

Univerzita Karlova  
Pedagogická fakulta

Katedra biologie a environmentálních studií

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

Lišejníky a jejich didaktické využití v mimoškolním vzdělávání (skautingu)

Lichens and their didactic utilization in extracurricular education (Scouting)

Bc. Filip Slunečko

Vedoucí práce: RNDr. Zdeněk Soldán, CSc.

Studijní program: Učitelství biologie pro 2. stupeň základní školy a střední školy

Studijní obor: N BI-VZ 20

Odevzdáním této diplomové práce na téma Lišejníky a jejich didaktické využití v mimoškolním vzdělávání (skautingu) potvrzuji, že jsem ji vypracoval pod vedením vedoucího práce samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury. Dále potvrzuji, že tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

V Sepekově, 14. 4. 2025

Rád bych poděkoval vedoucímu této práce RNDr. Zdeňkovi Soldánovi, CSc. za přátelský přístup a užitečné rady. Děkuji moc mé manželce i rodině za podporu a trpělivost. V neposlední řadě patří velký dík všem dobrovolníkům a dobrovolnicím, kteří můj program absolvovali; stejně tak i všem pedagogům a skautům za to, co dělají pro ostatní.

## **ABSTRAKT**

Cílem této práce bylo vytvořit edukativní přírodovědný program na téma lišejníky, který propojuje prvky zážitkové pedagogiky, skautské výchovné metody a rozvíjí klíčové kompetence. Program je určen pro využití v rámci mimoškolního vzdělávání a byl následně ověřen v praxi na dětských skupinách odpovídajícího věku v organizaci Junák – český skaut. Práce se zabývá tématem mimoškolního vzdělávání a jeho pojetím, uvádí do kontextu volnočasové aktivity, výuku v přírodě se zážitkovou pedagogikou a skautskou výchovnou metodu. V práci byly dále shrnuty teoretická východiska o lišejnících. Byla popsána jejich charakteristika, bioindikace s možnou aplikací do výuky pomocí biomonitoringu aj. Dále byly popsány jejich využití i význam a zařazení do rámcového vzdělávacího programu České republiky. Opatřen byl i recentní výzkum na témata související s využitím lišejníků ve vzdělávání a výukou v přírodě. Následuje samotné navržení originálního didaktického programu na téma lišejníky s příslušnými aktivitami, hrami a podklady. Jako doprovodný materiál a zároveň výstup programu byl vytvořen třístranný pracovní list, obsahující závěrečné shrnutí – kvíz, které ověřovalo nabyté znalosti. Program trvající 150 minut byl zrealizován celkem na 64 dětech ve věku 12-17 let na letních táborech u obcí Jickovice a Zvůle v jižních Čechách. Výsledky ukázaly, že účastníci přistupovali k programu pozitivně a poměrně aktivně. Díky programu porozuměla většina významu lišejníků v přírodě a bioindikaci, objasnila pojem lichenismus a aplikovala jej do kontextu jiných symbiotických vztahů. Jako úspěšná se ukázala didaktická hra „Postapoxid Lichenus“ pojednávající o znečištění ovzduší oxidem siřičitým a využití lišejníků člověkem. Třetina účastníků splnila na 100 % úlohu ověřující porozumění příčinám produkce SO<sub>2</sub> do ovzduší, více než polovina účastníků splnila na 100 % úlohu o využití lišejníků člověkem. To potvrzuje soudobé výzkumy, že didaktické hry napomáhají motivaci, zapojení i vzdělání zúčastněných. Velmi úspěšné bylo u účastníků afektivní posílení postojů k přírodě a ochraně životního prostředí. Ve zpětné vazbě účastníků byl program hodnocen kladně a byl označen jako zajímavý.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

biologie, didaktická hra, klíčové kompetence, skautská výchovná metoda, volnočasové aktivity, výuka v přírodě, zážitková pedagogika

## **ABSTRACT**

The aim of this thesis was to create an educational science programme on the topic of lichens, combining elements of experiential pedagogy, Scouting educational methods in order to develop key competences. The programme is intended for use in extracurricular education and was subsequently tested in practice with groups of children of the suitable age (12+) in the Czech Scouting organization Junák – český skaut. The thesis deals with the topic of extracurricular education and its concept, leisure activities, outdoor education with experiential pedagogy and the Scouting educational method. The theoretical background on lichens was also summarized in the thesis, describing their characteristics, bioindication with possible application to teaching through biomonitoring. Furthermore, their use and importance and inclusion in the curriculum framework of the Czech Republic were covered. Recent research on topics related to the use of lichens in education and outdoor education was also provided. Then follows the design of an original didactic programme on lichens with learning activities, games and handouts/materials. For the conclusion of the programme, an accompanying summary consisting of a three-page worksheet was created, incorporating a quiz verifying the acquired knowledge. The 150-minute programme was tested on a total of 64 children aged 12-17 at summer camps near the villages of Jickovice and Zvůle in South Bohemia. The results showed that the participants approached the programme positively and with enthusiasm. Thanks to the programme, most learned the importance of lichens in nature and bioindication, clarified the concept of lichenism and applied it in the context of other symbiotic relationships. The didactic game „Postapoxid Lichenus“, dealing with sulphur dioxide air pollution and human use of lichens, proved to be successful. One third of the participants scored 100 % when tested on their understanding of the causes of SO<sub>2</sub> production in the air, and more than half of the participants scored 100 % when tested on human use of lichens. This confirms contemporary research that didactic games help to motivate, engage and educate participants. The reinforcement of participants' attitudes towards nature and environmental protection was very successful. In the participants' feedback, the programme was evaluated positively and was described as interesting.

**KEYWORDS**

biology, didactic game, key competencies, the scout method, leisure activities, outdoor education, experiential learning

## Obsah

Úvod .....	8
1 Cíle práce.....	9
2 Metodologie.....	10
3 Mimoškolní vzdělávání .....	11
3.1 Volnočasové aktivity .....	11
3.2 Zážitková pedagogika.....	12
3.3 Skauting.....	17
3.3.1 Skautská výchovná metoda .....	18
4 Lišejníky .....	26
4.1 Fytogeografie lišejníků v ČR.....	30
4.2 Bioindikace a biomonitoring .....	34
4.3 Využití lišejníků .....	38
4.4 Lišejníky v RVP .....	41
5 Související vědecký výzkum .....	43
5.1 Lišejníky a environment jako laboratoř pro výuku přírodních věd.....	43
5.2 Epifytické lišejníky jako bioindikátory znečištění ovzduší.....	45
5.3 Lišejníky jako bioindikátory kvality ovzduší a dopad na výsledky u studentů středních škol.....	46
5.4 Výukové metody ve výuce biologie a vzdělávání v oblasti udržitelnosti včetně vzdělávání v přírodě .....	46
5.5 Přírodovědné vzdělávání prostřednictvím skautingu .....	48
6 Navržení didaktického programu .....	49
6.1 Zahájení programu.....	52
6.2 Zmapování lišejníků .....	53

6.3	Symbióza .....	58
6.4	Bioindikace.....	61
6.5	Hra Postapoxid Lichenus.....	61
6.5.1	Pravidla hry .....	62
6.5.2	Lokace .....	63
6.5.3	Reflexe hry .....	66
6.6	Zakončení programu.....	66
7	Výsledky a diskuse .....	69
7.1	Závěrečné shrnutí – kvíz.....	79
7.1.1	Jaký je význam lišejníků v přírodě? .....	79
7.1.2	Který z dvou organismů lišejníku dokáže existovat samostatně a proč? ....	80
7.1.3	Objasni pojem lichenismus.....	81
7.1.4	Jaké lišejníky s kterým typem stélky jsou nejcitlivější na znečištění ovzduší a proč?.....	82
7.1.5	Uved' alespoň 5 příčin produkce oxidu siřičitého (SO <sub>2</sub> ) do ovzduší .....	83
7.1.6	Uved' alespoň 4 příklady využití lišejníků člověkem.....	84
7.1.7	Jak můžeš přispět k ochraně přírody? .....	85
7.1.8	Co ti na lišejnicích přijde nejzajímavější? Co tě nejvíce zaujalo? .....	86
7.2	Hodnocení a zpětná vazba .....	87
7.3	Vyhodnocení.....	92
	Závěr.....	95
	Seznam informačních zdrojů .....	97
	Vyjádření k využití nástrojů umělé inteligence .....	103
	Seznam příloh.....	104

## Úvod

Tato diplomová práce se zabývá ne úplně obvyklým propojením lišejníků a mimoškolního vzdělávání. Mimoškolní vzdělávání, kromě běžného učení mimo prostředí školy v rámci exkurzí, škol v přírodě apod., zahrnuje i různé volnočasové aktivity a zájmové činnosti, mezi něž se mimo jiné řadí i skauting. Výhodou tohoto tzv. neformálního vzdělávání (mimo oficiální formální kurikulum) je, že se u cílových skupin zaměřuje na předmět jejich zájmu a přirozeně tak u nich ve volném čase prohlubuje edukaci dané oblasti. To u dotyčných jedinců umožňuje posílení v kognitivní, afektivní i psychomotorické rovině (Kaplánek, 2022). Právě skauting v rámci mimoškolního vzdělávání díky svému zaměření pracuje s tématy jako znalost přírody a ekologie, svět okolo nás, globální problémy, ale i osobní růst, posilování hodnot, postojů a dovedností lidí a další. Mimoškolní vzdělávání zároveň zprostředkovává i získání mnoha klíčových kompetencí, jako např. kompetence k učení, komunikativní, k řešení problému, sociální a personální aj., které jsou důležité pro uplatnění v dnešním životě (Cortellazzo et al., 2021). Skauting v tomto není výjimkou. Jelikož jsem od dětství členem skautského hnutí a zároveň vyučuji biologii, chtěl jsem v rámci diplomové práce vytvořit program, který bude určen pro užití v mimoškolním vzdělávání, bude účastníky edukovat v oblasti přírodních věd přímo v přírodě, ale zároveň podpoří i jejich klíčové kompetence. Do toho didaktického programu jsem se rozhodl zahrnout i moderní pedagogické přístupy jako prvky zážitkové pedagogiky (hry, kooperace, reflexe) a skautské výchovné metody (např. symbolický rámeček, učení se zkušeností, zapojení do společnosti atp.). Tématem celého programu jsou lišejníky (Lichenes). Jedná se o symbiotické organismy, které jsou tvořeny houbou a řasou nebo sinicí. Lišejníky jsou celoročně rostoucí, kosmopolitně rozšířené organismy, vyskytující se na dřevinách, kamenech, půdě i jiných, lidmi vytvořených objektech. Na území ČR jich je v současnosti přibližně 1750 druhů. Lišejníky jsou zároveň význačnými bioindikátory čistoty ovzduší. Mají svůj nedílný podíl v přírodních ekosystémech, kde napomáhají sukcesi. Historicky i v dnešní době byly a jsou využívány člověkem k různým účelům. Prostřednictvím těchto organismů budou v rámci programu účastníkům demonstrovány pojmy jako bioindikace, symbióza aj. Díky svým specifickým vlastnostem mi lišejníky přijdou jako vhodní kandidáti pro demonstraci těchto pojmů i navržení takového programu.

## 1 Cíle práce

Cílem práce je vytvořit edukativní přírodovědný program na téma lišejníky, který propojuje prvky zážitkové pedagogiky, skautské výchovné metody a rozvíjí klíčové kompetence. Program bude určen pro využití v rámci mimoškolního vzdělávání a následně ověřen v praxi na dětských skupinách odpovídajícího věku v organizaci Junák – český skaut.

Výzkumné otázky:

1. Budou účastníci přistupovat k výukově zaměřenému programu pozitivně, když probíhá v rámci volnočasové aktivity, a ne ve školním prostředí?
2. Dojde u účastníků absolvováním programu ke změně úrovně znalostí o tématu lišejníky i afektivních postojů k přírodnímu prostředí jako celku?
3. Osvojí si účastníci díky zážitkové aktivitě (didaktické hře) témata jako bioindikace, znečištění ovzduší a využití lišejníků člověkem?
4. Odnosou si účastníci programu různorodé, individuálně odlišné znalosti, nebo bude patrná výrazná převaha určitého typu odpovědí v závěrečném kvízu?

Hypotézy:

1. Účastníci budou k programu přistupovat aktivněji a pozitivněji, jelikož probíhá v rámci volnočasové aktivity mimo školní prostředí.
2. Účastníci absolvováním programu posílí své znalosti o lišejnících i afektivní postoje k přírodnímu prostředí.
3. Účastníci budou schopni na základě zážitkové aktivity aplikovat získané znalosti o tématech bioindikace, znečištění ovzduší a využití lišejníků člověkem.
4. Odpovědi účastníků v závěrečném kvízu budou různorodé.

## 2 Metodologie

Diplomová práce se v prvních kapitolách zaměřuje na vymezení pojmu mimoškolní vzdělávání a s ním spjatá témata, jako volnočasové aktivity, zážitková pedagogika a environmentální vzdělávání s výchovou v přírodě. Součástí je podkapitola o skautingu, kde je řešeno jeho pojetí výchovy mládeže a jsou zde blíže rozebrány jednotlivé body skautské výchovné metody. Dále následuje pojednání o lišejnících, kde jsou tyto organismy zevrubně charakterizovány na základě českých i zahraničních zdrojů. Věnována je zde pozornost fytogeografii druhů v České republice a bioindikaci a biomonitoringu s přesahem do využití v praxi. Shrnuje se i současné zařazení lišejníků v rámcovém vzdělávacím programu ČR. Poté je zařazena kapitola, v níž je popsán související vědecký výzkum, kde byly zmapovány články, jež se zabývají tématy týkajícími se lišejníků a jejich bioindikace, výuky v přírodě a přírodovědného vzdělávání v rámci skautingu. Následuje návrh vlastního didaktického programu na téma lišejníky. Do programu byly implementovány prvky zážitkové pedagogiky, skautské výchovné metody a klíčové kompetence. Informace o lišejnících, které byly do programu zahrnuty, vychází z vědeckých poznatků a českých učebnic a pracovních sešitů. Nedílnou součástí vyvíjení samotného programu byla i tvorba pracovního listu (viz příloha 1) a dílčích herních materiálů, pravidel apod. (viz obr. 7, obr. 9, příloha 2), k čemuž byl využíván program Canva. V kapitole jsou rozebrány jednotlivé fáze programu a sestavení závěrečného shrnutí – kvízu, který v rámci pracovního listu ověřuje nabyté znalosti účastníků během programu. V navazující kapitole je popsán konečný průběh programu po jeho realizaci a jsou představeny výsledky. Získaná data a hodnocení se zpětnou vazbou od účastníků jsou současně diskutovány a opatřeny mými dojmy. Pro vyhodnocení pracovních listů byla vytvořena pracovní tabulka v programu Excel, kde byly v jednotlivých sloupcích rozepsány všechny úlohy s možnými správnými odpověďmi a v řádcích doplňování účastníci s jejich skutečnými odpověďmi. V případě více možných správných odpovědí byla ve vybraných úlohách vyhodnocována jak celková správnost odpovědí účastníků, tak četnost výskytu jednotlivých odpovědí. Získaná data jsou v kapitole popsána nebo znázorněna pomocí koláčových grafů. Výsledky úloh jsou vyjádřeny v procentech nebo slovně. U výsledku některých úloh, závěrečného kvízu a hodnocení jednotlivých aktivit byl vypočítán i aritmetický průměr odpovědí.

### **3 Mimoškolní vzdělávání**

Mimoškolní vzdělávání zpravidla představuje neformální vzdělávání, je tedy realizováno mimo formální vzdělávání, které následně vede k dosažení příslušného osvědčení (např. vysvědčení, výuční list, maturita, vysokoškolský diplom apod.). Oproti formálnímu vzdělávání tedy neformální učení nevede k ucelenému školnímu vzdělávání. Jedná se o organizované výchovně vzdělávací aktivity, jež jsou vedeny mimo rámec zavedeného oficiálního školského systému. Zájemcům jsou v rámci těchto aktivit nabízeny činnosti, které rozvíjí jejich životní zkušenosti, dovednosti a postoje, jsou založeny na uceleném systému hodnot a prohlubují znalosti v dané oblasti zaměření. Aktivity v neformálním vzdělávání bývají zpravidla dobrovolné. Za organizováním a realizováním neformálního vzdělávání jsou různá sdružení dětí a mládeže, neziskové organizace a spolky, jako např. skauting, sokol aj., školská zařízení pro zájmové vzdělávání (např. střediska volného času, kluby, vzdělávací agentury, kulturní zařízení apod.). Zájmové vzdělávání tvoří stejně jako neformální vzdělávání nedílnou součást procesu celoživotního učení. Je rozlišováno taktéž informální vzdělávání, které obnáší získávání schopností a dovedností v rámci každodenních rutinních činností a vjemů kupříkladu v práci, ve volném čase, z médií atp. Je považováno za spontánní, nezáměrné a bezděčné, jinými slovy si jej dotyčný neuvědomuje ani neplánuje. Neformální vzdělávání je tedy oproti němu záměrné a dobrovolné (Neformální vzdělávání; Zájmové vzdělávání, 2024). Mimoškolní vzdělávání může probíhat i v rámci formálního vzdělávání čili je organizováno školou či školským zařízením. Takovéto mimoškolní akce zahrnují aktivity, které jsou realizovány mimo běžnou školní výuku, respektive mimo areál školy, případně i mimo rozvrh hodin (v podstatě mimo místo, kde škola uskutečňuje vzdělávání). Typickou formou těchto mimoškolních akcí je výlet, exkurze, terénní cvičení, škola v přírodě, soustředění, sportovní turnaj, soutěž, kulturní akce aj. (Voda, 2023).

#### **3.1 Volnočasové aktivity**

Volnočasové aktivity náleží do neformálního vzdělávání a zabývá se jimi pedagogika volného času, případně sociální pedagogika. Pokud máme na mysli výchovu ve volném čase v kontextu výchovného využití volného času, je tím myšleno zhodnocování volného času v rámci zájmového vzdělávání. V zásadě se tedy jedná o mimoškolní vzdělávání. Někdy je rozlišována výchova skrze volný čas (education through leisure) a výchova pro volný čas

(education for leisure), více viz Nikodým (2019). Výchova je obecně definována jako interakce vychovatele a vychovávaného (edukátora a edukanta), která je cíleně zaměřená na rozvoj osobnosti a socializaci vychovávaného. Výchovu skrze volný čas, anebo přesněji prostřednictvím samotných volnočasových aktivit, lze v České republice částečně sledovat v tradičních zájmových útvarech (skauting, domy dětí a mládeže, různé sportovní instituce a zařízení, aj.) a zvláště v aktivitách či projektech orientovaných na zážitkovou pedagogiku (viz níže). V rámci tohoto pojetí fungují samotné aktivity jako prostředník, jenž posiluje seberozvoj jedince. Jde proto spíše o informální učení, které probíhá krom záměrné činnosti v rámci volného času jako spontánní proces prostřednictvím volnočasových aktivit. Naproti tomu výchova k volnému času je u nás zatím podstatně méně známý pojem. Uvažuje-li se o výchově k volnému času, považuje se za cíl výchovy volnočasová kompetence. Pojem volnočasová kompetence poukazuje na to, že schopnost autonomně si uspořádat volný čas představuje pro vývoj životního stylu každého člověka důležitý prvek. Dle Kaplánek (Kaplánek, 2022) by volnočasově kompetentní člověk měl rozhodovat o svém vlastním volnočasovém chování, čímž se předpokládá, že volný čas nejen teoreticky reflektuje, ale k volnočasovým nabídkám a možnostem také zaujímá určité postoje. Kaplánek uvádí, že má-li se stát volnočasová kompetence (jako cíl výchovy k volnému času) součástí kurikula v rámci formálního a neformálního vzdělávání, je nutné tento komplexní pojem rozčlenit na jednotlivé faktory (dílní kompetence). Ty mohou být klasicky kognitivní, afektivní a v neposlední řadě psychomotorické. Podrobněji lze předpoklady volnočasové kompetence dělit na tři oblasti, a to kognitivní předpoklady (tedy to, co se lidé mohou dozvědět), postojové kompetence (volnočasové dovednosti posuzování situací na základě kritérií a vyvozování osobních závěrů) a volnočasové dovednosti („leisure skills“ v užším slova smyslu, tedy schopnost identifikovat, posoudit, plánovat a účastnit se činností, které člověk považuje za příjemné; eventuelně uvědomění si volného času a jeho významu).

### **3.2 Zážitková pedagogika**

Zážitková pedagogika je přístup ke vzdělání, který se zakládá na intenzivní emoci z prožité situace. Těží z vyšší schopnosti paměti lidí přijímat a vstřebávat informace. Učení se novému je přirozeným výsledkem aktivního jednání, hledání možných řešení, překonávání výzev a překážek. Se zážitkovým vzděláváním úzce souvisí tři pojmy: prožitek, zážitek

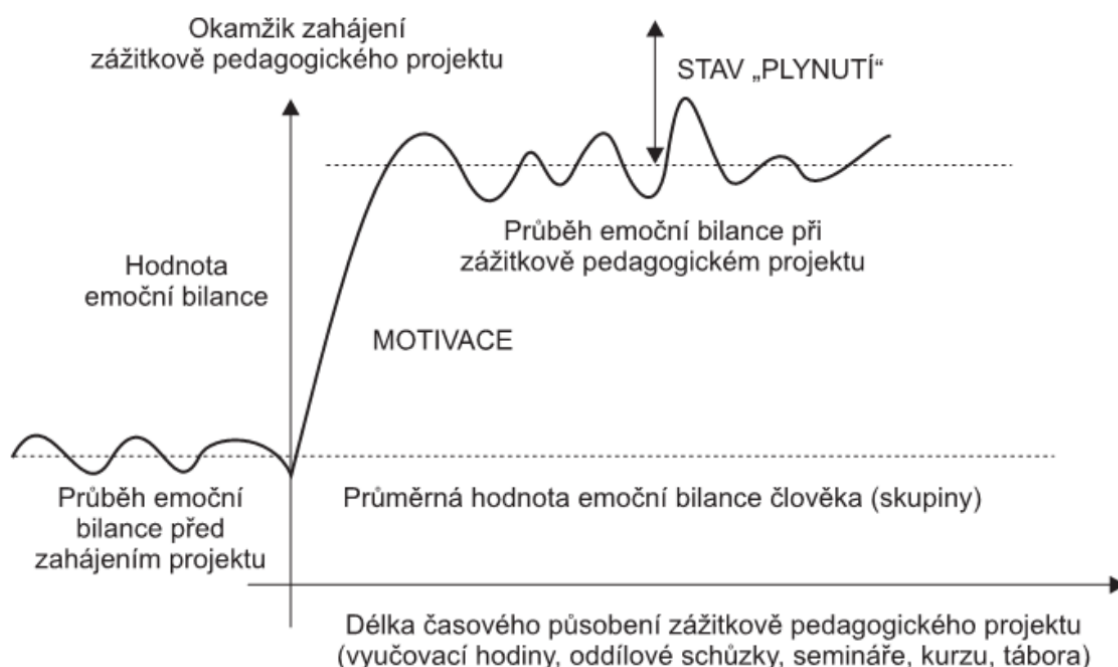
a zkušenost. Prožitek je stav, který vévodí bezprostředně po aktivitě a udávají jej přítomní lidé, místo a čas. Zážitek následně vyplývá z daného prožitku a utváří ucelený, tzv. paměťový obraz. Právě síla a hloubka zážitku s prožitkem úzce souvisí. Zkušenost je pak výsledkem zpracování daného zážitku (Knotková, 2022). Vzdělávání prožitkem staví na několika dalších charakteristikách, jimiž jsou: zkušenostní učení, překonávání sebe sama a hranic svých možností, vztah k sobě samému, spolupráce v týmu, aktivita jedinců a zpětná vazba neboli reflexe (Jirásek, 2005). Posledně zmiňovaný autor dále shrnuje zážitkovou pedagogiku v pěti bodech, a sice že: 1. inspiruje a aktivizuje jedince k touze po osobnostním rozvoji, 2. podněcuje k pro-aktivnímu životnímu postoji a přebírání zodpovědnosti, 3. umožňuje poznání hlubší sebereflexe, 4. ukazuje variabilitu a pestrost způsobů prožívání každodenních událostí, a 5. klade důraz na rozměr smyslu konání. Cíle zážitkové pedagogiky mohou být individuální (vychází z očekávání jednotlivých účastníků), skupinové (důraz na posilování týmu, kooperace, společné zvládnutí úkolů a sdílení) a kurikulární (znalosti, kompetence, dovednosti, hodnoty, postoje – dle zacílení programu) (Knotková, 2022). Cíle programu s prvky zážitkové pedagogiky orientovaného na téma lišejníky (viz kap. 6), by tak z kurikulárního hlediska mohly směřovat na znalosti, které jednak vycházejí z prekonceptů účastníků a mohou být dále prohlubovány v souladu s příslušnými výstupy v rámcovém vzdělávacím programu (RVP) (viz kap. 4.4), případně ve školních vzdělávacích programech (ŠVP) a dalšími získanými poznatky od edukátora, resp. lektora či vyučujícího. Dílčí kompetence a dovednosti mohou být podporovány na základě kooperativních a praktických činností edukantů (účastníků), ať už to mohou být aktivity vycházející z laboratorních cvičení zaměřených např. na stélky lišejníků (tvar, typ, zbavení, řez, komparace atp.), reakcí na chemická činidla a mnohé další úlohy z terénní praxe. Hodnoty a postoje mohou být posíleny s pomocí témat jako bioindikace lišejníků a s ní související čistota ovzduší i životního prostředí a zároveň jeho ochrana.

Nemalou roli hraje v zážitkové pedagogice motivace. Prostředky motivace je třeba volit s ohledem na roční období a povahu akce, tedy zda se jedná o školní prostředí, výuku v přírodě, skautskou schůzku či výpravu, kurz apod. Mezi nejběžněji užívané prostředky motivace náleží film, videozáznam, rozhlasová hra, kniha, povídka, báseň, fotografie, dia snímky, obrazy, legenda, pověst nebo příběh, myšlenka či citát, hudba, přednáška, lektor, hraná scénka, práce se světlem a tmou, hra, vlastní zapojení a vlastní prostředí. Některé

prostředky lze využívat ve vnitřních prostorech, jiné naopak venku během outdoorových aktivit. Brát na zřetel je rovněž nutno povahu a osobnost jedinců, potažmo celé skupiny. Tedy jejich vzájemné vztahy, vyspělost, věk aj. V případě programu zabývajících se lišejníky je proto vhodné, aby členové skupiny věkově odpovídali minimálně žákům 6. ročníku základní školy, v němž se lišejníky zpravidla probírají. Nelze však zcela přehlížet prekoncepty a znalosti, které lidé mají již z ranějšího věku, např. z hodin prvouky, zájmových kroužků, od rodiny apod. Na motivaci většinou přirozeně navazuje následný program, na nějž byli jedinci připraveni a aktivizováni. Smyslem motivace je zvýšení emoční bilance z průměrné každodenní úrovně do nestandardní míry (viz obr. 1). V rámci zážitkově pedagogických situací lze pracovat s pozitivními i negativními emocemi. Úkolem však zůstává jedince či skupinu aktivovat, nabudit a přimět k nějakému konání (Hanuš & Chytilová, 2009). Prostředkem takového konání, a tím pádem zážitkového vzdělávání bývá často právě nějaká hra či její forma.

### Obrázek 1

*Práce s hodnotou emoční bilance v zážitkově pedagogickém projektu v závislosti na procesu motivace.*

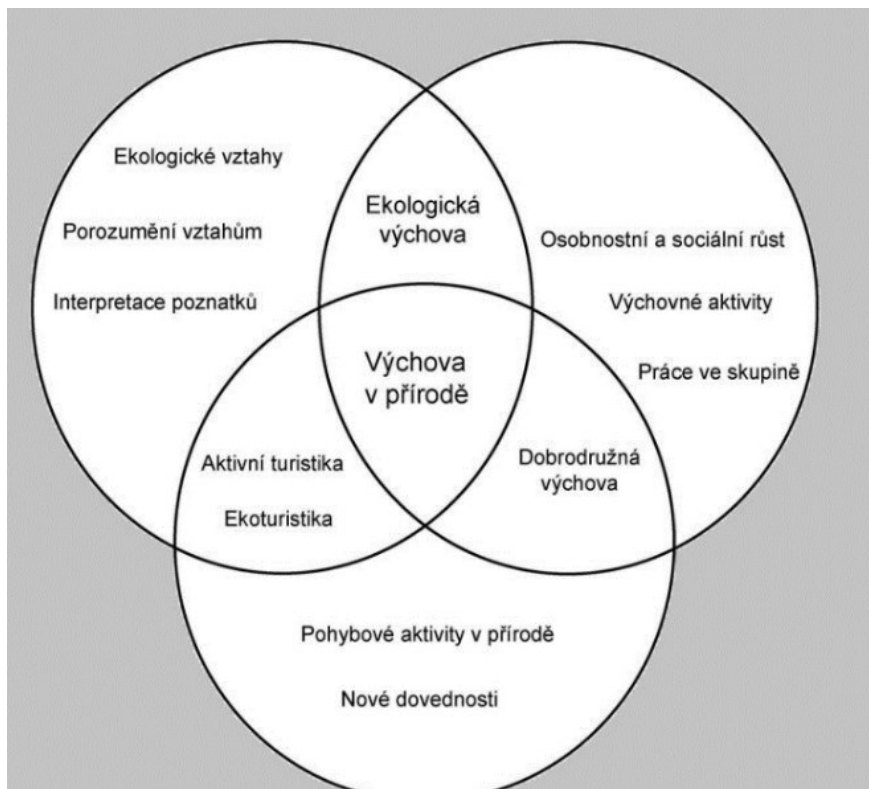


(Hanuš & Chytilová, 2009)

Hry i zážitkové vzdělávání mohou mít přesah do environmentální výchovy. K tomuto účelu v ČR slouží např. dny EVVO (Environmentální vzdělávání, výchova a osvěta). Cílem environmentální výchovy je přenést na každého jednotlivce odpovědné environmentální chování. Tedy takové chování, kdy se při rozhodování přemýšlí nad dopadem na životní prostředí. Environmentální výchova si klade za úkol vybavit jedince vhodnými kompetencemi, znalostmi, dovednostmi a motivací k environmentálnímu chování a udržitelnosti (více o výuce environmentální výchovy a udržitelnosti v přírodě viz kap. 5.4). Dle Hanuše a kolektivu (Hanuš et al., 2021) lze vymezit čtyři základní oblasti environmentální výchovy, které shrnuje termínem přírodní výchova. Jsou jimi: výchova o životním prostředí (o přírodě), která zahrnuje elementární znalosti a vědomosti o životním prostředí a porozumění vzájemných vztahů; jedná se o běžné přírodní disciplíny a vědy. Dále výchova v životním prostředí (v přírodě), která využívá přírody jakožto zdroje poznání, přímé zkušenosti a praktického užití zážitkové pedagogiky; zapojení různých aktivit v přírodě. Na dalším místě výchova pro životní prostředí (pro přírodu), která se zabývá etickou stránkou věci, formuje postoje, hodnoty a realizuje pozitivní činnosti; zahrnuje ekologickou výchovu. A v neposlední řadě výchova životním prostředím (přírodou), jež cílí na osobnostně sociální rozvoj. Jednotlivé zážitkové pobyty zaměřené na přírodní výchovu by se také daly rozdělit na model ochránářský (praktická pomoc přírodě), model prožitkový (prožitek spojený s poznáváním sebe sama, změnou afektivních postojů), model vzdělávací (spojený s nabídkou ekologických a environmentálních středisek) a model výchovy o planetě Zemi (Hanuš et al., 2021; Knotková, 2022). Neuman (1999) se rovněž zaměřil na výchovu v přírodě a vytvořil model prožitkově zkušenostního procesu. V rámci výchovy v přírodě rozčlenil tři oblasti: oblast zaměřenou na vztahy, jejich porozumění a interpretaci; oblast dovednostní a pohybovou, ta zahrnuje samotné aktivity v přírodě; oblast seberozvojovou a výchovnou, zaměřenou na osobní růst i práci ve skupině. Jejich vzájemný průnik pak utvoří tři podmnožiny, jimiž jsou ekologická výchova, dobrodružná výchova a aktivní turistika s ekoturistikou, viz obr. 2.

## Obrázek 2

*Prožitkově zkušenostní proces.*



(Neuman, 1999 in Knotková, 2022)

První činnosti, jež se pojí s výchovou v přírodě u nás, náleží organizaci Junák – český skaut, za kterou stál profesor tělesné výchovy Antonín Benjamín Svojsík. Ten při zakládání vycházel z anglického skautingu, jehož zakladatelem byl Robert Baden Powel, a amerického woodcraftu, který vycházel od Ernesta Thompsona Setona. Svojsík k těmto směrům a koncepcím přidal soudobé poznatky z oblastí pedagogiky, psychologie a lékařství, společně s ideály humanismu a národními vzory. Zážitková pedagogika také vychází ze Setonovy Lesní knihy moudrosti z roku 1929, v níž rozčlenil přirozený instinkt člověka na hravý instinkt, instinkt sdružování do part a instinkt rituálu „zasvěcení“. Instinktu obecně přisuzoval roli hybatele vývoje života člověka a operoval s pojmem lesní moudrost (Knotková, 2022). Hanuš a kol. (Hanuš et al., 2021) uvádí význam lesní moudrosti v několika bodech, jimiž jsou: přirozená moudrost odvozena od života v přírodě, výchovné a mravní zásady získané ze spojení s přírodou a život v souladu s přírodou. Na nauku o přírodě, potažmo výchovu v přírodě, se v ČR zaměřuje také Český svaz ochránců přírody,

založen roku 1979. Pod jeho působení patří mimo jiné provozování oddílů Mladých ochránců přírody, kde se jeho členové zabývají širokou škálou činností jako praktická ochrana přírody či cenných lokalit, ochrana konkrétních druhů, nebo ekologická výchova. S pobytem v přírodě je historicky spjat také tramping. Nejedná se však o sourodou organizaci. Mezi ideály trampingu se řadí svoboda, síla přátelství, odvaha, láska k přírodě a soběstačnost. V současnosti se u nás zážitkové pedagogice krom Junáka – Českého skauta a dalších organizací významně věnuje Prázdninová škola Lipnice. V její metodice zážitkové pedagogiky se vyskytují následující body: cílování (stanovení cílů a jejich tematizace), motivace (motivování účastníků, maximální výkon, dynamika), dramaturgie (promyšlená skladba programů; je buď plánovaná, reálná či evaluovaná), výrazové prostředky (příroda, světlo, barvy pohyb, hudba...), ovlivňování osobnosti prostřednictvím situací (role, hra, příběh, děj), zpětná vazba (rozbor, test, anketa, hra, hitace...), osobnost pedagoga (profesní i životní zkušenosti, odborná erudice, emoční inteligence) a skupinová dynamika (Hanuš & Chytilová, 2009). Obdobné prvky zážitkové pedagogiky bývají využívány v programech skautingu na celém světě.

### **3.3 Skauting**

Skauting je celosvětové hnutí mládeže, využívající skautskou výchovnou metodu jako program mimoškolního, resp. neformálního vzdělávání, s důrazem na společenskou angažovanost a na praktické outdoorové aktivity, včetně kempování, vztahu k přírodě a znalostem o ní, turistiky a sportu. Za založením skautingu stál v roce 1907 Robert Baden Powell, který byl generálem v britské armádě a zajímal se o metody a možnosti výchovy mládeže. Baden-Powell uspořádal první letní tábor na ostrově Brownsea, kde využil přání a zájmů dětí a nabídl jim společný program a hry v malých skupinkách, kde mohly nacházet nové přátele. Na základě výsledků a poznatků sepsal roku 1908 knihu *Scouting for boys* (Baden-Powell, 2022), kterou začali využívat pedagogové a vedoucí mládežnických organizací po celé zemi a hnutí se tak začalo rapidně rozmáhat. Skautská výchova od počátku vedla k čestnosti, úctě k hodnotám a lásce k přírodě s cílem záměrné výchovy dobrého občana. Skauting tak následně rychle pronikl do Evropy i zámoří. Za vznikem skautingu u nás stál Antonín Benjamín Svojsík (viz výše), který se vydal do Anglie 1911, aby skauty viděl v reálné praxi. V roce 1912 vydal knihu *Základy junáctví* (Svojsík, 1991), na které

spolupracoval s tehdejšími představiteli vědy a kultury a v červenci téhož roku uspořádal první český skautský tábor nedaleko hradu Lipnice. Posléze vznikla organizace nesoucí název Junák – český skaut, k níž se o pár let později přidaly i dívky. Tato organizace je členskou jednotkou v hlavních světových organizacích skautingu jako WOSM (World Organization of the Scout Movement), WAGGGS (World Association of Girl Guides and Girl Scouts) či ISGF (International Scout and Guide Fellowship). V České republice má v současnosti Junák – český skaut přes 75 650 členů, celosvětově je více než 60 000 000 skautů. Vedle Junáka působí u nás několik dalších skautských organizací, např. Skaut – Český skauting ABS nebo Svaz skautů a skautek České republiky.

Skauting si v současnosti zakládá především na hodnotách fair-play, spolupráce, přátelství a vztahu k přírodě, které se snaží v dětech budovat. Jakožto výchovná organizace působí na rozvoj osobnosti po všech směrech. Organizace se snaží reagovat na současné trendy a zvyklosti mládeže, se kterými ve své činnosti pracuje. Skauti takto vychovávají své svěřence pomocí her, přímých zkušeností a zajímavých zážitků, které prolínají jejich činnost. S dětmi se setkávají na pravidelných skautských schůzkách, závodech, víkendových či jednodenních výletech, nebo letních a zimních táborech (Junák – český skaut, 2018).

