

Vodní květ sinic
jako motivace pro výuku stélkatých/bezcévných
organismů na SŠ

-

pedagogická příručka

Bakalářská práce

Autor: Kristýna Fialová

Studijní program: B1407 – Chemie

Studijní obor: Chemie se zaměřením na vzdělávání

Biologie se zaměřením na vzdělávání

Vedoucí práce: RNDr. Lenka Šejnohová, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a že jsem v seznamu použité literatury uvedla všechny prameny, ze kterých jsem vycházela.

V Hradci Králové dne

Kristýna Fialová

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucí bakalářské práce RNDr. Lence Šejnohové, PhD. za její cenné rady, věnovaný čas a odborné vedení při zpracování bakalářské práce. Dále bych také ráda poděkovala PaedDr. Jitce Svobodové za poskytnutí rozhovoru a umožnění jednogodinové hospitace na Gymnáziu Třebíč.

Anotace

FIALOVÁ, K. *Vodní květ sinic jako motivace pro výuku stélkatých/bezcévných organismů na SŠ – pedagogická příručka*. Hradec Králové, 2022. Bakalářská práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí seminární práce RNDr. Lenka Šejnohová, PhD. 58 s.

Teoretická část obsahuje obecnou charakteristiku sinic s důrazem na vodní květ, který je ve středoškolských učebnicích často obsažen pouze prostřednictvím pojmu. Dále je popsáno postavení sinice v rámci RVP-G, které uvádí možnost výuky sinice v rámci tematického okruhu Biologie bakterií. ŠVP-G si každá škola sestavuje sama, a proto se jejich výuka na školách může lišit. Vyučovány mohou být např. prostřednictvím tématu prokaryotické organismy nebo tématu voda a její okolí. Praktickou část tvoří *Pedagogická příručka pro učitele středních škol – Sinice a vodní květ? Více informací chci hned teď!* vycházející z online dotazníku, podle kterého je sinicím věnovaná jedna, popřípadě dvě vyučovací hodiny. Příručka poskytuje vyučujícím podklady pro výuku sinic a větší motivaci žáků. Obsahuje obecné informace o sinicích, návod pro odběr, atlas sinic a návrh pracovního cvičení včetně instrukcí, časové dotace a autorského řešení. Součástí je také osm aktivit pro opakování, vzorový test včetně jeho řešení, slovník pojmů a odkazy na webové stránky věnované sinicím.

Klíčová slova

Vodní květ sinic, toxicita, popularizační příručky, biologie pro střední školy, laboratorní cvičení, pracovní listy, aktivity pro zopakování učiva, odběry

Annotation

FIALOVÁ, K. *Cyanobacterial blooms as a motivation for learning nonvascular plants at high school – pedagogical guide*. Hradec Králové, 2022. Bachelor Thesis at Faculty of Science University of Hradec Králové. Thesis RNDr. Supervisor Lenka Šejnohová, PhD. 58 p.

The theoretical part contains a general description of *Cyanobacteria* with an emphasis on the water flower, which is often included in high school textbooks only through the term. Furthermore, the position of *Cyanobacteria* within the FEP-G is described,

which lists the possibility of teaching *Cyanobacteria* within the thematic area of bacterial biology. Each school compiles the SEP-G itself, and therefore their teaching in schools may differ. They can be taught, for example, through the topic of prokaryotic organisms or the topic of water and its surroundings. The practical part consists of *Pedagogical guide for secondary school teachers - Cyanobacteria and a water flower? I want more information now!* based on the online questionnaire in which one or two lessons are devoted to *Cyanobacteria*. The guide provides teachers with materials for teaching *Cyanobacteria* and greater motivation of students. It contains general information about *Cyanobacteria*, instructions for collection, atlas of *Cyanobacteria* and design of work exercises, including instructions, time allowance and author's solution. It also includes eight repetition activities, a sample test including its solution, a glossary and links to *Cyanobacteria* websites.

Keywords

Cyanobacteria water flower, toxicity, popularization guides, biology for secondary schools, laboratory exercises, worksheets, activities for revision of curriculum, sampling

Obsah

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | ÚVOD | 7 |
| 2 | LITERÁRNÍ REŠERŠE | 8 |
| 2.1 | Sinice | 8 |
| 2.1.1 | Obecná charakteristika sinic..... | 8 |
| 2.1.2 | Toxicita a lidské zdraví | 11 |
| 2.1.3 | Hygienické limity pro rekreační vody při koupání | 15 |
| 2.1.4 | Systém zástupců tvořící vodní květ..... | 16 |
| 2.2 | Výuka sinic na středních školách | 17 |
| 2.2.1 | Sinice v rámcovém a školním vzdělávacím programu..... | 17 |
| 2.2.2 | Zpracování tématu sinice v učebnicích pro střední školy | 19 |
| 2.2.3 | Praktická cvičení | 21 |
| 2.3 | Popularizační materiály | 23 |
| 2.4 | Popularizační příručky..... | 24 |
| 3 | METODIKA | 27 |
| 3.1 | DOTAZNÍK..... | 27 |
| 3.2 | PEDAGOGICKÁ PŘÍRUČKA | 30 |
| 4 | VÝSLEDKY | 32 |
| 4.1 | DOTAZNÍK..... | 32 |
| 4.2 | PEDAGOGICKÁ PŘÍRUČKA | 33 |
| 5 | DISKUZE | 34 |
| 6 | ZÁVĚR | 35 |
| 7 | LITERATURA | 36 |
| 8 | PŘÍLOHA – Pedagogická příručka pro tisk | 39 |

1 ÚVOD

Jako studentka přírodovědecké fakulty s oborem se zaměřením na vzdělání jsem se se svojí bakalářskou prací zaměřila na vytvoření pedagogické příručky zabývající se problematikou sinic. Téma „*Od vodního květu sinic po lidské zdraví – pedagogická příručka pro výuku sinic na SŠ*“ jsem si zvolila záměrně, jelikož ze svých vlastních zkušeností jako studentka gymnázia a jako praktikantka na vysoké škole vím, že se téma *sinice* příliš neprobírá.

Jako cíle své bakalářské práce jsem si zvolila následující:

- I. Teoretická část:
 - a. Charakterizovat oddělení sinic s větším důrazem na vodní květ sinic a jeho toxicitu
 - b. Téma sinic v RVP G, ŠVP G a učebnicích SŠ
 - c. Proč a jak popularizovat?

- II. Praktická část:
 - a. Navrhnout pedagogickou příručku, která bude obsahovat motivační prvky výuky.

Teoretickou část si rozdělím na tři větší podkapitoly – Obecná charakteristika sinic, Výuka sinic na středních školách a popularizační materiály a příručky. V první části uvedu obecnou charakteristiku sinic včetně toxicity vodního květu, systému zástupců tvořící vodní květ a hygienickými limity pro rekreační vody při koupání. V druhé části se zaměřím na výuku sinic na náhodně vybraných středních školách prostřednictvím Rámcového vzdělávacího programu pro gymnázia a Školního vzdělávacího programu pro gymnázia. Nastíním, v jakých středoškolských učebnicích jsou sinice zmíněny a veškeré informace shrnu v tabulce. Dále uvedu informace náležitostech praktického cvičení. V třetí části zmíním, jaké jsou možné popularizační materiály v souvislosti se sinicemi nebo proč je dobré popularizovat a jak na to.

Praktická část bude zahrnovat informace ohledně odběru sinic pro praktické cvičení včetně atlasu sinic. Dále uvedu slovník pojmů a navrhu aktivity pro zopakování učiva. V neposlední řadě vytvořím vzorový protokol pro laboratorní cvičení a test včetně jeho řešení.

2 LITERÁRNÍ REŠERŠE

2.1 Sinice

2.1.1 Obecná charakteristika sinic

Sinice (Cyanobacteria) jsou prokaryotní fotoautotrofní organismy, jejichž hlavním zdrojem energie je sluneční záření. Mohou být tvořeny jednobuněčnými nebo vláknitými stélkami. Co se způsobu života týče, mohou žít jednotlivě, ale i v koloniích. V porovnání s eukaryotními buňkami u nich nenalezneme buněčné jádro a buněčné organely jako jsou chloroplasty, mitochondrie, Golgiho aparát, mikrotubuly, cytoskelet a ani jakýkoliv druh bičíků. Disponují ale nukleoidem, aerotopy, karboxyzomy či tylakoidy (Kalina, Váňa, 2010; Pouličková, 2001).

2.1.1.1 Morfologie a funkce buněk

Sinice patří mezi gramnegativní bakterie jako např. spirochéty nebo spirily. Tato skupina bakterií se po použití barviva zbarví, ale na rozdíl od grampozitivních bakterií se barvivo vymyje po použití ethanolu. Tato skutečnost je způsobena strukturou buněčné stěny. Buněčná stěna je velice pevná. Povrch je tvořen slizem, který je složen z lipopolysacharidů. U některých sinic je zbarvený a tvoří obal nazývaný pochva. Pod lipopolysacharidovou vrstvou je dvojice lipoproteinových membrán – vnější a vnitřní membrána. Mezi vnější a vnitřní vrstvou je pevná, poměrně tenká, složka buněčné stěny s hlavní složkou murein (Kalina, Váňa, 2010; Rosypal, 2003; Centrum pro cyanobakterie a jejich toxiny – Když se řekne „sinice“...).

Protoplast je rozdělen na chromatoplazmu a centroplazmu. V chromatoplazmě jsou obsaženy tylakoidy. Centroplazma neboli nukleoplazma se skládá z cytoplazmy, kruhové DNA, ribozomů a dalších struktur. (Kalina, Váňa, 2010)

Tylakoidy jsou struktury ve tvaru plochých měchýřků. Stěna je tvořena fotosyntetickou membránou a uvnitř tylakoidů jsou umístěny proteinové komplexy, ve kterých je světelná energie přeměněna na chemickou energii. Zdrojem elektronů je voda, která se vlivem světla rozštěpí a dojde k tzv. fotolýze vody. Vedlejším produktem této reakce je kyslík. Nejvýznamnějším barvivem, které sinice obsahují, je chlorofyl a. Neméně důležitými barvivy jsou poté karoten (oranžový), fykoerytrin (červený) a fykocyanin (tmavě modrý). Svoje charakteristické modrozelené zbarvení získaly právě od fykocyaninu (Závodská 2006; Kalina, Váňa, 2010).

Karboxyzómy jsou velmi malá tělíška. Jejich tvarem připomínají mnohostěn a díky enzymu RUBISCO jsou významné z hlediska fixace oxidu uhličitého (Sinice a řasy – fykologie).

Sinice tvořící vodní květ obsahují v plazmě navíc plynové měchýřky tzv. gas vesicles, které jsou seskupeny do útvarů nazývané aerotopy. Měchýřky jsou dlouhé, válcové a obsahují pevnou, pro plyny propustnou, membránu. Pomocí aerotopů ovlivňují polohu buňky a tím si zajišťují nejvýhodnější prostředí pro přežití. Jejich počet se v rámci jedné buňky může pohybovat i kolem několika tisíc. (Centrum pro cyanobakterie a její toxiny – Když se řekne „sinice“... ; Kalina, Váňa, 2010)

2.1.1.2 Fixace dusíku

Dalším důležitým znakem sinic je fixace dusíku a jeho následná přeměna na amonné sloučeniny. Proces probíhá pomocí specializovaných buněk, tzv. heterocytů, které si sinice vytvářejí při nedostatku dusíkatých látek v jejich prostředí. Celý proces probíhá za anaerobních podmínek (Kalina, Váňa, 2010).

2.1.1.3 Rozmnožování sinic

U sinic se vyskytuje pouze nepohlavní rozmnožování a to dělení. Mohou se rozmnožovat třemi různými způsoby. Prvním způsobem je vchlipování plazmatické membrány a buněčné stěny směrem od okrajů buňky do jejich středu bez účasti slizového obalu. Dalšími způsoby jsou prosté dělení buněk či kousků vláken nebo fragmentaci (rozpad) kolonie (Kalina, Váňa, 2010; Šejnohová, Maršálek, 2005; Pouličková, 2001).

2.1.1.4 Výskyt

Sinice jsou organismy, které osídlují všechna prostředí - suchozemské i vodní. V potocích a řekách, tedy v tekoucích vodách, jsou přisedlé na kamenech nebo vodních rostlinách, jako nejčastěji rod *Phormidium* z řádu *Oscillatoriales*. Zatímco ve stojatých vodách se volně vznášejí a tvoří tzv. plankton (viz kapitola 2.1.1.5.). V mořích nalezneme zástupce jako je např. *Trichodesmium* nacházející se v Rudém moři (název od červeně zbarveného vodního květu) či *Prochlorococcus* ve Středozemním moři a tropických oblastí Atlantského oceánu. Některé sinice se mohou vyskytovat v půdě např. *Nostoc*, kde ho po dešti najdeme ve formě slizu. Dále je najdeme např. v kmenech stromů, v horkých pramenech, katakombách, jeskyních, pouštích a polárních oblastech (Pouličková, 2001; Pouličková, 2015; Závodská, 2006; Kalina, Váňa, 2010).

2.1.1.5 Význam

Kromě značných problémů, které nám způsobuje vodní květ, mají sinice řadu využití.

1. Sinice hrály významnou roli před přibližně 2,6 miliardou let, kdy se zasloužili o pozvolné nasycení atmosféry kyslíkem.
2. V současné době jejich význam nabývá především v biotechnologii. Sušina sinic je tvořena až ze 70 % proteiny, a proto je některé státy pěstují ve velkokapacitních kultivačních zařízeních (především *Spirulina*).
3. Fykobiliproteiny sinic (fikobilizomy) se mohou také využívat jako barviva nebo se využívají při sledování metabolických procesů.
4. Někteří zástupci nacházejí uplatnění v medicíně. Např. *Nostoc* se v Číně přes 1500 let využívá jako lék.
5. Rod *Nostoc* vstupuje do symbiózy s vřeckovýtrusnými houbami za vzniku lišejníků, s vodní kapradinou *Azolla*, která sinici obsahuje v pletivech nebo s kořeny vyšších rostlin – cýkasy (Kalina, Váňa 2010).

2.1.1.6 Vodní květ

Sinice žijící ve stojatých eutrofizovaných vodách vytvářejí na hladině tzv. vodní květ. Tento jev je nejvíce viditelný v letních měsících ve vodách bohatých na živiny, a to zejména na konci vegetační sezóny. Na podzim, vlivem nízkých teplot, klesnou sinice ke dnu, kde přečkají nevhodné podmínky až do konce května. V květnu jsou se zvyšující teplotou znovu vyplaveny na hladinu pomocí plynových měchýřků a vytvářejí zelený povlak (Centrum pro cyanobakterie a jejich toxiny – Vodní květ sinic; Kalina, Váňa 2010).

Jich rychlému množení napomáhá široká škála faktorů, kterými jsou především teplota, pH, eutrofizace vod a osvětlení.

Sinice vodních květů:

- Upřednostňují vyšší teploty, a to teploty, které přesahují 20 °C.
- Rychle se množí v důsledku eutrofizace. Voda je obohacena především o fosfor a dusík, jejichž hlavními zdroji jsou nejčastěji špatně vyčištěné odpadní vody (fosfor) nebo splach z povodí.
- Jsou poměrně nenáročné na světlo. Mohou se vyskytovat jak na trvale osvětlených plochách, tak v místech s vodním sloupcem, který se nachází ve stínu. Ve vodním sloupci se pohybují pomocí aerotopů, díky kterým se dostanou k hladině, kde je více

světla. Jakmile jsou plynové měchýřky odbourány, sinice klesají směrem ke dnu. V těchto místech je sice málo světla, ale zároveň více živin (Centrum pro cyanobakterie a jejich toxiny – Když se řekne „sinice“...; Poulíčková, 2011).

