

Univerzita Karlova

Pedagogická fakulta

Katedra biologie a environmentálních studií

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Měření znečištění ovzduší s využitím měřicí stanice Perfect-Air –
environmentální výukový program pro žáky 2. stupně ZŠ

Measuring of air pollution using a weather station Perfect-Air –
environmental educational program for pupils of lower secondary school

Albert Málek

Vedoucí práce: PhDr. Ing. Silvie Svobodová, Ph.D.

Studijní program: Biologie, geologie a environmentalistika se zaměřením na
vzdělávání

Studijní obor: Biologie, geologie a environmentalistika se zaměřením na
vzdělávání se sdruženým studiem Chemie se zaměřením na
vzdělávání

Odevzdáním této bakalářské práce na téma **Měření znečištění ovzduší s využitím měřicí stanice Perfect-Air – environmentální výukový program pro žáky 2. stupně ZŠ** 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 Praze dne 10. července 2024

Poděkování

Chtěl bych poděkovat všem, kteří mě při přípravě a realizaci bakalářské práce podpořili či pomohli. Velký dík patří vedoucí mé práce paní doktorce Svobodové za její obětavost, mé manželce za trpělivost a žákům, kteří se programu zúčastnili.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá návrhem a ověřením environmentálně zaměřeného výukového programu pro žáky 2. stupně ZŠ s tématem: Měření znečištění ovzduší s využitím měřicí stanice Perfect-Air. Hlavním cílem práce bylo vytvořit výukový program, který má přiblížit žákům problematiku znečištění ovzduší, poučit je o způsobech měření kvality ovzduší, probudit v nich environmentální citění i umožnit prozkoumat své bezprostřední okolí a uvědomit si důsledky lidské činnosti na dané prostředí.

V teoretické části je nastíněna kvalita ovzduší v ČR včetně hlavních polutantů a historie kvality ovzduší, způsob ochrany ovzduší ve světě i u nás, přiblížení měření kvality ovzduší i pomocí stanice Perfect-Air a význam čistoty ovzduší. Dále je ukázána výuka o ovzduší na 2. stupni ZŠ dle RVP a představeny parametry environmentálního výukového programu.

Praktická část prezentuje konkrétní výukový program včetně jeho cílů, potřeb k jeho aplikaci a průběh samotné aplikace. Ověření aplikace proběhlo na ZŠ J.A. Komenského ve 4 třídách 6., 8. a 9. ročníku. Na základě poznatků vyučujícího (autora práce) byly navrženy modifikace programu. Program byl na základě průběhu aplikace vyhodnocen žáky i vyučujícím. Většina žáků hodnotila program jako zajímavý, obohacující o nové informace. Nejpozitivněji ohodnotili environmentální hru, kterou by doporučili i svému kamarádovi.

Realizace výukového programu byla úspěšná, protože se žáci naučili pracovat s daty z měřicí stanice, což bylo ověřeno pomocí pracovního listu, dále si uvědomili následky lidské činnosti pomocí environmentální hry a úspěšně zmapovali své okolí na výskyt lišejníků. Na základě zjištěných poznatků identifikovali hlavní důvod uvolňování polutantů v jejich okolí.

KLÍČOVÁ SLOVA

Environmentální výukový program, měřicí stanice, znečištění ovzduší, 2. stupeň ZŠ

ABSTRACT

The bachelor's thesis deals with designing and verifying an environmental educational program for 2nd-grade elementary school students with the main focus: Measuring air pollution using a weather station Perfect-Air. The main goal was to create an educational program, that is supposed to introduce the topics of air pollution, measurement of air quality, and internalize environmental sentience, allowing them to explore their surroundings and for them to become aware of the consequences of human actions.

The theoretical part explains the quality of air in the Czech Republic, its main pollutants, and the history of air quality. Also, how we can protect the air all over the world, how the air quality can be measured and measuring station Perfect-Air, the importance of good air quality. Next, this paper shows what is being taught in elementary school regarding RVP (Framework educational program).

The practical part presents a concrete educational program, its goals, its necessities, and its application. The application was verified in elementary school J.A. Komenského in 4 classes of 6th, 8th, and 9th years. Based on the findings of the teacher (author of this thesis) there were proposed modifications to the program. The program was based on the course of its application evaluated by the pupils and the teacher. The majority of pupils appraised the program as interesting and enriching with new pieces of information. Their favorite part was the environmental game, which they would recommend to their friend.

The execution of the educational program was successful because the pupils learned how to work with data from the measuring station, which was verified with the use of a worksheet. Next, the pupils found out the consequences of human actions thanks to the environmental game and successfully mapped their surroundings regarding the existence of lichens. Based on their findings, they identified the main reason why there are pollutants in the air in their surroundings.

KEYWORDS

Environmental educational program, weather station, pollution of air, lower secondary school

Obsah

Úvod	8
Cíle bakalářské práce.....	9
Teoretická část	10
1 Kvalita ovzduší v ČR.....	10
1.1 Úvod.....	10
1.2 Látky znečišťující ovzduší v ČR a jejich původ.....	10
1.2.1 Oxidy dusíku (NO _x).....	11
1.2.2 Oxid uhelnatý (CO).....	12
1.2.3 Oxid siřičitý (SO ₂).....	12
1.2.4 Přízemní ozon (O ₃).....	12
1.2.5 Prachové částice (PM _{2.5} a PM ₁₀).....	13
1.2.6 Těžké kovy.....	14
1.3 Historie znečištění a ochrany čistoty ovzduší.....	14
2 Ochrana ovzduší	18
2.1 Ochrana na celosvětové úrovni.....	18
2.1.1 Aktivity ČR na mezinárodním poli ochrany ovzduší.....	19
2.2 Ochrana v Evropské unii	19
2.3 Legislativa na národní úrovni.....	21
2.4 Shrnutí.....	22
3 Význam čistoty ovzduší.....	23
3.1 Význam čistoty ovzduší pro lidské zdraví	23
3.2 Nebezpečné látky	23
3.3 Krátkodobé vystavení špatnému ovzduší.....	23
3.4 Dlouhodobé vystavení špatnému ovzduší	24
3.5 Vliv kvality ovzduší na zdraví Čechů.....	25
3.6 Význam čistoty ovzduší na životní prostředí	26

3.6.1	Neživá příroda.....	26
3.6.2	Organismy.....	26
3.7	Význam čistoty ovzduší na budoucnost naší planety.....	27
4	Měření znečištění ovzduší a měřicí stanice Perfect-Air	28
4.1	Měření v České republice zprostředkované státem	28
4.2	Soukromé měřicí stanice	28
4.3	Měřicí stanice Perfect-Air	29
4.3.1	Technické parametry měřicí stanice Perfect-Air.....	30
5	Formální výuka o znečištění ovzduší na 2. stupni ZŠ dle RVP	32
5.1	Úvod.....	32
5.2	Shrnutí vědomostí žáků po 1. stupni ZŠ dle RVP	32
5.3	Téma ovzduší na 2. stupni ZŠ dle RVP z roku 2023	33
5.3.1	Chemie.....	33
5.3.2	Přírodopis.....	33
5.3.3	Tělesná výchova.....	33
5.3.4	Výchova ke zdraví.....	33
5.3.5	Etická výchova.....	33
5.3.6	Environmentální výuka.....	34
5.4	Téma ovzduší na 2. stupni ZŠ dle starších RVP.....	34
5.5	Shrnutí	34
6	Environmentální výukový program.....	35
6.1	Environmentální výuka	35
6.1.1	Historie moderní environmentální výuky.....	36
6.2	Environmentální výukový program	37
6.3	Druhy environmentálních výukových programů.....	38
6.4	Metodická doporučení při tvorbě environmentálního výukového programu.....	40
	Praktická část bakalářské práce.....	41

7	Výukový program Znečištění ovzduší.....	41
7.1	O výukovém programu.....	44
7.2	Návod na použití výukového programu.....	44
7.2.1	Co je potřeba a co si připravit.....	44
7.2.2	Průběh.....	46
7.2.3	Závěr.....	47
7.3	Environmentální výuková hra „Neváhej a pal!“.....	48
7.4	Venkovní aktivita – Mapování lišejníků.....	51
7.5	Závěrečná reflexe k celému výukovému programu.....	52
8	Průběh aplikace výukového programu.....	53
8.1.1	1. ověřování: 3 částečné aplikace programu.....	53
8.1.2	2. ověřování: 1 aplikace programu.....	54
9	Vyhodnocení aplikace výukového programu, reflexe, návrhy na možné modifikace.....	56
9.1	Vyhodnocení reflexe a zpětné vazby od žáků.....	56
9.2	Vyhodnocení aplikace programu dle vyučujícího.....	57
9.3	Shrnutí.....	59
9.4	Návrhy na modifikace.....	59
9.4.1	Aplikované.....	59
9.4.2	Navrhované.....	60
10	Diskuse.....	62
11	Závěr.....	63
	Zdroje.....	64
	Přílohy.....	70

Úvod

Význam čistoty ovzduší a jevů spojených s jeho znečištěním je nezpochybnitelný. Pro globálně propojený svět zabývající se nejenom kontrolou vypouštěných emisí je ochrana atmosféry jednou z priorit. Moderní společností rezonují environmentální témata, proč by neměla i ve škole?

Pedagog je při výuce vázán osnovami RVP. Ve výsledku je však obsah výuky a způsob, kterým danou látku předá žákům, čistě na něm a na jeho interpretaci výše uvedeného programu (případně ŠVP). V průběhu žákovy cesty školským systémem se podílí desítky pedagogů, každý se svou interpretací toho, co má učit, na jeho výsledné podobě.

Tento program má pomoci propojit různé přístupy pedagogů, překlenout hranice jednotlivých předmětů a díky tomu podat žákům uceleně zpracované téma tak, aby se jednoho dne mohli sami ve svých rozhodnutích řídit a rozhodovat podle svého environmentálního svědomí zakládajícího se na zinternalizovaných pravidlech ochrany přírody, pravdivých informacích a schopnosti vyhledat si údaje o svém okolí a s těmito novými daty vhodně pracovat.

Pro toto téma práce jsem se rozhodl, protože jsem jako učitel na druhém stupni ZŠ neměl vhodný nástroj, jak žákům uceleně předat informace o čistotě ovzduší i jeho měření a v budově školy jsem našel měřicí stanici, která nebyla využívána. Popsaná situace mě přivedla na téma mé práce – měření znečištění ovzduší s využitím měřicí stanice.

Ve vztahu k případnému vyučujícímu bylo mým cílem při tvorbě praktické části vytvořit program aplikovatelný na druhém stupni kterékoliv ZŠ. To umožňují i navrhované modifikace a přesné instrukce u jednotlivých částí aplikace programu.

Výukový program má umožnit ucelené podání problematiky znečištění ovzduší a jeho měření. Definovat výukové cíle, učivo i obsah očekávaných výstupů mnoha různých předmětů 2. stupně ZŠ. Informace žákům předat pomocí pestrých forem výuky i aktivit a být tedy vhodný pro jakoukoliv třídu druhého stupně.

Bakalářská práce je standardně členěna na teoretickou a praktickou část. Teoretická část se zabývá teorií spojenou s ovzduším, jeho znečištěním, ochranou a měřením, dále podobou formální výuky na druhém stupni ZŠ dle RVP a vysvětlením environmentálního výukového programu. Praktická část se soustředí na metodický plán, realizaci i ověření v praxi vytvořeného environmentálního výukového plánu.

Cíle bakalářské práce

Cílem teoretické části této bakalářské práce je položit teoretický základ pro praktickou část – environmentální výukový program pro potřeby výuky o znečištění ovzduší, pomocí vysvětlení a představení problematiky kvality ovzduší v ČR, způsobům ochrany ovzduší u nás i ve světě, významu čistoty ovzduší a způsobům měření znečištění ovzduší, a to i konkrétní měřicí stanicí Perfect-Air. Dále představit formální výuku na druhém stupni ZŠ o ovzduší dle RVP a formulovat předpoklady vhodného environmentálního výukového programu.

Cílem praktické části této bakalářské práce je vytvořit environmentální výukový program prohlubující znalosti problematiky znečištění ovzduší a jeho měření. Pomocí těchto znalostí a aplikace výukové hry i venkovní aktivity Mapování výskytu lišejníků je cílem, aby si žák začal budovat environmentální cítění či si ho v sobě prohloubil. Dále ověřit aplikaci výukového programu a navrhnout případné modifikace i na základě reflexí získaných od vyučujícího či žáků.

Teoretická část

1 Kvalita ovzduší v ČR

1.1 Úvod

Znečištění ovzduší představuje v současné době jeden z nejzásadnějších problémů životního prostředí a je úzce svázáno se změnami klimatu a globálního ekosystému. Pojem znečištění ovzduší je obtížně definovatelný. Lambrechts a Sinha (2016) jej charakterizují jako kontaminaci zevního či vnitřního prostředí jakoukoli chemickou, fyzikální či biologickou látkou, která modifikuje přirozené složení atmosféry. Nicméně chemické složení atmosféry se výrazně proměnilo, a to především od 60. letech 18. století v souvislosti s průmyslovou revolucí. Proto pokud by bylo za čisté ovzduší považováno složení původní atmosféry, nenalezneme jej v současné době nikde na Zemi (Daly et al., 2007).

