato skupina je, co se týče rozumových schopností jedna z těch lepší na škole. A ještě jeden důvod, proč měla badatelsky orientované výuka lepší výsledek, a to že téma mlžů a hlavonožců není pro studenty až tak zajímavé téma. U studentů 2. ročníku školního roku 19/20, kteří dosáhli také lepších výsledků z badatelsky orientované výuky, mohl být tento výsledek zapříčiněn tím, že téma buněčného cyklu bylo pro studenty velmi složité.

Zatím co, studenti 2. ročníků školního roku 18/19 a 1. ročníku školního roku 19/20 dosáhli lepších výsledků při frontální výuce. To může být zapříčiněno neznalostí tématu sinic a řas, náročností tématu, kdy jedna ze skupin musela využívat i matematiku a dosazování do vzorce, špatnou práci se determinační literaturou. Dalším faktorem mohlo být to, že studenti 2. druhého ročníku 18/19 probírali při frontální výuce fotosyntézu, která je složitá a paní učitelka se k tomu téma mohla v dalších hodinách vrátit a následně i někoho vyzkoušet, tím pádem se to většina studentů učila, aby byla připravena na případné zkoušení. Studenti 1. ročníků 19/20 probírali téma látkové složení živých soustav, což je velmi lehké téma, a proto dosáhly lepšího výsledku než při testu z badatelské výuky.

V neposlední řadě, mohly být lepší či horší výsledky z jednotlivých testů způsobeny i možným opisováním studentů, během vyplňování testu.

Ve studiích Cobern a kol. (2010), Changa & Maoa (1999), Rokose (2015) a Rokose & Vomáčkové (2017), Ryplové & Rehakové (2011), Váchy & Ditricha (2016), kde



porovnávají badatelskou výuku s normální běžnou výukou, mají studenty rozdělené na dvě skupiny, jedna skupina kontrolních studentů, kteří absolvují normální výuku či laboratorní cvičení a druhá skupina, která absolvuje badatelsky orientovanou výuku. Obě skupiny probírají stejnou látku. Před výukou a po výuce dostali studenti testy, které se pak porovnávaly. Zatím co v této práci byla porovnávána vždy jedna třída, která absolvovala obě výuky a každou na různé téma. Nebylo možné najít dvě výkonnostně a znalostně podobné třídy, a proto byl zvolen tento postup. Test byl dán studentům až po 14 dnech, a ne ihned po skončení výuky jako v ostatních studiích. Pro lepší ověření zapamatovaných znalostí byl dán test dvěma skupinám i po 5 měsících. Doba 14 dní byla vybrána podle Dale (1986), který ve své pyramidě uvádí, s jakou tendencí jsme schopni si zapamatovat věci po dvou týdnech. Od toho se odvíjela má hypotéza, která byla stanovena před podáním testů a zněla: „*Podle Daleho pyramidy učení, studenti dosáhnou v didaktickém testu lepšího bodového zisku při badatelsky orientované výuce než při frontální výuce.*“

Z výsledků Cobern a kol. (2010), Rokose (2015) a Rokose & Vomáčkové (2017), vyplynulo, že badatelsky orientované vyučování a klasické vyučování vedou k osvojení srovnatelného množství vědomostí, zatímco Changa & Maoa (1999), Ryplová & Rehaková (2011), Vácha & Ditrich (2016) dospěli k výsledku, že studenti pracující badatelským způsobem dosáhli podstatně lepších výsledků než studenti z kontrolní skupiny pracující klasickým způsobem. Avšak tyto studie nelze porovnávat mezi sebou, jelikož je to dáno různým věkem, dovednostmi a znalostmi studentů, protože Cobern a kol. (2010) prováděl porovnání na studentech střední školy, zatímco Changa & Maoa (1999) a Rokos (2015) prováděli na studentech vysoké školy a Rokos & Vomáčková (2017), Vácha & Ditrich (2016), Ryplová & Rehaková (2011) na žacích základních škol a nižšího cyklu víceletých gymnázií. Výsledky by byly také jiné u studentů, kteří se s badatelskou výukou nesetkali a těch, kteří už si nějakým bádáním prošli.

