

Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci

Katedra botaniky



## Půdní sinice v údolí Vsetínské Bečvy

Bakalářská práce

Klára Janíková

Vedoucí bakalářské práce: doc. RNDr. Petr Hašler, PhD.

Olomouc 2023

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením doc. RNDr. Petra Hašlera, Ph.D. a čerpala jsem pouze z uvedené odborné literatury.

V Olomouci dne:

Podpis:

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala panu doc. RNDr. Petru Hašlerovi, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce, věnovaný čas, cenné rady a pomoc při determinaci sinic a psaní bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat všem členům algologické laboratoře za jejich vstřícnost a případné rady při práci v laboratoři. V neposlední řadě poděkování patří i celé mé rodině za jejich obrovskou podporu a trpělivost.

## **Bibliografická identifikace**

Jméno a příjmení autora: Klára Janíková

Název práce: Půdní sinice v údolí Vsetínské Bečvy

Typ práce: bakalářská

Pracoviště: Katedra botaniky PřF UP

Vedoucí práce: doc. RNDr. Petr Hašler, Ph.D.

Rok obhajoby: 2024

### **Abstrakt:**

Bakalářská práce se zabývá půdními sinicemi v údolí Vsetínské Bečvy. Hlavní lokality odběru se nachází v okolí obce Halenkov. Cílem práce je sběr, izolace a studium změn společenstev v daných transektech a posouzení možnosti využití půdních sinic ve výuce biologie.

V teoretické části je popsána obecná charakteristika sinic, půdních sinic, charakteristika půd, půdních krust, rozbor výuky sinic na základních a středních školách a charakteristika vybraných rodů sinic. Praktická část se věnuje charakteristice jednotlivých lokalit, sběru, kultivaci vzorků a vyhodnocení výsledků. Vzorky byly odebrány z povrchu půdy ve třech transektech kolem stojatých vod. Vzorky byly zpracovávány v algologické laboratoři PřF UP na katedře botaniky. Celkem bylo determinováno 30 různých druhů sinic ze 75 vzorků. Nejčastěji se vyskytujícími rody jsou *Microcoleus*, *Nostoc*, *Nodosilinea* a *Pseudanabaena*.

Součástí práce je také posouzení možnosti využití půdních sinic ve výuce biologie a návrh, jak zařadit do výuky živé kultury sinic, návrh na laboratorní cvičení a didaktickou hru pro základní i střední školy.

Klíčová slova: sinice, půda, půdní krusta, hra, laboratorní cvičení, transekt, vzorky, Halenkov

Počet stran: 92

Počet příloh: 9

Jazyk: čeština

## **Bibliographical identification**

Author's first name and surname: Klára Janíková

Title of thesis: Soil cyanobacteria in the Valley of Vsetínská Bečva

Type of thesis: Bachelor

Department: Department of Botany PřF UP

Supervisor: doc. RNDr. Petr Hašler, PhD.

The year of presentation: 2024

## **Abstract**

The bachelor thesis studies soil cyanobacteria in the valley of Vsetínská Bečva. The main sampling sites are located in the vicinity of the village Halenkov. The aim of the thesis is to collect, isolate and study the changes of the communities in the transects and to assess the possibility of using soil cyanobacteria in biology education.

The theoretical part describes general characteristics of cyanobacteria, soil cyanobacteria, soil crusts, analysis of cyanobacteria teaching in primary and secondary schools and characteristics of selected genera of cyanobacteria. The practical part is devoted to the characterization of individual sites, collection, cultivation of samples and evaluation of results. Samples were collected from the soil surface in three transects around standing water. The samples were processed in the algological laboratory of the Department of Botany of the Faculty of Philosophy of the University of Philosophy. A total of 30 different species of cyanobacteria were determined from 75 samples. The most frequently occurring genera were *Microcoleus*, *Nostoc*, *Nodosilinea* and *Pseudanabaena*.

The thesis also includes an assessment of the possibility of using soil cyanobacteria in biology education and a proposal on how to include live cultures of cyanobacteria into teaching, a proposal for laboratory exercises and a didactic game for primary and secondary school.

Keywords: cyanobacteria, soil, soil crust, game, laboratory practicals, transect, samples, Halenkov

Number of pages: 92

Number of appendices: 9

Language: Czech

# Obsah

<b>1 Úvod</b> .....	8
<b>2 Obecná charakteristika sinic</b> .....	9
2.1. Struktura a morfologie buňky sinic .....	10
2.1.1. Morfologie .....	11
2.1.2. Granule .....	11
2.1.3 Specializované struktury .....	12
<b>3 Půdní sinice</b> .....	14
3.1. Adaptace .....	14
3.2. Rozmístění sinic v půdě .....	15
3.3. Půdy .....	15
3.3.1. Půdní typy .....	16
3.3.2. Půdní krusty .....	17
<b>4 Výuka sinic na základních a středních školách</b> .....	19
<b>5 Vybrané druhy sinic</b> .....	21
5.1. rod <i>Microcoleus</i> .....	21
5.2. rod <i>Leptolyngbya</i> .....	22
5.3. rod <i>Nodosilinea</i> .....	22
5.4. rod <i>Nostoc</i> .....	23
<b>6 Cíle práce</b> .....	26
<b>7 Charakteristika lokality</b> .....	27
<b>8 Materiál a metody</b> .....	31
8.1. Sběr vzorků .....	31
8.2. Kultivace vzorků .....	31
<b>9 Výsledky</b> .....	34
9.1. Provazné rybník .....	35
9.2. Hrachoveček .....	36
9.3. Rybník pod Palácem .....	37
9.4. Balaton .....	38
9.5. Dinotice .....	39
9.6. Popis nalezených druhů .....	40
<b>10 Návrh na využití půdních sinic ve výuce biologie</b> .....	44
10.1. Laboratorní cvičení .....	45
10.1.1. Návrh na laboratorní cvičení .....	46
10.2. Didaktická hra .....	51
10.2.1. Návrh na didaktickou hru pro základní školu .....	51

10.2.2. Návrh na didaktickou hru pro střední školu .....	53
<b>11 Diskuze .....</b>	<b>55</b>
<b>12 Závěr .....</b>	<b>57</b>
<b>13 Literatura .....</b>	<b>58</b>
<b>14 Přílohy .....</b>	<b>67</b>

# 1 Úvod

Mikroorganismy jsou označovány jako „správci biosféry“, přičemž toto označení je více než trefné pro půdní mikroorganismy. Půdní mikroorganismy jsou hybnou silou mnoha biogeochemických cyklů a jsou tedy pro zdraví a úrodnost půdy nezbytné (Tecon & Or, 2017).

Sinice jsou organismy, které byly schopny osídlit všechna prostředí na naší planetě, jedná se o první kolonizátory suchozemských ekosystémů. Jejich význam v půdě spočívá v tom, že jsou schopny vázat uhlík, dusík, syntetizují exopolysacharidy, zadržují vodu, zlepšují její strukturu a stabilitu, čímž zvyšují úrodnost půdy a vytváří vhodné podmínky pro půdní biotu (Chamizo et al., 2018). Sinice jsou důležitou složkou půdních krust, které hrají důležitou roli v oblastech, kde dochází k desertifikaci (Chen et al., 2023). Desertifikace je proces degradace půdy v suchých a polosuchých oblastech, čímž dochází k rozšiřování pouští (Islam et al., 2024). Vzhledem ke svému rozšíření a řadě benefitů lze sinice považovat za klíčové pro obnovu suchozemských ekosystémů (Chamizo et al., 2018). Některé sinice mohou také sloužit jako potrava člověka, k výrobě doplňků stravy a léčivých přípravků, jako zdroj přírodních barviv, hnojiv a alternativních paliv (Kollmen & Strieth, 2022). Je tedy zjevné, že sinice mají nemalý význam v mnoha oblastech.

Úvodní část se věnuje obecnému popisu sinic, následně půdním sinicím, půdám, rozboru výuky sinic na základních a středních školách a vybraným rodům sinic. Následně jsou popsány lokality, na kterých byl proveden odběr. Sběr vzorků probíhal od listopadu 2022 do října 2023. Celkem bylo odebráno 75 vzorků.

V praktické části se tato bakalářská práce věnuje průběhu a výsledkům výzkumu. Jako metody výzkumu byly zvoleny sběr vzorků půdy v transektech, kultivace v roztoku, poté kultivace na agaru, následně byla použita metoda izolace do roztoku a pozorování. Místo sběru dat v údolí Vsetínské Bečvy je vybráno záměrně, a to pro svoji dostupnost.

Liessmann (2008) se domnívá, že na rozdíl od rozšířeného názoru nedisponují znalostmi archivy, organizace, sklady ani knihovny. Tyto organizace však mohou poskytnout podmínky, kterými znalosti vyučujících nebo žáků vzájemně propojí a umožní tak předání těchto znalostí dál. V souvislosti s touto myšlenkou mohou především závěry výzkumu pro svou didaktickou část sloužit jako návod pro vyučující, jak lze půdní sinice do výuky zařadit a návrh, jak téma sinice zatraktivnit, tak aby v žácích zanechalo dlouhodobou stopu.



## 2 Obecná charakteristika sinic

Sinice jsou fotosyntetizující prokaryotické organismy, které jsou schopny tvořit chlorofyl a, chlorofyl b, pigment fykobilin a fykocianin. Díky vysoké koncentraci těchto pigmentů mohou za určitých podmínek získat namodralé zbarvení, proto jsou též přezdívány blue-green algae, tedy modro-zelené řasy (Whitton & Potts, 2000). Sinice jsou též označovány jako Cyanobacteria nebo Cyanophyta, přičemž “cyano“ odkazuje na modrozelené zbarvení způsobené fotosyntetickými pigmenty a fykocianinem. Řecky cyanos překládáme také jako modrý (Garcia-Pichel et al., 2020). Zbarvení buněk může být stabilní nebo závislé na chromatické adaptaci. Zbarvené mohou být i pochvy do červené, fialové, modré nebo žlutohnědé barvy (Komárek & Anagnostidis, 1999). Mimo jiné charakteristické pigmenty umožňují identifikaci těchto organismů v terénních vzorcích i pouhým okem. Některé druhy lze snadno pozorovat i v přírodě. Sinice představují velmi různorodou skupinu z hlediska morfologie, metabolických schopností či jejich složení, což je pravděpodobně odrazem miliard let evoluce (Herrero & Flores, 2008).

Sinice jsou skupinou organismů zásadně se podílející na produkci kyslíku, významně tedy přispívají k produkci fotosyntetické biomasy. Zajímavostí je jejich geografické rozšíření. Vyskytují se po celé planetě, obývají vodní i suchozemské ekosystémy, mohou prosperovat i v extrémních podmínkách jako jsou horké prameny, pouště, polární oblasti či hypersalinní jezera (Waditee-Sirisattha & Kageyama, 2022). Dokonce se spekuluje o výskytu sinic na Marsu, což vyvolává otázky o jejich původu (Whitton & Potts, 2000). Dle fosilních nálezů sinice patřily mezi první mikroorganismy, které před 3,5 miliardami let již v prekambriu osídlily Zemi. Významně se podílely na vzniku života tím, že produkovaly kyslík. Došlo tedy k přechodu od anaerobního stavu Země k dnešnímu aerobnímu stavu (Waditee-Sirisattha & Kageyama, 2022). Schopf a Walter (1982) označili proterozoikum (2 500–570 mil. let) jako “věk sinic“, protože právě tehdy se dle fosilních nálezů vyskytovaly nejhojněji (Whitton & Potts, 2000).

Počet druhů sinic dle morfologických znaků a molekulárních analýz byl doposud stanoven na 5 185. Nicméně se odhaduje, že dosahují až 8 000 druhů. Sinice existují v mnoha morfologických formách. Jako jednobuněčné, koloniální, ale také mnohobuněčné vláknité formy. Velikost průměru buněk se pohybuje od méně než 1  $\mu\text{m}$  (*Picocyanobacteria*) do 100  $\mu\text{m}$  (některé tropické formy rodu *Oscillatoria*) (Mehdizadeh Allaf & Peerhossaini, 2022).

Mnoho druhů sinic je schopno fixovat atmosférický dusík pomocí specializovaných buněk heterocytů, které obsahují nitrogenázu, klíčový enzym pro fixaci dusíku. Nitrogenáza je extrémně citlivá na kyslík, proto mnoho sinic prostorově i časově odděluje proces fotosyntézy a fixace dusíku (Herrero et al., 2001). Díky schopnosti vázat dusík a převést jej na dobře využitelnou formu pro rostliny, se některé sinice využívají jako biogenní hnojivo, jelikož dusík je nesmírně důležitý pro růst mnoha rostlin. Avšak sinice rostlinám neposkytují pouze dusík, ale i některé sekundární metabolity, které mohou urychlit růst či zvýšit odolnost rostliny. Některé rostliny tak vyvinuly se sinicemi symbiotické vztah, ze kterého profitují nejen rostliny, ale i sinice (Kollmen & Strieth, 2022).

Sinice mohou tvořit při přemnožení vodní květ. K rozkvětu sinic může docházet vlivem mnoha faktorů, např. zvýšeným přísunem živin, změnou poměru živin (dusík a fosfor), přítomností organických polutantů, oteplováním vod či množství oxidu uhličitého (Harris et al., 2024). Sinice mohou produkovat řadu biologicky aktivních či toxických (cyanotoxinů) látek, které vážně poškozují kvalitu vody a mohou být nebezpečné pro zdraví člověka. Avšak doposud nebyla zcela zodpovězena otázka, proč tyto cyanotoxiny produkují nebo proč v eutrofizovaných vodách dochází k naprosté a dlouhodobé dominanci sinic na úkor ostatních vodních fotoautotrofů (Babica et al., 2004).

## 2.1. Struktura a morfologie buňky sinic

Buňky sinic jsou obvykle větší a složitější než buňky bakterií. Jejich buňka se skládá z vnějšího buněčného obalu s buněčnou stěnou, složenou z polysacharidů a mukopeptidů. Vnější strana buněk se skládá ze slizovité vrstvy a buněčné stěny. Slizová vrstva chrání buňku před škodlivými faktory prostředí. Buňky mohou produkovat slizové pochvy složené z exopolysacharidů s tloušťkou od 1  $\mu\text{m}$  do několika  $\mu\text{m}$ . Pochva má několik funkcí, např. ochrana před teplem, vysycháním a UV zářením (Waditee-Sirisattha & Kageyama, 2022). Zbytky slizové pochvy nebo nekridické buňky mohou vytvářet kalyptru, která tvoří jakýsi vnější buněčný uzávěr (Komárek & Anagnostidis, 1999).

Genetický materiál nebo nukleoid se skládá z kruhové DNA. Ribozomy jsou roztroušené po celé cytoplazmě. Fotosyntéza probíhá na thylakoidních membránách, které se nachází volně v cytoplazmě. V thylakoidních membránách se nachází fotosyntetický aparát, jehož součástí jsou fykobilizomy. Buňka sinice také obsahuje zásobní inkluze, tedy zásoby během nepříznivých podmínek nebo stresu. Další vrstvou je plazmatická membrána, která je lipoproteinové povahy a selektivně propustná (Waditee-Sirisattha & Kageyama, 2022).

### 2.1.1. Morfologie

Sinice vykazují značné rozdíly v morfologii. Jednobuněčné sinice jsou kulovité, oválné, polokulovité nebo nepravidelné, např. *Synechococcus*, *Synechocystis*. Zástupci řádu *Pleurocapsales* mají schopnost tvořit složité kolonie s počtem buněk od 2 do několika tisíc v jedné kolonii. Vlákňité formy tvoří řetězce buněk. Každé vlákno se skládá z obalu a jednoho nebo více buněčných vláken zvaných trichomy. Vlákna bez diferencovaných buněk jsou typická např. pro rod *Oscillatoria*. Vlákna s diferenciací buněk na heterocyty a akinety jsou typická pro rod *Nostoc*. Spirální, svinuté vlákno má např. *Spirulina*. Vlákňité sinice vykazují pravé a nepravé větvení (Waditee-Sirisattha & Kageyama, 2022).

### 2.1.2. Granule

Buňky sinic mohou obsahovat různé zásobní granule pro ukládání uhlíku, dusíku a fosforu. Akumulace zásobních látek v granulích pomáhá sinicím se přizpůsobit stresu či dostupnosti živin. Rozlišujeme 6 typů granulí.

Volutinové granule jsou úložištěm komplexního anorganického polyfosfátu (Pallerla et al., 2005). Polyfosfát může sloužit jako zásobárna anorganického  $PO_4^{3-}$  a jako zdroj energie pro buněčný metabolismus, umožňuje aklimatizaci buněk na stresové podmínky, podílí se na udržování homeostázy kationtů kovů, ovlivňuje funkci chaperonu, také může sloužit jako zdroj energie fosfoanhydridové vazby, která pravděpodobně byla využívána před evolucí ATP a další (Sanz – Luque et al., 2020).

Cyanofycin je rezervní dipeptid argininu a kyseliny asparagové, sloužící jako zásobárna dusíku a uhlíku. K akumulaci cyanofycinu dochází za stresových podmínek vyvolaných nedostatkem fosforu, draslíku, sulfátu nebo světla (Canizales et al., 2023).

Ačkoliv sinice nemají enzymy syntetizující triacylglyceroly, hromadění právě triacylglycerolů a/nebo tukových kapének bylo zaznamenáno u celé řady druhů (Ishikawa et al., 2023).

Polyhydroxyalkanoáty (PHA) jsou mikrobiální polymery, které poskytují buňce za nepříznivých podmínek energii a uhlík. Tyto granule jsou též označovány jako karbonozomy. Granule PHA jsou navrstveny různými polypeptidy, a proto se jeví jako inkluzní tělíska nebo granule. Na vnější vrstvě PHA granule se nachází skupina bílkovin známá jako „fáziny“, pokrývající téměř  $\frac{3}{4}$  prostoru granule. Slouží k udržení kulovitěho tvaru a podílí se na buněčném metabolismu. Velikost PHA granulí se pohybuje v rozmezí 100–500 nm (Goswami

et al., 2021). Sinice mohou PHA produkovat fotoautotrofně. Příkladem sinic schopných akumulovat PHA je *Nostoc muscorum* a *Spirulina platensis* (Waditee-Sirisattha & Kageyama, 2022).

Většina druhů sinic si sacharidy ukládá v určité formě rozpustného glykogenu. Fotosyntetická asimilace uhlíku a ukládání glykogenu patří k životně důležitým procesům v buňkách sinic během růstu. Některé druhy sinic mohou hromadit jinou formu sacharidových granulí, a to sinicový škrob (Waditee-Sirisattha & Kageyama, 2022).

Buňky sinic v neposlední řadě obsahují karboxyzomy, což jsou polyedrická inkluzní tělíska obsahující enzym RuBisCO zodpovědný za fixaci oxidu uhličitého (Hobot, 2015).

### 2.1.3 Specializované struktury

Sinice jsou jedinou skupinou prokaryotních organismů schopnou fotosyntézy, vykazují vysoký stupeň morfologické diverzity a jsou schopny diferenciac buněk (Springstein et al., 2020).

#### **Heterocyty**

Heterocyty jsou specializované buňky vázající atmosférický dusík. Heterocyty se od vegetativních buněk odlišují kulatějším tvarem, nevýraznou pigmentací, silnějšími buněčnými stěnami a jsou větší (Kumar et al., 2010). Jedná se o morfologicky a funkčně odlišné buňky vyskytující se například u řádů *Nostocales*, *Scytonematales* a *Stigonematales*. Heterocyty se vyvíjejí z vegetativních buněk. Výskyt a množství heterocytů závisí na podmínkách prostředí jako je například aerobní fixace dusíku, koncentrace a nedostatek dusičnanů, teplota, rentgenové záření atd. Frekvence produkce heterocytů se tedy v rámci populací a druhů může dramaticky měnit. Existují druhy, u kterých heterocyty zcela vymizí díky podmínkám bohatých na dusík (Komárek, 2013).

#### **Akinety**

Akinety jsou zvětšené buňky umožňující přežití nepříznivých podmínek, období sucha, přezimování atd. Navzdory své funkci a odlišné morfologii mají akinety stejné metabolické procesy jako vegetativní buňky. Jejich ultrastruktura se výrazně neliší od ultrastruktury vegetativních buněk, což pravděpodobně zapříčiňuje snadný přechod vegetativních buněk na akinety a naopak (Komárek, 2013). K jejich vzniku tedy dochází přeměnou jedné nebo více vegetativních buněk, kterým ztloustne buněčná stěna a uvnitř se nahromadí velké množství živin, viditelných jako granule. Následně akineta vypadne z vlákna, které zaniká a pouze

přeživší akineta po obnovení příznivých podmínek vyklíčí v nové vlákno (Šejnohová & Maršálek, 2005).

### **Aerotopy**

Aerotopy jsou plynné váčky, v buňkách pozorované jako nepravidelná, nahnědlá tělesa, která se mohou objevovat v celém objemu buňky nebo jsou lokalizovány pouze v určitých oblastech buněčného protoplastu (buď u pólu nebo v centrálních částech buněk) (Komárek & Anagnostidis, 1999).

Sinice jsou jediné z fotosyntetizujícího planktonu, které obsahují aerotopy, umožňující regulaci vztlaku a vertikální migraci. Vertikální migrace jim poskytuje mnoho výhod, jelikož v nižších hladinách vody se nachází vyšší koncentrace živin, jako je dusík či fosfor, a také menší konkurence o ně. Naopak u hladiny se vyskytuje více predátorů a s tím i spojené nebezpečí, mimo jiné i vysoká intenzita světla může poškodit jejich buněčné struktury a pigmenty (Algae at NKU, 2021). Aerotopy jsou naplněny plyny, což umožňuje buňkám vyplavat na povrch hladiny, kde jsou vystaveny slunečnímu záření, aby mohly fotosyntetizovat. Buňky fotosyntézou nahromadí sacharidy, ztratí vztlak a opět se potopí (Kromkamp et al., 1986).

Největší množství aerotopů produkují sinice, které tvoří vodní květy. Jedná se o kokální rod *Microcystis*, dále vláknité typy *Anabaena*, *Planktothrix* nebo *Aphanizomenon* (Šejnohová & Maršálek, 2005).

### **Hormogonie**

Vláknité sinice se rozmnožují fragmentací svých vláken, z nichž vznikají vlákna kratší, skládající se z 5-15 buněk, označované jako hormogonie. Vykazují pohyblivost a mohou se vyvinout v nová, plnohodnotná vlákna (Waditee-Sirisattha & Kageyama, 2022).