Dalším z aspektů nejednoznačnosti definice je také původ látek znečišťujících ovzduší. Nepanuje shoda, zda se jedná výhradně o antropogenní emise – tedy spotřeby paliv, těžební průmysl, silniční doprava, zemědělství apod. - či zda zařazovat i polutanty etiologie biogenní: VOC (volatile organic compounds, tedy těkavé organické látky), výpary z lesů, mokřadů a bažin a geogenní, z nich zejména vulkanické erupce, přírodní požáry nebo výpary z mořské soli (Daly et al., 2007; Hladká, 2013)

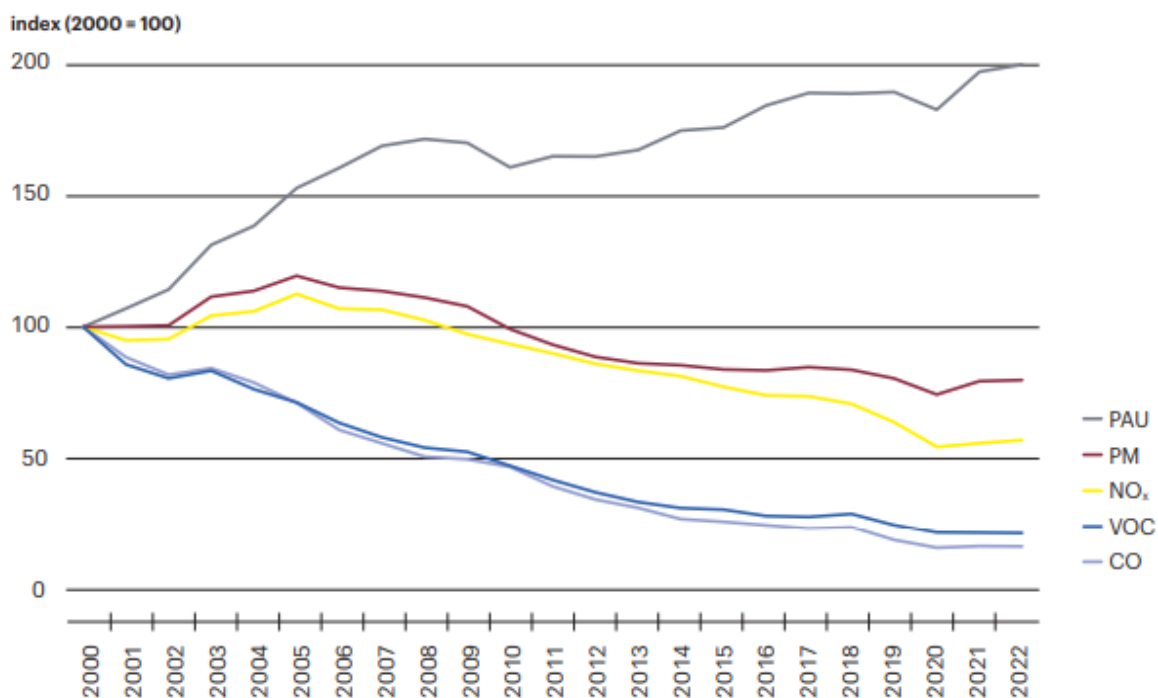
Dle Americké agentury ochrany životního prostředí je pak znečištění ovzduší definováno jako *“...přítomnost kontaminantů nebo znečišťujících látek v ovzduší, které poškozují lidské zdraví nebo omezují lidský komfort, nebo vytváří jiné škodlivé dopady na životní prostředí”* (Pavelka, 2019, s. 18).

1.2 Látky znečišťující ovzduší v ČR a jejich původ

Mezi polutanty monitorované na našem území a nejvýrazněji ovlivňující lidské zdraví patří především prachové částice PM_{2.5} a PM₁₀, přízemní ozon (O₃), oxidy dusíku (NO_x), oxid uhelnatý (CO), benzopyreny, oxid siřičitý (SO₂) (Pavelka, 2019), polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU), z kovů pak kadmium (Cd), arsen (As), nikl (Ni) a olovo (Pb) (ČHMÚ, 2023). Jejich historické koncentrace viz obrázek 1 a obrázek 2. V rámci této práce se skleníkové plyny neuvádějí, protože je drtivá většina měřících stanic neměří. Jejich znalost a znalost skleníkové jevu je pro každého člověka důležitá, proto je mu věnován prostor v praktické části této práce – během environmentálního výukového programu viz příloha [Prezentace_Znečištění_ovzduší.pdf](#).

Obrázek č. 1

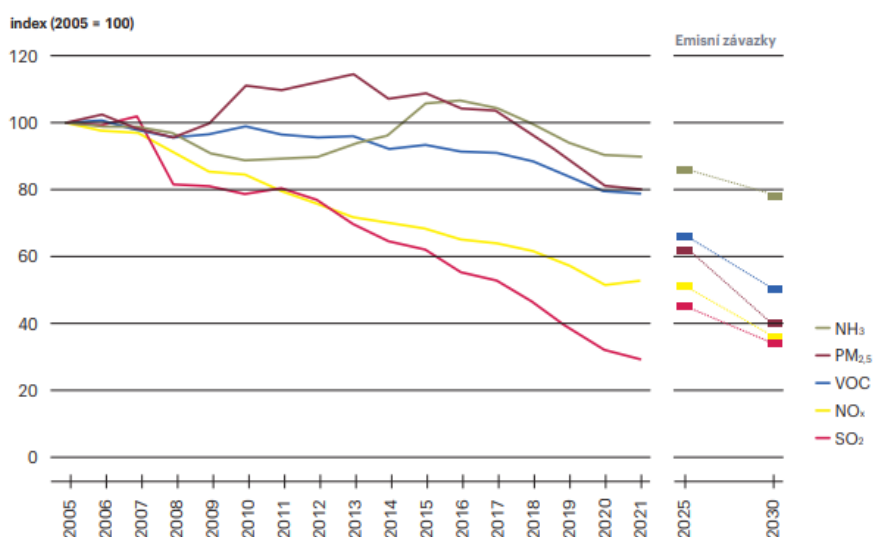
Obrázek zachycující graf vývoje emisí znečišťujících látek z dopravy v ČR mezi lety 2000-2022



(CENIA, 2023, upraveno autorem)

Obrázek č. 2

Obrázek zachycující graf emisí vybraných znečišťujících látek v ČR a národní emisní závazky do budoucna



(CENIA, 2023, upraveno autorem)

1.2.1 Oxidy dusíku (NO_x)

Jedná se o souhrnný název oxidu dusnatého (NO) a oxidu dusičitého (NO₂), který vzniká oxidací NO. Vznikají např. při vysokoteplotních spalovacích procesech zejména

v automobilové dopravě, spalováním fosilních paliv v elektrárnách či topením v domácnostech. Oxidy dusíku způsobují především respirační obtíže s predispozicí k závažným pneumonitidám a nádorovým onemocněním, přičemž závisí zejména na koncentraci vdechovaných látek spíše než na době expozice (Pavelka 2019). V přírodě pak *“...významně ovlivňuje biodiverzitu, protože způsobuje nadměrnou eutrofizaci terestriálních i vodních ekosystémů. Mnoho takových jedinečných ekosystémů je vlivem nepřírozené eutrofizace zničeno.”* (Hladká, 2013, s. 15)

Norma pro maximální množství NO₂ v ovzduší je dle EU nastavena na 200 µg/m³ v hodinovém průměru, nicméně v ročním hodinovém průměru maximálně 40 µg/m³ (EEA, 2024b).

1.2.2 Oxid uhelnatý (CO)

Oxid uhelnatý se do ovzduší dostává zejména spalováním fosilních paliv a biopaliv především spalovacími motory v dopravě a jeho nejvyšší hodnoty lze naměřit v lokalitách s hustou dopravou.

V lidském organismu pak zvýšené množství CO způsobuje poruchu transportu kyslíku ke tkáním, což hlavně u lidí s kardiovaskulárními potížemi může vést až k ischemické srdeční chorobě (Hladká, 2013).

V atmosféře oxid uhelnatý postupně oxiduje na oxid uhličitý za vzniku dalšího z polutantů – ozonu. Norma v Evropské unii pro maximální množství CO v ovzduší je 10 mg/m³ v 8hodinovém průměru (EEA, 2014).

1.2.3 Oxid siřičitý (SO₂)

Do atmosféry se dostává při spalování paliv obsahujících síru, mezi která patří fosilní paliva a biopaliva používaná pro vytápění, výrobu energie a dopravu. V přírodě je jeho hlavním přirozeným zdrojem vulkanická činnost. Stejně jako oxidy dusíku má i oxid siřičitý vliv na respirační trakt s rizikem rozvoje chronické bronchitidy, astmatu a respiračních infekcí. Nepříznivě působí na ekosystém okyselováním půdy a vody (Hladká, 2013).

Norma maximálního množství SO₂ v ovzduší dle EU je nastavena na 125 µg/m³ v denním průměru nejvíce 3 dny v roce (EEA, 2024b).

1.2.4 Přízemní ozon (O₃)

Přízemní ozon je sekundární polutant vznikající chemickými reakcemi z emisních plynů NO_x, VOC a CO. Jedná se o jednu z neškodlivějších látek s komplexním vlivem na zdraví živočichů, ale i rostlin. Limituje jejich fotosyntetické schopnosti a snižuje tím odstraňování CO₂ z ovzduší. Kromě toho se jedná o skleníkový plyn, který výraznou měrou přispívá ke globálnímu

oteplování (Hladká, 2013). Maximální hodnoty dle EU by měly dlouhodobě být pod $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ v osmihodinovém průměru (EEA, 2024b).

1.2.5 Prachové částice (PM_{2.5} a PM₁₀)

Prachové částice PM (Particulate Matters) jsou spolu s kapalnými částicemi označovány jako aerosoly. Jsou rozděleny dle velikosti v mikronech do několika skupin, z nichž jsou nejčastěji měřeny PM₁₀ a PM_{2.5}. Méně často jsou pak měřeny prachové částice PM₁₀₀, PM₄ a PM_{0,1}. Do atmosféry jsou uvolňovány antropogenně zejména na základě spalovacích procesů, svařování a tavení rud a kovů, z přírodních zdrojů pak činností větru, a to především z ploch zbavených vegetace a stavebních ploch. Lze je dělit na primární – emitované přímo do ovzduší a sekundární, vzniklé přeměnou SO₂, NO_x, NH₃ a VOC (Hladká, 2013).

Prachové částice se následně usazují v dýchacích cestách v závislosti na velikosti – respirabilní jsou především ty pod $10 \mu\text{m}$, částice pod $1 \mu\text{m}$ se pak mohou deponovat v alveolech. Kromě přítomnosti samotných prachových částic v dýchacích cestách mohou tvořit i kancerogenní sloučeniny a potencovat rozvoj bronchogenního karcinomu (Pavelka, 2019).

Norma maximálního množství PM₁₀ v ovzduší stanovených EU se pohybuje na $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve 24hodinovém průměru po dobu maximálně 35 dní v roce při zachování $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ v ročním průměru. Pro prachové částice PM_{2.5} je unijní roční limit nastaven na $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (EEA, 2024b), v České republice je však přísnější limit $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Zákon 201/2012 Sb.).

Dle nejnovější Zprávy o životním prostředí České republiky z roku 2022 dochází k poklesu základních znečišťujících látek (NO_x, VOC, SO₂, NH₃ a PM_{2.5}). Tyto polutanty jsou emitovány do ovzduší především v souvislosti s vytápěním domácností (zejména PM_{2.5} a PM₁₀, CO, VOC), intenzitou silniční dopravy (PAU, PM, NO_x), průmyslu a energetického sektoru (SO₂, NO_x), zemědělství (NH₃).

Emise prachových částic PM_{2.5} a PM₁₀ poklesly od počátku tisíciletí o 20 %, nicméně jejich stav je výrazně ovlivňován meteorologickými podmínkami a typem paliva používaného pro vytápění v domácnostech. Problematika vytápění domácností tkví také ve vypouštění emisí z nižších komínů než v případě průmyslových zařízení, a tedy vysoké koncentraci polutantů. Složení znečišťujících látek vypouštěných z lokálních topenišť ovlivňuje také typ domácího kotle a typ paliva – z tuhého paliva (dřevo, uhlí) se vlivem nedokonalého spalování uvolňují polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) a významné množství tuhých částic. Záleží také na průběhu a délce topné sezony počítané v denostupních v závislosti na venkovní a vnitřní teplotě

a počtu chladných dnů v roce. Vzhledem k výraznému podílu domácností na znečišťování ovzduší byly zahájeny dotační programy na výměnu kotlů na pevná paliva.