Podle mého názoru má badatelsky orientovaná výuka mnoho zastánců, ale i odpůrců. Avšak jak je vidět podle již zmíněných studií, badatelská výuka opravdu může studentům něco nabídnout, co se týče vzdělání a dovedností. V dnešní internetové době je dostupnost informací veliká a studenti si cokoliv mohou najít. Učitelovou prací už není předávat studentům informace, ale pomoci jim nalézt ty správné, a to badatelská výuka splňuje.

## 7. Závěr

Cílem této práce bylo vypracovat 10 výukových materiálů pro badatelsky orientovanou výuku sinic a řas na středních školách, při kterých si studenti prověří nejen znalosti, ale také dovednosti. Výukové materiály pokrývají široce téma sinic a řas, od jejich fyziologie přes ekologii až po využití pro člověka.

Dílčím cílem práce bylo zjistit, zda badatelsky orientovaná výuka vede k lepšímu zapamatování učiva než klasická frontální výuka. Tato konfrontace byla provedena pomocí didaktického testu, který byl studentům dán po 14 dnech od provedení badatelsky orientovaného pokusu či výuky klasickým způsobem. Následně byl ten samý test dán dvěma skupinám ještě po 5 měsících od provedení pokusu.

Jelikož každá ze 4 skupin měla pro pokus (BOV) i frontální výuky jiný výukový materiál, bylo obtížné tato data vyhodnotit. Dvě skupiny měly lepší výsledky v badatelsky orientované výuce a zbylé dvě zase ve výuce frontální. Avšak z celkových výsledků je patrné, že badatelsky orientovaná výuka nevede k výrazně lepšímu zapamatování nových poznatků a je srovnatelná s klasickou frontální výukou. Ovšem zavádění badatelsky orientované výuky do vyučování má smysl a studenti si sice nezapamatují více informací jako při klasické výuce, zato se naučí určitým dovednostem, které nejsou tak dobře měřitelné a hodnotitelné.

## 8. Literatura

- **Ambrožová, J. 2006.** *Mikroskopické praktikum z hydrobiologie*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 183 pp.
- **Andersen, R. A. 2005.** *Algal culturing techniques*. Elsevier, 578 pp.
- **Banchi, H. & Bell, R. 2008.** The Many Levels of Inquiry. *Science and Children* 2: 26–29.
- **Bell, R., Smetana, L. & Binns, I. 2005.** Simplifying inquiry instruction. *The Science Teacher*. 72(7), 30–34.
- **Bellinger, E. G. & Sigeo, D. C. 2010.** *Freshwater algae: identification and use as bioindicators*. John Wiley & Sons, 271 pp.
- **Bransford J. D., Brown A. L. & Cocking R. R. 1999.** *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. National Academy Press, Washington, 384 pp.
- **Cobern, W. W., Schuster, D., Adams, B., Applegate, B., Skjold, B., Undreiu, A., a kol., 2010.** Experimental comparison of inquiry and direct instruction in science. *Research In Science & Technological Educatio*. 28(1): 81-96.
- **Činčera, J. 2014.** To Think Like a Scientist: an Experience from the Czech Primary School Inquiry-Based Learning Programme. *The New Educational Review*. 35(2): 118-130.
- **Dale, E. 1969.** *Audiovisual methods in teaching*. Dryden Press, New York, 66 pp.
- **Dostál J. 2013.** *Experiment jako součást badatelsky orientované výuky*. s. 9-19. In.: Havelka M., Chráska M., Klement M., Serafín Č.: *Trendy ve vzdělávání 2013*. Univerzita Palackého, Olomouc, 697 pp.
- **Dostál, J. 2015a.** *Badatelsky orientovaná výuka: Pojetí, podstata, význam a přínosy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 151 pp.
- **Dostál, J. 2015b.** *Badatelsky orientovaná výuka: Kompetence učitelů k její realizaci v technických a přírodovědných předmětech na základních školách*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 254 pp.
- **Eastwell, B. 2009.** Inquiry learning: Elements of confusion and frustration. *The American Biology Teacher*. 5(1):263–264.