V některých případech mohou podléhat hnilobnému procesu a tím způsobovat nepříjemný zápach. Některé sinice mohou navíc produkovat i jedovaté toxiny, které mají negativní vliv na lidské zdraví, a proto je zakázáno se při jejich přemnožení v těchto vodách koupat. Součástí vodního květu jsou především rody *Dolichospermum* (*Anabaena*), *Microcystis*, *Aphanizomenon* a *Planktothrix* (Závodská, 2006; Centrum pro cyanobakterie a jejich toxiny – Vodní květ sinic; Říhová Ambrožová, 2014).

2.1.2 Toxicita a lidské zdraví

Sinice produkují širokou škálu sekundárních metabolitů, které mohou způsobovat závažné zdravotní problémy. Takové látky se souhrnně označují jako cyanotoxiny. Pokud tyto toxiny porovnáme s toxiny jiných organismů, zjistíme, že jejich působení je slabší než u toxinů produkovaných bakteriemi, ale zároveň je silnější než u toxinů rostlin nebo hub (Maršálek, Keršner, Maran, 1996).

Rozdíl mezi primárním a sekundárním metabolitem (obecně):

- Primární metabolity – běžně látky produkované za účelem zabezpečení správného fungování organismu (vitamíny, bílkoviny, sacharidy, lipidy)
- Sekundární metabolity – látky, které nejsou metabolicky významné, ale organismus je produkuje např. jako obranu (alkaloidy, terpeny, glykosidy) (<https://www.biolib.cz/cz/main/>)

2.1.2.1 Dělení toxinů sinic

Toxiny sinic - cyanotoxiny dělíme na základě jejich chemické struktury a biologické aktivity. Mezi toxiny, které dělíme na základě jejich biologické aktivity, patří hepatotoxiny, neurotoxiny, dermatotoxiny a cytotoxiny. Do druhé skupiny řadíme cyklické peptidy, alkaloidy, lipopeptidy, neproteinové aminokyseliny a lipopolysacharidy. Mezi smrtelné toxiny patří neurotoxiny a hepatotoxiny, zatímco cytotoxiny smrtelné otravy nezpůsobují (Maršálek, Keršner, Marvan, 1996; Kalina, Váňa 2010).

Při jejich testování se nejčastěji setkáme s testováním na myších, rybách, zooplanktonu nebo na vzorcích z tkáně savců (Maršálek, Keršner, Marvan, 1996).

Následující rozdělení toxinů je shrnuto v tabulce 1 - Shrnutí informací o vybraných cyanotoxinech u VKS.

| | Název toxinů | Toxigenní rody | Příznaky otravou toxiny |
|---------------------|--------------------|--|--|
| NEUROTOXINY | Anatoxin | <i>Anabaena</i> , <i>Aphanizomenon</i> , <i>Planktothrix</i> | křeče svalstva, ztráta stability, smrt udušením |
| | Aphanotoxin | <i>Aphanizomenon</i> | |
| HEPATOTOXINY | Microcystis | <i>Microcystis</i> , <i>Anabaena</i> , <i>Planktothrix</i> | Alergické vyrážky, zčervenání pokožky, puchýře, změna struktury a funkce jater |
| | Microviridin | <i>Microcystis viridis</i> | |
| | Nodularin | <i>Nodularia</i> | |
| | Cylindrospermopsin | <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> , <i>Aphanizomenon</i> , <i>Dolichospermum</i> | |

Tabulka 1 – Shrnutí informací o vybraných cyanotoxinech u VKS (Maršálek, Keršner, Marvan, 1996; P. Pumann 2009)

2.1.2.1.1 Smrtné toxiny

Neurotoxiny

Neurotoxiny jsou sekundární metabolity ovlivňující především nervovou soustavu a jsou produkovány sinicemi rodu *Dolichospermum* (*Anabaena*), *Planktothrix*, *Microcystis* a *Aphanizomenon* (Maršálek, Keršner, Marvan, 1996).

Nejdéle známý neurotoxin je **anatoxin** produkováný sinicí *Anabaena*, *Aphanizomenon* a *Planktothrix* patřící mezi alkaloidy. Jeho aktivita může být inhibována buď pomocí cholinesterázy nebo v alkalickém prostředí při více než 40 °C. Při testování na myších došlo k jejich úhynu během 30 minut a jeho síla byla tedy srovnatelná s usmrcením myši

insekticidem. Jeho LD50¹ se pohybuje přibližně kolem 20 µg/kg živé hmotnosti (Pumann, 2009; Maršálek, Keršner Marvan, 1996; Říhová Ambrožová online; Bláha et al online).

Dalším toxinem, řadící se mezi neurotoxiny, je **aphanotoxin**. Jak už sám název napovídá, je produkován sinicemi rodu *Aphanizomenon* a stejně jako u anatoxinu se jedná o alkaloidní toxin. LS50 je stanoveno na 10 µg/kg živé hmotnosti a smrt myši nastává do 5 minut (Maršálek, Keršner, Marvan, 1996; Říhová Ambrožová online).

Neurotoxiny působí jak na volně žijící, tak i na domácí zvířata. Mezi nejčastější příznaky patří křeče svalstva, ztráta stability a následná smrt udušením (Maršálek, Keršner, Marvan, 1996).

Hepatotoxiny

Hepatotoxiny jsou látky izolované ze sinic rodu *Microcystis*, *Dolichospermum* (*Anabaena*), *Nodularia*, *Planktothrix*, nebo *Aphanizomenon*. Jedná se o cyklické peptidy, kterými jsou především **microcystin**, **microviridiny**, **nodularin** a **cylindrospermopsin** (Maršálek, Keršner, Marvan, 1996).

Microviridin je možný izolovat ze sinice *Microcystis viridis*. Jedná se o velmi stabilní cyklický peptid, jehož aktivita je přerušena až po několika hodinách varu. **Microcystin** je monocyklický heptapeptid, který ve své struktuře obsahuje D i L aminokyseliny, čímž získává mnohem větší stabilitu vůči teplu a ostatním vlivům. Je produkován sinicemi *Microcystis*, *Anabaena* a *Planktothrix*. Toxin **nodularin** se mu do jisté míry podobá, ale má jinou strukturu. **Cylindrospermopsin** se získává ze sinice *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Aphanizomenon* a *Dolichospermum* (Maršálek, Keršner, Marvan, 1996; Pumann, 2009).

Hepatotoxiny poškozují především játra teplokrevných obratlovců jako jsou myši, prasata, králíci, koně, ovce a skot a mění jejich strukturu a funkci. Poškozená játra se zvětší o 50-60 % a jaterní cytoskeleton se zborstí. Kromě jater mohou rovněž ovlivňovat ledviny. U člověka se otrava hepatotoxiny projevuje např. alergickými vyrážkami, zčervenáním pokožky, puchýři. Rovněž působí i na centrální nervový systém (Maršálek, Keršner, Marvan, 1996; J. Říhová Ambrožová online).

Na základě studií bylo zjištěno, že při podání toxinu do břišní dutiny myším, se po 1 minutě v jaterních tkáních nachází přibližně 75 % toxinu. V průběhu pár minut se rozšíří i do jiných

¹ LS50 je označení pro smrtelnou dávku látky, která způsobí smrt 50 % testovaných jedinců do 12 hodin po podání látky

orgánů, a tak přibližně po 5 minutách ho lze najít v srdci nebo po 30 minutách v ledvinách a plicích (Maršálek, Keršner, Marvan, 1996).

2.1.2.1.2 I zdraví prospěšné cyanotoxiny

Cytotoxiny

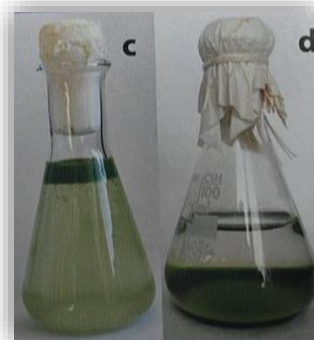
Na rozdíl od smrtelných neurotoxinů a hepatotoxinů jsou cytotoxiny i zdraví prospěšné, protože mohou pomoci při prevenci a léčbě rakovinových onemocnění. Jedním z takových příkladů můžeme uvést toxin tubercidin produkovaný sinicí rodu *Tolypothrix*. Nejčastěji jsou izolované z přírodních vzorků, protože vzorky kultivované poskytují mnohem menší množství toxinů. Avšak v případě sinice *Spirulina subsalsa* můžeme aktivitu zaznamenat i po delší době kultivace. *Spirulina subsalsa* společně s řasou *Chlorellou pyrenoidosa* produkuje látky, které zabraňují růstu nádorům typu S-180² (Maršálek, Keršner, Marvan, 1996).

Této problematice se věnuje po celém světě i mnoho vědců, v ČR např. Mikrobiologický ústav v Třeboni – Opatovický mlýn (Centrum Algatech, <https://www.alga.cz/c-43-skupina-pavla-hrouzka.html>), kde se pravidelně konají i popularizační prohlídky pro veřejnost s odborným výkladem (<https://www.alga.cz/c-547-prohlidky-pro-verejnost.html>).

2.1.2.2 Jak poznat, že se ve vodě nacházejí zdraví nebezpečné sinice?

O tom, zda jsou přírodní koupaliště vhodná či nevhodná ke koupání z hlediska výskytu sinic, se může lehce přesvědčit i laická veřejnost.

Jako jeden z nejjednodušších způsobů můžeme uvést určování přítomnosti sinic pomocí průhledné lahve a vzorku „zelené vody“ z nádrže v létě. Láhev naplníme vodou a necháme ji několik hodin stát na světle. Pokud se v průběhu časového rozpětí vytvořil na hladině zelený kroužek a zbytek vody zůstal čirý, je pravděpodobné, že voda obsahuje sinice vodního květu. Klesne-li zelený zákal ke dnu nebo zůstane ve vodním sloupci, jedná se o mikrořasy, které na rozdíl od sinic toxické nejsou. (Pouličková, Dvořák, Hašler, 2015)



Obrázek 1 C) voda obsahuje sinice D) voda obsahuje mikrořasy (A. Pouličková, P. Dvořák, P. Hašler 2015)

² Nádor typu S-180 je sarkom, který se vyskytuje u laboratorně vyšlechtěných myší, které se používají pro výzkum rakoviny a imunologie

2.1.3 Hygienické limity pro rekreační vody při koupání

Veřejnost se může v průběhu léta bezplatně informovat o stavu koupacích vod na stránkách provozovaných Státním zdravotním ústavem www.koupacivody.cz. Hodnocení výskytu sinic se provádí na základě vyhlášky č. 135/2004 Sb., která je převzatá od Světové zdravotnické organizace a přetvořená do třístupňového systému limitních hodnot.

- **Limitní hodnoty I.** - O překročení těchto hodnot hovoříme v případě, když se ve vodě nachází minimálně 20 000 buněk sinic/ml s koncentrací chlorofylu a větší než 10 µg/l. Při zjištění těchto hodnot by se měla voda kontrolovat alespoň jedenkrát za týden.
- **Limitní hodnoty II.** – Pokud se ve vzorku nachází více než 100 000 buněk sinic/ml a koncentrace chlorofylu a je alespoň 50 µg/l. dochází k překročení limitních hodnot II.
- **Limitní hodnoty III.** - Jestliže je na hladině vidět zelený povlak sinic nebo pokud jsou sinice vidět ve vodním sloupci pouhým okem, hovoříme o překročení limitních hodnot III. S tímto stupněm se nejčastěji setkáváme při výskytu *Planktothrix agardhii* tvořící vodní zákal. (Pumann, 2009)

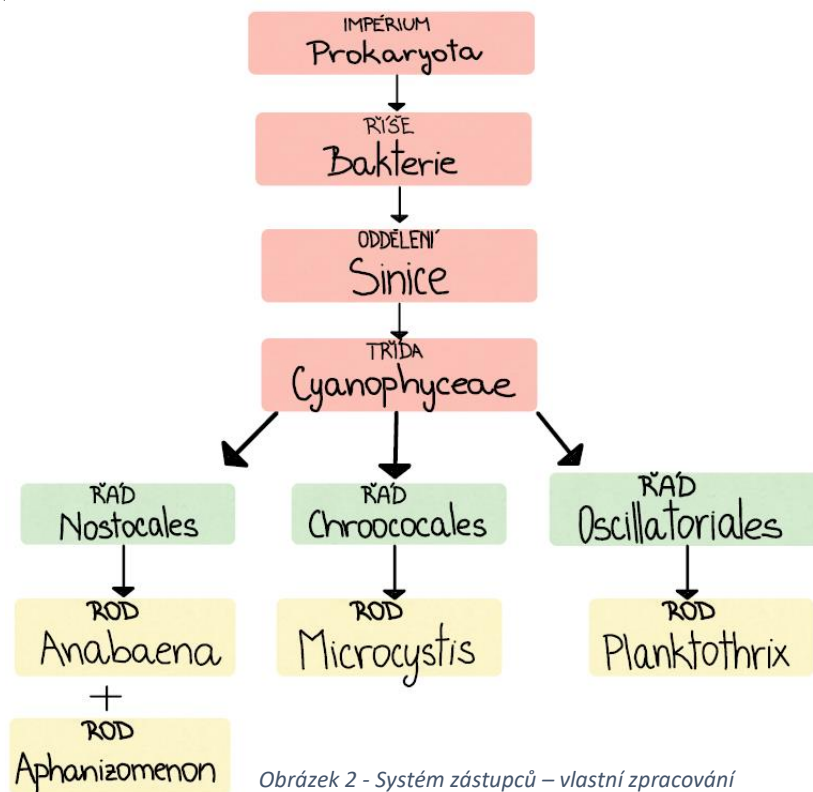
Ve vyhlášce č. 135/2004 Sb. je rovněž uvedené, jaká opatření mají být při překročení jednotlivých hodnot provedena a jsou uvedena v Metodickém návodu pro sjednocení hodnocení jakosti vod využívaných ke koupání ve volné přírodě. (Pumann, 2009)

- **Voda vhodná ke koupání**
 - Označené modrým symbolem 😊
 - Označení pro vodu vhodnou pro rekreaci, u které je nízká pravděpodobnost, že po koupání dojde ke vzniku některých zdravotních problémů.
 - Nedochází k překročení limitu I. stupně.
- **Voda vhodná ke koupání se zhoršenými smyslově postižitelnými vlastnostmi**
 - Označené zeleným symbolem 😬
 - Voda je vhodná pro rekreaci s nízkou pravděpodobností pozdějších zdravotních komplikací. Pokud je to možné, člověk by se měl po koupání v této vodě vysprchovat.
 - Stejně jako u předešlé kategorie nedochází k překročení limitního stupně I.
- **Zhoršená jakost vody**
 - Označené oranžovým symbolem 😞

- Po koupání v rekreačních vodách s tímto označením může dojít ke zdravotním problémům především u citlivějších jedinců, a proto by se měl člověk po koupání co nejrychleji vysprchovat.
- V této kategorii dochází k překročení limitu I. stupně.
- **Voda nevhodná ke koupání**
 - Označené červeným symbolem 😞
 - Koupání ve vodě označené červeným symbolem přináší zdravotní komplikace a neshoduje se s požadavky hygieny.
 - Hodnoty překračují limity II. stupně.
- **Voda nebezpečná ke koupání**
 - Označen černým symbolem 😡
 - Ve vodě označené černým symbolem je z hygienických důvodů zakázáno se koupat z důvodu akutních zdravotních problémů.
 - Stejně jako u předchozí kategorie překračují limity II. stupně. (Anon, 2004; Pumann, 2009)

2.1.4 Systém zástupců tvořící vodní květ

Následující systém sinic podílejících se na tvorbě vodního květu byl zpracován podle publikace Kalina a Váňa (2005) a Komárek et al (2014).



Obrázek 2 - Systém zástupců – vlastní zpracování

2.2 Výuka sinic na středních školách

Sinice jsou nepostradatelnou součástí vodních i terestrických ekosystémů, a tudíž se s nimi žáci setkávají každý den (viz. kapitola 2.1.1.4), aniž by si toho byli vědomi. Přesto tomuto tématu není ve výuce věnována dostatečná pozornost. Praktická výuka je spíše vzácností, a to z důvodu nedostatku času, nevhodného období, kdy je toto téma ve škole probíráno, nebo i z neznalosti učitelů, jak získat materiál k laboratorním cvičením. Učitelé se snaží tomuto tématu raději vyhýbat, protože často nemají dostatek zdrojů informací a inspirací. Dalším možným důvodem, proč se algologii na středních školách příliš nevěnuje pozornost, je nízký zájem studentů (Nolčová, Vágnerová, 2016).