Emise z dopravy významně ovlivňují kvalitu ovzduší v městských aglomeracích, v mezidobí let 2000 až 2022 byl zaznamenán klesající trend většiny polutantů (PM, NOX, VOC, CO) v souvislosti s modernizací vozového parku vozy splňujícími emisní EURO standardy a využíváním alternativních pohonů. Koncentrace polycyklických aromatických uhlovodíků však dlouhodobě narůstá v souvislosti s růstem intenzity silniční dopravy viz obrázek č. 3 (CENIA, 2021; CENIA, 2023).

Obrázek č. 3
Hodnocení trendu a stavu indikátorů

Indikátor	Dlouhodobý trend (15 let a více)	Střednědobý trend (10 let)	Krátkodobý trend (5 let)	Stav
Emise vybraných znečišťujících látek do ovzduší				
Emise z vytápění domácností				
Emise z dopravy*				
Emise základních znečišťujících látek z dopravy				
Emise PAU z dopravy				

* Z důvodu heterogenity témat, ze kterých vychází konstrukce indikátoru, je uvedeno hodnocení dílčích (elementárních) indikátorů.

³ Dle Projekce 2023 ČHMÚ jsou ovšem nastavena taková opatření, že ke splnění národních závazků ke snížení emisí dojde v roce 2025 i 2030 bez dodatečných opatření (<https://www.ceip.at/status-of-reporting-and-review-results/2023-submission>). V emisní bilanci celé časové řady došlo k přepočtům dat ČHMÚ v srpnu 2023.

(CENIA, 2021, upraveno autorem)

1.2.6 Těžké kovy

Těžké kovy, jako je olovo, rtuť, kadmium a arsen, jsou v ovzduší přítomny v důsledku průmyslových emisí, spalování fosilních paliv (včetně automobilové dopravy) a dalších lidských činností. Tyto kovy mohou být toxické i při nízkých koncentracích a dlouhodobé vystavení může vést k akumulaci v těle, což způsobují chronické zdravotní problémy, včetně neurologických poruch, poškození ledvin a případný vznik rakoviny (Cheng et al., 2023).

1.3 Historie znečištění a ochrany čistoty ovzduší

Nejstarší zmínky o zhoršené kvalitě ovzduší pocházejí již z období Starověkého Říma, kdy na přelomu letopočtu filozof Seneca, trpící astmatickými obtížemi, upozornil na špatný vzduch

v Římě. K radikální změně chemického složení atmosféry pak dochází v souvislosti s Průmyslovou revolucí na přelomu 18. a 19. století (Česalová, 2013).

V této době byl také definován termín „smog“ vznikající spojením kouře (z angl. smoke) a mlhy (z angl. fog). Jedná se o znečištění ovzduší způsobené lidskou činností při obohacení o složky zdraví škodlivé v kombinaci s nepříznivými meteorologickými podmínkami. Jako Velký londýnský smog je označována událost z prosince roku 1952, kdy došlo vlivem velmi nízkých teplot k vyššímu spalování uhlí v domácích kamnech a přítomnosti mlhy při bezvětřném počasí viz obrázek č. 4. Koncentrace SO_2 a PM dosáhla desetinásobných hodnot londýnské normy viz obrázek č. 5 (Česalová, 2013).

Obrázek č. 4

Hustý smog na Piccadilly Circus v Londýně, prosinec 1952

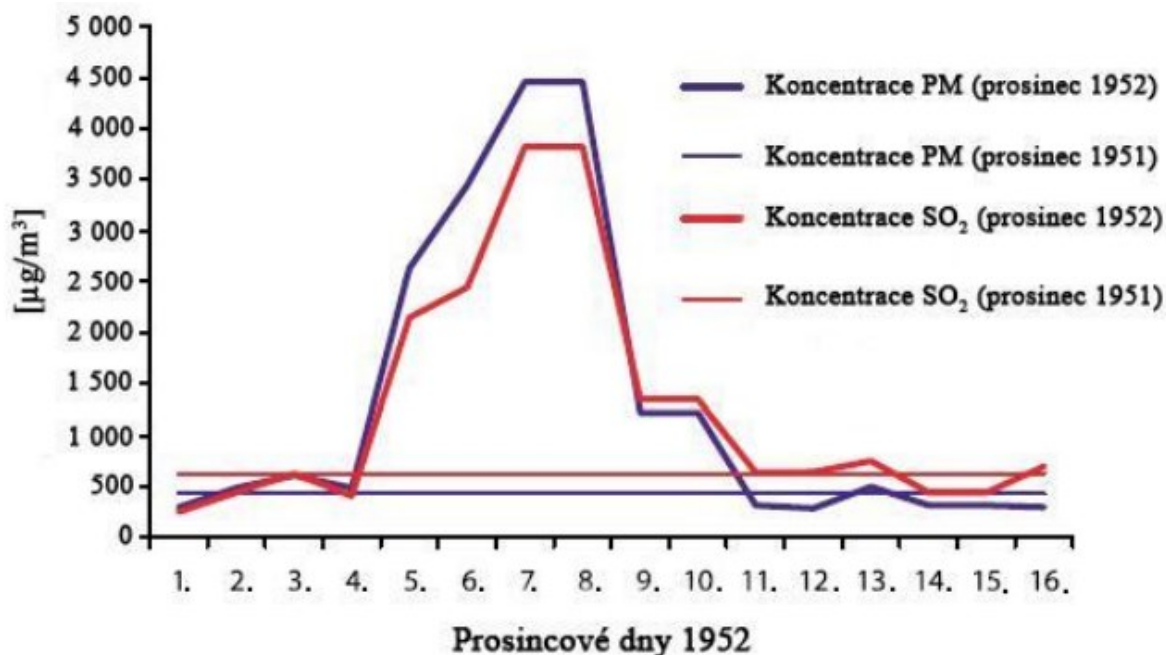


(Central Press/Hulton Archive/Getty Images)

Oxid siřičitý reaguje s vodní párou za vzniku kyseliny sírové mající redukční účinky, proto je tento typ smogu označován jako redukční. Tato událost trvající od 5. do 9. prosince si dle odhadu vyžádala na 4 000 životů, a to především ve skupině kuřáků, dětí, seniorů a pacientů s respiračním či kardiovaskulárním onemocněním. V reakci na incident došlo k vytvoření tzv. bezkouřových zón a britská vláda schválila postupné vyřazování uhelných kamen s přechodem na kamna petrolejová a následně ústřední topení (Česalová, 2013).

Obrázek č. 5

Koncentrace PM a SO₂ během Velkého londýnského smogu v prosinci 1952, srovnané s průměrnými koncentracemi v prosinci 1951



(London County Council, 1953; upravila Kristýna Česalová)

Na našem území docházelo od 50. let 20. století k výraznému zaměření na těžební průmysl s výstavbou hnědouhelných elektráren, a to především v oblasti Podkrušnohoří, kde byl v 60. letech zahájen provoz elektráren Tušimice I a Prunéřov I, Tisová I a II, Komořany a Ledvice I a II. Na Ostravsku pak v 60. a 70. letech došlo k výstavbě černouhelných elektráren Dětmárovice a Ostrava-Kunčice. V souvislosti s rozmachem průmyslu a zvyšování produkce emisí začaly vznikat v blízkosti tepelných elektráren střediska pro monitorování změn kvality ovzduší, kterým byla i observatoř Tušimice, založená roku 1966 (ČHMÚ, 2020a). O rok později pak došlo ke schválení zákona č. 35/1967 Sb. o opatřeních proti znečištění ovzduší, na jehož naplnění dohlížel hydrometeorologický ústav monitorací vzdušných emisí. V 70. letech patřilo dle OSN Československo k evropským zemím s nejvyšším zatížením emisemi oxidu siřičitého, nejen na tento popud byl na konci tohoto desetiletí zřízen Registr emisí a zdrojů znečištění ovzduší (REZZO) (ČHMÚ, 2020b).

První systémy regulace velkých zdrojů znečištění pak od začátku 80. let snižují množství emisí na podkladě prognózy meteorologické situace a jsou zavedeny nejvyšší přípustné koncentrace nejzávažnějších atmosférických polutantů. Studie z těchto let poukazují, že nelze vinit pouze

tepelné elektrárny, ale výrazný podíl na znečištění ovzduší mají i domácí topeniště, dálkový přenos škodlivin a doprava (ČHMÚ, 2020b).

2 Ochrana ovzduší

2.1 Ochrana na celosvětové úrovni

Vzhledem k neexistenci centrální vlády naší planety, většina pravidel na ochranu ovzduší překračující hranice jednotlivých států vychází z nejrůznějších úmluv, smluv, závazků, protokolů apod.

K zahájení dialogů pro vznik pravidel určených k ochraně ovzduší přispívají mezinárodní organizace s environmentálním zaměřením. Jednotlivé státy, kterých se pak takováto nařízení případně týkají, mohou podepsat smlouvu, jejíž ratifikací se zaváží k danému cíli/požadavku. Jestli se jednotlivé státy připojí k environmentálnímu závazku je pak dáno pouze aktuálností dané hrozby (viz Montrealský protokol zakazující výrobu i používání freonů) či odpovědností ve vztahu životnímu prostředí jednotlivých států nejenom na mezinárodní, ale zprostředkovaně i na regionální či místní úrovni (MŽP, n.d.).

Mezi mezinárodní organizace/společenství podílející se na nadnárodních závazcích patří např. Rada Evropy, Evropské středisko ochrany přírody (ECNC), Evropská agentura pro životní prostředí (EEA), Mezinárodní unie na ochranu přírody (IUCN), Federace EUROPARC, Organizace spojených národů (OSN), Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj (OECD) (AOPK ČR, 2024; MŽP, n.d.).

Rada Evropy založená roku 1949 se 46 členskými státy se podílí na ochraně lidských práv na celém Evropském kontinentu (COE, 2024). Mezi její aktivity patří od roku 1962 i koordinace činností týkajících se životního prostředí svých členských států (AOPK ČR, 2024).

Evropské středisko ochrany přírody je nezávislá organizace se sídlem v Holandsku. Zabývá se ochranou a udržitelností přírody (AOPK ČR, 2024).

Evropská agentura pro životní prostředí poskytuje politicky nezávislé informace a vědecké poznatky díky penězům z Evropské unie, pod kterou spadá. Soustředí se na podporu Evropského životního prostředí a klimatické politiky (EEA, 2024a).

Mezinárodní unie na ochranu přírody sdružuje vlády i občanské společnosti s cílem chránit životní prostředí naší planety. Je to největší environmentální organizace čítající přes 1400 členů z okolo 160 zemí světa. Založena byla pod názvem Mezinárodní unie na ochranu přírody (IUPN) v roce 1948 a svůj současný název získala v roce 1956 (IUCN, 2018; IUCN, 2024). IUCN ovlivňuje, povzbuzuje a napomáhá státům, institucím, organizacím a dalším zachovat podobu i diverzitu přírody na naší planetě (IUCN, 2024).

Federace EUROPARC reprezentuje chráněné oblasti po celé Evropě. Jejím cílem je zlepšit spravování chráněných oblastí díky mezinárodní spolupráci, vyměňování/předávání informací a prostřednictvím ovlivňování politiky (EUROPARC FEDERATION, 2015).

Organizace spojených národů má mezi svými členy většinu celosvětově uznávaných států. Jejím primárním cílem je udržení mírového soužití na naší planetě, ale historicky se podílela i na úmluvách týkajících se změn klimatu.

Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj se primárně zabývá ekonomikou, ale jejím cílem je udržitelný ekonomický růst za současné ochrany naší planety (MŽP, n.d.). Ovlivňuje tedy i environmentální závazky různých vlád, aby se dosáhlo co nejlepší rovnováhy mezi ekonomickým růstem a zachováním životního prostředí. (MŽP, n.d.)

2.1.1 Aktivity ČR na mezinárodním poli ochrany ovzduší

Česká republika je velmi činná jak na domácím, tak na mezinárodním poli ochrany ovzduší. V roce 1993 ratifikovala Rámcovou úmluvu OSN o změně klimatu a připojila se k následující Pařížské dohodě i Kjótskému protokolu, které dávají právní podklad k celosvětovému snížení člověkem vytvořených emisí skleníkových plynů na takovou úroveň, aby významně a nebezpečně neovlivňovali život na naší planetě.

Zabránit mezistátnímu i mezikontinentálnímu znečišťování ovzduší má Úmluva o dálkovém znečišťování ovzduší přesahujícím hranice států. Česká republika je její součástí již od samotného vzniku v roce 1993. Součástí úmluvy bylo již Československo, a to od roku 1984. Úmluva má rámcový charakter a její součástí je 8 protokolů. ČR je smluvní stranou všech.

Prostřednictvím ratifikace Vídeňské úmluvy a Montrealského protokolu dává ČR jednoznačně najevo zájem o ochranu ozonové vrstvy. Oba dokumenty společně omezují či zakazují výrobu i používání přes 100 nebezpečných látek poškozujících ozonovou vrstvu.