- **Fleming, W. D. 1954.** Naphrax: A Synthetic Mounting Medium Of High Refractive Index New And Improved Methods Of Preparation. *Journal of the Royal Microscopical Society.* 74(1): 42-44.
- **Hindák, F., Cyrus, Z., Marvan, P., Javornický, P., Komárek, J., Ettl, H. & Rosa, K. 1978.** *Sladkovodné riasy.* SPN Bratislava, 724 pp.
- **Chang, Ch.-Y., Mao, S.-L. 1999.** Comparison of Taiwan Science Students' Outcomes with Inquiry-Group versus Traditional Instruction. *The Journal of Educational Research.* 92(6): 340–346.
- **Janík, E. & Stuchlíková, I. 2010.** Oborové didaktiky na vzestupu: přehled aktuálních vývojových tendencí. *Scientia educatione.*1(1):5–32.
- **Janoušková S., Novák J. & Maršák J. 2008.** Trendy ve výuce přírodovědných oborů z evropského pohledu. *Acta Facultatis Paedagogicae Universitatis Trnavensis.* 12: 129–132.
- **Kalina, T. & Karlova, P. U. 1989.** *Sběr, preparace a konzervace rostlinného materiálu.* Státní Pedagogické Nakladatelství, 190 pp.
- **Kaštovský, J., Hauer, T., Geriš, R., Chattová, B., Juráň, J., Lepšová-Skácelová, O., Potelková, P., Puzstai, M., Škaloud, P., Šťastný, J., Čapková, K., Bohunická, M. & Mühlsteinová, R. 2018.** *Atlas sinic a řas České republiky, svazek 1.* Powerprint, Praha, 338 pp.
- **Kaštovský, J., Hauer, T., Geriš, R., Chattová, B., Juráň, J., Lepšová-Skácelová, O., Potelková, P., Puzstai, M., Škaloud, P., Šťastný, J., Čapková, K., Bohunická, M. & Mühlsteinová, R. 2018.** *Atlas sinic a řas České republiky, svazek 2.* Powerprint, Praha, 479pp.
- **Linn M. C., Davis E. A. & Bell P. 2004.** *Internet environments for science education.* Lawrence Erlbaum, Mahwah, 440 pp.
- **Linne von Berg, K., Hoef-Emden, K., Marin, B. & Melkonian, M. 2012.** *Der Kosmos-Algenführer: Süßwasseralgen unter dem Mikroskop.* Stuttgart: Franckh-Kosmos, 366 pp.
- **Llewellyn, D. J. 2014.** *Inquire Within: Implementing Inquiry and Argument – Based Science Standards in Grades 3–8.* Corwin Press.
- **Lokšová, I. & Lokša, J. 2003.** *Tvořivé vyučování.* Praha, Grada Publishing, 208 pp.

- **Marvan, P. & Heteša, J. 2006.** Metodika odběru a zpracování vzorků fyto-bentosu tekoucích vod. *VÚV TGM*.
- **Millar, R. & Abrahams, I. 2009.** Practical work: making it more effective. *School Science Review*. 91(334):59-64.
- **Nezvalová, D., Bílek, M. & Hrbáčková, K. 2010.** *Inovace v přírodovědném vzdělávání*. UP Olomouc, Olomouc, 68 pp.
- **Nolčová, L. & Vágnerová, P. 2015.** Zajímavá a motivující výuka řas a sinic na základních a středních školách. *ARNICA*. 32-38.
- **Papáček, M. 2010a.** Badatelsky orientované přírodovědné vyučování – cesta pro biologické vzdělávání generací Y, Z, a alfa? *Scientia in educatione*. 1 (1): 33–49.
- **Papáček, M. 2010b.** Limity a šance badatelsky orientovaného vyučování přírodopisu a biologie v České republice. In: Papáček M. (ed.): *Didaktika biologie v České republice 2010 a badatelsky orientované vyučování*. Jihočeská univerzita, České Budějovice, pp 145–163.
- **Petr, J. 2014.** *Možnosti využití úloh z biologické olympiády ve výuce přírodopisu a biologie – inspirace pro badatelsky orientované vyučování*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Pedagogická fakulta, 199 pp.
- **Pouličková, A. 2011.** *Základy ekologie sinic a řas*. Olomouc, Univerzita Palackého v Olomouci, 91 pp.
- **Pouličková, A. & Jurčák, J., 2001.** *Malý obrazový atlas našich sinic a řas*. Olomouc: Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, 81 pp.
- **Reynolds, C. S. 2006.** *The ecology of phytoplankton*. Cambridge University Press, 535 pp.
- **Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. & Hermmo, U. 2007.** *Science education NOW: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Brussels, European Commission, 22 pp.
- **Rokos, L. 2015.** *Assessment of inquiry-based science teaching in biology education*. Poster presented at 11th Conference of the European Science Education Research Association, Helsinki, Finland.
- **Rokos, L. & Vomáčková, V. 2017.** Hodnocení efektivity badatelsky orientovaného vyučování v laboratorních pracích při výuce fyziologie člověka na základní škole a nižším stupni gymnázia. *Scientia in educatione*. 8(1).