Učitel může zvýšit zájem žáků o toto téma pomocí několika jednoduchých kroků, které uvádí např. Petty (2013):

- Učitel se musí zajímat o daný obor, a projevit pro něj nadšení
- Prokázat význam probíraného tématu pro reálný život (ukázka výrobků, praktické využití atd.)
- Vyučování by mělo být zajímavé a dynamické (Nolčová, Vágnerová 2016).

Při praktické výuce nemusí učitel umět určit sinice konkrétně, pouze bude stačit, pokud bude schopen daný organismus zařadit do širší taxonomické jednotky. Způsob zařazení je vhodný i pro žáky, kteří tak nebudou příliš zhlceni nadbytkem informací a latinskými názvy, které často nemají česká synonyma (Nolčová, Vágnerová, 2016).

2.2.1 Sinice v rámcovém a školním vzdělávacím programu

Rámcový vzdělávací program

Rámcový vzdělávací program (RVP) slouží jako podklad pro tvorbu školních vzdělávacích programů (ŠVP). Není proto nijak podrobný, pouze obsahuje obsah učiva, který by měl být probrán (Kaufnerová, Vágnerová, 2013).

RVP G (Rámcový vzdělávací program pro gymnázia) pochází z roku 2021. Vzdělávací oblast biologie je rozdělena do 10 okruhů, z nichž ani jeden neobsahuje sinice. Téma se dá povrchově obsáhnout ve vzdělávacím okruhu Biologie bakterií. (Kaufnerová, Vágnerová, 2013; RVP G 2021).

Zařazení sinic v rámci RVP G by mohlo vypadat následovně:

- Vzdělávací oblast: Člověk a příroda
- Vzdělávací obor: Biologie
- Tematický okruh: Biologie bakterií
- Očekávané výstupy:
 - Žák charakterizuje bakterie z ekologického, zdravotnického a hospodářského hlediska
 - Žák hodnotí způsoby ochrany proti bakteriálním onemocněním a metody jejich léčby
- Učivo: Stavba a funkce bakterií (RVP G 2021)

Školní vzdělávací program

Školní vzdělávací program vychází z rámcového vzdělávacího programu a každá škola ho sestavuje sama dle vlastního uvážení. Školní vzdělávací programy, které jsou podrobněji popsány níže, byly vybrány náhodně.

Například víceleté Gymnázium Karlovy Vary má učivo o sinicích zakotvené následovně:

Sinice jsou vyučovány v prvním ročníku víceletého Gymnázia a to v rámci prokaryot, konkrétně v rámci učiva *Sinice- specifika a začlenění do ekosystému*. Po dokončení tohoto tématu se od žáků očekává, že budou schopni charakterizovat sinice z ekologického, zdravotnického a hospodářského hlediska. To znamená, že budou umět vyjmenovat konkrétní zástupce, uvedou jejich význam v přírodě a budou schopni vysvětlit, jak souvisí eutrofizace vod s vodním květem sinic. Do průřezových témat, které s daným učivem souvisí, jsou zařazena témata jako *Člověk a životní prostředí* a *Životní prostředí regionu a ČR*. Co se týče mezipředmětových vztahů, lze biologii propojit s výchovou ke zdraví, kde by se žáci dozvěděli, jaké zdravotní problémy mohou sinice člověku způsobit. (ŠVP Gymnázium Karlovy Vary)

Na Gymnázium Olomouc – Hejčín se sinice vyučují v prvním ročníku šestiletého gymnázia v rámci tématu *prokaryotické organismy*. Po probrání daného tématu se od žáků očekává, že umí charakterizovat sinice, umí popsat typ metabolismu a způsob rozmnožování a charakterizují je z ekologického, zdravotnického a hospodářského hlediska. Téma se dá spojit s předmětem výchova ke zdraví, kde by se probíral vliv sinic na zdraví člověka. (ŠVP Gymnázia Olomouc Hejčín)

Zcela odlišné pojetí má Gymnázium Opatov, kde jsou sinice zakomponovány do tématu *voda a její okolí*. Očekávané výstupy žáků jsou následující:

- Žák uvede příklady organismů z uvedených skupin žijících ve vodě nebo její blízkosti, popíše stavbu jejich těla a způsob života.
- Žák vysvětlí pojem plankton a jednobuněčný organismus
- Žák popíše vliv sinic a bakterií na kvalitu vody (ŠVP Gymnázia Opatov)

2.2.2 Zpracování tématu sinice v učebnicích pro střední školy

Učebnice pro střední školy využívají různé systémy pro zařazení živých organismů a rozsah popisu sinic se u každé z nich liší. V následujících podkapitolách jsou uvedeny učebnice biologie pro střední školy, zejména pro čtyřletá gymnázia, obsahující informace o sinicích. V tabulce č. 2 jsou pro lepší zorientování jednotlivé informace uvedeny znovu a doplněny např. o rozmezí stránek, na kterých se lze v dané učebnici o sinicích dočíst.

| | Sinice | Zástupci sinic | Výskyt | Vodní květ sinic | Toxicita | Zdravotní rizika způsobené sinicemi | Rozmezí stránek |
|---|--|--|---|---------------------------------|----------|-------------------------------------|-----------------|
| Biologie pro Gymnázia (Jelínek, Zicháček, 2014) | Stručně uvedena charakteristika sinic; obrázek buňky sinic s popisem; zmíněny heterocyty a akinety; rozmnožování, výskyt | Uvedeny názvy jako <i>Anabaena</i> , <i>Lyngbia</i> , <i>Oscillatoria</i> , <i>Nostoc</i> a <i>Trichodesmium erythraeum</i> | Uvedena voda, vlhká půda, skály a kůry strom | Zmíněn pouze pojem „vodní květ“ | × | × | 20-21 |
| Nový přehled biologie (Rozsypal et al, 2003) | Stručně shrnuta obecná charakteristika sinic, vysvětleny pojmy jako heterocyty a akinety, uvedeny příklady | Konkrétní zástupci nejsou uvedeni, pouze jsou stručně popsány řády <i>Nostocales</i> , <i>Oscillatoriales</i> , <i>Pleurocapsales</i> , <i>Chroococcales</i> a <i>Stigonematales</i> | Zmíněna antarktická jezera, horké prameny, sladká voda moře | Zmíněn pouze pojem „vodní květ“ | × | × | 134-136 |

| | | | | | | | |
|--|--|---|--|---|--|-------------------------------------|---------|
| | rozmnožování sinic | | | | | | |
| Biologie buněk (Závodská, 2006) | Jedna celá kapitola věnovaná sinicím. Uvedeno, mezi které organismy patří, zmíněn VKS, tylakoidy s chlorofylem, stromatolity, symbióza a některé specializované buňky. | <i>Microcystis</i> , <i>Anabaena</i> – zástupci vodního květu; další zástupci zmíněny u mikroskopických obrázků | Uvedeno, že se nacházejí sladké a slané vodě, půdě, uvnitř kamenů, na smáčených stěnách, horkých pramenech, pouštích a polárních oblastech | Uveden pojem, kde VKS najdeme, zástupci, kteří ho tvoří a při jakým podmínkách dojde k jejich přemnožení. | Pouze uvedeno, že sinice vodního květu produkují toxiny. | Zmíněné alergické reakce a vyrážky. | 120-123 |
| Biologie prokaryot, nižších a vyšších rostlin, hub (Jelínek, 1997) | Stručně uvedena charakteristika sinic; obrázek buňky sinic s popisem; zmíněny heterocyty a akinety; rozmnožování, výskyt | Uvedeny názvy jako <i>Anabaena</i> , <i>Lyngbia</i> , <i>Oscillatoria</i> , <i>Nostoc</i> a <i>Trichodesmium erythraeum</i> | Z výskytu sinic je uvedena voda, vlhká půda, skály a kůry stromů | Zmíněn pouze pojem „vodní květ“ | × | × | 27-29 |

Tabulka 2 – Shrnutí tématu sinice ve středoškolských učebnicích – vlastní zpracování

Biologie pro Gymnázia (Jelínek, Zicháček, 2014)

Učebnice zahrnuje veškeré učivo biologie pro čtyřletá gymnázia. Je rozdělená na teoretickou část, praktickou část (vzorové testy, návrhy k laboratorním cvičením) a část s obrázky, díky kterým je mezi vyučujícími oblíbená. Organismy jsou rozděleny do tří domén – *Archea*, *Bakterie* a *Eukaryota*. Sinice jsou poté zahrnuty v podkapitole *Prokaryota*, kde je stručně popsána jejich stavba, barviva, rozmnožování, výskyt. Ze zástupců jsou zmíněny pouze rody *Anabaena* a *Nostoc*.

Nový přehled biologie (Rosypal et al, 2003)

Stejně jako předešlá učebnice, rozděluje Nový přehled biologie organismy do 3 domén *Bakterie*, *Archea* a *Eukaryota*. Sinice jsou popsány v kapitole *Bakterie*, konkrétně v podkapitole Systém bakterií – oxygenní fototrofní bakterie. V textu je obsažen popis barviv,

buněk – heterocyst a akinet, také jejich výskyt a rozdělení podle morfologických vlastností. Žák je seznámen s řády *Chroococcales*, *Pleurocapsales*, *Oscillatoriales*, *Nostocales*, *Stigonematales*.

Nový přehled biologie (Rozsypal a kol., 2003) obsahuje mnohem více informací, než se zvládne během jednotlivých hodin probrat. Z tohoto důvodu je učebnice doporučována pro žáky, kteří se chtějí biologie věnovat více nebo kteří navštěvují biologické semináře.

Biologie buněk (Závodská, 2006)

Učebnice je rozdělena do 14 kapitol, které se věnují popisu buněk, bakterií, sinic, archeí a virů. Pro lepší pochopení obsahuje učebnice obrázky. Na konci každé kapitoly jsou pojmy k zapamatování, otázky a úkoly a testové otázky. Učebnice obsahuje celou kapitolu věnovanou sinicím na stránce 120-123.

Biologie prokaryot, nižších a vyšších rostlin, hub (Jelínek, 1997)

Učebnice je obsahově podobná Biologii pro gymnázia. Je ovšem starší a liší se v množství informací, jelikož popisuje pouze prokaryota, nižší a vyšší rostliny a houby. Součástí učebnice jsou i obrázky, pomocí kterých jsou kapitoly lépe pochopitelné. Sinice jsou zařazeny do nadříše *Prokaryota* a říše *Protocellulata*.

2.2.2.1 Shrnutí dostupnosti tématu sinic ve středoškolských materiálech

„Pokud bychom pátrali, odkud mají žáci většinu informací o sinicích a řasách, zjistíme, že prakticky jediným zdrojem jsou učebnice. Proto Kaufnerová a Vágnerová (2013) provedly studii výkladu sinic a řas v učebních textech pro základní a střední školy, která do určité míry odhalila slabiny výuky tohoto tématu ve školách. Tyto nedostatky navíc prohlubuje jen výjimečné využívání živého materiálů (přírodních vzorků sinic a řas, kultur modelových druhů) ve výuce na obou stupních škol.“ (Kaufnerová, Vágnerová, 2013).

2.2.3 Praktická cvičení

Janštová (2015) odkazuje na vliv praktických cvičení na motivaci žáků ke studiu biologie provedeným výzkumem. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze nabízela různě zaměřená praktická cvičení z biologie základním a středním školám. Cvičení probíhala buď v prostorách fakulty nebo přímo na středních školách a byla vedena fakultním lektorem nebo proškoleným středoškolským učitelem.

Z výsledků dotazníků zúčastněných žáků vyplynulo, že motivace žáků ke studiu biologie po praktickém cvičení průkazně stoupla.

Autorky Nolčová a Vágnerová (2016) uvádí, že praktická cvičení jsou vhodným motivačním činitelem, při kterém žáci získávají nejen manuální návyky, ale v případě mikroskopického pozorování také povědomí o organismech, s kterými se nemohli dosud setkat. Poukazují na to, že mikroskopická praktika jsou z tohoto pohledu při výuce algologie klíčová. V neposlední řadě vysvětlují, že zvolením vizuálně atraktivních zástupců při pozorování, lze zájem žáků o toto téma nejen podpořit, ale také je větší šance, že si žáci nové informace zapamatují.

Někdy může být problém nalézt náměty na biologická laboratorní cvičení, protože jen málo učebnic pro střední školy obsahuje návody na cvičení. Vinter a Králíček (2016) ve své publikaci radí, že je dobré využít starší literaturu (70., 80. léta). V publikaci Cvičení z biologie I od autorů Boháče a Lenochové můžeme najít pozorování sinic, které je zaměřeno i na sledování sinicového škrobu. Z novějších publikací lze uvést příručku Biologie: Laboratorní a terénní cvičení (Dobroruková et al, 2015), ve které jsou zmíněny dva náměty na pozorování sinic, a to Zkoumání toxicity sinic a Pozorování buněčné stěny řas a sinic.

2.2.3.1 Odběry materiálů pro laboratorní cvičení

Nolčová a Vágnerová (2016) informují, že pořízení planktonní sítě není pro školu finančně příliš náročné a pro zkvalitnění výuky sinic je tato pomůcka velmi nápomocná. Odkazují také na možnost zaslání vzorků běžných druhů sinic z některé algologické stanice, např. Centrum biologie a geověd FPE ZČU. Upozorňují ale na to, že získání tohoto materiálu je výhodné v tom, že si učitel bude jist, jakého zástupce žáci pozorují, ale na druhou stranu budou žáci tímto ochuzeni o celkovou představu o druhové rozmanitosti určitého přírodního stanoviště tím, že ve vzorku budou pozorovat pouze jeden druh organismu.

2.2.3.2 Metody izolace a kultivace sinic

Jednou z možností, jak zpřístupnit žákům ve výuce sinice i v období vegetačního klidu, je izolace kultur a jejich dlouhodobé udržování ve školních laboratorních podmínkách. Pro kultivaci sinic se dobře osvědčilo Boldovo bazální médium (BBM). Kultivační médium nalejeme do kultivačních nádob (horkým vzduchem sterilizované zkumavky či Erlenmayerovy baňky) a uzavřeme víčkem z alobalu. Před naočkováním kultury je potřeba kultivační médium sterilizovat. Sterilizace se provádí za teploty 121 °C po dobu 20 minut nejlépe v autoklávu, ale můžeme ho nahradit i běžným tlakovým hrncem (Kaufnerová, 2015).

Kaufnerová (2015) ve své publikaci radí, že pro odběr vzorku fytoplanktonu je vhodné použít planktonní síť s průměrem ok 20 či 40 μm , kterou ale lze nahradit plastovou PET lahví (1,5 l). Následnou sedimentací a centrifugací jejího obsahu je možné získat vzorky fytoplanktonu. Co nejdříve po odběru je podle autorky nezbytné umístit přírodní vzorek až do doby jeho zpracování do chladu a tím zamezit snížení rozpustnosti plynů ve vzorku a změně pH. Pro techniku izolace mikroorganismů jsou vhodné i skleněné mikropipety.

Při dlouhodobém udržování kultury je potřebné dodávat kultivovanému kmeni dostatečný přísun živin pomocí přeočkování kultury do nové kultivační nádoby se sterilním živným médiem. K dlouhodobému uskladnění kultury je vhodné zvolit chladné prostředí s dostatečným přístupem světla (Kaufnerová, 2015).

2.3 Popularizační materiály

Protože středoškolské učebnice neobsahují dostatečné množství informací o toxicitě sinic, mohou vyučující potřebné podklady pro výuku čerpat v tzv. popularizačních periodikách či příručkách. Mezi nejvhodnější z nich patří populárně odporný časopis *Živa*, *Vesmír* nebo *Veronica*.