V neposlední řadě ČR dlouhodobě zpřístupňuje data o životním prostředí na základě Aarhuské úmluvy a věnuje se dalším horizontálním otázkám díky protokolu o PRTR (protokol o registrech úniků a přenosů znečišťujících látek), SEA (protokol o strategickém posuzování vlivů na životní prostředí) či Espoo úmluvě (úmluva o posuzování vlivů na životní prostředí přesahujících hranice států) (MŽP, n.d.).

2.2 Ochrana v Evropské unii

Evropská Unie má svůj vlastní právní systém. Všechny členské státy by se jím měly řídit a nastavit či upravit své vnitřní předpisy v souladu s těmi Evropskými. Státy, které tato pravidla

nedodržují, mohou čelit peněžním sankcím či v nejhorším případě vyloučení z EU (Evropská komise, 2024). Mezi hlavní směrnice EU ohledně ochrany ovzduší mimo jiné patří:

- Směrnice 2004/42/ES o omezování emisí těkavých organických sloučenin vznikajících při používání organických rozpouštědel v některých barvách a lacích a výrobcích pro opravy nátěru vozidel
- Směrnice 2008/50/ES o kvalitě vnějšího ovzduší a čistším vzduchu pro Evropu
- Směrnice 2009/31/ES o geologickém ukládání oxidu uhličitého
- Směrnice 2009/126/ES o etapě II rekuperace benzinových par při čerpání pohonných hmot do motorových vozidel na čerpacích stanicích
- Směrnice 2010/75/EU – o průmyslových emisích
- Směrnice 2015/2193 o omezení emisí některých znečišťujících látek do ovzduší ze středních spalovacích zařízení
- Směrnice 2016/2284/EU – o snižování národních emisí určitých látek znečišťujících ovzduší

Dalších opatření se týkají nařízení (např. nařízení č. 1005/2009 o látkách, které poškozují ozonovou vrstvu) či předpisy (např. předpis č. 132 – pravidla pro schvalování dodatečně instalovaných zařízení pro regulaci emisí pro těžká vozidla, zemědělské a lesnické traktory a nesilniční mobilní stroje vybavené vznětovými motory) (EUR-Lex, 2024).

Nejobsáhlejší z hlediska ochrany ovzduší je směrnice Evropského parlamentu a rady 2008/50/ES ze dne 21. května 2008, naposledy upravená opravou L 94 27. března 2020 o kvalitě vnějšího ovzduší a čistším vzduchu pro Evropu. Směrnice stanovuje opatření:

- vymezující úroveň kvality ovzduší tak, aby (nejlépe) nedošlo k negativním projevům na životní prostředí a lidské zdraví
- posuzující kvalitu ovzduší v jednotlivých členských státech dle uniformní metodiky a předem definovaných kritérií
- získávající data kvality ovzduší vedoucí ke snižování úrovně znečištění ovzduší i následků znečištěného ovzduší na životní prostředí a lidské zdraví
- sledující dlouhodobé statistiky kvality ovzduší a vztah mezi opatřeními jednotlivých členských zemí, unijními opatřeními a úrovní kvality ovzduší
- Zpřístupňující zjištěná data široké veřejnosti
- Zachovávají či zlepšují kvalitu ovzduší (na základě kritérií pro čisté ovzduší)

- Podporující spolupráci mezi členskými státy tak, aby nedocházelo k znečišťování ovzduší a úroveň kvality ovzduší byla co nejlepší

Jak vidíme, Evropská legislativa se problematikou kvality ovzduší podrobně zabývá. Mimo výše uvedené právní předpisy motivuje jednotlivé státy např. emisními povolenkami, které korigují celkovou úroveň emisí skleníkových plynů z území Evropské unie a jednotlivé subjekty nacházející se na jejím území si mohou mezi sebou povolenky přeprodávat tak, aby došlo k jejich ideální distribuci dle směrnice Evropského parlamentu a Rady 2003/87/ES a rozhodnutí Evropského parlamentu a rady 2015/1814 (EUR-Lex, 2024).

2.3 Legislativa na národní úrovni

V České republice se ochrany ovzduší dotýká celá řada zákonů, hlavním z nich je zákon o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb.

Jedná se o zákon pojednávající o důležitosti ochrany ovzduší, stanovující přípustné úrovně znečištění i znečišťování ovzduší, prevenci znečišťování, centrálního i lokálního dohledu nad znečišťovateli i mírou znečištění. Definuje nástroje (mechanismy), které jsou použity/odstartovány porušováním předpisů ve smyslu překročení legálních limitů pro látky znečišťující ovzduší fyzickými i právníckými osobami. Určuje osoby i instituce pověřené zjištěním, posouzením a vyhodnocením úrovně znečištění včetně jejich pravomocí. Garantuje přístup k informacím týkající se znečištění i znečišťování, které jsou přístupné i např. v centrálním registru. Obsahově je velmi podobný jako směrnice Evropského parlamentu a rady 2008/50/ES, ze které také vychází a jejíž obsah zapracovává i upravuje (Zákon 201/2012 Sb.).

Dalšími zákony ovlivňující kvalitu ovzduší je zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech. Přestože výslovně hovoří o tom, že se nevztahuje na emise látek znečišťujících ovzduší, zabývá se např. zákazem uvolňování azbestových vláken do ovzduší (Zákon 541/2020 Sb.).

Případně zákon č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci a omezování znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů. Zákon cílí na systémovou a celkovou ochranu životního prostředí včetně ovzduší v co nejvyšší kvalitě. Ve svých přílohách dále vyjmenovává hlavní znečišťovatele pro stanovení emisních limitů jako jsou např. oxid siřičitý, oxidy dusíky a další. Tento zákon je upravován zákonem č. 69/2013.

Zákon č. 25/2008 Sb., o integrovaném registru znečišťování životního prostředí a integrovaném systému plnění ohlašovacích povinností v oblasti životního prostředí. Zákon stanoví povinnost zřízení ohlašovacího systému spravovaného ministerstvem životního prostředí (ve vztahu k ovzduší) a veřejně přístupnou databázi znečišťování životního prostředí.

Zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a o chemických směsích. Zákon upravuje pravidla jakéhokoliv nakládání s chemikáliemi, správnou laboratorní praxi i působnost správních orgánů při poskytování ochrany před škodlivými účinky chemikálií.

Zákon č. 73/2012 Sb., o látkách, které poškozují ozonovou vrstvu, a o fluorovaných skleníkových plynech. Zákon se zabývá regulovanými látkami schopnými poškodit ozonovou vrstvu, pravomocemi i povinnostmi osob i správních orgánů zodpovědných za ochranu ozonové vrstvy naší planety.

2.4 Shrnutí

Ve světě je mnoho institucí poskytujících legislativní doporučení pro řešení problémů znečištění ovzduší. Je však na jednotlivých státech, či subjednotkách, jestli je přijmou a jak se těmito pravidly budou řídit. Přestože jsou často nastavené nástroje schopné vyměřit trest za porušení pravidel, překonání limitů či zhoršení kvality ovzduší, jejich dodržování nikdy nemůže být dokonalé, dokud si jako mezinárodní společnost nezvnitřníme dlouhodobě udržitelný styl života a nezměníme své návyky/procesy vedoucí ke zhoršování kvality ovzduší.

3 Význam čistoty ovzduší

Čistota ovzduší je klíčová pro udržení zdravého životního prostředí a lidského zdraví. Kvalita ovzduší ovlivňuje všechny aspekty našeho života, od zdraví lidí po ekosystémy a klimatické podmínky. Znečištěné ovzduší nejčastěji obsahuje škodlivé látky, jakými mohou být těžké kovy, oxidy dusíku, uhlíku a síry, ozon, benzo[a]pyren a další, které mohou mít vážné dopady na zdraví a životní prostředí. V rámci této práce se neřadí mezi znečištění ovzduší znečištění způsobené radionuklidy, světelným a zvukovým znečištěním a neuvádějí se ani skleníkové plyny.

3.1 Význam čistoty ovzduší pro lidské zdraví

Vztah mezi kvalitou ovzduší a lidským zdravím je dlouhodobě poměrně extenzivně studován, což nám umožnilo si uvědomit, jak moc velký dopad na lidské zdraví špatné ovzduší ve skutečnosti má. Příkladem může být Darcin (2014), který ve svém výzkumném článku odhaluje pozitivní korelaci mezi kvalitou ovzduší a životní úrovní díky prokazatelným faktorům kterými jsou např. lepší zdraví (méně nemocných) a stav životní pohody (well-being) ve 27 zemích.

3.2 Nebezpečné látky

Nebezpečné látky v ovzduší, jako jsou oxidy dusíku, uhlíku a síry, ozon, těžké kovy a benzo[a]pyren, mají různé toxikologické vlastnosti. Tyto látky se mohou do těla dostat i inhalací a negativně ovlivňovat orgánové systémy. Například těžké kovy, jako je olovo a rtuť, mohou poškozovat nervový systém a ledviny (Cheng et al., 2023). Oxidy dusíku a síry mohou dráždit dýchací cesty a způsobovat záněty, zatímco benzo[a]pyren je známý karcinogen (Wang et al., 2023). Více o jednotlivých znečišťovatelných ovzduší v kapitole této práce Kvalita ovzduší v ČR, kde jsou rozepsány i dopady na lidské zdraví při nebezpečných koncentracích.

3.3 Krátkodobé vystavení špatnému ovzduší

Krátkodobé vystavení znečištěnému ovzduší může mít (v závislosti na koncentraci škodlivin a zdravotním indispozicím jedince) okamžité a závažné dopady na zdraví, zejména na kardiovaskulární a dýchací systém. Výzkum Yena a Chena (2022) zjistil, že i krátkodobé zvýšení koncentrací jemných částic (PM_{2.5} a PM₁₀) bylo spojeno s vyšším výskytem akutního infarktu myokardu (AMI) a akutního srdečního selhání, zejména v oblastech s trvale vysokou úrovní znečištění. Podobně Niyatiwatchanchai et al. (2022) pozorovali, že krátkodobá expozice látkám znečišťujícím ovzduší způsobila o něco horší funkčnost dýchacích cest u hasičů bojujících s ohněm ve volné přírodě, přesto však nebyly zaznamenány žádné významné změny

ve spirometrii, kvalitě života související se zdravím a zánětlivých biomarkerech. Další studie od Wanga et al. (2023) zdůraznila, že i v oblastech s jindy nízkým znečištěním ovzduší krátkodobá expozice znečišťujícími látkami, jako jsou SO₂ a NO₂, významně zvýšila počet denních hospitalizací pacientů s kardiovaskulárními a cerebrovaskulárními onemocněními. Cheng et al. (2023) uvedli, že krátkodobé vystavení domácností různým znečišťujícími látkami v Číně bylo spojeno s vyšším rizikem úmrtí na AMI doma, přičemž zhoršení statistik bylo pozorováno i pod normami WHO pro kvalitu ovzduší (WHO, 2021). V neposlední řadě studie Wanga et al. (2023) v Pekingu ukázala, že krátkodobá expozice znečišťujícími látkami, jako jsou SO₂, NO₂, O₃ a CO, byla spojena s nenáhodnou úmrtností, přičemž zvláště zranitelní byli starší lidé.

3.4 Dlouhodobé vystavení špatnému ovzduší

Dlouhodobé vystavení se vzduchu špatné kvality má dalekosáhlé důsledky na lidské zdraví. Delší přítomnost znečišťovatelů a škodlivin (PM_{2.5}, PM₁₀, NO₂, SO₂ a další) ve vdechovaném vzduchu je spojována s vážnými chronickými onemocněními jako jsou respirační, kardiovaskulární onemocnění, rakovinou plic či nižším věkem dožití. Například Chen et al. (2023) objevili vazbu mezi dlouhodobě vysokou koncentrací PM_{2.5} a zhoršováním kognitivních funkcí u starší populace. Ovlivněnými oblastmi byla paměť, pozornost i rozhodování se, které jsou všechny nesmírně důležité pro lidi v kterémkoliv věku.

Podobně Rowland et al. (2022) ve svém vědeckém článku demonstrovali souvislosti mezi dlouhodobou expozicí PM_{2.5} ve vnějším prostředí a chronickými onemocněními, včetně respiračních obtíží a špatného celkového zdravotního stavu, s využitím údajů z longitudinálního sčítání. Výzkumný článek od Cha et al. (2023) upozornil na to, že vysoké koncentrace částic PM₁₀ a oxidu siřičitého v ovzduší patřily mezi významné rizikové faktory pro vznik kardiovaskulárních komplikací jakými jsou např. kardiogenní šok či STEMI infarkt myokardu.

Na další dlouhodobé komplikace spojené se špatnou kvalitou ovzduší poukázali ve svém článku Kim a Radoias (2022). Konkrétně se jedná o sníženou kapacitu plic a zvýšenou pravděpodobnost vzniku chronických onemocnění, která může platit po desetiletí.

Všechna výše uvedená zjištění podtrhují význam rigorózního dodržování standardů a hlídání kvality ovzduší, aby nedošlo ke vzniku chronických problémů u velké části populace.