- **Round, F. E. 1984.** *The ecology of algae*. CUP Archive, 653 pp.
- **Ryplová, R. & Reháková, J. 2011.** Přínos badatelsky orientovaného vyučování (BOV) pro environmentální výchovu: Případová studie implementace BOV do výuky na ZŠ. *Envigogika*. 6(3).
- **Říhová Ambrožová, J. 2014.** *Atlas mikroorganismů*. Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, Fakulta životního prostředí, Ústí nad Labem, 81 pp.
- **Sládeček, V. & Sládečková, A. 1996.** *Atlas vodních organismů se zřetelem na vodárenství, povrchové vody a čistírny odpadních vod. Díl 1. Destruenti a producenti*. Praha: Agrospoj, 350 pp.
- **Streble, H., Krauter, D. & Bäuerle, A. 1973.** *Das leben im wassertropfen*. Franckh, 423 pp.
- **Stuchlíková, I. 2010.** O badatelsky orientovaném vyučování. In: Papáček M. (ed.): *Didaktika biologie v České republice 2010 a badatelsky orientované vyučování*. Jihočeská univerzita, České Budějovice, pp 129–136.
- **Svrček, M. a kol., 1976.** *Klíč k určování bezcévných rostlin: sinice, řasy, hlenky, houby, lišejníky a mechorosty*. Praha: Statní pedagogické nakladatelství, 576 pp.
- **Vácha, Z. & Ditrich, T. 2016.** Efektivita badatelsky orientovaného vyučování na primárním stupni základních škol v přírodovědném vzdělávání v České republice s využitím prostředí školních zahrad. *Scientia in educatione*. 7(1):65–79.
- **Van der Werf, A. 1955.** A new method of concentrating and clearing diatoms and other organisms. International Association of Theoretical and Applied Limnology. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*. 12: 276-277.
- **Vohra, C. 2000.** Changing trends in biology education: An international perspective. Biological education challenges of the 21st century. *Biology International*. 39: 49–55.
- **Vojíš, K. 2017.** Příprava pleuraxu pro tvorbu trvalých rozsivkových preparátů. *Biologie-Chemie-Zeměpis*. 26(1):23-28.
- **Votápková, D., Vašíčková, R., Svobodová, H. & Semeráková, B. 2013.** *Průvodce pro učitele badatelsky orientovaným vyučováním*. Sdružení TEREZA, Praha, 118 pp.
- **Zion, M., Cohen, S. & Amir, R. 2007.** The spectrum of dynamic inquiry teaching practices. *Research in Science Education*. 37(4):423-447.