- **Živa** – populárně vědecký časopis obsahující příspěvky z různých biologických oborů. Časopis vychází od roku 1953. Má však i své online stránky, na kterých najdeme kolonku „Pro pedagogy a studenty“ s výukovými materiály pro studenty. Co se samotných sinic týče, v časopisu jsou publikovány články spojené např. s jejich vývojem (*Evoluce sinic a řas v moderním pojetí* (Kaštovský, Juráň, 2016)), toxicitou (*Vliv toxinů sinic na teplokrevné obratlovce a člověka* (Maršálek, 2004)); *Toxiny sinic – zbraň proti konkurenci?* (Babica, Maršálek, 2004)) či mikroskopováním (*Pohled do mikroskopického světa sinic* (Šejnohová, Maršálek, 2005)).
- **Vesmír** – časopis seznamuje širokou veřejnost s aktuálními výzkumy, zejména přírodovědnými. Vychází jednou za měsíc, ale články si lidé mohou za poplatek přečíst i online. O sinicích si můžeme přečíst například v článcích: *Sinice – Hrozba pro pitnou vodu*, *Noví nebezpeční vodní veřelci*, *Když přehrady rozkvetou* nebo *Vliv organických látek produkovaných sinicemi na úpravu vody*.
- **Veronica** – environmentálně-kulturní časopis vycházející 4x ročně, jehož články přináší hlubší pohled do ekologických problémů. Články lze nalézt i online. Najdeme zde například tyto články: *Jak se v dnešní době mají sinice?*, *Invazivní sinice – nájezdníci z jihu a východu*, *Toxiny sinic v rybách – realita ČR*, *Koupání se sinicemi*.

2.4 Popularizační příručky

Co si představit pod pojmem popularizace?

Popularizací, respektive popularizací vědy, se rozumí rozšiřování poznatků, úspěchů a metodik vědy do podvědomí široké veřejnosti pomocí různých sdělovacích prostředků, jejímž hlavním cílem je vzbudit zájem o přírodovědné obory (Rohlíková, Vejvodová, 2016).

Na otázku, v čem je popularizace užitečná, si jistě dokážeme odpovědět sami. Jelikož žijeme v době, která je „přehlcená“ všemožnými informacemi, je pro nás snadné se samovolně vzdělávat a informovat o tématech, které nás zajímají. Proto můžeme námi vybrané problematice do jisté míry porozumět, aniž bychom měli patřičné vzdělání. Dostatek informací rovněž může studentům pomoci při výběru jejich budoucích povolání (Rohlíková, Vejvodová, 2016).

S velkým množstvím informací ale přichází riziko, zda článek, který jsme si vybrali, obsahuje pravdivé informace a jeho autor dospěl ke správné hypotéze. Tento problém může nastat ve chvíli, kdy autor správně neporozumí zdrojům, ze kterých čerpá informace nebo záměrně překroutí pravdu, ať už ze společenských, politických nebo jiných důvodů (Rohlíková, Vejvodová, 2016).

Proč popularizovat?

Antonín Altmann roku 1975 formuloval didaktické zásady pro výuku biologie. Tyto didaktické zásady se týkají činnosti učitele (vyučování), činnosti žáka (učení), výběru a zpracování obsahu výuky (tematické plány a učebnice), růstu a psychických zvláštností duševního vývoje žáků, vyučovacích metod, prostředků a organizačních forem výuky. Jsou komplexní, navzájem se prolínají, ovlivňují a doplňují (Pavlasová, 2013).

Jednou ze zásad je zásada spojení teorie s praxí a zásada spojení školy se životem, která vyžaduje, aby žáci získávali nové poznatky na základě praxe, aby teoretické poznatky ověřovali v praxi a aby vědomosti a dovednosti ze všech disciplín biologie dokázali používat i mimo školu. Pedagog by měl při výkladu jednotlivých témat poukazovat i na jejich praktické využití a měl by se snažit zařazovat do výuky co nejvíce takového učiva, které žák použije v běžném životě. Mezi praktické činnosti můžeme uvést určování rostlin, mikroskopování, chovatelství či témata jako jsou hygiena, výživa nebo ochrana zdraví (Pavlasová, 2013).

Popularizace biologie

„Biologie je dnes věda, která jde neustále vpřed, vyvíjí se nejen v rámci základního výzkumu, ale i v řadě aplikovaných oborů, jako je medicína, farmacie nebo ochrana životního prostředí. Přesto zájem o ni trochu upadá, ať už v řadách žáků a studentů, nebo z pohledu veřejnosti.“
(Vágnerová, Mergl, 2016)

Jelikož je biologie věda, ve které můžeme snadno dosáhnout zájmu žáků a vzbudit jejich nadšení pro biologii, je také snadné ji různými způsoby popularizovat. Popularizace biologie může probíhat jak na úrovni škol, tak i institucí, kdy na základě snadné dostupnosti živých organismů je můžeme žákům přiblížit pomocí fotek, videí nebo i praktických a laboratorních cvičení. Páni učitelé/paní učitelky mohou zorganizovat exkurze do zoologických/botanických zahrad, záchranných stanic, čistíren odpadních vod nebo přírodovědných muzeí. (Vágnerová, Mergl, 2016)

Popularizace ve výuce a motivace

Upadání zájmu o přírodovědné obory spočívá dle Stephena Hawkinga ve špatném způsobu výuky přírodovědných předmětů. Je to patrné především u žáků základních škol, u kterých si můžeme všimnout, že mají problém pochopit a porozumět přírodovědným předmětům. Jedním možným řešením je používání informačních a komunikačních technologií, které jsou v dnešní době čím dál více využívány. Dalším možným způsobem, jak žákům přiblížit přírodovědnou problematiku, jsou projektové dny nebo propojování tématu s jinými předměty, tzv. mezipředmětové vztahy, a pokusit se tématiku interpretovat z vícero úhlů pohledu (Rohlíková, Vejvodová, 2016).

Nesmíme opomenout, že pro dosažení většího zájmu žáků o přírodovědné předměty je důležité nadšení učitele. Pouze tehdy, když je učitel zapálený do svého předmětu a je podporováno jeho další vzdělávání, dokáže nadchnout i své žáky a popřípadě je tím i namotivovat k jejich dalšímu studiu biologie (Rohlíková, Vejvodová, 2016).

Pro většinu učitelů, ať už začínajících ale i zkušených, je motivace důležitým faktorem, prostřednictvím kterého dokáže žáky přimět chtít se učit. V případě, že se učit nechtějí, vzniká tím překážka v jejich vzdělání, která je limitující nejen pro ně, ale i pro učitele. Problém, ale může nastat v tom, že žáci neshledávají učivo zajímavé, jelikož pro něj v běžném životě nenajdou praktické využití, a proto jim přijde zbytečné se daným učivem více zaobírat. *„Pokud však učíte základy zednického řemesla někoho, kdo si chce postavit zeď kolem zahrady,*

nebo astronomii studenta, který propadl kouzlu astronomického dalekohledu, problémy s motivací jednoduše zmizí. Je tedy nutné, abychom se snažili vytvářet souvislosti se zájmy svých žáků.“ (Petty, 2013).

Dalším důležitým bodem z hlediska motivace je vzbuzování zvědavosti a zájmu prostřednictvím zajímavého způsobu vyučování. Toho můžou pedagogové dosáhnout např. projeví-li zájem o svůj obor, propojování učiva s každodenním životem či skutečným světem (exkurze, filmy, nošení do hodiny předmětů z praxe aj.), propojování učiva s tím, co žáky zajímá nebo je učít tvořivosti, sebevyjadřování a aktivně je zapojovat do výuky (Petty 2013).

Popularizace pro střední školy

Kdybychom pátrali po popularizačních příručkách, které se věnují sinicím, zjistili bychom, že kromě jedné žádná neexistuje. Anglicky psaná příručka nese název „*To make the water clean...*“ a slouží k lepší informovanosti široké veřejnosti o znečištění vod. Čtenáře seznamuje s důležitostí vody a vegetace na březích, typech kontaminace, nápravných opatřeních a nápravných metodách používaných v nádržích. Celá brožurka je ilustrovaná a provázena prostřednictvím bobra, který se tváří buď smutně nebo vesele (podle závažnosti informací, které čtenáři „sděluje“).

Dalším příkladem popularizačních aktivit jsou akce pořádané Botanickým ústavem AV ČR v.v.i., který se snaží přiblížit vědu široké veřejnosti, zejména žákům základních a středních škol. Vzhledem k jejich zaměření se tyto popularizační aktivity týkají ekologie vody, výskytu sinic a boji proti VKS, úpravě pitné vody, čištění vod nebo fytoplanktonu. Prezentování určitého tématu probíhá buď formou výstav, exkurzí nebo jednoduše formou přednášek. V minulých letech se žáci mohli zúčastnit např. projektu Voda kolem nás, v rámci kterého byly obeznámeni s úpravou vody na vodu pitnou, čištěním odpadních vod, kvalitou pitné vody a mnoha dalšími tématy. (<https://www.ibot.cas.cz/cs/vedecke-skupiny-a-laboratore/oddeleni-experimentalni-fykologie-a-ekotoxikologie/popularizace/>)

3 METODIKA

3.1 DOTAZNÍK

S cílem zjistit informace ohledně výuky sinic na SŠ a poskytnutí podkladu pro pedagogickou příručku jsem vytvořila dva dotazníky, první s názvem „pro studenty“ a druhý s názvem „pro učitele“.

Ve středu 20. 4. 2022 jsem byla na hospitaci v prvním ročníku Gymnázia Třebíč. Během jedné hodiny jsem shlédla desetiminutovou prezentaci připravenou dvěma žáky na téma sinice a opakování tématu s paní učitelkou PaedR. Jitkou Svobodovou. Dále jsem byla požádána, zda bych mohla žákům shrnout zajímavé informace, které se v hodině nedozví. Kromě zajímavostí jsem si pro žáky připravila dotazník (viz obrázek č. 3). V rámci dotazníku žáci odpovídali na otázky, které se týkaly nejen výuky sinic, ale i jejich informovanosti o daném tématu. Tento dotazník mi posloužil pouze pro mé zběžné zorientování ve výuce sinic na středních školách a částečně také jako inspirace pro tvorbu pedagogické příručky. Dotazník mi vyplnilo celkem 28 žáků a na jeho vyplnění měli 5 minut. Po jeho vyplnění jsem přešla k zajímavým informacím. Třídě jsem řekla, čím je způsobený vodní květ sinic, čím je nebezpečný, jaké faktory způsobují přemnožení sinic, co je to eutrofizace a čím je způsobená, jak lze výskyt vodního květu omezit nebo popřípadě odstranit jaké zdravotní komplikace mohou nastat po kontaktu se sinicemi. Zdrojem pro mě byly informace obsažené v kapitole 2.

Druhý dotazník s názvem „Výuka sinic na SŠ“ (viz obrázek č. 4) jsem vytvořila na webové stránce Survio.com a rozeslala ho na 7 škol (většinou gymnázií) nacházející se v kraji Vysočina – Třebíč, Pozďatín, Jihlava, Moravské Budějovice, Velké Meziříčí. E-mail jsem rozeslala v úterý 26. 4. 2022 mezi ředitele škol či zástupce ředitele, kteří dotazník rozeslali dále. Školy jsem vybrala záměrně. Protože pocházím z Třebíče a jednou bych zde chtěla i pracovat, vybrala jsem 7 škol v jejím okolí. Pro dotazník je vyčleněno přibližně 10 minut a obsahuje 12 otázek, ve kterých jsem potřebovala zjistit zejména v rámci jakého okruhu jsou sinice vyučovány, kolik hodin jim je věnováno, kteří zástupci jsou zmiňováni, zda mají praktická cvičení věnovaná cvičení sinicím, popřípadě kolik vyučujících hodin a na co se v rámci cvičení zaměřují. Jedna z otázek také byla, zda by pedagogové uvítali příručku, která by jim pomohla ozvláštnit výuku. Dotazník probíhal online formou, zobrazilo si ho 11 respondentů, z nichž mi odpovědělo pouze 6 v průběhu jednoho týdne.

DOTAZNÍK

1. Než jste byli s tématem seznámeni ve škole, věděli jste, co to sinice jsou?
a) ANO b) NE c) NEJSEM SI JISTÝ
2. Věděli jste, na jakých místech se s nimi můžete setkat?
a) ANO b) NE c) NEJSEM SI JISTÝ
3. Setkali jste se dříve s pojmem „vodní květ sinic“?
a) ANO b) NE c) NEJSEM SI JISTÝ
4. Pokud jste se s tímto pojmem setkali, kde to bylo? (např. televizní noviny, články na internetu, časopisy, noviny, dozvěděl jsem se to od někoho jiného atd.)

5. Byli jste si vědomi toho, jaká zdravotní rizika mohou nastat po koupání ve vodě, která obsahuje sinice?
a) ANO b) NE
6. Věděli byste, na jakých stránkách můžete najít, ve kterých vodách v ČR jsou sinice? Pokud ano, uveďte název stránky.

7. Věděli jste, kolik je kategorií pro označení čistoty vody ve vztahu k vodnímu květu sinic a jakými symboly a barvami jsou označené? Pokud ano, uveďte jaké.

8. Bylo by pro vás zajímavější probírat sinice i v rámci laboratorních cvičení, abyste si lépe prohlédli jednotlivé zástupce?
a) ANO b) NE
9. Je toto téma pro vás zajímavé? Pokud ne, uveďte proč. (např. je to pro mě těžší k pochopení, není to tak zábavné jako jiná témata aj.)

10. Myslíte si, že učivo sinic jste probrali dostatečně? Máte pocit, že se v dané problematice orientujete? Pokud ne, uveďte proč.

Obrázek 3 - Dotazník pro studenty

 **Výuka sinic na SŠ**

Věnujte prosím chvíli vyplnění dotazníku týkajícího se výuky sinic na středních školách. Výsledky nebudou nikde zveřejněny, pouze poslouží jako zdroj informací pro dokončení bakalářské práce.

1. V rámci kterého okruhu vyučujete sinice?*

Napište jedno nebo více slov...

2. Kolik hodin je věnováno výuce sinic na vaší škole?*

Vyberte jednu odpověď

žádná

1 hodina

2 hodiny

Jiná...

+

3. Jaké zástupce sinic během vyučování zmiňujete?*

Napište jedno nebo více slov... 500

+

4. Jaká je frekvence cvičení z biologie v 1. ročníku?*

Vyberte jednu odpověď

jednou týdně

jednou za 14 dní

jednou za měsíc

žádná cvičení v prvním ročníku neprobíhají

Jiná...

+

5. Umožňuje Vám časová dotace mít zařazené sinice do biologických cvičení?*

Vyberte jednu odpověď

Ano

Ne

+

6. Pokud ano, kolik času jim můžete věnovat?

Vyberte jednu nebo více odpovědí

Pouze jednu vyučovací hodinu

Dvě vyučovací hodiny (jedna dvouhodinovka)

Jiná...

+

7. Na co se během cvičení zaměřujete? (Jakou problematiku dané látky chcete v rámci cvičení procvičit/vyzdvihnout)

Napište jedno nebo více slov... 500

+

8. Pokud nemáte sinice zařazené do laboratorních cvičení, uveďte důvod.*

Vyberte jednu odpověď

Nedostatek času

Škola nemá k dispozici trvalé preparáty

Nevím jak na odběr v terénu

Jiná...

+

9. Pomohli by Vám vzorky nejčastějších zástupců dodané externě, např. univerzitou či Akademií věd ČR?*

Vyberte jednu odpověď

Ano

Ne

+

10. Jaký je podle Vás ideální počet studentů na laboratorních cvičení? (Prosím odůvodněte)*

Napište jedno nebo více slov...

+

11. Pomohla by Vám při výuce pedagogická příručka s návody odběru, určování zástupců a jinými zajímavostmi, kterými byste mohli výuku zpestřit?*

Vyberte jednu odpověď

Ano

Ne

Jiná...