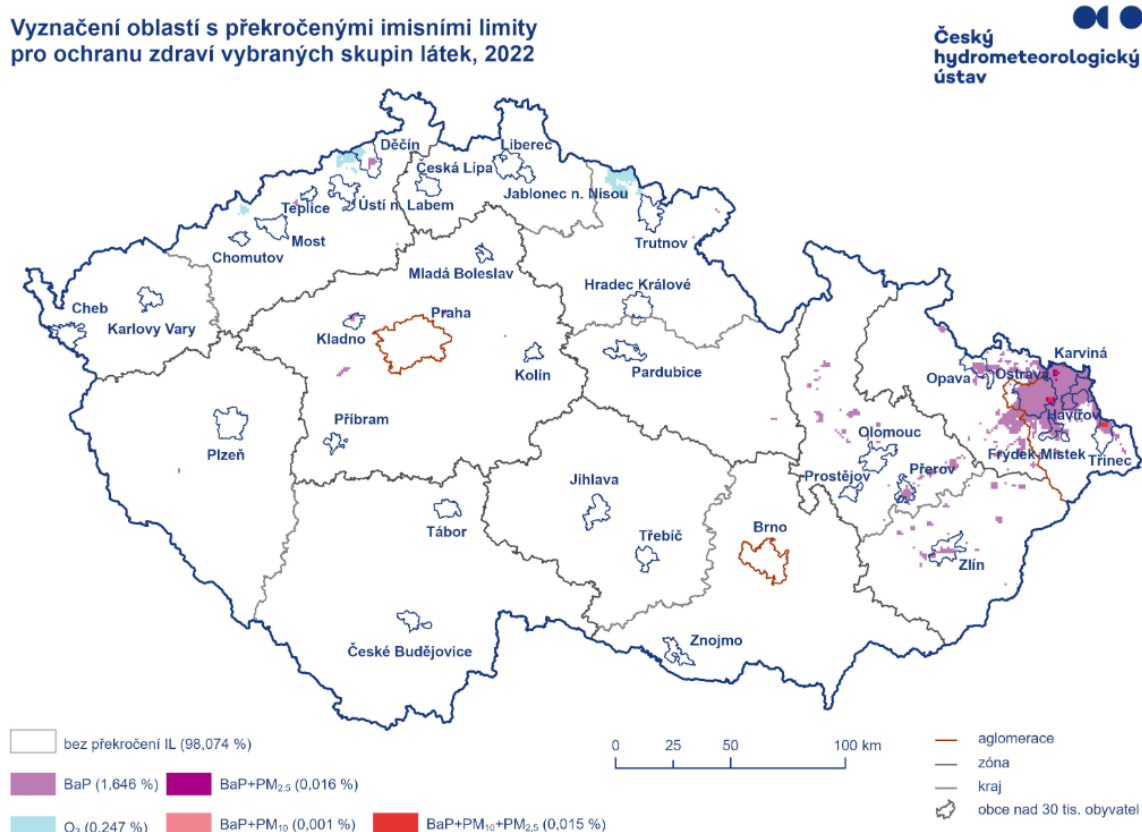
3.5 Vliv kvality ovzduší na zdraví Čechů

Koncentrace polutantů úzce souvisí s typem domácích topenišť, dopravou, průmyslovou a energetickou produkcí, ale také meteorologickými podmínkami a přeshraničním přenosem. V posledních letech byly zaznamenány velmi dobré rozptylové podmínky a poměrně teplé klima, které vedlo k snížení produkce škodlivých látek z vytápění domů.

Imisní limity (alespoň jednoho polutantu) byly v roce 2022 překročeny pouze na 1,7 % území České republiky, bez zahrnutí ozonu. Jedná se především o oblasti v Moravskoslezském, Olomouckém a Zlínském kraji, které obývá 11 % obyvatel. V tomto roce bylo hlášeno pět smogových situací s překročením horního limitu pro ozon. Imisní limity pro prachové částice PM₁₀ a PM_{2,5} jsou překračovány častěji, ale pouze na již zmíněném malém území republiky, a to především v zimních měsících. Nejvyšší počet překročení denní průměrné koncentrace PM₁₀ byl hlášen z oblastí Ostrava, Karviná a Frýdek-Místek viz obrázek 6.

Obrázek č. 6

Mapa případů překročení imisních limitů v roce 2022



(ČHMÚ, 2022)

Vliv na zdraví člověka závisí u suspendovaných částic na jejich koncentraci, velikosti, tvaru i chemickém složení. Již krátkodobé zvýšení denních koncentrací vede v nárůstu morbidity i

mortality, a to zejména na kardiovaskulární a respirační onemocnění. V roce 2022 se jednalo o 1,7 % úmrtnosti v souvislosti s expozicí suspendovaným částicím.

Benzo[a]pyren vzniká nedokonalým spalováním (především v domácích topeništích v zimních měsících), je často vázán na suspendované částice PM2.5 a jedná se o velmi problematický polutant s kancerogenními účinky. Jeho imisní limit byl v roce 2022 překročen na 1,7 % území, kterou však obývá o málo více než desetina obyvatelstva České republiky.

Přízemní troposférický ozon vzniká – narozdíl od stratosférického, který chrání před vlivem UV záření – z prekurzorů, a je výrazným oxidačním činidlem s negativními dopady nejen na lidské zdraví (kůže, sliznice a dýchací trakt), ale i ekosystémy. Jeho koncentrace se mění vlivem slunečního svitu, teploty vzduchu a výskytu srážek, maxima dosahuje v letních měsících a v roce 2022 byl imisní limit pro člověka překročen pouze na 0,2 % území. Ve vztahu k ochraně ekosystémů a vegetace se hodnotí expoziční index přízemního ozonu AOT40, který byl v daném roce překročen na 50 % stanic.

V roce 2022 nebyly na území České republiky překročeny limity oxidů dusíku, oxidu uhelnatého ani oxidu siřičitého. Stejně tak nedošlo k výskytu nadlimitních koncentrací sledovaných kovů, jakými jsou arsen, kadmium, olovo a nikl (CENIA, 2023).

3.6 Význam čistoty ovzduší na životní prostředí

Čistota ovzduší má zásadní význam pro ochranu životního prostředí. Znečištění ovzduší ovlivňuje nejen lidské zdraví, ale také ekosystémy, biodiverzitu a klimatické podmínky. Znečišťující látky mohou poškodit půdu, vodní zdroje a ovlivnit růst, zdraví rostlin i živočichů (Niyatiwatchanchai et al., 2022).

3.6.1 Neživá příroda

Znečištění ovzduší může mít negativní dopady na neživou přírodu i lidské výtvoř, včetně eroze hornin/půdy a koroze stavebních materiálů, poškození kulturních památek a degradace půdy (Cheng et al., 2023). Oxidy síry a dusíku mohou způsobovat kyselé deště, které negativně ovlivňují půdní a vodní ekosystémy (Wang et al., 2023).

3.6.2 Organismy

Znečištěné ovzduší může způsobit poškození rostlin, včetně snížení schopnosti fotosyntézy, zpomalení růstu a zvýšené citlivosti na škůdce a choroby (Cheng et al., 2023). Ozon, oxidy dusíku a síry mohou způsobit viditelné poškození listů a snížení zemědělských výnosů (Wang et al., 2023).

Znečištění ovzduší má negativní dopady na zdraví živočichů, včetně ptáků, savců, ryb i bezobratlých. Znečišťující látky mohou způsobit respirační problémy, otravy a narušení reprodukčních schopností (Niyatiwatchanchai et al., 2022). Dlouhodobé vystavení znečištěnému ovzduší může také ovlivnit potravní řetězce a ekosystémové procesy (Cheng et al., 2023).

Organismy s úzkou ekologickou valencí k některé podmínce prostředí (jako např. vysoká kvalita ovzduší) se označují jako bioindikátory (Jelínek & Zicháček, 2006). Příkladem, pro potřeby této práce, může být použití lišejníků jako bioindikátorů. Existují různé metody využívající obecný výskyt lišejníků na vyhraněném území, identifikaci konkrétních citlivých druhů na polutanty (tzv. indikační druhy) a druhové zastoupení z hlediska množství různých druhů, určené k zmapování kvality ovzduší.

Tyto metody využívající nejrůznějších postupů mohou sloužit ke kvalitativní (využívá identifikace druhů a jejich stav) i kvantitativní analýze (využívá matematické vzorce). Jedním z nejcitlivějších lišejníků na znečištění ovzduší (konkrétně přítomnost SO₂ v ovzduší) je důlkatec plicní (Skalka, 2004), velmi vzácný epifytický makrolišejník, v současnosti v ČR lokalizovaný hlavně na území Šumavy (Malíček et al., 2024).

Mezi současně používané kvalitativní metody sledování kvality ovzduší dle stavu lichenosféry patří desetičlenná metoda, kterou navrhli Hawksworth a Rose v roce 1970 (Skalka, 2004). Přezdívaná jako tzv. „anglická“ však není univerzálně uplatnitelná (na našem území), protože různé druhy lišejníků se v různých klimatech chovají odlišně (Šebek, 1981).

3.7 Význam čistoty ovzduší na budoucnost naší planety

Čistota ovzduší je klíčovým faktorem pro udržení zdravé planety pro budoucí generace. Ochrana ovzduší před znečištěním je nezbytná pro udržení biologické rozmanitosti, zdravých ekosystémů a vhodného klimatu (Wang et al., 2023). Snížení emisí škodlivých látek a implementace čistých technologií jsou zásadními kroky k ochraně ovzduší a zdraví naší planety (Cheng et al., 2023).

4 Měření znečištění ovzduší a měřicí stanice Perfect-Air

Pro ochranu kvality ovzduší je nejdůležitější dostatek informací. Nejefektivnější způsob, jak získat spolehlivá data a vytvořit si tak věrný obraz o úrovni znečištění ovzduší v dané oblasti v určitém časovém horizontu pomocí dlouhodobých i okamžitých statistik, je mít co největší počet měřících stanic, schopných zachytit co nejvíce druhů znečištění, strategicky rozmístěných po celém území státu či kontrolované oblasti.

4.1 Měření v České republice zprostředkované státem

Dle směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/50/ES ze dne 21. května 2008 o kvalitě vnějšího ovzduší a čistším ovzduší pro Evropu a v souladu s ní vytvořeného zákona 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší je stát prostřednictvím Ministerstva životního prostředí, respektive Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ nebo CHMI), povinen provozovat pravidelná měření kvality ovzduší a data z těchto měření musí být přístupná veřejnosti.

ČHMÚ zpřístupňuje data o čistotě ovzduší z celkem 33 lokalit nejenom na území ČR. Kromě stanic na území našeho státu jsou veřejně k dispozici i data z měřících stanic ze Slovenska, Rakouska, Polska i Německa. Po naší republice je rozmístěno okolo stovky stanic, jenom v oblasti hlavního města je jich 17. Kromě rychle přístupných dat od roku 1996 (díky tabelárním, grafickým i interaktivním ročenkám), v souladu se zákonem 123/1998 Sb. o právu na informace o životním prostředí ČHMÚ umožňuje přístup i k dlouhodobým datům z výběru základních znečišťovatelů (As, benzen, benzo[a]pyren, Cd, CO, Ni, NO₂, NO_x, O₃, Pb, PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂) z měřících stanic vlastněných ČHMÚ v časovém pásmu 1969-2023.

V současnosti, většina stanic měří koncentrace ozonu a částic PM_{2.5} i PM₁₀. Některé stanice měří i koncentrace oxidu siřičitého a oxidu dusičitého, jiné naopak pouze ozon, nebo výběr z výše uvedených znečišťovatelů.

ČHMÚ mimo jiné nabízí interaktivní mapy, kde lze zjistit i podrobnosti o kvalitě ovzduší a detailní statistiky měřených znečišťovatelů za posledních 24 hodin z konkrétní stanice, to vše obohacené o grafy z naměřených dat a základní údaje stanice (ČHMÚ, 2024).

4.2 Soukromé měřicí stanice

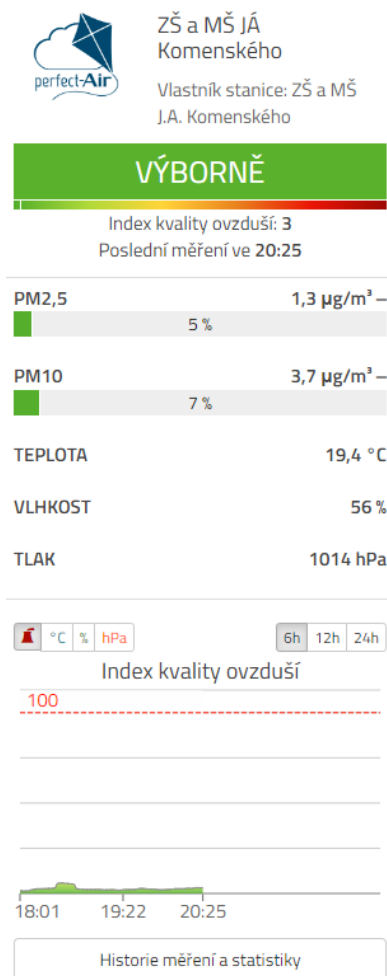
S modernizací technologií měření koncentrací základních znečišťovatelů ovzduší se rozšířila nabídka na pořízení měřících stanic nejenom pro soukromé účely, ale i do vzdělávacích institucí.