### **3.3.1 Skautská výchovná metoda**

Skautská výchovná metoda charakterizuje skautskou výchovu a podporuje cíl a principy skautingu. Jde o základní systém výchovy a sebevýchovy dětí a mladistvých v organizaci. Jejím smyslem je upevňování charakteru, vytváření hodnot, rozvoj dovedností a znalostí. Vychází ze zásad, které byly defacto stanoveny již zakladatelem skautského hnutí, a byly ověřeny poznatky moderní pedagogiky a více než sto let trvající praxí. Výchovná metoda je založena na osmi základních prvcích, které dohromady tvoří vnitřně provázaný, celistvý systém. Mezi ně se řadí: zapojení do společnosti (community involvement), příroda (nature), učení se zkušeností (learning by doing), skautský slib a zákon (the scout promise and law), symbolický rámeček (symbolic framework), program osobního růstu (personal progression), dospělí průvodci (adult support) a družinový systém (team system), viz obr. 3 (The Scout Method, 2019; Stanovy Junáka – českého skauta, 2022).

### Obrázek 3

*Body skautské výchovné metody.*



The Scout Method (2019)

## **Zapojení do společnosti**

Tento bod výchovy se zaměřuje na aktivní podílení členů na dění kolem sebe i v širším světě a podporu většího porozumění a pochopení mezi lidmi. Naplňování skautského poslání se úzce pojí se spoluprací se společenstvími na všech úrovních – od místních po celosvětové. Skauti a skautky nejčastěji působí v místní komunitě a přispívají k řešení lokálních i globálních výzev. Zkoumají potřeby, na které svou činností chtějí reagovat, a službu provádí v partnerské spolupráci s ostatními aktéry. Tyto zkušenosti a jejich reflexe rozvíjí dovednosti a postoje potřebné k přijímání aktivní a odpovědné role ve společnosti. Zapojením do společnosti si skauting klade za cíl přispívání k utváření lepšího světa, a to jak skrze činnost samotnou, tak i jejím využitím pro výchovné účely (The Scout Method, 2019; Skautská výchovná metoda, 2021).

## **Příroda**

Přírodní prostředí a krajina je ideálním prostředím pro uplatnění skautské výchovné metody a přispívá k rozvoji fyzického, intelektuálního, emocionálního, sociálního a duchovního potenciálu. Zahrnuje rozvoj konstruktivního kontaktu s přírodou a plné využití všech jedinečných možností učení, které svět přírody poskytuje. Pro skauting je příroda v podstatě nejpřirozenějším výchovným prostředím. Zároveň je předmětem zájmu, péče a ochrany. Představuje rovněž zdroj citového a duchovního rozvoje a seberozvoje. Je zároveň přirozenou tělocvičnou, laboratoří, tvůrčí dílnou i chrámem. Děti se díky ní učí vnímat detaily i velký celek. Ve skautském programu je zahrnuto nejen praktické poznávání přírody jako určování jednotlivých druhů, tedy vědomosti z oblastí zoologie, botaniky, geologie atp., ale zároveň i poznávání vzájemných vztahů v přírodě a v neposlední řadě i vlivu člověka na přírodu jako celku. Chlapci i dívky jsou ve skautu vedeni k tomu, jak o přírodu pečovat a chránit ji. V rámci programů se děti zaměřují na ochranu životního prostředí, učí se prevenci a šetrnosti k environmentu a mnohdy spolupracují s odborníky, např. při výsadbách nových porostů, při údržbách lesních revírů či zeleně v dané lokalitě aj. Obecně lze říci, že příležitosti k učení se v přírodě podporují lepší porozumění a vztah k širšímu životnímu prostředí (The Scout Method, 2019; Skautská výchovná metoda, 2021).

## **Učení se zkušeností**

Učení se zkušeností znamená rozvoj na základě přímých zkušeností, nikoli teoretické výuky. Odráží aktivní způsob získávání znalostí, dovedností a postojů a ilustruje praktický přístup skautingu ke vzdělávání. Učení se zkušeností také umožňuje všem členům skautských družin (případně celých oddílů) aktivní přístup k problémům a převzít odpovědnost za pomoci svých vrstevníků a dospělých dobrovolníků. Praxe a zkušenosti podněcují touhu mládeže prožít toho více a více se toho naučit. To je zároveň prostředkem, jak zajistit, že jsou příležitosti k učení ve skautingu zábavné a odpovídající době. Skautská metoda se opírá o vlastní aktivitu a činnost. Vychází z přesvědčení, že člověk se nejvíce něčemu naučí tím, že to dělá. Tedy že různé znalosti, dovednosti i postoje si nejlépe osvojí za pomoci vlastních prožitků a zkušeností. Idea vychází z učení pomocí zážitků z každodenního života s ohledem na konkrétní zájmy jednotlivce. Bod metody je také často vázán na kompletní programový cyklus – od plánování aktivit pro sebe nebo ostatní (ve spolupráci s dospělými), jejich provedení až po příležitost zhodnotit různé výstupy a zkušenosti, které tyto aktivity přinesly. Tyto příležitosti nejsou vždy zaměřené jen na to, aby děti uspěly, protože někdy právě chyby a neúspěch mohou poskytnout lepší příležitost k naučení se (případně poučení se) něčemu novému a následnému posloupnému rozvoji. Díky tomu se tudíž jedná o efektivní způsob, jak pomoci mladým lidem přirozeně se rozvíjet a uvědomovat si své silné a slabé stránky. Této zásady se zároveň dotýká výchova mravní; skauting neusiluje pouze o to, aby člověk nebyl špatný, avšak usiluje o to, aby dobro činil i ostatním. Z toho důvodu je součástí skautské sebevýchovy i zásada vykonat každý den alespoň jeden dobrý skutek. Výchova k odpovědnosti vůči druhým rovněž vychází z činů, a to ze skutečné služby jak společnosti, tak bližním. Záměr bodu lze shrnout jako využití praktických dovedností (zkušeností z reálného života) a reflexe k usnadnění a umožnění průběžného celoživotního učení a seberozvoje (The Scout Method, 2019; Skautská výchovná metoda, 2021; Stanovy Junáka – českého skauta, 2022).

## **Skautský slib a zákon**

Skautský zákon je konkrétní a praktický způsob, jak pochopit hodnoty skautingu. Skautský slib je osobní závazek, že bude dotýčný žít v souladu se skautskými hodnotami, a bývá skládán za slavnostního okamžiku před skupinou vrstevníků a vedoucích. Složením slibu se

skaut hlásí k hodnotám, stejně jako ke společenství, se kterým vzájemně tyto hodnoty sdílí. Zákon pak pomáhá tyto hodnoty nacházet v každodenním životě. Skautský zákon je pozitivním životním kodexem, pomocí kterého skauting představuje své univerzální hodnoty mladým lidem konkrétním a praktickým způsobem v každodenním životě. Jasně definuje to, jakým by měl skaut být a jaké má mít vlastnosti. Hodnoty, které jsou obsaženy ve skautském zákoně, a které člověk přijímá složením skautského slibu, pomáhají formovat mladé lidi, jejich chování a jejich další zapojení do života ve společnosti. Skautská výchova je především sebevýchovou, v níž hraje klíčovou roli upřímný a dobrovolný závazek snažit se žít podle skautských principů. Slib a zákon jsou tedy závazkem k souboru společných hodnot, který je základem všeho, co skaut dělá a čím chce být. Jedná se o ústřední prvek skautské výchovné metody. Více o znění slibu a zákonů viz Stanovy Junáka – českého skauta (2022) (The Scout Method, 2019; Skautská výchovná metoda, 2021).

### **Symbolický rámec**

Jedná se o strukturu témat a symbolů, která usnadňuje učení a rozvoj skautské identity. Účelem symbolického rámce je rozvíjet u mladých lidí schopnost představivosti, dobrodružství, tvořivosti a vynalézavosti způsobem, který stimuluje jejich rozvoj. Zároveň to je způsob, jak zajistit soudržnost a zábavnost činností a porozumět hodnotám skautingu. Dle skautských stanov je výchova mladých lidí účinná, jen pokud je zaujme a hovoří k nim jazykem, kterému rozumí a který je oslovuje. Skauting proto ve své metodice používá her, příběhů, symbolů a vzorů, které jsou pro mladé lidi přitažlivé, inspirativní a obohacující. Tím jim přibližuje i hodnoty, z nichž skauting vychází. Hra je pro děti přirozená, vytváří si v rámci ní své vlastní světy, ve kterých se dostávají do „jiné reality“, mají možnost se ztotožnit např. s hrdiny či hrdinkami filmů, seriálů, knih i počítačových her. V rámci her se však dostávají do skutečného prostředí, nikoli do fiktivního světa vytvořeného programátory. Je vhodné sledovat nové příběhy a hrdiny, se kterými se dnes děti rády identifikují, a nebát se je využít, pokud mají výchovný potenciál. Zároveň je dobré umět využít a vhodně podat starý dobrý příběh, který je osvědčený, ale v současnosti již pozapomenutý. Se symbolickým rámcem je třeba nakládat uvážlivě a uvědomovat si, že se jedná o prostředek, nikoli cíl. Neměl by tedy zastínit podstatu programu, který má děti něco naučit a něco jim předat. Skautští vedoucí by neměli přípravě rekvizit a kostýmů věnovat

neúměrné množství času a úsilí na úkor kvalitního programu s jasným cílem. V programu skautských akcí je snaha o vytváření bezpečného prostředí a prostoru pro vzájemné sdílení, spontánní činnost, vnímání přírody a tábornickou praxi. Skautská výchova pracuje vědomě s časem a jeho dynamikou a dalšími prvky zážitkové pedagogiky. Jako jedním z rámců lze označit plynutí roku, během něhož je poskytován přirozený prostor pro realizaci, reflektování a následné plánování. Stejně tak se pracuje vědomě s prostorem (vlastní stan na dětských táborech, skautská klubovna a její okolí, vlastní obec, tábořiště s dalšími místy, jež skauti navštěvují, či vlast samotná) jako příležitostí k naplňování výchovných cílů (The Scout Method, 2019; Skautská výchovná metoda, 2021).

### **Program osobního růstu**

Jedná se o učení zaměřené na motivaci a výzvu jednotlivce k neustálému seberozvoji, a to prostřednictvím pestré palety vzdělávacích příležitostí s dostatkem odpovídajících podnětů a inspiračních zdrojů. Cílem osobního rozvoje je pomoci každému jednotlivci, aby se vědomě a aktivně podílel na svém vlastním seberozvoji. Umožňuje to mladistvým i dospělým postupovat vlastním způsobem a vlastním tempem, získávat sebedůvěru a uvědomovat si dosažené pokroky. Hlavním nástrojem pro podporu tohoto prvku skautské metody je stanovení odpovídajících cílů pro každou věkovou skupinu. Skauting usiluje nejen o nabídnutí pestrého a přitažlivého programu lidem všech věkových kategorií, ale podporuje i všestranný individuální rozvoj každého člena, jenž je založený na jeho vnitřní motivaci a její podpoře druhými. Skautský program je tvořen tak, aby byl pro chlapce a dívky zajímavý a přitažlivý. Děti jsou podporovány v osobním rozvoji dle jejich současných zájmů. Program osobního růstu by měl být všestranný a nabízet rozmanité příležitosti pro rozvoj. Důležitou součástí je posilování schopnosti čelit rozličným náročným situacím. Skautský program respektuje, že každý má různé potřeby a odlišnou startovní čáru, a snaží se maximálně individualizovat přístup k dětem. Oceňován je dosažený pokrok namísto zaměření na absolutní výsledek. Osobní růst každého probíhá postupně – od základních dovedností k těm pokročilejším. Seberozvoj je autonomní a vychází z vnitřní motivace. Dospělí fungují pouze jako průvodci, kteří delegují pravomoci, povzbuzují a podporují mladistvé k přiměřenému nastavování vlastních výzev, uvědomování si svobody volby

a zapojování se do sebereflexe. Každý usiluje o nejvíce možné zdokonalení v oblastech, které si sám zvolil (The Scout Method, 2019; Skautská výchovná metoda, 2021).

### **Dospělí průvodci**

Dospělí usnadňují a podporují mladistvé k vytváření příležitostí k učení. Prostřednictvím partnerství společně proměňují tyto příležitosti ve smysluplné zkušenosti. Skauting je hnutí mládeže, v němž mladí lidé vykonávají činnosti s podporou dospělých. Úkolem dospělých ve skautingu je být vedoucími aktivit, vychovateli a zejména průvodci. Jinými slovy: zajistit, aby mladí členové dělali smysluplné činnosti, které podporují rozvoj jednotlivce i celé skupiny. Jejich údělem je nejen ukazovat cestu, ale také pomáhat, podporovat a povzbuzovat. To vše s respektem k individuální lidské bytosti, která musí dříve či později za svou cestu převzít plnou odpovědnost. Rolí dospělých ve skautingu je tedy v maximální možné míře posilovat program vedený mladými a ze své pozice jej podporovat. Znamená to, že kdykoliv je to možné, měli by být chlapci s dívkami povzbuzováni k tomu, aby se sami rozhodovali a přebírali odpovědnost v míře odpovídající jejich schopnostem. Neméně důležité je, aby při svém konání měli prostor pro chybování a vnímali je jako přirozenou věc a příležitost k učení. Podpora ze strany dospělých obsahuje tři aspekty, respektive role, v rámci nichž vedoucí ve skautských oddílech vystupují. První z nich je role vychovatele. V této roli dospělí podporují proces sebevzdělávání mladších členů a zajišťují, že získané zkušenosti mají pozitivní dopad a vliv na rozvoj jejich znalostí, postojů, kompetencí i dovedností. Je potřeba, aby se v roli vychovatele dospělý naladil na každého jednotlivého člena, a mohl mu tak pomoci rozpoznat potřeby jeho dalšího rozvoje. Následně aby mladistvý tyto potřeby přijal a dospělý na ně patřičně zareagoval v rámci činnosti oddílu skrze smysluplné výzvy, nabídku vhodných rozvojových aktivit atp. Je vhodné, aby šel dospělý svým chováním příkladem a děti kladně ovlivňoval. Druhou rolí dospělého ve skautu je tzv. podporovatel aktivit. Vedoucí zajišťuje, že veškeré aktivity, programy a příležitosti k učení jsou bezpečné. Ačkoli nelze očekávat, že všichni budou mistrně ovládat veškeré dovednosti a mít široké znalosti ve všech možných oblastech, je na zodpovědnosti každého vedoucího, aby zajistil nezbytnou technickou podporu a odborné znalosti, kdykoliv a kdekoliv to může být potřeba. Dospělí musí dodržovat pravidla a zákony, aby se dalo maximálně předejít jakémukoliv případnému nebezpečí. Třetí rolí dospělých jakožto

průvodců je moderátor skupiny. Tato role staví na přirozeném a dobrovolném partnerství mezi dospělými a dětmi. V této roli je třeba dbát na pozitivní vztahy ve skupině (družině, oddíle i středisku). Příjemná a přátelská atmosféra napomáhá utužení vztahů a celkovému klimatu ve skupině dětí. Prostředí by mělo být atraktivní, podporující a založené na vzájemném respektu, důvěře a přijetí druhých jako individuálních rozličných osobností. Takové prostředí pak může všechny obohacovat a posilovat každého jednotlivce i celek (The Scout Method, 2019; Skautská výchovná metoda, 2021; Stanovy Junáka – českého skauta, 2022).

### **Družinový systém**

Družina je základní organizační strukturou skautingu. Každá malá skupina, která se obvykle skládá z 6-8 mladých lidí, funguje jako tým, jehož jeden člen je vedoucím družiny, tzv. rádcem. V rámci každé družiny skauti organizují svůj život a chod skupiny jako celku způsobem odpovídajícím jejich schopnostem. Dělí se o odpovědnost, rozhodují o svých činnostech, organizují je, provádějí a hodnotí. Děje se tak s podporou dospělých. Skauting neklade důraz jen na výchovu všestranně rozvinutého člověka, ale dbá i na jeho sociální roli, na schopnost být platným a odpovědným členem společenství. Z těchto důvodů se skautská výchova odehrává především v malé, přirozené skupině vrstevníků. Družina představuje pro mladého člověka citové zázemí, stejně jako výzvu pro jeho rozvíjející se sociální dovednosti. Zároveň mu umožňuje lépe odhalit a uvědomit si jeho silné stránky a ty uplatnit ve prospěch celku. Družinový systém tedy využívá malých skupin, které se podílí na vzájemném učení s cílem rozvíjet efektivní týmovou práci, mezilidské dovednosti, vůdcovství a také budovat pocit odpovědnosti a sounáležitosti (The Scout Method, 2019; Skautská výchovná metoda, 2021; Stanovy Junáka – českého skauta, 2022).

## 4 Lišejníky

Lišejníky jsou unikátní skupinou, která nemá mezi ostatními organismy obdoby, jelikož se jedná se o symbiotický vztah, který vždy tvoří houba – mykobiont, společně s fotobiontem, neboli s řasou (fykobiont) či sinicí (cyanobiont), jenž zajišťuje energii skrze fotosyntézu. Tento specifický symbiotický vztah se nazývá lichenismus. Tělo, které lišejníky tvoří, se nazývá stélka (thallus). Co se týče lichenismu, 93 % lišejníků vyskytujících se v ČR představuje symbiotické spojení se zelenou řasou – nejčastěji se jedná o řasu rodu *Trebouxia*; u sinic (zbylých 7 % lišejníků) pak dominují zástupci rodu *Nostoc*, např. u rodu huspeník (*Collema*). Některé druhy mohou mít dokonce oba dva symbiotické partnery, např. důlkatec plicní (*Lobaria pulmonaria*), piloforus krátkokrký (*Pilophorus strumaticus*), důlkatec prostranný (*Ricasolia amplissima*), či někteří zástupci rodů hávnatky (*Peltigera*), terčoplodky (*Solorina*) a pevnokmínky (*Stereocaulon*) (Halda & Kučera, 2022; Malíček et al., 2023). Jedná se o azonální, tedy vyskytují se ve všech klimatických zónách, nezávisle na podnebí, kosmopolitně rozšířené organismy. Mohou růst prakticky kdekoli: na kamenech a skaliskách – epilitické (též saxikolní), na zemi – terestrické (též terikolní), na dřevinách a rostlinách – epifytické, na odumírajícím dřevě – epixylické (též lignikolní), či na objektech vytvořených člověkem. Většina lišejníků však preferuje pouze určitý typ substrátu či biotopu; jen několik druhů se naopak běžně vyskytuje na více typech, např. terčovník zední (*Xantoria parietina*), či zástupci rodů prášenka (*Lepraria*) a hávnatka (*Peltigera*). Na lišejníky lze narazit od nejnižších nadmořských výšek na úrovni moře až po nejvyšší pohoří Země. Prosperují i v nejextrémnějších a nehostinných podmínkách v přírodě, jako jsou pouště, vrcholky hor či polární oblasti. Celosvětově se vyskytuje přes 20 000 druhů, v České republice to je okolo 1750 druhů. Každoročně jsou však nalézány a popisovány nové druhy. Vědci se domnívají, že díky moderním taxonomickým technologiím budou tato čísla v budoucnu ještě více vzrůstat jak v zahraničí, tak u nás (Kett et al., 2005; Liška, 2012; Malíček et al., 2023). Dle Červeného seznamu (Liška & Palice, 2010) vyhynulo na našem území již 138 druhů a v současnosti jich je 136 kriticky ohrožených (CR), 186 ohrožených (EN), 247 zranitelných (VU) a 176 druhů blízkých ohrožení (NT). Malíček et al. (2023) však uvádějí, že od roku 2010 se podařilo některé vyhynulé druhy opětovně nalézt, takže současné číslo vyhynulých druhů by mohlo být kolem 100.

Z taxonomického hlediska patří lišejníky mezi houby. Drtivou převahu mají houby vřeckovýtrusé (Ascomycota). Pouze tři u nás nalezené lišejníky mají svého mykobionta ze skupiny stopkovýtrusých hub (Basidiomycota). Z hlediska celkového tvaru stélky jsou rozlišovány tři základní typy stélek: korovitá, lupenitá a keříčkovitá. Zástupci s korovitou stélkou jsou označováni jako mikrolišejníky, s lupenitou a keříčkovitou pak jako makrolišejníky (Malíček et al., 2023). Co se týče přichycení k substrátu, korovitá stélka do něj vrůstá celou svou plochou, a zpravidla od něj nejde dobře oddělit, např. mapovník zeměpisný (*Rhizocarpon geographicum*). Jako zvláštní případ lze označit tzv. endoliticickou stélku, která je zcela zanořena do horniny (např. vápence – rod *Verrucaria*). Na vrcholu podkladu pak bývají patrné pouze vrcholy plodnic. Lupenitá stélka porůstá substrát plochými listovitými laloky, např. terčovka bublinatá (*Hypogymnia physodes*). K povrchu je připevňována drobnými rhiziny (útvary připomínající kořeny), které vyrůstají z korové vrstvy na spodní straně stélky. U lupenité stélky se vyskytuje zvláštnost, jíž jsou dýchací otvory – na svrchní (lícové) straně stélky se označují jako pseudocyfely, na spodní (rubové) cyfely. Keříčkovitá stélka přirůstá k podkladu pouze částí a lze ji tedy od substrátu snadno oddělit. Od místa přichycení se rozrůstá všemi směry a dál se rozvětvuje, např. rod provazovka (*Usnea*) (Halda & Kučera, 2022). Dle Malíčka a kol. (Malíček et al., 2023) jsou na našem území zastoupeny ze 78 % druhy s korovitou stélkou, ze 13 % s lupenitou a z pouhých 9 % s keříčkovitou. Dále lze někdy stélku lišejníků rozlišit jako vláknitou, šupinatou, strupovitou, laločnatou, plakodiodní (přechodná k lupenité stélce), granulozní či leprózní (složená z drobných granulí, přesněji řečeno soredií). Rozlišena může být i stélka dimorfní, která je typická pro dutohlávky (*Cladonia*). Stélkové (bazální) šupiny např. právě u dutohlávek by bylo možné přiřadit k typu lupenitému, zatímco podécia (kmínky) ke keříčkovitému typu (viz obr. 4). Vnitřní struktura stélky v převážné většině případů sestává z kůry neboli korové vrstvy (tvoří ji pouze mykobiont), gonidiové vrstvy (tvoří ji pouze fotobiont), dřevné vrstvy a případně i spodní kůry (tvořené také pouze mykobiontem). Houbová vlákna přivádějí do těla lišejníku vodu, kterou často získávají z ovzduší v podobě vzdušné vlhkosti či mlhy. Fotobiont vytváří ze vzdušného oxidu uhličitého a vody organické látky, jež jsou nezbytné k výživě houby. K substrátu jsou lišejníky přichyceny buď jednotlivými houbovými vlákny nebo celými jejich svazky – rhiziny (Kubát, 2003). Stélka může být rozlišována podle uspořádání hyf houby a buněk sinic či řas buďto jako

homeomerická (buňky fotobionta i mykobionta jsou rovnoměrně neboli homogenně rozptýleny) nebo heteromerická (buňky fotobionta se rozprostírají pouze v jedné vrstvě pod korovou vrstvou) (Halda & Kučera, 2022; Malíček et al., 2023).

#### Obrázek 4

*Dutohlávka prstítá (Cladonia digitata) s patrnými bazálními šupinami a podéci.*



Foto Martin Černý (2024)

Rozmnožování lišejníků probíhá za užití několika různých strategií. Nejběžnější, pohlavní, se týká pouze mykobionta a závisí na tvorbě plodnic, v nichž vznikají askospory (nejčastěji po 8 ve vřecku) nebo bazidiospory. Počty výtrusů neboli spor se u jednotlivých taxonů liší, stejně tak jejich velikost a tvar, což představuje důležité znaky při determinaci druhů. Nejčastější jsou dva typy plodnic: apothecia – otevřené miskovité plodnice (celkově asi 84 % českých druhů) a perithecia – uzavřené plodnice lahvovitého tvaru (celkově 14 % českých druhů). Apothecia se mohou rozlišovat podle toho, zda mají či nemají stélkový lem: na plodnice lekanorového typu (plodnice je obklopena heteromerickou stélkou, tedy má tzv. stélkový okraj) a lecideového typu (plodnice není obklopena heteromerickou stélkou a nemá stélkový okraj). Zbarvení i velikost plodnic bývají u různých druhů i rodů rozdílné. Ve stélkách lišejníků mohou být zcela zanořené nebo přisedlé k jejich povrchu. U některých lišejníků však plodnice nejsou vůbec známy. K nepohlavním způsobům rozmnožování se

řadí kupříkladu fragmentace stélky anebo nepohlavní výtrusy, tzv. konidie (též pyknostry), které standardně vznikají v uzavřených pyknidách (typ duté plodnice, podobné peritheciím). Ty bývají u některých druhů důležité pro určování (Halda & Kučera, 2022). Dalším specifickým způsobem nepohlavního rozmnožování u lišejníků je tvorba různých specializovaných útvarů, které obsahují oba symbiotické partnery. Velmi běžné jsou zejména soredie, které se tvoří v gonidiové vrstvě stélky a představují několik buněk fotobionta a fragmenty hyf mykobionta; lehce se šíří vzduchem, avšak mají poměrně krátkou životnost. Svrchní kůra stélky velmi často v určitých místě štěrbinovitě či jinak praskne a z útrobu lišejníku se uvolní drobný poprašek klubíček, které jsou složeny z několika málo buněk kokálního fotobionta a houbových vláken (Kubát, 2003). Takové místo tvorby soredií na lišejníkové stélce je označováno jako sorál. Dále se vyskytují izidie – drobné výrůstky různého tvaru na povrchu stélky, které obsahují základní vrstvy heteromerické stélky (kůru, gonidie i dřev), které odolávají ve vyšší míře stresu a mají tak delší životnost. Existují i blastidie (kulovité fragmenty), schizidie (odtržení povrchu stélky s fotobiontem), fylidie (lupenitá obdoba izidií) aj. Tyto strategie značně zrychlují a usnadňují šíření lišejníků (Malíček et al., 2023; Sedlářová & Vašutová, 2004).

Jednotlivé druhy lišejníků se samozřejmě velmi liší velikostí, tvarem a zbarvením. Zbarvení se může měnit v rámci samotného druhu i v závislosti na počasí. Za deště absorbují lišejníky vodu a v ní rozpuštěné živiny. Zároveň jsou schopny se téměř kompletně vysušit, čímž se stanou křehkými a lámavými, ale mají schopnost se rychle se rehydratovat, jakmile se do okolí opět vrátí vlaha (Kett et al., 2005; Kubát, 2003). Této schopnosti rapidně měnit obsah vody v těle organismu bez poškození se říká poikilohydrie, jde tedy o poikilohydrické organismy (Liška, 2012). To může být klíčem k pochopení jejich schopnosti přežít v extrémně nevlídných podmínkách. Ačkoli lišejníky často rostou na stromech a keřích jako epifyti, nečerpají živiny (nutrienty) z povrchu, na němž rostou, tedy z živých pletiv, nýbrž je absorbují z atmosféry pomocí fotosyntézy (Kett et al., 2005). Jelikož jsou producenti, představují zdroj obživy pro mnohé živočichy a mají velký ekologický význam. Rovněž jsou bioindikátory prostředí, čímž představují významné organismy v rozličných ekosystémech, a lze s nimi určovat míru znečištění v ovzduší, a to zejména lokálně. Díky tomu na nich lze dobře demonstrovat několik biologických jevů, se kterými se žáci na školách setkávají.

Lišejníky jsou jedny z organismů, které produkují množství látek zvané sekundární metabolity. Jedná se o organické sloučeniny, které zpravidla nezajišťují základní životní děje pro daný organismus. U lišejníků bylo v současnosti popsáno více než 1000 sekundárních metabolitů, mnoho z nich je navíc specifická pouze pro lišejníky. Lze je pozorovat v různých podobách i v různých částech stélky, většinou bývají na povrchu hyf (Singh, 2023; Svoboda, 2023). Funkce těchto látek pro jednotlivé lišejníky není dosud zcela známa, ale patrně ovlivňují jejich schopnost existovat v extrémních podmínkách. Mohou třeba působit jako inhibitory růstu rostlin, mají vliv na enzymové pochody ve stélkách, mohou kladně působit na vztah mezi mykobiontem a fotobiontem, chrání lišejník před býložravci a parazity, např. hmyzem, mikroorganismy či mykózami; dále symbiotickou řasu ochraňují před nadměrným UV zářením, mají vliv na propustnost membrán fotobiontů, napomáhají průběhu fotosyntézy atp. (Malíček, 2012). Ovlivňují také zbarvení některých druhů, např. za žlutooranžové stélky terčovníku zedního (*Xanthoria parietina*) je zodpovědný parietin, žlutozelené stélky provazovek (*Usnea*) způsobuje kyselina usnová, červená apothecia některých dutohlávek (*Cladonia*) kyselina rodokladonová apod. Zásadní význam u lišejníků mají pro nás sekundární metabolity v genetice, taxonomii a tudíž určování. Určování druhů může být prováděno pomocí různých chemických reakcí se sekundárními metabolity. Mezi ně patří stélkové reakce na UV světlo či různá činidla (např. hydroxid draselný – KOH, aj.), mikrokrytalizační testy, chromatografie, či observace pigmentů a krystalů. (Svoboda, 2023). Tento chemismus lišejníků by mohl být potenciálně využit v rámci výuky přírodních věd, jako biologie nebo chemie, k různým laboratorním aktivitám ve škole i v terénu, případně i v badatelsky orientované výuce.

#### **4.1 Fytogeografie lišejníků v ČR**

Česká lišejníková flóra je relativně velmi rozmanitá a zahrnuje asi desetinu odhadované světové diverzity. V Evropě se blíží téměř čtvrtině diverzity lišejníků. Bohatství naší lichenoflóry je podobné jako na Slovensku a v Polsku. Z hlediska rozlohy je druhová diverzita větší na Slovensku, kde se na výrazně menší ploše vyskytuje téměř stejný celkový počet lišejníků. Je tomu tak díky přítomnosti vysokých pohoří a častému výskytu vápenců spolu s dalšími typy hornin, např. dolomity a vulkanickými horninami. Podstatně větší rozmanitost (asi 2000 a více druhů) je pak zaznamenána v alpských zemích (Liška, 2012).

Největší druhová rozmanitost lišejníků v ČR je v oblastech Šumavy, Křivoklátska, Hrubého Jeseníku a Národního parku Podyjí. Chudé na lišejníky jsou oblasti s rozsáhlou zemědělskou činností, jako např. Polabí nebo oba moravské úvaly. Na našem území se lze setkat s druhy, které se vyskytují napříč celou Evropou. V pohořích se nacházejí arкто-alpinští zástupci, konkrétně např. vousatec žlutozelený (*Alectoria nigricans*), terčovka prstencovitá (*Arctoparmelia centrifuga*), puklérka rourkovitá (*Flavocetraria cucullata*), šídlovec kůstkovitý a jeho variace či poddruhy (*Thamnolia vermicularis* agg.) aj. V suchých a teplých oblastech lze nalézt hojné druhy ze Středomoří, např. blýskavku žlutou (*Fulgensia fulgens*) či misničku čočkotvarou (*Squamarina lentigera*). V humidních horských lesích a stinných roklich byly nalezeny suboceanické druhy, např. paličkovec tmavoplodý (*Bunodophoron melanocarpum*), dutohlávka suboceanická (*Cladonia subcervicornis*), kryptovka mechová (*Gyalideopsis muscicola*), dále *Pilophorus strumaticus* a další. Naopak na srážky chudé oblasti na jižní Moravě hostí vnitrozemské druhy jako terčovník velký (*Physcia aipolioides*), terčoplodeček hvězdovřeckatý (*Gyalidea asteriscus*), terčovník bradavkovitý (*Xanthoria papillifera*). Lišejníkům se daří vytvářet rozlehlé areály výskytu zejména díky snadnému transportu diaspor na dlouhé vzdálenosti pomocí větru a proudění vzduchu ve vysokých výškách atmosféry. Z toho důvodu nejsou v České republice známy žádné endemické druhy (Malíček et al., 2023). Endemické druhy jsou typické především pro izolované oblasti jižní polokoule, jmenovitě Antarktida, Austrálie a Nový Zéland (Liška, 2012). Liška uvádí, že vzácný endemismus může být u lišejníků mimo jiné způsoben nedostatečným výzkumem v dané oblasti, oproti cévnatým rostlinám. Dále popisuje středoevropské lišejníky, které rostou na vzácně se vyskytujících substrátech (např. spraše, hadcové skály, měděné rudy apod.) nebo zaujímají další specifické niky. Ty u nás mají omezené rozšíření, ale vyskytují se i v jiných vzdálených oblastech. Příkladem může být terčoplodeček hvězdovřeckatý (*Gyalidea asteriscus*) známý především z Norska, či misnička Gislerova (*Lecanora gisleriana*), vyskytující se hlavně v jihovýchodním Turecku.

Nejběžnějšími lišejníky jsou na našem území, jak bylo zmíněno výše, terčovník zední (*Xanthoria parietina*), t. odstávavý (*Physcia adscendens*) a t. hvězdovitý (*P. stellaris*). Dále se u nás nejhojněji vyskytují druhy: terčovka bublinatá (*Hypogymnia physodes*), t. pomoučená (*H. farinacea*), t. otrubčitá (*Pseudevernia furfuracea*), t. rozestřená (*Parmeliopsis ambigua*), t. lalokovitá (*Punctelia subrudecta*), puklérka sivá (*Platismatia*

*glauca*), p. sosnová (*Vulpicida pinatri*), p. zelenavá (*Tuckermannopsis chlorophylla*), větvičník slívový (*Evernia prunastri*), buelie tečkovaná (*Amandinea punctata*), b. šedozeleň (*Buellia griseovirens*), měchýřkovka stříbřitá (*Phlyctis argena*), misnička práškovitá (*Lecanora conizaeoides*), či terčovník tenounký (*Physcia tenella*) (Pelechová, 2014). Kosmopolitně je rovněž rozšířen sterilní vysokohorský lišejník šídlovec kůstkovitý (*Thamnolia vermicularis* agg.), přestože nevytváří zvláštní vegetativní diaspory, ale je závislý na rozptylu fragmentů stélky větrem, případně vodou.

Běžné jsou u nás holarktické lišejníky, např. terčovka drobkovitá (*Melanelia disjuncta*), t. hladká (*Melanelixia fuliginosa*), t. hnědavá (*Melanohalea exasperatula*), hávnatka bradavičnatá (*Peltigera aphthosa*), h. Degenova (*P. degenii*), h. běložilná (*P. leucophlebia*), h. krivožebrá (*P. venosa*) a terčovník nažloutlý (*Physconia enteroxantha*), které mají často zonální rozšíření – arкто-alpínské: puklérka rourkovitá (*Flavocetraria cucullata*), p. sněžná (*F. nivalis*); a boreální mírné: dutohlávka ztmavlá (*Cladonia amaurocraea*), d. lesní (*C. arbuscula*), d. hroznatá (*C. botrytes*), d. horská (*C. stellaris*), d. naduřelá (*C. turgida*), d. hvězdovitá (*C. uncialis*), puklérka pomíchaná (*Cetrariella commixta*), p. játrová (*Melanelia hepatizon*) aj.; nebo je jejich současné rozšíření důsledkem šíření během období postglaciálu: dutohlávka rašelinná (*Cladonia incrassata*), d. brvitá (*C. ciliata*), d. endiviolistá (*C. convoluta*) a terčovka hladká (*Melanelixia glabra*). Druhy, které se vyskytují na obou polokoulích naší planety (bipolární) vyjma tropů, u nás zastupují např. vousatec žlutozelený (*Alectoria nigricans*), článečka citrónová (*Arthrorhaphis citrinella*), dutohlávka chudobkokvětá (*Cladonia bellidiflora*), terčovník mechový (*Physconia muscigena*), terčoplodek šafránový (*Solorina crocea*), t. houbovitý (*S. spongiosa*) a terčovník pohledný (*Xanthoria elegans*). Některé široce rozšířené lišejníky rostoucí ve střední Evropě se vyjma hor vůbec nevyskytují v tropech: misnička mnohosměrná (*Lecanora polytropa*), terčovka brázditá (*Parmelia sulcata*). I mezi českými lišejníky se však vyskytují druhy rozšířené od tropů až po mírné pásmo, konkrétně jde o epifyty, mezi něž se řadí např. čárnička psaná (*Graphis scripta*), jadernička lesklá (*Pyrenula nitida*) a cecatka chřástnatá (*Thelotrema lepadinum*), které se vyskytují i v oblasti středního Baltského štítu (Fenoskandie). Centra rozšíření některých rodů českých lišejníků jsou v tropech, sem náleží např. rody fellhanera (*Fellhanera*), jadernička (*Pyrenula*) a cecatka (*Thelotrema*). Řada českých lišejníků má euroasijské rozšíření a může se vyskytovat i v severní Africe, např.

kryptovka růžová (*Gyalecta ulmi*), důlkatec největší (*Lobaria amplissima*), terčovka lipová (*Parmelina tiliacea*) a terčovka pohárkatá (*Pleurosticta acetabulum*), jiné mají především evropské rozšíření: anaptychia řasnatá (*Anaptychia ciliaris*), dutohlávka mnohoprstá (*Cladonia polydactyla*), d. bodavá (*C. rangiformis*), terčovka dřípatá (*Melanohalea laciniatula*), t. podhorská (*Parmelia submontana*), t. buková (*Parmelina pastillifera*) a terčovník našedlý (*Physconia grisea*). Několik lišejníků má převážně střeoevropské rozšíření a většinou se vyskytují na specifických substrátech nebo na specifických stanovištích, např. drobný terikolní lišejník terčoplodeček hvězdovřeckatý (*Gyalidea asteriscus*), který se vyskytuje pouze na spraši.