## 3 Půdní sinice

V půdě žije mnoho pouhým okem neviditelných organismů. Souhrnně se všechny půdní organismy nazývají edafon a dělí se na fytoedafon a zooedafon. Nicméně tyto termíny se dnes používají již jen okrajově (Šimek et al., 2019).

Půdní organismy jsou velmi velikostně různorodé. Velikost souvisí s vlastnostmi a funkcí v půdním systému, ale také s metodami vzorkování, extrakcí a dalším pozorováním. Nejmenší organismy často žijí v tenké vrstvě vody, která pokrývá pevné půdní částice, přičemž tento mikroprostor prakticky neopouštějí (Miko et al., 2019).

Neživočišná složka půdního ekosystému je tvořena pouze mikroskopickými organismy dosahujícími od desetin po desítky mikrometrů, obvykle označována jako mikroflóra. Patří sem půdní bakterie, aktinobakterie, archea, houby, sinice a řasy. Mikroflóra tvoří nejpočetnější skupinu jak z hlediska počtu jedinců, tak i celkové biomasy (Miko et al., 2019).

### 3.1. Adaptace

Sinice jsou v půdě, především na jejím povrchu, vystavovány extrémním podmínkám, kdy se musí vyrovnávat s nejrůznějšími abiotickými stresy, jako je například nízká či vysoká teplota, sucho, UV záření, nadměrné ozáření nebo naopak nedostatek světla, polutanty apod. Jejich přežívání a růst umožňuje řada adaptací a strategií (Šimek et al., 2019).

Vzhledem k tomu, že sinice pochází již z prekambria, kdy ještě nebyla vyvinuta ochranná ozonová vrstva a byly tak ve vysoké míře vystavovány UV záření, vyvinulo se u nich mnoho ochranných mechanismů (Sinha & Häder, 2008). Důležitou roli hrají karotenoidy, které působí jako přídatné světlosběrné pigmenty a chrání chlorofyl a thylakoidní membrány před fotooxidativním stresem. Řada druhů sinic za stresových podmínek syntetizuje velké množství sekundárních karotenoidů, zejména kantaxantin, astaxantin a jeho estery. Ty jsou kumulovány v tukových kapénkách mimo chloroplast a jejich kumulace způsobuje červené, či oranžové zbarvení buněk. Sinice kromě karotenoidů obsahují i další UV filtr, žlutohnědý pigment scytonemin, uložený v pochvách obklopujících sinicové buňky, či černě nebo jinak zbarvený gleokapsin u kokálních a koloniálních sinic (Šimek et al., 2019).

Další skupinou UV-protektivních látek jsou aminokyseliny podobné mykosporinu a scytonemin, které silně absorbují UVA a/nebo UVB záření a umožňují tak růst a přežití sinic na stanovištích vystavených silnému ozáření (Sinha & Häder, 2008).

Mechanickou ochranu představují především tlusté buněčné stěny a případná tvorba slizových obalů zamezující dehydrataci cytosolu. Častější ochranou před dehydratací je tvorba různých látek, např. extracelulárních polysacharidů. Důležitá je také syntéza a akumulace metabolicky multifunkčních organických látek jako jsou cukerné alkoholy, např. glycerol, arabitol, mannitol atd., které poskytují energii pro udržení metabolických procesů během stresu a pro opravné mechanismy. Sinice jsou také schopny tvořit klidová stádia, akinety, přičemž přechod do těchto stádií může být také řešením při nedostatku vody v prostředí (Sinice a řasy.cz, 2003–2023). U sinice *Nostoc commune* byla prokázána schopnost přežívat řadu let ve vysušeném stavu, konkrétně až 100 let. Nicméně nedostatek vody je spojen i s nízkými teplotami. Mechanismus umožňující růst sinic při nízkých teplotách je v adaptivních změnách ve složení lipidů, důležitých při regulaci fluidity a polopropustnosti membrán (Šimek et al., 2019).

### 3.2. Rozmístění sinic v půdě

Rozmístění sinic závisí na mnoha faktorech, jako je typ a textura půdy, množství a intenzita srážek, hloubka kořenů rostlin, aktivita půdních bezobratlých, agrotechnická opatření a další. Sinice mohou být rozmístěny vertikálně nebo horizontálně. Největší význam mají ve svrchních vrstvách půdy, zpravidla se jejich počet s rostoucí hloubkou snižuje (Šimek et al., 2019).

### 3.3. Půdy

Bičík (2009) definují půdu jako nejsvrchnější část zemské kůry, která je složena ze směsi minerálních součástí, odumřelé organické hmoty a živých organismů. Je vertikálně segmentovaná, propojena se svým podložím a vzniká ze zvětralin nebo nezpevněných minerálních a organických sedimentů.

Podobně definují půdu i autoři Miko et al. (2019), kteří uvádějí, že uvést jednu odbornou definici půdy je složité, jelikož definice půdy se vyvíjela spolu s vědeckým poznáním, avšak lze říci, že půda je složitý, polydisperzní třífázový systém, který se skládá z pevné, kapalně a plynné složky. Tyto složky na sebe vzájemně působí i se živými organismy.

Vysvětlit tuto definici můžeme tak, že půda obsahuje množství živých i neživých součástí, které se vzájemně ovlivňují. Pojem polydisperzní označuje částice různých velikostí, což může být písek, štěrk nebo balvany. Množství, těchto částic pak ovlivňuje strukturu půdy. Pevné, kapalně a plynné složky v kontextu této definice můžeme popsat slovem třífázový. Je

nutné zdůraznit, že na vzniku půdy se svou činností podílí také živé organismy (Miko et al., 2019).

Zrnitostní složení nebo také textura, je jedním z nejvýznamnějších půdních znaků. Zrnitost půdy se určuje podle zastoupení jednotlivých velikostně rozdílných minerálních částic. Pro půdu má největší význam jejich obsah v tzv. jemnozemi. Což znamená v sumě minerálních částic pod 2 mm v průměru (Tomášek, 2003).

Šimečková (2012–2015) k jemnozemi dále uvádí, že se jedná o složku půdy, která ovlivňuje základní půdní vlastnosti např. poměr vody a vzduchu v půdě.

### 3.3.1. Půdní typy

Šimečková (2012–2015) klasifikuje půdní druhy dle Nováka, což znamená, že vycházíme z údajů o procentickém zastoupení částic pod 0,01 mm ve vzorku. Rozlišuje se tedy sedm půdních druhů (Tabulka 1).

*Tabulka 1: Klasifikace půd podle velikosti částic.*

Obsah částic < 0,01 mm [mm]	Označení durhu půdy	Zkratka	Klasifikace půdy
0 - 10	písčitá	P	lehká
10. - 20	hlinitopísčitá	HP	
20 - 30	písčitohlinitá	PH	středně těžká
30 - 45	hlinitá	H	
45 - 60	jílovitohlinitá	JH	těžká
60 - 75	jílovitá	JV	
>75	jíl	J	

Jak je uvedeno výše mezi lehké půdy řadíme druhy půd jako je písčitá a hlinitopísčitá půda. Tyto půdy obsahují až 80 % hrubého písku a velmi málo jemných částic. Vlastnostmi těchto druhů půd jsou vzdušnost, rychlá záhřevnost, čistota, voděpropustnost, rychlé vysychání, jejich velké částice špatně poutají humus a živiny. Tyto půdy je potřeba hnojit a zavlažovat. Druhy písčitohlinitých až hlinitých půd klasifikujeme jako půdy středně těžké. Obsahují téměř stejné množství písku, jílu a hlinitých částic. Obsahují optimální množství vláhy, živin, vzduchu a velké množství vápníku. Tepelně jsou vyrovnané. Druhy jílovohlinité, jílovité a jíly se řadí k těžkým půdám. Tyto půdy obsahují až přes 50 % jemných jílovitých částic a písku. Tyto půdy dobře udržují vláhu a živiny, avšak pro rostliny může být vlaha a živiny těžko dostupná z důvodu pevného poutání s tím souvisí nízký obsah vzduchu, jedná se o půdy poměrně chladné (Keliwood 2011, Přírodní zahrada 2018).



Nejběžnější půdní typy v České republice dle Tomáška (2003) jsou černozemě, černice, smonice, šedozemě, hnědozemě, Illimerizované půdy, pseudogleje, surové půdy – litozemě, rankery, rendziny, terra fusca, pararendziny, arenosoly, pelozemě, hnědé půdy – kambizemě, rezivé půdy – kryptopodzoly, podzoly, nivní půdy – fluvizemě, gleje, rašeliništní půdy – organozemě, slance.

### 3.3.2. Půdní krusty

Půdní krusta se definuje jako spojování drobných půdních částic do pevnějších celků na půdním povrchu. Rozlišujeme fyzikální krusty, což jsou půdní krusty vytvořené pomocí vody a větru bez zásahu živého organismu. Vznikají tedy abioticky. Naopak biologickými půdními krustami se rozumí seskupení organismů, především sinic, zelených řas, mikroskopických hub, mechů a lišejníků, které žijí na povrchu půdy. Nejdůležitějšími primárními producenty jsou právě sinice, řasy a mechy. Méně významnou složkou jsou sekundární půdní heterotrofové, jako jsou hlístice, prvoci, vířníci nebo želvušky (Čapková & Řeháková, 2017).

Podobnou definici biologických půdních krust uvádějí také autoři Belnap et al. a to, že biologické půdní krusty jsou složeny z více organismů. Mezi těmito organismy neexistují příbuzenské vztahy a vyskytují se na povrchu půdy. Jsou schopny vyschnout a dočasně pozastavit dýchání bez negativních účinků. Tyto typy organismů nazývají jako poikilohydrické, což znamená, že většina z nich vyrovná obsah vody ve svých buňkách s vlhkostí prostředí nebo povrchovou půdní vlhkostí (Belnap et al., 2001).

Půdní krusty vznikají hlavně díky sinicím a jejich lepivým slizovitým pochvám, které si formují kolem vláken a kolonií. Tyto silné slizové pochvy zabraňují vysychání. Následně se na pochvy sinic nebo vlákna mikroskopických hub nachytávají částice půdy o velikosti menší než 1 mm. Dále se na povrchu zachycují mikroorganismy a nebezpečné částice, zde lépe podléhají vysychání. Tyto půdní krusty se nachází po celém světě, v České republice najdeme půdní krusty také a nejvíce se jich vyskytuje na opuštěných výsypkách hnědouhelných a černouhelných pánví v okolí Sokolova, Mostu, Ostravy. Jejich význam zde spočívá ve stabilizaci půdy a protierozní funkci. Dále typy krusty můžeme také nalézt ve vrcholových částech Krkonoš (Čapková & Řeháková, 2017).

Pojem architekti biologických krust označuje nejdůležitější sinice pro tvorbu těchto půdních krust. Jsou ním označovány sinice rodu *Microcoleus*. Tyto sinice rostou jako svazek vláken ve velmi silných, slizových obalech. K nim se v průběhu vzniku půdní krusty přidávají další zástupci rodů sinic např. *Nostoc* neboli jednořadka, ale také *Scytomena*. Následně se

přidávají další organismy např. zelené řasy, mikroskopické houby. Dle okolních podmínek mohou v závěru vývoje půdní krusty osídlit i lišejníky. Jedno z dělení biologických půdních krust je tedy na základě, jaké organismy převládly. Dělí se tedy na krusty sinicové, řasové, lišejníkové a mechové. Půdní krusty lze také dělit na základě jejich tvaru. Tvar je dán teplotou (mrazem) a množstvím srážek v polopouštních a pouštních oblastech, kde se krusty nachází. Jedná se o krustu hladkou, ta se nachází ve velmi horkých a suchých pouštích. Vrásčitá krusta se vyskytuje v horkých pouštích s mírně vyšším úhrnem srážek. Opakem je zvlněná krusta, která se nachází v extrémně chladných pouštích. Posledním typem je věžovitá biologická půdní krusta, která se vyskytuje v chladných pouštích. V našich podmínkách se vyskytují vrásčité půdní krusty (Čapková & Řeháková, 2017).

Půdní krusty mají z ekologického hlediska významnou roli. Zvyšují agregaci a stabilitu půdy, čímž snižují erozi. Zadržují vodu, ovlivňují pórovitost půdy a dostupnost živin, čímž podporují uchycení a kolonizaci cévnatých rostlin v suchých oblastech. Biologické půdní krusty jsou místem fixace a mineralizace uhlíku (Ghiloufi et al., 2019). Ovlivňují např. míru odrazitelnosti záření od povrchu půdy. Pigmenty scytonemin a karotenoidy, přítomné především u sinic, způsobují, že jsou krusty především tmavé, což má za následek pohlcení záření a zvýšení jejich teploty (Čapková & Řeháková, 2017).

## 4 Výuka sinic na základních a středních školách

Tato kapitola popisuje, jak je problematika sinic vyučována na základních a středních školách, především na gymnáziích. Tedy, jak jsou sinice charakterizovány v učebnicích, popřípadě, jakými druhy sinic se zabírají.

Tématem sinic se zabírají učebnice přírodopisu určeného pro šestý ročník základní školy a víceletá gymnázia. Jelikož na druhém stupni se žáci dle rámcových vzdělávacích programů seznamují se vznikem Země a života. Dokáží např. popsat rozdíl mezi buňkou živočichů, rostlin a bakterií. Učivo se tedy zaměřuje na výskyt, význam a praktické využití (MŠMT, 2017),

Autorky (Knůrková & Žítková, 2017) rozebírají téma sinic v rámci kapitoly mikroorganismy. Na úvod autorky vysvětlují a definují pojem sinice. Knůrková, Žítková (2017, s. 24) uvádějí: „*Sinice jsou zvláštní skupinou bakterií, které obsahují fotosyntetická barviva, jsou proto schopny fotosyntézy*“. Dále v definici vysvětlují původ českého názvu sinice, viz kapitola 1.

Oproti tomu autoři (Konětopský, Musilová, 2019) k definici sinic ještě doplňují, že jsou tvořeny samostatnými buňkami nebo vlákny, obsahují chlorofyl a zmiňují se také o tom, že některé vodní druhy vytváří vodní květ, což způsobují přemnožené sinice.

Dále pak autoři popisují buňku sinice a zdůrazňují hlavní význam sinic, což je vytváření kyslíku v atmosféře planety Země (Knůrková & Žítková, 2017, Konětopský & Musilová, 2019). Knůrková, Žítková (2017) ještě dále uvádějí zajímavost ohledně stáří sinic a vysvětlují pojem stromatolity. Jedná se o usazeniny hříbovitého tvaru vzniklé látkovou výměnou sinic, které připomínají i některé nynější druhy.

Dále pak autoři popisují výskyt sinic, kde se mohou nacházet, jedná se tedy o vodní plochy, vlhkou půdu i kůru stromů. Upozorňují také na to, že sinice vypouští toxiny a mohou tak způsobovat alergie (Knůrková & Žítková, 2017, Konětopský & Musilová, 2019).

Knůrková, Žítková (2019) uvádějí tři zástupce sinic a těmi jsou jednořadka, drkalka, sinivka. Autorky však dále tyto zástupce nerozebírají, jen je vyjmenovávají.

Co se týká výuky sinic, respektive učebnic, na středních školách, tato část se zaměřuje na gymnázia, jelikož předmět biologie se nevyučuje na všech středních školách. Je to dáno odborným zaměřením školy.

Dle Rámcového vzdělávacího programu pro gymnázia se učivo zaměřuje na stavbu a funkci bakterií (MŠMT, 2021).

Autorky Hančová, Vlková (2008) o sinicích píší v rámci domény bakterie. Což jsou kosmopolitní, prokaryotické organismy, reducenti, symbionti, patogeny. Dále jen ve stručnosti uvádí, že sinice Cyanobacteria jsou fotoautotrofní bakterie, jsou součástí planktonu a součástí stélky lišejníků.

Benešová (2013) uvádí též název Cyanophyta. Nejprve sinice charakterizuje. Uvádí, že sinice jsou autotrofní gramnegativní bakterie. Zmiňuje se o barvivech, která jsou obsažena v tylakoidech (chlorofyl, fykocyanin, fykoerytrin a beta – karoten). Zásobní látkou je sinicový škrob. Zmiňuje se také o vodním květu. Takto také charakterizují sinice autoři Jelínek, Zicháček (2013) a to popisem stavby buňky sinice. Všichni tři autoři uvádí, že na povrchu buňky najdeme slizové pochvy.

Jelínek, Zicháček (2013) se zabývají dále jednobuněčnými sinicemi, jsou vývojově starší, zůstávají po dělení často pohromadě, spojené vrstvami slizových obalů. Dále vysvětlují vláknité sinice, ty jsou naopak vývojově mladší a obsahují pochvu, v níž jsou buňky uloženy za sebou. Následně jako příklad uvádí rod *Anabaena*, který má vmezeřené heterocyty. Pojem heterocyty vysvětlují jako tvarově změněné buňky se schopností vázat vzdušný kyslík.

Benešová (2013) upozorňuje i na význam sinic. Jelínek, Zicháček (2013) a stejně tak Benešová (2013) popisují rozmnožování sinic. Jednobuněčné sinice se rozmnožují dělením, vláknité hormogonií, což znamená, že oddělením od mateřského vlákna vznikají vlákna nová. Vytváří akinety, což jsou klidové spory.

Jako zástupci jsou uváděni jednořadka také *Nostoc*, je charakterizována, tak že v symbióze s houbou tvoří těla některých lišejníků. Dále je to výše zmiňovaná *Anabaena*. Posledním zástupcem je *Trichodesmium erythraeum*, která je důvodem zbarvení Rudého moře (Benešová, 2013, Jelínek & Zicháček, 2013).

## 5 Vybrané druhy sinic

### 5.1. rod *Microcoleus*

Rod *Microcoleus* patří do řádu Oscillatoriales. Vlákna jsou buď nepravě větvená nebo bez větvení. Buňky jsou cylindrické, téměř izodiametrické s thylakoidy uspořádanými radiálně a s granulárním obsahem (Komárek & Anagnostidis, 2005).

Sinice rodu *Microcoleus* typicky tvoří více vláken v jedné pochvě. Vlákna jsou válcovitá s obvykle zúženým nebo rovným koncem a mohou být kryta kalyptrou. *Microcoleus* je morfologicky velmi podobný rodu *Phormidium*. Typickým druhem tohoto rodu je *Microcoleus vaginatus*, který je mimo jiné jednou z nejhojnějších sinic v půdních krustách (Dvořák et al. 2017). Rozmnožování probíhá dezintegrací, tedy rozpadem, trichomů a hormogonií (Komárek & Anagnostidis, 2005).

Druhy rodu *Microcoleus* jsou schopny přežívat v extrémních podmínkách, zejména v aridních a polárních oblastech. Jsou tolerantní vůči vysychání, bylo zjištěno, že 3 kmeny rodu *Microcoleus* izolované ze stanovišť Arktidy, přežily silnou dehydrataci, nicméně nesnesly úplné vyschnutí. Vypadá, že strategií přežití na periodicky suchých stanovištích zahrnuje vyhýbání se úplnému vyschnutí a toleranci k mírnému stresu z vyschnutí, vyvolaným suboptimálními podmínkami (Tashyreva & Elster, 2015).

*Microcoleus vaginatus* tvoří tlustá, plazivá, řídko nepravě větvená a na koncích zeslabená vlákna. Pochvy bývají bezbarvé, různě silné a někdy s prstencovými příčnými zúženími. Trichomy bývají dlouhé četné, hustě propletené nebo mohou být téměř paralelně uspořádané, často mohou být provazcovitě zkroucené. Barva trichomů bývá jasně modrozelená nebo olivově až špinavě zelená. Šířka trichomů se pohybuje v rozmezí (2.5) – 3–7 – (9)  $\mu\text{m}$ . Apikální buňky s kuželovou, tupokuželovou nebo polokulovitou kalyptrou. Vyskytuje se na půdách, vlhkých stěnách, kamenech, zaschlém bahně, často se jedná o znečištěné lokality (Komárek & Anagnostidis, 2005). *M. vaginatus* je velmi podobný *Microcoleus autumnalis*, morfologicky se liší pouze ve formě kolonií a uspořádání vláken, nicméně trichomy jsou velmi morfologicky podobné (Strunecký et al., 2013).

*Microcoleus autumnalis* tvoří často výrazně spletená vlákna se špinavě zeleným nebo modrozeleným zbarvením. Vlákna jsou (3.5) – 4–7  $\mu\text{m}$  široká, na přepážkách granulovaná a obalená v tenké pochvě, na konci zúžené a kryté kalyptrou (Kaštovský et al., 2018)

## 5.2. rod *Leptolyngbya*

Sinice bývají hojně přítomné ve všech typech půd, ale mohou být i specializované na určitá stanoviště, nicméně i tyto druhy jsou geograficky široce rozšířené. Příkladem mohou být druhy právě z rodu *Leptolyngbya*, ale také z již zmíněného rodu *Phormidium* nebo *Nostoc*. Růst sinic v půdách zřejmě podporuje především vyšší pH (Komárek 2003).

Rod *Leptolyngbya* patří do řádu *Synechococcales* (Prabha et al., 2023). Jedná se o jeden z nejběžnějších rodů, zástupci tohoto rodu obývají všechny biotopy světa, nicméně většina druhů má odlišné ekologické nároky (Komárek & Anagnostidis, 2005).

Vlákná jsou tenká, dlouhá, jednotlivá nebo ve svazcích, zřídka tvoří kompaktní kolonii (thallus), jemně zvlněná vzácně rovná, na koncích obvykle nejsou ztenčené. Morfologicky jsou velmi jednoduchá. Pochvy jsou pevné a tenké, vzácně nepravě větvené. Četnost pochev je závislá na podmínkách prostředí. Trichomy jsou 0.5 až 3.5  $\mu\text{m}$  široké, buňky jsou podlouhlé, izodiametrické a thylakoidy jsou periferně uspořádány. Rozmnožují se fragmentací trichomů (Komárek & Anagnostidis, 2005).

*Leptolyngbya boryana* tvoří zakřivená, hustě zapletená 2.6–3.5  $\mu\text{m}$  široká vlákna s tenkými, bezbarvými pochvami. Může tvořit nepravé větvení, které bývají tenčí než hlavní vlákna. Trichomy bývají světle modrozelené až téměř bezbarvé, (1) 1.3–2 (3)  $\mu\text{m}$  široké, silně zúžené na příčných stěnách. Apikální buňky jsou zaoblené. Jedná se o sladkovodní sinice, která byla zaznamenána ve stojatých vodách téměř celé Evropy (Komárek & Anagnostidis, 2005).

## 5.3. rod *Nodosilinea*

Rod *Nodosilinea* byl původně řazen do rodu *Leptolyngbya*, nicméně se ukázalo, že tvoří samostatnou fylogenetickou větev. Druhy rodu *Nodosilinea* se vyznačují schopností tvořit uzlíky po celé délce vlákna. Dříve bylo možné tuto vlastnost pozorovat pouze u *Leptolyngbya nodulosa* (Perkerson et al., 2011).