K datu napsání této práce asi největší celosvětovou sítí soukromých měřících senzorů znečištění ovzduší provozuje společnost Sensor.Community, která sbírá data ze skoro 11 000 senzorů rozmístěných po celém světě (s největší koncentrací v Evropě). Tato společnost zároveň zprostředkovává hardware i software potřebný k fungování stanice a úspěšnému měření dat (Sensor.Community, 2024). Součástí stanice jsou senzory na měření prachových částic (funguje díky malému větráčku vhánějícímu vzduch k laserovému paprsku, který pomocí laserové difrakce umožní rozlišení a spočítání jednotlivých částic) a na měření teploty, vlhkosti i tlaku vzduchu (Nettigo, 2024).

4.3 Měřící stanice Perfect-Air

Dle přiloženého manuálu a technickým parametrům se měřící stanice Perfect-Air umísťuje na exteriér budovy a je potřeba ji zapojit do elektrické zásuvky. Obsahuje senzory měřící koncentrace částic PM2.5 a PM10, teplotu, vlhkost a atmosférický tlak.

Obrázek č. 7
Přehledné statistiky u každé stanice



(obrázek pořízen autorem z webu perfect-air.com.pl, 2024)

Nainstalované zařízení je potřeba připojit na Wifi signál. Stanici to umožní odesílat data do webové databáze, kterou lze najít na stránce perfect-air.com.pl. Tyto stránky obsahují mapu, kde jsou vyhledatelné měřicí stanice platformy Perfect-Air. Každá stanice průběžně ukazuje měřené hodnoty i index kvality ovzduší (IKO) viz obrázek 7. IKO se vypočítává dle koncentrací PM2.5 a PM10 viz obrázek 8.

Obrázek č. 8

Tabulky pro výpočet IKO

Kalkulace IKO

Zobrazovaná hodnota IKO (Index Kvality Ovzduší) je vždy ta vyšší z přepočítaných hodnot úrovní koncentrace PM10 nebo PM2.5.

PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	PM2,5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Hodnota IKO
0 ... 20	0 ... 12	0 ... 20
21...50	13...36	21...40
51...100	37...60	41...60
101...140	61...84	61...80
141...200	85...120	81...100
> 200	> 120	> 100

Převod hodnot indexu kvality ovzduší (WJP) na popis kvality ovzduší je následující:

TO JE	Popis kvality ovzduší
0 ... 10	výborná kvalita ovzduší
11...30	dobrá kvalita ovzduší
31...50	střední kvalita ovzduší
51...70	dostatečná kvalita ovzduší
71...100	špatná kvalita ovzduší
> 100	velmi špatná kvalita ovzduší

(Převzato z perfect-air.com.pl, 2024)

4.3.1 Technické parametry měřicí stanice Perfect-Air

Stanice pracuje díky systému LINUX běžícím na zabudovanému počítači založeném na procesoru ALLWINNER.

Koncentraci prachových částic měří laserový snímač prašnosti od firmy NOVA FITNESS. Uvnitř stanice se nachází výhřevný systém umožňující přesnější měření koncentrací a prodlužující životnost zařízení. Tlak měří čidlo od firmy HOPERF a teplotu čidlo MAXIM INTEGRATED. Měření vlhkosti je prováděno díky obvodu od firmy SILICON LABS. To celé je schované v plastové skříni.

Parametry, které stanice naměří viz obrázek č. 9.

Obrázek č. 9

Technické parametry měření stanice Perfect-Air

Měření atmosférického tlaku:	700 ÷ 1100 hPa
Měření teploty:	-40 ÷ 85 °C
Měření relativní vlhkosti:	0 ÷ 100 %
Měření prašnosti PM2.5*:	0,0 ÷ 999,9 µg/ m ³
Měření prašnosti PM10*:	0,0 ÷ 999,9 µg/ m ³
Komunikace:	WiFi 802.11 b/g/n
Aktualizace dat:	každé 3 minuty
Napájení:	24 VDC, 1,5W/5W
Provozní teplota:	-15 ÷ 60 °C
Rozměry**:	171 (201) × 121 × 80 mm, ABS, IP34
Rozteč montážních otvorů:	186 × 96 mm

* mlha/vysoká vlhkost vzduchu může způsobovat zvýšení naměřených hodnot prašnosti

** udané rozměry nezahrnují odvětrávací prvky a kabelové průchodky

(převzato z perfect-air.com.pl, 2024, upraveno autorem)

5 Formální výuka o znečištění ovzduší na 2. stupni ZŠ dle RVP

5.1 Úvod

Rámcové vzdělávací programy (RVP) jsou ustanoveny v zákonu č. 561/2004, ve znění účinném od 1. 1. 2024. Tento zákon (přezdívaný školský zákon) se zabývá předškolním, základním, středním, vyšším odborným a jiným vzděláváním (pro gymnázia, speciální vzdělávání atd.).

RVP tvoří legálně závaznou oporu pro tvorbu školních vzdělávacích programů (ŠVP) a zprostředkovaně i tematických plánů (TP) pedagogů specifických pro vyučovaný předmět, ročník, rok a třídu. (MŠMT, 2022)

V této části práce se zaměřím na téma znečištění ovzduší, ovzduší a ochranu životního prostředí zaměřeném na ovzduší v kontextu RVP v celém jeho obsahu.

5.2 Shrnutí vědomostí žáků po 1. stupni ZŠ dle RVP

Na prvním stupni se žáci seznamují s problematikou ochrany životního prostředí včetně důležitosti čistoty ovzduší v předmětu člověk a jeho svět. Očekávaným výstupem žáka po absolvování tohoto předmětu by měla být schopnost zhodnotit vliv člověka a jeho činnosti na jeho okolí – životní prostředí včetně vlivu kvality životního prostředí na jeho zdraví, porovnání základních projevů života včetně dýchání, nalézt souvislost ve vztahu činnosti člověka a podobě přírody v jeho okolí. Konkrétně se jedná o výstupy: ČJS-5-4-01, ČJS-5-4-04, ČJS-5-4-05. (MŠMT, 2023)

Mezi učivo vymezené ve vzdělávacím obsahu předmětu ČJS patří oblast voda a vzduch, kde by se měl žák seznámit s vlastnostmi, složením, prouděním vzduchu a jeho významu pro život. Dále tam náleží oblasti: životní podmínky zdůrazňující význam ovzduší a ohleduplné chování v přírodě a ochrana přírody zabývající se lidskou odpovědností za životní prostředí i ochranou a tvorbou životního prostředí. (MŠMT, 2023)

Dle výše uvedených požadavků by měl žák opustit první stupeň ZŠ schopný absolvovat výukový program popsany v této práci tak, aby pochopil nové informace a prohloubil své vědomosti nejenom v oblasti znečištění ovzduší a jeho měření, ale i případných dopadů na lidské zdraví či životní prostředí.

5.3 Téma ovzduší na 2. stupni ZŠ dle RVP z roku 2023

5.3.1 Chemie

V učivu chemie se žáci seznámí se složením vzduchu, co to znamená čistý vzduch a co je to ozonová vrstva. K očekávaným výstupům tohoto předmětu patří, že žák dokáže uvést příklad znečištění ovzduší, případně ho identifikovat (MŠMT, 2023).

5.3.2 Přírodopis

Během učení se o neživé přírodě by se měl žák seznámit s učivem o podnebí a počasí ve vztahu k životu. Konkrétně (ve vztahu k tématice) o významu jednotlivých vrstev ovzduší pro život či vlivech znečištěného ovzduší na organismy. Toto učivo spadá do očekávaného výstupu P-9-6-03 (MŠMT, 2023).

Základy ekologie, oblast přírodovědy, na tyto znalosti naváží ochranou přírody a životního prostředí. Žák by se měl učit o globálních problémech i jejich řešeních a očekávaným výstupem (P-9-7-04) by měla být schopnost uvést příklad pozitivní i negativní lidské činnosti člověka ve vztahu k životnímu prostředí (MŠMT, 2023).

5.3.3 Tělesná výchova

Tělesná výchova zdůrazňuje důležitost pohybu na čerstvém vzduchu formou např. turistiky a díky ní i roli ochrany přírody. Nejenomže doporučuje vyrovnávat deficity vzniklé z nekvalitního ovzduší v rámci předmětu Zdravotní tělesná výchova, ale navíc učí žáky odmítat škodliviny neslučitelné se zdravím a upravit pohybovou aktivitu vzhledem k úrovni znečištění ovzduší (MŠMT, 2023).

5.3.4 Výchova ke zdraví

Podobně jako tělesná výchova i výchova ke zdraví vzdělává žáky v oblasti tělesného zdraví. Konkrétně obsahuje učivo o vnějších vlivech, jakým je kvalita ovzduší. Tím je vede ke zdravému způsobu života a péči o své zdraví (MŠMT, 2023).

5.3.5 Etická výchova

Přestože patří mezi doplňující vzdělávací obory, navazuje silné mezipředmětové vztahy kvůli ochraně přírody a životního prostředí s přírodními vědami. Dále vštěpuje žákům citový vztah k přírodě a zodpovědnost za životní prostředí (MŠMT, 2023).

5.3.6 Environmentální výuka

Jak již z názvu tohoto průřezového tématu poznáme, jeho cílem je se zabývat naším životním prostředím včetně: “...ovzduší (*význam pro život na Zemi, ohrožování ovzduší a klimatické změny, propojenost světa, čistota ovzduší u nás*)“ (MŠMT, 2023, s. 136).

5.4 Téma ovzduší na 2. stupni ZŠ dle staršho RVP

Při porovnání RVP z roku 2007 s tím současným, zjistíme že došlo k přidání několika pasáží týkajících se ovzduší a jeho významu pro život i lidské zdraví (MŠMT, 2013).

5.5 Shrnutí

Téma ovzduší, jeho ochrana a vliv na lidské zdraví se promítá do velké části předmětů či průřezového tématu. Většina oblastí znalostí pro žáky ZŠ je však velmi otevřeně formulována, takže je na základní škole a konkrétním pedagogovi, na které oblasti se zaměří. Bez mezipředmětových vztahů, přes opakování tohoto téma v různých ročnících i předmětech může být někdy pro žáka obtížné si tyto informace propojit a vytvořit si patřičné názory, uchovat si informace či si zvnitřnit poučení ohledně lidského zdraví a ochraně životního prostředí. Z tohoto důvodu je tato bakalářská práce praktický nástroj na propojení většiny výše uvedených oblastí zmíněných v RVP.

6 Environmentální výukový program

6.1 Environmentální výuka

Cílem environmentální výuky je probudit environmentální citění v celé společnosti, vytvořit si vazby na naše životní prostředí a vypěstovat schopnost čelit současným i budoucím environmentálním výzvám (Srinivas, 2015). Jedná se o kontinuální proces probíhající po celý život každého z nás. Environmentální výuka by měla být inkluzivní a spravedlivá vůči všem, respektující dané kultury a oblasti kde probíhá. Musí být přiměřená každému člověku tak, aby ho co nejvíce obohatila (NAAEE, 2022).

Povědomí, vědomosti, zkušenosti, schopnost získávat nové informace a vhodně s nimi pracovat (všechny ovlivňované environmentální výukou) umožňují se svým myšlením posunout od lokálních problémů až k těm globálním, složitým a obtížněji představitelným (NAAEE, 2022).

Environmentální otázky propojují veškeré sféry lidského života od ekonomických otázek (chceme vydělat co nejvíce peněz, ale nechceme zdevastovat planetu Zemi) až po ty politické či sociální (chceme mít pěkný velký dům, ale nechceme zbytečně protopit obrovské množství tepla). Zabývají se však i sférami přírodních procesů, a to hlavně ve směru který lidstvo dokáže ovlivnit (NAAEE, 2022).

Principem environmentálního vzdělávání není jenom znalost jedné konkrétní problematiky, ale hlavně schopnost rozpoznat škodlivé procesy pro životní prostředí (to umožní vykonávat poučená rozhodnutí) a co nejvíce je eliminovat i díky různým osobním návykům vedoucím např. ke snižování množství emisí. Dlouhodobé změny v chování mohou nastat pouze u jedinců s internalizovaným environmentálním citěním. Můžeme někoho donutit např. třídít odpady, ale tato činnost pro něho nebude normalizovaná a zanedlouho z ní vybočí. Nejeftivnější je dostatečná edukace eliminující patologické chování vůči našemu životnímu prostředí (NAAEE, 2022).

Mezi základní pojmy související s tímto tématem určitě patří EVVO, což je propojení mezi environmentálním vzděláváním, výchovou a osvětou (Kapuciánová, 2014). Tzv. „conservation education“ (CE) se zase zabývá principem zachování přírody v co nejlepším stavu tak, aby si mohli naši planetu užívat i následující generace. Environmentální komunikace je širší pojem zprostředkovávající nástroje ke sdělení environmentálních informací (patří sem noviny, média, reklamní nástroje a další) (NAAEE, 2022).