V České republice se vyskytují poměrně vzácné lišejníky, které se jinak vyskytují především v severní Evropě, tj. mají arktické nebo boreální rozšíření. Kromě severní Evropy (a dokonce i Asie a Severní Ameriky) se vyskytují i v horských oblastech střední Evropy dutohlávka chudobkokvětá (*Cladonia bellidiflora*), puklérka rourkovitá (*Flavocetraria cucullata*), p. sněžná (*F. nivalis*) a pevnokmínek horský (*Stereocaulon alpinum*). Někdy byly pozorovány dokonce i v nízkých nadmořských výškách. U některých z těchto lišejníků se předpokládá, že jsou glaciálními relikty, např. saxikolní terčovka prstencovitá (*Arctoparmelia centrifuga*) a vyskytují se především v subalpínských oblastech a na rašeliništích, např. epifytická puklérka plotní (*Cetraria sepincola*). Další evropské reliktní lišejníky se vyskytují především na Slovensku ve Vysokých Tatrách, např. ledvinník arktický (*Nephroma arcticum*). U nás, a jinak především v západní Evropě, kde je vlhké klima, se vyskytují oceánské a suboceánské lišejníky, např. dutohlávka ježatá (*Cladonia portentosa*), d. Zopfova (*C. zopfii*), štrupka šedavá (*Diploicia canescens*) a terčovka drobná (*Xanthoparmelia mougeotii*). Některé z těchto lišejníků mají atlanticko-středomořské rozšíření, např. zmíněná štrupka šedavá (*Diploicia canescens*). Jiné mají širší rozšíření, dokonce se vyskytují i na jiných kontinentech, ale faktorem, který určuje jejich rozšíření, je přímořské, resp. oceánské klima, např. arktico-oceánský lišejník malohubka laločnatá (*Baeomyces placophyllus*). Druhy s amfiatlantickým rozšířením (tedy vyskytující se na obou stranách Atlantického oceánu), jež zahrnuje východ Severní Ameriky a západ Evropy, jsou u nás dnes již vzácné, např. pupkovka puchýřkatá (*Lasallia pustulata*), či pevnokmínek rozvětvený (*Stereocaulon dactylophyllum*). Některé epifytické lišejníky, které se vyskytují ve vlhkých původních lesích, jsou často označovány jako oceánické druhy: důlkatec plicní

(*Lobaria pulmonaria*), ledvinník sořediozní (*Nephroma parile*), terčovička trojlistá (*Parmeliella triptophylla*) aj., ale jejich rozšíření v Evropě je rozsáhlejší, zahrnuje např. Karpaty a je podmíněno příznivými mikroklimatickými a mezoklimatickými podmínkami (rostou i na mechovitých půdách a skalách ve vlhkých oblastech). Některé epifytické lišejníky pralesů, ač rostou v oblastech s vlhkým klimatem, mají přinejmenším v Evropě vnitrozemské (kontinentální) rozšíření, např. větvičnick článkovaný (*Evernia divaricata*), v. měnlivý (*E. mesomorpha*) a terčovka smrková (*Hypogymnia bitteri*). Další skupinou jsou teplomilné a suchomilné (xerofilní) lišejníky s mediteránním rozšířením a severní hranicí ve střední Evropě, kupříkladu krásnice přílíplá (*Caloplaca demissa*), misnička Garovagliho (*Lecanora garovaglii*), m. čočkotvará (*Squamarina lentigera*) a některé rostou ještě severněji např. blýskavka žlutá (*Fulgensia fulgens*). Jedná se o kalcifilní druhy vyskytující se především na vápencích, ale i jiných horninách v nížinách České republiky. Rozšíření z Panonské provincie je mezi českými lišejníky spíše vzácné např. terčovník velký (*Phycia aipolioides*) (Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2006; Liška, 2012; Malíček et al., 2023; Zicha, 1999).

## 4.2 Bioindikace a biomonitoring

Jelikož lišejníky nemají žádné kořeny, pouze rhizodiální snopce tvořené mykobiontem (tzv. rhiziny), veškeré zdroje příjmu živin přijímají ze vzduchu a okolí celým povrchem stélky. Oproti cévnatým rostlinám nedisponují ochrannou vrstvou jako je např. kutikula, takže jsou podstatně více vystaveny příjmu veškerých polutantů, které se v ovzduší objevují, např. oxid siřičitý, dusičnany, radioaktivní prvky, těžké kovy, fluor atp. Společně s absorpcí vody a živin tak lišejníky přijímají vzdušné polutanty, které se následně hromadí v jejich pletivech. Navíc se morfologie lišejníků nemění během ročních období, kvůli čemuž se škodliviny v jejich stélkách akumulují po celý rok. Účinky škodlivin na lišejníky mohou být kupříkladu: snížení jejich reprodukčního potenciálu, tedy schopnosti generativního i vegetativního množení; redukce růstu jedinců; změna barev, blednutí; změny v chloroplastech, degradace chlorofylu; rozpad membránové integrity; zvětšení vakuol. Kvůli jejich citlivosti na znečištění jsou proto užitečné jako bioindikátory. V průběhu uplynulých dekád lze pozorovat, že hojnost a diverzita lišejníků klesá na úkor vzrůstající míře urbanizace a industrializace. Zejména oxid siřičitý (SO<sub>2</sub>) je silně spojován s úbytkem

v populacích lišejníků. Tato zplodina vznikající při spalování fosilních paliv narušuje fotosyntézu a přenos sacharidů mezi fotobiontem (řasou či sinicí) a mykobiontem (houbou). Oxid siřičitý je rovněž nedílnou složkou kyselých dešťů, které mohou mimo jiné zhoršovat způsobilost a využitelnost borky stromů jakožto substrátu pro růst epifytických lišejníků. Zároveň kyselé deště negativně ovlivňují také lišejníky rostoucí na jiných substrátech, tedy epilitické i terestrické druhy. Se vzrůstající koncentrací oxidu siřičitého klesá četnost lišejníků v dané oblasti. Veškeré populace však nikdy úplně nevymizí, protože rozličné druhy lišejníků se liší v úrovni tolerance vůči polutantům. Některé mohou vydržet v poměrně závažně postiženém prostředí, zatímco jiné jsou náchylné na sebemenší vychýlení z jejich ekologické niky (Kett et al., 2005; Skalka, 2004b).

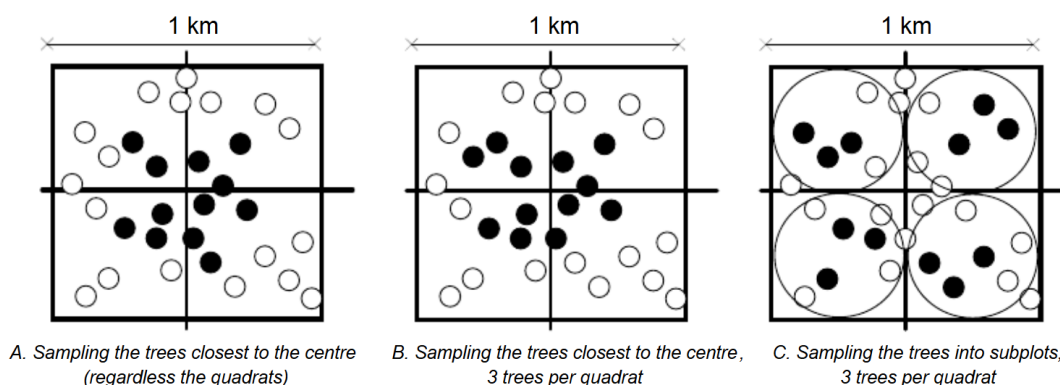
Údaje vycházející z míry poznání o druhové diverzitě lišejníků na našem území pokrývají posledních 100-150 let. Z těchto dat vyplývá, že lišejníková biodiverzita se u nás za poslední necelá dvě století markantně proměnila. V některých regionech ČR došlo k silné redukci lichenoflóry, či přinejmenším její nemalé obměně citlivých epifytických druhů. S největší pravděpodobností se tak stalo právě v důsledku silného znečištění ovzduší průmyslem a emisemi z lokálních topenišť, a také intenzivním lesním hospodařením, jímž byla oblast střední Evropy významně poznamenána. Lesní hospodaření tehdy zasáhlo i původní pralesní porosty, zejména v horských oblastech. Tím došlo k narušení přirozených lesů a lokálních mikroklimatických podmínek i mezoklimatu rozsáhlých regionů. Imise, které kontaminovaly životní prostředí, způsobily acidifikaci substrátů, tedy došlo ke změnám pH v borkách dřevin atp., což stálo za decimací výskytu mnoha citlivých epifytických druhů lišejníků. Namísto nich později expandovaly jiné, acidofilní druhy, např. strupka lasturnatá (*Hypocenomyce scalaris*), misnička práškovitá (*Lecanora conizaeoides*), nebo m. řasová (*Scoliciosporum chlorococcum*), která dnes nicméně opět ustupuje a stává se vzácnější. Zásadní změny se dotkly i některých terestrických lišejníků, na nichž se poznamenal způsob hospodaření a zemědělství, a to zejména v období socialismu. Došlo k výraznému ústupu druhů jako blýskavka žlutá (*Fulgensia fulgens*), lišejka žlutavá (*Heppia lutosa*), hávnatka křivožebrá (*Peltigera venosa*), či misnička čočkotvará (*Squamarina lentigera*). Jelikož došlo v 90. letech k výraznému odsíření tepelných elektráren, nastal následně i úbytek intenzity kyselých dešťů, což umožnilo alespoň částečný návrat původních lišejníků. Avšak vysoká míra eutrofizace krajiny v současnosti způsobuje, že některé druhy

lišejníků stále ubývají. Na zvýšené hodnoty dusíkatých látek a nadbytek živin vlivem eutrofizace naopak reagují nitrofilní druhy, které dnes nejvíce expandují a dominují v naší přírodě. Jedná se např. o terčovník zední (*Xanthoria parietina*) či t. odstávavý (*Physcia adscendens*). Eutrofizace má značný vliv na terestrické druhy lišejníků, jelikož konkurenčně silnější cévnaté rostliny z ní více benefitují. Ty pak dovedou osidlovat i velmi extrémní stanoviště, na nichž doposud prosperovaly pouze lišejníky. Na současných změnách epifytických společenstev lišejníků se s největší pravděpodobností podílí také globální klimatické změny. Vysoká míra ohrožení se týká reliktních horských a zejména arktoalpinských druhů, jelikož podmínky u nás jsou mimo jejich ekologické optimum, tudíž jejich výskyt u nás se může v budoucnu stát minulostí. Časové i prostorové výkyvy srážek mohou negativně ovlivnit i suboceanické lesní druhy s náročnější ekologickou valencí (Liška & Palice, 2010; Malíček et al., 2023).

Jedna z možností biomonitoringu je tzv. výpočet diverzity lišejníků. Hodnota indexu lišejníkové diverzity LDV (Lichen Diversity Value) je odvozena podle následujícího postupu: nejprve je stanovena vzorkovací jednotka (j), na které bude měření prováděno. Velikost jednotky se může lišit v závislosti na geografické poloze, terénu, požadovaném měřítku studie apod. Standardně však k měření bývá vytyčena plocha od  $0,25 \times 0,25$  km do  $1 \times 1$  km. Větší vzorkovací jednotky nejsou doporučovány, jelikož mohou způsobovat několik praktických problémů (Asta et al., 2002). Po zvolení jednotky je třeba určit stromy (i), na kterých bude měření prováděno. Vhodný počet stromů k měření se odvíjí od velikosti jednotky, počty se většinou liší od 3 do 12 stromů. Jelikož je v jednotce více stromů, než na kolika bude měření realizováno, je třeba jejich určení provést na základě vybrané statisticky validní metody. Objektivními metodami mohou být např.: a) výběr vhodných stromů nejbližšího středu vzorkovací jednotky, bez ohledu na jejich polohu v jednotce (obr. 5A), b) rozdělení jednotky do čtyř kvadrantů a výběr 3 stromů z každého kvadrantu, a to buď stále s ohledem na vzdálenost od středu vzorkovací jednotky (obr. 5B), nebo c) výběr 3 stromů v centru nově rozdělených dílčích sektorů (obr. 5C) (Asta et al., 2002; Ferretti & Erhardt, 2002).

## Obrázek 5

*Různé metody výběru stromů k výpočtu lišejníkové diverzity ve vzorkovací jednotce.*

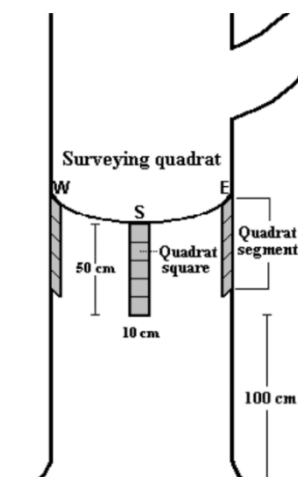


(Ferretti & Erhardt, 2002)

Na každém stromu (i) v jednotce jsou následně sečteny četnosti všech druhů lišejníků z každé světové strany. Měření druhů na jednotlivých světových stranách kmene se provádí ve výšce 1 metr nad zemí, kde je vymezeno 5 čtvercových úseků  $10 \times 10$  cm nad sebou (viz obr. 6). Při lokalizaci úseků by se mělo vyhnout poškozeným či odkorněným částem kmene, sukům a místům, kde je zakrytí kmene mechy či játrovkami vyšší než 25 % (Asta et al., 2002). Z každé světové strany je četnost druhů počítána separátně, jelikož mohou být předpokládány značné rozdíly mezi rostoucími lišejníky na různých expozicích kmene stromu. Pro každý strom vzejdou tedy čtyři součty četnosti (SF – Sum of Frequencies) druhů: SF<sub>iN</sub>: součet četnosti druhů lišejníků na severní straně stromu; SF<sub>iE</sub>: součet četnosti na východní straně; SF<sub>iS</sub>: součet četnosti na jižní straně; a SF<sub>iW</sub>: součet četnosti na západní straně. Dalším krokem je výpočet aritmetického průměru součtu četnosti (MSF – Mean Sum of Frequencies) pro každou světovou stranu (N, E, S, W) ve vzorkovací jednotce. Např. vzorec pro výpočet zaznamenaných druhů na severní straně všech stromů v jednotce vypadá takto:  $MSF_{Nj} = (SF_{1Nj} + SF_{2Nj} + SF_{3Nj} + SF_{4Nj} + \dots + SF_{nNj}) / n$ , kdy  $n$  je počet stromů ve vzorkovací jednotce (j). Stejný výpočet se posléze opakuje pro východní (MSF<sub>Ej</sub>), jižní (MSF<sub>Sj</sub>) a západní (MSF<sub>Wj</sub>) světové strany. Konečná výsledná hodnota lišejníkové diverzity LDV pro měřící jednotku je součtem průměrných četností druhů (MSF) světových stran, tedy:  $LDV_j = MSF_{Nj} + MSF_{Ej} + MSF_{Sj} + MSF_{Wj}$ .

## Obrázek 6

*Úseky měření lišejníků na jednotlivých světových stranách kmene stromu.*



(Asta et al., 2002)

Díky odolnosti lišejníků k extrémním podmínkám a širokému rozšíření je z hlediska ročního období možné studovat tuto skupinu kdykoli a defacto kdekoli. Kvůli nepříznivému počasí však lze doporučit teplejší měsíce v roce. Stran kýženého rozmanitého druhového zastoupení lišejníků lze doporučit jako ideální prostředí les. Zároveň při plánování terénního výzkumu či vyučování je třeba myslet na to, že mohou u lišejníků během deště či sněhu nastat určité fyziologické změny (Kett et al., 2005). Měření kvality ovzduší čili biomonitoring pomocí lišejníků lze integrovat jak do výuky biologie a ekologie, tak chemie, zeměpisu, matematiky a dalších přírodovědných oborů, ale i dalších, jako výtvarná výchova (fotografování, kreslení aj.). Související témata jsou ekologie, znečištění, změna klimatu, biodiverzita a další. Díky rozsáhlému geografickému výskytu lišejníků lze studie provádět prakticky odkudkoli. Další výhodou je, že lišejníky jsou relativně pomalu rostoucí organismy, což umožňuje dlouhotrvající pozorování. Rozsah zkoumání lze uzpůsobovat dle věku zúčastněných, znalostí vyučujícího, časové dotace a ochoty skupiny se do tématu zajímat.

### 4.3 Využití lišejníků

Lišejníky mohou sloužit jako biotop a ekosystém pro další organismy. Může sloužit jako úkryt bezobratlých živočichů, potrava pro zvířata aj. Stélky lišejníků mohou být domovem pro více organismů, jako např. kvasinky, jiné houby nebo dokonce více fotobiontů či jejich

obměna (Dal Grande, 2017; Rolshausen, 2020). Kromě funkce lišejníků jako potrava pro býložravá zvířata v severských tundrách (Pelikánová et al., 2021), ale i v dalších biomech napříč podnebnými pásy, lišejníky historicky měly a dodnes mají široké uplatnění i ve využití člověkem. Od dávných časů sloužily jako obživa pro lidi, navíc v mnoha druzích jsou přítomny zdraví prospěšné látky jako vitamin C a sekundární metabolity jako kyselina usnová aj. (Žídková et al., 2017) a dodnes se užívají při přípravě některých pokrmů (Skalka, 2003). Ve vojenské příručce britských jednotek SAS je uveden postup na zhotovení sirupu z lišejníkových stélek, a navíc je zde uvedeno, že zkvašené lišejníky ze sobího žaludku (v případě ulovení soba v arktických oblastech) lze v případě nutnosti přežití doporučit, jelikož jsou jednodušeji stravitelné. Někteří Eskymáci toto dokonce považují za pochoutku (Wiesman, 2004). Vyjma potravy pro lidi našly v minulosti lišejníky i využití jako léčiva – dodnes jsou známy běžně užívané Müllerovy pastilky z puklérky islandské (*Cetraria islandica*), která má prokazatelné účinky proti kašli, zánětům průdušek i zápalům plic. Navíc jde o jediného zástupce lišejníků v lékopise České republiky, který lze běžně zakoupit v lékárnách pro přípravu čajů směřujících k léčbě výše uvedených zdravotních problémů. V Indii je v tradiční medicíně užívána hávnatka psí (*Peltigera canina*) k léčbě onemocnění jater. Historicky docházelo z lišejníků k výrobě antibiotik, různých mastí, ale i jedů (některé sekundární metabolity lišejníků mohou vyvolat nemalá podráždění) (Skalka, 2003; Svoboda, 2023). Lišejníky od pradávna sloužily také jako troud k rozdělení ohně či přímo palivo, samozřejmě pokud byly dostatečně suché. Již ve starověkém Egyptě lidstvo vynalezlo jejich využití v kosmetice a následně parfumerii. Stélky větvičníku slívového (*Evernia prunastri*) byly součástí balzámů během mumifikace zemřelých. Severoameričtí indiáni se líčili oranžovými barvivy i z u nás rostoucího terčovníku pohledného (*Xanthoria elegans*). Ve střední Asii i v Evropě byly lišejníky využívány v různých formách jako přípravek k péči o vlasy. Drcené stélky byly v 17. století součástí voňavých pudrů díky obsaženým silicím. Svůj význam však mají u parfémů především jako nosiče vůně nežli její přímý zdroj. Kromě větvičníku slívového (historicky byl sbírán a zpracováván i na našem území, jeho nejvýznamnějším exportérem byla bývalá Jugoslávie, kde se na přelomu 80. a 90. let sklízelo a vyváželo až pět tisíc tun stélek ročně) se v parfumerii vyskytují i terčovka otrubčitá (*Pseudevernia furfuracea*), důlkatec plicní (*Lobaria pulmonaria*) či určité druhy z rodu stužkovec (*Ramalina*). Nedílnou součástí významu lišejníků napříč historií je jejich využití

coby barviv na textilie. Důkazem je papyrus ze starověkého Řecka, na němž je popsáno 27 rozličných návodů na barvení látek s jejich pomocí. V období 18.-19. století dostalo barvířství velkého rozmachu. Dodnes se užívá lišejníkové barvivo lakmus, na které lze někdy narazit např. ve školních laboratořích v podobě lakmusových papírků, sloužících jako pH indikátory k určování kyselosti. Barvy lakmusu jsou nestálé, pohybují se od červených a purpurových až po fialové a nejčastěji modré. Odstín lakmusu je krom případných chemických reakcí dán druhem lišejníku, který byl k jeho výrobě použit. Základními lišejníky k výrobě lakmusu byly druhy rodu skalačka (*Rocella*), strupatka strupatá (*Ochrolechia tartarea*), pupkovka puchýrnatá (*Lasallia pustulata*) a děratka korálová (*Petrusaria corallina*). Všeobecně k výrobě červenofialových odstínů byly zpracovávány různé druhy terčovek (*Parmelia*), větvičníků (*Evernia*) nebo vousatců (*Alectoria*). K jiným barvám sloužily např. hávnatka psí (*Peltigera canina*) – světležlutá, provazovka vousatá (*Usnea barbata*) – žlutá, či dutohlávka sobí (*Cladonia rangiferina*) – hnědožlutá. Nejběžněji barvenými látkami byly vlněné nebo hedvábné, obtížněji barvitelné pak byly lněné či bavlněné tkaniny. Dodnes se k barvení textilu používají lišejníky u tradičních skotských tartanů a při výrobě skotského Harris Tweedu (oděv s vlněným povrchem, česky tvíd). K barvení vlny do fialových odstínů byla využívána skalačka chaluhovitá (*Rocella fuciformis*) (Skalka, 2004a). Význačné je využití lišejníků jako bioindikátorů (viz předchozí kapitola). Bioindikaci nepřímo však využívali již aljašské indiánské kmeny, které hledaly nory svišťů k lovu podle toho, kde rostly nápadně žluté lišejníky rodu terčovník (*Xanthoria*). Svišti zanechávali svoje exkrementy na místech v blízkosti nor, čímž docházelo k obohacování tamního substrátu dusíkem. Díky tomu tam pak tyto lišejníky rostly hojněji, a obyvatelé sviště snáze našli (Skalka, 2004b). Využití lišejníků se ve světě objevuje v mnoha dalších oblastech. Hojně jsou užívané lidmi jakožto rozličné dekorační materiály. Objevují se na figurkách (např. jako součást různých betlémů či postava Krakonoše v našich Krkonošských horách), suvenýrech, hřbitovních a smutečních věncích, tanečních maskách domorodých kmenů apod. užívají je i floristé a aranžéři pro své výtvary. Lišejníky mohou být vítané i na některých památkách, kde mohou dodávat dojem starobylosti a dle některých názorů vytvoří na povrchu ochrannou vrstvu a památku pod sebou tak chrání před klimatickými vlivy. Na britských a irských hřbitovech bylo prokázáno, že náhrobky poskytují útočiště pro ohrožené druhy lišejníků. Jindy je však růst lišejníků na památkách

nežádoucí, jelikož ve stélkách obsažené kyseliny (např. kyselina lekanorová) mohou povrch chemicky naleptat a poškodit. Mechanicky může dojít k poškození památky kvůli rhizinům, které vrůstají hlouběji do substrátu (Skalka, 2003; Skalka, 2004a). Lišejník mapovník zeměpisný (*Rhizocarpon geographicum*) byl využit i při vědeckém vesmírném výzkumu, kdy jeho stélky byly vyslány na orbitu planety Země a po nějakém čase transportovány zpět. Ukázalo se, že stélky zůstaly beze změn, což může potvrzovat panspermickou teorii o vzniku života na Zemi (Žídková et al., 2017). Dále můžeme narazit i na zcela praktické využití lišejníků k utěsnění spár okolo oken domů, např. druhy dutohlávek (*Cladonia*), či k izolaci stěn srubových staveb druhy vousatce (*Bryoria*). Keříčkovitě stélkaté lišejníky sloužily k výplni matrací, peřin i polštářů. Severoameričtí obyvatelé z nich částečně tkali ošacení, např. ponča, boty či ponožky, jako náhradu kožešin. Absorpční vlastnosti provazovky vousaté (*Usne barbata*) našly využití při dámské hygieně a k balení dětí před existencí plen. Bylo zaznamenáno i užití lišejníků jako příměs do tabáku či jeho úplná náhrada a jejich kouření. Domnělé halucinogenní účinky však nejsou podloženy (Skalka, 2004a).

#### 4.4 Lišejníky v RVP

Lišejníky u nás v rámcovém vzdělávacím programu pro základní vzdělávání (RVP ZV) i v rámcovém vzdělávacím programu pro gymnázia (RVP G) spadají do vzdělávací oblasti Člověk a příroda. Na základních školách náleží do vzdělávacího oboru Přírodopis, na gymnáziích se vzdělávací obor nazývá Biologie. Do roku 2021 byl v RVP ZV očekávaný výstup týkající se lišejníků zařazen do Vzdělávacího obsahu (též tematický okruh) vzdělávacího oboru (Přírodopis), s označením Biologie hub. Konkrétní výstup zněl: „P-9-2-03 Žák objasní funkci dvou organismů ve stélce lišejníků.“ Minimální doporučená úroveň pro úpravy očekávaných výstupů v rámci podpůrných opatření byla: „P-9-2-03p Žák pozná lišejníky.“ V sekci Učivo pak byl bod: lišejníky – stavba, symbióza, výskyt a význam. Došlo však k redukci rámcového vzdělávacího programu a očekávaný výstup i minimální doporučená úroveň pro úpravy očekávaných výstupů v rámci podpůrných opatření byly z RVP ZV odstraněny. V aktuálním dokumentu RVP ZV z roku 2023 tak pod tematickým okruhem Biologie hub zůstal pouze zredukovaný bod v sekci Učivo: lišejníky – výskyt a význam. Učivo lišejníků v základním vzdělávání tak nyní pravděpodobně spadá do jediného přetrvávajícího očekávaného výstupu v tematickém okruhu Biologie hub:

„P-9-2-01 Žák rozpozná naše nejznámější jedlé a jedovaté houby s plodnicemi a porovná je podle charakteristických znaků (Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělání, 2021; 2023).“

V RVP G ke změnám v tomto tématu nedošlo. Aktuálně jsou lišejníky zmiňovány ve Vzdělávacím obsahu vzdělávacího oboru (Biologie) (neboli tematickém okruhu): Biologie hub (stejně jako u RVP ZV). Konkrétní očekávané výstupy zní: „žák pozná a pojmenuje (s možným využitím různých informačních zdrojů) významné zástupce hub a lišejníků,“ a „žák posoudí ekologický, zdravotnický a hospodářský význam hub a lišejníků.“ Učivo pak obsahuje (společně s bodem stavba a funkce hub) bod: stavba a funkce lišejníků (Rámcový vzdělávací program pro gymnázia, 2023).

V českých učebnicích přírodopisu se objevují nebo jsou zmiňovány následující zástupci lišejníků: dutohlávka lesní (*Cladonia arbuscula*), dutohlávka pohárkatá (*Cladonia pyxidata*), dutohlávka prstítá (*Cladonia digitata*), dutohlávka sobí (*Cladonia rangiferina*), dutohlávka třásnitá (*Cladonia fimbriata*), hávnatka psí (*Peltigera canina*), huspeník zelenohnědý (*Collema fuscovirens*), mapovník zeměpisný (*Rhizocarpon geographicum*), provazovka obecná (*Usnea filipendula*), puklěčka islandská (*Cetraria islandica*), pupkovka srstnatá (*Umbilicaria hirsuta*), skalačka chaluhovitá (*Roccella fuciformis*), terčovka bublinatá (*Hypogymnia physodes*), terčovka skalní (*Parmelia saxatilis*), terčovník zední (*Xanthoria parietina*), větvičník slívový (*Evernia prunastri*) a rod misnička (*Lecanora*) (viz Češíková, 2022).

## 5 Související vědecký výzkum

Na téma lišejníků, mimoškolního vzdělávání a výuky a v přírodě proběhlo v posledních letech vícero výzkumů a projektů, mj. zaměřených i na rozvíjení přírodovědné gramotnosti. Nejvíce osvědčené výukové metody se ukázaly ty, při nichž studenti pracovali ve skupinách a aktivně se podíleli na procesu učení. Celkově výzkumy poukazují na vysokou úroveň (respektive efektivitu) výukových aktivit, které mají dobrý úvod do problematiky, srozumitelné pokyny a zahrnují aktivní účast a interaktivitu účastníků. Studie rovněž ukázaly, že při aktivním vyučování a učení se v přírodě se výrazně zvyšuje uchování znalostí, zintenzivňuje se motivace a učení vyššího řádu a rozvíjejí se praktické dovednosti. Existují důkazy, které naznačují, že dobře naplánovaná, vedená a řízená výuka v přírodě a práce v terénu může mít pozitivní vliv na dlouhodobou paměť díky zapamatovatelným zážitkům (Kern & Carpenter, 1986). Zkušenosti z outdoorové výuky mohou vést k individuálnímu růstu a zlepšení sociálních dovedností. Ještě důležitější je, že dochází ke znatelnému posílení afektivní i kognitivní oblasti. Studenti jsou však různí: někteří mají rádi práci v terénu a někteří nikoliv. Neoblíbená, a tudíž chabá práce v terénu tak pravděpodobně povede i k nedostatečnému zapamatování a přijmutí nečerpaných informací. Výuka v terénu s sebou může přinášet určité limity. Stran vyučujících mezi ně patří např. strach a obavy o zdraví a bezpečnost; nedostatečná důvěra učitelů ve výuku venku; požadavky učebních osnov, resp. kurikula, které omezují možnosti výuky venku; nedostatek času, zdrojů a podpory aj. Výzkum zkušeností žáků s venkovními výukovými aktivitami naznačuje, že zároveň existuje několik faktorů, které mohou usnadnit anebo ztížit výuku ve venkovním prostředí. Mezi ně lze řadit strukturu, délku trvání a způsob vedení venkovní výuky; charakteristiky, zájmy a preference daných studentů; povahu a novost prostředí, kde je venkovní výuka realizována (Jeronen et al., 2016).

### 5.1 Lišejníky a environment jako laboratoř pro výuku přírodních věd

Jeden z výzkumů, který využíval přírody jako laboratoře pro přírodovědné vzdělávání, proběhl v Malajsii. Výzkum byl proveden na malajsijských žácích, zabýval se problematikou nezájmu dětí o přírodovědné obory (science) a navrhl inovativní metodu výuky přírodovědných předmětů, která by pro ně byla zábavnější. K tomu měla posloužit venkovní biologická aktivita zaměřená na měření kvality ovzduší a pozorování lišejníků. Ta

byla koncipována tak, aby propojila s biologií také chemii, ekologii, zeměpis, matematiku a občanskou i výtvarnou výchovu. Vzorek čítal 64 přírodovědně zaměřených žáků (ročník „Form 4“, tedy věk 15-16 let). Jejich výběr provedli učitelé celkem z osmi škol.

Výzkumné otázky byly 3: 1. Dojde ke změně úrovně znalostí žáků učiva lišejníků prostřednictvím výukového plánu o lišejnících (lichen module = výukový modul o lišejnících), který využívá přírodu jako učební laboratoř? 2. Dojde ke změně úrovně kompetencí v oblasti přírodovědné gramotnosti a dovedností (science process skill) na základě výukového plánu o lišejnících, který využívá prostředí jako učební laboratoř? 3. Jaké jsou silné a slabé stránky přírodovědného programu, který byl organizován na základě využití výukového plánu o lišejnících, z pohledu učitelů a žáků?

Učení bylo zrealizováno pomocí vytvořeného výukového plánu o lišejnících (module on lichens). Tento modul byl navržen, aby kladl důraz na využití přírodního prostředí jako laboratoře pro výuku přírodních věd a nejen prostor, kde výuka probíhá. Výukový plán/modul sestával ze série aktivit, které probíhaly dva dny. Úvodní výukové přednášky přednesl odborník na lišejníky, ostatní aktivity proběhly ve skupinách po 12-14 žácích pod vedením školených facilitátorů. Pro ověření všech kýžených výsledků (změna u účastníků v oblasti chápání lišejníků, úrovně přírodovědných kompetencí atp.) byla využita sada dotazníků a pre a post testů. Testy obsahovaly 10 „multiple choice“ otázek o znalostech lišejníků a 17 otázek využívajících Likertovu škálu od 1-5 (naprosto nesouhlasím – naprosto souhlasím) o úrovni přírodovědných dovedností (science process skills) a kompetencí. Na závěr vzdělávacího programu obdrželi žáci zpětnovazební dotazník opět využívající stejné Likertovy škály od 1-5. Dotazník poptával účastníky na znalosti, které během programu získali, na experimentální aktivity, které s lišejníky prováděli a na jejich hodnocení výukového modulu. Dále byli žáci dotazováni na přístup k výuce mimo školní třídu a realizace programu jako celku.

Výsledky byly vyhodnoceny deskriptivní analýzou, u níž se vycházelo z průměrných hodnot, směrodatné odchylky, četnosti a procentuálního podílu a t-testu. Zpětná vazba účastníků byla vyhodnocena rovněž deskriptivní analýzou, a to pomocí průměru a směrodatné odchylky.

Jako hlavní zjištění a jejich platnost se ukázalo následující: rozsah správných odpovědí byl v pre testu od 14.1 % do 98.4 %, v post testu od 15.6 % do 98.4 %. U 7 testových otázek procentuálně vzrostla správnost odpovědí. Nejvýraznější bylo zlepšení v poznávání druhů lišejníků, kde byla o 50% větší správnost odpovědí. U jedné testové položky však chybovost vzrostla, a to u otázky týkající se určování četnosti lišejníků. Autoři se domnívají, že mylná představa o četnosti lišejníků může být způsobena tím, že se všichni žáci nemohli podílet na všech praktických aktivitách kvůli velkému počtu žáků ve skupinách. Výsledky dále ukázaly, že u žáků došlo ke zvýšení úrovně znalostí týkajících se lišejníků a jejich využití jako bioindikátorů pro měření úrovně znečištění ovzduší. U 10ti otázek z „multiple-choice“ testu se hodnoty správných odpovědí zvýšily z 4,44 na 5,81. Dle autorů se jedná o značné zlepšení, když je  $p$ -hodnota menší než 0,05. U otázek zaměřených na přírodovědné dovednosti (science process skills) se výsledky zvýšily z průměrných hodnot 3,35 na 3,56. Z odpovědí žáků vyplynulo, že druhá výzkumná otázka je mylná, tzn. že k výraznějšímu zvýšení přírodovědných dovedností a kompetencí dojde pouze dočasně, během samotného výukového programu. Ze zpětné vazby vyšlo najevo, že program byl uspokojivý jak pro žáky, tak pro učitele. Účastníci se shodli, že program byl úspěšný ve zvýšení jejich znalostí o lišejnících a na jeho snadné aplikovatelnosti v rámci enviromentálních studií. Z hlediska organizace vyšel celý program kladně hodnocený v rámci přístupu, logistiky i pohostinství. Účastníci i učitelé na závěr přispěli i návrhy na zlepšení do budoucna.

Limitem provedeného výzkumu, jak bylo zmíněno výše, by mohl být větší počet žáků ve skupinách (12-14), kvůli kterému se nemuseli všichni vždy plně zapojit do aktivit, přestože byly různorodé, a žáci se v jednotlivých rolích obměňovali, aby si vyzkoušeli vše. Dalším limitem může být běžná použitelnost ve výuce, jelikož je program koncipovaný na dva dny. Dalo by se to ale pojmout jako víkendová biologická exkurze (Samsudin et al., 2012).

## **5.2 Epifytické lišejníky jako bioindikátory znečištění ovzduší**

Kett et al. (2005) se ve svém článku zaměřili na bioindikaci a znečištění ovzduší. V úvodu uvádějí, že představení environmentálních problémů žákům může být výzvou. Zejména pak v případě něčeho nepříliš hmatatelného, jako je právě znečištění ovzduší. Žáci se ve školách učí (a díky tomu pak mají obecnou představu) o pojmech jako je skleníkový efekt, kyselý déšť, změna klimatu apod., avšak v mnoha případech se tyto problémy zdají příliš velké

a nedosažitelné. Pro žáky tak může být těžké tato témata uchopit a pojmout, jak vlastně souvisí s jejich každodenními životy. Faktem je, že např. kácení lesů je může ohrozit, ač si to nemusí uvědomovat. Autoři tak přicházejí s apelem, že vyučující by měli svým studentům ekologické problémy s životním prostředím vyjevit jako relevantní, lokální a konkrétní. Měli by ukázat, jak tyto problémy ovlivňují místní prostředí a přírodu způsoby, které mohou žáci skutečně vidět a pocítit. Jedním ze způsobů, jak žákům znečištění ovzduší zprostředkovat, je právě monitorování kvality ovzduší za užití lišejníků jako bioindikátorů.