Vlákná mají tenkou bezbarvou pochvu, parietálně uspořádané thylakoidy a jsou nepohyblivá. Buňky jsou izodiametrické nebo protáhlé, neobsahují aerotopy. Některé druhy mohou vázat vzdušný dusík. Rozmnožují se pomocí hormogonií (Temraleeva & Dronova, 2016).

Rod *Nodosilinea* se fylogeneticky odděluje od rodu *Leptolyngbya* na základě molekulární analýzy. Rod *Nodosilinea* tvoří krátce stočené trichomy uvnitř pochvy, které jsou označovány noduly (uzlíky), což bylo poprvé pozorováno u *L. nodulosa*. Studie ukazují, že

tvořit noduly jsou schopny všechny druhy tohoto rodu, jsou-li vystaveny nízkému osvětlení po dobu jednoho měsíce. Další vlastnosti se podobají rodu *Leptolyngbya*, mají tedy jednobuněčné 0.5–3.5  $\mu\text{m}$  široké trichomy opatřené tenkou pochvou, zúžené a obsahují granule. Vegetativní buňky mají podobný tvar jako apikální. Zástupci rodu *Nodosilinea* byli nalezeni na různých stanovištích (Radzi et al., 2019).

*Nodisilinea nodulosa* tvoří 1.1-1.5  $\mu\text{m}$  dlouhé a 1.2-2.4  $\mu\text{m}$  široké buňky, isodiametrické, apikální buňky jsou zaoblené, pochva je tenká a bezbarvá. Tvoří noduly (Radzi et al. 2019).

#### 5.4. rod *Nostoc*

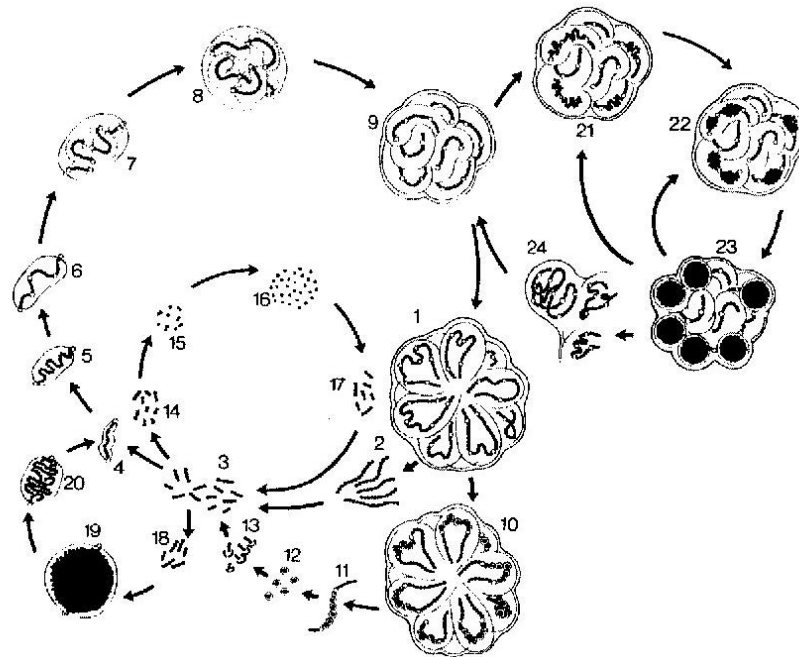
Molenhauer (1988) uvádí, že rod *Nostoc* lze definovat jako rod s heteromorfním životním cyklem. Buňky jsou spojené a tvoří jednořadé vlákno kryté slizovou pochvou, buňky mají kulovitý nebo elipsoidní tvar.

Sinice rodu *Nostoc* se vyskytují v různých prostředích a tvoří kolonie ve společném obalu (Nicoletti, 2022). Makroskopicky viditelné kolonie tvoří *Nostoc caeruleum*, *N. commune*, *N. microscopicum*, *N. parmelioides*, *N. pruniforme*, *N. verrucosum* a *N. zetterstedtii* (Mollenhauer et al., 1999). Makroskopický vzhled umožňuje tvorba koloidních látek, které sdružují kolonie buněk. Kolonie vylučují velké množství rosolovitých látek, které udržují jednotnou strukturu kolonie. *Nostoc* tvoří sladkovodní kolonie rozličného tvaru (Nicoletti, 2022). Druhy rodu *Nostoc* se mohou jevit i jako mikroskopické, jsou-li složené z několika málo buněk. Drobné druhy nejsou dobře známy (Molenhauer, 1988).

Zástupci rodu *Nostoc* mohou osidlovat vodní plochy, jako jsou jezera, řeky, potoky či jiná hlubinná stanoviště. Mohou také osidlovat tenké vodní vrstvy, které pokrývají částice hornin nebo půdy. Všechny druhy k životu nezbytně vyžadují kapalnou vodu. Některé druhy jsou schopné přežít sucho v kryptobiotických fázích životního cyklu, ale některé druhy vyžadují vodu trvale (Molenhauer, 1988).

Životní cyklus je popsán na *N. pruniforme* (obrázek 1). Cyklus začíná ve chvíli, kdy se zralé stélky rozpadají, čímž se uvolňují dlouhé hormogonie, jedná se o planktonní fázi. Fragmentací mohou vytvářet také krátké hormogonie a dochází tak ke zvyšujícímu se počtu propagul. Ve chvíli, kdy již nedochází ke vzniku dalších hormogonií, dojde k usazení a vnější vrstvy buněčných obalů se přemění ve sliz, který absorbuje vodu. Ze dvou terminálních buněk vznikají heterocyty. Z počátku je rosolovitý obal pevný a odolává prodlužování vlákna, díky

čemuž dochází ke zkroucení vlákna. Ve chvíli, kdy obal změkne, vlákna se vyhladí a zprohýbají se. Mohou také vznikat úlomky vláken, které si následně vytvoří vlastní obal. Vzniká syncoenobium, které se zvětšuje a zakulacuje. Některé druhy mohou tvořit akinety, jakmile jsou akinety vyvinuty, vlákno se rozpadá. Akinety mají funkci propagule a klidových stádií. Dále dochází k tvorbě jednotlivých buněk. Některé druhy mohou pokračovat ve fragmentaci krátkých hormogonií až zůstanou jednotlivé buňky, tvořící zvláštní typ propagule, které jsou sice aktivní jako hormogonie, ale jsou nepohyblivé. Ty se později dělí a vytváří nové malé hormogonie. Vlákná jsou v pevném obalu a buňky rostou v hustých svazcích, což u některých stádií může být stádiem přechodným. U některých je za konečné stádium považován řetězec plný akinet. U některých druhů dochází k tzv. proliferaci (Mollenhauer, 1988).



Obrázek 1: Schéma životního cyklu rodu *Nostoc* (Mollenhauer, 1988).

Vegetativní vlákna u rodu *Nostoc* se vyznačují růstem, diferenciací a jsou fotosynteticky aktivní. Vlákná obsahují heterocyty za předpokladu, že je v substrátu obsažena optimální hodnota dusíku pro určitý druh (Mollenhauer et al., 1994).

U mnoha druhů byla zjištěna modifikovatelnost rozměrů buněk dle prostředí, tyto druhy lze pěstovat na běžném kultivačním médiu. Dokonce uvnitř buněk mohou žít endosymbiotické houby rodu *Geosiphon*, čímž dochází k nárůstu velikosti těchto buněk. Tento jev je znám u



druhů *Nostoc* v lišejnících či játrovkách, ale v těchto případech to koreluje i s dalšími změnami. Některé druhy reagují zvětšením buněk na vyšší salinitu a osmotický tlak (Mollenhauer et al., 1994). Bylo tedy prokázáno, že některé morfologické znaky, jako je například tvar trichomů či rozměry buněk se mohou měnit dle použitého kultivačního média, kdežto životní cyklus je u každého kmene stejný bez ohledu na kultivační podmínky (Mateo et al., 2011).

Některé kmeny se během kultivace liší v reakci na různé vlnové délky světla, konkrétně na zelené a červené světlo. Jeden druh produkuje, při vystavení zelenému světlu, fykoerythrin, druhý druh nikoliv. Produkce fykoerythrinu koreluje pravděpodobně s úrovní salinity, produkce fykocyaninu závisí na obsahu dusíku v médiu. Změna kvality světla může způsobit potlačení některých druhů, zatímco jiné budou zvýhodněny. Důsledkem je změna barvy vegetace (Mollenhauer et al., 1994).

## 6 Cíle práce

Tato práce se zabývá především půdními sinicemi, nicméně součástí výsledků jsou i sinice typicky vodní vzhledem ke způsobu odběru vzorků.

Cílem práce je vypracování literární rešerše k půdním sinicím a výuce sinic na základních a středních školách, sběr vždy 15 vzorků v transektech kolem stojatých vod z 5 různých stanovišť v okolí obce Halenkov, která se nachází na Česko-slovenském pomezí, dále kultivace, izolace, determinace, zhodnocení změn společenstev v daných transekt a návrh, jak atraktivně zařadit sinice do výuky biologie.

## 7 Charakteristika lokalit

Vzorky byly sbírány v blízkém okolí obce Halenkov z důvodu dobré dostupnosti. Konkrétně se jedná o Provazné rybník, dlouhodobě stojatou vodu v Dinotici, rybník pod Palácem, rybník Hrachoveček v Huslenkách a vodní plochu Balaton Nový Hrozenkov (příloha 1).

Obec Halenkov se nachází ve východní části okresu Vsetín, v horské oblasti ve výšce 425 m n. m. Skrz obec proudí Vsetínská Bečva, tvořící přirozenou hranici mezi Vsetínskými vrchy a Javorníky (Obec Halenkov, 2024).

Sběr proběhl i v blízké obci Huslenky, která leží na obou březích Vsetínské Bečvy a jejích přítoků. Vrch Hrachovec se pyšní přírodní rezervací Galovské lúky s unikátní a vzácnou vstavačovitou květenou. V Huslenkách se mimo jiné nachází největší populace prstnatce bezového na Moravě (O obci, 2024). Dále městys Nový Hrozenkov, který se nachází východně od Vsetína s nadmořskou výškou 453 m n. m. (Nový Hrozenkov, 1998–2024).

### Hrachoveček

Jedná se o rozlehlý rybník (obrázek 2), ve kterém jsou chovány i některé druhy ryb, především kapři. Rybník je rozdělen na 2 části, přičemž část je obklopena hustě křovinami a stromy. Květena kolem rybníka nebyla velmi bohatá, mimo jiné i proto, že část je užívána s pravidelně udržovaným trávníkem. Z vyšších rostlin se zde nacházela např. svída bílá, vrbina obecná, sítina rozkladitá, kopřiva dvoudomá či mochna plazivá. Půda zde byla sušší, hlinitá.



Obrázek 2: Hrachoveček rybník (Klára Janíková, 2023).

## Provazné

Jedná se o středně velký rybník, který je pravidelně 1× ročně částečně vypouštěn kvůli rozmnožování některých druhů žab (obrázek 3). Tento rybník není využíván k chovu ryb, spíše slouží potřebám různých obojživelníků a podobně. Část rybníku opět zasahuje do lesní části. Květena zde byla o něco bohatší. Vyskytovaly se zde například mochna husí, kostival lékařský, kopřiva dvoudomá, lopuch plstnatý či kakost luční a další. Půda zde byla přirozeně vlhčí a hlinitá.



*Obrázek 3: Provazné rybník (vlevo), mladá žába pravděpodobně skokana vyvíjející se v rybníku Provazné (vpravo) (Klára Janíková, 2023).*

## Rybník pod Palácem

Jedná se o menší rybník v soukromém vlastnictví určený k chovu ryb (obrázek 4). Chovaným druhem ryby je zde amur. Rybník je pravidelně dopouštěn, jelikož se z něj napájí i dobytek. Rybník se nachází pod horou a je zde velice rozmanitá květena. Vyskytovaly se zde například čistec bahenní, hrachor luční, máchelka podzimní, blatouch bahenní, krvavec toten, křehkýš vodní, máta dlouholistá, skřípina lesní, sítina rozkladitá, kopřiva dvoudomá, pomněnka bahenní či netýkavka malokvětá. Půda zde byla nejvíce vlhká, hlinitá a zároveň se nejlépe odebírala, nebyla tolik prorostená kořeny trav, jelikož půda kolem rybníka je pravidelně narušována dobyt看em.



*Obrázek 4: Rybník pod Palácem (Klára Janíková, 2023).*

## **Balaton**

Jedná se o velkou vodní plochu sloužící jako koupaliště (obrázek 5), nicméně se zde nachází i některé druhy ryb. Vzhledem k tomu, že se jedná primárně o koupaliště, je travnatý porost kolem vody udržován a poměrně ušlapán lidmi, tudíž květena byla spíše méně rozmanitá. Vyskytovaly se zde například šťovík zahradní, mochna husí, vratič obecný, chrpa luční, třtina křovištní, divizna černá či řebříček obecný. Půda zde byla hlinitá, místy písčité, v některých místech sušší na to, že byl sběr proveden po vytrvalých deštích.



*Obrázek 5: Vodní plocha Balaton (Klára Janíková, 2023).*

## Dinotice

Jedná se o velmi malou plochu dlouhodobě stojaté vody (obrázek 6). Květena byla méně bohatá, okolí bylo poměrně zarostené různými křovinami, nicméně odběr byl proveden až na podzim, kdy již bylo poměrně chladno. Vyskytovaly se zde hojně například orobinec širokolistý, krvavec toten, ocún jesenní či řepík lékařský. Půda zde byla hlinitá a vlhká, nicméně povrch půdy byl hůře dostupný, jelikož byl velmi zarostený různými trávami.



*Obrázek 6: Trvale stojatá voda v Dinotici s hustým porostem orobince širokolistého (Klára Janíková, 2023).*

Všechna odběrová místa s vyznačenými transekty jsou součástí přílohy 1. Rybník pod Palácem není v mapách viditelný, jelikož je umístěn přímo pod lesem a pojmenování Palác je lidové, není zaneseno v mapách, z tohoto důvodu je pouze orientačně zakreslen.

## 8 Materiál a metody

### 8.1. Sběr vzorků

Sběr byl proveden v okolí obce Halenkov, a to na pěti předem vytipovaných lokalitách tak, aby se zde nacházela volně přístupná stojatá vodní plocha, nejčastěji rybník. Sběr byl proveden v tzv. transektech, kdy byla kolem rybníka zvolena tři dobře dostupná místa, a to přibližně ve stejné vzdálenosti od sebe. Následně bylo z každého transektu odebráno 5 vzorků, a to směrem od vodní hladiny, s rozestupy po 1 metru mezi jednotlivými vzorky (příloha 1, obrázek 10). První vzorek byl tedy odebrán přímo u hladiny a poslední ve vzdálenosti 4 metry od hladiny. Vzorky půdy byly odebírány v malém množství z povrchu půdy pomocí vypichovače plevele.

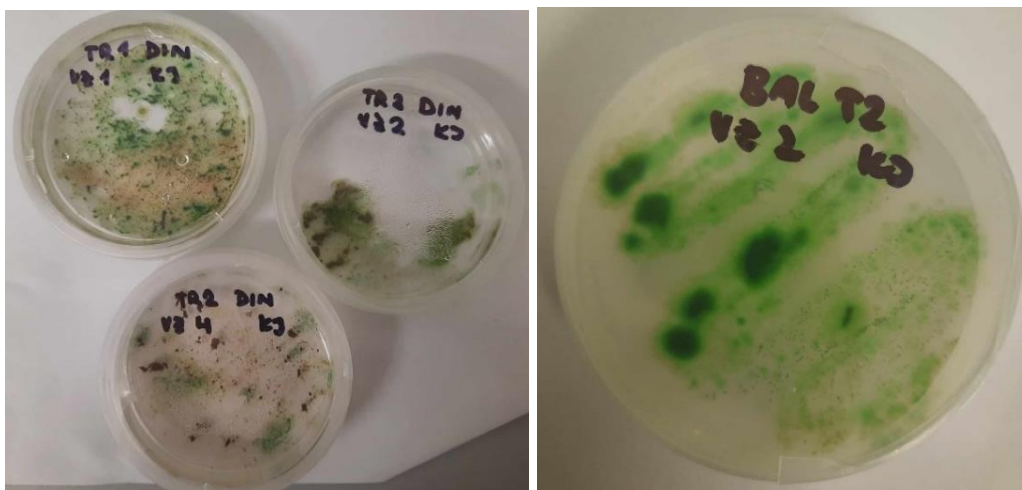
Nejprve byly dne 28. 6. 2023 vzorky odebrány z rybníku Hrachoveček v Huslenkách a z rybníku Provazné v Halenkově. V té době byly již delší dobu vyšší teploty a poměrně sucho, což nebyly nejvhodnější podmínky k odběru. Následně dne 10. 8. 2023 byl proveden sběr vzorků z rybníku pod Palácem v Halenkově a dne 17. 8. 2023 z vodní plochy Balaton v Novém Hrozenkově. Pro tento sběr byly velmi vhodné podmínky, jelikož jim předcházelo delší období dešťů a mírnějších teplot. Poslední vzorky byly sesbírány dne 8. 10. 2023 v Dinotici v Halenkově. Z každé lokality bylo posbíráno 15 vzorků, a to vždy stejným postupem popsaným výše.

V listopadu 2022 bylo odebráno z těchto lokalit také pár vzorků. Vzorky byly mimo jiné odebírány i z jiných lokalit, nicméně jednalo se především o louky a místa, kde se nacházela vlhká hlína nejlépe se zeleným povlakem, v těchto případech se tedy nejednalo o okolí stojatých vod a diverzita druhů zde byla chudá. Odběr byl tedy proveden z náhodného místa za účelem zjištění, zda a jaké druhy se nachází v okolí obce Halenkov a následně byla vytyčena konkrétní stanoviště.

### 8.2. Kultivace vzorků

Kultivace všech vzorků byla prováděna v algologické laboratoři. Malé množství půdního vzorku bylo přeneseno pomocí vysterilizované jehly do Petriho misky s živným Z – médiem. Petriho misky byly zadělány parafilmem a ponechány ve fytotronu, kde jsou vhodné podmínky k růstu sinic. Ve fytotronu je teplota během dne 22 °C a v noci 20 °C, 40 % vlhkost, 16 h světlo, 8 h tma a ozáření (vzorky byly umístěny v zadní části fytotronu) 15  $\mu\text{mol.m}^2$ . Vzorky byly průběžně kontrolovány a prohlíženy pod inverzním a světelným mikroskopem.

Po určité době, většinou se jednalo přibližně o měsíc či déle, došlo k patrnému růstu sinic v daném vzorku. Bylo možné pozorovat zelené povlaky pouhým okem (obrázek 7). Takto rozrostlé vzorky byly odebrány z roztoku pomocí vysterilizované pipety a nanесeny na agar, kde byly roztažnuty pomocí vysterilizované bakteriologické kličky. Petriho misky s agarem byly opět uzavřeny parafilmem a uloženy do fytostronu. Sinice se na agaru rozrostly přibližně po týdnu až dvou.



Obrázek 7: Přírodní vzorky kultivované v roztoku v Petriho misce (vlevo), rozrostený vzorek na agaru (Klára Janíková, 2023).

Mimo jiné, rozrostlé přírodní vzorky byly průběžně fotografovány pod světelným mikroskopem, aby byla zachycena maximální diverzita, jelikož ne vše se podařilo izolovat.

Druhy rozrostlé na agaru byly prohlédnuty pod lupou a následně vypíchnuty z určitých míst pomocí vysterilizované pipety do zkumavky s živným roztokem. Víčko zkumavky nebylo zcela dotáhnuto, tak aby vzorek měl i přísun vzduchu a byl zajištěn aerobní metabolismus. Takto vyizolované kmeny byly umístěny do vhodných podmínek fytostronu.

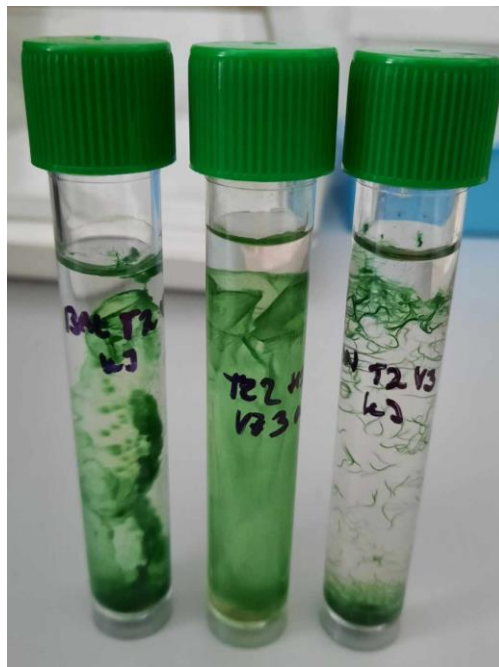
Veškerá práce s materiálem probíhala ve flowboxu (obrázek 8), aby nedošlo ke kontaminaci vzorků plísněmi či bakteriemi. Před zahájením práce byla vydezinfikována samotná plocha flowboxu a následně i ruce. Vždy bylo také nutno pomocí kahanu vysterilizovat pracovní nástroje jako pinzetu, jehlu a kličku.





*Obrázek 8: Pracovní plocha ve flowboxu (Klára Janíková, 2023).*

Po kultivaci všech vzorků a izolování co nejvíce kmenů, jsem se snažila všechny získané kmeny determinovat.



*Obrázek 9: Vyizolované kultury sinic v roztoku (Klára Janíková 2024).*

## 9 Výsledky

Na pěti vytipovaných lokalitách v okolí obce Halenkov jsem v 75 vzorcích našla 30 různých druhů sinic. Převážně se jednalo o vláknité druhy, ale především ve studované lokalitě Dinotice se poměrně hojně vyskytovaly i kokální sinice. Nejčastěji se vyskytujícími druhy byly *Microcoleus*, *Nodosilinea*, *Nostoc* a *Pseudanabaena*. Poměrně hodně se také vyskytovaly rody *Anagnostidinema* a *Aphanothece*. K některým nalezeným druhům jsem vytvořila obrazové tabule zachycující jejich morfológickou variabilitu (příloha 2).