6.1.1 Historie moderní environmentální výuky

Environmentální výuka (EV) se v průběhu posledních padesáti let významně rozvíjela. Formována byla a je hlavně vzrůstajícím povědomím o životním prostředí a potřebou udržitelného rozvoje. V následující části práce bude představena stručná historie výuky o životním prostředí skrze klíčové momenty 20. a 21. století.

Začátky (1900–1960)

Prameny výuky o životním prostředí začínají na začátku 20. století, kdy CE hrálo klíčovou roli. Během tohoto období byla koncentrovaná snaha na výuku ve vztahu k zachování a nakládání s přírodními zdroji (Jacobson et al., 2007)

Nástup moderní výuky o životním prostředí (1960–1970)

Moderní směr výuky o životním prostředí přišel na začátku 60. let. Poháněn byl rostoucím povědomím o životním prostředí a vydáním vlivných děl, jakým je např. *Silent Spring* od Rachel Carsonové v roce 1962. Carsonová zdokumentovala škody na životním prostředí používáním DDT a dalších syntetických pesticidů na základě čehož obvinila chemický průmysl z manipulací, ovlivňování veřejných činitelů a šíření dezinformací.

Tbiliská deklarace (1977)

Klíčovým milníkem v historii environmentální výuky byla první mezivládní konference na téma environmentální výuka pořádaná v hlavním městě Gruzie, na kterou bylo pozváno celkem 265 delegátů, pozorovatelů a zástupců z mnoha zemí, nezávislých nevládních agentur a programů. Pořádalo ji UNESCO (organizace OSN pro vzdělání, vědu a kulturu) a UNEP (program OSN pro životní prostředí) v roce 1977. Vzniklá deklarace představila cíle, záměry a hlavní zásady výuky o životním prostředí po celém světě (Palmer & Neal, 1994; UNESCO, 1977)

Vznik školních osnov a mezinárodních standardů (1980-1990)

V 80. a 90. letech probíhala po celém světě koordinovaná snaha o začlenění environmentální výchovy do školních osnov. V tomto období došlo k rozvoji standardů a rámců environmentální výchovy, které byly následně začleněny vzdělávacími institucemi do výuky (Palmer & Neal, 1994).

Udržitelný rozvoj a EV (2000-současnost)

Na začátku 21. století došlo k rozšíření EV tak, aby obsahovala principy udržitelného rozvoje zdůrazňující vzájemnou provázanost environmentálních, sociálních a ekonomických otázek (Johnson & Mappin, 2005).

Na konci roku 2005 přišla UN (organizace spojených národů) a vyhlásila „Decade of Education for Sustainable Development (DESD)“, následující desetiletí v překladu jako dekádu vzdělávání pro udržitelný rozvoj. Tato iniciativa si kladla za cíl začlenit udržitelnost do vzdělávacích systémů po celém světě a podporovat změny v chování s cílem podpořit udržitelnou společnost (UNESCO, 2005).

Po roce 2010 se čím dál víc rozšiřovala implementace digitálních technologií do environmentální výchovy za účelem zlepšení vzdělávacích zkušeností a zážitků i k oslovení co nejširšího publika (Poeck et al., 2018).

V poslední době se EV soustředí na klimatické změny – hlavně globální oteplování ovlivňující celou planetu a způsobující klimatickou krizi. EV zdůrazňuje vědecká fakta vysvětlující probíhající změny, dopady změn na svět tak, jak ho známe, a možnosti zmírnění či přizpůsobení se změnám. Další velká témata jsou biodiverzita a její zachování či cirkulární ekonomika (princip založený na frázi: „Repair, Reuse and Recycle“). Role technologií v EV pouze vzrůstá a dochází k implementacím i dalších moderních vyučovacích metod jakou je např. aktivní výuka se zapojeným studentem (Shepardson et al., 2017).

Závěr

Historie environmentální výuky odráží zvýšenou nutnost vybavit každého z nás znalostmi a dovednostmi potřebnými k řešení environmentálních problémů. Od počáteční výuky o zachování přírody až po současný důraz na udržitelný rozvoj hraje environmentální výuka klíčovou roli při podpoře péče o životní prostředí.

6.2 Environmentální výukový program

Environmentální (někdy také ekologický) výukový program (EVP) byl jako pojem definován v roce 2000. Je to lekce, která má být interaktivní, tvořivá a výchovně vzdělávací. Přínosem EVP je přidání ekologických a environmentálních témat do jakýchkoliv typů či stupňů škol. Prostředí, ve kterém EVP probíhá by mělo souviset s životním prostředím (Máchal, 2000).

Pojem EVP zároveň zahrnuje podkategorie dalších programů. Mezi obsah těchto programů patří ekologické (popis, analýza a studium vztahů mezi organismy a jejich prostředím),

environmentální (životní prostředí), biologické a ochranné (ochrana přírody) téma. Co mají všechna tato témata společné, je důraz na zvnitřnění ekologického myšlení, odpovědnost lidí za jejich životní prostředí a na populace, které zavrhnou ideu konzumní společnosti (Máchal, 2000).

Vzhledem k mezipředmětovému propojení environmentální výchovy jako průřezového tématu, je pro něho ideální a příznačné využívání problémového a projektového vyučování. Někdy může být obohaceno i o etické, estetické, pracovní či dramatické prvky. Podstatná je aktuálnost vyučovaných informací a důraz na (přiměřenou věku) odbornou úroveň. EVP umožňuje rozvíjení tvořivosti, komunikace a týmové práce, praktické řešení problémů a navázání styku s životním prostředím. Během programu probíhá aktivizace žáků prostřednictvím úzkého kontaktu s přírodou, kterým může být určování přírodnin či monitorování stavu životního prostředí.

Mezi cíle EVP patří ucelit učivo tak, aby bylo konkrétní environmentální téma kompaktně a souvisle vysvětleno bez ohledu na to, že do určité míry zasahuje do více vyučovacích předmětů. Mezi další cíle patří rozvíjení komunikačních dovedností žáků a vytvoření pozitivního vztahu k životnímu prostředí a naší planetě (Máchal, 2000).

6.3 Druhy environmentálních výukových programů

Dle základního návodu k environmentální výuce od Ministerstva životního prostředí, který vypracoval Daniš a Nechvátalová (2015), mohou být EVP extrémně variabilní a lze je přizpůsobit či vytvořit tak, aby pasovali do většiny prostředí, probíhali ve vhodném časovém oknu a mohl se jich zúčastnit kdokoli, kdo má dostatečnou úroveň chápání a vědomostí v dané oblasti, aby pro něho EVP byl přínosný.

Konkrétní příklady druhů EVP mohou být:

Ekologické vzdělávací programy

Vzdělávací lekce určené primárně pro MŠ, ZŠ i SŠ. Jsou důležitou součástí školního kurikula, kterému přidávají environmentální či ekologický rozměr. Odpovídají EVP z kapitoly 6.2 této práce.

Programy s přespaním

Tyto i pětidenní programy typicky probíhají v úzkém kontaktu s přírodou pod vedením odborníků tak, aby jeho účastníci získali co nejvíce zkušeností a zážitků na celý život, které jim pomohou formovat pozitivní pevné vazby na přírodu. Dlouhodobý pobyt v přírodě ji umožní

prozkoumat do hloubek, kterých nejde dosáhnout jednodenním či kratším EVP. Tyto programy jsou primárně určeny pro žáky ZŠ a SŠ, ale ve specifických případech mohou být určeny i širší veřejnosti či pedagogům.

Dlouhodobé programy

Tyto programy mohou probíhat až celý školní rok, čímž umožňují systematickou práci na životním prostředí, jakými jsou péče o něj, měření a vyhodnocování dat o životním prostředí či přetváření prostředí tak, aby bylo lepší pro jeho obyvatele i samotné prostředí. Programy jsou určeny pro žáky všech úrovní vzdělávání s výjimkou VŠ. Výhodou dlouhodobých programů zprostředkovaných externě (agenturou, externistou apod.) je široká podpora jak učitelů (metodické materiály, semináře atd.) i žáků (pomůcky k učení, pracovní listy a jiné).

Cílem dlouhodobých programů je získání vědomostí a schopností souvisejících s životním prostředím jakými jsou plánování práce, spolupráce i vedení ostatních a prezentace výsledků.

Programy vzdělávající pedagogy

Aby mohli pedagogové při aplikaci nebo tvorbě EVP odvádět co nejlepší práci, musí se jim dostat dostatečného vzdělání, informací a podpory. Programy cílené na ně nejsou jenom o samotném programu, ale nabízejí metodiku práce s programem jako je plánování, implementace a vyhodnocení.

Programy volnočasové

Do této kategorie spadají kroužky probíhající nebo související s přírodou, delší pobyty v přírodě (letní tábory, příměstské tábory) a obecně jakékoliv aktivity související s přírodou probíhající mimo rámec školní docházky.

Jejich unikátní struktura a atmosféra nabízí získání velmi hlubokých vztahů k přírodě či silných zkušeností a zážitků.

Programy pro veřejnost

Studiem stráví většina lidí třetinu až čtvrtinu svého života. Jakmile však opustí vzdělávací instituce, přístup k důležitým a ověřeným informacím může být pro některé nesnadný. Programy pro veřejnost umožňují propojit lidi z různých socioekonomických prostředí, věkových skupin či profesí za účelem rozšíření povědomí o důležitých ekologických tématech či otázkách. Cílem programů pro veřejnost je vzdělávat v oblasti ochrany přírody, péče o životní prostředí a udržitelný rozvoj.

Programy zaměřené na ekologické poradenství

V dnešní době může být problém najít spolehlivé a pravdivé informace. Z tohoto důvodu nabídka konzultace environmentálních a ekologických otázek a problémů s odborníky je esenciální pro budoucnost naší přírody (Daniš & Nechvátalová, 2015).

6.4 Metodická doporučení při tvorbě environmentálního výukového programu

Při tvorbě programu je dle Máchala (2000) důležité nezapomenout na tato metodická doporučení: mít přesně vymezený cíl a rozměr EVP, klást důraz na souvislosti a originalitu, předávat aktuální a odborně ověřené informace v přiměřeném rozsahu, navázat EVP na osnovy školních předmětů, zapojit do EVP všechny účastníky, využívat aktivizujících a interaktivních metod vycházejících z žákovské komunikace a spolupráce, průběžně, a hlavně na závěr zopakovat probranou látku tak, aby všichni účastníci programu byli do opakování aktivně zapojeni.

Praktická část bakalářské práce

7 Environmentální výukový program Znečištění ovzduší

Téma

Znečištění ovzduší a jeho měření s využitím měřicí stanice Perfect-Air.

Cílová skupina

Žáci na 2. stupni ZŠ

Obsah

Výukový program je rozdělený na 3 části. První část obsahuje prezentaci s pracovním listem, druhá část je environmentální hra a třetí částí je venkovní exkurze.

Použité formy výuky

Hromadná frontální výuka, skupinová výuka, projektová výuka.

Teoretická část prezentace (hromadná frontální výuka s motivačním Word cloudem na úvod), praktická část prezentace (skupinová frontální výuka), vyplňování pracovního listu (individuální činnost se skupinovým ověřením výsledků), environmentální hra (didaktická hra), venkovní aktivita (skupinová projektová výuka).

Doba trvání

V plné podobě minimálně 3 vyučovací hodiny. Dle délky jednotlivých částí může být až na 5 vyučovacích hodin.

1. vyučovací hodinu proběhne seznámení s problematikou pomocí prezentace a praktická ukázka dat z měřicí stanice ve spolupráci s tablety. 2. – 3. vyučovací hodinu reflexe prezentace a práce s měřicí stanicí, vyhodnocení pracovního listu a hra „Neváhej a pal!“. 3. – 5. vyučovací hodina (dle předchozího průběhu) venkovní aktivita Mapování lišejníků jako bioindikátorů a reflexe celého výukového programu.

Aplikace a respondenti

Aplikace výukového programu proběhne na 4 třídách 2. stupně ZŠ J.A. Komenského na Praze 6, jmenovitě třídy 6. A (21 žáků), 8. A (22 žáků), 8. B (23 žáků) a 9. A (27 žáků). Autor programu bude zároveň realizátorem (vyučujícím).

Vzdělávací oblasti

Člověk a příroda s dosahem do oblasti Člověk a zdraví

Průřezové oblasti

Environmentální výuka

Cíle výukového programu

Žák se orientuje v problematice znečištění ovzduší a rozumí propojení mezi stavem životního prostředí a kvalitou ovzduší.

Žák i s pomocí digitálních technologií samostatně vyhledá, prozkoumá či zjistí kvalitu ovzduší ve svém okolí pomocí dostupných metod (data z měřicí stanice, identifikace bioindikátorů nebo jejich absence) a zjištěná data zdůvodní na základě znalostí svého nejbližšího životního prostředí – dokáže identifikovat hlavní potenciální znečišťovatele.