### **5.3 Lišejníky jako bioindikátory kvality ovzduší a dopad na výsledky u studentů středních škol**

Samsudin, Daik, Abas a další (Samsudin et al., 2013) v této studii pokračovali v zaměření na učení se přírodním vědám venku (viz Samsudin et al., 2012) a z toho vyplývající přínos ve vzdělávání. Interakce s prostředím představuje pro studenty přidanou hodnotu. V rámci toho výzkumu byly získány data z dvoudenního cvičení na téma lišejníky jako bioindikátory kvality ovzduší. Cílem šetření bylo, aby studenti porozuměli různým aspektům, které lišejníky v přírodě představují a jejich roli jakožto bioindikátorů. Studenti byli seznámeni s následujícími pojmy a dovednostmi: charakteristika řas, pojem lišejník, druhy lišejníků, příčiny znečištění ovzduší a jeho vliv na životní prostředí, určování znečištěného ovzduší a případné jeho úrovně, způsoby měření četnosti lišejníků a kvality ovzduší, faktory určující kvalitu ovzduší, význam a funkce lišejníků jako bioindikátorů a jejich vliv na kvalitu ovzduší. Dvoudenního semináře se zúčastnily čtyři školy, přičemž dvě školy se nacházely ve venkovských oblastech a dvě v oblastech městských. Celkem 125ti studentům byly před začátkem projektu rozdány pre-testy na téma lišejníky, po nichž následovaly krátké přednášky, instruktáž k praktickým činnostem a práci v terénu a prezentace studentů. Na konci výzkumu studenti obdrželi post-test.

### **5.4 Výukové metody ve výuce biologie a vzdělávání v oblasti udržitelnosti včetně vzdělávání v přírodě**

Udržitelný rozvoj patří do kurikula vzdělávání v mnoha zemích světa včetně České republiky. Právě v biologii souvisí s výukou udržitelnosti mnohá témata. Jedná se zejména o oblasti ekologie, biodiverzity, ochrany přírody a systémové biologie. Podle Palmbergové

et al. (2015) je schopnost identifikovat biologické druhy důležitá (vyjma standardních odvětví biologie jako např. ekologie, evoluce, genetika) pro lepší pochopení biodiverzity a otázek týkajících se životního prostředí a udržitelného rozvoje. Biologické jevy spojené se společenskovedními otázkami, jako je např. změna klimatu, potřebují k důkladné výuce a učení integrativní a interdisciplinární přístup. V tomto směru se lišejníky jeví díky svým přednostem (jak bylo popsáno výše) jako vhodný prostředník, kterým by mohl být tento okruh témat dětem, resp. žákům snadno zprostředkovan. Při výuce biologie ve spojení s výukou udržitelnosti mohou být užitečné výukové metody, jako je zážitkové, kooperativní, experimentální vyučování, problémové vyučování (problem-based learning), badatelsky orientovaná výuka, metody s využitím digitálních technologií, a především venkovní aktivity a outdoorová edukace.

Terénní cvičení a exkurze, resp. outdoorové výukové aktivity, představují samy o sobě nedílnou součást biologie a přírodních věd. Zahrnují mnoho rozličných cílů, obsahů a výukových prostředí, a proto se také liší ve své účinnosti a výsledcích. Společným rysem výuky mimo školu je, že všechny aktivity jsou uspořádány v autentickém, často přírodním prostředí, v němž mohou studenti propojit své teoretické myšlení se zkušenostmi z různých variací a podob živé přírody. Kromě terénních prací a exkurzí zahrnují aktivity v přírodě četné interdisciplinární aspekty světa mimo školu. Výuka v přírodě může být uspořádána např. jako zážitková pedagogika, dobrodružná výchova, terapie dobrodružstvím či divočinou, environmentální výchova v přírodě, rekreace v přírodě nebo expedice a další. Autoři studie (Jeronen et al., 2016) uvádějí, že rozvíjení vztahu k přírodě je důležitým předpokladem pro pochopení udržitelnosti. Proto různé přístupy k výchově a vzdělávání v přírodě (více viz Rickinson et al., 2004), zejména společně s prací v terénu, výlety a studiem přírody, významným způsobem přispívají ke zvyšování ekologické gramotnosti – tedy porozumění klíčovému ekologickému systémům s využitím zdravého ekologického myšlení, a také pochopení podstaty ekologické vědy a jejího propojení se společností. Dalšími důležitými výsledky učení v přírodě jsou propojení s přírodou, pozitivní environmentální postoje a povědomí o problematice ochrany přírody. Zážitky z pobytu v přírodě jsou pak opět nejdůležitějším faktorem spojeným se zájmem o biologii a životní prostředí. Výsledky několika výzkumů potvrzují markantně lepší výsledky učení žáků, pakliže získávají přímé

zkušenosti a studují v autentickém prostředí, jako jsou farmy a přírodní prostředí (cf. Uitto et al., 2006; Nazir & Pedretti, 2015)

## **5.5 Přírodovědné vzdělávání prostřednictvím skautingu**

Jak bylo zmíněno v předchozích kapitolách, ve světě se těší oblibě dobrovolnické organizace pro mládež, jako skauting a obdobné spolky. Témata vycházející z přírodních věd jsou nedílnou součástí jejich programu pro děti a mladistvé. Autorka Ruth Jarman (Jarman, 2005) upozornila ve svém článku na to, že skauting představuje nedostatečně prozkoumané působiště neformálního přírodovědného vzdělávání. Její studie zahrnovala šetření s dětmi ve věku od 8 do 10 a půl let a jejich oddílovými vedoucími. Probandi s ní absolvovali rozhovory, odpověděli na dotazník a sehráli hru s rolími bez předepsaného scénáře na téma přírodních věd. Bylo zaznamenáno, že její výzkum představoval pro účastníky osobitou a poutavou mimoškolní přírodovědnou zkušenost. Výsledkem šetření se ukázalo, že vzdělávání ve skautingu má vlastnosti a rysy, které se mezi formálním a neformálním vzděláváním kloní více na stranu neformálního vzdělávání; zároveň však vyšlo najevo, že se vzdělávání v rámci skautu blíží kurikulu více, než se předpokládalo, ačkoli se nejedná vyloženě o pedagogiku jako takovou. Odpovědi dětí, afektivní i kognitivní, naznačují potenciální plodnou oblast pro další výzkum v této oblasti (Jarman, 2005).

## 6 Navržení didaktického programu

Při vytváření didaktického programu o lišejnících byly používány informace a poznatky popsané v předchozích kapitolách této práce a dále byla provedena rešerše pracovních sešitů a učebnic pro druhé stupně základních škol: Fraus – Přírodopis s nadhledem 6: hybridní pracovní sešit (Pelikánová, 2019), Fraus – Přírodopis 6 - nová generace (Pelikánová et al., 2021), Taktik – Hravý přírodopis 6 - pracovní sešit (Karešová et al., 2017), Taktik – Hravý přírodopis 6 - učebnice (Žídková et al., 2017). V rámci této rešerše došlo ke zmapování objemu informací týkajících se tématu lišejníky a k utvoření představy, s jakými informacemi na toto téma se žáci v ČR mohou během výuky setkat – tedy jaké mohou mít prekoncepty již např. z hodin prvouky na prvním stupni, co se objevuje za látku v jednotlivých ročnících na ZŠ apod. Při navrhování aktivit byly zároveň brány v potaz možné prekoncepty z rodiny, mimoškolního prostředí a zejména z volnočasových aktivit, skautingu aj.

Charakter tohoto edukativního programu o lišejnících by mohl být označen jako mimoškolní neformálně vzdělávací program, jehož cílovou skupinou jsou účastníci zájmové volnočasové akce – skautského tábora. Cíle programu jsou jednak kurikulární – seznámení s tématem lišejníky, jejich výskytem a významem na základě rámcového vzdělávacího programu (RVP ZV), výuka v přírodě a s ní spjaté posílení postojů i hodnot a podpora klíčových kompetencí (viz Klíčové kompetence, 2025); a skupinové – posílení týmu, vzájemná kooperace účastníků, společné vyřešení úkolů, sdílení zkušeností i informací atp. Prvky zážitkové pedagogiky se v programu objevují ve formě didaktických her, které slouží jejich zařazením buďto k motivaci a aktivizaci účastníků nebo k utvoření prožitku, následně zážitku a finální zkušenosti. Jsou zahrnuty rovněž nedílné součásti zážitkové pedagogiky, jimž jsou práce s prostorem a skupinou, příběh se symbolickým rámcem a zejména reflexe. Z hlediska environmentální výchovy by se mohl navržený vzdělávací program dotýkat všech čtyř oblastí: výchovy o životním prostředí i výchovy v životním prostředí, částečně pak výchovy pro životní prostředí i výchovy životním prostředím (Hanuš et al., 2021).

Klíčové kompetence, na jejichž posílení lišejníkový program aspiruje, jsou: 1. Kompetence k učení – účastníci mohou potřebovat během některých aktivit použít kritické myšlení, budou si sami organizovat vyplňování svého pracovního listu

a koncentrovat se na přísun (nikoli jen) nových informací během celého trvání programu.

2. Kompetence komunikační – během programu bude potřeba, aby se účastníci vyjádřili a projevíli před ostatními. Jsou plánovány momenty a situace, při nichž by mělo přijít na formulování myšlenek, názorů a možná i emocí.

3. Kompetence osobnostní a sociální – k rozvinutí této kompetence by mohlo rovněž dojít při interakcích mezi účastníky. Aktivity jsou navrhovány tak, aby byly kooperační a nikoli kompetiční. Proto by mělo dojít k upevnění mezilidských vztahů za vzájemné soudružnosti, pospolitosti a respektujícího přístupu. Přípravovaná velká hra potenciálně skýtá možností emočního rozkolu mezi hráči. Řešením může být pouze vzájemná domluva, případně tolerance. Při vyhocenějších situacích by mohlo přijít vhod užití a posílení schopnosti resilience (schopnost zvládat nepříznivé situace) a překonávání překážek.

4. Kompetence k občanství a udržitelnosti jsou zde zapojeny v environmentálním kontextu. V rámci programu dojde k zamyšlení nad otázkami ochrany přírody, globálních problémů a případné občanské angažovanosti k této problematice.

5. Kompetenci pracovní a k podnikavosti se program přiblíží spíše letmo, určité aspekty ovšem mohou mít vliv na vybrané výstupy této kompetence. Např. schopnost rozvíjet vlastní nápady a prosadit je mezi ostatními, zároveň nesení odpovědnosti za společný výsledek, čelení výzám. Teoreticky by mohla nastat i situace, kdy by bylo potřeba dovednosti vyrovnat se s neúspěchem.

6. Užití kompetence k řešení problémů bude zapotřebí ve více fázích didaktického programu o lišejnicích – během jednotlivých her a aktivit bude zapotřebí dovedností jako sběr a analýza informací, práce s textem, hledání různých řešení a vytváření pracovních plánů a postupů. Kompetence kulturní ani kompetence digitální nejsou v programu zahrnuty.

Během navrhování edukativního programu byly do jednotlivých fází zahrnuty rovněž prvky výchovy v přírodě a skautské výchovné metody (viz kap. 3.3.1). Body skautské metody se mnohdy do jisté míry prolínají s klíčovými kompetencemi nacházejícími se v RVP, jejich zahrnutí tak má stejně tak za smysl zvýšení přesahu programu účastníkům do života, jejich osobní rozvoj, posílení hodnot a postojů a podpora celoživotního učení. Zapojení do společnosti je zahrnuto v aktivitách, které se věnují ochraně přírody a globálním problémům. Program obsahuje pasáže, které nepřímou nabádají ke společenské angažovanosti, a to především i mimo skautské prostředí, v běžném životě. Bod příroda je do programu pravděpodobně zahrnut nejobsáhleji. Jedná se v podstatě o výuku v přírodě,

v přirozeném environmentu. Lišejníky jsou tak představovány v autentickém prostředí, kde s nimi mohou účastníci prakticky manipulovat a přijít (nejen) s nimi do kontaktu. V programu jsou zahrnuty taktéž další přírodní témata jako symbióza, bioindikace apod. Aspektu přírody se v rámci jednotlivých aktivit dotýkají i informace související s životním prostředím a vztahu přírodě jako takové. Učení se zkušeností představuje aplikaci získávaných znalostí do praxe. Ať už je to dešifrování rozdělených textů o lišejnících a jejich sdílení s ostatními, přeskupení a poučení po případném chybném sestavení čtveřic na základě pojmů o symbióze, či pohyb a týmové plánování v rámci hry. Hodnoty skautingu ve formě slibu či zákona v programu nikde explicitně zmíněny nejsou, prvek společenských hodnot, slušného, přátelského a respektujícího jednání by se měly nést v duchu celého didaktického programu o lišejnících. Symbolický rámeček může být v programu niterně patrný v tematickém ladění účastníků coby mladých lichenologů získávajících nové informace o těchto organismech a v označení pracovního listu jako archu lichenologa, plně se však se symbolickým rámečkem pracuje v rámci hry Postapoxid Lichenus (viz níže, kap. 6.5), kde se účastníci tematicky přenesou do postapokalyptického světa a budou svým počínáním snižovat emise oxidu siřičitého za cílem umožnění růstu lišejníků citlivých na znečištění. Program osobního růstu může být prokázán na motivaci účastníků program absolvovat a nebojkotovat. Chut' osobně se rozvinout a něco nového se naučit je podstatou tohoto bodu skautské výchovné metody. Bod dospělých průvodců bude v tomto případě představovat autor samotný, jenž bude pro účastníky po celou dobu průvodcem a podporou. Lišejníkový program obsahuje různé výzvy a aktivity, které se nemusí líbit každému, důležité je proto pro účastníky zajistit bezpečné prostředí, kde bude moci být program realizován. Zároveň zde musí dospělý (autor) figurovat jako moderátor celé skupiny, aby program mohl probíhat ve stanovené časové dotaci a případně došlo k mediaci vzniklých konfliktů a udržení pozitivního klimatu. S posledním prvkem skautské metody, družinovým systémem, je pracováno v rámci skupinových aktivit, které jsou zahrnuty ve vícero fázích programu. Během těchto týmových činností bude zapotřebí upotřebit efektivní týmovou kooperaci, různé sociální role a mezilidské vztahy.

Celková doba trvání navrženého programu je 150 minut (2 a půl hodiny). Lišejníkový program je rozdělen na dílčí fáze dle tématu a zaměření, které každé obsahují danou časovou dotaci. Struktura byla rozvržena následovně:

- Úvod – 10 minut (0-10 min)
- Zmapování lišejníků hra plus doplňování – 25 minut (10-35 min)
- Vyhledání lišejníků v okolí – 10 minut (35-45 min)
- Vyhodnocení nálezů a reflexe – 10 minut (45-55 min)
- Pauza – 10 minut (55-65 min)
- Symbióza hra a vztahy (lichenismus, mutualismus aj.) – 20 minut (65-85 min)
- Bioindikace: doplňovačka plus výklad – 10 minut (85-95 min)
- Hra Postapoxid Lichenus – 25 minut (95-120 min)
- Review a reflexe – 5 minut (120-125 min)
- Využití lišejníků člověkem: výklad a psaní poznámek – 10 minut (125-135 min)
- Závěrečné shrnutí plus reflexe – 15 minut (135-150 min)

Do harmonogramu byly započítány několikaminutové časové rezervy, kdyby došlo k neočekávanému prodloužení některé z aktivit.

K určitým aktivitám je během programu zapotřebí různých předmětů a pomůcek. Některé lze zajistit na místě, jiné je zapotřebí připravit předem a dopravit na místo (či alespoň domluvit s cílovou skupinou před dnem konání programu). Výčet pomůcek potřebných pro uspořádání programu je následující: pracovní list – arch lichenologa (viz příloha 1) pro každého účastníka, psací potřeby (propiska, psací podložka), mobilní telefon (jen organizátor), karty lišejníků (viz obr. 7), určovací klíče (Opršal & Skalka, 2015; Matějková, 2022), kartičky symbiotických vztahů (viz obr. 9), flipchart, fix na tabuli, stopky a časomíra, pravidla a karty lokací (viz příloha 2), nůžky, filtrační papír, mouka a nádoba na mouku, nádoba s vodou, šišky.

## 6.1 Zahájení programu

Před začátkem programu dojde k představení zadavatele (autora, diplomanta) a seznámení s účastníky, přičemž každý obdrží třístranný pracovní list, tzv. arch lichenologa (viz příloha 1, v níž jsou taktéž uvedeny i modelové správné odpovědi). Tyto pracovní listy byly

koncipovány dle struktury programu a jednotlivé úlohy na nich jdou popořadě v souladu s tím, jak budou probíhat jednotlivé aktivity. Účastníci do nich během programu k jednotlivým úlohám budou zapisovat nové poznatky, jež v rámci programu nabudou, vyplňovat reflexe a na konci je čeká ověřovací závěrečný kvíz. Zároveň mají možnost si do archů psát vlastní poznámky, postřehy apod.

Program je na úvod zahájen dotazem, kdo z přítomných ví, co vůbec jsou lišejníky, zda by je mohl nějak charakterizovat. Následuje krátká demonstrace místního vzorku pro představu, zpravidla terčovky bublinaté (*Hypogymnia physodes*), které se na našem území vyskytuje velice běžně. Poté následuje brainstorming, z jakých organismů jsou lišejníky tvořeny. Na základě společného sdílení účastníci vyplní pojmy „houba“, „řasa“, „sinice“ schéma „Jakými organismy je lišejník tvořen?“. Následně budou na těchto slovech objasněny termíny mykobiont a fotobiont, k nimž budou mít účastníci za úkol v tabulce roztrždit jednotlivé pojmy, co který v těle lišejníku zajišťuje za funkci. K mykobiontovi náleží pojmy: příjem vody, minerální látky, udává tvar, přichycení k podkladu; k fotobiontovi je přiřazeno fotosyntéza, glukóza (cukr). Poté proběhne společná diskuze s kontrolou, doprovázená stručným představením lišejníků jako organismů celkově – že se jedná o celoročně pomalu rostoucí organismy, které existují v extrémních podmínkách, jsou schopny odolávat výkyvům teplot i sucha, a že jsou označováni jako pionýrské organismy, jelikož osidlují území, kde se nevykytují žádné jiné vyšší rostliny, a připravují tak dané stanoviště pro další organismy k osídlení.

## **6.2 Zmapování lišejníků**

Po úvodu proběhne hra „Zmapování lišejníků“. Tato hra je zaměřena na schopnost komunikace a spolupráce v týmu, logické myšlení a posiluje kompetenci k řešení problému. Jejím smyslem je zároveň zprostředkovat základní charakteristiky lišejníků – názvy a rozdíly typů stélek, rozlišení označení lišejníků dle substrátu, na kterém rostou a jejich anatomii, respektive popis řezu stélkou. Účastníci budou rozděleni do tří týmů a princip spočívá v sestavení celkem tří různých textů o lišejnících – každý tým dává dohromady jeden text. Úkolem skupin bude zorganizovat se a co nejrychleji a nejefektivněji seskládat příslušný text. Jakmile budou mít týmy hotovo, texty si vzájemně představí a na jejich základě účastníci vyplní informace do svých pracovních listů.

Znění jednotlivých textů je: 1. Tělo lišejníků, takzvanou stélku, rozlišujeme podle typu a tvaru na korovitou – celou plochou vrůstá do substrátu; lupenitou – porůstá substrát listovými laloky, které jsou připevněny rhiziny; a keříčkovitou – přirůstá k podkladu pouze částí. 2. Podle podkladu, neboli substrátu, na kterém lišejníky rostou, rozlišujeme zástupce na epilittické – rostoucí na kamenech a skaliskách, epifytické – rostoucí na dřevinách a rostlinách a terestrické – rostoucí na půdě. 3. Svrchní a spodní stranu stélky tvoří korová vrstva. Pod svrchní korovou vrstvou je řasová vrstva – ta zajišťuje fotosyntézu. Mezi řasovou vrstvou a spodní korovou vrstvou se nachází dřeňová vrstva, která je společně s korovými vrstvami a rhiziny tvořena pouze houbou, která pak zajišťuje celkový tvar lišejníku.

Všechny tři texty byly rovnoměrně rozděleny celkem do dvanácti karet – na každé kartě jsou tři útržky, z každého textu jeden. Na lícových stranách karet se krom samotných úseků oněch textů nachází český a vědecký název lišejníku zobrazeného na druhé (rubové) straně karty. Texty byly na kartách strukturovány každý pod jinými symboly – odstavec o dělení stélek byl označen číslicemi (1-12), o dělení dle substrátu římskými číslicemi (I-XII) a o anatomii stélky písmeny z řecké abecedy ( $\alpha$ - $\mu$ ) (viz obr. 7). Na rubových stranách karet pak byly vytištěny barevné obrázky relativně běžných a známých druhů lišejníků (korovitých, lupenitých i keříčkovitých), které jsou zároveň zmiňovány i v českých učebnicích: terčovník zední (*Xanthoria parietina*), mapovník zeměpisný (*Rhizocarpon geographicum*), terčovka skalní (*Parmelia saxatilis*), misnička práškovitá (*Lecanora conizaeoides*), terčovka bublinatá (*Hypogymnia physodes*), dutohlávka sobí (*Cladonia rangiferina*), dutohlávka prstítá (*Cladonia digitata*), hávnatka psí (*Peltigera canina*), provazovka obecná (*Usnea filipendula*), puklérka islandská (*Cetraria islandica*), terčovka otrubčítá (*Pseudevernia furfuracea*), větvičník slívový (*Evernia prunastri*). Na obrázcích budou během aktivity demonstrovány jednotlivé jevy a znaky (např. typy stélek), jež jsou popsány v textech na lícových stranách. Obrázky budou využívány i v dalších fázích programu, např. budou použity ke komparaci mezi nimi a živými vzorky lišejníků nasbíraných účastníky po okolí, na mnoho ze zobrazených druhů bude odkazováno ve výkladu o praktickém využití lišejníků apod. Na konci doplňovacích úloh na první straně pracovního listu doplní účastníci chybějící slova v textu na základě předchozího představení lišejníků v úvodu programu. Správné odpovědi jsou: pomalý, tepla či chladu, sucha či vlhkosti, pionýrské druhy.

## Obrázek 7

Lícové a rubové strany karet k aktivitě Zmapování lišejníků.

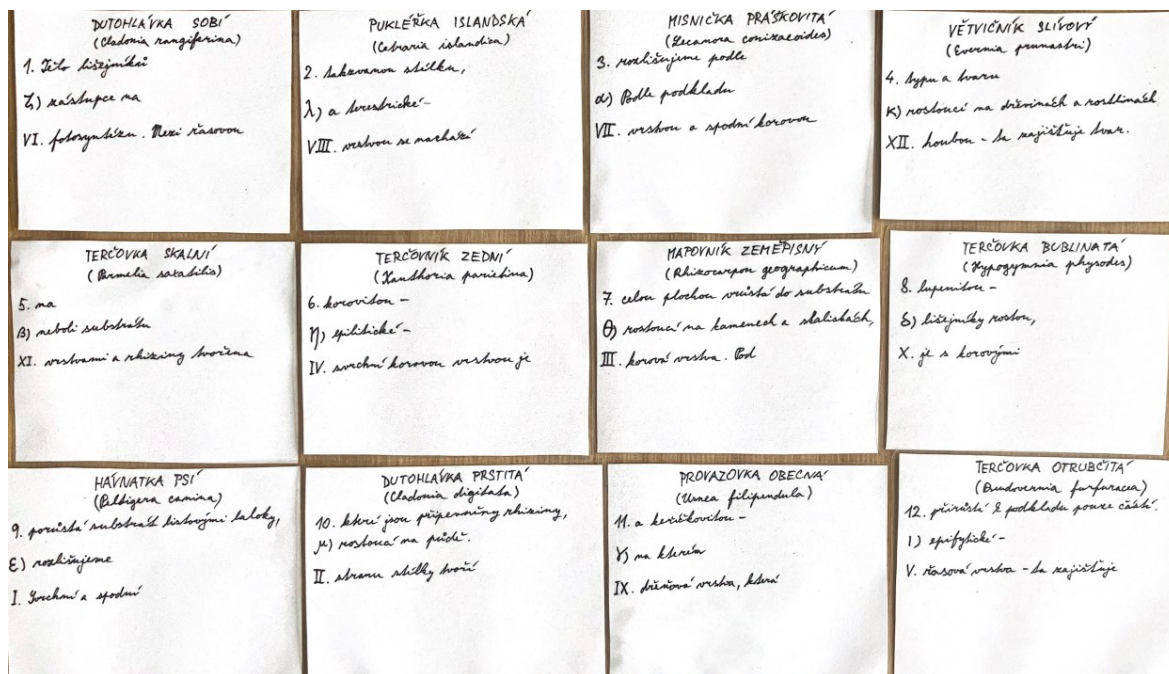


Foto Filip Slunečko (2024)

Další aktivitou fáze „Zmapování lišejníků“ bude nalezení skutečných lišejníků v okolí. Účastníci by nyní měli mít potřebnou představu o tom, co tyto organismy jsou, jak vypadají, a měli by proto být schopni vyhledat zástupce, které v místě konání programu rostou.

Účastníci budou mít k dispozici určovací klíče Lišejníky – Jednoduchý klíč k určování (Opršal & Skalka, 2015), vydané Krkonošským národním parkem. Dále pak klíč s výčtem druhů lišejníků dle jejich citlivosti na oxid siřičitý (SO<sub>2</sub>) (Matějková, 2022), viz obr. 8.

Po nalezení zástupců z okolí proběhne komparace reálných lišejníků s těmi na obrázkách na rubu karet z předchozí hry. Účastníci si zaznamenají shodné druhy a s pomocí klíčů dojde k případnému určení ostatních nových druhů, či alespoň rodů. Na této aktivitě tak bude využita a posílena schopnost určování s pomocí klíče, respektive porovnávání přírodnin s nákresem či fotografií. Na závěr dojde k zaznamenání nálezů do listu a reflexe k celé uplynulé fázi programu – účastníci budou mít možnost vybarvit emotikonu („smajlíka“) dle pocitu (škála 1-5) a zaznamenat si, co pro ně stojí za poznamenání. Následuje desetiminutová pauza na občerstvení a odpočinek.

# Obrázek 8

## Určovací klíč – tolerance lišejníků na koncentrace SO<sub>2</sub>.

Číslo u obrázku udává měřítko (např.: 0,5x = 2x zmenšeno, 5x = 5x zvětšeno)

**DRUHY RELATIVNĚ TOLERANTNÍ**  
max. koncentrace SO<sub>2</sub> 150 µg/m<sup>3</sup> (fasy),  
případně 130 µg/m<sup>3</sup> (lišejníky)

**LIŠEJNÍKY MÁLO CITLIVÉ**  
max. koncentrace SO<sub>2</sub> 60 - 70 µg/m<sup>3</sup>

**LIŠEJNÍKY STŘEDNĚ CITLIVÉ**  
max. koncentrace SO<sub>2</sub> 50 - 60 µg/m<sup>3</sup>

**LIŠEJNÍKY VELMI CITLIVÉ**  
max. koncentrace SO<sub>2</sub> 50 µg/m<sup>3</sup>

**Žrnčata obecná (řasa)** *Pleurococcus vulgaris* 0,3x (fasa)

**Terčovka bublinatá** *Hypogymnia physodes* 0,3x

**Terčovka hrázdřitá** *Parmelia sulcata* 1,2x

**Otrus ostředivý** *Lepraria incana* 10x

**Buelie tečkovaná** *Buellia punctata* 10x

**Terčovník tmavý** *Phaeophyscia orbicularis* 5x

**Terčovník alštravý** *Physcia adscendens* 10x

**Lecanora conizaeoides** 1,5x

**Hypocenomyce scalaris** 1,5x

**Parmelia saxatilis** 0,5x

**Physcia tenella** 3x

**Mišnička průzkvitá** *Parmeliopsis ambiguus* 0,5x

**Strupka lasturnatá** *Xanthoria parietina* 0,15x

**Terčovka skalní** *Platismatia glauca* 0,5x

**Terčovník tenoučný** *Bryoria fuscescens* 0,05x

**Terčovka rozetřaná** *Parmeliopsis ambiguus* 0,5x

**Terčovník zední** *Xanthoria parietina* 0,15x

**Puklečka sivá** *Platismatia glauca* 0,5x

**Vousatec hnědý** *Bryoria fuscescens* 0,05x

**Mišnička světlejší** *Lecanora chlorotera* 8x

**Střápkovec topolový** *Ramalina fastigiata* 1,2x

**Střápkovec moučnatý** *Ramalina farinacea* 0,5x

**Usnea filipendula 0,15x**

**Terčovka otruběitá** *Pseudevernia furfuracea* 0,7x

**Větvíčnik šňůrový** *Evernia prunastri* 0,3x

**Průvážka tlustovousá** *Usnea filipendula* 0,15x

(Matějková, 2022)

### 6.3 Symbióza

Během fáze programu Symbióza bude představen tento pojem. V rámci evokace k programu bude pracováno s prekoncepty zúčastněných k tomuto pojmu – slovo symbióza bývá v populaci zpravidla vnímáno jako oboustranně výhodný vztah, právě jako např. lichenismus mezi mykobiontem a fotobiontem v lišejnících (Petrušek, 2018). Pojem však zastřešuje jakékoli soužití dvou organismů, ať už se jedná o vzájemně prospěšné, neutrální, nebo naopak více či méně negativní. Symbióza tak představuje celou škálu různých vztahů, některé z nich byly v rámci aktivity představeny. Jako modelové příklady ke vztahům byly vybrány následující pojmy: 1. Holubinka březová a bříza bělokorá představující mutualismus – vzájemné spojení dvou organismů, kdy mají oba organismy z tohoto spojení užitek; jako příklad poslouží mykorhiza, která bude v tomto kontextu demonstrována. Více o mykorhize holubinek (*Russula*) viz (Slunečko, 2022). 2. Rak poustevníček a schránka plže představující komenzalismus – vzájemné soužití dvou organismů, kdy jeden organismus má prospěch z organismu druhého, aniž by jej tím nějak poškozoval. 3. Trnovník akát a okolní rostliny představující amenzalismus – vzájemné soužití dvou organismů, kdy jeden organismus působí nepříznivě na organismus druhý. 4. Klíště obecné a pes domácí představující parazitismus – úzký vztah dvou organismů, z nichž jeden získává výhody na úkor druhého, kterému škodí, ale okamžitě jej nezabíjí. 5. Veverka obecná a lipan podhorní představující neutralismus – vzájemné soužití dvou či více organismů, při kterém není ovlivňován ani jeden z nich.

Frekventanti obdrží před začátkem hry každý jednu kartičku, na které bude uveden buďto název symbiotického vztahu, příklad organismu – ke každému vztahu dva, anebo definice, jak se daný vztah projevuje (kdo koho ovlivňuje), viz obr. 9. Hra je koncipována max. na 20 hráčů (utvoření pěti čtveřic), v případně nadbytečného počtu někteří z hráčů obdrží jednu kartičku do dvojice. Během hry pak hráči mají za pomoci kooperace, komunikace a induktivních postupů učení utvořit kompletní čtveřice tak, aby význam jejich kartiček dohromady dával smysl a utvořený symbiotický vztah byl fakticky správně. Po utvoření čtveřic z karet si posléze hráči vzájemně představí jejich symbiotické vztahy a uvedou příklady organismů, mezi kterými se mohou projevovat. V případě potřebné opravy dojde k prohození členů mezi skupinami. Zároveň bude účastníkům představen

pojem lichenismus, jakožto specifický symbiotický vztah houby a řasy či sinice právě v lišejnících. Pojem lichenismus záměrně nebyl použit jako příklad mutualismu, jelikož soužití mykobionta a fotobionta je komplikovanější a vždy tomuto vztahu nemusí odpovídat. Mezi odborníky jsou diskutovány nejednoznačnosti o rovnováze jejich koexistence (Ahmadjian, 1981; Dal Grande, 2017; Rolshausen, 2020). Účastníci se zamyslí, co ví o tom, jak se mykobiont s fotobiontem ovlivňují. Následně by měli vyvodit na základě poznatků z předchozích fází programu, kterému z jejich seskládaných symbiotických vztahů lichenismus nejvíce odpovídá – a to mutualismu. Závěrem proběhne doplnění do pracovního listu těchto dvou pojmů a vyplnění reflexe na tuto fázi programu. Její součástí bude opět vybarvení emotikony (smajlíka) dle pocitu z programu a zaznamenání do pracovního listu, který pojem je pro účastníky nový a co je nejvíce zaujalo.

## Obrázek 9

Kartičky ke hře Symbióza o vztazích mezi organismy.

MUTUALISMUS	KOMENZÁLISMUS	AMENZÁLISMUS	PARAZITISMUS	NEUTRALISMUS
Holubinka březová 	Rak poustevníček 	Trnovník akát 	Klíště obecné 	Veverka obecná 
Bříza bělokorá 	Plž (schránka) 	Okolní rostliny 	Pes domácí 	Lipan podhorní 
Vzájemné spojení dvou organismů, kdy mají oba organismy z tohoto spojení užitek (např. mykorhiza).	Vztah mezi dvěma organismy, kdy jeden organismus má prospěch z organismu druhého, aniž by jej tím nějak poškodil.	Vztah mezi dvěma organismy, kdy jeden organismus působí nepříznivě na organismus druhý.	Úzký vztah dvou organismů, z nichž jeden získává výhody na úkor druhého, kterému škodí, ale okamžitě jej nezabíjí.	Vzájemné soužití dvou či více organismů, při kterém není ovlivňován ani jeden z nich.

Filip Slunečko (2024)

## 6.4 Bioindikace

V této fázi programu je probírán termín bioindikace. Nejprve bude účastníkům sdělen pojem bioindikátor a proběhne společné rozklíčování pojmu – organismus, díky kterému lze pozorovat vlastnosti životního prostředí. Frekventanti se chvíli zamyslí, a poté budou sdílet ve dvojicích, a následně v celé skupině, zda znají příklady nějakých bioindikátorů v přírodě. Poté bude prostor, aby si účastníci každý samostatně nebo ve dvojicích zodpověděli ano či ne na výroky související s bioindikací. Některé informace jsou úplně nové, některé se objevily již v předchozích fázích programu. Bude následovat společná kontrola, objasnění a zdůvodnění jednotlivých výroků s doplňujícími informacemi. Účastníci se tak kromě definice bioindikátora dozvědí, proč jsou lišejníky výbornými bioindikátory – přijímají vodu a i nečistoty z ovzduší celým povrchem těla, rostou celoročně a jsou dlouhověké (zejména epilitické druhy). Nově budou obeznámeni s pojmem eutrofizace – co ji způsobuje (nadměrné hnojení, spalování fosilních paliv, odpady z domácností, průmyslů apod.), jak se může v přírodě nápadně projevit (např. vodní květ na Vltavě u vodní nádrže Orlický), tedy nadměrný růst řas a sinic, kyslíkový deficit, zhoršení kvality vody, úhyn ryb; a že na eutrofizovaná místa lišejníky mohou reagovat kladně i záporně, čímž tyto biotopy rovněž bioindikují. V neposlední řadě budou zmíněny vlivy a do jisté míry i limitace, které bioindikaci ovlivňují, např. srážky, prosvětlenost stanoviště, substrát, na němž lišejníky rostou atp. Zde může být zmíněna i všeobecně známá informace, že s pomocí lišejníků lze určovat sever – není to vědecky striktně podložené pravidlo, avšak kvůli zvýšené vlhkosti (s převahou severozápadního směru větrů ve střední Evropě) a intenzitě oslunění během dne na severní straně kmenů stromů či skalisek může z této světové strany růst více jedinců. Závěrem bude účastníkům zobrazeno, že se lišejníky liší ve své citlivosti ke znečištění ovzduší. Keříčkovité druhy jsou kvůli ploše svých stélek mnohem více citlivé pro znečištění, než druhy s korovitými stélkami (viz obr. 8). Tato skutečnost představuje výchozí informaci pro nadcházející fázi programu – hru „Postapoxid Lichenus“.

## 6.5 Hra Postapoxid Lichenus

Do programu byla zařazena komplexnější didaktická hra, která vychází z tématu lišejníků, bioindikace a znečištění ovzduší. Herní mechanismy obsahují prvky, které prohlubují a aplikují fakta o lišejnících, a tím pádem je účastníkům jedinečně zprostředkovávají.

Inspirací pro vytvoření této hry byl klíč o citlivosti lišejníků na oxid siřičitý viz obr. 8 (Matějková, 2022). Hra pracuje s koncentrací SO<sub>2</sub> a jeho dopadem na životní prostředí. V rámci hry je zprostředkováno, jak se tato sloučenina dostává do ovzduší, a jak lze tomu fenomenu reálně zamezit. Cílem je snížení emisí, tudíž koncentrace SO<sub>2</sub> v ovzduší pod úroveň, do které mohou růst keříčkovitě stélkaté lišejníky – max. koncentrace 50 µg/m<sup>3</sup>, tematicky potřebné k přežití v postapokalyptickém světě. Na tom je následně demonstrováno široké možné využití lišejníků člověkem (viz kap. 4.3), např. k rozdělení ohně užitím jako troud, k vyrobení léčiv, k potravě, izolaci obydlí, vyplnění polštářů a matrací aj.

Jak bylo zmíněno, ve hře se pracuje se symbolickým rámcem postapokalyptického vyobrazení světa. V úvodu se účastníci dozvědí, že ve světě znečištěném emisemi a dalšími polutanty v ovzduší zbývá hrstka jedinců odhodlaných odvrátit zkázu civilizace takové, jak ji známe. Klíčem k přežití a obnovení dostupných zdrojů i zdravé populace bylo zajištění návratu vzácných keříčkovitě stélkatých lišejníků, nejvíce citlivých na znečištění oxidem siřičitým (SO<sub>2</sub>). Proto byla spuštěna speciální operace nesoucí název Postapoxid Lichenus – úkolem pověřených (hráčů) je snížit koncentraci znečištění SO<sub>2</sub> všemi možnými prostředky a umožnit opětovný růst provazovek a dalších, pro obnovení rovnováhy nezbytných druhů lišejníků.