+

12. Co jiného byste mi chtěli sdělit?

Napište jedno nebo více slov... 500

+

Děkuji Vám za Váš čas a za pomoc při průzkumu, ze kterého vychází praktická část mé bakalářské práce.

Obrázek 4 - Dotazník pro učitele

3.2 PEDAGOGICKÁ PŘÍRUČKA

Pedagogickou příručku jsem na základě doporučení vytvořila obecně na sinice a ne pouze se zaměřením na vodní květ sinic. Vzhledem k praktičnosti tisku jsem ji vložila jako samostatný soubor do přílohy, aby bylo možné tisknout příručku samostatně, na velikost papíru A4 a vzhledem k ceně barevných tonerů černobíle.

Příručku jsem rozdělila do deseti kapitol s cílem poskytnout oporu v mnoha směrech:

1. Stručný úvod o sinicích
2. Odběr sinic
3. Atlas sinic
4. Návrh pracovního cvičení
5. Pracovní cvičení – řešení
6. Aktivity pro zopakování učiva
7. Vzorový test
8. Vzorový test řešení
9. Slovník pojmů
10. Webové stránky věnované sinicím

Náměty na její obsah jsem brala z výsledků dotazníku (viz kapitola 4.1), publikací či webových stránek věnovaným sinicím, publikací obsahující aktivity do výuky nebo náměty pro pracovní cvičení do biologie. Aby bylo možné navrhnout aktivity pro opakování či pracovní cvičení, vycházela jsem zároveň z jednogodinové dotace běžných hodin a dvouhodinové dotace pracovních cvičení uvedených v dotazníku.

První polovina příručky (kap. 1 - 5):

Stručný úvod o sinicích jsem čerpala z informací uvedených v teoretické části mé bakalářské práce. Při sepisování kapitoly o odběru sinic jsem čerpala nejen z informací sepsaných v teoretické části, ale i z publikace *Průvodce mikrosvětlem sinic a řas* a doplnila je o praktické poznámky vedoucí práce. V této kapitole jsem zmínila např. jak udělat odběr pomocí planktonní síťky, kdy odběr provádět nebo jak vytipovat správnou nádrž. Zástupci jmenovaní v atlasu sinic jsem vybrala na základě dotazníku. Z devíti zmiňovaných jsem vybrala sedm zástupců, které respondenti nejčastěji zmiňovali – *Dolichospermum*, *Aphanizomenon*, *Chroococcus*, *Microcystis*, *Nostoc*, *Spirulina* a *Oscillatoria*. Při jejich popisu jsem pracovala s publikacemi *Atlas sinic a řas ČR 1*, *Průvodcem mikrosvětlem sinic a řas* a *Malý obrazový atlas našich sinic a řas*. Text jsem doplnila o fotografie, které jsem převzala z webové stránky

univerzitního charakteru www.sinicearasy.cz. Při návrhu pracovního cvičení jsem vycházela rovněž z dotazníku. Byly pro mě důležité informace, jako kolik hodiny týdně je věnovaných pracovnímu cvičení z biologie a čemu kladou respondenti důraz při pozorování sinic. Pracovní cvičení jsem proto navrhla pro jedno cvičení, které probíhá jednou za čtrnáct dní formou „dvouhodinovky“. Námět jsem čerpala z publikace *Biologie: Laboratorní a terénní cvičení*. Zaměřila jsem ho na poznávání sinic makroskopicky a mikroskopicky a na uvědomění si jejich rozdílů oproti řasám.

Druhá polovina příručky (kap. 6 - 10):

Při navrhování aktivit jsem vycházela z publikace *Moderní didaktika: lexikon výukových a hodnotících metod*. Publikaci jsem si nejprve prostudovala a zjistila jaké jsou možnosti. Poté jsem z nich vybrala přibližně 10, které mi přišly nejvíce zábavné, efektivní a které by žáci mohli znát. Při jejich výběru jsem se primárně zaměřila na ty, které trvají maximálně 10 minut. Součástí jsou ale ale aktivity, které trvají déle než 10 minut. Vybranými aktivitami byla metoda I.N.S.E.R.T., metoda SQ4R, AZ kvíz, Riskuj, ANO/NE, Osmisměrka, Pexeso, Bingo, Kdo jsem? a Brainstorming – jednopólový diamant. Kvůli rozsahu příručky jsem však byla nucena vyřadit metodu SQ4R a aktivitu Riskuj. U aktivit jsem uvedla časovou náročnost a pro jakou školu jsou věnované (některé mohou být využity i na ZŠ). Každá z nich obsahuje instrukce pro učitele, pro žáky a některé z nich vzorové zadání s možným řešením. Vzrův test jsem tvořila formou „didaktického testu“, tzn. obsahuje doplňování do vět, přiřazování pojmů k jejich definicím, vybírání zda je tvrzení pravdivé či nikoliv a popřípadě jeho následná oprava a pojmenování zástupce uvedeného na obrázku. Celý test je vytvořený tím způsobem, že po jeho vyplnění může posloužit jako charakteristika sinic (není zaměřen pouze na stavbu buňky nebo zástupce). Náměty na otázky vychází z informací uvedených v teoretické části bakalářské práce. K testu jsem uvedla jeho řešení, aby bylo jednodušší test využít. Slovník pojmů jsem vytvářela pomocí publikací *Atlas sinic a řas ČR I* a *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*. Seznam nejdůležitějších pojmů jsem vybírala z pojmů, které jsem sama zmínila v bakalářské práci a u kterých si myslím, že by na ně mohli učitelé a žáci během výuky narazit. Pedagogickou příručku jsem zakončila uvedením zdrojů webových stránek, které se věnují sinicím. Vybrané stránky jsem sama použila při hledání zdrojů pro bakalářskou práci. Jelikož středoškolské učebnice obsahují málo informací o sinicích, uvedla jsem především ty, které by mohly posloužit jako rozšiřující materiál. Jedná se o stránky www.sinice.cz, www.sinicearasy.cz, www.szu.cz a www.koupacivody.cz.

4 VÝSLEDKY

V praktické části své bakalářské práce jsem vytvořila příručku, která nese název *Pedagogická příručka pro učitele středních škol – Sinice a vodní květ? Více informací chci hned teď!* s cílem zajistit pedagogům materiál pro zábavnější výuku. Při rozboru středoškolských učebnic jsem došla k závěru, že v nich nejsou sinice popsány dostatečně, a proto jsem vytvořila příručku, která by sdružovala důležité informace a zároveň odkazy na různé stránky věnované sinicím, které by kromě samostatné příručky mohly rovněž posloužit jako vhodný zdroj informací.

4.1 DOTAZNÍK

Dotazník s názvem Výuka sinic na SŠ (viz obrázek č. 4) si zobrazilo 11 středoškolských pedagogů, ze kterých mi ho vyplnilo pouze 6 lidí. Návratnost tedy činila pouhých 54,5 %. Z provedeného dotazníku vyplývá následující:

Celkem bylo položeno 12 otázek, ze kterých jsem získala následující informace. Sinice jsou nejčastěji vyučovány v rámci prokaryot (méně často v rámci Bacteria nebo výjimečně jako samostatná kapitola) a **bývá jim vyhrazena 1, popřípadě 2 vyučovací hodiny**. Během hodiny jsou nejčastěji zmiňováni zástupci jako *Nostoc*, *Chroococcus*, *Oscillatoria*, *Spirulina*, *Dolichospermum (Anabanea)*, *Microcystis*, *Aphanizomenon*. Co se týče pracovních cvičení v prvních ročnících, tak na některých školách probíhá buď jednou za 14 dní nebo jednou týdně. Ve zbylých případech (33 %) nemají pro první ročníky laboratorní cvičení vyhraněné. Na školách, které mají pracovní cvičení z biologie zařazené do výuky, umožňuje časová dotace sinice pozorovat. Pedagogové se soustředí především na stavbu buněk a jejich rozdíly u jednotlivých druhů a na rozdíly poznávacích znaků bakterií v porovnání s řasami. Cvičení probíhá v počtu žáků, který se pohybuje v rozmezí od 10 do 15 (maximálně) a to z toho důvodu, že čím méně žáků ve třídě je, tím více se jim mohou individuálně věnovat a pomoci jim např. s mikroskopem, kontrolovat, zda pokračují v postupu správně nebo se individuálně věnovat otázkám žáků. Pokud školy nemají zařazené sinice do pracovních cvičení, byl nejčastější důvod udáván nedostatek času, popřípadě kolonka jiné, která bohužel nebyla více rozvinuta. Největší shoda pedagogů byla u otázky ohledně poskytnutí nejčastějších zástupců externě, jako např. univerzitou nebo Akademií věd ČR, kde až na jednoho respondenta odpověděli, že by jim tyto vzorky pomohly.

Poslední otázka se týkala toho, zda by pedagogům pomohla v rámci výuky pedagogická příručka s návody odběru, určování zástupců a jinými zajímavostmi, kterými by mohli zpestřit výuku. Naštěstí jsem se dočkala kladné zpětné vazby, jelikož 50 % respondentů odpovědělo, že by příručku uvítali a někteří z nich dokonce, že už se na ni těší.

4.2 PEDAGOGICKÁ PŘÍRUČKA

Pedagogickou příručku (viz příloha 1) jsem vytvořila na základě dotazníku (viz kapitola 3), ve kterém 50 % respondentů uvedlo, že by jim ve výuce pomohla. Je určena především pro pedagogy středních škol, ačkoliv některé aktivity pro zopakování by bylo možné aplikovat i v 6. ročníku v hodinách přírodopisu. Její součástí je stručný úvod o sinicích, návod pro jejich odběr, atlas sedmi nejčastěji zmiňovaných zástupců v dotazníku, návrh pracovního cvičení včetně jeho řešení. Dále obsahuje osm aktivit pro zopakování učiva, vzorový test včetně jeho řešení, slovník pojmů a odkazy na webové stránky věnované sinicím. Celou příručku jsem vložila do přílohy, aby byla možnost ji samostatně vytisknout.

5 DISKUZE

Dotazník B (viz kapitola 3.1), tedy dotazník vytvořený na portálu Survio, jsem rozeslala pouze mezi 7 škol v kraji Vysočina. Tato volba se nakonec neukázala tolik vhodná. Ačkoliv byly odpovědi obsahově dostačující pro tvorbu pedagogické příručky, obdržené odpovědi pocházely pouze od šesti respondentů, což je málo. Proto by bylo příště lepší rozeslat dotazník do více škol z různých krajů. Na druhou stranu musím vzít v úvahu, že návratnost odpovědí pro můj dotazník činila 54,5 %, což je více než průměrná návratnost u dotazníků. Co se samotných otázek týče, u některých se vyskytovala odpověď jiné, která bohužel nebyla více specifikována. Tato odpověď byla zaškrtnuta např. u otázky, zda mají školy zařazeny sinice do pracovních cvičení. Z odpovědí vyplývající z předešlých otázek se domnívám, že tuto kolonku vybrali ti respondenti, kterým časová dotace neumožňuje mít v prvních ročnících pracovní cvičení zařazené.

Podle výsledku mého dotazníku jsou sinicím na SŠ věnovány 2 hodiny v rámci pracovního cvičení. Inspiraci pro pracovní cvičení mohou pedagogové najít na webové stránce <https://www.sinicearasy.cz/pro-u%C4%8Ditele>, ze které mohou pro větší motivaci žáků využít pracovní list Sinice a řasy pro střední školy od Mgr. Josefa Juráně.

Pracovní list vytvořený Juráněm je na 5 stran. Na 4 z 5 stran jsou popsáni zástupci *Chroococcus*, *Arthrospira*, *Nostoc*, *Oscillatoria* a *Scytonema*. Úkolem žáků je, si text pečlivě přečíst, jednotlivé zástupce pozorovat, nakreslit a popsat. Pozorování zástupců je doplněno o úkoly typu přiřazování, kroužkování správné odpovědi či odpovídání na otázku. Poslední úkol se týká vyhledávání odpovědí na internetu a určování správnosti daného tvrzení. V pracovním listě bohužel není uvedena časová dotace, pomůcky a autorské řešení. Na druhou stranu nesmím opomenout, že se jedná o jeden z prvních pracovních listů na sinice vytvořený teprve před pár lety, a i přes některé nedostatky poslouží jako vhodný materiál. V případě, že škola nemá v prvním ročníku pracovní cvičení, v rámci kterých by mohli sinice pozorovat, mohou pracovní list od Juráně využít i během běžné hodiny.

V rámci pedagogické příručky jsem vytvořila protokol pro makroskopické a mikroskopické pozorování sinic. Doporučuji soustředit se pouze na jednoho vybraného zástupce, se kterým by dále pracovali. Nejprve by se ho pomocí otázek pokusili zařadit mezi sinice a tím ho oddělit od řas. Následně by zástupce zakreslili a popsali (např. typ stélky, možný výskyt kolonií atd.). V závěru by shrnuli své makroskopické a mikroskopické pozorování, uvedli by hlavní znaky sinic, pozorovaného zástupce a odpověděli by na otázky a úkoly, které jsou součástí cvičení. Pracovní list zahrnuje informace o časové dotaci a vyučující mají k dispozici autorské řešení.

6 ZÁVĚR

V rámci **literární rešerše** jsem uvedla obecnou charakteristiku sinic, ve které jsem kladla důraz na vodní květ sinic. Vodí květ sinic je ve stojatých vodách tvořen v důsledku působení mnoha faktorů jako eutrofizace, teplota, pH a osvětlení. K eutrofizaci dochází při špatném vyčištění odpadních vod nebo splachem z povodí způsobující obohacení vod o fosfor a dusík. Sinice produkují širokou škálu sekundárních metabolitů – cyanotoxinů, které mohou způsobovat závažné zdravotní problémy. Podle účinku se dělí na hepatotoxiny, neurotoxiny, dermatotoxiny a cytotoxiny. Smrtebnými toxiny jsou neurotoxiny a hepatotoxiny, zatímco cytotoxiny a dermatotoxiny způsobují spíše alergické vyrážky či respirační potíže. O stavu koupacích vod se může veřejnost bezplatně informovat na stránkách provozovaných Státním zdravotním ústavem www.koupacivody.cz. Opatření týkající se kvality vod a možnosti koupání je rozděleno do pěti kategorií, které jsou označeny barevnými symboly. Dle RVP-G jsou sinice vyučovány v tematickém okruhu biologie bakterií v rámci učiva stavba a funkce bakterií. Středoškolské učebnice jsem zanalyzovala čtyři - *Biologie pro Gymnázia, Nový přehled biologie, Biologie buněk, Biologie prokaryot, nižších a vyšších rostlin, hub*. Jejich obsah je shrnut v kapitole 2.2.2 prostřednictvím tabulky.

Dotazník pro studenty (viz kapitola 3.1) byl vyplněn 28 žáky prvního ročníku Gymnázia Třebíč. Jejich informovanost o sinicích pramenila především ze školy, od rodičů či z televize. Většina uvedla, že je podle nich probrané učivo dostačující. Naopak jim schází informace o tom, jaká zdravotní rizika mohou sinice způsobit. Z **dotazníku pro učitele** Výuka sinic na SŠ (viz kapitola 3.1) vyplývá následující. Nejčastěji jsou sinice vyučovány v rámci prokaryotních organismů během 1 vyučovací hodiny. Nejčastěji zmiňovanými zástupci jsou *Nostoc*, *Chroococcus*, *Oscillatoria*, *Spirulina*, *Dolichospermum (Anabanea)*, *Microcystis*, *Aphanizomenon*. Pracovní cvičení probíhají v 1. ročnících nejčastěji jednou za 14 dní. Při pozorování sinic je kladen důraz na stavbu buněk, jejich rozdíly u jednotlivých druhů a na rozdíly v porovnání s řasami. Ideální počet žáků v pracovním cvičení byl uváděn v rozmezí od 10 do 15, a to proto, že se vyučující mohou žákům věnovat individuálně.