Ve většině lokalit se nejvíce druhů vyskytovalo v prvních vzorcích, tedy vzorcích odebraných přímo u hladiny, kdy byla půda smáčená vodou. Zde se proto hojně vyskytovaly i druhy typicky vodní, především *Pseudanabaena*. V některých vzorcích se vyskytovaly pouze řasy, nikoliv sinice. Občas se některým druhům sinic nedařilo a v daném vzorku nepřežily, byly pozorovány např. pouze slizové pochvy, podle nichž již nebylo možné druh determinovat. Nejrozmanitější byla lokalita Hrachoveček, konkrétně zde bylo nalezeno 20 různých druhů. Naopak nejméně bohatá byla lokalita Balaton s 12 nalezenými druhy. Rody *Microcoleus*, *Nostoc*, *Nodosilinea* a *Pseudanabaena* se vyskytovaly ve všech lokalitách (Tabulka 2-6).

## 9.1. Provazné rybník

V této lokalitě bylo nalezeno 13 různých druhů. Převažovaly vláknité druhy sinic, pouze 2 druhy byly kokální. Nejhojněji se vyskytovaly sinice rodu *Nostoc*. V této lokalitě se hojně vyskytoval především rod *Aliinostoc*. Ve druhém vzorku transektu 2 byly nalezeny pouze řasy. Diverzita nalezených druhů je zaznamenána v Tabulce 2:

Tabulka 2: Nalezené druhy v jednotlivých transektech v lokalitě Provazné.

PROVAZNÉ RYBNÍK					
TRANSEKT	VZOREK 1	VZOREK 2	VZOREK 3	VZOREK 4	VZOREK 5
1	<i>Anagnostidinema acutissimum</i> , <i>Anagnostidinema pseudacutissimum</i> , <i>Microcoleus amoenus</i> , <i>Microcoleus autumnalis</i>	<i>Aliinostoc</i> sp., <i>Geitleribactron</i> sp., <i>Microcoleus vaginatus</i>	<i>Nostoc</i> sp.	<i>Aliinostoc</i> sp., <i>Nostoc</i> sp.	<i>Aliinostoc</i> sp., <i>Microcoleus autumnalis</i>
2	<i>Anagnostidinema pseudacutissimum</i> , <i>Aphanothece</i> sp., <i>Leibleinia epiphytica</i> , <i>Microcoleus autumnalis</i> , <i>Pseudanabaena galeata</i>	–	<i>Aliinostoc</i> sp., <i>Drouetiella</i> sp., <i>Nodosilinea nodulosa</i> , <i>Nostoc</i> sp.	<i>Aliinostoc</i> sp., <i>Microcoleus autumnalis</i>	<i>Drouetiella</i> sp., <i>Nodosilinea</i> sp.
3	<i>Aliinostoc</i> sp., <i>Nodosilinea nodulosa</i>	<i>Nostoc</i> sp.	<i>Nostoc</i> sp.	<i>Microcoleus autumnalis</i> , <i>Nodosilinea nodulosa</i> , <i>Nostoc</i> sp.	<i>Nostoc</i> sp.

## 9.2. Hrachoveček

V této lokalitě bylo nalezeno 20 různých druhů, jedná se tedy o lokalitu s největší diverzitou. Převažovaly vláknité druhy sinic, pouze 4 druhy byly kokální. Nejrozmanitější byly vždy první vzorky. V této lokalitě byla nalezena sinice pravděpodobně rodu *Godleya*, která byla objevena na Novém Zélandu. 4 vzorky obsahovaly pouze řasy. Diverzita nalezených druhů je zaznamenána v Tabulce 3:

Tabulka 3: Nalezené druhy v jednotlivých transektech v lokalitě Hrachoveček.

HRACHOVEČEK					
TRANSEKT	VZOREK 1	VZOREK 2	VZOREK 3	VZOREK 4	VZOREK 5
1	<i>Anagnostidinema pseudacutisimum</i> , <i>Microcoleus autumnalis</i> <i>Pseudanabaena catenata</i> , <i>Pseudanabaena galeata</i>	<i>Desmonostoc</i> cf. <i>muscorum</i> , <i>Microcoleus autumnalis</i> , <i>Nodosilinea nodulosa</i>	<i>Pseudanabaena galeata</i>	<i>Nostoc punctiforme</i>	<i>Nostoc</i> sp.
2	<i>Leptolyngbya boryana</i> , <i>Microcoleus amoenus</i> , <i>Microcoleus autumnalis</i> , <i>Nodosilinea</i> cf. <i>nodulosa</i>	–	<i>Godleya</i> sp., <i>Microcoleus autumnalis</i> , <i>Microcoleus vaginatus</i> , <i>Nodosilinea nodulosa</i> , <i>Nodosilinea</i> sp.	<i>Desmonostoc</i> cf. <i>muscorum</i> , <i>Nodosilinea</i> sp.	–
3	<i>Aphanocapsa foscu-lutea</i> , <i>Aphanothece</i> cf. <i>atro-crustacea</i> , <i>Aphanothece stagnina</i> , <i>Geitleribactron periphyticum</i> , <i>Nodosilinea nodulosa</i> , <i>Nodosilinea</i> sp., <i>Phormidesmis</i> sp.	–	–	<i>Nodosilinea epilithica</i>	<i>Aphanothece</i> sp.

### 9.3. Rybník pod Palácem

V této lokalitě bylo nalezeno 19 různých druhů, jedná se tedy o druhou nejvíce druhově rozmanitou lokalitu. Převažovaly vláknité druhy sinic, pouze 1 druh byl kokální. 2 vzorky obsahovaly pouze řasy. Diverzita nalezených druhů je zaznamenána v Tabulce 4:

Tabulka 4: Nalezené druhy v jednotlivých transektech pro lokalitu rybník pod Palácem.

RYBNÍK POD PALÁCEM					
TRANSEKT	VZOREK 1	VZOREK 2	VZOREK 3	VZOREK 4	VZOREK 5
1	<i>Pseudanabaena catenata</i>	<i>Anabaena oscillarioides</i> , <i>Aphanothece</i> sp., <i>Nodosilinea</i> sp., <i>Nostoc punctiforme</i> , <i>Trichocoleus</i> sp.	–	<i>Nodosilinea nodulosa</i> , <i>Nostoc</i> sp., <i>Tolypothrix</i> sp.	–
2	<i>Geitlerinema splendidum</i> , <i>Microcoleus autumnalis</i> , <i>Pseudanabaena catenata</i> , <i>Pseudanabaena galeata</i>	<i>Microcoleus autumnalis</i> , <i>Microcoleus vaginatus</i> , <i>Nodosilinea</i> sp.	<i>Microcoleus autumnalis</i> , <i>Microcoleus vaginatus</i>	<i>Microcoleus amoenus</i> , <i>Microcoleus autumnalis</i> , <i>Pseudanabaena catenata</i>	<i>Microcoleus autumnalis</i> , <i>Nodosilinea epilithica</i> , <i>Nodosilinea nodulosa</i> , <i>Nostoc</i> sp.
3	<i>Kamptonema animale</i> , <i>Microcoleus autumnalis</i> , <i>Nostoc</i> sp., <i>Pseudanabaena galeata</i> , <i>Pseudanabaena minima</i> , <i>Tolypothrix</i> sp.	<i>Leptolyngbya boryana</i> , <i>Microcoleus autumnalis</i> , <i>Nodosilinea nodulosa</i>	<i>Microcoleus autumnalis</i> , <i>Microcoleus vaginatus</i>	<i>Microcoleus vaginatus</i> , <i>Nodosilinea nodulosa</i>	<i>Microcoleus autumnalis</i> , <i>Onodrimia</i> sp.

## 9.4. Balaton

V této lokalitě bylo nalezeno 12 různých druhů. Převažovaly vláknité druhy sinic, pouze 1 druh byl kokální. Nejhojněji se vyskytovaly sinice rodu *Microcoleus*. Tato lokalita byla méně rozmanitá, sice počet nalezených druhů se pohyboval kolem průměru, ale v 7 vzorcích nebyly pozorovány žádné sinice, což je nejvíce ze všech lokalit. Ve vzorcích, kde nebyly sinice se nejčastěji vyskytovaly řasy. Diverzita nalezených druhů je zaznamenána v Tabulce 5:

Tabulka 5: Nalezené druhy v jednotlivých transektech v lokalitě Balaton.

BALATON					
TRANSEKT	VZOREK 1	VZOREK 2	VZOREK 3	VZOREK 4	VZOREK 5
1	<i>Leptolyngbya boryana</i> , <i>Microcoleus amoenus</i> , <i>Nodosilinea</i> sp.	–	–	–	–
2	–	<i>Anagnostidinema pseudacutisimum</i> , <i>Microcoleus autumnalis</i> , <i>Nodosilinea nodulosa</i> , <i>Pseudanabaena catenata</i>	<i>Aphanocapsa fusco-lutea</i> , <i>Nodosilinea epilithica</i> , <i>Nodosilinea nodulosa</i> , <i>Nostoc</i> sp.	–	<i>Kamptonema animale</i> , <i>Microcoleus amoenus</i> , <i>Microcoleus autumnalis</i>
3	<i>Microcoleus amoenus</i>	–	<i>Nodosilinea nodulosa</i>	<i>Desmonostoc</i> cf. <i>muscorum</i>	<i>Microcoleus autumnalis</i> , <i>Microcoleus amoenus</i> , <i>Nostoc</i> sp.

## 9.5. Dinotice

V této lokalitě bylo nalezeno 15 různých druhů. Převažovaly vláknité druhy sinic, pouze 2 druhy byly kokální. V 6 vzorcích nebyly pozorovány žádné sinice, opět pouze řasy, ale i přes to druhová diverzita byla relativně rozmanitá. Diverzita nalezených druhů je zaznamenána v Tabulce 6:

Tabulka 6: Nalezené druhy v jednotlivých transektech v lokalitě Dinotice.

DINOTICE					
TRANSEKT	VZOREK 1	VZOREK 2	VZOREK 3	VZOREK 4	VZOREK 5
1	<i>Anagnostidinema acutissimum</i> , <i>Anagnostidinema pseudacutissimum</i>	<i>Aphanothece</i> sp., <i>Desmonostoc</i> cf. <i>muscorum</i> <i>Kamptonema formosum</i> , <i>Microcoleus vaginatus</i> , <i>Stenomitos</i> sp.	–	<i>Aphanothece</i> sp., <i>Microcoleus autumnalis</i>	<i>Desmonostoc</i> cf. <i>muscorum</i>
2	–	–	<i>Anabaena oscillarioides</i> , <i>Microcoleus amoenus</i> , <i>Pseudanabaena catenata</i>	<i>Anabaena oscillarioides</i> ,	<i>Nodosilinea epilithica</i>
3	<i>Aphanothece</i> sp.	<i>Aphanocapsa fusco-lutea</i> , <i>Leptolyngbya boryana</i> , <i>Microcoleus autumnalis</i> , <i>Nodosilinea nodulosa</i>	–	–	–

## 9.6. Popis nalezených druhů

*Aphanothece* cf. *atro-crustacea* – kokální sinice patřící do řádu *Chroococcales*. Buňky kulovité nebo oválné až protáhle válcovité, světle zelené nebo nafialovělé, uspořádané do kolonií. Kolem jednotlivých buněk nebo skupin buněk jsou zřetelné slizové obaly.

*Aphanothece stagnina* – kokální sinice patřící do řádu *Chroococcales*. Buňky oválné až protáhle válcovité, modrozelené nebo olivově zelené až šedozelené barvy, uspořádané do kolonií.

*Aphanocapsa fusco-lutea* – kokální sinice patřící do řádu *Synechococcales*. Tvoří žlutozelené až žlutohnědé kolonie ve slizu. Buňky kulovité, 1–1,5  $\mu\text{m}$  v průměru.

*Drouetiella* sp. – vláknitá sinice patřící do rodu *Synechococcales*. Trichomy na příčných stěnách mírně zúžené s nepravým větvením a bezbarvými pochvami. Vlákna rovná, buňky lehce delší než široké, olivově zelené až lehce nahnědlé. Apikální buňky zaoblené bez kalyptry.

*Geitleribactron periphyticum* – kokální sinice patřící do řádu *Synechococcales*. Buňky válcovité až tyčinkovité, 1,3–2,7  $\mu\text{m}$  široké, přisedající malou stopkou k substrátu. Typicky přisedají k jiným sinicím s širokými vlákny.

*Leptolyngbya boryana* – vláknitá sinice patřící do řádu *Synechococcales*. Vlákna modrozelená, hustě zapletená, 2,6–3,5  $\mu\text{m}$  široká s tenkými slizovými pochvami. Může tvořit nepravé větvení. Apikální buňky jsou zaoblené bez kalyptry.

*Onodrimia* sp. – vláknitá sinice patřící do řádu *Synechococcales*. Trichomy nepohyblivé, ke koncům se zužují, opatřené slizovou pochvou. Buňky delší než široké, apikální buňky zaoblené, bez kalyptry.

*Phormidesmis* sp. – vláknitá sinice patřící do řádu *Synechococcales*. Buňky soudečkovité, 1–4  $\mu\text{m}$  široké, kratší než široké, výrazně zúžené na příčných stěnách. Apikální buňky zaoblené bez kalyptry.

*Pseudanabaena catenata* – vláknitá sinice patřící do řádu *Synechococcales*. Vlákna modrozelená až olivově zelená, mohou být i hnědě zbarvená, 1,2 – 2,2  $\mu\text{m}$  široká, mezi buňkami zaškrcovaná. Buňky delší než široké, válcovité, apikální buňky uťaté bez aerotopů.

*Pseudanabaena galeata*, - vláknitá sinice patřící do řádu *Synechococcales*. Vlákna 0,8–2,5  $\mu\text{m}$  široká, mezi buňkami výrazně zaškrcovaná. Buňky delší než široké, apikální buňky zaoblené s aerotopy.



*Pseudanabaena minima* – vláknitá sinice patřící do řádu *Synechococcales*. Vlákna světle modrozelená 1,3 – 2,5 µm široká, buňky delší než široké bez aerotopů s široce zakulacenými apikálními buňkami.

*Aliinostoc* sp. – vláknitá sinice patřící do řádu *Nostocales*. Buňky tmavě hnědé, 2–4 µm široké, tvoří slizové pochvy. Vegetativní buňky soudečkovité až válcovité, delší než široké, heterocyty kulovité až válcovité. Tvoří volně pohyblivé hormogonie s akinetami. Vlákna uspořádaná do kolonií.

*Anabaena oscillarioides* – vláknitá sinice řádu *Nostocales*. Trichomy na příčných stěnách zúžené, buňky soudečkovité 3–6 µm široké, modrozelené barvy, apikální buňky zaoblené nebo lehce kuželovité až zašpičatělé. Může tvořit heterocyty i akinety.

*Desmonostoc* cf. *muscorum* – vláknitá sinice patřící do řádu *Nostocales*. Vlákna modrozelená nebo olivově zelená s dobře pozorovatelnými slizovými pochvami. Buňky soudečkovité až kulovité, kratší než široké. Tvoří heterocyty kulovitého tvaru a akinety oválného tvaru.

*Godleya* sp.- vláknitá sinice patřící do řádu *Nostocales*. Buňky výrazně kratší než široké, 7–15 µm široké, na příčných stěnách jsou lehce zúžené. Vlákna větvená, ve střední části výrazně rozšířená se silnou slizovou pochvou.

*Nostoc punctiforme* – vláknitá sinice patřící do řádu *Nostocales*. Kolonie tmavě modrozelené nebo načernalé. Slizové pochvy málo zřetelné. Buňky soudečkovité až kulovité, 2,6–5,5 µm široké. Heterocyty soudečkovité, akinety kulovité.

*Tolypothrix* sp.- vláknitá sinice patřící do řádu *Nostocales*. Vlákna jsou modrozelená nebo světle zelená, nepravě větvená do stran, heteropolární, opatřená výraznými slizovými pochvami, na příčných stěnách mírně zúžené. Vegetativní buňky jsou různě dlouhé, Heterocyty jsou polokulovité až oválné.

*Anagnostidinema acutissimum* – vláknitá sinice patřící do řádu *Oscillatoriales*. Trichomy modrozelené 1,3 – 2,5 µm široké, výrazně pohyblivé, na koncích zúžené a zahnuté. Apikální buňky jsou zašpičatělé bez kalyptry.

*Anagnostidinema pseudacutissimum* – vláknitá sinice řádu *Oscillatoriales*. Trichomy 1,3 – 2,2 µm široké, modrozelené, pohyblivé, rovné nebo na koncích zahnuté bez pochvy a bez

zúžení. Buňky delší než široké, na příčných stěnách obsahují granula. Apikální buňka bez kalyptry.

*Geitlerinema splendidum* – vláknitá sinice patřící do řádu *Oscillatoriales*. Vláknina jsou rovná, modrozelená nebo olivově zelená, 1,5 – 3  $\mu\text{m}$  široká s výrazným kývavým pohybem. Vláknina jsou na koncích zúžená, výrazně zalomená. Typické je rozšířené zakončení, připomínající tvar hokejky. Buňky jsou delší než široké.

*Kamptonema animale* – vláknitá sinice patřící do řádu *Oscillatoriales*. Vláknina jednotlivá, 3–4  $\mu\text{m}$  široká, nejsou zaškrbována. Buňky kratší než široké, apikální buňky na koncích zúžené, oblé bez kalyptry.

*Kamptonema formosum* – vláknitá sinice patřící do řádu *Oscillatoriales*. Vláknina rovná, trichomy 4–6  $\mu\text{m}$  široké, mírně se zužující ke koncům, zahnuté a pohyblivé. Koncové buňky bez kalyptry, slizové pochvy se vyskytují jen velmi zřídka.

*Leibleinia epiphytica* – vláknitá sinice patřící do řádu *Oscillatoriales*. Vláknina opatřená pochvou, 1,5 – 2  $\mu\text{m}$  široká, typicky obtočená kolem jiných sinic a řas. Apikální buňky zaoblené bez kalyptry.

*Microcoleus amoenus* – vláknitá sinice patřící do řádu *Oscillatoriales*. Vláknina modrozelená, 2,5 – 5  $\mu\text{m}$  široká, obvykle bez pochvy ke konci zúžená s kuželovitou kalyptrou.

*Microcoleus autumnalis* – vláknitá sinice patřící do řádu *Oscillatoriales*. Vláknina modrozelená nebo špinavě zelená, 3,5–7  $\mu\text{m}$  široká se slizovou pochvou, na přepážkách granulovaná. Vláknina jsou na konci zúžená a krytá kalyptrou.

*Microcolues vaginatus* – vláknitá sinice patřící do řádu *Oscillatoriales*. Vláknina plazivá, 3–7  $\mu\text{m}$  široká, ke koncům se zužují, opatřená slizovou pochvou. Trichomy modrozelené až olivově zelené, může docházet k růstu více trichomů v jedné společné pochvě. Apikální buňky kryty kalyptrou.

*Nodosilinea epilithica* – vláknitá sinice patřící do řádu *Oscillatoriales*. Vláknina modrozelená, široká 1,5–2,5  $\mu\text{m}$ , se slizovou pochvou, trichomy na přepážkách zúžené. Apikální buňky zaoblené.

*Nodosilinea nodulosa* – vláknitá sinice patřící do řádu *Oscillatoriales*. Vláknina modrozelená, široká 1–1,5  $\mu\text{m}$ , tvoří uzlíky. Apikální buňky zaoblené bez kalyptry.

*Stenomitos* sp. – vláknitá sinice patřící do řádu *Oscillatoriales*. Tvoří tenké modrozelené až olivově zelené trichomy ve slizové pochvě. Vlákna se nevětví. Apikální buňky zaoblené bez kalyptry.

*Trichocoleus* sp.- vláknitá sinice patřící do řádu *Oscillatoriales*. Trichomy modrozelené, pochvy otevřené bez zúžení. Vlákna rovná bez větvení. Buňky jsou válcovité, apikální buňky zašpičatělé.

## 10 Návrh na využití půdních sinic ve výuce biologie

Do výuky je vhodné zařazovat i praktická pozorování, jelikož studentům je tak učivo ještě lépe přiblíženo a dokáží si danou problematiku lépe osvojit. Nejefektivnější je situace, kdy si studenti mohou sami něco prakticky vyzkoušet.

Ve chvíli, kdy učitel chce do výuky zařadit i živé kultury sinic, je potřeba vhodná příprava a vybavení. Je potřeba, aby si učitel vytipoval lokalitu, kde ví, že se sinice či řasy vyskytují. Ve chvíli, kdy má k dispozici například vodní plochu, ve které jsou jasně pozorovatelné nárůsty těchto organismů, stačí odebrat vzorek a poté ve škole pozorovat se studenty pomocí mikroskopů. Nicméně, učitel může žít v oblasti, kde tuto možnost nemá. V tomto případě může využít právě půdních sinic, které jsou schopné přežívat na různých substrátech, a to například i písčítých. Půda je tedy jednoduše dostupným zdrojem vhodného materiálu, což je zásadní. Avšak využití této cesty vyžaduje ještě větší přípravu.

V první řadě je nutné odhadnout časovou náročnost a začít s dostatečným předstihem, jelikož celek sinice a řasy je obvykle probírán ze začátku školního roku. Je nutné přípravu provést již během léta nebo předchozího školního roku a kultury sinic pravidelně kontrolovat a udržovat živé. Také je nutné zvolit vhodné období pro odběr vzorků, nevhodná je zima nebo období sucha. Vhodné je vzorky sbírat na jaře v létě nebo nejpozději na podzim. Ve chvíli, kdy se oteplí je potřeba počkat než sinice a řasy v půdě zahájí intenzivní růst, nejlépe když dojde k vydatným dešťovým srážkám a následuje období mírných teplot. V tomto případě to jsou nejvhodnější podmínky pro množení těchto organismů, a tedy i pro odběr. Příliš vysoké teploty a nízká vzdušná vlhkost sinicím a řasám také neprospívají. Pokud by vzorky byly odebírány například během období sucha a vysokých teplot, zvyšuje se pravděpodobnost, že se izolace nepodaří, jelikož v odebraném vzorku nebude dostatek těchto organismů. Je vhodné odebrat vzorků více, i když je odběr proveden během vhodných podmínek, jelikož sinice se v půdě nevyskytují rovnoměrně a mimo jiné i proto, že takto učitel může získat více zajímavých vzorků, jelikož jak je zjevné z mých výsledků, společenstva sinic těchto organismů jsou proměnlivá.

Pokud má učitel odebrané vzorky k dispozici, následuje kultivace a izolace. Není potřeba dosáhnout úplné čistoty vzorků, jelikož se jedná pouze o učební pomůcku, a tudíž není na škodu vidět v 1 vzorku více druhů. Pozorování tedy lze provést i z kultivovaných přírodních vzorků a není potřeba izolace kmenů, nicméně pokud si chce učitel pozorované kmeny uchovat, je nutná jejich izolace.