### Internetové zdroje

- **Baker, A. L. 2017.** *Phyco Key*. University of New Hampshire. Dostupné z: <http://cfb.unh.edu/phycokey/phycokey.htm>
- **CCALA, 2013.** Dostupné z: <http://ccala.butbn.cas.cz/>
- **Diatoms of North Amerika. 2019.** Taxon identification guide. Dostupné z: <https://diatoms.org/>
- **Juráň, J. 2015.** *Co říknou sinice a řasy o kvalitě vody, badatelsky orientovaná úloha*. Science ZOOM, Jihočeská univerzita, Přírodovědecká fakulta, České Budějovice. Dostupné z: <http://www.sciencezoom.cz/cs/611-zivotni-prostredi>
- **Kaštovský, J. & Hauer, T. 2016.** *Sinice a řasy.cz*. Jihočeská univerzita, Přírodovědecká fakulta, České Budějovice. Dostupné z: <http://www.sinicearasy.cz/>
- **Protist Infotmation Server. 1995–2018.** Dostupné z: <http://protist.i.hosei.ac.jp/>
- **Říhová Ambrožová, J. 2007.** *Encyklopedie hydrobiologie*. Praha: VŠCHT Praha. Dostupné z: *Encyklopedie hydrobiologie: výkladový slovník*
- **Šejnohová, L. 2013.** *Určování sinic a řas, Jak na to?*. Mikrobiologický ústav Akademie věd ČR, Třeboň. Dostupné z: [http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/dk2013/130611\\_determinak\\_sejnohova.pdf](http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/dk2013/130611_determinak_sejnohova.pdf)
- **Škaloud, P. 2019.** Dostupné z: <https://botany.natur.cuni.cz/algo/caup.html>

## 9. Příloha

### 9.1. Příloha I. – Dotazník

#### Dotazník k proběhlé badatelské výuce

Zažili jste někdy podobné vyučování, kdy jste se stali vědci?

a) ano                      b) ne

Bylo pro vás toto vyučování zábavné?

a) ano                      b) ne

Museli jste se při práci nad něčím zamyslet? Jestli ano tak nad čím?

a) ano                      b) ne

Jak moc bylo pro vás těžké vymyslet hypotézu a sestavit postup práce?

Chtěli byste více takových hodin?

a) ano                      b) ne

Dala vám tato hodina/výuka něco, co jste předtím neuměli či nevěděli, jak z hlediska znalostí, tak i dovedností?

Prosím, jestli máte nějaké Připomínky, Komentáře či Hodnocení napište to sem.



## 9.2. Příloha II. – Didaktické testy

### Test pro 2. ročník 18/19

#### 1. část – probíraná badatelsky (vždy jedna správná odpověď)

1. Jaký index byl použit pro vypočítání kvality vody.

- a) Simpsonův index
- b) Shannonův index
- c) Saprobní index
- d) Sørensenův index

2. Jakou mají míru úživnosti eutrofní vody?

- a) velmi slabě úživné
- b) středně úživné
- c) slabě úživné
- d) silně úživné

3. Které prvky nejvíce zatěžují vodu?

- a) dusík a fosfor
- b) dusík a fluor
- c) fosfor a fluor
- d) sodík a fosfor

4. Co označuje pojem saprobita?

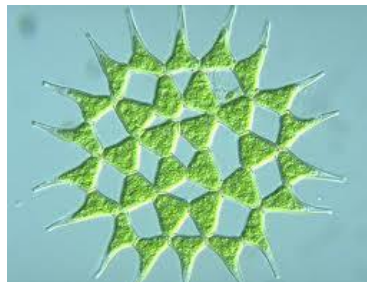
- a) obsah chemických látek
- b) organické znečištění
- c) toxické znečištění
- d) fyzikální vlastnosti vody

5. Jak se nazývá metoda sloužící pro sledování stavu prostředí?

- a) biostatistika
- b) biodiverzita
- c) bioindikace
- d) biomonitoring

6. Jaký druh řasy se vyskytuje na obrázku?

- a) *Desmodesmus*
- b) *Navicula*
- c) *Pediastrum*
- d) *Euglena*



**2. část – probíraná frontálně (vždy jedna správná odpověď)**

1. Jak se nazývá reakce, při které se z jednoduchých látek tvoří složité?

- a) redoxní reakce
- b) anabolická reakce
- c) substituční reakce
- d) katabolická reakce

2. V jakých organelách probíhá fotosyntéza?

- a) mitochondrie
- b) leukoplasty
- c) chromoplasty
- d) chloroplasty

3. Jaké podmínky jsou důležité pro průběh fotosyntézy?

- a) světlo, teplo, živiny, CO<sub>2</sub>
- b) světlo, teplo, voda, CO<sub>2</sub>
- c) světlo, živiny, teplo, O<sub>2</sub>
- d) světlo, voda, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>,