### 6.5.1 Pravidla hry

Délka trvání hry je 10-15 minut; vhodné místo pro konání je les, případně louka. Optimální počet hráčů je 15-20 (lze však modifikovat na nižší i vyšší počet). Cílem hry je udržet koncentraci oxidu siřičitého (SO<sub>2</sub>) pod úrovní 50 µg/m<sup>3</sup> po dobu 2 minut, čímž tematicky dojde k umožnění růstu keříčkovitě stélkatých lišejníků (provazovky) potřebných pro přežití lidí. Jakmile je tato podmínka splněna, hráči zvítězí. Pokud však hodnota koncentrace během hry převyšuje 160 µg/m<sup>3</sup> (vyhynutí i těch nejodolnějších, korovitě stélkatých lišejníků), znamená to prohru. Pomůcky k této hře jsou: flipchart, fix na tabuli, stopky a časomíra, pravidla a karty lokací (viz příloha 2); předměty k lokacím – nůžky, filtrační papír, mouka, nádoba na mouku, lator s vodou, šišky.

Průběh hry: Hra začíná s koncentrací oxidu siřičitého v ovzduší na úrovni 150 µg/m<sup>3</sup>. Hráči se musí z výchozího shromaždiště dostávat na různé lokace (stanoviště), kde ke

znečištění ovzduší dochází. Na dané lokaci musí splnit příslušný úkol (pravidla lokací viz níže), buďto jednotlivě, nebo v malé skupině, a vrátit se oznámit to organizátorovi, čímž dojde ke snížení dané koncentrace SO<sub>2</sub> v ovzduší. Po splnění úkolu na dané lokaci musí každý hráč jít vždy na lokaci jinou.

Tak jako v reálném světě, člověk může ovlivnit pouze lidskou činnost – činnost přírody je nevyzpytatelná. Proto během hry mohou nastat různé neočekávané přírodní události (řídí organizátor), které koncentraci SO<sub>2</sub> zvyšují. Všichni hráči musí ve chvíli, kdy taková událost nastane, přerušit plnění veškerých úkolů na lokacích, a vydat se daný problém vyřešit. Mezi tyto přírodní zdroje zvýšené koncentrace oxidu siřičitého může náležet: 1. Sopečné erupce – ty jsou jedním z největších přírodních zdrojů SO<sub>2</sub>. Vulkanická činnost uvolňuje velké množství sopečných plynů, včetně SO<sub>2</sub>, do atmosféry. Řešení problému: evakuace – všichni hráči se musí okamžitě přesunout na místo určení a vyčkat tam 30 vteřin; zároveň koncentrace SO<sub>2</sub> vzroste 40 µg/m<sup>3</sup>. 2. Geotermální aktivity – horké prameny či fumaroly uvolňují během své činnosti SO<sub>2</sub> spolu s dalšími plyny. Řešení problému: ochrana dýchacích cest – všichni hráči si musí nasadit část svého oděvu přes ústa a nos, jako provizorní roušku; koncentrace SO<sub>2</sub> vzroste o 20 µg/m<sup>3</sup>. 3. Přírodní požáry – samovolně vzniklé požáry lesů a savan, ke kterým dochází přirozeně, uvolňují během hoření SO<sub>2</sub> společně s dalšími plyny a částicemi. Řešení problému: hašení lokace – všichni hráči musí nabrat vodu do hrsti a doběhnout s ní na místo určení, kde jí vylíjí; koncentrace SO<sub>2</sub> vzroste o 20 µg/m<sup>3</sup>. Nepřetržitým zdrojem produkce SO<sub>2</sub> do ovzduší jsou také moře a oceány, což je ve hře znázorněno tím, že každou minutu vzroste hráčům koncentrace o 10 µg/m<sup>3</sup>. To přidává do hry prvek souboje s časem a nutnost neustále se snažit plnit úkoly. V první minutě hry je potřeba, aby hráči snížili hranici z koncentrace pod výchozí úroveň 150 µg/m<sup>3</sup>, jinak dojde k automatické prohře dosažením limitní hranice 160 µg/m<sup>3</sup>. Vyhlásování náhodných událostí se odvíjí od průběhu hry a závisí čistě na organizátorovi. Za celou dobu hry by měly zaznít všechny tři. Pro dramaturgii hry je dobré, když „Sopečná erupce“ zvýší koncentraci SO<sub>2</sub> zpět téměř na startovní hodnoty.

### **6.5.2 Lokace**

Ve hře je zahrnuto 5 lokací (plus shromaždiště), na něž hráči dobíhají ze shromaždiště a plní tam dané úkoly. Lokace jsou znázorněny zalaminovaným papírem, zpravidla umístěním na

stromě v úrovni očí. List obsahuje název, obrázek a popis plnění úkolu s údajem o množství koncentrace oxidu siřičitého, které se jeho splněním odečte (viz příloha 2). Obrázky lokací byly generovány v programu Canva umělou inteligencí (funkce Magic Media), za použití specifických klíčových slov („promptů“), jako např. „postapocalyptic foundry with pollutants in forest“ apod. Lokace ve hře vycházejí z reálných masivních producentů oxidu siřičitého i dalších polutantů ve světě. Stejně tak úkoly, jejichž plněním hráči na stanovištích snižují emise oxidu siřičitého, vycházejí z reálných opatření, které znečištění ovzduší tímto kontaminantem redukuje.

### **Shromaždiště**

Není považováno přímo za lokaci jako takovou. Slouží jako místo startu hry, jsou zde vysvětleny pravidla a vracejí se sem hráči po splnění úkolů na lokacích (stanovištích), což zde nahlašují organizátorovi, který vše zaznamenává – je tu umístěna tabule (flipchart), na níž organizátor zapisuje aktuální hodnoty koncentrace SO<sub>2</sub>, díky čemuž mohou hráči sledovat aktuální vývoj hry. Organizátor zde sleduje čas, oznamuje pravidelné zvyšování hodnot koncentrace za moře a oceány (+ 10 µg/m<sup>3</sup> každou minutu). Jsou zde rovněž vyhlášovány náhodné přírodní události.

### **Tepelná elektrárna**

Pro splnění úkolu na této lokalitě je potřeba vyrazit ve třech hráčích. Pro snížení emisí SO<sub>2</sub> z tepelné elektrárny je potřeba instalovat odsiřovací filtry. Každý ze tří právě plnicích hráčů na shromaždišti samostatně nastříhá kruh z filtračního papíru. Následně z něj přehnutím na čtvrtiny zhotoví ikonický filtrační kornoutek, jenž bývá využíván ve výuce chemie k filtrační separační metodě. To symbolizuje filtry, které hráči musí na lokaci dopravit (vedlejším přínosným efektem navíc je osvojení této laboratorní techniky). Poté jeden z hráčů vezme všechny tři jejich trojicí zhotovené filtry do rukou, a zbylí dva je musejí nést nad zemí na místo lokace, kde je nesený položí, aniž by se dotkl celou dobu země (tato činnost představuje náročnost přemístění filtrů a jejich utajenou montáž v elektrárně). Po umístění se trojice vrátí zase zpět na shromaždiště, aniž by byl nesený upuštěn. Za splnění úkolu klesne koncentrace SO<sub>2</sub> o 5 µg/m<sup>3</sup> za tým (trojici).

### **Ocelárny s vysokou pecí**

Pro splnění tohoto úkolu je rovněž potřeba chodit v týmu po třech. Poté, co hráči dosáhnou úrovně koncentrace  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mohou chodit pouze po dvou. Ke snížení koncentrace  $\text{SO}_2$  v ocelárnách je potřeba umístění tzv. suchých scrubberů (z anglického dry scrubbers), neboli jednotek na odsíření (viz Sparks & Chase, 2016). V těchto jednotkách je k absorpci polutantů využíván jako sorbent vápenec ( $\text{CaCO}_3$ ), který je do jednotky pod tlakem vháněn. To je v úkolu pro tuto lokalitu znázorněno tím, že si každý hráč nabere do hrsti mouku a ze vzdálenosti 10 metrů se musí doplazít k místu lokace, kde je mouku potřeba sfouknout z dlaně do připravené nádoby. Za splnění úkolu klesne koncentrace  $\text{SO}_2$  o  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  za tým (trojici, v pozdější fázi hry dvojici).

### **Ropné rafinérie**

Pro splnění úkolu a redukci úniku oxidu siřičitého do atmosféry je potřeba provést tzv. hydrodesulfurizaci. Během tohoto procesu dochází k odsíření ropných produktů zvýšením teploty a tlaku za přítomnosti vodíku. Hráči symbolicky absolvují tento proces tím, že se musí  $5\times$  strefit ze 3 metrů do místa určené šíškou či obdobou. Za splnění úkolu klesne koncentrace  $\text{SO}_2$  o  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  za hráče.

### **Spalovací motory**

Na této lokaci hráči symbolicky podpoří veřejnou dopravu, chůzi a cyklistiku na úkor spalovacích motorů, jež jsou velkým původcem znečištění ovzduší. Hráči musí  $10\times$  oběhnout okolo lokace místa určené. Za splnění úkolu klesne koncentrace  $\text{SO}_2$  o  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  za hráče.

### **Vypalování lesů**

Tato lokace symbolizuje produkci oxidu siřičitého úmyslným vypalováním lesů lidmi (např. pralesů či jiné zeleně za cílem zisku zemědělské půdy atp.). Hráči musí nabrat vodu z lavoru do dlaní (utvoření misky z rukou) a pokropit s ní kartu lokace na místě určené. Stejný postup, který platí i při náhodné přírodní události – „přírodní požáry“, viz výše. Za splnění úkolu klesne koncentrace  $\text{SO}_2$  o  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  za hráče.

### 6.5.3 Reflexe hry

Po ukončení hry následuje review hry a reflexe se zpětnou vazbou. Nejprve bude hráčům sděleno, že díky jejich vítězství, tedy snížením a udržením koncentrace oxidu siřičitého pod úrovní  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , umožnili růst nejcitlivějších, keříčkovitě stélkatých lišejníků. Ty jim v postapokalyptickém světě přinesou nejvíce využití a šanci na záchranu. Následně bylo připomenuto, na co vše mohou být lišejníky využity k přežití – potrava, opatření léčiv, rozdělení ohně, izolace obydlí, výplň matrací atp. To poslouží zároveň jako předmluva k poslední části celého programu, která pojednává o využití lišejníků člověkem. S účastníky bude poté na příkladech jednotlivých stanovišť diskutováno, jak může lidské činnost ovlivňovat znečištění ovzduší a co proti tomu lze zároveň dělat – zvědomí si realie znázorněné v jednotlivých herních mechanismech. Závěrem účastníci ve svých pracovních listech budou moci zpětně reflektovat své pocity ze hry, co si díky hře uvědomili a budou moci napsat zpětnou vazbu na hru, co by případně na ní vylepšili.

## 6.6 Zakončení programu

Poslední část celého programu sestává z krátké přednášky o využití lišejníků člověkem (viz kap. 4.3) a závěrečného shrnutí s finální reflexí. Účastníci si během výkladu o využití lišejníků mohou psát do svých listů poznámky. Kromě již v rámci hry zmíněných funkcí lišejníků se účastníci seznámí s jejich využitím v kosmetice a parfumerii, barvířství, jako dekorační materiály, ve výživě díky sekundárním metabolitům (vitamin C, kyselina usnová) či naopak historickým užitím jako jed. Dále v rámci výzkumu (např. užití lišejníků v rámci vesmírného projektu) a v neposlední řadě jako bioindikátory, kde proběhne i připomenutí významu tohoto pojmu. V souvislosti s bioindikací dojde i ke sdělení zajímavosti o lovu bobrů v Americe, neboť v blízkosti exkrementů u jejich nor rostou specifické lišejníky. Během výkladu je odkazováno na lišejníky, se kterými se účastníci během programu mohou setkat třeba ve fázi Zmapování lišejníků či jinde (např. větvičník slívový, provazovka vousatá dutohlávka sobí, puklérka islandská, terčovka otrubčítá aj.).

Po této fázi následuje závěrečné shrnutí – kvíz, které ověřuje nabyté znalosti napříč celým didaktickým programem. Shrnutí čítá celkem osm otázek, které se zaměřují jak na kognitivní, tak afektivní rovinu toho, co si účastník osvojil. Otázky zní:

1. Jaký je význam lišejníků v přírodě?
2. Který z dvou organismů lišejníku dokáže existovat samostatně a proč?
3. Objasni pojem lichenismus:
4. Jaké lišejníky s kterým typem stélky jsou nejcitlivější na znečištění ovzduší a proč?
5. Uveď alespoň 5 příčin produkce oxidu siřičitého (SO<sub>2</sub>) do ovzduší:
6. Uveď alespoň 4 příklady využití lišejníků člověkem:
7. Jak můžeš přispět k ochraně přírody?
8. Co ti na lišejnících přijde nejzajímavější? Co tě nejvíce zaujalo?

První otázka shrnuje celkově, jakou roli lišejníky v přírodě zastávají. Odpovědí může být jejich využití jako bioindikátorů, potravy pro živočichy, dále role pionýrských organismů umožňujících růst dalších rostlin, fotosyntéza a tvorba kyslíku jako její vedlejší produkt, případně že jsou součástí ekosystémů a tvoří útočiště pro další drobné organismy apod.

Druhá otázka ověřuje schopnost vyvodit z informací o mykobiontu a fotobiontu, který z nich je schopen samostatně existovat. Správnou odpovědí zde je fotobiont, tedy řasa anebo sinice, a je tomu tak díky jejich schopnosti fotosyntézy.

Třetí otázka vychází z programu o symbióze. Ověřuje, zda došlo k porozumění kontextu jednotlivých zahrnutých symbiotických vztahů a že lichenismus je speciální vztah, který je patrný pouze u lišejníků. Správnou odpovědí tedy může být, že se jedná o specifické soužití houby a řasy či sinice, respektive fotobionta a mykobionta, či že se jedná o vztah podobný mutualismu, který je tvořen mezi organismy lišejníku apod.

Čtvrtá otázka vychází z fáze programu o bioindikaci i z hry Postaopoxid Lichenus. Účastníci by měli uvést, že nejcitlivější na znečištění ovzduší jsou keříčkovitě stélkaté lišejníky, a je tomu tak právě kvůli jejich velké ploše stélky – jelikož je složitě strukturovaná, snáze pak tyto lišejníky kumulují škodlivé látky svým povrchem, jako zejména oxid siřičitý aj., čímž ztrácí schopnost fotosyntézy. Stejně tak jsou tyto lišejníky kvůli většímu povrchu náchylnější k vysychání.

Pátá otázka je přímo vázaná na téma hry Postaopoxid Lichenus. Jako odpověď sem lze uvést 5 názvů lokací nebo přírodních událostí, které se ve hře, coby nejvýznamnější

producenti SO<sub>2</sub>, objevují: tepelné elektrárny, ocelárny a továrny, ropné rafinérie, spalovací motory, vypalování lesů a požáry, vulkanismus, geotermální aktivity, moře a oceány.

Šestá otázka ověřuje zapamatování alespoň 4 příkladů využití lišejníků člověkem. Jako odpověď se může objevit: výroba léčiv, potrava pro člověka, sekundární metabolity jako vitamin C nebo jejich užití jako jed, dále využití jako troud, tkaní oděvů, vycpávka peřin a polštářů, izolace skulin v trámech obydlí, barvení látek či využití jinde jako barvivo, kosmetické prostředky, líčení, parfumerie, dekorace, bioindikace, výzkum, ...

Sedmá otázka cílí na afektivní postoj k přírodě a její ochraně. Zde se může ukázat, zda a jak se jej nějak v rámci programu podařilo ovlivnit. Jako vhodnou odpověď, která z programu vyplývá, lze pokládat např. ochrana přírodních stanovišť, organismů, ekosystémů, omezení zásahů do přírody člověkem; dále prostá chůze, doprava na kole, či využívání hromadné dopravy; užívání ekologických přípravků v domácnosti jako šampóny či prací prášky, informovanost o ekologických problémech a zdrojích znečištění ovzduší – jejich omezení např. s pomocí filtrace či jiných opatření atp., případně cokoli podobného, co účastníci napíší a ponese se to v tomto duchu.

Osmá otázka je čistě subjektivní. Účastníci by se zde měli zamyslet, co se po uplynutí celého programu dozvěděli nového o lišejnících, vybrat jednu věc, která jim přišla nejzajímavější, či je nejvíce zaujala, a následně zformulovat své myšlenky v příslušnou odpověď.

V úplném závěru mohou účastníci ohodnotit vybarvením emotikony (smajlíka) na škále 1-5 celý program. V poslední reflexi mohou zaznamenat, co nového se dozvěděli (např. co byl pro ně dosud neznámý pojem apod.), uvědomit si, co je bavilo nejvíce a co si z programu odnáší, případně poskytnout zpětnou vazbu.

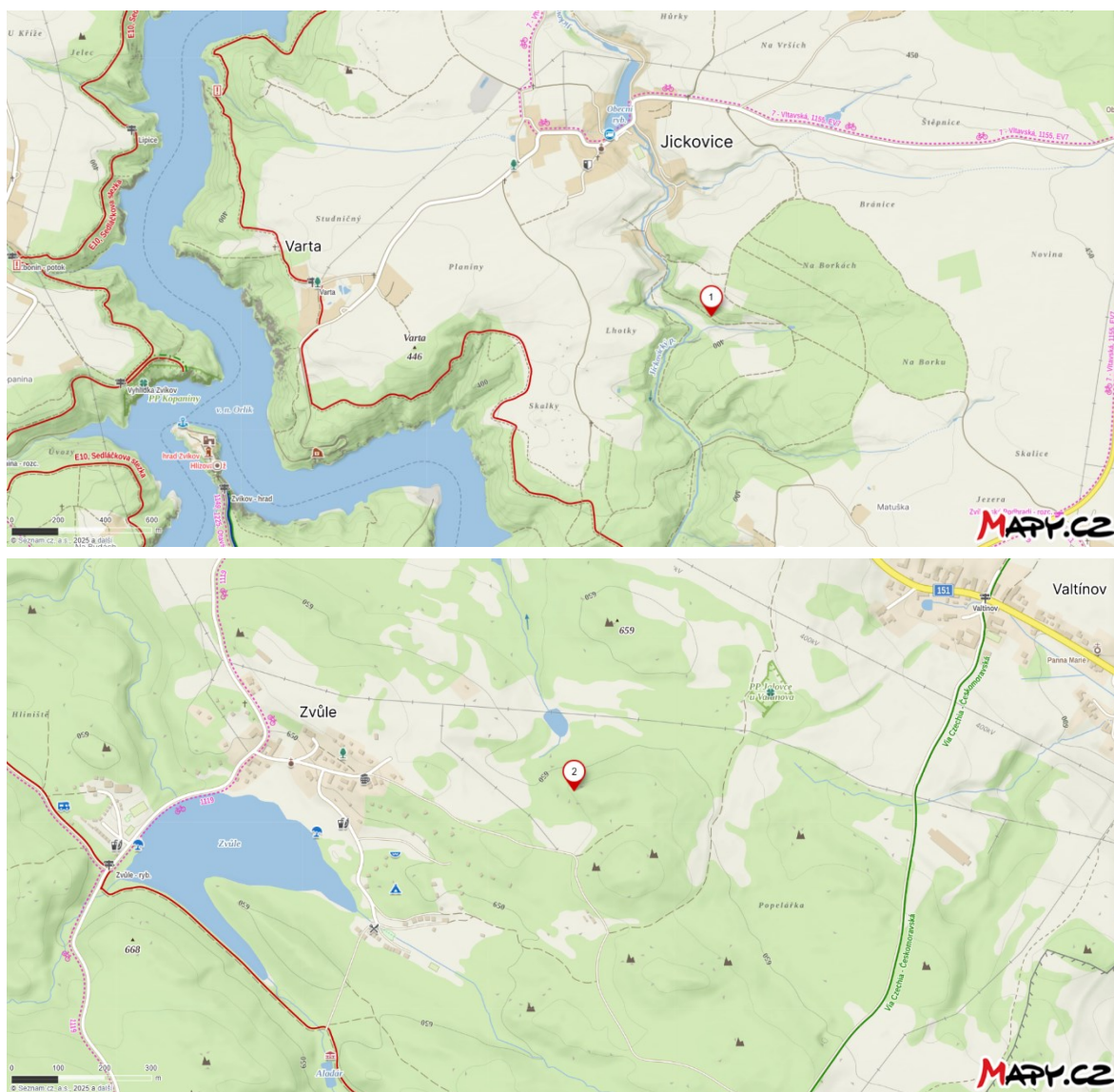
Poté bude následovat poděkování všem přítomným za trpělivost a účast v programu, rozloučení, vybrání pracovních listů od účastníků a popřání všeho dobrého do života.

## 7 Výsledky a diskuse

Realizace programu proběhla během měsíce července roku 2024 na dvou lokalitách v jižních Čechách. Tou první byl smrkový les s loukou jižně od obce Jickovice nedaleko města Milevska; druhou byl borový les u tábořiště východně od obce Zvůle, která je v katastru obce Kunžak (viz obr. 10). Program byl zrealizován celkem čtyřikrát, jednou u Jickovic, třikrát u Zvůle.

### Obrázek 10

*Místa konání didaktického programu o lišejnících.*



(Mapy.cz, 2025)

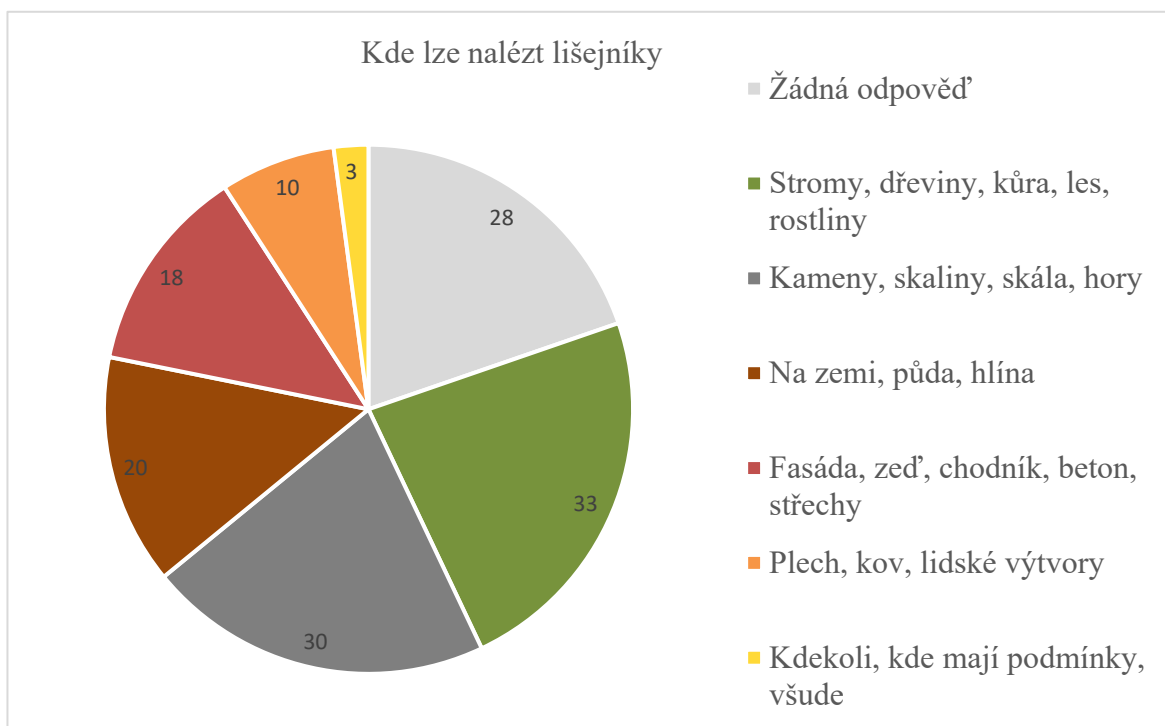
Absolvovalo jej celkem 64 účastníků, počty členů ve skupinách byly 18, dvakrát 16 a 14. Jednalo se o heterogenní skupiny dětí a mladistvých (smíšeného věku, pohlaví, rozdílných prekonceptů k tématu) účastnících se skautských letních táborů. Věková skladba byla od 12 do 17 let věku (viz graf č. 1). Vzhledem k různorodé věkové struktuře účastníků se výchozí znalosti stran lišejníků mohly lišit, obecně vzato však lze říci, že by se účastníci dali rozdělit na ty, co si pamatují, že o nich již slyšeli nebo se o nich učili ve škole, a na ty, co si to už nevybavují (vzhledem k věku přítomných by již měli v rámci školní docházky učivo o lišejnících absolvovat všichni, avšak každá škola může toto téma zařadit do jiného, než standardně 6. ročníku). Nicméně nějaký ucelenější obraz o těchto organismech neměl nikdo z přítomných. Díky tomu se koncipování programu stavění od úplných základů ukázalo jako vhodné. Na lokalitách, kde byl program zahájen, bylo vždy možno spatřit několik různých druhů lišejníků hned z místa, kde se účastníci shromáždili. V rámci úvodního brainstormingu se proto účastníci vždy relativně rychle dopracovali k představě „co jsou lišejníky zač“. Během tohoto úvodního setkání došlo k vyvrácení časté představy, že se jedná o rostliny. Vzápětí jsme si společně definovali, že se jedná o symbiotické soužití houby s řasou či sinicí, a došlo k seznámení s pojmy fotobiont a mykobiont. Účastníci následně pracovali s pracovními listy (viz příloha 1), kam si v rámci první úlohy doplnili pojmy do schématu. 63 účastníků vyplnilo správně 100 % (tedy všechny 3 pojmy), 1 vyplnil 66,6 % (tedy 2 pojmy správně). Průměrná úspěšnost úlohy byla 99,5 %. V úloze přiřazování, jaké funkce v těle lišejníku fotobiont a mykobiont zastává, zkusil každý nejprve vlastnost odhadnout sám. Výsledky po společné kontrole a případné možnosti opravy jsou následující: 55 účastníků zařadilo 100 % správně (všech 6 pojmů doplněno dobře), 4 účastníci zařadili 83,3 % (5 správných pojmů), 2 účastníci zařadili 66,6 % (4 správné pojmy), 2 účastníci zařadili 33,3 % (3 správné pojmy), 1 nedoplnil do tabulky nic. Průměrná úspěšnost úlohy byla 94,3 %. Nižší počet účastníků, kteří odpověděli zcela správně (100 %), mohl být způsoben přehlédnutím, a tudíž neopravením původně chybně zaznamenané odpovědi, či tempem společné kontroly, na kterou nestihli zareagovat jedinci potřebující více času.



**Graf 1**

*Věková skladba účastníků.*

Ve hře v rámci fáze programu „Zmapování lišejníků“ účastníci získávali z textů charakteristiku lišejníků – typy dle stélky, dle substrátu, popis jejich řezu. Hra dle mého probíhala dobře, všichni se vždy zapojovali, rozdělili si funkce, hledali a skládali společnými silami střípky informací (viz obr. 11). Organizace skupin se zpravidla zhostili starší účastníci, mladší zase běhali a zaznamenávali příslušné pasáže svých textů. Po hře a vzájemném sdílení seskládaných textů doplnili do pracovních listů své odpovědi. Prvním slovem k doplnění bylo, jak se nazývá tělo lišejníku. 46 účastníků odpovědělo správně „stélka“, 2 odpověděli chybně a 16 nevyplnilo nic. Na doplnění tří základních typů stélek byly odpovědi následující: „korovité“ uvedlo 56 účastníků, 3 odpověděli chybně, 5 nevyplnilo nic; „lupenité“ uvedlo 58 účastníků, 1 odpověděl chybně, 5 nevyplnilo nic; „keříčkovité“ uvedlo 58 účastníků a 6 nevyplnilo nic. Na otázku, kde všude můžeme lišejníky nalézt, se vyskytovalo vícero správných odpovědí, které jsem pro potřeby vyhodnocení kategorizoval do následujících skupin: stromy, dřeviny, kůra (borka), les, rostliny; kameny, skaliny, skála, hory; na zemi, půda, hlína; fasáda, zeď, chodník, beton, střechy; plech, kov, lidské výtvořky; kdekoli, kde mají podmínky, všude. Četnost odpovědí dle těchto kategorií viz graf č. 2.



**Graf 2**

*Kde lze nalézt lišejníky.*

Celkově 36 účastníků uvedlo, kde lišejníky rostou a kde je lze nalézt. 28 účastníků nechalo pole nevyplněné. U rozlišení lišejníků dle substrátu, na kterém rostou, zaznamenalo pojem „epifytické“ 54 účastníků, 2 odpověděli chybně, 8 tento pojem neuvedlo. „Epilitické“ uvedlo 56 účastníků, 2 odpověděli chybně, 6 pojem neuvedlo. „Terestrické“ uvedlo 56 účastníků, 1 odpověděl chybně, 7 pojem neuvedlo. Jako chybné odpovědi byly vyhodnoceny zkomoleniny nebo zcela nesouvisející pojmy. Příčinou občas se vyskytnuvších zkomolenin by mohlo být, že informace na lícových stranách karet ve hře Zmapování lišejníků byly psány mnou, ručně psacím písmem (viz obr. 7). Tiskuté texty by byly vhodnější a objektivně čitelnější, avšak náročněji proveditelné na výrobu. Druhým důvodem by mohlo být přeslechnutí či chybné porozumění čtenému pojmu jiným účastníkem během následného sdílení textů mezi skupinkami. U příčného řezu stélkou popsalo 57 účastníků 100 % zcela správně (všech 5 částí), 1 účastník popsalo správně 80 % (4 části), 1 popsalo 40 % (2 části) a 5 nevyplnilo nic. Průměrná úspěšnost úlohy byla 90,9 %. V poslední části první strany pracovního listu napsalo správně, že je pro lišejníky charakteristický velmi „pomalý“ růst 57 účastníků, 2 pak odpověděli chybně, 5 nechalo pole prázdné. Že lišejníky odolávají

výkyvům „sucha“ či „vlhka“ odpovědělo správně 43 účastníků, 4 uvedli počasí, což lze považovat za uspokojivou odpověď, 13 odpovědělo chybně, 4 nechali pole prázdné. Že lišejníky odolávají výkyvům „teplot“, „tepla“ či „chladu“ uvedlo správně 58 účastníků, 1 odpověděl chybně, 5 nechalo pole prázdné. Nakonec, že jsou lišejníky průkopnické organismy neboli „pionýrské druhy“, uvedlo správně 52 účastníků, 3 odpověděli chybně, 9 nechalo pole prázdné.

## Obrázek 11

*Účastníci skládající části textů během hry Zmapování lišejníků.*

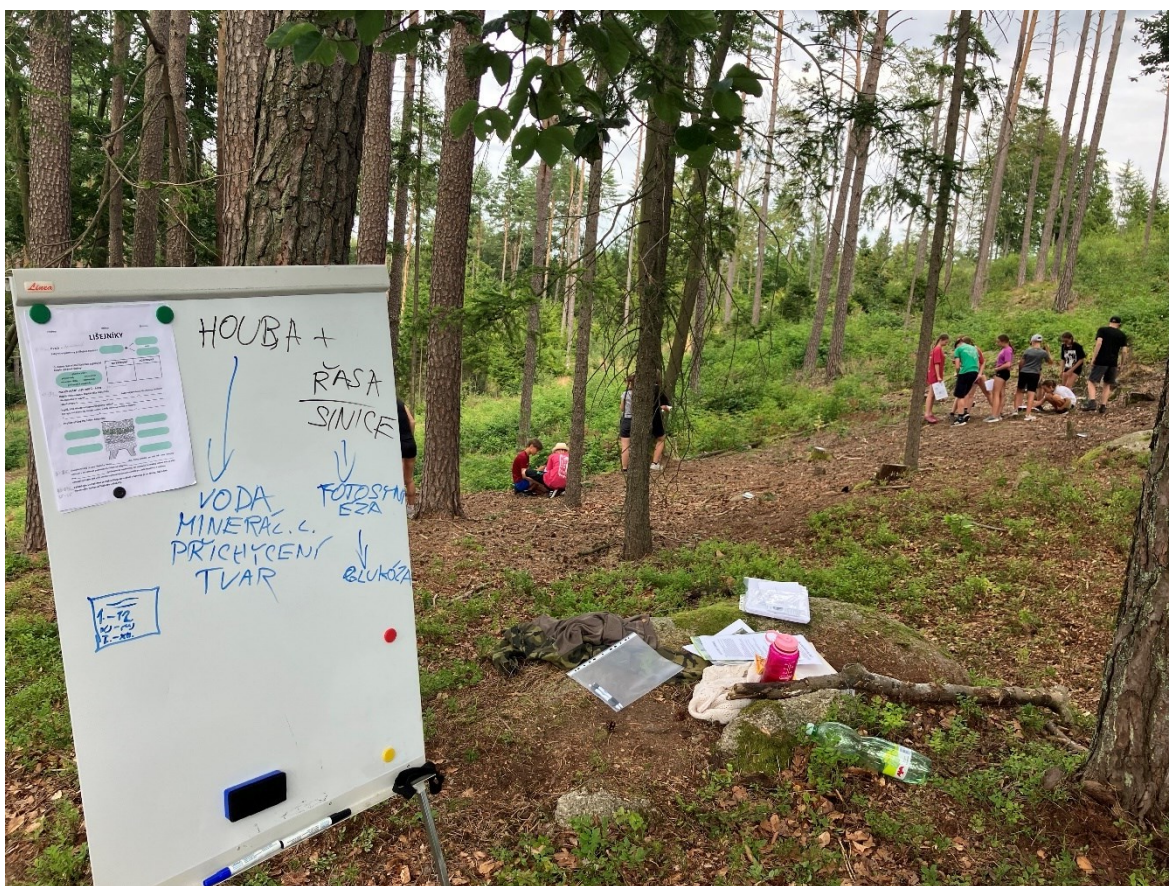
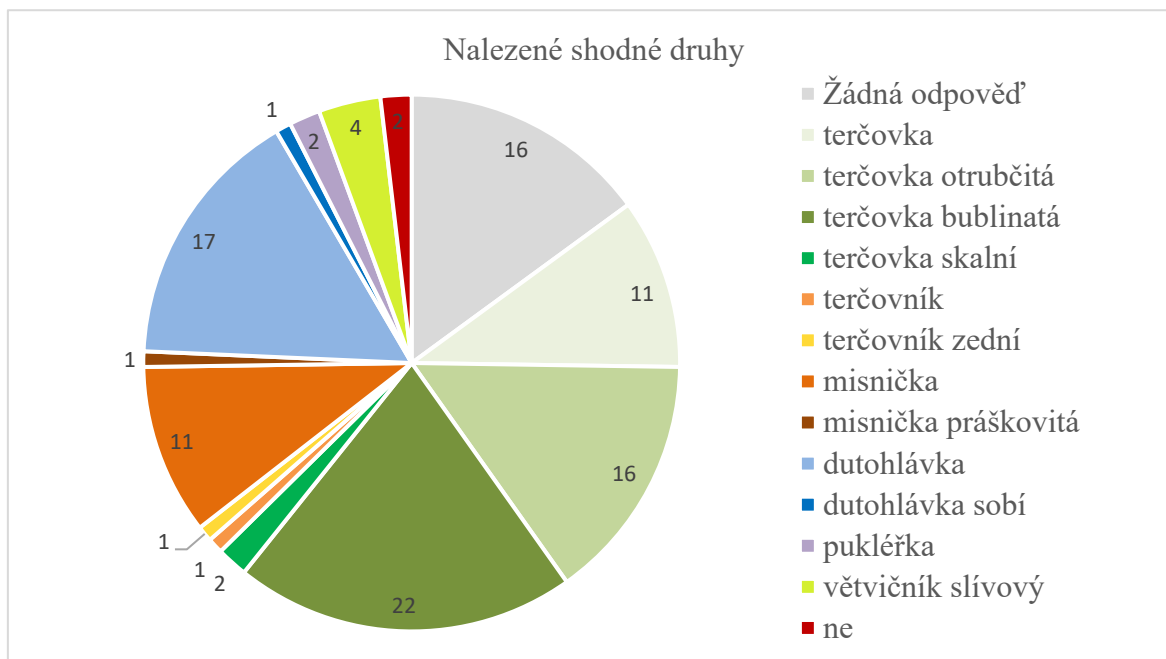


Foto Filip Slunečko (2024)

Po této části programu proběhlo hledání lišejníků v terénu po okolí. Jako shodné lišejníky s obrázky na kartách ze hry Zmapování lišejníků, našli a vyjmenovali účastníci tyto druhy či rody: terčovka, terčovka otrubčítá (*Pseudevernia furfuracea*), terčovka bublinatá (*Hypogymnia physodes*), terčovka skalní (*Parmelia saxatilis*), terčovník (*Xanthoria*), terčovník zední (*Xanthoria parietina*), misnička (*Lecanora*), misnička práškovitá (*Lecanora*

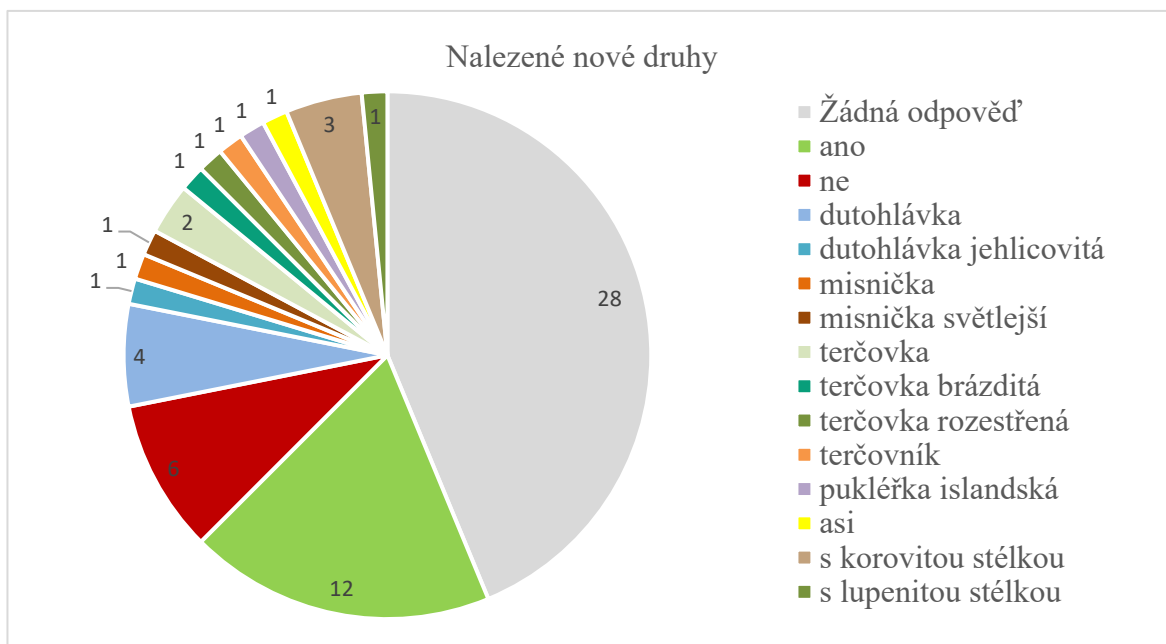
*conizaeoides*), dutohlávka (*Cladonia*), dutohlávka sobí (*Cladonia rangiferina*), puklérka islandská (*Cetraria islandica*) a větvičnick slívový (*Evernia prunastri*), četnost odpovědí viz graf č. 3. Jako nové druhy identifikované s pomocí klíčů zaznamenali účastníci následující druhy či rody: terčovka, terčovka brázditá (*Parmelia sulcata*), terčovka rozestřená (*Parmeliopsis ambigua*), terčovník (*Xanthoria*), misnička (*Lecanora*), misnička světlejší (*Lecanora chlarotera*), dutohlávka (*Cladonia*), dutohlávka jehlicovitá (*Cladonia coniocraea*), puklérka (*Cetraria*). Dále se vyskytly odpovědi: ano, ne, asi, lišejník s korovitou stélkou a lišejník s lupenitou stélkou. Četnost odpovědí viz graf č. 4. Z výsledků lze vidět, že se podařilo účastníkům nalézt podobnost mezi druhy rostoucími v okolí konání programu s druhy na obrázcích ze hry. Ve většině případů je zvládli správně identifikovat. Při hledání však u některých případů pravděpodobně došlo k jevu, kdy si účastníci příliš vsugerovali lišejníky zobrazené na kartách, a tak hledali podobnosti tam, kde nebyly. Účastníci uvedli, že našli dutohlávku sobí a puklérku islandskou, přestože se v nasbíraných vzorcích (ani v okolí, kde jsem sám taktéž druhy hledal) žádná z nich neobjevila. Mohlo tak dojít ke konfirmačnímu zkreslení, kdy očekávali, že některý z daných lišejníků najdou, kvůli čemuž mohli nesprávně vyhodnotit vizuální podobnost. Studie o konfirmačním zkreslení aneb viděním toho, co chceme v oblasti biologie (konkrétně u chování zvířat) (viz Marsh & Hanlon, 2007). Co se týče identifikace nových druhů, konkrétní cíl úlohy se povedlo naplnit pouze v hrstce případů, kdy se u Zvěř podarilo určit terčovku brázditou (*Parmelia sulcata*), a u Jickovic dutohlávku jehlicovitou (*Cladonia coniocraea*); u misničky světlejší (*Lecanora chlarotera*), a terčovky rozestřené (*Parmelia ambigua*) nelze vyloučit, že došlo k obdobné sugeraci podobností s klíči, jež jsme měli k dispozici, přestože jsem se snažil nálezy potvrdit s pomocí internetových databází (Zicha, 1999; Malíček et al., 2023). Nízký počet nově identifikovaných druhů mohl být zapříčiněn místní nižší druhovou diverzitou, nedostatečnou odbornou vybaveností přítomných, nedostatkem času a zdrojů, či v době této aktivity již dlouhým úsekem programu bez přestávky, kdy aktivita účastníků již opadala. Účastníci zároveň v několika případech neporozuměli zadání a jmenovaly do nově objevených druhů lišejníky shodné s obrázky z karet, jež ovšem měli uvést v předchozí otázce. Velká podobnost zadání obou úloh tak mohla být pro některé účastníky matoucí. Přítomnost lichenologa by v této fázi programu byla zásadní výhodou. Děti si však alespoň vyzkoušely

práci s určovacími klíči (neboť mnoho jich něco podobného dělalo úplně poprvé), což by mohlo být považováno za důležité (Novotný, 2013). Reflexe a hodnocení viz kap. 7.2.