Ke kultivaci řas a sinic je potřeba sterilní prostředí především, pokud chce učitel provést izolaci. Nicméně pokud učitel nemá toto k dispozici, musí využít pouze kultivovaných přírodních vzorků. V podstatě kultivaci může provést jednoduchým způsobem, kdy velmi malé množství vzorků (např. půdy) vloží do Petriho misky s připraveným kultivačním roztokem, který by měl obsahovat vhodný zdroj dusíku, uhlíku, fosforu a některé stopové prvky. Takto připravené vzorky je potřeba umístit na vhodné místo, kde bude teplota kolem 22 °C a dostatečný zdroj světla 2/3 dne.

Je potřeba počítat s tím, že se kultivace nemusí podařit a mít tedy připravenou i jinou aktivitu, kterou bude učivo aktivně přiblíženo, např. vhodnou didaktickou hru.

Vzorky je potřeba pravidelně kontrolovat, ve chvíli, kdy se vytvoří okem pozorovatelný zelený povlak, je vzorek vhodný k pozorování. Ještě před samotnou výukou je nutné vzorek prohlédnout a determinovat zástupce sinic v něm přítomné a připravit si zjevně pozorovatelné znaky, díky kterým budou schopni i žáci pozorované taxony rozlišit.

Na začátku hodiny by učitel měl udělat úvod k sinicím a řasám a následně popsat proces, jakým vypěstované kultury získal, což by pro žáky mohlo být zajímavé. Následně učitel předem připraví pár preparátů, a dá je žákům k pozorování, pokud se budou pod mikroskopem nacházet velmi dobře rozlišitelné druhy, může učitel předem připravit jednoduchý klíč, podle kterého se mohou žáci pokusit druhy určit sami.

## 10.1. Laboratorní cvičení

Laboratorní cvičení spadá mezi metody praktických činností žáků, při kterých je důležitá přímá činnost žáků a práce s předměty. Žákům umožňují osvojit si nové poznatky manipulací s předměty a experimentováním. U žáků je rozvíjena schopnost pozorovat, samostatně uvažovat, aplikovat nové poznatky v praxi, upevňovat si manuální dovednosti, spolupráce a komunikace s ostatními žáky (Skalková, 2007).

Laboratorní cvičení je možné provést ve chvíli, kdy má škola laboratoř, což nemusí být samozřejmostí. Avšak pokud škola laboratoř má, laboratorní cvičení je velmi vhodnou formou osvojení si daného celku.

Vzhledem k tomu, že rozsah probírané látky se liší na středních a základních školách, kdy na středních školách studenti bývají s tématem seznámeni obsáhleji, navrhu laboratorní cvičení zvlášť pro základní a střední školy.

### 10.1.1. Návrh na laboratorní cvičení

Laboratorní cvičení pro žáky základních i středních škol by mělo být jednoduché a obsahovat základní úkony. Důležité je dbát na bezpečnost.

Žáci základních škol by pozorovali již připravené preparáty, rozvíjeli schopnost pozorovat a popisovat. Zaměřili by se na jednoduché základní charakteristiky jako je pohyb, zbarvení, tvar, zda se vlákna větví, atd. Vhodné je také zařadit cvičení v terénu, kde by si mohli žáci vyzkoušet odběr vzorků a také by jim mohl být v terénu lépe přiblížen vodní květ. Pokud by byl dostatek času, tak by si žáci mohli vyzkoušet jednoduchou kultivaci.

Žáci středních škol by si již mohli vyzkoušet přípravu vzorku, který by si sami odebrali a na laboratorní cvičení donesli. Přípravu by provedli nejlépe alespoň měsíc před probíraným tématem sinice. Žáci by si připravili vlastní preparáty a pozorovali. V případě, že by se kultivace nepovedla, učitel by měl připravený vlastní vzorek k pozorování. Následně by pozorované druhy determinovali s pomocí online dostupných atlasů.

Součástí cvičení by byl experiment, zda je v laboratorních podmínkách možná kultivace s běžně používanými hnojivy, která jsou bohatá na dusík, fosfor a draslík, vzhledem k tomu, že jejich přítomnost ve vodách způsobuje přemnožení sinic. Učitel by tedy připravil živný roztok z destilované vody a vhodného množství hnojiva, který by byl žákům k dispozici pro přípravu vzorků. Své postřehy a výsledky experimentu by zaznamenali do protokolu.

Žáci by pracovali ve dvojicích a mohli si tak vzájemně pomoci a poradit se navzájem při determinaci druhů.

# Návrh laboratorního cvičení pro ZŠ

## Téma: Sinice

### Úvod:

Sinice jsou velmi malé organismy, které můžeme pozorovat pod mikroskopem. Pomocí fotosyntézy přeměňují jednodušší látky (oxid uhličitý, voda) na složitější (cukry) a zároveň produkují velké množství kyslíku. Kromě látek získaných fotosyntézou, sinice vyžadují ještě především dusík, fosfor a draslík.

### Úkol č. 1: Pozorování předloženého vzorku

1. Připravený preparát podle pokynů vyučujícího vložte pod mikroskop.
2. Vzorek pozorně pozorujte.

### Vyhodnocení:

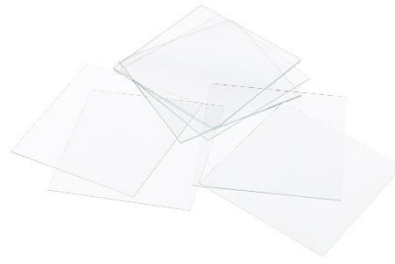
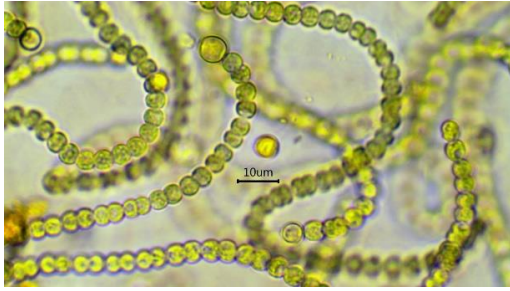
Pokuste se nakreslit alespoň 2 pozorované druhy. Vzorek velmi pečlivě prohlédněte a udělejte základní charakteristiku – barva, pohyb pozorovaných sinic, zda se jedná o vlákna nebo samostatné buňky, zda jsou vlákna tenká nebo široká a zda se větví.

### Doplňující úkoly:

1. Přiřaď pojmy k obrázkům:

- a) podložní sklíčko
- b) sinivka
- c) krycí sklíčko
- d) jednořadka
- e) drkalka





2. Najdi odpovědi na následující otázky a vyškrtni je, nevyškrtnutá písmenka tvoří tajenku:

1. Co vytváří sinice na vodní hladině při přemnožení?
2. Jaké 3 prvky jsou pro sinice důležité?
3. Jak se nazývá proces, kterým sinice získávají cukry a produkují kyslík?
4. Co sinice produkují?
5. Z jakého materiálu jsme sinice kultivovali?
6. Sinice můžeme pozorovat pomocí...
7. Jaká je typická barva sinic?
8. Co jsme použili v experimentu jako zdroj živin pro sinice?
9. Co půdní sinice špatně snášejí?
10. Jak se sinice rozmnožují?

J M O D R O Z E L E N Á E D Z P Ů D Y N K  
O Ť A U H N O J I V O D K F O S F O R A Y  
N E B S O L D R A S L Í K I N S U C H O S  
O S T Í O C F O T O S Y N T É Z A J E L  
T Y P K I C M I K R O S K O P E M K Á Í  
V L Á V O D N Í K V Ě T K N I T Á P K  
Ů D N Í S I N N E P O H L A V N Ě I C E

**Tajenka:** \_\_\_\_\_

3. Proč jsme použili jako výživu pro sinice hnojivo?



## Návrh na laboratorní cvičení pro SŠ

### Téma: Sinice

#### Úvod:

Sinice jsou mikroskopické organismy, které procesem zvaným fotosyntéza přeměňují energii získanou ze slunečního záření na energii chemickou za uvolnění značného množství kyslíku. K životu potřebují tedy světlo a určité živiny. Stěžejními prvky pro život sinic jsou dusík a fosfor. Tyto látky obsahují i běžná hnojiva, která se mohou dostávat do vod, kde způsobují přemnožení sinic a vytváří tak vodní květ. V laboratorních podmínkách se používají komplexní kultivační média bohatá i na jiné prvky a celý proces probíhá ve sterilním prostředí.



*Vodní květ*

#### Úkol č. 1: Příprava vzorku půdy ke kultivaci

**Pomůcky:** vzorek půdy, Petriho miska, připravený živný roztok obsahující vhodné hnojivo, parafilm

#### Postup:

1. Do Petriho misky nalijte přibližně do 2/3 předem připravený živný roztok.
2. Následně do takto připraveného roztoku přeneste malé množství půdy (názorně ukáže vyučující).
3. Petriho misku uzavřete a vše dobře utěsněte parafilmem.
4. Takto připravený vzorek přeneste na místo s vhodnými podmínkami ke kultivaci.

#### Vyhodnocení:

Popište, jak jste postupovali při odběru půdy, kde jste vzorek odebrali (např. břeh rybníka, louka, pole, apod.) a popište vlastnosti odebrané půdy. Zkuste vyhledat, proč jsou pro sinice právě dusík, fosfor, uhlík a draslík stěžejní.

Vzorky s vyučujícím průběžně kontrolujte přibližně 1× za 2 týdny a pozorujte, zda došlo k vytvoření zeleného povlaku, i když nebylo použito komplexní kultivační médium.

## **Úkol č. 2: Pozorování půdních sinic**

**Pomůcky:** mikroskop, pomůcky k mikroskopování, psaní potřeby

### **Postup:**

1. Z předem nachystaného vzorku odeberte pomocí pipety malé množství vzorku v místě zeleného povlaku na podložní sklíčko a opatrně přiklopte krycím sklíčkem.
2. Vložte pod světelný mikroskop a pozorujte.
3. Celý postup názorně ukáže a vysvětlí vyučující.

### **Vyhodnocení:**

Pokuste se zakreslit alespoň 3 pozorované druhy a popsat je – barva, pohyb, tvar buněk, konce vláken, zda se vlákna větví, vláknité x kokální druhy. Pomocí klíče se pokuste pozorované druhy určit společně s vyučujícím. Následně popište celkový vzhled předloženého vzorku, zda byl druhově bohatý či nikoliv. Společně s literaturou se pokuste vyhledat další typicky půdní druhy.

### **Doplňující úkoly:**

1. Nakreslete strukturu buňky sinice a popište.
2. Jaké jsou základní druhy půd?
3. Jaký je rozdíl mezi sinicemi a řasami?
4. Jak můžeme zabránit přemnožení sinic ve vodách?
5. Jaký mají sinice význam v půdě?

## 10.2 Didaktická hra

Didaktická hra je aktivita, která má stimulační charakter, neboť ve studentech probouzí zájem, zvyšuje angažovanost, tvořivost, spontaneitu, spolupráci, ale i soutěživost. Některé didaktické hry mohou simulovat situace z běžného života. Odehrávat se může nejen v učebně, ale i přírodě (Průcha et al., 2003).

Zapojení hry do výuky má své místo jak u mladších, tak starších žáků. Hry jsou do výuky včleňovány za účelem posílení zájmu žáků při osvojování si nových vědomostí a motivace upevnit si nově nabyté dovednosti. Děti se tak učí organizovat vlastní činnost, spolupracovat a komunikovat s ostatními dětmi (Skalková, 2007).

Hra zmenšuje rozdíly mezi žáky s výborným prospěchem a těmi se slabším prospěchem, učitel má možnost poznat žáky i z jiné perspektivy, podporuje mezipředmětové vztahy atd. (Vinter & Králíček, 2016).

Didaktickou hru je potřeba řádně promyslet a připravit, pokud tomu tak není, může dojít spíše k chaosu a nebude dosaženo pozitivního výsledku (Pecina & Zormanová, 2009 in Zormanová 2017).

V případě, že škola nemá laboratoř, je vhodnou formou zábavného podání učiva didaktická hra. Vzhledem k rozsahu vyučovací hodiny je nutné, aby didaktická hra nebyla příliš dlouhá, aby byla smysluplná a odpovídala rozsahu probírané látky a úrovni žáků. Proto opět navrhnou zvlášť didaktickou hru pro základní a střední školy (příloha 4-9).

### 10.2.1. Návrh na didaktickou hru pro základní školu

#### **„Biologické domino“**

Cílem této hry je děti aktivně zapojit do výuky, rozvíjet jejich pozornost, schopnost spolupráce a komunikace. Tato hra je opět vhodná jako opakování. Časová náročnost je přibližně 15 minut.

#### **Příprava**

Učitel si připraví kartičky ve tvaru obdélníku, které budou rozděleny na 2 poloviny. Na jedné polovině kartičky bude otázka a na druhé odpověď, avšak nikdy nebude na jedné kartičce otázka a odpověď patřící k sobě (obrázek 10).

#### **Průběh**

Žáci budou pracovat ve dvojicích. Každá dvojice dostane stejnou sadu kartiček a budou spojovat správné odpovědi s otázkami, kartičky budou k sobě přiřazovat jako při hře domino. V průběhu bude učitel třídu procházet a kontrolovat, jak si žáci vedou a pomáhat těm, kteří si nebudou vědět rady. Jakmile budou všichni hotovi, proběhne společná kontrola.

modrozelená	Jakou barvu mají sinice?	Vodní květ	
		Co vzniká na vodní hladině v důsledku přemnožení sinic?	Jak se nazývá proces, během kterého sinice a řasy produkují kyslík?
		Chlorofyl a	Jaké hlavní barvivo obsahují řasy a sinice?  fotosyntéza

Obrázek 10: Ukázka didaktické hry biologické domino

### „Karetní král“

Cílem této hry je děti zábavně zapojit do výuky, rozvíjet mezi nimi komunikaci a spolupráci. Tuto hru navrhuji zařadit na konec hodiny nebo jako opakování na začátku hodiny po probrání celku sinice a řasy, jelikož již vyžaduje určité znalosti. Časová náročnost je přibližně 15 minut.

### Příprava

Učitel si připraví sadu karet, které budou pokrývat různé oblasti tématu sinice a řasy. Karty mohou mít i obrázkovou podobu, např. obrázky základních zástupců, vodního květu, ale i slovní podobu, např. formou hádanky.

### Průběh

Žáci se rozdělí do týmů maximálně po 5 lidech. Učitel rozloží karty na 1 lavici obrázkem nebo textem dolů. Následně si vždy 1 žák z každé skupiny vybere kartu, kterou přinese do týmu, se kterým se poradí, jakmile správně odpoví, vezmou si další kartu. Tým s největším počtem správně zodpovězených karet vyhrává.

## 10.2.2. Návrh na didaktickou hru pro střední školu

### **„Pojmová mapa hravě“**

Cílem této hry je, aby žáci porozuměli rozdílům mezi sinicemi a řasami, naučili se důležité pojmy spojené s těmito mikroorganismy pomocí pojmové mapy. Žáci budou rozvíjet schopnost spolupráce, komunikace a schopnost vyhledávat informace. Tuto hru je vhodné zařadit na začátku probíraného celku. Časová náročnost je přibližně 15–20 minut.

#### **Příprava**

Učitel připraví na tabuli velkou pojmovou mapu s tématem „sinice a řasy“ uprostřed. Ještě může dodat několik záchytných bodů, např. buňka, výskyt, zástupci, toxiny, využití apod. Na úvod žákům uvede jen základní charakteristiku těchto mikroorganismů s tím, že více tyto informace budou rozvíjet právě během hry.

#### **Průběh**

Žáci budou pracovat ve dvojicích. Jejich úkolem bude vyhledat ve spolupráci s učebnicí či jinými zdroji informace a správně je spojit s hlavním tématem a dalšími pojmy na mapě. Po přibližně 15 minutách učitel hru zastaví a proběhne společná kontrola a diskuze s tím, že studenti i vysvětlí, jak jsou pojmy s hlavním tématem spojeny.

### **„Zelené štěstí“**

Cílem této hry je žáky aktivně zapojit do výuky, rozvíjet jejich schopnost spolupráce a komunikace. Tuto hru je vhodné zařadit na závěr hodiny nebo jako opakování. Časová náročnost je přibližně 15 minut.

#### **Příprava**

Učitel si připraví 4 oblasti týkajících se sinic a řas, například obecnou charakteristiku, význam a dopady sinic a řas, zástupci a využití. Ke každé oblasti si připraví 5 otázek s výběrem možností a různým bodovým hodnocením. Jednodušší otázky budou za nejméně bodů, náročnější za více.

Dále je potřeba si připravit hrací plochu. Tu je možné například nakreslit na tabuli nebo si ji připravit v PowerPointu. Témata budou napsána pod sebou a vedle každého tématu bude 5 políček s bodovým ziskem.

### **Průběh**

Žáci budou rozděleni do týmů maximálně po 4-5 lidech. Zástupce každého týmu si vylosuje papírek s pořadím, ve kterém budou týmy hrát. Tým si vždy zvolí náhodně otázku, např. téma zástupci sinic a řas, otázka za 2 body. Učitel přečte otázku se třemi možnostmi, tým má 20 sekund na zodpovězení otázky, v případě správné odpovědi jim budou body přičteny. Vyhrává tým s nejvyšším počtem bodů.

## 11 Diskuze

V práci jsem se zabývala půdními sinicemi v okolí Vsetínské Bečvy. V 75 odebraných vzorcích bylo nalezeno 30 druhů sinic. Toto číslo může být ve skutečnosti vyšší, jelikož např. sinice rodu *Nostoc* se často nepodařilo přesně determinovat vzhledem k jejich složitému vývojovému cyklu. Vzorky byly odebírány z povrchu půdy ve 3 transektech v délce 4 m směrem od hladiny sledované vodní plochy. Davydov & Vilnet (2022) uvádí, že pro terestrické biotopy jsou typické jednoduché, vláknité sinice. Ve vzorcích opravdu převažovaly vláknité druhy. Nejhojněji se vyskytovaly rody *Nostoc*, *Microcoleus*, *Nodosilinea* a *Pseudanabaena*.

Nejvíce rozmanité byly zpravidla 1. vzorky, tedy vzorky odebrané přímo u hladiny. Vzhledem k tomu, že v tomto místě byla vždy půda smáčená vodou, vyskytovaly se v těchto vzorcích i sinice typicky vodní, např. *Geitlerinema splendidum*. Nejvíce druhů se vyskytovalo v lokalitě Hrachoveček, což bylo překvapivé, vzhledem k tomu, že půda zde byla poměrně suchá. Naopak nejméně druhů bylo nalezeno v lokalitě Balaton. Půda zde byla poměrně suchá i přesto, že odběru předcházelo období dešťů. Trávník je zde pravidelně udržován, ušlapán lidmi a mimo jiné se jedná o otevřenou plochu, půda je zde tedy více vystavena slunečnímu a UV záření, což může mít na sinice negativní vliv. Naopak rybník pod Palácem a Hrachoveček se nachází v blízkosti lesa, který poskytuje přirozený stín a půda je tak méně vystavována UV záření a vysychání.

Biodiverzita v půdě je sice obrovská, což ale neznamená, že je osídlena rovnoměrně. Mikroorganismy okupují velmi nízké procento povrchů a vytvářejí tak shluky zpravidla sdružované se zdroji živin, částicemi organické hmoty z odumřelých těl a kořeny rostlin (Šimek et al., 2019). Výsledky výzkumu tento fakt potvrzují. Sinice se nevyskytovaly v každém vzorku, a i když byl další vzorek odebrán pouze o 1 metr dál, často se v něm nacházely jiné druhy než ve vzorku předchozím. Společenstva sinic v jednotlivých transektech byla tedy velmi proměnlivá.

Ve výsledcích se objevovalo i pár atypičností. V lokalitě rybník pod Palácem se sinice rodu *Tolypothrix* nacházela 3 metry od hladiny v čistě půdním vzorku nesmáčeném vodou, i přestože se jedná o sinici obývající bentos a čisté vody. *Tolypothrix* je rychle rostoucí sinice, vytvářející samovolně shluky, schopná přežít i v prostředí chudém na živiny (Velu et al., 2021). Je tedy možné, že tato sinice byla přenesena z vodního prostředí buď zvířaty, nebo lidskou činností, jelikož s rybníkem je pravidelně manipulováno a napájí se z něj velké množství zvěře.

V lokalitě Hrachoveček byl nalezen *Geitleribactron periphyticum* přichycený na tenké sinici, avšak typicky bývá na sinicích s širokými vlákny. Vzhledem k tomu, že se ve vzorku objevovaly pouze tenké sinice anebo kokální druhy, pravděpodobně se přizpůsobil daným podmínkám.

Zajímavostí je výskyt sinice *Godleya* sp., která byla původně nalezena na Novém Zélandě a *Aphanothece* cf. *atro-crustacea*, která dle popisu Komárka a Anagnostidise (1999) obývá jezera v chladných oblastech (severní státy). Nicméně odběrová lokalita patří mezi chladnější oblasti. Je tedy patrné, že izolace, determinace a charakterizace kmenů sinic různých biotopů jsou stále nesmírně důležité pro studium jejich rozšíření (Davydov & Vilnet, 2022).

V dnešní době se ve výuce tíhne k zjednodušování osnov, mnoho učiva se zkracuje, aby žáci nebyli přehlčovani informacemi. Některým celkům není věnováno mnoho prostoru, což platí i v případě sinic. Ačkoliv se jedná o velmi důležité mikroorganismy, obecně jim bývá věnována přibližně 1 vyučovací hodina.

Problémem je, že téma sinic a řas je pro žáky abstraktní a tudíž obtížné, což vede k tomu, že se jim toto téma nezaryje do paměti. Příčinou může být nezajímavé podání tohoto tématu či absence praktických cvičení. Zařazením praktické výuky si žáci procvičí nejen manuální schopnosti, ale také mohou pozorovat organismy, které původně nemohli vidět na vlastní oči (Nolčová & Vágnerová, 2016). Proto jsem pro toto téma vypracovala návrh na laboratorní cvičení, které by bylo ozvláštněné jednoduchým experimentem s běžně dostupným hnojivem. Experiment by žáci mohli po delší dobu kontrolovat a pozorovat tak nárůst sinic a řas ve vzorku, což by v nich mohlo zanechat dlouhodobou stopu. Tedy čím hlouběji je téma zpracováno, tím efektivněji se uloží do paměti. Aby v nás téma zanechalo stopy, je nutné aktivně používat mozek (Spitzer 2014). I dle Vintera a Králíčka (2016) je mikroskopování atraktivní, avšak je důležité brát v potaz, že pozorování sinic a řas je na hranici rozlišovací schopnosti školních mikroskopů a je tak důležité využívat i modely a obrázky z učebnic či internetu.