4. Jaký je výsledným produkt Calvinova cyklu?

- a) ribulóza
- b) ribóza
- c) glukóza
- d) maltóza

5. Kolik procent slunečního záření za den rostliny spotřebují?

- a) 1-2%
- b) 10-15%
- c) 50%
- d) 15-30%

6. Jaká látka slouží jako zdroj energie?

- a) ADC
- b) ATP
- c) ATC
- d) PTA

## Test pro 3. ročník 18/19

### 1. část – probíraná badatelsky (vždy jedna správná odpověď)

1. Jaký index byl použit pro vypočítání společenstva sinic a řas ve vzorku?

- a) Index podle Oduma
- b) Simpsonův index
- c) Shannonův index
- d) Sørensenův index

2. Jak nazýváme plankton složený ze sinic a řas?

- a) mykoplankton
- b) zooplankton
- c) bakterioplankton
- d) fytoplankton

3. Kde se planktonní společenstvo v rybníce nachází?

- a) na dně
- b) na kamnech
- c) u hladiny
- d) u břehu

4. Jaké označení používáme pro druhová bohatost, rozmanitost, pestrost?

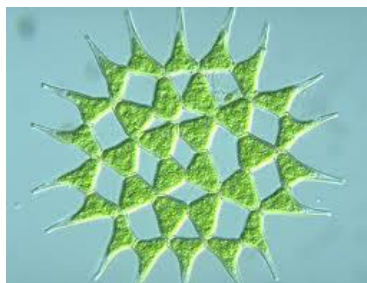
- a) biomonitoring
- b) biodiverzita
- c) bioindikace
- d) biostatistika

5. Co znamená, když nějaký druh ve vzorku dominuje?

- a) nijak se ve vzorku neprojevuje
- b) vůbec se ve vzorku nevyskytuje
- c) ve vzorku silně převažuje
- d) ve vzorku je slabě zastoupený

6. Jaký druh řasy se vyskytuje na obrázku?

- a) *Desmodesmus*
- b) *Navicula*
- c) *Pediastrum*
- d) *Euglena*



**2. část – probíraná frontálně** (vždy jedna správná odpověď)

1. Jak mlži přijímají potravu?

- a) filtrací přes žábry
- b) ústním otvorem
- c) nepřijímají
- d) filtrací v plášťové dutině

2. Jaký biotop mlži obývají?

- a) sladkovodní, suchozemští
- b) sladkovodní
- c) sladkovodní, mořští
- d) suchozemští, mořští

3. Který z následujících druhů **není** sladkovodní?

- a) perlorodka říční
- b) slávka jedlá
- c) velevrub malířský
- d) slávička mnohotvárná

4. Mají mlži kryto tělo schránkou?

- a) lasturou
- b) ulitou
- c) krunýřem
- d) není kryto

5. Mají mlži jedno pohlavní nebo jsou oboupohlavní a jaký mají vývoj?

- a) gonochorista, přímý vývoj
- b) hermafrodit, nepřímý vývoj
- c) gonochorista, nepřímý vývoj
- d) hermafrodit, přímý vývoj

6. Jak reagují hlavonožci na nebezpečí?

- a) znehybní
- b) uniknou
- c) zaútočí
- d) schovají se

## Test pro 2. ročník 19/20

1. část – probíraná badatelsky (vždy jedna správná odpověď)

1. Proti jakým predátorům se řasy nedokážou bránit?

- a) vířníci
- b) ryby
- c) perloočky
- d) buchanky

2. Pro jaký rod je specifické cenobium?

- a) Krásnoočko (*Euglena*)
- b) Rozsivka (*Diatoma*)
- c) Váleč (*Volvox*)
- d) Rohatka (*Ceratium*)

3. Která ze skupin řas dokáže vytvořit odpuzující látky?

- a) Zlativky
- b) Krásnoočka
- c) Chaluhy
- d) Ruduchy

4. Který z těchto obranných mechanismů není pozorovatelný pod mikroskopem?

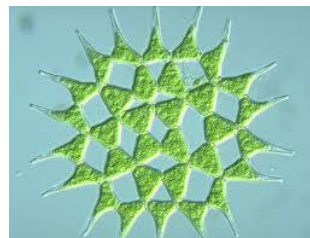
- a) vytvořit si schránku
- b) tvorba kolonií
- c) útěk
- d) tvorba spor