**Graf 3**

*Počty nalezených shodných druhů lišejníků s obrázky na kartách ke hře zmapování lišejníků.*



**Graf 4**

*Počty nalezených nových druhů lišejníků identifikovaných s pomocí určovacích klíčů.*

Průběh hry „Symbióza“ se u skupin lišil. Některá skladba účastníků byla aktivní. Členové sami se podíleli na utvoření čtveřic, přeorganizovali se v případě potřeby a mělo to celkově „spád“. Jinde jsem je musel více motivovat a do aktivity zasahovat. Jelikož počet účastníků byl vždy kolem 16, rozhodl jsem se u všech skupin pro vyřazení čtveřice kartiček s pojem amenzalismus (tj. pojem, definice, trnovník akát, okolní rostliny). V případě potřeby jsem se hry účastnil také, nebo setrval pouze v roli pozorovatele a případně koordinátora. Účastníci tedy sestavovali vždy čtveřice z pojmů mutualismus, komenzalismus, parazitismus a neutralismus. Mutualismus se jim většinou povedlo seskládat správně rovnou, hráči s ostatními pojmy se někdy různě museli přemístit, aby vztahy mezi danými organismy dávaly smysl. Asi čtvrtina dětí měla na základě jejich přiřkávání povědomí o pojmu mykorhiza, který byl u mutualismu zmíněn pro doplnění kontextu. Následně byl objasněn pojem lichenismus, jakožto specifický vztah fotobionta a mykobionta v lišejníku. Účastníci následně měli vyplnit pojmy do úlohy v pracovním listu a poté reflexi. Během aktivity u mně nastaly pochyby, zda nebylo do celého programu zařazeno příliš nových pojmů a nedojde u účastníků ke ztrátě orientace mezi nimi; zejména co tedy je mutualismus, co lichenismus apod. Z výsledků se ukázalo, že v úloze „lichenismus“ správně pojmenovalo 47 účastníků, 2 odpověděli symbióza, 3 odpověděli zcela chybně a 12 nevedlo nic. „Mutualismus“ ze všech ostatních symbiotických vztahů k lichenismu připodobnilo 48 účastníků, 3 odpověděli chybně a 13 nevedlo nic. Tři čtvrtiny (cca 75 %) účastníků se tak v pojmech zřejmě zvládlo zorientovat a porozumět kontextu mezi nimi. Hodnocení aktivity s reflexí viz kap. 7.2.

U bioindikace účastníci reagovali na téma poměrně aktivně a při vyplňování v pracovním listu zkoušeli ve dvojicích nebo malých hloučkách správně odhadnout pravdivá či nepravdivá tvrzení o lišejnících. V pracovních listech byla původní chybovost poměrně nízká, většině se povedlo správné odpovědi odhadnout na první pokus. Po společném vyhodnocení a opravení vyšly výsledky následně: 1. „Bioindikátor je organismus, díky kterému lze pozorovat vlastnosti životního prostředí“; označilo správnou odpověď 60 účastníků, 3 chybně a 1 neoznačil nic. 2. „Lišejníky přijímají vodu pouze podzemní částí těla“; označilo správnou odpověď 61 účastníků, 2 chybně a 1 neoznačil nic. 3. „Lišejníky rostou pouze od jara do podzimu“; označilo správnou odpověď 61 účastníků, 2 chybně a 1 neoznačil nic. 4. „Lišejníky jsou dlouhověké organismy, epilitické druhy žijí i stovky let“; označilo správnou odpověď 62 účastníků, 1 chybně a 1 neoznačil nic. 5. „Eutrofizované

místo znamená, že je výrazně obohaceno o dusík (N) a fosfor (P)“; označilo správnou odpověď 61 účastníků, 2 chybně a 1 neoznačil nic. 6. „Na bioindikaci lišejníků nemají vliv srážky, prosvětlenost ani substrát, na kterém rostou“; označilo správnou odpověď 61 účastníků, 2 chybně a 1 neoznačil nic. 7. „Různé druhy lišejníků se liší ve své citlivosti ke znečištění ovzduší“; označilo správnou odpověď 60 účastníků, 3 chybně a 1 neoznačil nic. Na biomonitring samotný by šel udělat samostatný program (Kett et al., 2005; Samsudin et al., 2012; 2013), jak bylo již výše zmíněno. Z časových i kapacitních důvodů jsem výstupy bloku o bioindikaci zredukoval pouze do této základní podoby, která představuje potřebné výchozí znalosti pro nadcházející didaktickou hru, případně další rozvíjející program na toto téma.

Po této fázi následovala hra Postapoxid Lichenus. Účastníci pochopili pravidla rychle, bez obtíží, občas se někdo na něco doptal. Do hry se zapojily všechny skupiny aktivně – symbolický rámec účastníky výborně namotivoval, jejich emoční bilance byla na kýžené úrovni, úkoly na stanovištích (lokacích) plnili hráči zodpovědně (viz obr. 12) a na náhodné události reagovali bez problémů. Všichni účastníci kooperovali a ani jednou nedošlo k žádné potyčce či bojkotu. Dynamika hry fungovala dle plánu. Délka hry trvala vždy mezi 12-15ti minutami, což odpovídalo původním predikcím. Po hře (prožitku) došlo ke společnému zvnitřnění zážitku – s účastníky bylo v rámci následného review hry na příkladech herních mechanismů připomenuto, co ve světě produkuje nejvíce oxidu siřičitého a jak to lze redukovat. Bylo zhodnoceno s poznatky o bioindikaci, proč keříčkovitě stélkaté lišejníky reagují nejcitlivěji na znečištění ovzduší a připomenuto využití lišejníků člověkem, kvůli čemuž se je hráči ve hře tematicky snažili navrátit do přírody. Smyslem bylo, aby se zážitky ze hry účastníkům zformovaly ve zkušenost (tzn. odnesli si z toho fakta, postoje, ponaučení) (Knotková, 2022). Na základě review provedli účastníci i hodnocení hry, reflexi a zpětnou vazbu do pracovních listů (viz kap. 7.2). Následoval výkladový blok o dalším využití lišejníků – jak historickým, tak i v současnosti. Účastníci měli možnost si zaznamenat případné poznámky. Učinilo tak 9 z nich. Napsání poznámek bylo pozitivně znát na jejich výsledku v 6. úloze závěrečného kvízu (viz níže). Během této fáze programu byli účastníci spíše pasivní, poklidně poslouchali, ojediněle se někdo na něco zeptal.

## Obrázek 12

*Stanoviště tepelná elektrárna, ocelárny s vysokou pecí a spalovací motory po konci hry.*



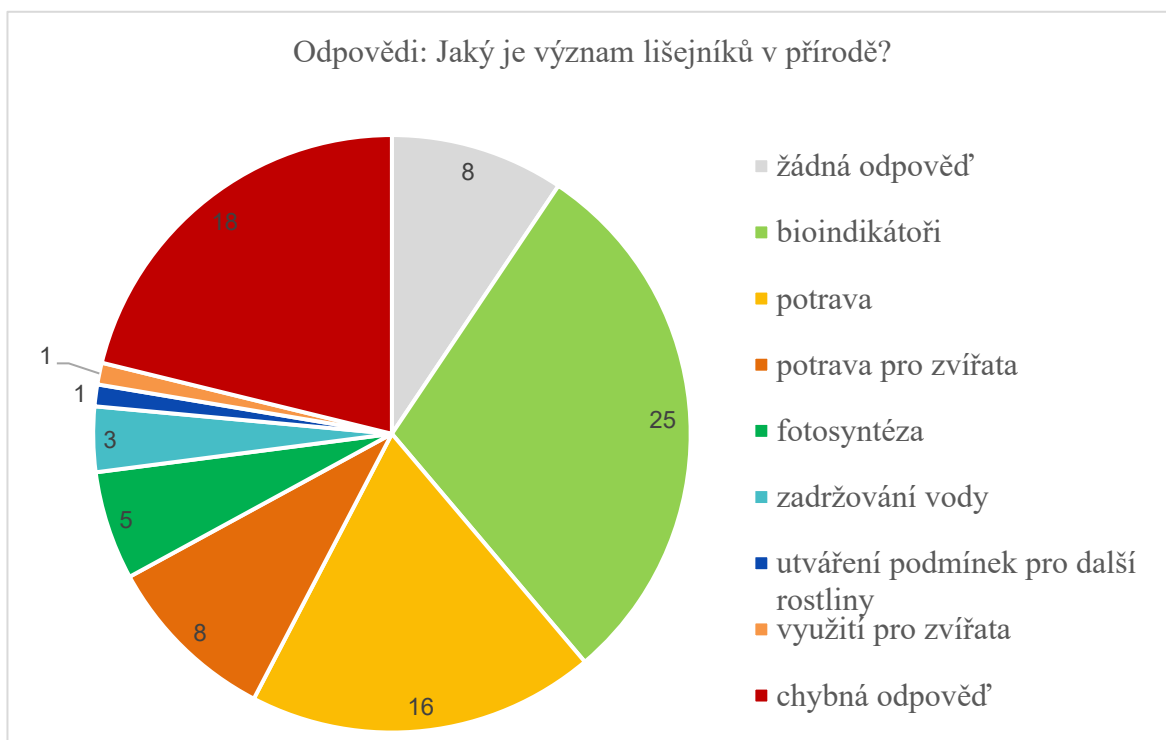
Foto Filip Slunečko (2024)

## 7.1 Závěrečné shrnutí – kvíz

Na třetí a poslední straně pracovního listu se nachází závěrečný kvíz o osmi otázkách, na které měli účastníci odpovědět. Otázky testují průřezově znalosti i postoje, které by měli účastníci absolvováním celého programu získat. V následujících podkapitolách jsou popsány výsledky a odpovědi na jednotlivé otázky, které jsou rovněž následně diskutovány.

### 7.1.1 Jaký je význam lišejníků v přírodě?

Mezi odpověďmi, které lze požadovat za správné, se objevily následující pojmy (seskupeny podle podobného významu): bioindikátory, bioindikace, určování čistoty ovzduší; potrava; potrava pro zvířata/zvěř/živočichy; využití pro zvířata; fotosyntéza, tvorba/vytváření kyslíku; zadržování vody; utváření podmínek pro další rostliny. Četnost zmíněných pojmů rozčleněných do kategorií viz graf č. 5. Z výsledků vyplývá, že část účastníků zcela neporozumělo zadání otázky a často zde odpovídali i na využití lišejníků člověkem. Otázka však mířila pouze na jejich význam v přírodě. Mezi odpověďmi se tak chybně objevilo rovněž: léky, léčiva, barva, barvivo, výroba z lišejníků v průmyslu, potrava pro lidi, rozdělání ohně, oheň, troud, ozdoby, dekorace, či kosmetika. Termín bioindikace lišejníků by mohl být spíše označen jako jev využitelný člověkem např. vědci pro měření čistoty prostředí (Frati & Brunialti, 2023) apod. Avšak vezmeme-li v potaz, že bioindikace u lišejníků (a tedy jejich přítomnost na daném stanovišti) je přírodní jev a nese se ruku v ruce se stabilitou a nenarušeností příslušného ekosystému, uznával jsem tuto odpověď jako správnou. Diskutabilní jsou odpovědi „dlouhodobost“ a „určují, kde žijí bobří“, což oboje mohli autoři zamýšlet v určité souvislosti s bioindikací, ale ani jedna z odpovědí již příliš nezapadá do významu lišejníků v přírodě. Celkově v úloze 50 účastníků odpovědělo správně či částečně správně, 6 odpovědělo chybně, 8 neuvedlo nic. Úspěšnost úlohy byla 78,1 %.

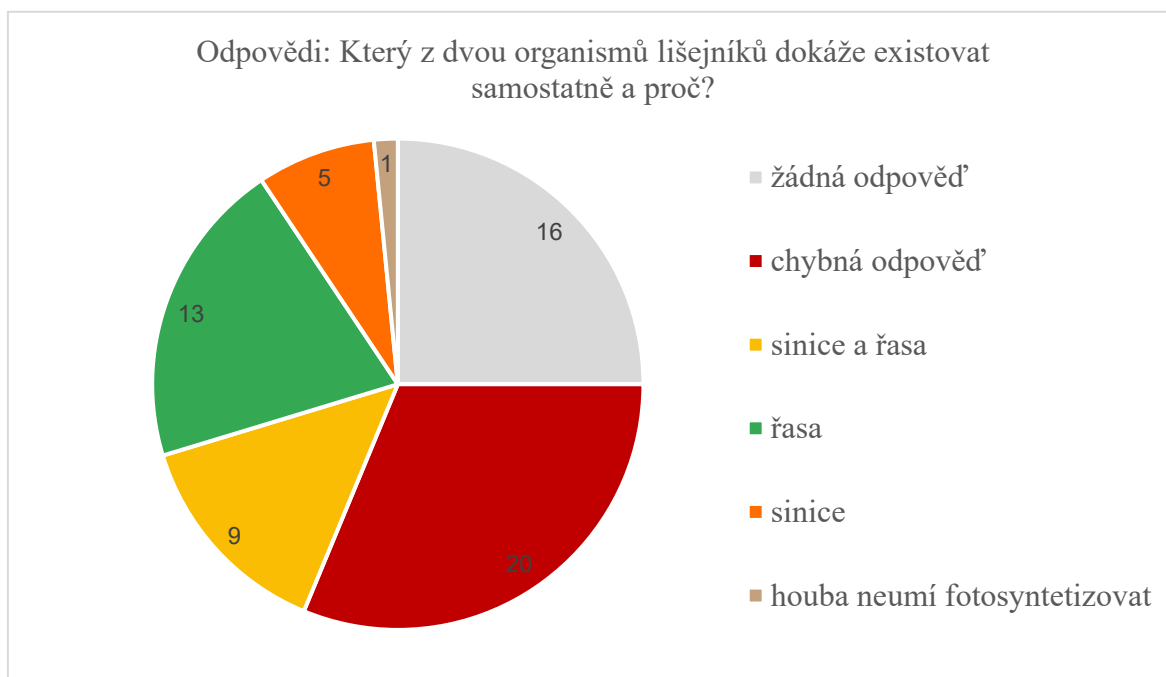


**Graf 5**

*Četnost odpovědí: Jaký je význam lišejníků v přírodě?*

### 7.1.2 Který z dvou organismů lišejníku dokáže existovat samostatně a proč?

Otázka směřovala na uvědomění si, jakou funkci v těle lišejníku zastává mykobiont a jakou fotobiont. Z úvodních poznatků o lišejnících mělo vyplynout, že díky fotosyntéze je samostatnější fotobiont, resp. fykobiont či cyanobiont. Jako správné proto byly vyhodnoceny odpovědi: sinice a řasa, řasa, sinice, houba neumí fotosyntetizovat. Mezi chybnými odpověďmi se nejčastěji vyskytl pojem „houba“ či název nějakého lišejníku. Četnost jednotlivých odpovědí viz graf č. 6. Chybovost u této otázky pravděpodobně může vycházet z nedostatečné znalosti participantů pojmu fotosyntéza, s níž otázka úzce souvisí. Dalším důvodem může být, že toto téma se probíralo v úvodu programu, účastníci tak mohli již pozapomenout potřebné souvislosti ke správnému vyřešení otázky. Třetím důvodem by mohlo být, že odpověď na tuto otázku nemusela u všech skupin vždy explicitně zaznít – bylo zde do jisté míry vyžadováno vyvození odpovědi na základě získaných souvislostí a porozumění problematice. Celkem odpovědělo správně 28 účastníků, z toho 18 uvedlo i zdůvodnění, proč tomu tak je – pojmy jako fotosyntéza, glukóza, živiny, potrava, látky. 20 účastníků odpovědělo chybně, 16 nevedlo nic. Úspěšnost úlohy byla 43,8 %.

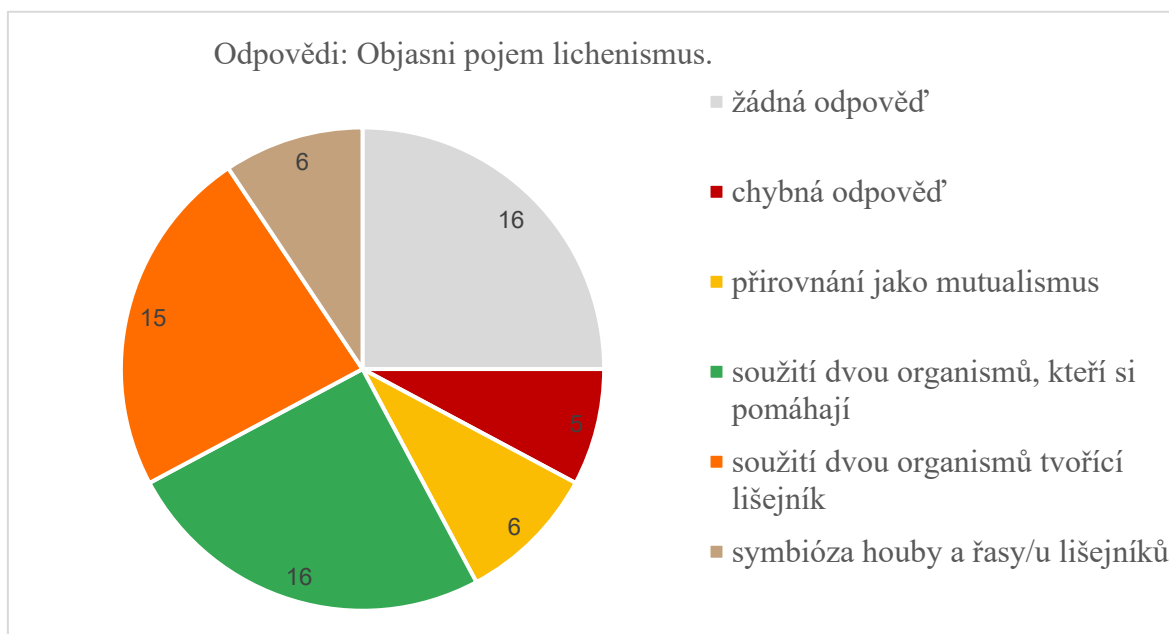


**Graf 6**

*Četnost odpovědí: Který z dvou organismů lišejníku dokáže existovat samostatně a proč?*

### 7.1.3 Objasni pojem lichenismus.

Mezi správnými odpověďmi se objevovalo: přirovnání k mutualismu; soužití dvou organismů, kteří ze sebe čerpají/neškodí si/působí na sebe dobře/pomáhají si; soužití dvou organismů tvořící lišejník/mykobiont, fotobiont, nebo houba s řasou či sinicí; symbióza houby a řasy/u lišejníků. Dvakrát se objevila odpověď, že se jedná o vědu o lišejnících. Dvakrát, že jde o soužití houby se stromem, což vnímám jako evidentní zaměnění významu s mykorhizou. Četnost jednotlivých odpovědí viz graf č. 7. Celkově v úloze 43 účastníků odpovědělo správně, 5 odpovědělo chybně, 16 neuvedlo nic. Úspěšnost úlohy byla 67,2 %.

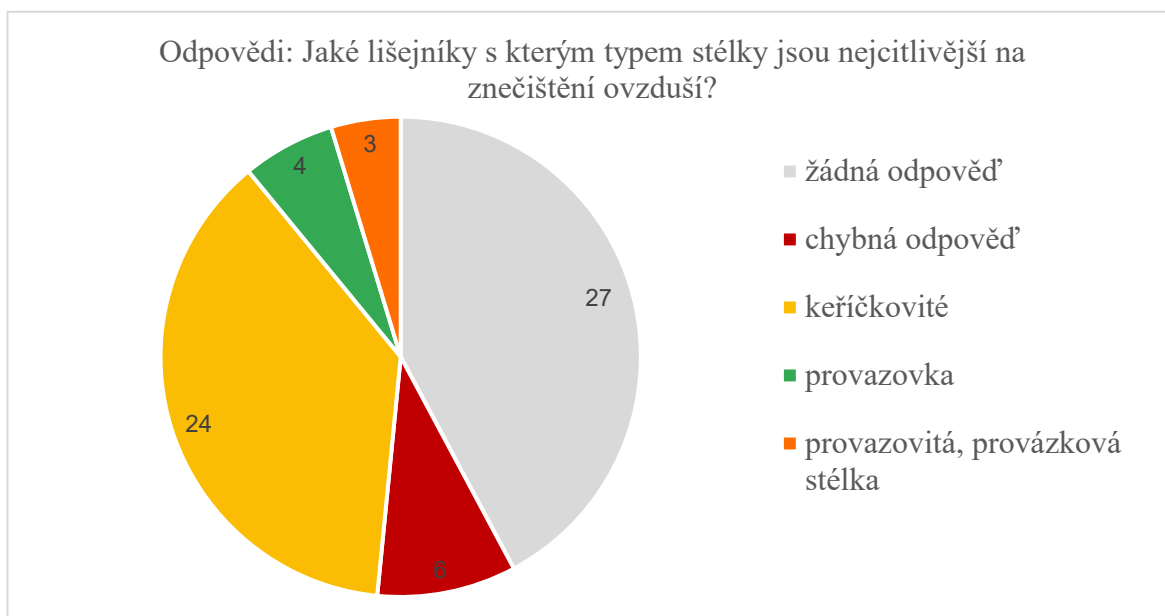


**Graf 7**

*Četnost odpovědí: Objasni pojem lichenismus.*

#### **7.1.4 Jaké lišejníky s kterým typem stélky jsou nejcitlivější na znečištění ovzduší a proč?**

Odpověď na tuto úlohu bylo během programu možné zaznamenat v určovacím klíči (obr. 8; Matějková, 2022), ve fázi pojednání o bioindikaci a v rámci hry Postapoxid Lichenus, kdy se hráči snažili zajistit návrat keříčkovitě stélkatých lišejníků, jež jsou na znečištění SO<sub>2</sub> nejcitlivější. Jako správné odpovědi se objevily: keříčkovité lišejníky, keříčkovitá stélka, provazovka; bylo uznáno i provazovitá či provázková stélka. Četnost jednotlivých odpovědí viz graf č. 8. V úloze je poměrně málo chybných odpovědí, zato velký je počet žádných odpovědí, přestože mnohokrát během hry i v bloku o bioindikaci zaznělo, že nejcitlivější jsou keříčkovitě stélkaté lišejníky. Vynechání otázky v některých případech si vykládám tím, že účastníci si nebyli jisti odpovědí, tak raději nenapsali nic, respektive v tom hledali větší složitosti, než bylo nutné. Celkově v úloze 31 účastníků odpovědělo správně, 6 odpovědělo chybně, 27 neuvvedlo nic. Úspěšnost úlohy byla 48,4 %.



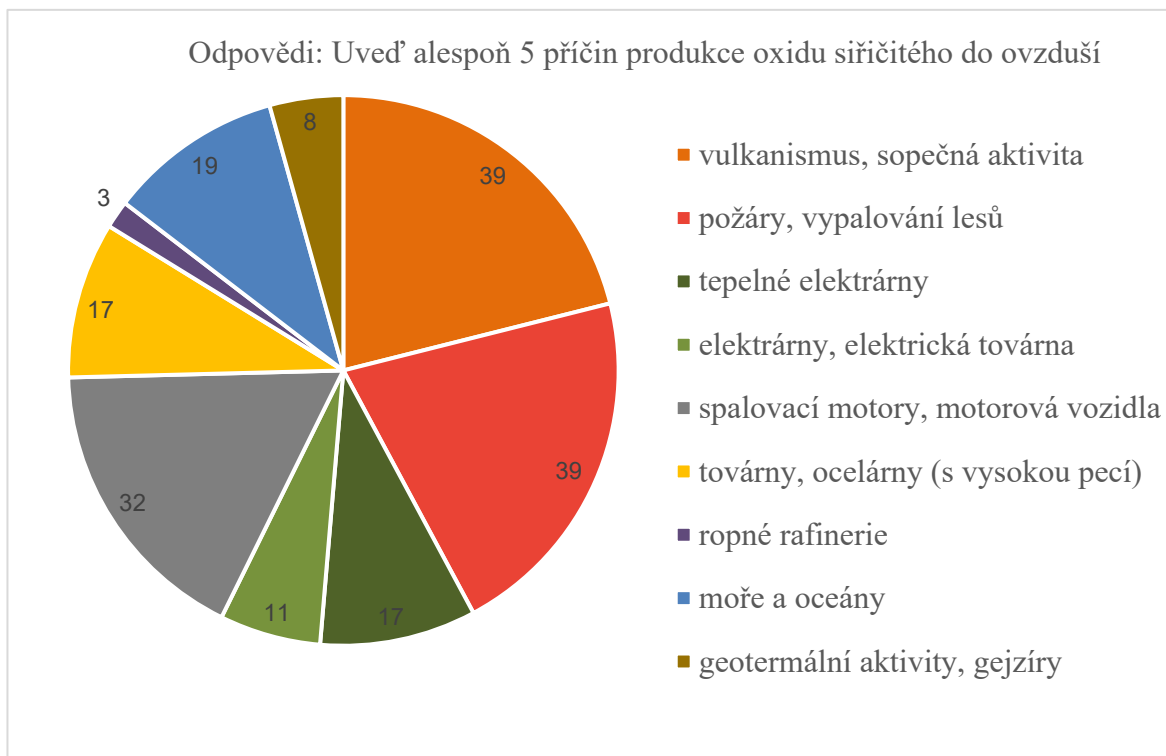
**Graf 8**

*Četnost odpovědí: Jaké lišejníky s kterým typem stélky jsou nejcitlivější na znečištění ovzduší a proč?*

### 7.1.5 Uved' alespoň 5 příčin produkce oxidu siřičitého (SO<sub>2</sub>) do ovzduší.

Otázka ověřovala zapamatování si zdrojů emisí SO<sub>2</sub>, případně dalších polutantů do ovzduší. Jako odpověď byly v naprosté většině použity názvy lokací či událostí ze hry Postapoxid Lichenus. Správné odpovědi byly pro potřeby vyhodnocení rozčleněny do kategorií podle významového obsahu: vulkanismus (vulkanická činnost, výbuch sopky, sopečná aktivita, erupce, přírodní katastrofa); požáry (přírodní, cílené, vypalování lesů, hoření, oheň); tepelné elektrárny, elektrárny; spalovací motory (motorová vozidla, auta, zplodiny/kouř z aut, doprava); továrny, ocelárny (s vysokou pecí) ropné rafinerie; moře a oceány; geotermální aktivity, gejzíry. Objevily se i odpovědi „emise“, „cigarety“, „plyn“, které lze považovat za dávající smysl. Četnost jednotlivých odpovědí viz graf č. 9. Z odpovědí souvisejících s pojmem „elektrárny“ vyvstává otázka, zda nedošlo u části účastníků k misinterpretaci, že oxid siřičitý uvolňují všechny druhy elektráren a nikoli pouze tepelné na fosilní či jiná spalovací paliva. V jednom případě byla dokonce odpověď „elektrická továrna“. Přestože v pravidlech i na kartě lokace – jejím tematickém názvu, je uvedeno tepelná elektrárna a jinak o tom nebylo hovořeno, mohlo u někoho dojít k chybnému porozumění a aplikaci tohoto významu. Celkově v úloze odpovědělo 21 účastníků 100 % správně (všech

5 odpovědí), 10 účastníků uvedlo 80 % (4 správné odpovědi), 9 účastníků uvedlo 60 % (3 správné odpovědi), 8 účastníků uvedlo 40 % (2 správné odpovědi), 5 účastníků 20 % (1 správná odpověď), 2 účastníci odpověděli chybně a 9 neuvedlo nic. Průměrná úspěšnost úlohy byla 60,3 %.



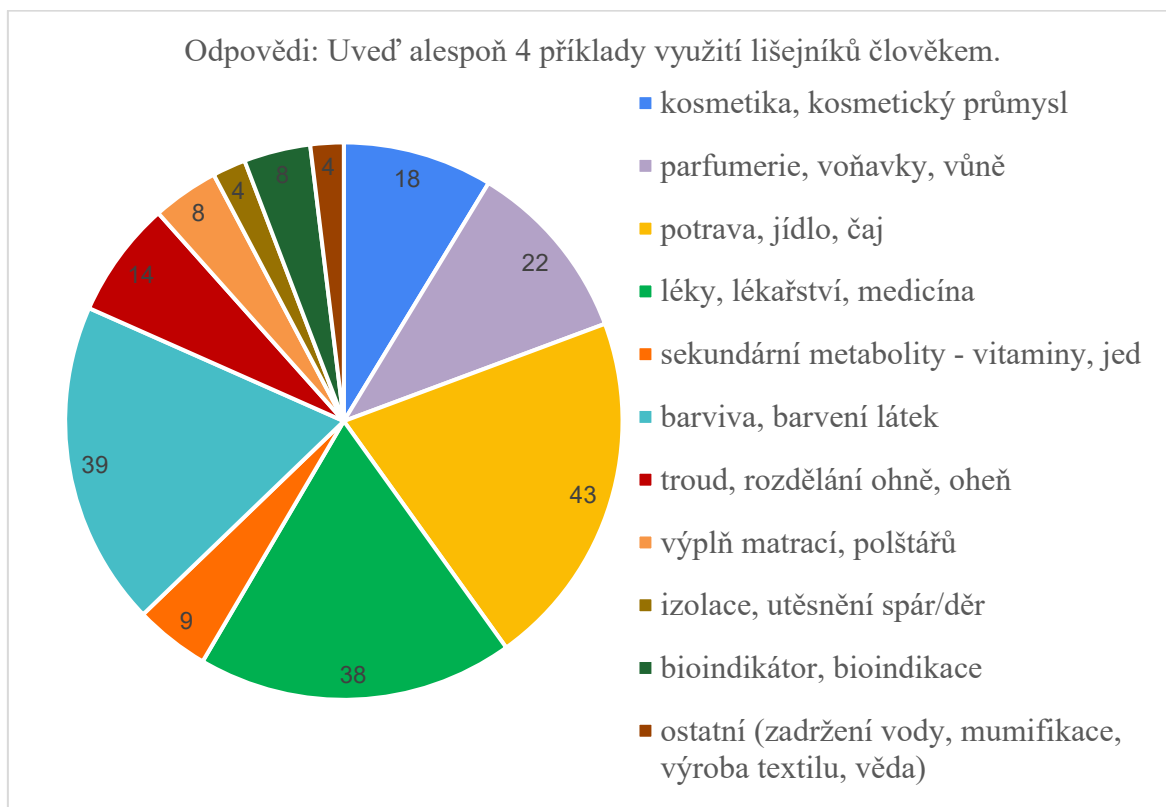
**Graf 9**

*Četnost odpovědí: Uved' alespoň 5 příčin produkce oxidu siřičitého (SO<sub>2</sub>) do ovzduší.*

#### **7.1.6 Uved' alespoň 4 příklady využití lišejníků člověkem.**

Odpovědi na tuto otázku mohli účastníci vyrozumět ze symbolického rámce hry Postapoxid Lichenus a z následující fáze programu o využití lišejníků. Správné odpovědi byly opět rozčleněny do skupin podle významu: kosmetika, kosmetický průmysl; parfumerie, voňavky, vůně, přísada do parfému; potrava, jídlo, čaj; léky, léčiva, lékařství, medicína, pastilky, tablety; sekundární metabolity – vitaminy, vitamin C, jed; barviva, barvení (látek); troud, rozdělání ohně, oheň; vycpaní/výplň matrací, polštářů, změkčení postele; izolace, utěsnění spár/děr; bioindikátor, bioindikace; zadržení vody; vědecký výzkum; výroba textilu; mumifikace. Z těch, co si zapsali nějaké poznámky (9 účastníků) během bloku o využití lišejníků, se zdařilo šesti z nich uvést 100 % (všechny 4 odpovědi), dvěma 75 % (3 správné odpovědi) a jednomu 50 % (2 správné odpovědi). Četnost jednotlivých odpovědí

viz graf č. 10. Celkově v úloze odpovědělo 36 účastníků 100 % správně (všechny 4 správné odpovědi), 13 účastníků uvedlo 75 % (3 správné odpovědi), 8 účastníků uvedlo 50 % (2 správné odpovědi), 4 účastníci uvedli 25 % (1 správná odpověď), nikdo neodpověděl zcela chybně, 3 neuvedli nic. Průměrná úspěšnost úlohy byla 79,3 %.