Dále jsem navrhla 4 didaktické hry, které jsou zábavnou formou přiblížení tohoto tématu, což by opět mohlo v žácích vyvolat větší zájem o tyto mikroorganismy. Vhodné je zařadit do výuky zajímavosti, jelikož sinice mají obrovský potenciál a mohou hodně nabídnout, díky čemuž jsou úzce spjaty s člověkem.



## 12 Závěr

V bakalářské práci jsem se zabývala studiem půdních sinic v transektech kolem vodních ploch. Celkem bylo odebráno 75 vzorků z 5 lokalit v období od června 2022 do října 2023, několik vzorků bylo odebráno i na podzim 2022. V těchto vzorcích bylo nalezeno 30 druhů sinic. Obecně převažovaly vláknité druhy sinic. Nejhojněji se vyskytujícími rody byly *Nostoc*, *Microcoleus*, *Nodosilinea* a *Pseudanabaena*. Nejzajímavějšími nalezenými rody byly *Aphanothece cf. atro-crustacea* a *Godleya*.

Jednotlivé lokality se poměrně lišily. Některé druhy se sice vyskytovaly na všech stanovištích, ale některá byla i přesto druhově rozmanitější či obsahovaly druhy, které se nevyskytovaly na žádné jiné lokalitě. Zvolená stanoviště se poměrně lišila kvalitou půdy a přirozenou vlhkostí. Nejvíce druhů se pravidelně vyskytovalo ve vzorcích blízko hladině vody, kde byla půda vodou smáčená anebo přirozeně vlhčí. Obvykle diverzita se vzdáleností od hladiny klesala. Žádný transekt nebyl identický. Nejrozmanitější byla lokalita Hrachoveček a rybník pod Palácem. Naopak nejméně druhově rozmanitý byl Balaton.

V didaktické části jsem vytvořila podrobný návod pro učitele základních a středních škol na zařazení živých kultur sinic do výuky, návrh na laboratorní cvičení, které je vhodným způsobem přiblížení učiva a didaktické hry, které jsou vhodnou zábavnou formou přiblížení či procvičení probíraného učiva.

## 13 Literatura

- Babica, P., Maršálek, B., Bláha, L. & Drábková, M. (2004). Toxiny sinic – zbraň proti konkurenci? – *Živa* 4: 150-152
- Belnap, J., Kaltenecker, J. H., Rosentreter, R., Williams, J., Leonard, S. & Eldridge, D. (2001). *Biological Soil Crusts: Ecology and Management*.
- Benešová, M. (2013). *Odmaturuj! z biologie. 2.*, přeprac. vyd. Didaktis, Brno. Odmaturuj!. ISBN 978-80-7358-231-9.
- Bičík, I. (2009). *Půda v České republice*. Consult, Praha. ISBN 978-80-903482-4-0.
- Canizales, S., Hilderink, L., Apkhazava, M., Temmink, H., Wijffels, R. H. & Janssen, M. (2023). Cyanophycin production in turbidostat cultivation of cyanobacteria under phosphorus limitation on synthetic urine media. – *Algal Research*: Vol. 72. ISSN 22119264.
- Davydov, D. & Vilnet, A. (2022). Review of the Cyanobacterial Genus Phormidesmis (Leptolyngbyaceae) with the Description of Apatinema gen. nov. – *Diversity*: Vol. 14, Issue 9. ISSN 1424-2818.
- Dvořák, P., Casamatta, D. A., Hašler, P., Jahodářová, E., Norwich, A. R. & Pouličková, A. (2017). Diversity of the Cyanobacteria. *Modern Topics in the Phototrophic Prokaryotes*. Cham: Springer International Publishing, pp. 3-46. ISBN 978-3-319-46259-2.
- Garcia-Pichel, F., Zehr, J. P., Bhattacharya, D. & Pakrasi, H. B. (2020). What's in a name? The case of cyanobacteria. – *Journal of Phycology* 56(1): 1-5. ISSN 0022-3646.
- Ghiloufi, W., Seo, J., Kim, J., CHaieb, M. & Kang, H. (2019). Effects of Biological Soil Crusts on Enzyme Activities and Microbial Community in Soils of an Arid Ecosystem. – *Microbial Ecology* 77(1): 201-216. ISSN 0095-3628.
- Goswami, M., Rekhi P., Debnath, M. & Ramakrishna, S. (2021). Microbial Polyhydroxyalkanoates Granules: An Approach Targeting Biopolymer for Medical Applications and Developing Bone Scaffolds. – *Molecules* 26(4). ISSN 1420-3049.
- Hančová, H. & Vlková, M. (2008). *Biologie v kostce: pro střední školy: [obecná biologie, botanika, zoologie, biologie člověka, genetika, ekologie]*. Maturita v kostce. Fragment, Praha. ISBN 978-80-253-0606-2.

- Harris, T. D., Reinl, K. L., Azarderakhsh, M., et al. (2024) What makes a cyanobacterial bloom disappear? A review of the abiotic and biotic cyanobacterial bloom loss factors. – *Harmful Algae*: Vol. 133. ISSN 15689883.
- Herrero, A. & Flores, E. (2008). *The Cyanobacteria: Molecular Biology, Genomics and Evolution*. Edition 1. Caister Academic Press. ISBN 1904455158.
- Herrero, A., Muro-Pastor, A. M. & Flores, E. (2001). Nitrogen Control in Cyanobacteria. – *Journal of Bacteriology* 183(2): 411-425. ISSN 0021-9193.
- Hobot, J. A. (2015). Bacterial Ultrastructure. *Molecular Medical Microbiology*. Vol. 1 – pp. 7-32, Elsevir. ISBN 9780123971692.
- Chamizo, S., Mugnai, G., Rossi, F., Certini, G. & Philippis De, R. (2018) Cyanobacteria Inoculation Improves Soil Stability and Fertility on Different Textured Soils: Gaining Insights for Applicability in Soil Restoration. – *Frontiers in Environmental Science*: Vol. 6. ISSN 2296–665X.
- Chen, Q., Yan, N., Xiong, K. & Zhao, J. (2023). Cyanobacterial diversity of biological soil crusts and soil properties in karst desertification area. – *Frontiers in Microbiology*: Vol. 14. ISSN 1664–302X.
- Ishikawa, T., Takano, S., Tanikawa, R., Fujihara, T., Atsuzawa, K., Kaneko, Y., Hihara, Y. & Bayer, E. (2023). Acylated plastoquinone is a novel neutral lipid accumulated in cyanobacteria. – *PNAS Nexus*: Vol. 2, Issue 5. ISSN 2752-6542.
- Islam, W., Zeng, F., Alotaibi, M. O. & Khan, K. A. (2024). Unlocking the potential of soil microbes for sustainable desertification management. – *Earth-Science Reviews*: Vol. 252. ISSN 00128252.
- Jelínek, J. & Zicháček, V. (2013). *Biologie pro gymnázia: (teoretická a praktická část)*. 10. vydání. Nakladatelství Olomouc, Olomouc. ISBN 978-80-7182-345-2.
- Kaštovský, J., Hauer, T., Geriš, R., CHattová, B., Jurán, J., Lepšová-Skácelová, O., Pitelková, P., Pusztai, M., Škaloud, P., Šťastný, J., Čapková, K., Bohunická, M. & Mühlsteinová, R. (2018). *Atlas sinic a řas ČR 1*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice, 383 s. ISBN 978-80-7982-333-9.
- Knůrová, K. & Žídková, H. (2017). *Hravý přírodopis. Učebnice pro 6. ročník ZŠ a víceletá gymnázia*. 1. vyd. Taktik International, s.r.o. Praha. ISBN 978-80-7563-069-8.

- Kollmen, J. & Strieth, D. (2022). The Beneficial Effects of Cyanobacterial Co-Culture on Plant Growth. – *Life*: Vol. 12, Issue 2. ISSN 2075-1729.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. (1999). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Cyanoprokaryota: 1. Teil/1th Part: Chroococcales. Vol. 19.- pp. 1-548, Gustav Fischer, Jena.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. (2005). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Cyanoprokaryota: 2. Teil/2nd Part: Oscillatoriales. Vol. 19.- pp. 1-759, Elsevier Spektrum, München.
- Komárek, J. (2013). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Cyanoprokaryota: 3rd part: heterocystous genera. Vol. 19 – pp. 1-1130, Springer Spektrum, Heidelberg.
- Komárek, J. (2003). COCCOID AND COLONIAL CYANOBACTERIA. – *Freshwater Algae of North America*: 59–116, Elsevier. ISBN 9780127415505.
- Konětopský, A. & Musilová, E. (2019). *Přírodopis 6, 1.díl- Obecný úvod do přírodopisu (učebnice)*. 2. vyd. Nová škola. ISBN 978-80-7600-032-2.
- Kromkamp, J., Konopka, A. & Mur, L. R. (1986). Buoyancy Regulation in a Strain of *Aphanizomenon flos-aquae* (Cyanophyceae): the Importance of Carbohydrate Accumulation and Gas Vesicle Collapse. – *Microbiology* 132(8): 2113-2121. ISSN 1350-0872.
- Kumar, K., Mella-Herrera, R. A. & Golden, J. W. (2010). Cyanobacterial Heterocysts. – *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*: Vol. 2, Issue 4. ISSN 1943-0264.
- Liesmann, K. P. (2008). Teorie nevzdělanosti. – pp. 1-126, Academia, Praha.
- Mateo, P., Perona, E., Berrendero, E., Leganés, F., Martín, M. & Golubić, S. (2011). Life cycle as a stable trait in the evaluation of diversity of *Nostoc* from biofilms in rivers. – *FEMS Microbiology Ecology* 76(2): 185-198. ISSN 01686496.
- Mehdizadeh Allaf, M. & Peerhossaini, H. (2022). Cyanobacteria: Model Microorganisms and Beyond. – *Microorganisms*: Vol. 10, Issue 4. ISSN 2076-2607.
- Miko, L., Šantrůčková, H. & Máchal, A. (2019). *Život v půdě: příručka pro začínající půdní biology*. Lipka – školské zařízení pro environmentální vzdělávání Brno, příspěvková organizace, Brno. ISBN 978-80-88212-17-1.
- Mollenhauer, D., Büdel, B. & R. Mollenhauer (1994). Approaches to species delimitation in the Genus *Nostoc* Vaucher 1803 ex Bornet et Flahault 1887. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 10 (Algological Studies 75): 189-209.

- Mollenhauer, D. (1988). *Nostoc species in the field*. *Arch Hydrobiol. Suppl. 80 (Algological Studies 50-53)*: 315-326. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Nicoletti, M. (2022). The nutraceutical potential of cyanobacteria. – *The Pharmacological Potential of Cyanobacteria*: 287-330, Elsevier. ISBN 9780128214916.
- Nolčová, L. & Vágnerová, P. (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.
- Pallerla, S. R., Knebel, S., Polen, T., Klauth, P., Hollender, J., Volker F. Wendisch, V. F. & Schoberth, S. M. (2005). Formation of volutin granules in *Corynebacterium glutamicum*. – *FEMS Microbiology Letters 243 (1)*: 133-140. ISSN 03781097.
- Perkerson, R.B., Johansen, J.R, Kováčik, L., Brand, J., Kaštovský, J. & Casamatta, D.A. (2011). A unique pseudanabaenalean (cyanobacteria) genus *Nodosilinea* gen. nov. based on morphological and molecular data. *Journal of Phycology 47(6)*: 1397-1412.
- Prabha, S., Vijay, A. K., Devarajan, A. & George, B. (2023). Concurrent purification of phycobiliproteins from *Leptolyngbya* sp. and their selective enhancement in response to different wavelengths of LED light. – *Bioresource Technology Reports*: Vol. 21. ISSN 2589014X.
- Průcha, J., Mareš, J. & Walterová, E. (2003). *Pedagogický slovník*. 4. aktualiz. vyd. Portál, Praha. ISBN 80-717-8772-8.
- Radzi, R., Muangmai, N., Broady, P., Wan Omar, W., M., Lavou, S., Convey, P. & Merican, F. (2019). *Nodosilinea signiensis* sp. nov. (Leptolyngbyaceae, Synechococcales), a new terrestrial cyanobacterium isolated from mats collected on Signy Island, South Orkney Islands, Antarctica. - *PLOS ONE*: Vol. 14, Issue 11. ISSN 1932-6203.
- Řeháková, K. & Čapková K. (2017). Fenomén biologická půdní krusta v aridních oblastech. – *Živa 4*: 166-168, Academia, Praha.
- Sanz-Luque, E., Bhaya, D. & Grossman, A. R. (2020). Polyphosphate: A Multifunctional Metabolite in Cyanobacteria and Algae. – *Frontiers in Plant Science*: Vol. 11, Issue 4. ISSN 1664-462X.
- Sinha, R. P. & Häderh, D-P. (2008). UV-protectants in cyanobacteria. – *Plant Science 174(3)*: 278-289. ISSN 01689452.

Skalková, J. (2007). *Obecná didaktika: vyučovací proces, učivo a jeho výběr, metody, organizační formy vyučování*. (Pedagogika) Grada, Praha. ISBN 978-80-247-1821-7.

Spitzer, M. (2014). Digitální demence. Jak připravujeme sami sebe a naše děti o rozum.– pp. 1-344, Host, Brno.

Springstein, B. L., Nürnberg, J. D., Weiss, L. G., Pilhofer, M. & Stucken, K. (2020). Structural Determinants and Their Role in Cyanobacterial Morphogenesis. – *Life*: Vol. 10, Issue 12. ISSN 2075-1729.

Strunecký, O., Komárek, J., Johansen, J., Lukešová, A., Elster, J. & Post, A. (2013). Molecular and morphological criteria for revision of the genus *Microcoleus* (Oscillatoriales, Cyanobacteria). – *Journal of Phycology* 49(6): 1167-1180. ISSN 0022-3646.

Šejnohová, L. & Maršálek, B. (2005). Pohled do mikroskopického světa sinic. – *Živa* 3: 105-108.

Šimek, M. a kolektiv (2019). *Živá půda*. Academia, Praha. ISBN 978-80-200-2976-8.

Tashyreva, D. & Elster, J. (2015). Effect of nitrogen starvation on desiccation tolerance of Arctic *Microcoleus* strains (cyanobacteria). – *Frontiers in Microbiology*: Vol.6. ISSN 1664-302X.

Tecon, R. & Or, D. (2017). Biophysical processes supporting the diversity of microbial life in soil. – *FEMS Microbiology Reviews* 41(5): 599-623. ISSN 1574-6976.

Temraleeva, A. D. & Dronova, S. A. (2016). First record of the soil cyanobacterium *Nodosilinea epilithica* (Synechococcales, Cyanobacteria) in Russia. – *Novosti sistematiki nizshikh rastenii*: Vol. 50, pp. 125-141. ISSN 0568-5435.

Tomášek, M. (2003). *Půdy České republiky*. 3. vyd. Česká geologická služba, Praha. ISBN 80-707-5607-1.

Velu, Ch., Karthikeyan, O. P., Brinkman, D. L., Cirés, S. & Heimann, K. (2021). Biomass pre-treatments of the N<sub>2</sub>-fixing cyanobacterium *Tolypothrix* for co-production of methane. – *Chemosphere*: Vol. 283. ISSN 00456535.

Vinter, V. & Králíček, I. (2016). *Začínající učitel biologie*.– pp. 1-258, Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc.

Waditee-Sirisattha, R. & Kageyama, H., ed. (2022). *Cyanobacterial Physiology From Fundamentals to Biotechnology*. ISBN 978-0-323-96106-6.

Whitton, A. B. & Potts, M., ed (2000). *Introduction to the cyanobacteria, in the Ecology of Cyanobacteria: Their Diversity in Time and Space*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. – pp. 1–11.

Zormanová, L. (2017). *Didaktika dospělých*. (Pedagogika) Grada, Praha. ISBN 978-80-271-0051-4

## Internetové zdroje

Algae at NKU (2021). Description of cyanobacteria. [online]. [cit. 2024-03-13]. Dostupné z: <https://algae.nku.edu/index.php/description-of-cyanobacteria?fbclid=IwAR0gvWNamNFaBCZUB5yqBG4UnxmPLXETfIDPj374GBoJupfvQ2IHK62Xno>

Beskydy. cz (© 1998–2024). *Nový Hrozenkov* [online]. [cit. 2024-03-22]. Dostupné z: [https://www.beskydy.cz/content/beskydy-novy-hrozenkov.aspx?fbclid=IwAR0nH40o0d3QIVyNmMkTfG7zGZWOPMN9bJxXG\\_uL-Dl---S4ecvsY6bIVw](https://www.beskydy.cz/content/beskydy-novy-hrozenkov.aspx?fbclid=IwAR0nH40o0d3QIVyNmMkTfG7zGZWOPMN9bJxXG_uL-Dl---S4ecvsY6bIVw)

Keliwood (2011). *Druhy půdy, kyselost půdy, humus - Červenec, díl první* [online]. [cit. 2024-03-22]. Dostupné z: <https://www.keliwood.cz/aktuality/druhy-pudy-kyselost-pudy-humus-cervenec-dil-prvni>

MŠMT, Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy (2021). *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia – RVP G* [online]. Praha. [cit. 2024-03-20]. Dostupné z: [https://www.edu.cz/wp-content/uploads/2021/09/001\\_RVP\\_GYM\\_-vyznacene\\_zmeny.pdf](https://www.edu.cz/wp-content/uploads/2021/09/001_RVP_GYM_-vyznacene_zmeny.pdf)

MŠMT, Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy (2017). *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání* [online]. Praha. [cit. 2024-03-20]. Dostupné z: [https://www.npi.cz/images/RVP\\_ZV\\_2017.pdf](https://www.npi.cz/images/RVP_ZV_2017.pdf)

Obec Halenkov (© 2024). *Obec Halenkov* [online]. [cit. 2024-03-22]. Dostupné z: <https://www.halenkov.cz/>

Obec Huslenky (2024). *O obci* [online]. [cit. 2024-03-23]. Dostupné z: <https://www.huslenky.cz/o%2Dobci/ds-50/p1=52>

Přírodní zahrada (© 2018). *Půda-základ zahrady* [online]. [cit. 2024-03-22]. Dostupné z:[http://prirodnizahrada.eu/puda/?fbclid=IwAR3p\\_poGlhMrbA73XzAwfxE2dexs3fA6fRZxJsCVKZx\\_N9gbWLgVL8AdcUI](http://prirodnizahrada.eu/puda/?fbclid=IwAR3p_poGlhMrbA73XzAwfxE2dexs3fA6fRZxJsCVKZx_N9gbWLgVL8AdcUI)

Sinice a řasy.cz (© 2003–2024). [cit. 2024-03-22]. Dostupné z: <https://www.sinicearasy.cz/>

Šimečková, J. (2012–2015). *Zrnitostní složení půdy* [online]. [cit. 2024-03-20]. Dostupné z: [https://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty/files/19/19-zrnitost.pdf](https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty/files/19/19-zrnitost.pdf)

## **Použité obrázky v příloze 1**

Obrázek 1,2:

*Mapy.cz* [online]. [cit. 2024-04-27]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?q=Halenkov&source=muni&id=518&ds=2&x=18.1424457&y=49.3363076&z=12>

Obrázek 3:

*Mapy.cz* [online]. [cit. 2024-04-27]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?q=Huslenky&source=muni&id=523&ds=2&x=18.1258482&y=49.2968438&z=12>

Obrázek 4:

*Mapy.cz* [online]. [cit. 2024-04-27]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?q=Nov%C3%BD%20Hrozenkov&source=muni&id=567&ds=2&x=18.2014623&y=49.3390584&z=12>

Obrázek 5:

*Mapy.cz* [online]. [cit. 2024-03-23]. Dostupné z: <https://mapy.cz/letecka?q=Nov%C3%BD%20Hrozenkov%20Balaton&source=base&id=1931378&ds=2&x=18.2174331&y=49.3445300&z=17&ovl=5>

Obrázek 6:

*Mapy.cz* [online]. [cit. 2024-03-23]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?q=Doln%C3%AD%20Hrachove%C4%8Dek&source=area&id=21733&ds=1&x=18.1005655&y=49.3039373&z=18&base=ophoto>



### Obrázek 7:

Mapy.cz [online]. [cit. 2024-03-23]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?q=Turistick%C3%BD%20p%C5%99%C3%ADst%C5%99e%C5%A1ek%20Provazn%C3%A9&source=base&id=2215929&ds=1&x=18.1563537&y=49.3137378&z=19&base=ophoto>

### Obrázek 8:

Mapy.cz [online]. [cit. 2024-03-23]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?q=Halenkov%20U%20M%C4%9Bre%C4%8Dk%C5%AF&source=area&id=23048&ds=1&x=18.1313517&y=49.3110137&z=16&base=ophoto>

### Obrázek 9:

Mapy.cz [online]. [cit. 2024-03-23]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?q=Dinotice%20&source=area&id=17005&ds=2&x=18.1104308&y=49.3549499&z=17&base=ophoto>

## Použité obrázky v podkladech pro laboratorní cvičení a didaktické hry

[Chroococus]. Dostupné z:

[http://galerie.sinicearasy.cz/galerie/cyanobacteria/kokalni-cocoid/chroococcus/chroococcus-turgidus?image\\_id=9040](http://galerie.sinicearasy.cz/galerie/cyanobacteria/kokalni-cocoid/chroococcus/chroococcus-turgidus?image_id=9040)

[Nostoc]. Dostupné z:

[https://www.google.com/search?q=nostoc&tbm=isch&ved=2ahUKEwjYqIn-uIqFAxX4qf0HHZUnDigQ2-cCegQIABAA&oq=nostoc&gs\\_lp=EgNpbWciBm5vc3RvYzIEECMYJzIEECMYJzIEEAAYHjIEEAAYHjIEEAAYHjIEEAAYHjIEEAAYHjIEEAAYHjIEEAAYHkjc1CXBVimCnAAeACQAQGYAdQB0AH6BqoBBTIuNC4xuAEDyAEA-AEBigILZ3dzLXdpei1pbWfCAgYQABgHGB7CAggQABiABBixA8ICBRAAGIAEiAYB&scient=img&ei=CtP-Zdj7O\\_jT9u8Plc-4wAI&bih=703&biw=1536&prmd=ivnbz#imgrc=3t\\_ZIpRTBXmX1M](https://www.google.com/search?q=nostoc&tbm=isch&ved=2ahUKEwjYqIn-uIqFAxX4qf0HHZUnDigQ2-cCegQIABAA&oq=nostoc&gs_lp=EgNpbWciBm5vc3RvYzIEECMYJzIEECMYJzIEEAAYHjIEEAAYHjIEEAAYHjIEEAAYHjIEEAAYHjIEEAAYHjIEEAAYHkjc1CXBVimCnAAeACQAQGYAdQB0AH6BqoBBTIuNC4xuAEDyAEA-AEBigILZ3dzLXdpei1pbWfCAgYQABgHGB7CAggQABiABBixA8ICBRAAGIAEiAYB&scient=img&ei=CtP-Zdj7O_jT9u8Plc-4wAI&bih=703&biw=1536&prmd=ivnbz#imgrc=3t_ZIpRTBXmX1M)