Pedagogickou příručku jsem vytvořila na základě dotazníků s cílem zajistit vhodný materiál, který by mohl posloužit jako opora při výuce sinice. Příručku jsem rozdělila na deset kapitol – stručný úvod o sinicích, odběr sinic, atlas sinic, návrh pracovního cvičení, pracovní cvičení – řešení, aktivity pro zopakování učiva, vzorový test, vzorový test – řešení, slovník pojmů, odkazy na stránky věnované sinicím. Aby byl možný její samostatný tisk, vložila jsem ji do přílohy.

7 LITERATURA

BOHÁČ, I., LENOCHOVÁ M. (1979): Cvičení z biologie I: pro 1. ročník gymnázií, pokusný text. Praha: Státní pedagogické nakladatelství. SPN 64-93-11/1

ČAPEK, Robert. Moderní didaktika: lexikon výukových a hodnoticích metod. Praha: Grada, 2015. Pedagogika (Grada). ISBN 978-80-247-3450-7

DOBROUKOVÁ, J. a kol. (2015): Biologie: Laboratorní a terénní cvičení. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-4592-2

JELÍNEK, Jan. Biologie prokaryot, nižších a vyšších rostlin, hub. 4. dopl. vyd. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 1997. ISBN 80-7182-026-1

JELÍNEK, Jan a Vladimír ZICHÁČEK. Biologie pro gymnázia: (teoretická a praktická část). 11. vyd. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 2014. ISBN 978-80-7182-338-4

KALINA, Tomáš a Jiří VÁŇA. Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii. Praha: Karolinum, 2010. ISBN 978-80-246-1036-8

KAŠTOVSKÝ, Jan, Tomáš HAUER, Rodan GERIŠ, et al. Atlas sinic a řas České republiky. České Budějovice: Powerprint, 2018-. ISBN 978-80-7568-124-9

MARŠÁLEK, Blahoslav, Vladimír KERŠNER a Petr MARVAN. Vodní květ sinic. Brno: Nadatio flos-aquae, 1996.

PETTY, Geoffrey. Moderní vyučování. 6., rozš. a přeprac. vyd. Přeložil Jiří FOLTÝN. Praha: Portál, 2013. ISBN 978-80-262-0367-4

POULÍČKOVÁ, Aloisie. Malý obrazový atlas našich sinic a řas. Olomouc: Univerzita Palackého, 2001. ISBN 80-244-0242-4

POULÍČKOVÁ, Aloisie, Petr DVOŘÁK a Petr HAŠLER. Průvodce mikrosvětlem sinic a řas. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. ISBN 978-80-244-4408-6

ROSYPAL, Stanislav. Nový přehled biologie. Praha: Scientia, 2003. ISBN 978-80-86960-23-4

ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, Jana. Atlas mikroorganismů. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, 2014. ISBN 978-80-7414-818-7

ZÁVODSKÁ, Radka. Biologie buněk: základy cytologie, bakteriologie, virologie. Praha: Scientia, 2006. Biologie pro gymnázia. ISBN 80-86960-15-3

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

KAUFNEROVÁ, V. 2015. Metody izolace a kultivace sinic a řas pro potřeby výuky na základních a středních školách. *Arnica* 4, 1–2, 7–12. Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň. ISSN 1804-8366.

KOMÁREK, J., KAŠTOVSKÝ, J., MAREŠ, J., JOHANSEN, J. R. (2014): Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera) 2014, using a polyphasic approach – In: *Preslia* 86: 295–335, ISSN: ISSN 0032-7786.

NOLČOVÁ, Lucie, Petra VÁGNEROVÁ. 2016. Zajímavá a motivující výuka řas a sinic na základních a středních školách. *Arnica* 5, 1–2, 32–38. Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň. ISSN 1804-8366.

ŠEJNOHOVÁ, L., MARŠÁLEK, B. (2005): Pohled do mikroskopického světa sinic. *Živa* 3/2005. [online]. [cit. 13. 10. 2021] Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/2005-3/pohled-do-mikroskopickeho-sveta-sinic.html>

JANŠTOVÁ, V. (2015): Praktická cvičení z biologie – jak a proč je vyučovat?. *Živa* 4/2015. [online]. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/prakticka-cviceni-z-biologie-jak-a-proc-je-vyucova.pdf>

BABICA Pavel, MARŠÁLEK Blahoslav (2004): Toxiny sinic – zbraň proti konkurenci? *Živa* 4/2004 [online]. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/2004-4/toxiny-sinic-zbran-proti-konkurenci.html>

MARŠÁLEK, Blahoslav (2004). Vliv toxinů sinic na teplokrevné obratlovce a člověka. *Živa* 5/2004. [online]. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/2004-5/vliv-toxinu-sinic-na-teplokrevne-obratlovce-a-cloveka.html>

KAŠTOVSKÝ, Jan, JURÁŇ, Josef (2016) Evoluce sinic a řas v moderním pojetí. *Živa* 6/2016. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/2016-6/evoluce-sinic-a-ras-v-modernim-pojeti.html>

ANON (2004): Metodický návod pro sjednocení hodnocení jakosti vod využívaných ke koupání ve volné přírodě. [cit. 23.11.2021] Dostupné z: <http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/hodnocen.pdf>

BLÁHA, Luděk et al. Toxiny produkované ve vodních květech sinic – toxicita a rizika. National Center for Biotechnology Information [online]. [cit. 28.02.2022]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2984099/>

Když se řekne „sinice“.... Centrum pro cyanobakterie a jejich toxiny [online]. Brno [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <http://www.sinice.cz/index.php?pg=o-sinich>

PAVLASOVÁ, L. (2013). Přehled didaktiky biologie. Ústav profesního rozvoje pracovníků ve školství [online]. Univerzita Karlova v Praze. Pedagogická fakulta. [cit. 25.11.2021] Dostupné z: <http://vzdelavanidvpp.eu/download/opory/02pavlasova.Kn.bl.TISK.pdf>

PUMANN, Petr (2004). Metodický návod pro sjednocení hodnocení jakosti přírodních koupacích vod, SZÚ. SZÚ [online]. [cit. 26.3.2022]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/kvalita-vody/metodicky-navod-hlavniho-hygienika-cr-pro-sjednoceni?highlightWords=metodick%C3%BD+n%C3%A1vod+pro+sjednocen%C3%AD>

PUMANN, Petr (2009). Zdravotní rizika ze sinic v koupacích vodách [online]. Praha, Státní zdravotní ústav 2009 [cit. 25.4.2022]. Dostupné z: https://heis.vuv.cz/data/spusteni/projekty/KOUPACIVODYPROF/dokumenty/prilohy/Puman_n_sinice_seminar2009.pdf

PUMANN Petr, DURAS Jindřich. Atlas makroskopických jevů spojených s výskytem vodních květů sinic a dalších organismů v přírodních koupacích vodách [online]. Praha: Státní zdravotní ústav, 2014 [cit. 23.4.2022]. Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/tacr/Atlas_vodnich_kvetu.pdf

Rámcový vzdělávací program pro gymnázia RVP G, MŠMT Praha 2021 [online]. Dostupné z: <https://revize.edu.cz/navrh-zmen-v-rvp-pro-gymnazia>

ROHLÍKOVÁ, Lucie, VEJVODOVÁ, Jana. Popularizace vědy [online]. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2016. Dostupné z: <https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/29423/1/Popularizace%20vedy.pdf>

ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, Jana: Encyklopedie hydrobiologie. E-learning VŠCHT Praha [online]. [cit. 28.02.2022]. Dostupné z: https://e-learning.vscht.cz/knihy/uid_es-006/ebook.help.htm

Sinice a řasy.cz - Galerie. Sinice a řasy.cz [online]. [cit. 23.05.2022]. Dostupné z: <https://www.sinicearasy.cz/galerie>

VÁGNEROVÁ, Petra, MERGL Michal. Popularizace vědy ve volnočasových aktivitách žáků SŠ – biologie. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2016. [cit. 22.1.2022]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/11398610-Popularizace-vedy-ve-volnocasovych-aktivitach-zaku-ss-biologie.html>

Školní vzdělávací program. První české gymnázium v Karlových Varech. [online]. [cit. 21.11..2021] Dostupné z: <https://www.gymkvary.cz/node/13>

Školní vzdělávací program. Gymnázium Opatov [online]. [cit. 21.11..2021]. Dostupné z: <https://www.gymnazium-opatov.cz/index.php/vsechny-clanky/2-nezarazeno/17-skolni-ucebni-plan>

Školní vzdělávací program. Gymnázium Olomouc – Hejčín [online]. [cit. 21.11..2021]. Dostupné z: <https://www.gytool.cz/o-skole/skolni-vzdelavaci-program>

Taxonomic tree of plants and animals with photos | BioLib.cz [online]. Taxonomic tree of plants and animals with photos | BioLib.cz 1999 [cit. 08-05-2022]. Dostupné z: <https://www.biolib.cz/>

Vodní květ sinic. Centrum pro cyanobakterie a jejich toxiny [online]. Brno [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <http://www.sinice.cz/index.php?pg=o-sinicich--vodni-kvet>

Praha: Vesmír, spol. s. r. o., vychází od 1871 [cit. 16-11-2021]. ISSN 1214-4029.

Brno: ZO ČSOP Veronica, vychází od 1986 [cit. 16-11-2021]. ISSN 1213-0699.

Sinice a řasy.cz - Fykologie. Sinice a řasy.cz [online]. [cit. 17-4-2022]. Dostupné z: <https://www.sinicearasy.cz/skripta/fykologie>

8 PŘÍLOHA – Pedagogická příručka pro tisk

Pedagogická příručka pro učitele SŠ

Sinice a vodní květ?

Více informací chci hned teď!

Pedagogická příručka byla vytvořena ve snaze pomoci učitelům při odběrech pro laboratorní cvičení a jako opora s důležitými informacemi a návrhy nejen na aktivity pro zopakování daného učiva. Primárně je určena učitelům středních škol, avšak některé aktivity lze využít i na základních školách – 6. třída (Dle RVP 2022-05-13).

OBSAH:

| | |
|--|----|
| 1. Stručný úvod o sinicích | 41 |
| 2. Odběr sinic | 41 |
| 3. Atlas sinic | 42 |
| 4. Návrh pracovního cvičení | 44 |
| 5. Pracovní cvičení – řešení | 46 |
| 6. Aktivity pro zopakování učiva | 47 |
| 7. Vzorový test | 56 |
| 8. Vzorový test – řešení | 57 |
| 9. Slovník pojmů | 58 |
| 10. Odkazy na stránky věnované sinicím | 59 |

1. STRUČNÝ ÚVOD O SINICÍCH

Sinice neboli Cyanobacteria patří mezi skupinu prokaryotických organismů. Buňky nabývají různých velikostí a tvaru, mohou být kokální či vláknité, větvené či nevětvené nebo se mohou vyskytovat jednotlivě či v koloniích. Díky své vysoké schopnosti adaptovat se na nejrůznější podmínky je nalezneme prakticky na všech místech na Zemi – voda (sladká, slaná, stojatá, tekoucí), půda, srst živočichů, v symbióze s jinými organismy, horké prameny, pouště, ledovce atd. Některé mohou obsahovat i specializované buňky – akinety, heterocyty nebo mohou obsahovat aerotopy. Díky svému fotosyntetickému aparátu se zasloužily o nasycení atmosféry kyslíkem.

Při jejich přemnožení vzniká na hladinách zelený povlak nazývaný vodní květ sinic. Zástupci, které ho tvoří produkují sekundární metabolity – cyanotoxiny. Díky nim se pro nás stává voda nevhodná pro koupání, jelikož kontakt s nimi způsobuje řadu zdravotních komplikací.

Vodní květ sinice je tvořen zejména zástupci *Microcystis*, *Dolichospermum* (*Anabaena*), *Aphanizomenon*, *Planktothrix*.

2. ODBĚR SINIC

Pokud škola nemá k dispozici trvalé preparáty nebo mají vyučující zájem obstarat si preparáty sami, bylo by vhodně věnovat pozornost následujícím radám.

Pomůcky:

- Planktonní síť či plastová láhev

Jak vytipovat vhodnou nádrž k odběru sinic VKS?

- Stojaté eutrofizované vody – vysoký obsahem fosforu a organické znečištění.
- Nádrže větších i menších velikostí - např. Brněnská přehrada, vodní nádrž Rozkoš, Třeboňsko aj.
- V okolí polí, na nižších stupních toku nebo v místech výpusti čistíren z vesnic atd.

Jak poznat sinice nejen pouhým okem?

Planktonní sinice lze poznat pouhým okem, a to sice a základě vytvoření zeleného povlaku na hladinách nádrží. Další možností je zjištění výskytu sinice pomocí plastové lahve, ve které by se nám po 20 minutách měl vytvořit zelený prstenec v horní části.

Kdy odběr provést?

Odběr lze provést v rozmezí od května do srpna (předpoklad výskytu vodního květu sinic).

- V květnu – červnu za pomoci planktonní sítě (možné použít i plastovou lahev)
- V září pomocí plastové lahve nebo planktonní sítě
- V červenci – srpnu fixací formaldehydem

Jak odběr provést?

- Nejčastěji sinice odebíráme **z planktonu** planktonní sítí tvořenou z mlynářského hedvábí o průměru ok 20 – 40 μm . Síťka zajistí dokonale přefiltrování vody, po kterém nám zůstanou pouze planktonní vzorky, které nám vydrží po dobu několika dnů.

3. ATLAS SINIC

Dolichospermum (Anabaena)

Dolichospermum, dříve *Anabaena*, patří mezi planktonní sinice s nevětvenou stélkou, jejíž vlákna se ke konci nezužují. Na první pohled se nám může jevit jako šňůrka z korálek. Pod mikroskopem si můžete povšimnout černých skvrn, kterými jsou aerotopy umožňující pohyb ve vodním sloupci. Oválnými buňkami se zrnitým obsahem jsou akinety. Větší, na první pohled průhledné buňky umístěné ve vlákně jsou heterocyty. *Anabaena* tvoří součást vodního květu ve stojatých vodách s větším výskytem ryb.

Je často sdružená do kolonií. O jeho přejmenování si lze více přečíst v článku „*Nomenclatural validation of the genetically revised cyanobacterial genus Dolichospermum*“ (Fottea, 9(1): 59– 64, 2009).



Obrázek 1 - *Anabaena* (převzato z: <https://www.sinicearasy.cz/galerie>)

Aphanizomenon

Aphanizomenon je stejně jako sinice rodu *Anabaena* planktonní mikroorganismem. Stélka je nevětvená. Jednotlivá vlákna se shlukují a vytvářejí svazečky, které jsou viditelné i mimo mikroskop. Pod mikroskopem jsou patrné černé skvrny – aerotopy. Heterocyty jsou oválné jsou vmezeřené – tzv. interkalární. Akinety jsou dlouhé, válcovitého tvaru nepřiléhající k heterocytům. Nejznámější druh *Aphanizomenon flos-aque* se nachází ve stojatých vodách s menším výskytem ryb.



Obrázek 5 - *Aphanizomenon* (převzato z: <https://www.sinicearasy.cz/galerie>)

Chroococcus (sinivka)

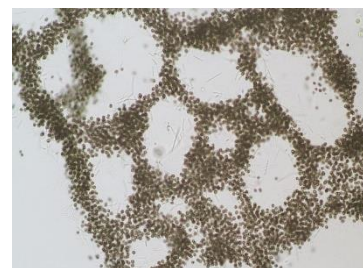
Sinivka patří zástupce, které nalezneme např. v rašelinných tůňkách, půdě, na skalách nebo v miskách od květináče. Buňky se mohou vyskytovat samostatně nebo v koloniích, v obou případech bývají obaleny slizem, a většinou jsou kulovitěho tvaru. V koloniích se vyskytují charakteristicky buď po dvou nebo po čtyřech.