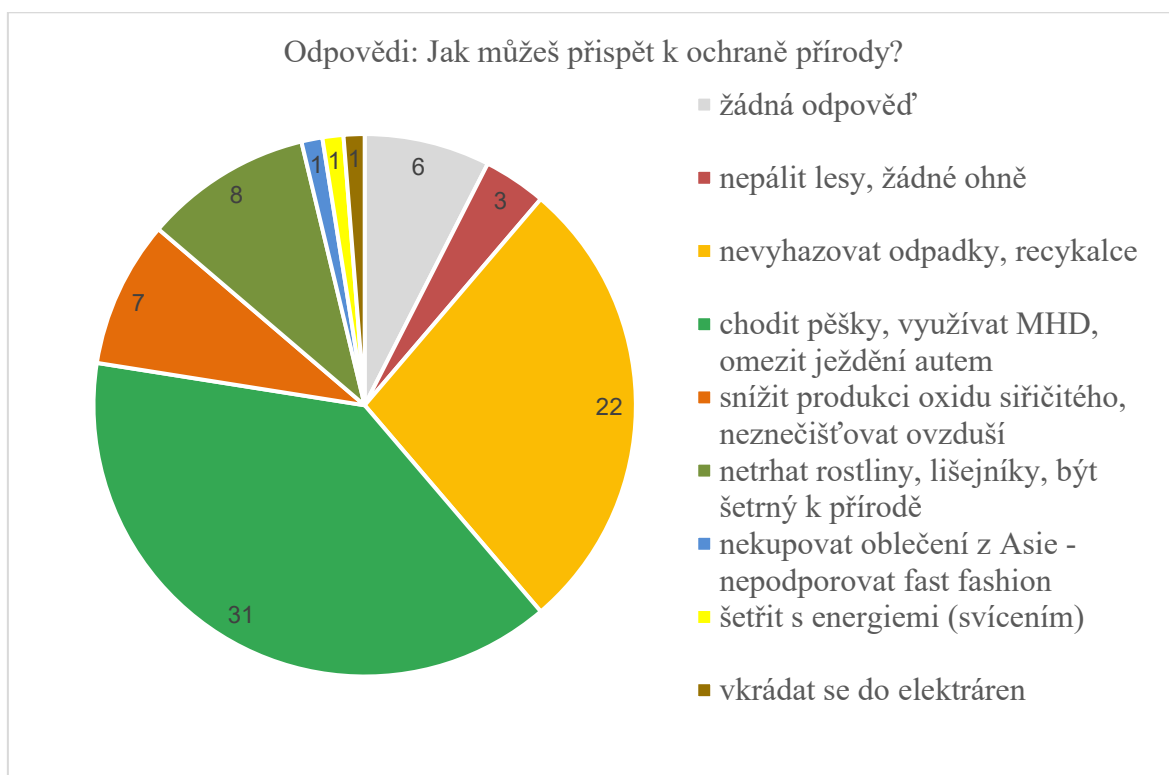
**Graf 10**

*Četnost odpovědí: Uved' alespoň 4 příklady využití lišejníků člověkem.*

### 7.1.7 Jak můžeš přispět k ochraně přírody?

Na tuto otázku účastníci odpovídali čistě subjektivně, jaký mají k ochraně přírody postoj, případně zda nějakým způsobem na základě formulace odpovědi program ovlivnil jejich afektivní vztah k této problematice. Obecně lze říci, že všechny odpovědi byly velmi uspokojivé, přestože občas nesouvisely s proběhlým lišejníkovým programem, ale vycházely z předešlých postojů účastníků. Mezi odpověďmi se objevovaly následující repliky: nepálit lesy, žádné ohně; nevyhazovat odpadky do přírody, třídít/sbírat odpad, recyklace, vícenásobné používání plastových lahví; chodit pěšky, využívání hromadné dopravy, jezdit MHD, na kole, na koloběžce, omezit ježdění autem, omezit létání letadlem,

elektromobilita; omezit/snížit produkci SO<sub>2</sub>, neznečišťovat ovzduší, filtry do elektráren; netrhat rostliny, lišejníky, neničit přírodu, čistit přírodu, neznečišťovat přírodu, být šetrný k přírodě; nekupovat oblečení z Asie, nepodporovat „fast fashion“ a „unfair trade“; šetřit s energiemi (svícením); jednou se objevilo: „vkrádat se do elektráren“ – ovlivnění programu tímto směrem by mohlo být z trestněprávního hlediska nežádoucí. Četnost jednotlivých odpovědí viz graf č. 11. Celkově v úloze odpovědělo 58 účastníků, 6 neuvedlo nic. Úspěšnost úlohy byla 90,6 %.



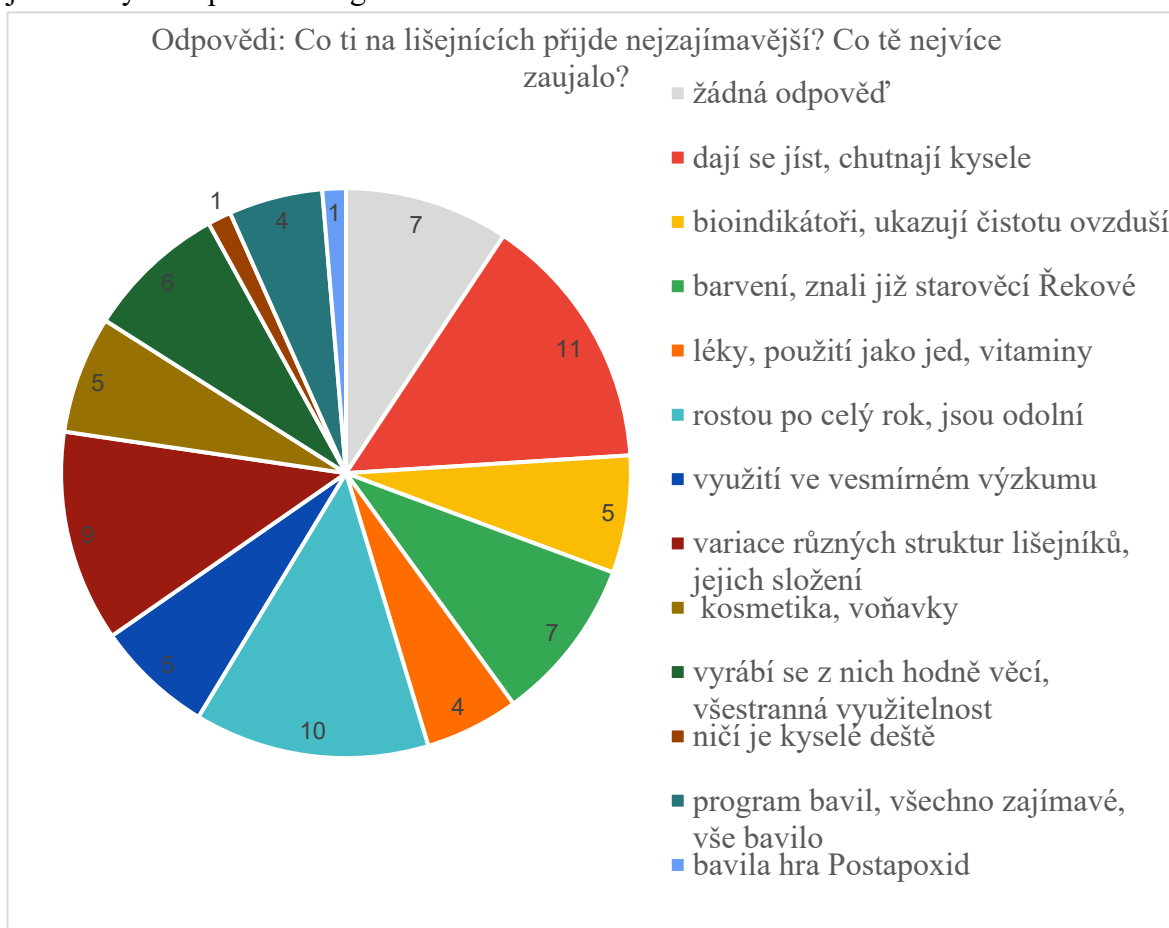
**Graf 11**

*Četnost odpovědí: Jak můžeš přispět k ochraně přírody?*

### 7.1.8 Co ti na lišejnících přijde nejzajímavější? Co tě nejvíce zaujalo?

Tato otázka je rovněž subjektivní a nemá žádnou správnou odpověď. Mezi nejčastějšími odpověďmi účastníků se objevovalo: dají se jíst, chutnají kyselé; jsou to bioindikátory, ukazují čistotu ovzduší; používají se k barvení, znali již starověcí Řekové; léky, použití jako jed, vitaminy; rostou po celý rok, rostou dlouho, mají dlouhou životnost, rostou všude, rostou podle prostředí (rychle/pomalou), jsou odolní; využití ve vesmírném výzkumu; variace

různých tvarů, typů či struktur lišejníků, jejich zbarvení, že existuje hodně druhů, jejich složení, že jsou z houby a rasy; dále: kosmetika, voňavky; vyrábí se z nich hodně věcí, jejich všestranná využitelnost; ničí je kyselá dešť; a v neposlední řadě se v odpovědích objevilo, že program dotyčné bavil, všechno bylo zajímavé, nové, a že bavila hra Postapoxid. Četnost jednotlivých odpovědí viz graf č. 12.



**Graf 12**

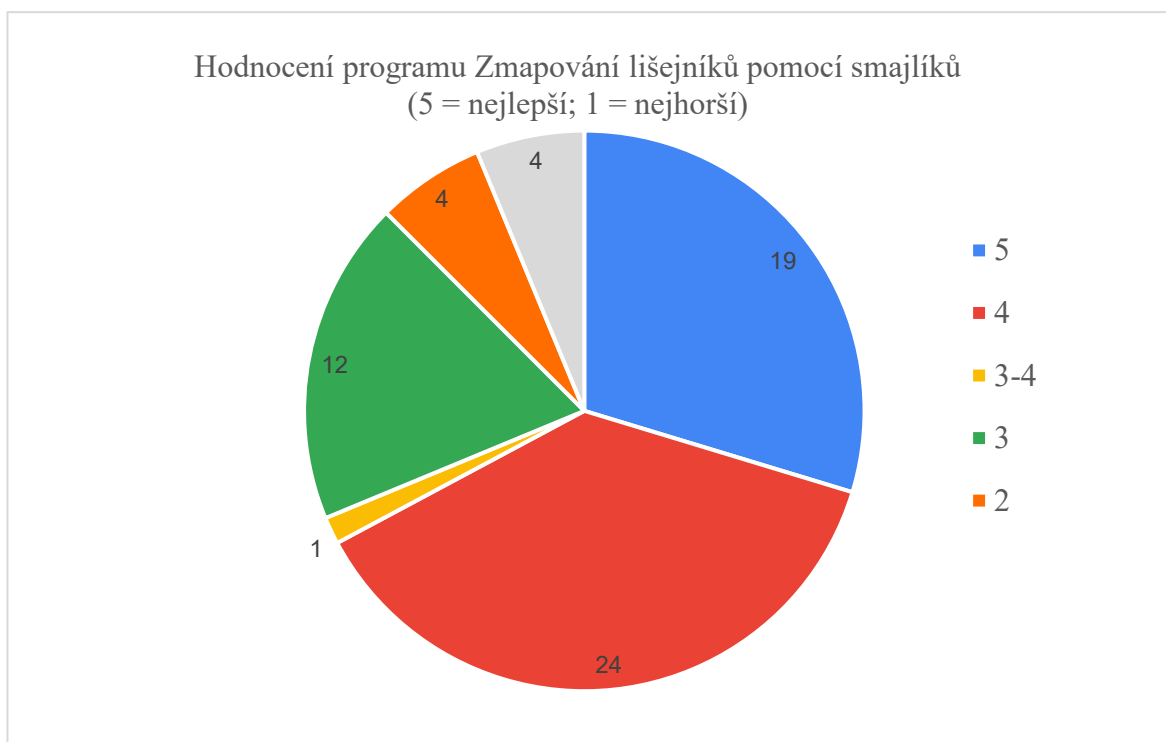
Četnost odpovědí: Co ti na lišejnících přijde nejzajímavější? Co tě nejvíce zaujalo?

## 7.2 Hodnocení a zpětná vazba

V pracovním listu byl po určitých fázích programu zařazen prostor pro reflexi a hodnocení od účastníků. K dispozici byly u reflexí emotikony („smajlíci“), které měli účastníci vybarvit dle pocitu z programu. Tyto emotikony představovaly úroveň spokojenosti s uplynulou částí programu na škále o 5ti stupních: velmi spokojený (usměvavý smajlík), spokojený (mírně usměvavý smajlík), neutrální (bezvýrazný smajlík), nespokojený (mírně zamračený

smajlík), velmi nespokojený (zamračený smajlík), viz příloha 1. Pro potřeby vyhodnocení jsem „smajlíkům“ přiřadil hodnoty 1-5, kdy 5 je nejlepší (velmi spokojený) a 1 nejhorší (velmi nespokojený).

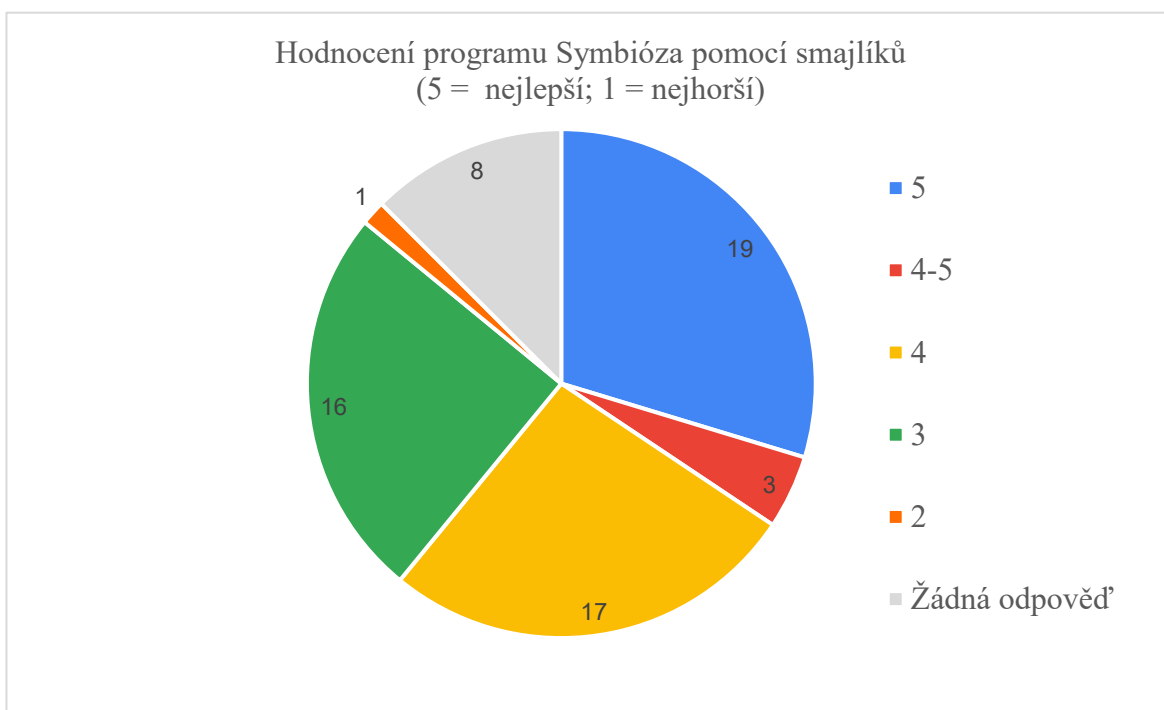
První reflexe přišla na řadu po úvodu a kompletní fázi Zmapování lišejníků (první strana pracovního listu). Kromě vybarvení emotikony si zde každý účastník měl napsat, co podle něj stojí za poznamenání. Celkově odpovědělo 27 účastníků, 37 nechalo pole bez komentáře. Mezi poznámkami účastníků se objevilo: lišejníky jsou bioindikátory; poznal jsem nové druhy lišejníků; lišejníky jsou všude; byla zábava hledat lišejníky v okolí; slovní komentáře typu: zajímavé, super, fajn, skvělý, dobrý, hezké, zábavné; jsem trochu zmatenej, ale baví mě to poslouchat; moc mě to nebaví, ale něco jsem se naučil; moc z toho nechápu; dozvěděl/a jsem se nové věci; je dobré, že celou dobu jen nesedíme, ale děláme i nějaké aktivity; přidání aktivit do programu; super že to co jsme si řekli jsme následně viděli. Hodnocení pocitů dosavadních aktivit viz graf č. 13. Průměrné hodnocení bez započítání žádných odpovědí je 4,0.



**Graf 13**

*Hodnocení fázi programu Úvod a Zmapování lišejníků.*

Druhá reflexe následovala po fázi programu Symbióza. Kromě vybarvení emotikony si zde každý účastník měl napsat, který pojem byl pro něj nový a co jej nejvíce zaujalo. Celkově odpovědělo 28 účastníků, 36 nechalo pole bez komentáře. Nový byl pro účastníky lichenismus (zmíněn třikrát), nejvíce je zaujal mutualismus (zmíněn šestkrát), zmíněn byl i neutralismus a komenzálismus. 13 účastníků uvedlo, že pro ně byly nové všechny druhy symbiózy. Jednou se objevil komentář: „moc z toho nechápu“ a jednou „nevím“. Kladně byl hodnocen způsob hádání v celé skupině, jak se organismy ovlivňují. Byly oceněny kartičky s obrázky organismů. Hodnocení pocitů aktivity viz graf č. 14. Průměrné hodnocení bez započítání žádných odpovědí je 4,1.

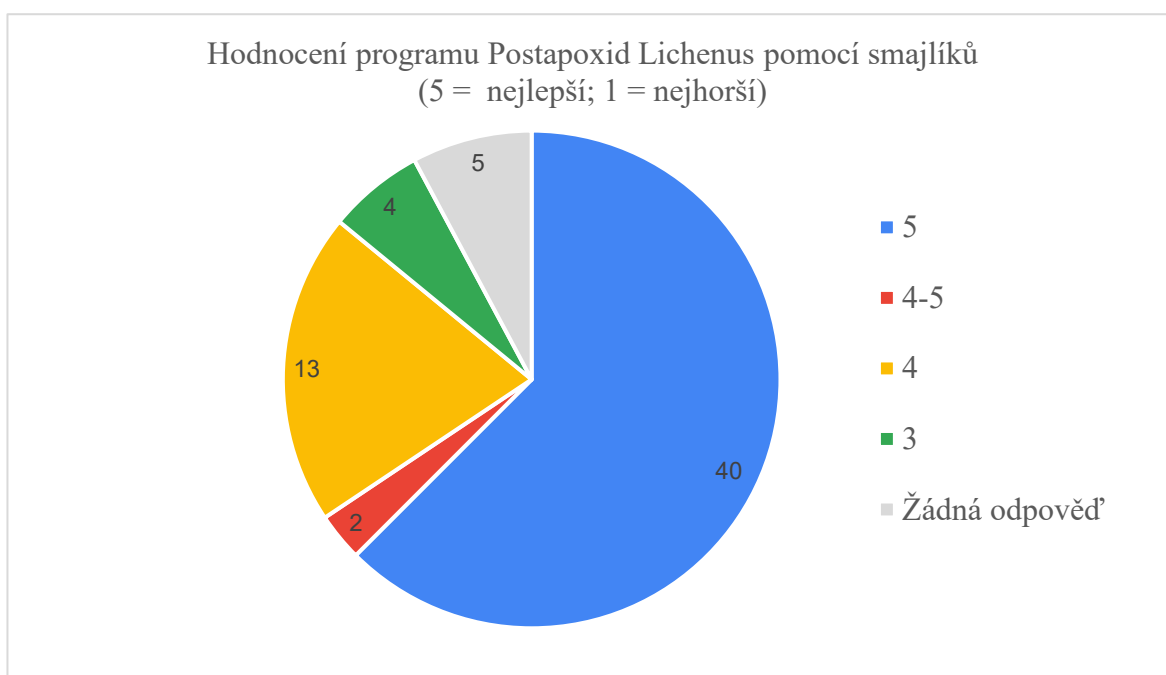


**Graf 14**

*Hodnocení fáze programu Symbióza.*

Třetí reflexe proběhla v rámci review hry Postapoxid Lichenus. Kromě vybarvení emotikony měl každý účastník napsat, co si uvědomil a co by vylepšil. Celkově odpovědělo 39 účastníků, 25 nechalo pole bez komentáře. Mezi odpověďmi, co si díky tomu účastníci uvědomili, se objevovalo: příroda má více problémů, než si uvědomujeme; lišejníky rostou v čistém prostředí; nechceme doopravdovou apokalypsu; životní prostředí je důležité, měli bychom se o něj více starat; důležité je chránit životní prostředí/přírodu; záchrana přírody

není lehká; spalovací motory ničí přírodu; měli bychom více využívat hromadnou dopravu; jak lze omezit zdroje SO<sub>2</sub>; jak snížit oxid siřičitý v ovzduší; i když si to moc neuvědomujeme, všude kolem nás je hrozně moc oxidu siřičitého; všichni by se měli dozvědět, jak je toto důležité. V odpovědích byla zpětná vazba kladná, objevovalo se hodnocení typu: bylo to super, nic bych nevylepšíval/a, všechno bylo dobré, bavilo mě to, hra byla fajn, skvělá hra, nejlepší aktivita, hrozně vtipný, zábavné; jednou se objevilo: moc z toho nechápu; z návrhů na případné úpravy se objevilo: více úkolů a situací; více náhodných událostí. Hodnocení pocitů ze hry viz graf č. 15. Průměrné hodnocení bez započítání žádných odpovědí je 4,6.

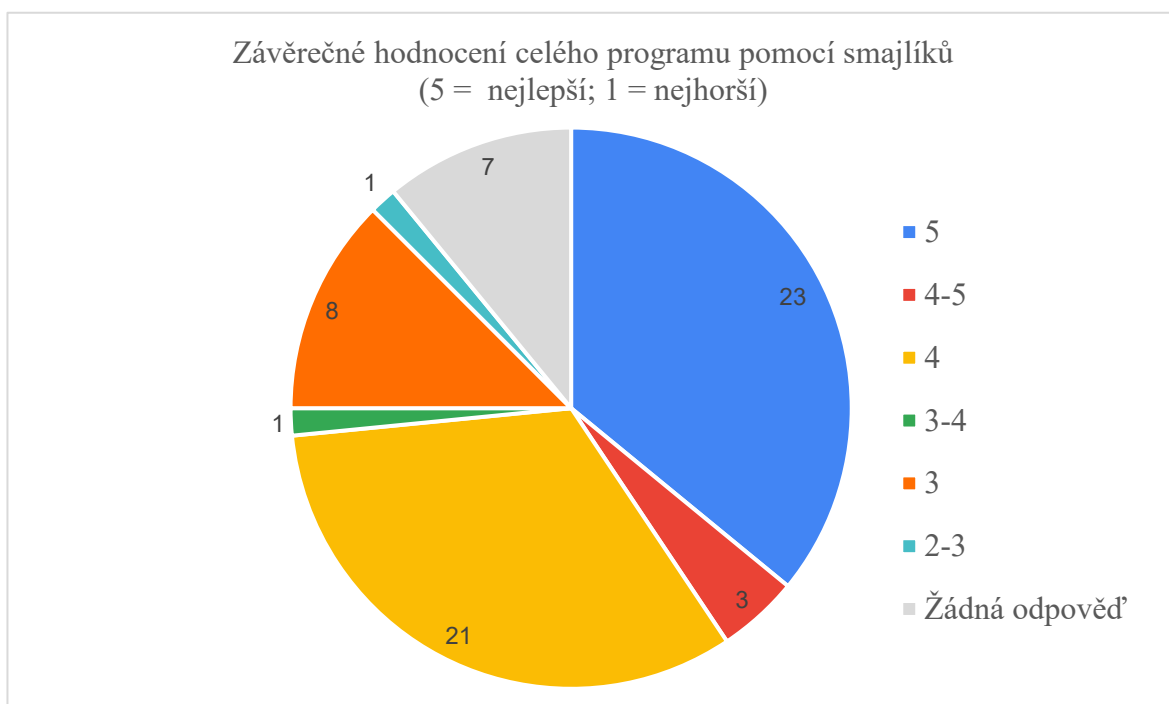


## Graf 15

### *Hodnocení hry Postapoxid Lichenus.*

Čtvrtá a poslední reflexe byla na samém konci pracovního listu po závěrečném shrnutí (kvízu). Reflexe s hodnocením se vztahovala na celý proběhlý lišejníkový didaktický program. Kromě vybarvení emotikony měl každý účastník napsat, co nového se dozvěděl, co je bavilo a co si z programu odnáší. Celkově odpovědělo 36 účastníků, 28 nechalo pole bez komentáře. Komentáře účastníků zahrnovaly odpovědi od využití lišejníků, přes kladné hodnocení hry Postapoxid Lichenus, po pozitivní i negativní zpětnou vazbu, mezi odpověďmi se objevovaly např. tyto odpovědi a jejich obdoby: vše moc bavilo; dobrý;

zábava; bylo to zajímavé; dozvěděl/a jsem se nové informace; naučil/a jsem se hodně o lišejnících od růstu po využití; využití lišejníků v kosmetice; můžeme jíst lišejníky; lišejník je prospěšný ve spoustě věcí (potrava, léky...); bavila hra; fajn, ale lišejníky nejsou moc zajímavá věc; bavily hry, odnáší si, že se z nich vyrábí spoustu věcí; druhy lišejníků, bavila hra, odnáším si mouku na kraťasech; v lese je lišejník, bavila hra Postapoxid; líbilo se mi to, zajímavé, hezky a zábavně udělané; čekala jsem horší, byla to zábava, 70% nové informace; nové info, veliký kus papíru a moc povídání, více her by bylo lepší a více zábavné; celkem zdlouhavé, jinak fajn; lišejníky nejsou můj šálek kávy, ale dnes bavilo a hra byla nejlepší; hodně dlouhé, ale poučné; hry byly suprové a list taky; hodně jsem se dozvěděla o tématu, co jsem předtím nevěděla; zajímavé hezké aktivity; dobré, že bylo proloženo vědomostmi i hrami; líbilo se, zkusila bych si to znova, bavila hra a určování druhů lišejníků; v podstatě vše nové, tématu jsem nikdy nevěnovala pozornost, po dnešku bych ráda začala, moc se líbilo. Hodnocení pocitů z celého lišejníkového programu viz graf č. 16. Průměrné hodnocení programu i se započítáním žádných odpovědí (počítáno jako 0) je 3,8; bez započítání žádných odpovědí je to 4,3.



**Graf 16**

*Závěrečné hodnocení celého programu o lišejnících.*

### 7.3 Vyhodnocení

Z grafů vyplývá, že účastníci na program nahlíželi vesměs kladně, nejvíce se jim dle ohlasů líbila hra Postapoxid Lichenus, poté fáze programu o Symbióze a fáze Úvod se Zmapováním lišejníků. Na celkovém chování a přístupu účastníků během programu bylo dle mého patrné, že se jedná u účastníky ze skautského prostředí – nedocházelo k rušení, nekázni či jakýmkoli potenciálně problematickým situacím. Hypotézu na první výzkumnou otázku, zda budou účastníci přistupovat k programu aktivně a pozitivně, lze označit za platnou.

Na základě odpovědí a zpětné vazby z reflexí lze konstatovat, že si takřka každý na programu našel něco svého. Účastníci v odpovědích do pracovních listů vyplňovali nové informace i postoje, které během programu získali. Mezi nejběžněji uváděné nově nabyté znalosti se řadí: složení lišejníků, druhy symbióz, fakta o bioindikaci, zdroje oxidu siřičitého v ovzduší a problematika znečištění, praktické využití lišejníků aj., což kopíruje strukturu navrženého edukativního programu. Překvapivým bylo zjištění, že mnoho účastníků uvedlo v rámci úlohy „Jak můžeš přispět k ochraně přírody“ (viz 7.1.7) několik podnětných odpovědí a postřehů, které během programu vůbec nezazněly. To poukazuje na jejich zjevnou předchozí zasvěcenost v tématu ochrany přírody a schopnost nad ním uvažovat komplexněji i mimo dvou a půl hodinový program zabývající se lišejníky, který absolvovali. Vysvětlením může být, že se jedná o členy zájmové skupiny (skautingu), v níž jsou témata ochrany přírody a osobního rozvoje (včetně různých postojů a dovedností) běžným předmětem zájmu. Tato zjištění by mohla v budoucnu podpořit další potenciální součinnost mezi skautingem a mimoškolním vzděláváním (cf. Mislia et al., 2016) na našem území. Většina odpovědí na tuto otázku přesto v součtu vycházela z témat, jež byly součástí aktivit programu. Díky těmto skutečnostem lze potvrdit hypotézu na druhou výzkumnou otázku, zda u účastníků dojde ke změně znalostí a postojů k přírodnímu prostředí, jako správnou.

Třetí výzkumná otázka se zabývala osvojením znalostí prostřednictvím didaktické hry. Data výše naznačují, že hypotéza na třetí výzkumnou otázku byla prokázána pouze částečně (ze dvou třetin) – méně než polovina účastníků, konkrétně 31 (48,4 %) z didaktické hry vyrozuměla, že nejvíce citlivé jsou na znečištění prostředí lišejníky s keříčkovitou stélkou. Účastníci na druhou stranu byli díky hře schopni odvodit možné příčiny produkce

oxidu siřičitého (SO<sub>2</sub>) (průměrně 60,3 %), kde 100 % úspěšnost dosáhlo 21 účastníků (32,8 %), což je celkem třetina. Účastníci byli rovněž schopni zdařile aplikovat informace na různé využití lišejníků člověkem, kde 100 % úspěšnosti dosáhlo 36 účastníků (56,3 %), tj. více než polovina. Tento výsledek však může být zkreslen, neboť po hře následoval blok o využití lišejníků člověkem, jenž byl zároveň posledním. Účastníci tak měli tyto informace v živé paměti, což mohlo posílit správnost odpovědí v této úloze. Nelze proto s jistotou určit, které odpovědi mají svůj zdroj ve hře, a které v bloku po ní. Mezi nejčtenějšími odpověďmi byly ovšem ty, které souvisely se symbolickým rámcem hry. Lze říci, že začlenění her a dalších aktivizačních metod vede ke znatelnému zvýšení kvality výsledků učení zúčastněných, dále stimuluje jejich kognitivní zapojení a podporuje jejich vnitřní motivaci. S tímto v zásadě korespondují s výzkumy, jež se zabývají didaktickými hrami v biologii (Zholdasbekova et al., 2023).

Čtvrtá výzkumná otázka se zaměřovala na potenciální různorodost získaných vědomostí, respektive odpovědí účastníků. Z grafů lze vyzorovat, že odpovědi, kde bylo třeba výčtu více pojmů, byly rozmanité. Odpovědi v závěrečném kvízu a reflexích byly mezi účastníky velmi variabilní, a je tedy patrné, že z plejády informací v programu každému utkvěly odlišné poznatky, zjištění či postoje. Čtvrtá hypotéza se ukázala jako pravdivá.

Co se týče klíčových kompetencí, o jejichž posílení program usiloval, předsevzatým záměrům se dle mého povedlo dosáhnout. Účastníci během aktivit vykazovali schopnost kritického myšlení; data z předchozí kapitoly potvrzují, že se naučili novým věcem. V průběhu programu spolu všichni navzájem komunikovali, kooperovali a interagovali. Během programu proběhlo vícekrát zamyšlení se nad globálními tématy s ochranou přírody. V rámci her skupiny čelily různým, pro někoho větším či menším výzvám. V neposlední řadě účastníci prokázali dovednost řešit problémy, např. při práci s textem, plánování nebo hledání společného řešení v nastalých situacích během aktivit či her. V případném užití mnou navrženém didaktickém programu v budoucnu, by mohla být v rámci fáze programu Zmapování lišejníků zahrnuta kompetence digitální pro identifikaci druhů lišejníků, např. pomocí internetových určovacích aplikací a databází. Prostředí skautských táborů je však pro toto poněkud limitující, neboť jejich účastníci často nemají s sebou mobilní telefony nebo potřebnou obdobnou elektroniku.

Prvky skautské výchovné metody se rovněž podařilo do realizace programu promítnout dle plánů. Případný nezájem účastníků o program se pravděpodobně projevil formou vynechaných prázdných odpovědí v pracovních listech. Během programu jsem jej však nijak nepocítil. Všichni účastníci alespoň z části pracovní listy vyplnili, žádný jsem neobdržel zpět zcela nepopsaný. Zpravidla u dotyčných zůstaly nevyplněné jednotlivé úlohy, nikoli celé stránky.

## Závěr

Lišejníky jsou organismy, které díky svým charakteristickým vlastnostem představují ideální modelovou skupinu organismů pro výuku přírodních věd v terénu. Dají se na nich demonstrovat pojmy jako bioindikace a s ní související problematika čistoty ovzduší i životního prostředí, symbióza a jednotlivé vztahy mezi organismy. Uplatnit lze i jejich morfologii, chemismus, využití a mnoho dalšího. Navržený a zrealizovaný didaktický program o lišejnících absolvovalo celkem 64 účastníků. Ukázalo se, že děti ve skautském prostředí přistupují k přírodovědným tématům kladně a převážně aktivně. Eventuální nezájem o téma se v případě tohoto výzkumu projevil nanejvýš pasivitou, nikoli však narušováním či jakýmkoli negativním ovlivňováním programu. Z hodnocení programu vyšlo najevo, že účastníci jej převážně hodnotili jako zábavný a přínosný. Z odpovědí a dat z grafů vyplývá, že během programu účastníci získali mnoho nových informací a znalostí. Procentuální úspěšnost odpovědí v úlohách závěrečného kvízu byla: 78,1 % zúčastněných správně uvedlo jaký je význam lišejníků v přírodě; 43,8 % správně zodpovědělo, který z organismů lišejníku dokáže samostatně existovat, respektive porozumělo souvislosti fotobionta s fotosyntézou; 67,2 % správně objasnilo pojem lichenismus; 48,4 % správně interpretovalo, jaké lišejníky jsou nejcitlivější na znečištění ovzduší; 60,3 % byla průměrná úspěšnost v úloze tázající se na příčiny produkce oxidu siřičitého (SO<sub>2</sub>) a 79,3 % byla průměrná úspěšnost v úloze zabývající se využitím lišejníků člověkem. Co se týče afektivního posílení postojů k přírodě a ochraně životního prostředí, 90,6 % účastníků se vyjádřilo podnětně a kladně. Je patrné, že tato zájmová skupina zastávala silný postoj k této problematice již před absolvováním programu. Data ukazují, že co se týče výstupů z didaktické hry, méně než polovina participantů (31) z ní vyrozuměla, že nejcitlivější jsou na znečištění prostředí keříčkovitě stélkaté lišejníky. Naopak hra byla úspěšná v porozumění příčinám produkce SO<sub>2</sub> ve světě, kde dosáhla třetina účastníků (21) 100% správných odpovědí; a zejména pak ve využití lišejníků člověkem, kde dosáhla 100% správných odpovědí více než polovina účastníků (36). Hra Postapoxid Lichenus zároveň vyšla jako nejlépe hodnocená aktivita celého programu. Zjištění tak mohou potvrzovat soudobé výzkumné pedagogické trendy, že didaktické hry a další aktivizační metody napomáhají lepší motivaci, zapojení a vzdělání cílové skupiny. Na základě výsledků i zpětné vazby lze

konstatovat, že program byl pestrý a každý účastník si z něj odnesl něco jiného. Do programu se podařilo implementovat a posílit aspekty klíčových kompetencí i skautské výchovné metody. Obdobné formy edukace by mohly do budoucna nabýt na častější využitelnosti díky podpoře a zacílení nejen na pouhé znalosti, ale i schopnosti, postoje, dovednosti či tzv. jemné dovednosti („soft skills“). Výhodou tohoto programu je, že díky kosmopolitnosti lišejníků a jejich celoročnímu růstu je lze uspořádat prakticky kdykoliv a kdekoliv. Výsledky rovněž naznačují, že díky lišejníkům lze témata jako bioindikace, symbióza a znečištění ovzduší dobře demonstrovat. Zároveň z výzkumů vyplývá, že výuka a pobyt v přírodě s sebou přináší benefity, kterých lze s obtížemi dosáhnout v každodenní standardní činnosti. Potenciální využití tohoto didaktického programu o lišejnících by v budoucnu mohlo tkvít ve vyzkoušení na dětech z neskautského prostředí, např. během škol v přírodě, exkurzí či v rámci jiných dětských táborů. Bylo by zajímavé pozorovat, zda by se přístup účastníků během programu lišil společně s jejich výstupy. Možná je rovněž implementace i pouze některých vybraných aktivit do výuky ve škole, na skautskou schůzku, zájmovou aktivitu apod.