[Drkalka]. Dostupné z:

<https://www.biolib.cz/cz/image/id222498/>

[Podložní sklíčko]. Dostupné z:

<https://www.dalekohledy-mikroskopy.cz/p/podlozni-sklicka-50ks-1-0-1-2mm-levenhuk>

[Krycí sklíčko]. Dostupné z:

<https://cz.levenhuk.com/catalogue/prislusenstvi/prislusenstvi-mikroskopu/kryci-sklicka-k-pozorovani-mikroskopem/100-krycich-sklicek-discovery/?oid=5436>

[Vodní květ]. Dostupné z:

<https://www.natur.cuni.cz/fakulta/veda-a-vyzkum/popularizace/clanky/vsudypritomne-sinice-a-jak-na-ne>

[Stavba buňky sinice]. Dostupné z:

[http://lide.gymcheb.cz/~tuleng/oktava\\_1\\_4\\_stavba\\_bunek\\_sinic.html](http://lide.gymcheb.cz/~tuleng/oktava_1_4_stavba_bunek_sinic.html)

## **14 Přílohy**

Příloha 1 – Odběrová místa

Příloha 2 – Obrazové tabule vybraných nalezených druhů

Příloha 3 – Autorské řešení laboratorního cvičení

Příloha 4 – Didaktická hra „biologické domino“ – sada otázek i s řešením

Příloha 5 – Didaktické hry „karetní král“ – sada otázek

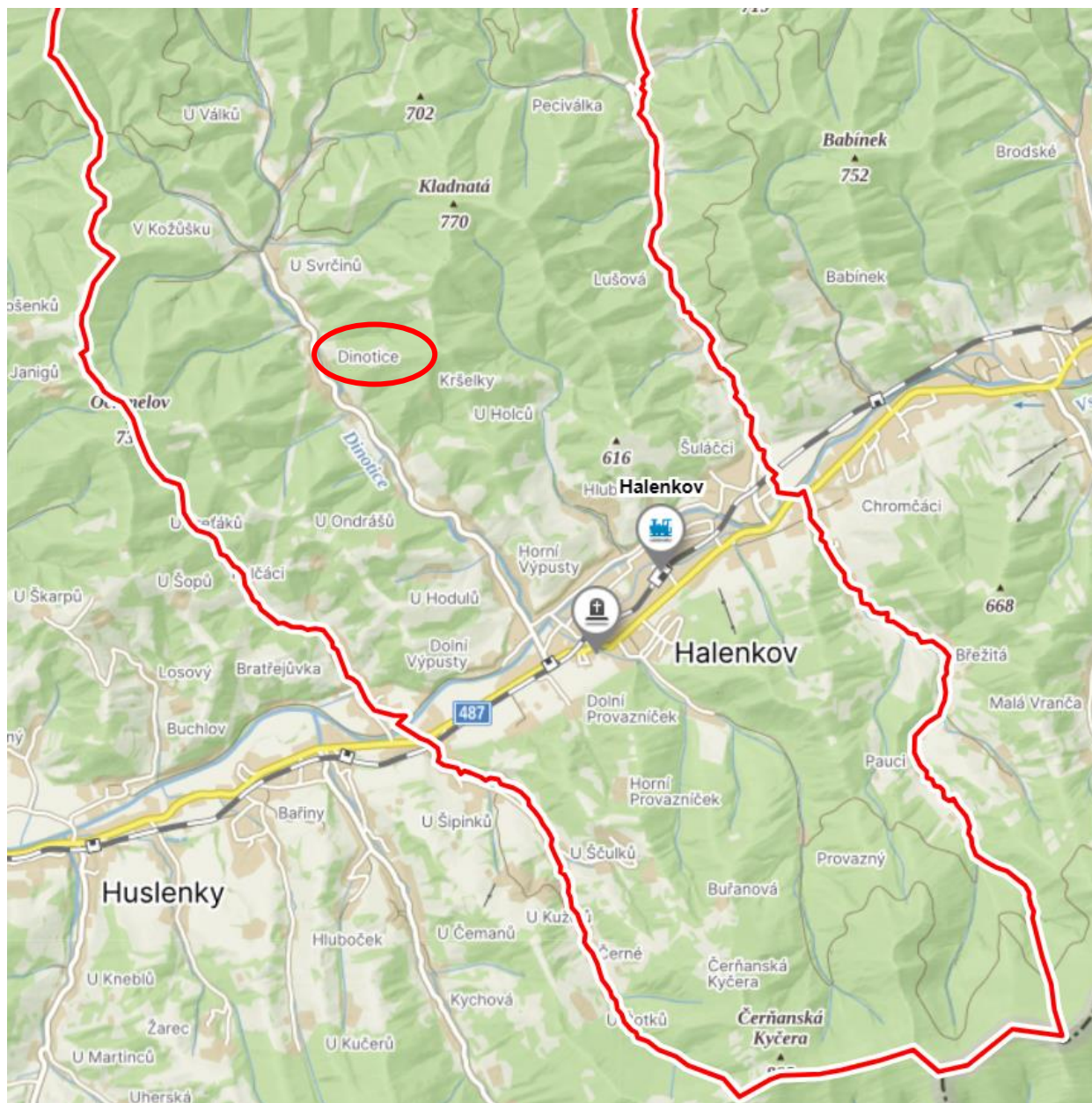
Příloha 6 – Didaktická hra „karetní král“ – autorské řešení

Příloha 7 – Didaktická hra „zelené štěstí“ – sada otázek

Příloha 8 – Didaktická hra „zelené štěstí“ – autorské řešení

Příloha 9 – Ukázka didaktické hry „pojmová mapa hravě“

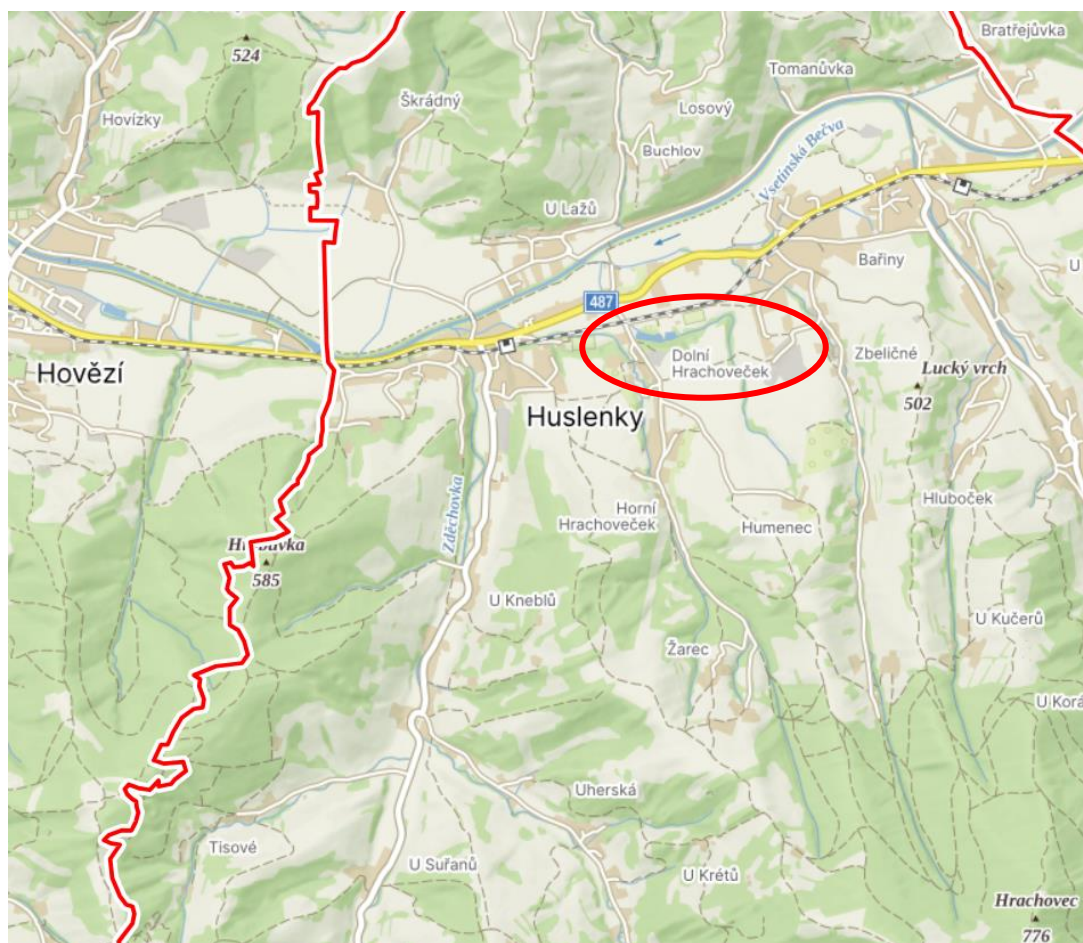
## Příloha 1 – Odběrová místa



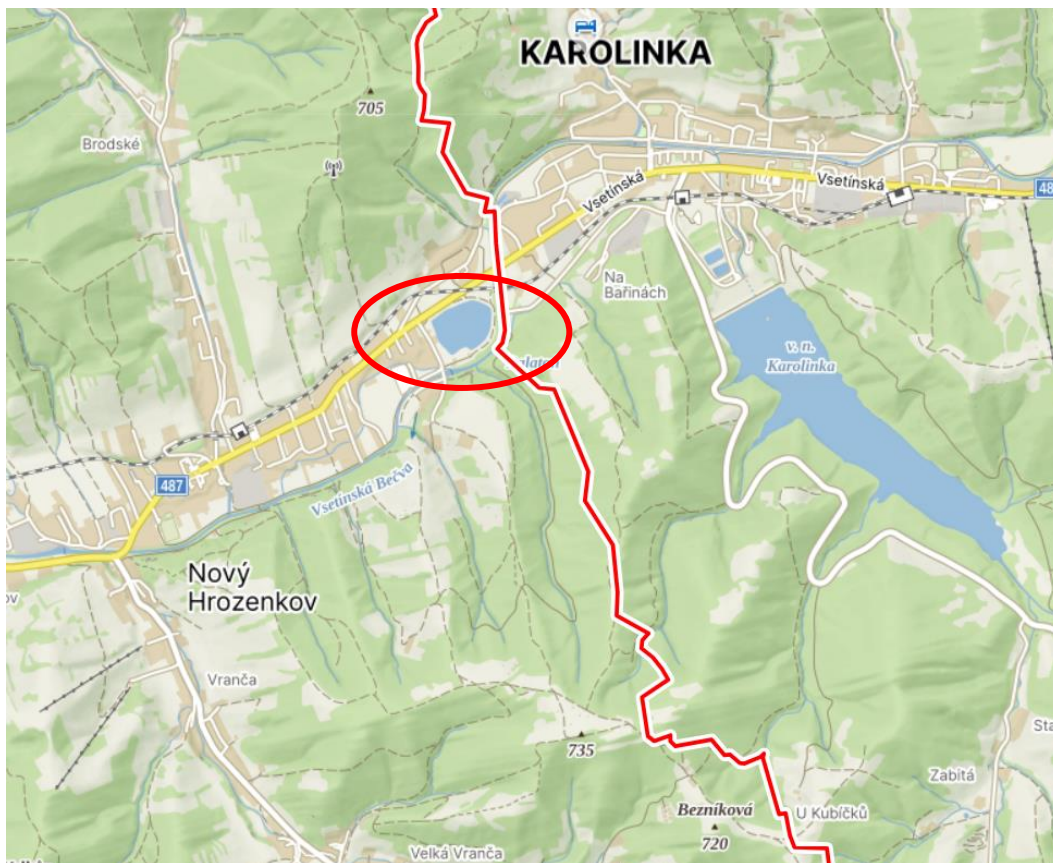
Obrázek 1: Mapa odběrového místa – Halenkov Dinotice (Mapy.cz).



Obrázek 2: Mapa odběrového místa – Halenkov Palác a Provazné (Mapy.cz).



Obrázek 3: Mapa odběrového místa – Huslenky Hrachoveček (Mapy.cz).



Obrázek 4: Mapa odběrového místa – Nový Hrozenkov Balaton (Mapy.cz).



Obrázek 5: Odběrové místo Balaton se zvýrazněnými transekty (Mapy.cz).



Obrázek 6: Odběrové místo Hrachoveček se zvýrazněnými transekty (Mapy.cz).



Obrázek 7: Odběrové místo Provazné se zvýrazněnými transekty (Mapy.cz).

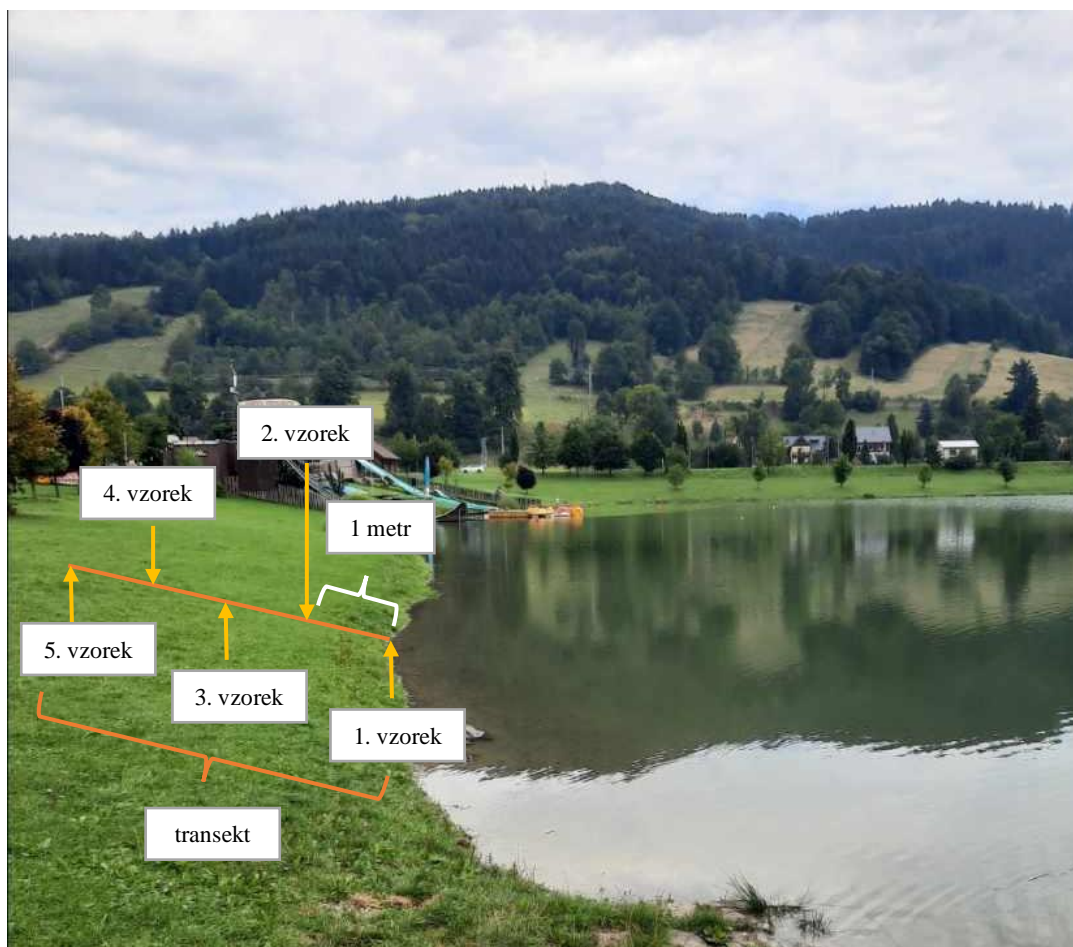


*Obrázek 8: Odběrové místo rybník pod Palácem (Mapy.cz).*



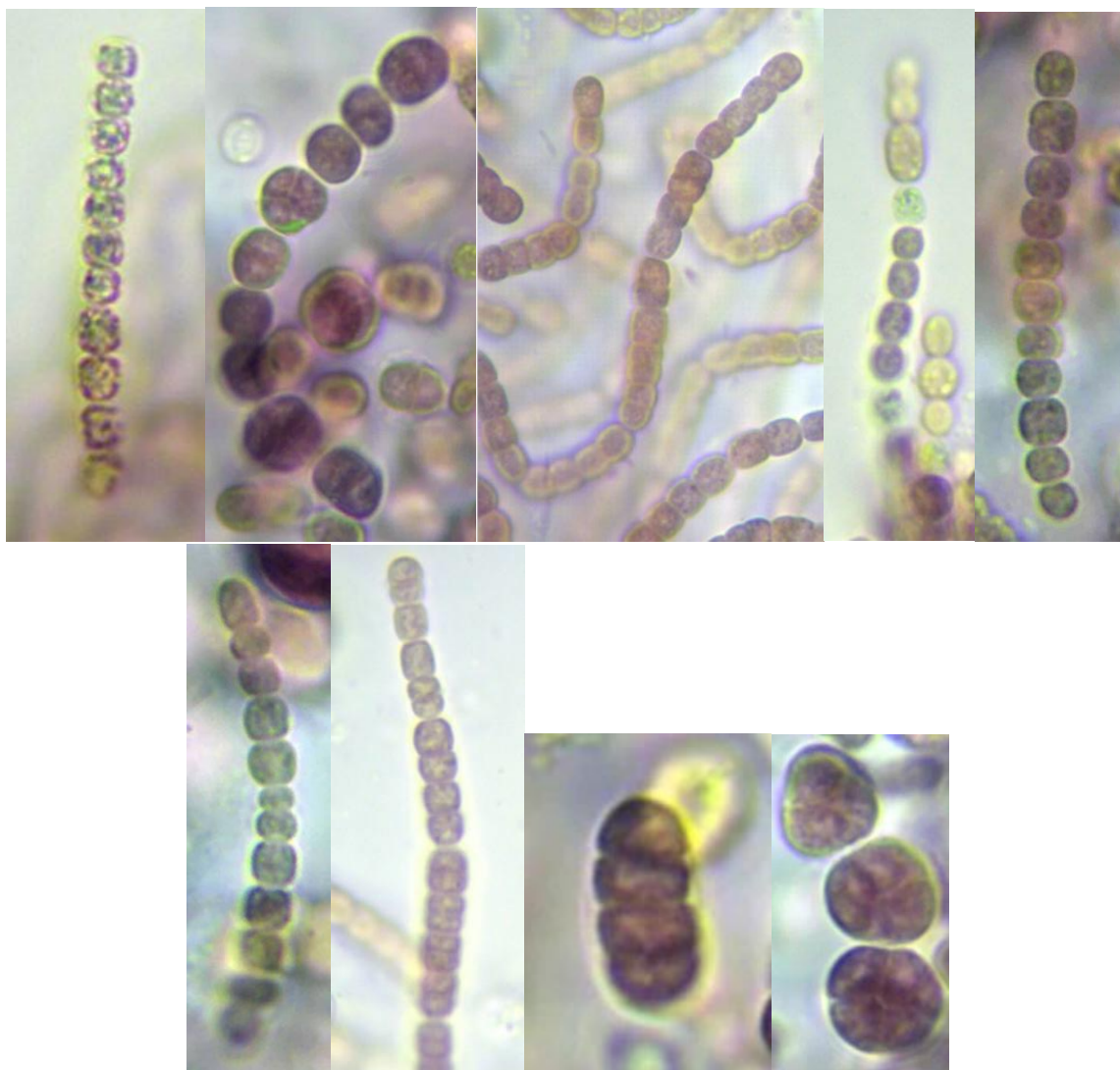
*Obrázek 9: Odběrové místo Dinotice se zvýrazněnými transektu (Mapy.cz).*



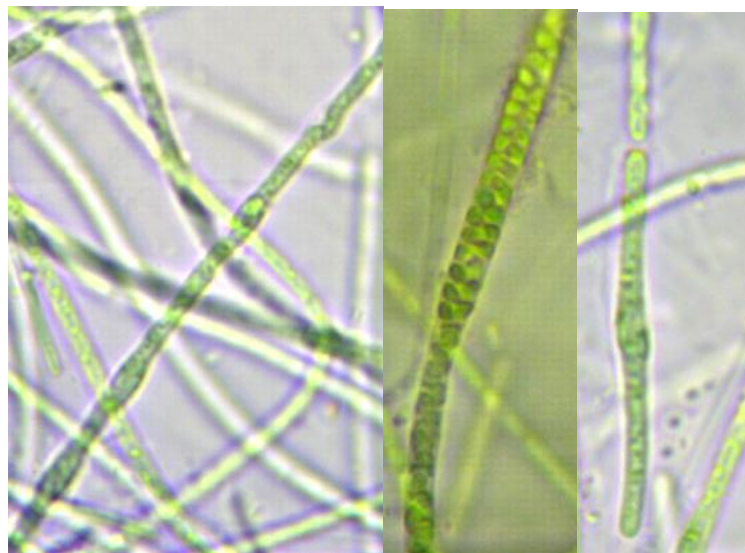
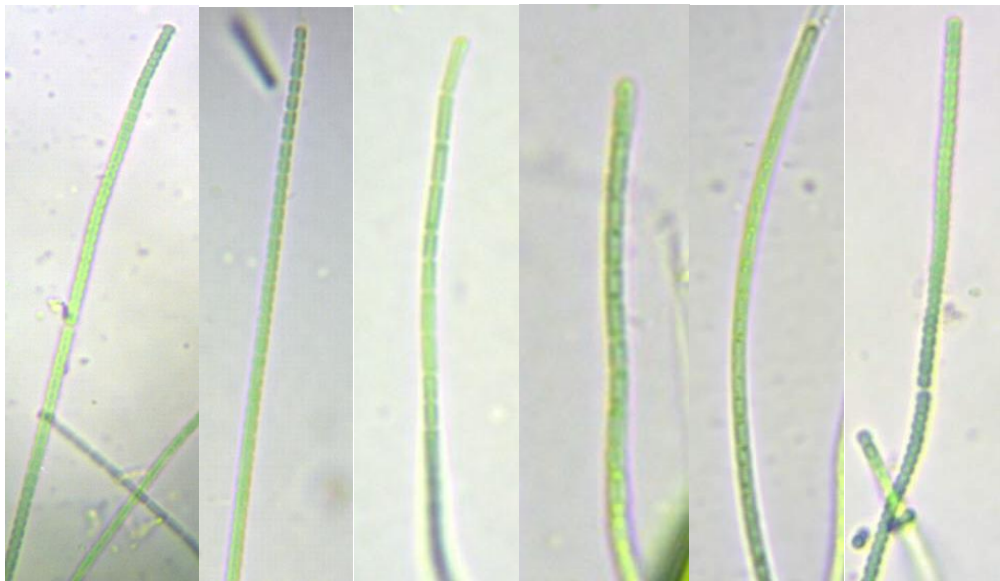


*Obrázek 10: Nákres odběru vzorků v transektech.*

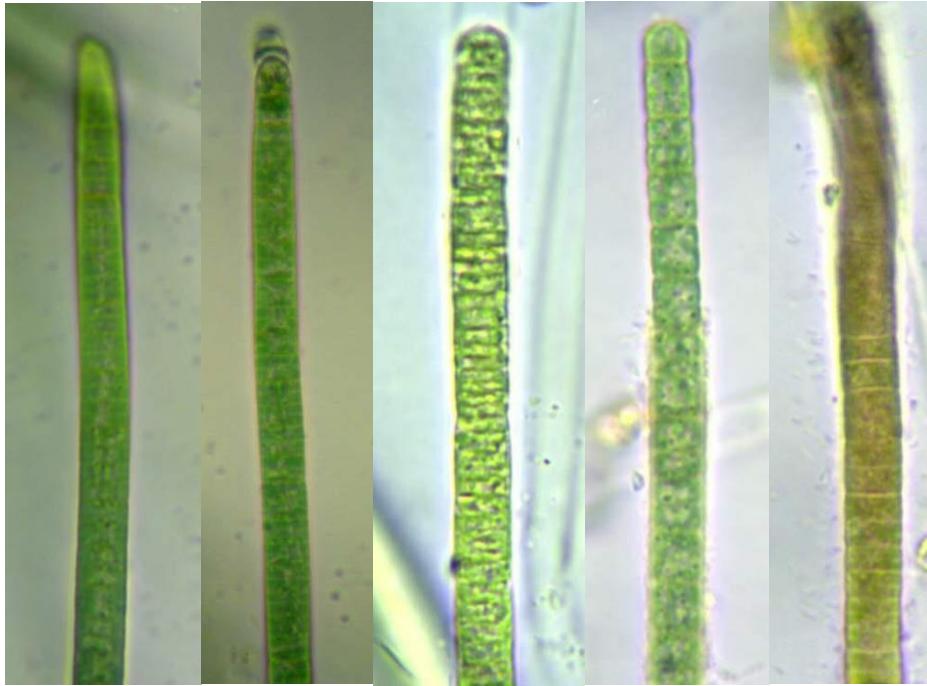
Příloha 2 – Obrazové tabule vybraných nalezených druhů



Obrázek 1: Morfologická variabilita a životní cyklus *Aliinostoc* sp.