Obrázek 3 - *Chroococcus* (převzato z: <https://www.sinicearasy.cz/galerie>)

Microcystis

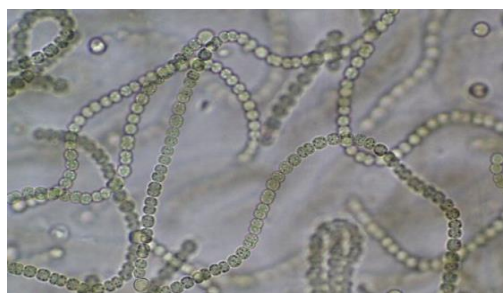
Nejznámější zástupce tvořící vodní květ v nádržích – výlučně planktonní. Kulovité buňky se shlukují a vytvářejí prostorové kolonie, které jsou obaleny bezbarvým slizem. Slizový obal jim umožňuje přežít nepříznivé podmínky v zimním období. Jednotlivé buňky uvnitř kolonií nemají vlastní slizový obal. Pod mikroskopem jsou na první pohled patrné černé skvrny – aerotopy, umožňující pohyb ve vodním sloupci.



Obrázek 4 – *Microcystis* (převzato z: <https://www.sinicearasy.cz/galerie>)

***Nostoc* (jednořadka)**

Stélka jednořadky je nevětvená a různě zprohýbaná. Stejně jako *Anabaena* připomíná šňůrku s kolárky. Jednotlivá vlákna jsou oklopena slizovým obalem a vytvářejí prostorové kolonie. Pod mikroskopem jsou viditelné na první pohled průhledné kulovité heterocyty, které jsou vmezeřené – interkalární. Oválnými buňkami se zrnitým obsahem jsou akinety, které se nacházejí poblíž heterocytů. Mezi heterocyty a akinetami je určitý počet vegetativních buněk, nenachází se vedle sebe. Kolonie najdeme především na vlhké půdě, v mělkých tůňkách, v talířcích pod květináčem nebo v symbióze s jinými organismy (např. krapadina *Azolla*).



Obrázek 5 – *Nostoc* (převzato z: <https://www.sinicearasy.cz/galerie>)

***Oscillatoria* (drkalka)**

Svůj český název nese od drkavého (klouzavého) pohybu). Stélka je vláknitá, poměrně dlouhá a rovná a je obalena slizem, který ji chrání před vyschnutím. Na rozdíl od předchozích zástupců neobsahuje heterocyty a akinety. Může se vyskytovat samostatně nebo ve shlucích. Koncoví buňky jsou zaoblené, rozšířené a mají ztloustlou buněčnou stěnu. Vyskytuje se na kamenech v tekoucích ale i stojatých vodách, ve kterých dochází ke kolísání hladiny.



Obrázek 6 - *Oscillatoria* (převzato z: <https://www.sinicearasy.cz/galerie>)

Spirulina

Vlákna jsou různě dlouhá a šroubovitě stočená. Nejsou obalené slizovým obalem. Stejně jako u rodu *Nostoc* postrádá aerotopy.



Obrázek 7 - *Spirulina* (převzato z: <https://www.sinicearasy.cz/galerie>)

| | Kokální | Vláknitá | |
|----------------------|----------|----------|-----------|
| | | Větvená | Nevětvená |
| <i>Anabaena</i> | | | X |
| <i>Aphanizomenon</i> | | | X |
| <i>Chroococcus</i> | X | | |
| <i>Microcystis</i> | X | | |
| <i>Nostoc</i> | | | X |
| <i>Oscillatoria</i> | | | X |
| <i>Spirulina</i> | | | X |

Tabulka č.1 – Stélky vybraných zástupců

4. NÁVRH PRACOVNÍHO CVIČENÍ

Časová dotace: 2 vyučovací hodiny

| PRACOVNÍ CVIČENÍ Z BIOLOGIE – POZOROVÁNÍ SINIC VODNÍHO KVĚTU | | |
|--|-------------------------------|---------------|
| Jméno: | Jméno spolupracovníka: | Datum: |
| | | |

Před vlastním pozorováním si zopakujte, co je vodní květ sinic.

ODBĚR

V okolí svého bydliště si do dvojice odeberte minimálně dva vzorky pro laboratorní cvičení (např. z rybníku, nádrže, lišejníků, misky od květináčů atd.). Návod najdete v kapitole č. 2 – Odběr sinic.

POMŮCKY: mikroskop, podložní sklíčko, krycí sklíčko, pipeta

POSTUP:

- Makroskopické pozorování** – pozorujte, zda se po 10 minutách vytvoří na hladině plastové lahve kroužek. Pozorování v závěru vysvětlete.
- Mikroskopické pozorování**
 - Z odebraného vzorku si připravte preparát pro mikroskopické pozorování. Preparát by měl být co nejtenčí, aby se jednotlivé buňky nepřekrývaly a byly tak lépe vidět.
 - Vyberte si zástupce, o kterém si myslíte, že je sinice.
 - Vybraného zástupce pozorujte a vyplňte:
 - Barva:
 - Typ stélky: KOKÁLNÍ VLÁKNITÁ (TRICHÁLNÍ) BIČÍKATÁ jiná ...
 - Tvorba kolonií (v případě kokální stélky): ANO x NE
 - Vnitřní struktury v buňce (chloroplast aj.): ANO x NE
 - Zakreslete vámi odebraného zástupce a zaznamenejte k nákresu poznatky z úkolu za c) (U nákresu nezapomeňte napsat zvětšení, pod kterým jste zástupce pozorovali!!)

Nákres:

- e) Pokuste se ho zařadit do rodu prostřednictvím stručného atlasu (viz kapitola č. 3 - Atlas sinic) nebo poproste o pomoc vyučujícího. V případě, že v atlasu není vámi pozorovaný zástupce, nezoufejte!! Na světě je stovky rodů.

Otázky a úkoly:

1. Jaké další zástupce sinic znáte?
2. Jaký význam mají sinice v přírodě a pro člověka?
3. Stalo se někomu, že se buňky jevily černé? Jednalo se o buňky naplněné aerotopy – plynové měchýřky. Napište k čemu slouží.

ZÁVĚR:

Literatura: DOBRORUKOVÁ, J. a kol. (2015): Biologie: Laboratorní a terénní cvičení. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-4592-2

KALINA, Tomáš a Jiří VÁŇA. *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*. Praha: Karolinum, 2010. ISBN 978-80-246-1036-8

5. PRACOVNÍ CVIČENÍ – ŘEŠENÍ

Odebereme-li vzorek do plastové láhve a necháme 10-20 minut odstát, mohou nastat dva případy, ze kterých lze **makroskopicky** určit výskyt sinic. **Jsou-li ve vzorku přítomny sinice, objeví se na hladině vody v plastové láhvi zelený kroužek.** Pokud jsou v odebraném vzorku řasy, bude zelená hmota rovnoměrně rozprostřena v celé láhvi. **Mikroskopicky** sinice **poznáme podle modrozeleného zbarvení, kokální či vláknité stélky** (nikdy ne bičíkatá stélka). Pokud se jedná o kokální zástupce, **může tvořit kolonie (např. Microcystis).** Pokud byste měli k dispozici mikroskop s dostatečně velkým zvětším, viděli byste, že buňka **není členěna ve vnitrobuněčnou kompartmentaci.**

1. Otázky a úkoly

a. Jaké další zástupce sinic znáte?

Např. *Nostoc*, *Chroococcus*, *Nodularia*, *Stygonema*, *Scytonema*, *Gleocapsa*, *Spirulina*, *Oscillatoria*, *Phormidium*, *Planktothrix*, *Dolichospermum*, *Aphanizomenon*, *Trichodesmium*, *Cylindrospermopsis*

b. Jaký význam mají sinice v přírodě a pro člověka?

- Zasloužili se o pozvolné nasycení atmosféry kyslíkem
- Využívají se v biotechnologii - sušina sinic je tvořena až ze 70 % proteiny (především *Spirulina*)
- Fikobilizómy se mohou také využívat jako barviva nebo se využívají při sledování metabolických procesů
- Někteří zástupci nacházejí uplatnění v medicíně. Např. *Nostoc* se v Číně přes 1500 let využívá jako lék
- Rod *Nostoc* vstupuje do symbiózy s vřeckovýtrusnými houbami za vzniku lišejníků, s vodní kapradinou *Azolla*, která sinici obsahuje v pletivech nebo s kořeny vyšších rostlin – cykasy

c. Stalo se někomu, že se buňky jevíly černé? Jednalo se o buňky naplněné aerotopy – plynové měchýřky. Napište k čemu slouží.

Aerotopy jsou plynové měchýřky, které zajišťují sinicím pohyb ve vodním sloupci

6. AKTIVITY PRO ZOPAKOVÁNÍ UČIVA

METODA I.N.S.E.R.T. – Toxiny sinic – zbraň proti konkurenci?

Čas

8–10 minut

Obtížnost



Určeno pro



Metoda pracuje s pěti symboly \surd , $-$, $+$, $?$, $!$.

- Pokud informaci vím nebo si potvrzuji to, co jsem věděl/a, napíšu „**fajfku**“.
- Pokud je informace v rozporu s tím, co jsem si myslel/a, napíšu „**mínus**“.
- Pokud se v textu dozvím novou informací, která je pro mě jednoznačná, napíšu „**plus**“.
- Pokud se v textu dozvím informaci, které nerozumím, napíšu „**otazník**“.
- Pokud chci danou informaci zdůraznit, napíšu „**vykřičník**“.

Instrukce pro učitele:

Vysvětlete žákům princip metody a co jednotlivé symboly znamenají (kdy je napsat). Rozdejte jim texty a řekněte, kolik mají času na jeho přečtení a zapsání symbolů. Jakmile budou mít žáci text přečtený, shrňte s nimi, které informace jsou pro ně nové nebo nejasné a popřípadě je žákům vysvětlete. Žáci, kteří budou mít text přečtený rychleji než ostatní, zatím popřemýšlí, jaké otázky se v souvislosti s textem napadají.

- Čtení 3 minuty, psaní symbolů 1 minuta, shrnutí 4 – 6 minut

PŘEDPOKLÁDANÉ DOTAZY A JEJICH VYSVĚTLENÍ

| \surd | $-$ | $+$ | $?$ | $!$ |
|---------|-----|-------------|--|-----|
| | | cyanotoxiny | gramnegativní eubakterie; planktonní a bentické společenstvo; eutrofizace; chelatace; autotrofni | |

- Gramnegativní eubakterie – barvivo pronikne do fixované buňky a působením ethanolu se vymyje
- Planktonní společenstvo – soubor organismů, které se volně vznášejí v prostředí
- Bentické společenstvo – soubor organismů nacházejících se na dně vod
- Eutrofizace – obohacování vod o živiny jako je dusík a fosfor
- Chelatace – vázání organických sloučeniny na kovové kationty za vzniku komplexu
- Autotrofni – organismus umí sám přeměňovat anorganické látky na organické
- Fotoautotrofni – organismus umí sám přeměňovat anorganické látky na organické za využití světelné energie

1 „Sinice neboli cyanobakterie představují velmi starobylou skupinu prokaryotických
2 organismů. Jde o gramnegativní eubakterie schopné fotosyntézy za současné produkce
3 kyslíku (tzv. oxygení fotosyntéza) žijící ve formě jednotlivých buněk, kulovitých kolonií
4 nebo vláken. Sinice osidlují po celém světě nejrozmanitější biotopy a jsou přirozenou
5 součástí planktonních i bentických společenstev téměř všech vodních ekosystémů.

6 V důsledku antropogenní eutrofizace vod se v posledních desetiletích výrazně zvýšila
7 nabídka živin v prostředí (zejména fosforu a dusíku), na kterou sinice reagují velmi
8 intenzivním růstem a tvorbou nové biomasy. V mnoha vnitrozemských vodních nádržích,
9 pomalu tekoucích řekách i mělkých příbřežních mořích se tak stal hromadný rozvoj sinic
10 zcela běžným jevem.

11 Zároveň však jevem krajně nežádoucím, neboť sinice mohou produkovat do okolí nejen
12 sloučeniny negativně ovlivňující chuť a pach vody, ale také celou řadu látek biologicky
13 aktivních či toxických (cyanotoxinů), které vážně komplikují využívání vody
14 pro rekreační nebo vodárenské účely. Výsledky výzkumů ukázaly, že cyanotoxiny mohou
15 skutečně poškozovat zdraví člověka (akutní i chronické účinky na nejrůznější orgány,
16 na imunitní systém, embryonální vývoj, karcinogenezi) a za určitých okolností
17 představuje jejich přítomnost ve vodách reálné riziko.“

18 „...Nejčastěji diskutované hypotézy připisují cyanotoxinům strukturní funkci, účast
19 v metabolických procesech (zásobní látky bohaté na dusík?), roli v příjmu a uskladnění
20 živin (chelatace železa?), funkci obranných molekul proti predátorům (především
21 zooplanktonu) nebo úlohu signálních molekul při chemické komunikaci mezi organismy
22 (ať už v rámci jednoho druhu či mezidruhové — s jinými druhy sinic či s bakteriemi?).
23 Jiná teorie předpokládá, že by některé cyanotoxiny mohly být produkovány přímo
24 za účelem potlačení rozvoje konkurujících fotosyntetizujících autotrofních organismů.
25 Není totiž zcela jasné, proč v eutrofizovaných vodách dochází tak často k naprosté
26 a dlouhotrvající dominanci sinic (zvláště pak některých planktonních rodů *Microcystis*,
27 *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Planktothrix*, *Cylindrospermopsis*) na úkor ostatních
28 vodních fotoautotrofů, tj. vyšší vodní vegetace...“

Text převzat z: *Toxiny sinic – zbraň proti konkurenci?* [Online]. 4/2004. Praha: Nakladatelství Academia. [2022-04-31]

- Pokud informaci vím nebo si potvrzuji to, co jsem věděl/a, napíšu **fajfku**.
 - Pokud je informace v rozporu s tím, co jsem si myslel/a, napíšu **mínus**.
 - Pokud se v textu dozvím novou informaci, která je pro mě jednoznačná, napíšu **plus**.
 - Pokud se v textu dozvím informaci, které nerozumím, napíšu **otazník**.
- Pokud chci danou informaci zdůraznit, napíšu **vykřičník**

BINGO

Čas

3-5 minut

Obtížnost



Určeno pro



Instrukce pro žáky:

Připravte si tabulku o velikosti 3 x 3 a do každého políčka si zapište pojem, který máte v nabídce (zapsaný na tabuli). Jakmile zazní definice pojmu, kterého máte v tabulce, škrkněte ho. V momentě, kdy všechny vámi vybrané pojmy zazněly, vykřikněte „Bingo“.

Instrukce pro učitele:

Zapište na tabuli 9-20 pojmů, které se týkají tématu a ze kterých si žáci 9 vyberou do své tabulky. Jakmile mají žáci tabulku připravenou, začněte náhodně říkat definice pojmů, ze kterých měli žáci na výběr. Hra končí v momentě, kdy některý z žáků zakřičí „Bingo“.

Příklad

| | | |
|-------------|------------|-------------|
| Akinety | Plankton | Cyanotoxiny |
| Karboxyzomy | Heterocyty | Kolonie |
| Eutrofizace | Vodní květ | Aerotopy |

PEXESO

Čas

10 minut

Obtížnost



Určeno pro




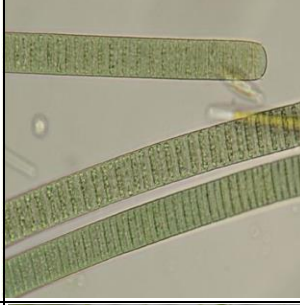

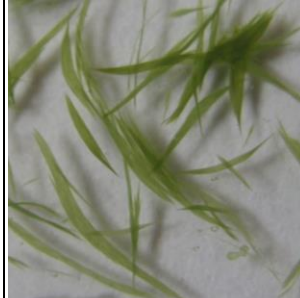


Instrukce pro učitele:

Před vyučovací hodinou vytiskněte kartičky podle počtu skupin žáků. Kartičky rozstříhejte a zalaminujte. Žáky rozdělte do min. 6 skupin tak, aby byly vyvážené. Řekněte žákům, kolik mají na aktivitu času. Po uplynulé době zkontrolujte, zda mají dvojice správně přiřazené k sobě.