5. V jaké části buňky se nachází tažný bičík?

- a) v přední části
- b) na levém boku
- c) v zadní části
- d) na pravém boku

6. Jaký mechanismus obrany, používá řasa vyobrazená na obrázku?

- a) útěk
- b) kolonie
- c) schránka
- d) záblesk



**2. část – probíraná frontálně (vždy jedna správná odpověď)**

1. Kolik vznikne gamet při meióze II?

- a) 3
- b) 2
- c) 4
- d) 8

2. V jaké fázi se replikuje DNA?

- a) G1-fázi
- b) M-fázi
- c) G2-fázi
- d) S-fázi

3. Jak jdou správně za sebou fáze mitózy?

- a) profáze, metafáze, anafáze, telofáze
- b) metafáze, anafáze, profáze, telofáze
- c) telofáze, anafáze, profáze, metafáze
- d) profáze, anafáze, metafáze, telofáze

4. Na začátku dělení je chromozom tvořen kolika chromatidy?

- a) třemi
- b) čtyřmi
- c) dvěma
- d) jednou

5. Při meióze dochází k?

- a) normálnímu dělení
- b) redukčnímu dělení
- c) vzniku nových chromozómů
- d) zániku chromozómů

6. Kdy dochází ke crossing-overu neboli rekombinaci chromozómů?

- a) profáze I
- b) metafáze II
- c) profáze II
- d) anafáze I

## Test pro 1. ročník 19/20

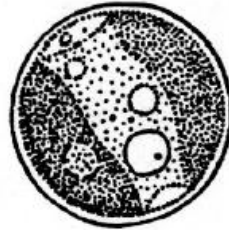
### 1. část – probíraná badatelsky (vždy jedna správná odpověď)

1. Na jaké části je dělena pletivná stélka.

- a) kořenové vlášení, fyloid, stonek
- b) kořen stonek, list
- c) fyloid, kauloid, rhizoid
- d) není dělena

2. Jaká stélka je vyobrazena na obrázku?

- a) trubicovitá
- b) měňavkovitá
- c) bičíkatá
- d) kokální



3. Jaká stélka se nejčastěji vyskytuje napříč všemi skupinami řas?

- a) bičíkatá
- b) trubicovitá
- c) vláknitá
- d) pletivná

4. Jaká ze skupin řas má nejvíce typů stélek?

- a) Ruduchy
- b) Krásnoočka
- c) Obrněnky
- d) Zelené řasy

5. Jak se nazývá proces usazování těžších látek?

- a) Filtrace
- b) Sedimentace
- c) Dekantace
- d) Difrakce

6. Jakou stélku má řasa (*Lepocinclis tripteris*) na obrázku?

- a) bičíkatou
- b) kokální
- c) měňavkovitou
- d) pletivnou



**2. část – probíraná frontálně** (vždy jedna správná odpověď)

1. Jakými prvky jsou tvořeny cukry?

- a) kyslík, uhlík, draslík
- b) kyslík, vodík, dusík
- c) vodík, kyslík, uhlík
- d) uhlík, vodík, dusík

2. Jakou funkci **neplní** tuky neboli lipidy?

- a) ochranná funkce
- b) termoregulace
- c) zásobní látky
- d) obranné pochody v organismu

3. Jaký prvek patří mezi makrobiogenní prvky?

- a) C
- b) Zn
- c) F
- d) Li

4. Jakými látkami je tvořena nukleová kyselina?

- a) cukrem, fosfátovými skupinami, nukleovou bází
- b) lipidem, fosfátovými skupinami, nukleovou bází
- c) cukrem, fosforylovými skupinami, nukleovou bází
- d) lipidem, fosforylovými skupinami, nukleovou bází

5. Základní stavební jednotkou bílkovin jsou?

- a) nukleové kyseliny
- b) aminokyseliny
- c) cukry
- d) mastné kyseliny

6. Mezi organické látky **nepatří**?

- a) bílkoviny
- b) tuky
- c) voda
- d) cukry