Obrázek 2: Morfologická variabilita *Nodosilinea nodulosa*.



Obrázek 3: Morfologická variabilita *Microcoleus autumnalis*.



Obrázek 4: Morfologická variabilita *Leptolyngbya boryana*.



Obrázek 5: *Geitleribactron periphyticum* na tenké vláknité sinici.



Obrázek 6: *Godleya* sp. vláknitá sinice s výrazně rozšířenou střední částí, unikátní nález na území ČR.

## Návrh laboratorního cvičení pro ZŠ

### Téma: Sinice

#### Úvod:

Sinice jsou velmi malé organismy, které můžeme pozorovat pod mikroskopem. Pomocí fotosyntézy přeměňují jednodušší látky (oxid uhličitý, voda) na složitější (cukry) a zároveň produkují velké množství kyslíku. Kromě látek získaných fotosyntézou, sinice vyžadují ještě především dusík a fosfor.

#### Úkol č. 1: Pozorování předloženého vzorku

1. Připravený preparát podle pokynů vyučujícího vložte pod mikroskop.
2. Vzorek pozorně pozorujte.

#### Vyhodnocení:

Pokuste se nakreslit alespoň 2 pozorované druhy. Vzorek velmi pečlivě prohlédněte a udělejte základní charakteristiku – barva, pohyb pozorovaných sinic, zda se jedná o vlákna nebo samostatné buňky, zda jsou vlákna tenká nebo široká a zda se větví.

#### Doplňující úkoly:

1. Přiřaďte pojmy k obrázkům:

- a) podložní sklíčko
- b) sinivka
- c) krycí sklíčko
- d) jednořadka
- e) drkalka



B



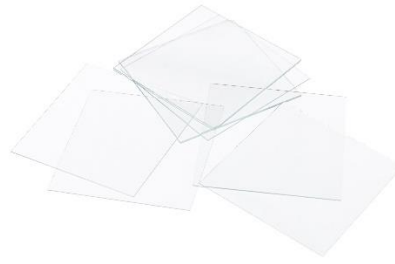
A



E



D



C

2. Najdi odpovědi na následující otázky a vyškrtni je, nevyškrtnutá písmenka tvoří tajenku:

1. Co vytváří sinice na vodní hladině při přemnožení? **vodní květ**
2. Jaké 3 prvky jsou pro sinice důležité? **dusík, fosfor, draslík**
3. Jak se nazývá proces, kterým sinice získávají cukry a produkují kyslík? **fotosyntéza**
4. Co sinice produkují? **kyslík**
5. Z jakého materiálu jsme sinice kultivovali? **z půdy**
6. Jakým přístrojem můžeme sinice pozorovat? **mikroskopem**
7. Jaká je typická barva sinic? **modrozelená**
8. Co jsme použili v experimentu jako zdroj živin pro sinice? **hnojivo**
9. Co půdní sinice špatně snášejí? **sucho**
10. Jak se sinice rozmnožují? **nepohlavně**

J	M	O	D	R	O	Z	E	L	E	N	Á	E	D	Z	P	Ů	D	Y	N	K
O	R	A	U	H	N	O	J	I	V	O	D	K	F	O	S	F	O	R	A	Y
N	E	S	O	L	D	R	A	S	L	Í	K	I	N	S	U	C	H	O	S	
O	S	T	Í	O	C	F	O	T	O	S	Y	N	T	É	Z	A	J	E	L	
T	Y	P	K	I	C	M	I	K	R	O	S	K	O	P	E	M	K	Á	Í	
V	L	Á	V	O	D	N	Í	K	V	Ě	T	K	N	Í	Á	P	K			
Ů	D	N	Í	S	I	N	N	E	P	O	H	L	A	V	N	Ě	I	C	E	

**Tajenka:** Jednořadka neboli *Nostoc* je typická vláknitá, půdní sinice.

### 3. Proč jsme použili jako výživu pro sinice hnojivo?

Běžná hnojiva obsahují dusík, fosfor a draslík, což jsou základní živiny pro sinice. Hnojiva se dostávají do vod, čímž vzniká ve vodách nadbytek živin a dochází k přemnožení sinic, vzniká vodní květ. Hnojivo tedy bylo experimentálně využito, zda dojde k rozmnožení sinic i v našem vzorku.



## Návrh na laboratorní cvičení pro SŠ

### Téma: Sinice

#### Úvod:

Sinice jsou mikroskopické organismy, které procesem zvaným fotosyntéza přeměňují energii získanou ze slunečního záření na energii chemickou za uvolnění značného množství kyslíku. K životu potřebují tedy světlo a určité živiny. Stěžejními prvky pro život sinic jsou dusík a fosfor. Tyto látky obsahují i běžná hnojiva, která se mohou dostávat do vod, kde způsobují přemnožení sinic a vytváří tak vodní květ. V laboratorních podmínkách se používají komplexní kultivační média bohatá i na jiné prvky a celý proces probíhá ve sterilním prostředí.



*Vodní květ*

#### Úkol č. 1: Příprava vzorku půdy ke kultivaci

**Pomůcky:** vzorek půdy, Petriho miska, připravený živný roztok obsahující vhodné hnojivo parafilm

#### Postup:

1. Do Petriho misky nalijte přibližně do 2/3 předem připravený živný roztok.
2. Následně do takto připraveného roztoku přeneste malé množství půdy (názorně ukáže vyučující).
3. Petriho misku uzavřete a vše dobře utěsněte parafilmem.
4. Takto připravený vzorek přeneste na místo s vhodnými podmínkami ke kultivaci.

#### Vyhodnocení:

Popište, jak jste postupovali při odběru půdy, kde jste vzorek odebrali (např. břeh rybníka, louka, pole, apod.) a popište vlastnosti odebrané půdy. Zkuste vyhledat, proč jsou pro sinice právě živiny dusíku a fosforu tak zásadní.

Vzorky s vyučujícím průběžně kontrolujte přibližně 1× za 2 týdny a pozorujte, zda došlo k vytvoření zeleného povlaku, i když nebylo použito komplexní kultivační médium.

## Úkol č. 2: Pozorování půdních sinic

**Pomůcky:** mikroskop, pomůcky k mikroskopování, psaní potřeby

### Postup:

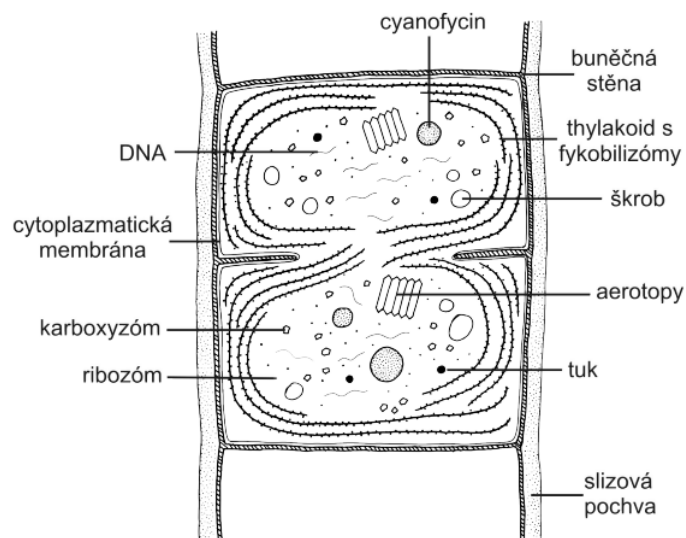
1. Z předem nachystaného vzorku odeberte pomocí pipety malé množství vzorku v místě zeleného povlaku na podložní sklíčko a opatrně přiklopte krycím sklíčkem.
2. Vložte pod světelný mikroskop a pozorujte.
3. Celý postup názorně ukáže a vysvětlí vyučující.

### Vyhodnocení:

Pokuste se zakreslit alespoň 3 pozorované druhy a popsat je – barva, pohyb, tvar buněk, konce vláken, zda se vlákna větví, vláknité x kokální druhy. Pomocí klíče se pokuste pozorované druhy určit společně s vyučujícím. Následně popište celkový vzhled předloženého vzorku, zda byl druhově bohatý či nikoliv. Společně s literaturou se pokuste vyhledat další typicky půdní druhy.

### Doplňující úkoly:

1. Nakreslete strukturu buňky sinice a popište.



2. Jaké jsou základní druhy půd?

Písčítá, hlinitá, jílovitá.

3. Jaký je rozdíl mezi sinicemi a řasami?

Řasy mají zřetelně viditelné chloroplasty, zatímco sinice ne. Dalším jednoduchým znakem je například zbarvení – řasy jsou hráškově zelené, sinice modrozelené.

4. Jak můžeme zabránit přemnožení sinic ve vodách?

Omezením používání hnojiv a pesticidů, které se do vod dostávají. Zjevné nárůsty sinic lze také odstranit mechanicky pomocí sítí apod. Lze také do vody vysadit ryby, které se živí fytoplanktonem a jsou tak predátory sinic.

5. Jaký mají sinice význam v půdě?

Některé druhy jsou schopné vázat vzdušný dusík, čímž rovnoměrně prohnojují půdu (tzv. zelené hnojení). Vytváří půdní krusty, čímž stabilizují půdní povrch a udržují vlhkost.

## Příloha 4 – Didaktická hra „biologické domino“ – sada otázek i s řešením

Jakého typu je buňka sinic? **prokaryotická**

Jakou barvu mají sinice? **modrozelená**

Co vzniká na vodní hladině v důsledku přemnožení sinic? **vodní květ**

Jaké hlavní barvivo obsahují sinice? **chlorofyl a**

Jak se nazývá proces, kterým sinice přeměňují sluneční energii na cukry, kyslík a vodu?  
**fotosyntéza**

Jak se nazývá tělo sinic? **stélka**

Jak se sinice rozmnožují? **nepohlavně**

Jaké živiny jsou pro sinice nejdůležitější? **dusík, fosfor**

Jak jsou sinice využívány v průmyslu? **doplňky stravy, biopalivo, kosmetika**

Vzhled stočené spirály je typický pro? ***Spirulina***

Vzhled řetízku s korálky je typický pro? **jednořadka (*Nostoc*)**

Co pro člověka nepostradatelného produkují sinice ve významném množství? **kyslík**

Jaký prvek jsou některé sinice schopné vázat ze vzduchu? **dusík**

Jak se nazývají klidové buňky, ve kterých sinice přežívají nepříznivé podmínky? **akinity**

Kde se sinice nejčastěji vyskytují? **voda, půda**

Co sinicím neprospívá? **sucho, UV záření, velmi nízké teplotu, nedostatek živin,...**

Jak se nazývá symbiotický vztah sinic, řas a hub? **lišejník**

Co mohou buňky obsahovat na svém povrchu? **slizové obaly**

Jaké škodlivé látky některé sinice produkují? **cyanotoxiny**

Příloha 5 – Didaktické hry „karetní král“ – sada otázek

Proč mohou být  
sinice  
nebezpečné pro  
ryby?

Jak se sinice  
vyživují?  
Dokážeš říct  
jednoduchý  
princip?

Jak lze zabránit  
přemnožení  
sinic ve vodách?

Vyjmenujte 4  
místa, kde se  
sinice vyskytují.



Jak se sinice  
rozmnožují?

Jaké barvy  
mohou mít  
sinice?

Jaké škodlivé  
látky a proč  
produkují  
sinice?

Jak mohou být  
sinice pro  
člověka  
prospěšné?

Příloha 6 – Didaktická hra „karetní král“ autorské řešení

<p>Při přemnožení vytvoří vodní květ, čímž mohou snižovat koncentraci kyslíku. Mohou produkovat toxiny.</p>	<p>Fotosyntézou. Přeměňují sluneční světlo, oxid uhličitý a vodu na cukry a kyslík.</p>	<p>Omezením znečišťování. Omezením používání hnojiv, které způsobují eutrofizaci.</p>	<p>Rybník, řeka, oceán, louže, půda, kámen, atd.</p>
<p>sinivka (<i>Chroococcus</i>)</p>	<p>jednořadka (<i>Nostoc</i>)</p>	<p>drkalka (<i>Oscillatoria</i>)</p>	<p><i>Spirulina</i></p>
<p>Nepohlavně, např. prostým dělením.</p>	<p>Modrozelenou, zelenou, hnědou, červenou, atd.</p>	<p>Cyanotoxiny produkují pravděpodobně jako obranný mechanismus.</p>	<p>Mohou se využívat v kosmetice, jako doplňky stravy, zdroj energie, atd.</p>

## Příloha 7 – Didaktické hry „zelené štěstí“ – sada otázek

Obecná charakteristika	10 bodů	20 bodů	30 bodů	40 bodů	50 bodů
Význam a dopady	10 bodů	20 bodů	30 bodů	40 bodů	50 bodů
Zástupci	10 bodů	20 bodů	30 bodů	40 bodů	50 bodů
Ekologie a výskyt	10 bodů	20 bodů	30 bodů	40 bodů	50 bodů

### 1. Obecná charakteristika

10 bodů – Vyjmenuj několik základních morfoložických znaků sinic.

20 bodů – Jaký význam mají chlorofyly a fykobiliny u sinic?

30 bodů – Jaké metabolické procesy u sinic probíhají?

40 bodů – Jak se sinice rozmnožují?

50 bodů – Co to jsou heterocyty a akinety?

### 2. Význam a dopady

10 bodů – Jaký význam mají sinice v souvislosti s potravinářstvím a výživou?

20 bodů – Co tvoří na vodní hladině sinice a řasy při přemnožení? Alespoň 2 dopady.

30 bodů – Jaké toxické látky mohou některé druhy sinic produkovat a mohou představovat riziko?

40 bodů – Mohou sinice a řasy sloužit jako bioindikátory? Vysvětlí.

50 bodů – Jaké dopady by měl úbytek sinic a řas ve vodních ekosystémech?

### **3. Zástupci**

10 bodů – Vyjmenuj 3 rody sinic.

20 bodů – Která sinice je využívána jako doplněk stravy?

30 bodů – Která sinice tvoří vlákna připomínající řetízky korálek?

40 bodů – Která sinice je typická vysokou produkcí toxických látek?

50 bodů – Který rod sinic je známý schopností vázat vzdušný dusík?

### **4. Ekologie a výskyt**

10 bodů – Kde se sinice a řasy mohou vyskytovat?

20 bodů – Jaké faktory ovlivňují růst a vývoj sinic a řas ve vodách?

30 bodů – Jak může klimatická změna ovlivnit diverzitu a množství sinic a řas ve vodách?

40 bodů – Má lidská činnost vliv na výskyt sinic a řas? Vysvětli.

50 bodů – Sinice mohou být v symbiotickém vztahu s houbami. O jakou symbiózu se jedná, popiš.



## Příloha 8 – Didaktická hra „karetní král“ autorské řešení

### 1. Obecná charakteristika

10 bodů – Vyjmenuj několik základních morfologických znaků sinic.

Sinice mohou tvořit vlákna anebo kolonie. Mají typicky modrozelenou barvu, ale mohou mít např. i barvu hnědou nebo červenou. Mohou obsahovat speciální buňky, tzv. heterocyty.

20 bodů – Jaký význam mají chlorofyly a fykobiliny u sinic?

Jedná se o pigmenty, které mají velký význam při fotosyntéze. Chlorofyly jsou zelené a fykobiliny červené nebo modré.

30 bodů – Jaké metabolické procesy u sinic probíhají?

Například fotosyntéza, dýchání, fixace dusíku.

40 bodů – Jak se sinice rozmnožují?

Nepohlavně, např. prostým dělením, rozpadem stélky, atd.

50 bodů – Co to jsou heterocyty a akinety?

Jsou to specializované typy buněk. Heterocyty jsou schopny vázat vzdušný dusík, akinety slouží jako zásobárna živin v nepříznivých podmínkách.

### 2. Význam a dopady

10 bodů – Jaký význam mají sinice v souvislosti s potravinářstvím a výživou?

Jsou dobrým zdrojem živin, jako jsou vitamíny, minerály a antioxidanty, jsou také bohaté na bílkoviny. Přidávají se také jako ingredience do různých potravin.

20 bodů – Co tvoří na vodní hladině sinice při přemnožení? Alespoň 2 dopady.

Vytváří vodní květ. Dopady:

1. Produkují toxické látky – zhoršují kvalitu vody, způsobují úhyn vodních organismů.
2. Znemožňují přístup světla a vzduchu – úhyn vodních organismů.

30 bodů – Jaké toxické látky mohou některé druhy sinic produkovat a mohou představovat riziko?

Mohou produkovat cyanotoxiny, které představují riziko jak vodní organismy (způsobují úhyn), tak člověka (mohou způsobit zažívací potíže, kožní problémy, ale i vážnější zdravotní problémy).

40 bodů – Mohou sinice a řasy sloužit jako bioindikátory? Vysvětlí.

Ano, mohou. Sinice jsou citlivé na změny prostředí, jako jsou změna teploty, pH, úbytek živin nebo znečištění. Pokud se přemnoží, indikují nadbytek živin, tedy pravděpodobně nadbytek hnojiv a pesticidů.

50 bodů – Jaké dopady by měl úbytek sinic a řas ve vodních ekosystémech?

Vzhledem k tomu, že jsou součástí potravy některých živočichů, došlo by k jejich úbytku, což by mělo za následek i pokles rozmanitosti živočichů v daném ekosystému. Mohlo by dojít i ke změně kvality vody, jednak jsou schopny odčerpávat živiny dusíku a fosforu z vody, na druhou stranu by došlo ke snížení množství uvolňovaných toxinů. Dopady by to mohlo mít i pro člověka, jelikož jsou sinice v dnešní době využívány v mnoha odvětvích, např. biotechnologie.

### 3. Zástupci

10 bodů – Vyjmenuj 3 rody sinic.

jednořadka, drkalka, sinivka

20 bodů – Která sinice je využívána jako doplněk stravy?

*Spirulina*

30 bodů – Která sinice tvoří vlákna připomínající řetízky korálek?

jednořadka (*Nostoc*)

40 bodů – Která sinice je typická vysokou produkcí toxických látek?

*Microcystis*

50 bodů – Který rod sinic je známý schopností vázat vzdušný dusík?

*Anabaena*

### 4. Ekologie a výskyt

10 bodů – Kde se sinice a řasy mohou vyskytovat?

Rybníky, řeky, louže, půda, kameny, na vodních rostlinách, kůře stromů, atd.

20 bodů – Jaké faktory ovlivňují růst a vývoj sinic a řas ve vodách?

Světlo, teplota vody, dostupnost živin, kyselost, proudění vody, přítomnost jiných konkurenčních organismů.

30 bodů – Jak může klimatická změna ovlivnit diverzitu a množství sinic ve vodách?

Klimatická změna má vliv na teplotu, srážky a proudění vody. Obecně se zvyšující teplotou se množství sinic a jejich diverzita zvyšuje. Oteplení vod by tedy způsobilo nárůst sinic. Stejně tak větší přísun srážek může zvýšit přívod živin do vod, čímž může dojít k jejich nárůstu a zvýšení diverzity.

40 bodů – Má lidská činnost vliv na výskyt sinic? Vysvětli.

Ano. Vlivem lidské činnosti se do vod dostávají hnojiva bohatá na dusík a fosfor, tedy základní živin pro růst sinic. Dále mohou být lidskou činností vody znečišťovány, což může mít také vliv na rozložení a diverzitu sinic. Lidé se také podílí na změně klimatu, což s sebou nese změnu teploty, srážek atd., přičemž tyto faktory významně ovlivňují výskyt sinic.

50 bodů – Sinice mohou být v symbiotickém vztahu s houbami. O jakou symbiózu se jedná, popiš.

Jedná se o lišejníky. Sinice nebo řasy přispívají fotosyntézou a vyrábí tak potřebné organické látky, naopak houby sinicím a řasám poskytují stabilní prostředí a vodu.

Příloha 9 – Ukázka didaktické hry „pojmová mapa hravě“