Instrukce pro žáky: Střídejte se v otáčení kartiček. Jakmile si budete myslet, že máte správnou dvojici vezměte si ji k sobě.

| | | | |
|-----------------------------|--|---------------------|--|
| Eutrofizace | Proces obohacování vody o živiny, především dusík a fosfor | Aerotopy | Plynové měchýřky, které umožňují sinicím pohyb ve vodním sloupci |
| Akinety | Klidová buňka, díky které sinice přečkají nepříznivé podmínky | Heterocyty | Buňky specializované k fixaci dusíku |
| Vodní květ | Přemnožení sinic na hladinách vod vlivem eutrofizace a vysokých teplot | Cyanotoxiny | Sekundární metabolity způsobující alergie nebo jiné zdravotní potíže |
| Plankton | Soubor organismů pohybující se pasivně ve vodním sloupci | Bentos | Soubor organismů nacházejících se na dně vod nebo podél břehu |
| Karboxyzom | Vnitrobuněčná struktura fixující uhlík | Kolonie | Shluky buněk sinic, které mohou být obaleny slizem |
| Oxygenní fotosyntéza | Produkce kyslíku štěpením vody prvními fotosyntetizujícími organismy | Stromatolity | Vrstevnaté usazeniny vzniklé činností sinic |

| | | | |
|---|--|--|--|
| <p><i>Nostoc</i> Jednořadka</p> |  | <p><i>Chroococcus</i> Sinivka</p> |  |
| <p><i>Microcystis</i> Srostlomíšek</p> |  | <p><i>Oscillatoria</i> Drkalka</p> |  |
| <p><i>Dolichospermum</i> (<i>Anabaena</i>) Růžencovka</p> |  | <p><i>Aphanizomenon</i> Chmýřnatka</p> |  |

Obrázky převzaty z online stránky: <https://www.sinicearasy.cz/galerie>

Aktivita je rovněž dostupná na webové stránce Wordwall ve formě „přířazovačky“, kterou vytvořila sama autorka. Dostupné z: <https://wordwall.net/cs/resource/32586443/sinice>

KDO JSEM?

Čas

5 minut

Obtížnost



Určeno pro



Instrukce pro učitele:

Vyberte pojmy a zástupce, které budou žáci hádat a zapište je na tabuli. Pokud žáci nebudou vědět, jak se ptát, položte první vzorovou otázku vy.

Instrukce pro žáky:

Vyber si jeden pojem nebo zástupce, který máš na výběr a stoupni si před tabulí, aby na tebe všichni viděli. Spolužáci ti budou klást otázky, abys na mě mohl odpovídat ANO/NE a společně se budou snažit zjistit, co sis vybral.

Např. *Nostoc*

- Máš vybraný pojem? Ne > zástupce
- Má zástupce vláknitou stélku? Ne > kokální zástupce
- Obsahuje heterocyty nebo akinety? > Ano
- Jedná se o zástupce vodního květu? Ne
- Najdeme ho v půdě? Ano
- Může žít v symbióze s jinými organismy? Ano
- Je tvůj zástupce *Nostoc*? Ano

BRAINSTORMING – Jednopolový diamant

Čas

15-20 minut

Obtížnost



Určeno pro



Instrukce pro učitele:

Žáky rozdělte do dvojic a vysvětlete jim princip aktivity. Na tabuli nakreslete strukturu diamantu dle vzorového řešení, aby se v něm žáci lépe orientovali a stručně napište, na který řádek mají co psát.

- Na první řádek žáci zapisují hlavní téma diamantu (např. sinice).
- Druhý řádek je určen pro kladná přídavná jména vystihující hlavní téma.
- Třetí řádek zahrnuje tři slovesa popisující, co kladného hlavní téma vykonává.
- Na čtvrtý řádek žáci zapíšou pozitivní větu charakterizující hlavní téma (může být i bez sloves).
- Pátý řádek obsahuje negativní větu vystihující hlavní téma.
- Šestý řádek je určen pro tři negativní slovesa.
- Na sedmý řádek zapíšou dvě negativní přídavná jména popisující hlavní téma.

Instrukce pro žáky:

Dle návodu vyplňte diamant ve dvojicích (možno i individuálně) a po vyplnění si je navzájem přečtěte.

ZADÁNÍ:

1. TÉMA
2. KLADNÁ PŘÍDAVNÁ JMÉNA
3. KLADNÁ SLOVESA
4. KLADNÁ VĚTA
5. ZÁPORNÁ VĚTA
6. ZÁPORNÁ SLOVESA
7. ZÁPORNÁ PŘÍDAVNÁ JMÉNA

MOŽNÉ ŘEŠENÍ:

2. TÉMA sinice
2. KLADNÁ PŘÍDAVNÁ JMÉNA zelený výživný
3. KLADNÁ SLOVESA léčit fotosyntetizovat kvést
4. KLADNÁ VĚTA sinice producenti kyslík na Zemi
5. ZÁPORNÁ VĚTA cyanotoxiny zdraví teplokrevných obratlovců
6. ZÁPORNÁ SLOVESA zabít škodit páchnout
7. ZÁPORNÁ PŘÍDAVNÁ JMÉNA toxický nebezpečný

Další poznámky: Jednotlivé řádky spolu nesouvisí a pořadí slov v řádcích není důležité. Pro zkrácení aktivity je možné vypracovat „kladnou“ polovinu diamantu první polovinou třídy a „negativní“ polovinu druhou polovinou třídy.

ANO/NE

Čas

5 minut

Obtížnost



Určeno pro



Instrukce pro vyučující:

Sepište si 5-10 otázek, na které bude odpověď ANO/NE. Žáky vyzvěte k otevření sešitu, aby si do nich mohli psát odpovědi formou 1A, 2A, 3B atd. Postupně diktujte otázky a na konci je s žáky zkontrolujte.

Instrukce pro žáky:

Do sešitu si zapisuj A jako ano a N jako ne, podle toho, jaká je odpověď na otázku, kterou uslyšíš. Po zodpovězení všech otázek si vyměň sešit se svým spolužákem a zkontrolujte odpovědi.

1. Sinice patří mezi gramnegativní bakterie. **A**
2. Pohyb ve vodním sloupci zajišťují sinicím akinety. **N** (aerotopy)
3. Zástupci se nacházejí pouze ve vodě. **N** (osidlují téměř všechna prostředí)
4. Využívají se jako doplněk stravy, protože obsahují velké množství sušiny. **A**
5. Mohou se rozmnožovat i pohlavně. **N** (výhradně nepohlavně)

Zdroj: (KALINA, Tomáš a Jirí VÁŇA. *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*. Praha: Karolinum, 2005. ISBN 978-80-246-1036-8)

Čas

5 minut

Obtížnost



Určeno pro



OSMISMĚRKA

Instrukce pro učitele: Vytiskněte osmisměrku pro žáky. V hodině ji rozdejte a řekněte kolik na to mají času. Aktivitu lze využít při zkoušení, aby se zbytek třídy nebavil a udrželo se ve třídě ticho.

Instrukce pro žáky: Najdi v osmisměrce všechna slova ze seznamu.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | M | O | Z | E | V | C | M | C | J | A | A |
| 2 | I | H | A | C | O | O | H | Y | I | K | K |
| 3 | C | R | N | A | D | T | E | A | W | I | L |
| 4 | R | A | I | Z | N | S | T | N | R | N | É |
| 5 | O | E | L | I | Í | O | E | O | J | E | T |
| 6 | C | R | U | F | | N | R | T | H | T | S |
| 7 | Y | O | R | O | K | X | O | O | B | Y | S |
| 8 | S | T | I | R | V | K | C | X | O | T | N |
| 9 | T | O | P | T | Ě | F | Y | I | U | H | B |
| 10 | I | P | S | U | T | K | T | N | P | G | N |
| 11 | S | Y | V | E | | L | Y | Y | I | Q | N |

VODNÍ KVĚT
MICROCYSTIS
EUTROFIZACE
CYANOTOXINY
HETEROCYTY
SPIRULINA
AEROTOPY
AKINETY
NOSTOC
STĚLKA

ŘEŠENÍ

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | M | O | Z | Ě | Y | C | M | C | J | A | A |
| 2 | I | H | A | C | O | O | H | Y | I | K | K |
| 3 | C | R | N | A | D | T | E | A | W | I | L |
| 4 | R | A | I | Z | N | S | T | N | R | N | Ě |
| 5 | O | E | L | I | I | O | E | O | J | E | T |
| 6 | C | R | U | F | | N | R | T | H | T | S |
| 7 | Y | O | R | O | K | X | O | O | B | Y | S |
| 8 | S | T | I | R | V | K | C | X | O | T | N |
| 9 | T | O | P | T | Ě | F | Y | I | U | H | B |
| 10 | I | P | S | U | T | K | T | N | P | G | N |
| 11 | S | Y | V | Ě | | L | Y | Y | I | Q | N |

AZ KVÍZ

Čas

20-25 minut

Obtížnost



Určeno pro



Instrukce pro učitele:

Pomocí počítače promítněte žákům AZ kvíz, který najdete na stránce AZ Kvíz by Honza Herec pod názvem Sinice, který vytvořila sama autorka. Žáky rozdělte na dvě poloviny (popřípadě 4 skupiny). Skupiny se budou střídat ve vybírání polí a zodpovídání otázek, které budete „ovládat“.

Dostupné z: <http://azkviz.gjpslavicin.cz/az-kviz.php?idKvizu=3069&nazevKvizu=Sinice+>

Instrukce pro žáky:

Aktivita je obdobou televizní soutěže. Tvoje skupina se bude střídat s druhou skupinou ve výběru polí a zodpovídání otázek. V případě, že byste si chtěli vybrat černé pole, budete o něj losovat se soupeři. Na obrazovce se vám zobrazí dva různé obrazce. V momentě, kdy se vám objeví stejné obrazce, zmáčkněte klávesnici, která vám byla přidělena. Vítězí skupina, která jako první spojí všechny strany čtverce.

Literatura: ČAPEK, Robert. *Moderní didaktika: lexikon výukových a hodnoticích metod*. Praha: Grada, 2015. Pedagogika (Grada). ISBN 978-80-247-3450-7

7. VZOROVÝ TEST

SINICE

1. Vyberte správná chybějící slova do text

Sinice jsou **prokaryotické/eukaryotické** organismy, které se zasloužily o vznik atmosféry na Zemi. Řadíme je mezi **grampozitivní/gramnegativní** bakterie, tzn. že se barvivo po požití ethanolu **vymyje/nevymyje**. Jejich výskyt je velice různorodý. Najdeme je např. ve sladkých/slaných vodách, půdě, horkých vřídlech nebo ledovcích. **Vyskytují/nevyskytují** se pouze jednotlivě. V letních měsících dochází k jejich přemnožení, které se projeví vznikem **vodního květu/žabince**, a proto na hladinách vod vidíme zelený pokrývka. Tento jev nám značí, že voda je **vhodná/nevhodná** ke koupání.

2. Určete, zda je dané tvrzení pravdivé, či nikoliv. Pokud bude špatně, opravte ho.

- Sinice mají pravé jádro.
- Zásobní látkou je sinicový škrob.
- Vedlejším produktem jejich fotosyntézy je kyslík, který je pro sinice nebezpečný.
- Sekundární metabolity produkované sinicemi nenalézají kladné využití.
- Dermatotoxiny na člověka nejčastěji působí smrtelně.
- Čistota vody, která se vztahuje k výskytu sinic, je rozdělena do pěti kategorií, které jsou označeny barevnými symboly.

| A | N |
|---|---|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

3. Spojte správně pojem s jeho definicí.

- | | |
|----------------|---|
| a. Aerotopy | I. Klidová buňka, která pomáhá sinicím přežít nepříznivé podmínky |
| b. Eutrofizace | II. Plynové měchýřky umožňující sinicím pohyb ve vodním sloupci |
| c. Akinety | III. Buňky, které jsou specializované fixaci dusíku |
| d. Heterocyty | IV. Obohacování vod o živiny jako je především fosfor a dusík |

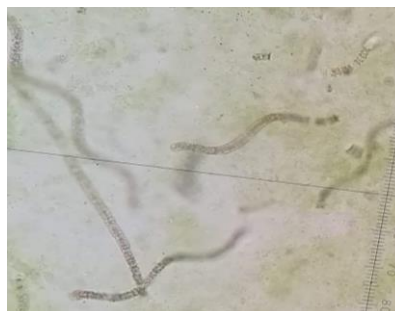
4. Podle obrázků poznejte zástupce a napište alespoň jednoho dalšího, kterého znáte.

rod(latinsky):



Obrázek - Foto archiv autorky

rod(latinsky):.....



8. VZOROVÝ TEST – ŘEŠENÍ

1. Prokaryotické, gramnegativní, vymyje, koloniích, vodního květu, nevhodná
2.
 - Sinice ~~mají~~ pravé jádro. **Nemají**
 - Zásobní látkou je sinicový škrob.
 - Vedlejším produktem jejich fotosyntézy je kyslík, který je pro sinice nebezpečný.
 - Sekundární metabolity produkované sinicemi ~~nenalézají~~ kladné využití. **Nalézají**
 - Dermatotoxiny na člověka nejčastěji ~~působí~~ smrtelně. **Nepůsobí**
 - Čistota vody, která se vztahuje k výskytu sinic, je rozdělena do pěti kategorií, které jsou označeny barevnými symboly.
3. 1c, 2a, 3d, 4b
4. *Microcystis, Spirulina + např. Nostoc, Chroococcus, Nodularia, Planktothrix, Dolichospermum, Oscillatoria, Phormidium*

9. SLOVNÍK POJMŮ

Aerotopy – plynové měchýřky, které zajišťují sinicím pohyb ve vodním sloupci

Akineta – klidová buňka, která pomáhá sinicím přežít nepříznivé podmínky a která svým vzhledem odlišuje od ostatních vegetativních buněk

Bentos – soubor organismů, které se nacházejí na dně vod a na jejich březích

Centroplazma – centrální část protoplastu obsahující kruhové DNA

Cyanotoxiny – sekundární metabolity produkované sinicemi, které při jejich přemnožení mohou způsobovat problémy

Epifyton – soubor organismů, které žijí na jiném rostlinném organismu

Epiliton – soubor organismů, které žijí na kamenech

Eutrofizace – obohacování vod o živiny jako je především fosfor a dusík

Glykokalyx - slizový obal sinic

Heterocyty – tlustostěnné buňky specializované pro fixaci dusíku (pod mikroskopem vypadají, jako kdyby byly prázdné)

Chromatoplazma - periferní část protoplastu s fotosyntetickým aparátem

Karboxyzom– vnitrobuněčná struktura fixující uhlík

Plankton – soubor organismů, kteří se pasivně pohybují ve vodním sloupci (např. pomocí vodních proudů)

Protoplast – obsah buňky, který je ohraničený plazmatickou membránou

Vodní květ – masový rozvoj sinic a řas důsledkem eutrofizace

10. WEBOVÉ STRÁNKY VĚNOVANÉ SINICÍM

Doplňující informace si můžete dohledat na následujících stránkách:

- Na stránce www.sinice.cz naleznete např. rubriky Vodní květ sinic, Toxiny sinic či Sinice a koupání v přírodě, které se nacházejí v nabídce na pravé straně stránky.
- Stránka univerzitního charakteru www.sinicearasy.cz obsahují nejen charakteristiku sinic, kterou lze dohledat na levé liště stránky pod kapitolou Skipta > Fykologie > Cyanobacteria nebo Ekologie sinic a řas, ale i podklady pro výuku v kapitole Pro učitele – Podkapitoly Badatelsky orientovaná výuka nebo Pracovní listy.
- Aktuální stav kvality vod pro koupání v přírodních koupališt' je uveden na stránce www.koupacivody.cz. Stránka obsahuje mapu s vyznačenými vodními plochami, ve kterých bylo provedeno měření a informace o jejich kvalitě.
- Důležité informace lze najít i na stránce www.szu.cz