## Seznam informačních zdrojů

- Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. (2006). *Portál informačního systému ochrany přírody (ISOP)*. [online] Dostupné z:  
[https://portal.nature.cz/redlist/v\\_nd\\_taxon\\_category.php?akce=seznam&opener=&vztazne\\_id=0](https://portal.nature.cz/redlist/v_nd_taxon_category.php?akce=seznam&opener=&vztazne_id=0) [cit. 2024-02-27]
- Asta, J., Erhardt, W., Ferretti, M., Fornasier, F., Kirschbaum, U., Nimis, P. L., Purvis, O. W., Pirintsos, S., Scheidegger, C., Haluwyn, C., & Wirth, V. (2002). Mapping Lichen Diversity as an Indicator of Environmental Quality. In P. L. Nimis, C. Scheidegger, & P. A. Wolseley (Ed.), *Monitoring with Lichens — Monitoring Lichens* (s. 273-279). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-010-0423-7\\_19](https://doi.org/10.1007/978-94-010-0423-7_19)
- Ahmadjian, V., Jacobs, J. (1981). Relationship between fungus and alga in the lichen *Cladonia cristatella* Tuck. *Nature* 289, 169–172. <https://doi.org/10.1038/289169a0>
- Baden-Powell of Gilwell, R. S. S. B. -P. (2022). *Skauting pro chlapce: Scouting for boys: rukověť pro výuku dobrého občanství pomocí lesní moudrosti* (Druhé vydání, přeložil Jiří Navrátil). Junák – český skaut, Tiskové a distribuční centrum.
- Cortellazzo, L., Bonesso, S., Gerli, F., & Pizzi, C. (2021). Experiences that matter: Unraveling the link between extracurricular activities and emotional and social competencies. *Frontiers in Psychology*, 12, 659526.
- Češíková, P. (2022). *Učivo o lišejnících (Lichenes) a problematika jeho začleňování do výuky přírodopisu na 2. stupni ZŠ* [diplomová práce]. Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, Katedra biologie a environmentálních studií.
- Dal Grande, Francesco & Rolshausen, Gregor & Divakar, Pradeep & Crespo, Ana & Otte, Juergen & Schleuning, Matthias & Schmitt, Imke. (2017). Environment and host identity structure communities of green algal symbionts in lichens. *New Phytologist*. <https://doi.org/10.1111/nph.14770>
- Ferretti, M. & Erhardt, W. (2002). Key issues in designing biomonitoring programmes. – In: Nimis, P.L. et al. (Ed.): *Monitoring with Lichens – Monitoring Lichens*. NATO Science Series, IV, vol. 7. Kluwer, Dordrecht, pp. 111-139.

- Frati, L., & Brunialti, G. (2023). Recent Trends and Future Challenges for Lichen Biomonitoring in Forests. *Forests*, 14(3), 647. <https://doi.org/10.3390/f14030647>
- Halda, J., & Kučera, J. (2022). *Atlas krkonošských mechorostů, lišejníků a hub*. Správa Krkonošského národního parku. Dostupné z: [https://www.krnapp.cz/media/eapmuvzb/krnap-atlas\\_mechy\\_lisejniky1\\_2022\\_w.pdf](https://www.krnapp.cz/media/eapmuvzb/krnap-atlas_mechy_lisejniky1_2022_w.pdf)
- Hanuš, R., & Chytilová, L. (2009). *Zážitkově pedagogické učení*. Grada.
- Hanuš, M., Hanuš, M., Hanuš, R., Haková, J., Klusáček, M., & Pokorný, A. (2021). *Praktická učebnice zážitkové pedagogiky: instruktorský slabikář: metodická příručka pro všechny, kdo organizují kurzy zážitkové pedagogiky*. Nadace Pangea.
- Jarman, R. (2005). Science learning through scouting: an understudied context for informal science education. *International Journal of Science Education*, 27(4), 427–450. <https://doi.org/10.1080/0950069042000266182>
- Jeronen, E., Palmberg, I., & Yli-Panula, E. (2016). Teaching methods in biology education and sustainability education including outdoor education for promoting sustainability—A literature review. *Education Sciences*, 7(1), 1.
- Jirásek, I. (2005). *Filosofická kinantropologie: setkání filosofie, těla a pohybu*. Univerzita Palackého.
- Kaplánek, M. (Ed.). (2022). *Volný čas dětí staršího školního věku: vybrané výsledky výzkumu volného času a životního stylu dětí ve věku 11-15 let a jejich využití v pedagogice*. Nakladatelství Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.
- Karešová, P., Medková, E., Seidlová, D., Šťovíčková, K., Váchová, J., Višňáková, M., Zimpllová, K., & Žídková, H. (2017). *Hravý přírodopis 6: pro 6. ročník ZŠ a víceletá gymnázia* (2. vydání). Taktik.
- Kern, E. L., & Carpenter, J. R. (1986). Effect of Field Activities on Student Learning. *Journal Of Geological Education*, 34(3), 180-183. <https://doi.org/10.5408/0022-1368-34.3.180>
- Kett, A., Dong, S., Andrachuk, H., & Craig, B. (2005). Learning with Lichens: Using epiphytic Lichens as bio-Indicators of air pollution. *Green Teacher*, (77), 27.

- Klíčové kompetence. (2025). *Revize rámcových vzdělávacích programů*. [online] Dostupné z: <https://prohlednout.rvp.cz/zakladni-vzdelavani/klicove-kompetence> [cit. 2025-02-20]
- Knotková, A. (2022). *Zážitková pedagogika*. Nakladatelství Univerzity Hradec Králové, Gaudeamus.
- Kubát, K. (2003). *Botanika* (2. vyd). Scientia, pedagogické nakladatelství.
- Liška, J. & Palice, Z. (2010). Červený seznam lišejníků České republiky (verze 1.1). *Příroda, Praha, 29*, 3–66.
- Liška, J. (2012). Lichen flora of the Czech Republic. *Preslia 84*, 851–862
- Malíček, J. (2012). Sekundární metabolity lišejníků a jejich význam pro taxonomii. *Živa, 2012*(6).
- Malíček, J., Palice, Z., Bouda, F., Knudsen, K., Šoun, J., Vondrák, J. & Novotný, P. (2023). *Atlas českých lišejníků*. [online]. Dostupné z: [dalib.cz](http://dalib.cz) [cit. 2024-02-22]
- Marsh, D. M., & Hanlon, T. J. (2007). Seeing what we want to see: Confirmation bias in animal behavior research. *Ethology, 113*(11), 1089-1098. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.2007.01406.x>
- Matějková, Z. (2022). *Lišejníky: určovací klíč – tolerance lišejníků na koncentrace SO<sub>2</sub>*. Praha.
- Mislia, M., Mahmud, A., & Manda, D. (2016). The Implementation of Character Education through Scout Activities. *International Education Studies, 9*(6). <https://doi.org/10.5539/ies.v9n6p130>
- Nazir, J., & Pedretti, E. (2015). Educators' perceptions of bringing students to environmental consciousness through engaging outdoor experiences. *Environmental Education Research, 22*(2), 288-304. <https://doi.org/10.1080/13504622.2014.996208>
- Neformální vzdělávání. (2024). [online]. *Praha: MŠMT*. [cit. 2024-03-14]. Dostupné z: <https://www.msmt.cz/mladez/neformalni-vzdelavani-1>
- Neuman, J. (1999). *Dobrodružné hry a cvičení v přírodě* (Vyd. 2, ilustroval Petr Ďoubalík). Portál.

- Nikodým, R. (2019). *Volnočasové aktivity. Rozdílné možnosti trávení volného času dětí mladšího školního věku ve městě a na vesnici*. [Diplomová práce]. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Teologická fakulta. <https://theses.cz/id/6ml9ke/29906282>
- Novotný, P. (2013). *Určovací klíče v procesu poznávání přírodnin*. [Dizertační práce]. Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, Oddělení pro vědeckou činnost.
- Opršal, J., & Skalka, M. (2015). *Lišejníky - Jednoduchý klíč k určování*. Správa Krkonošského národního parku.
- Palmberg, I., Berg, I., Jeronen, E., Kärkkäinen, S., Norrgård-Sillanpää, P., Persson, C., Vilkonis, R., & Yli-Panula, E. (2017). Nordic–Baltic Student Teachers' Identification of and Interest in Plant and Animal Species: The Importance of Species Identification and Biodiversity for Sustainable Development. *Journal Of Science Teacher Education*, 26(6), 549-571. <https://doi.org/10.1007/s10972-015-9438-z>
- Pelechová, K. (2014). *Epifytické lišejníky České republiky* [bakalářská práce]. Praha: Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra botaniky.
- Pelikánová, I. (2019). *Přírodopis s nadhledem 6: pracovní sešit pro základní školy a víceletá gymnázia*. Fraus.
- Pelikánová, I., Čabradová, V., Hasch, F., Sejpka, J., & Šimonová, P. (2021). *Přírodopis 6: hybridní učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia* (2. vydání). Fraus.
- Petrusek, A. (2018). Symbióza aneb Žijeme pospolu. *Živa*, 2018(1).
- Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělání. (2021). *Praha: MŠMT*. [online]. Dostupné z: <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcove-vzdelavacici-program-pro-zakladni-vzdelavani-rvp-zv/> [cit. 2024-03-05].
- Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělání. (2023). *Praha: MŠMT*. [online]. Dostupné z: <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcove-vzdelavacici-program-pro-zakladni-vzdelavani-rvp-zv/> [cit. 2024-03-05].
- Rámcový vzdělávací program pro gymnázia. (2023). *Praha: MŠMT*. [online] Dostupné z: <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcove-vzdelavacici-programy-pro-gymnazia-rvp-g/> [cit. 2024-03-06].

- Rickinson, M.; Dillon, J.; Teamey, K.; Morris, M.; Choi, M.Y.; Sanders, D.; Benefield, P. (2004). A Review of Research on Outdoor Learning. *Field Studies Council*.
- Rolshausen, Gregor & Hallman, Uwe & Dal Grande, Francesco & Otte, Juergen & Knudsen, Kerry & Schmitt, Imke. (2020). Expanding the mutualistic niche: parallel symbiont turnover along climatic gradients. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. <https://doi.org/10.1098/rspb.2019.2311>
- Samsudin, M. W., Zakaria, Z., Daik, R., Meerah, T. S. M., Abdullah, S. I. S. S., & Halim, L. (2012). Lichens in the environment as a laboratory for environmental and science education. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 59, 627-634. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.323>
- Samsudin, M. W., Daik, R., Abas, A., Meerah, T., & Halim, L. (2013). Environmental Learning Workshop: Lichen as Biological Indicator of Air Quality and Impact on Secondary Students' Performance. *International Education Studies*, 6(6), 28-34. <http://dx.doi.org/10.5539/ies.v6n6p28>
- Sedlářová, M., & Vašutová, M. (2004). *Atlas houbových organismů: Pomocné odd. Lichenes – lišejníky*. [online] Dostupné z: <http://old.botany.upol.cz/atlas/system/lichenes.php> [cit. 2024-02-28]
- Singh G. (2023). Linking Lichen Metabolites to Genes: Emerging Concepts and Lessons from Molecular Biology and Metagenomics. *Journal of fungi (Basel, Switzerland)*, 9(2), 160. <https://doi.org/10.3390/jof9020160>
- Skalka, M. (2003). Praktické využití lišejníků člověkem. *Živa*, 2003(6).
- Skalka, M. (2004a). Praktické využití lišejníků člověkem 2. *Živa*, 2004(1).
- Skalka, M. (2004b). Lišejníky jako bioindikátory. *Živa*, 2004(3).
- Skautská výchovná metoda. (2021). *Křížovatka*. [online] Dostupné z: <https://krizovatka.skaut.cz/vedu-oddil/skautska-vychova/skautska-vychovna-metoda> [cit. 2024-02-08]

- Slunečko, F. (2022). *Rod holubinka (stopkovýtrusné houby) a jeho současné trendy výzkumu* [bakalářská práce]. Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, Katedra biologie a environmentálních studií.
- Sparks, T., & Chase, G. (2016). *Filters and Filtration Handbook (Sixth Edition): Section 3 - Air and Gas Filtration*, 117-198. Butterworth-Heinemann.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-099396-6.00003-4>.
- Stanovy Junáka – českého skauta. (2022). *Křižovatka*. [online] Dostupné z: <https://krizovatka.skaut.cz/spisovna/stanovy-junaka-ceskeho-skauta> [cit. 2024-02-08]
- Svoboda, D. (2023). *Lišejníky 2*. [online] Dostupné z: [https://botany.natur.cuni.cz/svoboda/prednasky/BBR/Lisejniky\\_odb2.pdf](https://botany.natur.cuni.cz/svoboda/prednasky/BBR/Lisejniky_odb2.pdf) [cit. 2025-02-24]
- Svojsík, A. B. (1991). *Základy junáctví* (3., nezm. vyd. podle 1. vyd. v r. 1912). Merkur.
- The Scout Method. (2019). *Scout learning zone*. [online] Dostupné z: <https://www.scout.org/who-we-are/scout-movement/scout-method> [cit. 2024-02-09]
- Uitto, A., Juuti, K., Lavonen, J., & Meisalo, V. (2006). Students' interest in biology and their out-of-school experiences. *Journal Of Biological Education*, 40(3), 124-129.  
<https://doi.org/10.1080/00219266.2006.9656029>
- Voda, J. (2023). *Právní aspekty organizace mimoškolních akcí*. [online] Dostupné z: <https://www.rizeniskoly.cz/pracovni-situace/pravni-aspekty-organizace-mimoskolnich-akci.zs-1575.html> [cit. 2024-03-14]
- Wiseman, J. (2004). *SAS příručka jak přežít* (2004 vyd.). Svojtka.
- Zájmové vzdělávání. (2024). *Praha: MŠMT*. [online]. Dostupné z: <https://www.msmt.cz/mladez/zajmove-vzdelavani-1> [cit. 2024-03-14].
- Zholdasbekova, M. S., Kabieva, S. Z., & Darzhuman, G. K. (2023). THE USE OF DIDACTIC GAMES IN BIOLOGY LESSONS. *Biological Sciences Of Kazakhstan*, 2, 22-31. <https://doi.org/10.52301/1684-940X-2023-2-22-31>
- Zicha, O. (1999). *BioLib – Biological Library*. Dostupné z <https://www.biolib.cz/cz/main/> [cit. 2024-02-26]

Žídková, H., Knůrová, K., Karešová, P., Medková, E., Seidlová, D., Šťovíčková, K.,  
Váchová, J., Višňáková, M., & Zimplová, K. (2017). *Hravý přírodopis 6: pro 6. ročník  
ZŠ a víceletá gymnázia*. Taktik.

### **Vyjádření k využití nástrojů umělé inteligence**

Nástroje umělé inteligence byly v této práci využity při tvorbě tematických obrázků k didaktické hře Postapoxid Lichenus, konkrétně se jednalo o funkci Magic Media integrovanou v grafickém programu Canva. Ke hledání některých odborných zdrojů a publikací byl rovněž využit ChatGPT. Žádné texty vytvořené umělou inteligencí nebyly v práci kopírovány. Veškerý text v této práci je autorský.

## Seznam příloh

Příloha 1 – *Pracovní list „Arch lichenologa“.*

Příloha 2 – *Pravidla a podklady ke hře Postapoxid Lichenus.*

## Seznam obrázků

Obrázek 1 – *Práce s hodnotou emoční bilance v zážitkově pedagogickém projektu v závislosti na procesu motivace.*

Obrázek 2 – *Prožitkově zkušenostní proces.*

Obrázek 3 – *Body skautské výchovné metody.*

Obrázek 4 – *Dutohlávka prstítá (Cladonia digitata) s patrnými bazálními šupinami a podéci.*

Obrázek 5 – *Různé metody výběru stromů k výpočtu lišejníkové diverzity ve vzorkovací jednotce.*

Obrázek 6 – *Úseky měření lišejníků na jednotlivých světových stranách kmene stromu.*

Obrázek 7 – *Lícové a rubové strany karet k aktivitě Zmapování lišejníků.*

Obrázek 8 – *Určovací klíč – tolerance lišejníků na koncentrace SO<sub>2</sub>.*

Obrázek 9 – *Kartičky ke hře Symbióza o vztazích mezi organismy.*

Obrázek 10 – *Místa konání didaktického programu o lišejnících.*

Obrázek 11 – *Účastníci skládající části textů během hry Zmapování lišejníků.*

Obrázek 12 – *Stanoviště tepelná elektrárna, ocelárny s vysokou pecí a spalovací motory po konci hry.*

## Seznam grafů

Graf 1 – *Věková skladba účastníků.*

Graf 2 – *Kde lze nalézt lišejníky.*

Graf 3 – *Počty nalezených shodných druhů lišejníků s obrázky na kartách ke hře zmapování lišejníků.*

Graf 4 – *Počty nalezených nových druhů lišejníků identifikovaných s pomocí určovacích klíčů.*

Graf 5 – *Četnost odpovědí: Jaký je význam lišejníků v přírodě?*

Graf 6 – *Četnost odpovědí: Který z dvou organismů lišejníku dokáže existovat samostatně a proč?*

Graf 7 – *Četnost odpovědí: Objasni pojem lichenismus.*

Graf 8 – *Četnost odpovědí: Jaké lišejníky s kterým typem stélky jsou nejcitlivější na znečištění ovzduší a proč?*

Graf 9 – *Četnost odpovědí: Uveď alespoň 5 příčin produkce oxidu siřičitého (SO<sub>2</sub>) do ovzduší.*

Graf 10 – *Četnost odpovědí: Uveď alespoň 4 příklady využití lišejníků člověkem.*

Graf 11 – *Četnost odpovědí: Jak můžeš přispět k ochraně přírody?*

Graf 12 – *Četnost odpovědí: Co ti na lišejnících přijde nejzajímavější? Co tě nejvíce zaujalo?*

Graf 13 – *Hodnocení fází programu Úvod a Zmapování lišejníků.*

Graf 14 – *Hodnocení fáze programu Symbióza.*

Graf 15 – *Hodnocení hry Postapoxid Lichenus.*

Graf 16 – *Závěrečné hodnocení celého programu o lišejnících.*

Jméno:

Místo:

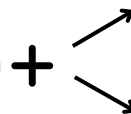
Datum:

# LIŠEJNÍKY

## ARCH LICHENOLOGA

### ÚVOD

Jakými organismy je lišejník tvořen?



nebo

Co která část v těle lišejníku zajišťuje?  
Doplň správné pojmy:

glukóza (cukr)  
příjem vody                      udává tvar  
minerální látky                fotosyntéza  
přichycení k podkladu

MYKOBIONT	FOTOBIONT

### ZMAPOVÁNÍ LIŠEJNÍKŮ - HRA

Doplň informace o stavbě těla lišejníků:

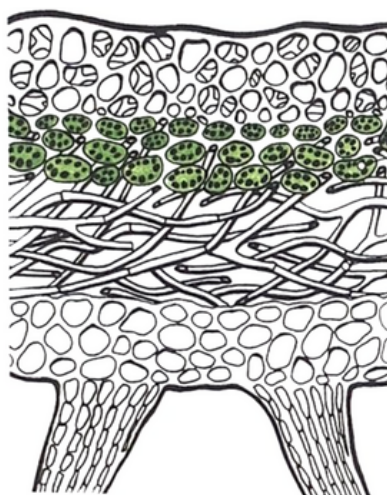
Tělo lišejníku se nazývá \_\_\_\_\_. Podle vnějšího tvaru těla můžeme rozlišit tři základní typy: 1. \_\_\_\_\_, 2. \_\_\_\_\_, 3. \_\_\_\_\_.

Vypiš, kde všude můžeme lišejníky nalézt? \_\_\_\_\_

Dle typu substrátu, na kterém rostou, je tedy můžeme rozlišit na (doplň):

1. \_\_\_\_\_, 2. \_\_\_\_\_, 3. \_\_\_\_\_.

Popište příčný řez tělem lišejníku:



Charakteristický je pro lišejníky velmi \_\_\_\_\_ růst, který probíhá po celý rok. Jsou schopny existovat v extrémních podmínkách. Odolávají výkyvům \_\_\_\_\_ i \_\_\_\_\_.

Jsou \_\_\_\_\_ (průkopnické organismy), což znamená, že osídlují území, kde se ještě nevyskytují žádné jiné vyšší rostliny a připravují dané stanoviště pro další organismy k osídlení.

Vyhledejte s ostatními skutečné lišejníky v okolí a doneste je na místo. Následně porovnejte nalezené lišejníky s obrázkem.

Podarilo se ti nalézt nějaké shodné druhy lišejníků jako na obrázcích? Napiš jaké:

Dokázali jste určit nějaké další druhy či rody s pomocí klíčů?

Reflexe: vybarvi smajlíka podle tvého pocitu z tohoto programu a napiš, co stojí za poznamenání:



## SYMBIÓZA - HRA

Utvořte čtveřice s ostatními hráči s pomocí kartiček, které popisují symbiotické vztahy mezi organismy - každý obdrží jednu kartu, na níž je buďto název symbiotického vztahu, příklad organismu (ke každému vztahu dva) a popis, jak se daný vztah projevuje (kdo koho ovlivňuje).

Jak se nazývá specifické soužití dvou organismů - mykobionta a fotobionta, kteří dohromady tvoří lišejníky? \_\_\_\_\_.

Který z uvedených druhů symbiózy na kartách vztahů ti přijde nejpodobnější s předchozím pojmem? \_\_\_\_\_.

Reflexe: vybarvi smajlíka podle tvého pocitu z tohoto programu a napiš, který pojem pro tebe byl nový a co tě nejvíce zaujalo:



## BIOINDIKACE

Bioindikátor je organismus, díky kterému lze pozorovat vlastnosti životního prostředí.

ANO / NE

Lišejníky přijímají vodu pouze podzemní částí těla.

ANO / NE

Lišejníky rostou pouze od jara do podzimu.

ANO / NE

Lišejníky jsou dlouhověké organismy, epilitické druhy žijí i stovky let.

ANO / NE

Eutrofizované místo znamená, že je výrazně obohaceno o dusík (N) a fosfor (P).

ANO / NE

Na bioindikaci lišejníků nemají vliv srážky, prosvětlenost ani substrát, na kterém rostou.

ANO / NE

Různé druhy lišejníků se liší ve své citlivosti ke znečištění ovzduší.

ANO / NE

## POSTAPOXID LICHENUS - HRA

Reflexe: vybarvi smajlíka podle tvého pocitu z tohoto programu a napiš, co sis uvědomil a co bys vylepšil:



## VYUŽITÍ LIŠEJNÍKŮ ČLOVĚKEM

## ZÁVĚREČNÉ SHRNU TÍ

1. Jaký je význam lišejníků v přírodě?



2. Který z dvou organismů lišejníku dokáže existovat samostatně a proč?

3. Objasni pojem lichenismus:

4. Jaké lišejníky s kterým typem stélky jsou nejcitlivější na znečištění ovzduší a proč?

5. Uveď alespoň 5 příčin produkce oxidu siřičitého (SO<sub>2</sub>) do ovzduší:

6. Uveď alespoň 4 příklady využití lišejníků člověkem:

7. Jak můžeš přispět k ochraně přírody?

8. Co ti na lišejnících přijde nejzajímavější? Co tě nejvíce zaujalo?

---

Reflexe: vybarvi smajlíka podle tvého pocitu z celého lišejníkového programu a napiš, co nového ses dozvěděl, co tě bavilo a co si z něj odnášíš.



**DĚKUJI MOC!  
BC. FILIP SLUNEČKO (SLUNCE)**

Jméno:

Místo:

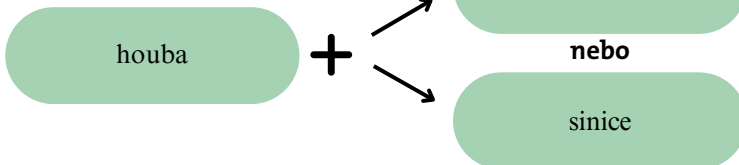
Datum:

# LIŠEJNÍKY

## ARCH LICHENOLOGA

### ÚVOD

Jakými organismy je lišejník tvořen?



Co která část v těle lišejníku zajišťuje?  
Doplň správné pojmy:

glukóza (cukr)  
přijem vody      udává tvar  
minerální látky      fotosyntéza  
přichycení k podkladu

MYKOBIONT	FOTOBIONT
přijem vody udává tvar minerální látky přichycení k podkladu	glukóza (cukr) fotosyntéza

### ZMAPOVÁNÍ LIŠEJNÍKŮ - HRA

Doplň informace o stavbě těla lišejníků:

Tělo lišejníku se nazývá stélka. Podle vnějšího tvaru těla můžeme rozlišit tři základní typy: 1. korovitá, 2. lupenitá, 3. keříčkovitá.

Vypiš, kde všude můžeme lišejníky nalézt? dřeviny, kámen, půda, lidské výtvořry (zdi, střechy...)

Dle typu substrátu, na kterém rostou, je tedy můžeme rozlišit na (doplň):

1. epifytické, 2. epilitické, 3. terestrické.

Popište příčný řez tělem lišejníku:

řasová vrstva

spodní korová vrstva

svrchní korová vrstva

dřeňová vrstva

rhiziny

Charakteristický je pro lišejníky velmi pomalý růst, který probíhá po celý rok. Jsou schopny existovat v extrémních podmínkách. Odolávají výkyvům tepla/chladu i sucha/vlhkosti. Jsou pionýrské druhy (průkopnické organismy), což znamená, že osídlují území, kde se ještě nevyskytují žádné jiné vyšší rostliny a připravují dané stanoviště pro další organismy k osídlení.

Vyhledejte s ostatními skutečné lišejníky v okolí a doneste je na místo. Následně porovnejte nalezené lišejníky s obrázky.

## Podařilo se ti nalézt nějaké shodné druhy lišejníků jako na obrázcích? Napiš jaké:

terčovník zední, mapovník zeměpisný, terčovka skalní, misnička práškovitá, terčovka bublinatá, dutohlávka sobí, dutohlávka prstítá, hávnatka psí, provazovka obecná, puklérka islandská, terčovka otrubčitá, větvičník slívový

## Dokázali jste určit nějaké další druhy či rody s pomocí klíčů?

**Reflexe:** vybarvi smajlíka podle tvého pocitu z tohoto programu a napiš, co stojí za poznamenaní:



## SYMBIÓZA - HRA

Utvořte čtveřice s ostatními hráči s pomocí kartiček, které popisují symbiotické vztahy mezi organismy - každý obdrží jednu kartu, na níž je buďto název symbiotického vztahu, příklad organismu (ke každému vztahu dva) a popis, jak se daný vztah projevuje (kdo koho ovlivňuje).

Jak se nazývá specifické soužití dvou organismů - mykobionta a fotobionta, kteří dohromady tvoří lišejníky? lichenismus.

Který z uvedených druhů symbiózy na kartách vztahů ti přijde nejpodobnější s předchozím pojmem? mutualismus.

**Reflexe:** vybarvi smajlíka podle tvého pocitu z tohoto programu a napiš, který pojem pro tebe byl nový a co tě nejvíce zaujalo:



## BIOINDIKACE

Bioindikátor je organismus, díky kterému lze pozorovat vlastnosti životního prostředí.

ANO / NE

Lišejníky přijímají vodu pouze podzemní částí těla.

ANO / NE

Lišejníky rostou pouze od jara do podzimu.

ANO / NE

Lišejníky jsou dlouhověké organismy, epilitické druhy žijí i stovky let.

ANO / NE

Eutrofizované místo znamená, že je výrazně obohaceno o dusík (N) a fosfor (P).

ANO / NE

Na bioindikaci lišejníků nemají vliv srážky, prosvětlenost ani substrát, na kterém rostou.

ANO / NE

Různé druhy lišejníků se liší ve své citlivosti ke znečištění ovzduší.

ANO / NE

## POSTAPOXID LICHENUS - HRA

**Reflexe:** vybarvi smajlíka podle tvého pocitu z tohoto programu a napiš, co sis uvědomil a co bys vylepšil:



## VYUŽITÍ LIŠEJNÍKŮ ČLOVĚKEM

léčiva, potrava i výživa (vitamin C, kyselina usnová), rozdělení ohně, izolace obydlí, vycpání matrací a polštářů, kosmetika a parfumerie, barvířství, dekorační materiály, užití jako jed, vesmírný výzkum, bioindikátory, ...

## ZÁVĚREČNÉ SHRNU TÍ

### 1. Jaký je význam lišejníků v přírodě?

Např. využití jako bioindikátorů, potrava pro živočichy, role pionýrských organismů, fotosyntéza a tvorba kyslíku, součást ekosystémů, tvoří útočiště pro další drobné organismy apod.



### 2. Který z dvou organismů lišejníku dokáže existovat samostatně a proč?

Fotobiont, tedy řasa anebo sinice, a je tomu tak díky jejich schopnosti fotosyntézy.

### 3. Objasni pojem lichenismus:

Jedná se o specifické soužití houby a řasy či sinice, respektive fotobionta a mykobionta, či že se jedná o vztah podobný mutualismu, který je tvořen mezi organismy lišejníku.

### 4. Jaké lišejníky s kterým typem stélky jsou nejcitlivější na znečištění ovzduší a proč?

Nejcitlivější na znečištění ovzduší jsou keříčkovitě stélkaté lišejníky, a je tomu tak právě kvůli jejich velké ploše stélky – jelikož je složitě strukturovaná, snáze pak tyto lišejníky kumulují škodlivé látky (SO<sub>2</sub> aj.) svým povrchem.

### 5. Uveď alespoň 5 příčin produkce oxidu siřičitého (SO<sub>2</sub>) do ovzduší:

Např. tepelné elektrárny, ocelárny a továrny, ropné rafinérie, spalovací motory, vypalování lesů a požáry, vulkanismus, geotermální aktivity, moře a oceány.

### 6. Uveď alespoň 4 příklady využití lišejníků člověkem:

Např. výroba léčiv, potrava pro člověka, užití jako jed, využití jako troud, tkaní oděvů, vycpávka peřin a polštářů, izolace skulin v trámech obydlí, barvení látek, kosmetické prostředky parfumerie, dekorace, bioindikace, výzkum aj.

### 7. Jak můžeš přispět k ochraně přírody?

Ochrana přírodních stanovišť, organismů, ekosystémů, omezení zásahů do přírody člověkem; dále prostá chůze, doprava na kole, či využívání hromadné dopravy; užívání ekologických přípravků v domácnosti, informovanost o ekologických problémech a zdrojích znečištění ovzduší – jejich omezení atp.

### 8. Co ti na lišejnících přijde nejzajímavější? Co tě nejvíce zaujalo?

---

**Reflexe: vybarvi smajlíka podle tvého pocitu z celého lišejníkového programu a napiš, co nového ses dozvěděl, co tě bavilo a co si z něj odnášíš.**



**DĚKUJI MOC!  
BC. FILIP SLUNEČKO (SLUNCE)**

# POSTAPOXID LICHENUS

## PRAVIDLA

- Délka hry: 10 - 15 minut; místo: les, louka
- Cíl hry: Udržet koncentraci oxidu siřičitého (SO<sub>2</sub>) pod úrovní 50 µg/m<sup>3</sup> po dobu 2 minut -> umožnění růstu keříčkovitě stélkatých lišejníků (provazovky) potřebných pro přežití.
- Konec hry: Hráči zvítězí, pokud udrží koncentraci SO<sub>2</sub> pod úrovní 50 µg/m<sup>3</sup> po dobu 2 minut. Dosažení hodnoty koncentrace vyšší než 160 µg/m<sup>3</sup> znamená prohru.
- Průběh hry: Hra začíná na koncentraci 150 µg/m<sup>3</sup>. Hráči se musí dostávat na lokace, kde dochází ke znečištění ovzduší. Na dané lokaci musí splnit příslušný úkol, buďto jednotlivě, nebo v malé skupině, aby došlo ke snížení koncentrace SO<sub>2</sub> v ovzduší. Po splnění úkolu na dané lokaci musí každý jít na lokaci jinou.
- Symbolický rámec: V postapokalyptickém světě, znečištěném emisemi a polutanty v ovzduší, zbývá hrstka jedinců odhodlaných odvrátit zkázu civilizace takové, jak ji známe. Klíčem k přežití a obnovení zdravé populace bude zajištění návratu vzácných keříčkovitě stélkatých lišejníků, nejvíce citlivých na znečištění oxidem siřičitým, známém pod zkratkou SO<sub>2</sub>. Proto byla spuštěna speciální operace Lichenus. Dokážete snížit koncentraci znečištění SO<sub>2</sub> a umožnit opětovný růst provazovky a dalších nezbytných lišejníků?

## LOKACE

### TEPELNÁ ELEKTRÁRNA

Snížení SO<sub>2</sub>: Instalace odsiřovacích filtrů – potřeba chodit ve třech.

Každý sám nastříhá a složí jednoduché origami z filtračního papíru (= výroba filtrů).

Poté jeden hráč vezme všechny filtry, ostatní jej ponesou ve vzduchu až k místu určení, kde nesený filtry uloží, aniž by se dotkl země (= přemístění a montáž filtrů). Poté jej odnesou zpět. – minus 5 µg/m<sup>3</sup> za tým

### OCELÁRNY S VYSOKOU PECÍ

Snížení SO<sub>2</sub>: Umístění suchých scrubberů (jednotek na odsíření) – potřeba chodit ve třech; od koncentrace 70 µg/m<sup>3</sup> stačí ve dvou.

Každý nabere mouku do hrsti a plazí se 10 metrů k místu určení. Tam dodá vápenec (CaCO<sub>3</sub>), tzv. sorbent, sfouknutím mouky z dlaně do nádoby. – minus 5 µg/m<sup>3</sup> za tým

### ROPNÉ RAFINÉRIE

Snížení SO<sub>2</sub>: Hydrodesulfurizace – zvýšení teploty a tlaku za přítomnosti vodíku.

Každý se 5x se trefí šíškou (či obdobou) do místa určení ze vzdálenosti 3 metrů. – minus 2 µg/m<sup>3</sup> za člověka

### SPALOVACÍ MOTORY

Snížení SO<sub>2</sub>: Podpora veřejné dopravy, chůze, cyklistiky.

Každý 10x oběhne okolo místa určení. – minus 2 µg/m<sup>3</sup> za člověka

### VYPALOVÁNÍ LESŮ

Snížení SO<sub>2</sub>: Hašení požáru.

Každý nabere vodu do misky z rukou a donese ji na danou lokalitu, kde s ní pokropí místo určení.

– minus 2 µg/m<sup>3</sup> za člověka

### PŘÍRODNÍ ZDROJE

- Sopečné erupce: Evakuace - všichni hráči se musí okamžitě přesunout na místo určení a vyčkat tam 30 vteřin. + plus 40 µg/m<sup>3</sup>
- Geotermální aktivity: Respirátory - všichni hráči si musí nasadit část svého oděvu přes ústa a nos. + plus 20 µg/m<sup>3</sup>
- Přírodní hoření: Hašení lokace - všichni hráči musí nabrat vodu do hrsti a doběhnout s ní na místo určení, kde jí vylíjí. + plus 20 µg/m<sup>3</sup>
- Oceány a moře: + plus 10 µg/m<sup>3</sup> za minutu



# TEPELNÁ ELEKTRÁRNA

**Snížení SO<sub>2</sub>:**

**Instalace odsiřovacích filtrů – potřeba chodit ve třech.**

**Každý sám nastříhá a složí jednoduché origami z filtračního papíru (= výroba filtrů). Poté jeden hráč vezme všechny filtry, ostatní jej ponesou ve vzduchu až k místu určení, kde nesený filtry uloží, aniž by se dotkl země (= přemístění a montáž filtrů). Poté jej odnesou zpět.**

**– minus 5 µg/m<sup>3</sup> za tým**



# OCELÁRNY S VYSOKOU PECÍ

**Snížení SO<sub>2</sub>:**

**Umístění suchých scrubberů (jednotek na odsíření) – potřeba chodit ve třech; od koncentrace 70 µg/m<sup>3</sup> stačí ve dvou.**

**Každý nabere mouku do hrsti a plazí se 10 metrů k místu určení. Tam dodá vápenec (CaCO<sub>3</sub>), tzv. sorbent, sfouknutím mouky z dlaně do nádoby.**

**– minus 5 µg/m<sup>3</sup> za tým**



# ROPNÉ RAFINÉRIE

**Snížení SO<sub>2</sub>:**

**Hydrodesulfurizace – zvýšení teploty a tlaku za přítomnosti vodíku.  
Každý se 5x se trefí šíškou (či obdobou) do místa určení ze vzdálenosti 3  
metrů.**

**– minus 2 µg/m<sup>3</sup> za člověka**



# SPALOVACÍ MOTORY

**Snížení SO<sub>2</sub>:**

**Podpora veřejné dopravy, chůze, cyklistiky.**

**Každý 10x oběhne okolo místa určení.**

**– minus 2 µg/m<sup>3</sup> za člověka**



# VYPALOVÁNÍ LESŮ

Snížení  $\text{SO}_2$ :

Hašení požáru.

Každý nabere vodu do misky z rukou a donese ji na danou lokalitu, kde s ní pokropí místo určení.

– minus  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  za člověka



# SOPEČNÁ ERUPCE

**Sopečné erupce jsou jedním z největších přírodních zdrojů SO<sub>2</sub>.  
Vulkanická činnost uvolňuje velké množství sopečných plynů, včetně  
SO<sub>2</sub>, do atmosféry.**

**Evakuace - všichni hráči se musí okamžitě přesunout na místo určení a  
vyčkat tam 30 vteřin.**

**+ plus 40 µg/m<sup>3</sup>**



# **GEOTERMÁLNÍ AKTIVITY**

**Geotermální aktivity jako horké prameny či fumaroly uvolňují SO<sub>2</sub> spolu s dalšími plyny během své činnosti.**

**Respirátory - všichni hráči si musí nasadit část svého oděvu přes ústa a nos.**

**+ plus 20 µg/m<sup>3</sup>**



# PŘÍRODNÍ POŽÁRY

**Přírodní požáry lesů a savan, ke kterým dochází přirozeně, uvolňují během hoření SO<sub>2</sub> společně s dalšími plyny a částicemi.**

**Hašení lokace - všichni hráči musí nabrat vodu do hrsti a doběhnout s ní na místo určení, kde jí vylíjí.**

**+ plus 20 µg/m<sup>3</sup>**



# OCEÁNY A MOŘE

Oceány a moře uvolňují  $\text{SO}_2$  do atmosféry prostřednictvím mořských aerosolů, které vznikají z biologických procesů a chemických reakcí na povrchu moře.

+ plus  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  každou minutu