Žáci poskytnou zpětnou vazbu ke všem částem výukového programu – poskytnou reflexi obsahu a průběhu programu, ale i k informacím/poučení které si odnesli z každé části programu.

Na základě průběhu aplikace výukového environmentálního programu a žákovských reflexí budou navrženy modifikace environmentálního výukového plánu.

Ověření cílů programu

Ověření cílů první části programu proběhne díky společné diskusi a kontrole pracovního listu.

Ověření cílů druhé části programu bude uskutečněno reflexí hry a vyvozením patřičných závěrů získaných jejím průběhem.

U třetí části programu proběhne ověření cílů závěrečnou prezentací výsledků mapování pro každou skupinu samostatně a závěrečnou reflexí.

Očekávané výstupy žáka

Označí hlavní znečišťovatele ovzduší.

Vyjmenuje jevy spojené se znečištěním ovzduší a globálními problémy ve vztahu k ovzduší.

Zdůvodní vliv lidské činnosti na čistotu ovzduší.

Uvědomí si spojitost mezi kvalitou ovzduší, stavem životního prostředí a lidským zdravím.

Použije dostupné metody měření úrovně znečištění ovzduší.

Uřídí potenciální původce znečištění na základě znalosti svého bydliště.

Klíčové kompetence

Kompetence	Konkrétní část	Způsob naplnění kompetencí
Kompetence k učení	Samostatně pozoruje, pozorované výsledky porovnává, kriticky posuzuje a vyvozuje z nich závěry.	Praktická činnost s tablety a měřicí stanicí (práce s grafem, porovnání období dle IKO a zdůvodnění oblastí s horším IKO).
K řešení problémů	Kriticky myslí, činí uvážlivá rozhodnutí, je schopen je obhájit, uvědomuje si zodpovědnost za svá rozhodnutí a výsledky svých činů zhodnotí.	Environmentální hra, kdy žák rozhoduje o osudu své firmy, musí svůj názor obhájit mezi ostatními členy skupinky, uvědomuje si následky svého rozhodnutí a výsledky na konci hry zhodnotí.
Komunikativní	Formuluje a vyjadřuje své myšlenky a názory v logickém sledu.	Zdůvodní a logicky vysvětlí výsledek hry Neváhej a pal!. Formuje závěry na základě svých nálezů během venkovní aktivity.
Sociální a personální	Účinně spolupracuje ve skupině, přispívá k diskuzi v malé skupině i k debatě celé třídy	Spolupracuje během environmentální hry a diskutuje během jednotlivých reflexí.
Občanské	Chápe základní ekologické souvislosti a environmentální problémy související s ovzduším.	Celý environmentální program.
Digitální	Ovládá běžná digitální zařízení, vyhledává a kriticky posuzuje data.	Práce s tablety během první a třetí části programu.

7.1 O výukovém programu

Tento výukový program v jednotlivých krocích přiblíží problematiku čistoty ovzduší, motivuje k vnímání a zkontrolování kvality ovzduší v našem okolí pomocí měřící stanice, díky práci s digitálním zařízením učí žáky pracovat s daty či grafem, hravou formou ukáže následky lidské činnosti na životní prostředí a motivuje žáky k vnímání přírody v jejich okolí ve vztahu k znečištění, biodiverzitě a bioindikátorům.

Součástí programu jsou materiály k výrobě environmentální hry (viz tabulka č. 1), prezentace přibližující problematiku znečištění ovzduší (viz příloha *Prezentace_Znečištění_ovzduší.pdf*) a návod na práci s měřící stanicí, pracovní list na pořízení zápisků a práci s měřící stanicí (viz příloha č. 4), závěrečná reflexe výukového programu (viz kapitola 7.5) a návrh na venkovní aktivitu pozorování biodiverzity a bioindikátorů v okolí školy s potřebnými podklady (klíčem k určení lišejníků vyskytujících se ve větších městech viz příloha č. 5 a motivačním pracovním listem viz příloha č. 7).

7.2 Návod na použití výukového programu

7.2.1 Co je potřeba a co si připravit

Tabulka č. 1

Přehledná tabulka potřeb na realizaci jednotlivých částí výukového programu

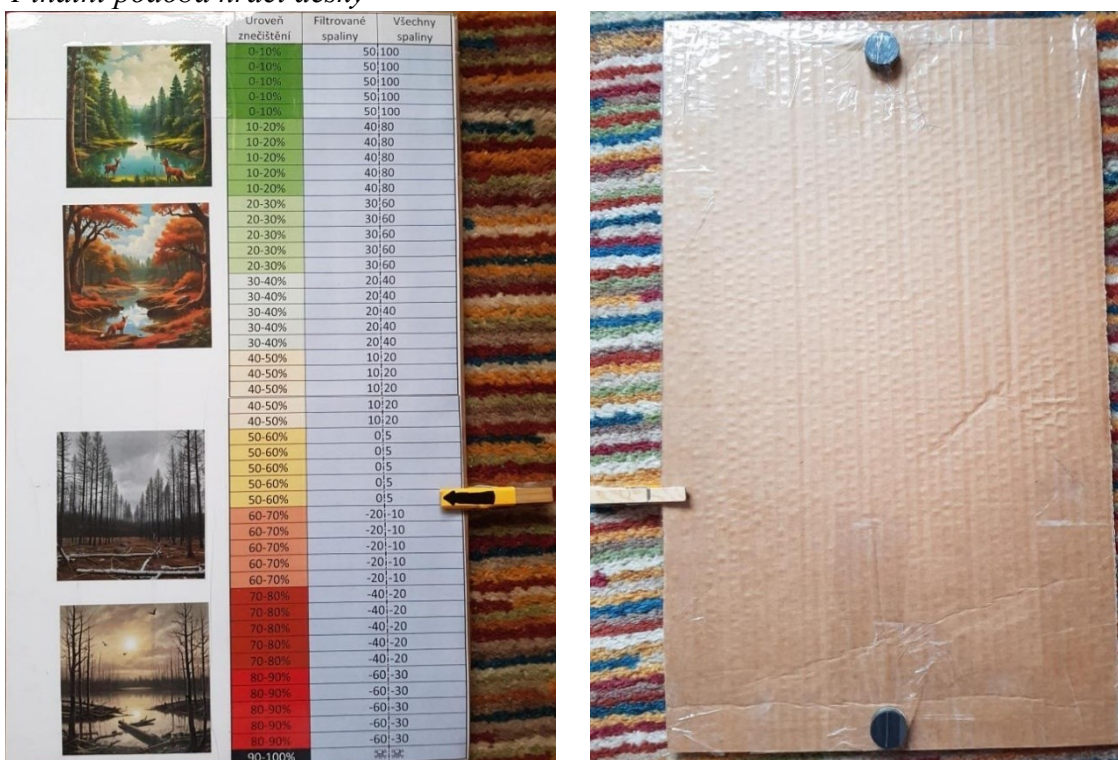
Prezentace a praktická ukázka	Environmentální hra	Venkovní exkurze
Projektor	Karton 70 x 50 cm	Tisk: Určovací klíč viz příloha č. 5 (1x na skupinu)
Tablety/notebooky min. do dvojice	Tisk (přílohy č. 1-3, 13 a kapitola 7.3): Obrázky pro hru (1x), tabulka s body (1x), zápisové lístky (1x na skupinu), hlasovací proužky (1x), návod ke hře (1x na skupinu)	Tablety/mobilní zařízení na pořízení fotografií (1x na skupinu)
Samolepící etikety A4 na pracovní listy	Izolepa, nůžky a řezák, kruhové magnety	Tisk: Pracovní list viz příloha č. 7
Sešit na zápisky/nalepení PL	Hrací kostka, kolíček	

Pro realizaci tohoto výukového programu by měla mít škola k dispozici měřicí stanici, projektor a dostatečný počet tabletů/notebooků na všechny žáky účastníci se programu (stačí 1 digitální zařízení na 2 žáky).

Velmi doporučuji pořízení si speciálních papírů tzv. samolepících etiket velikosti A4 (bez členění) a na ně tisknout pracovní list. Ten je totiž speciálně strukturovaný tak, aby sloužil k pořízení výpisků z prezentace (levá část PL) doplněním klíčových slov bez potřeby psát dlouhé texty (ideální pro žáky se SPU či pomalým pracovním tempem), přesto obsahuje i další cvičení související s praktickou částí prezentace (práce s měřicí stanicí), celkovým zhodnocením pozorování a analýzou zjištěných dat (pravá část PL). Dle úrovně znalostí žáků lze upravit vynechaná slova a tím korigovat náročnost pracovního listu.

Na výrobu a realizaci hry „Neváhej a pal!“ je potřeba karton o velikosti cca 70 x 50 cm, hrací kostka, vytisknutí si přiložených fotografií ilustrujících degradaci životního prostředí, speciální tabulky obsahující bodová ohodnocení za jednotlivá rozhodnutí (stačí jednou) viz příloha č. 13, zápisový lístek (firemní kartičky), kam se zapisuje průběžné skóre během hry (2 lístky na stránku, 1 lístek pro 3 žáky) (viz příloha č. 1), kolíček na prádlo, malé kruhové magnety (pro uchycení na tabuli), nůžky či řezák na zarovnění kartonu a průhledná izolepa. Dále je potřeba vytisknout a nastříhat hlasovací lístky. Je vhodné vytisknout i stránku věnovanou pravidlům

Obrázek č. 10
Finální podoba hrací desky



pro žáky a rozdat ji každé skupině. Jak sestavit hrací desku viz obrázek č. 10 a přehledný seznam pomůcek viz tabulka č. 1.

7.2.2 Průběh

1. část – prezentace

- Před začátkem prezentace (viz příloha [Prezentace_Znečištění_ovzduší.pdf](#)) by měl každý žák dostat svůj vytisknutý pracovní list. Je potřeba zdůraznit potřebu průběžného doplňování vynechaných slov, vypracování cvičení a na závěr nalepení do sešitu.
- Na úvod první části byly navrženy tři motivační aktivity. Jejich cílem je orientačně zjistit úroveň vědomostí žáků co se týká teorie související s ovzduším a probudit v nich zvědavost ve vztahu k tématu výukového programu. Aktivity jsou to podobné, jejich rozdíly spočívají v náročnosti na práci s digitálními zařízeními.
- První z nich spočívá v tom, že žáci chodí k tabuli psát slova, která jim evokuje otázka: „Jaké slovo Vás napadne, když se mluví o znečištěném ovzduší?“.
- Druhá z nich pracuje s webovou aplikací dostupnou na webu [menti.com](#), kde si může pedagog dopředu vytvořit prezentaci obsahující otázky. Žáci se následně pomocí specifického kódu a digitálního zařízení přihlásí do aplikace, kde zodpoví otázky: “Co se Ti vybaví pod pojmem „znečištění ovzduší“?“ a nebo “Co způsobí, že je ovzduší znečištěno?“.
- Třetí variantou je tvorba myšlenkové mapy na téma “znečištění ovzduší“ viz příloha č. 6.
- Prezentace pokračuje teoretickou částí, kde je představena daná problematika. Po ní je praktická část s tablety/notebooky, kde se žáci pomocí odkazu či vyhledání přes prohlížeč dostanou na veřejně dostupné statistiky měřící stanice umístěné na budově ZŠ Jana Amose Komenského na Praze 6.
- Po konci praktické části si žáci společně s pedagogem kontrolují pracovní list hromadně a frontálně – učitel nechá hlásit se žáky, kteří chtějí odpovědět, nebo někoho sám vybere. Může sám některou z odpovědí vysvětlit (pokud je to těžká část). Společně třída s vyučujícím diskutuje nad daty získanými z měřící stanice a pravou polovinou pracovního listu. Učitel používá otázky jako: „Slyšeli jsme zde více časových údajů, kdy bývá kvalita ovzduší nejhorší. Dokážeme je nějak shrnout?“ Vyplněný pracovní list viz příloha č. 8.

- Na závěr prezentace je připravena ústní reflexe mezi pedagogem a žáky s pomocí konkrétních otázek (viz příloha Prezentace_Znečištění_ovzduší.pdf, snímek č. 18) na obsah a průběh prezentace/práce s tablety a měřicí stanicí.

2. část – hra

- Žáci se rozdělí do skupinek a druhá část pokračuje viz kapitola Hra. Časová dotace na tuto část závisí pouze na pedagogovi. Hru lze kdykoliv přerušit a skóre uzavřít.
- Po ukončení hry přijde na řadu vyhodnocení a reflexe. Ta obsahuje 2 části.
- V první části si třída představí nejúspěšnější i nejméně úspěšné strategie jednotlivých týmů a pedagog i žáci z toho vyvozují závěry působení lidské činnosti na životní prostředí. Tuto část řídí pedagog pomocí návodných otázek typu:“Jaká byla Vaše strategie při hraní hry?“ apod. či výběru týmů k vysvětlení jejich herních rozhodnutí.
- Ve druhé části reflexe dostanou prostor naopak žáci. Pedagogem jsou slovně motivováni k zhodnocení průběhu hry, navrnutí vylepšení, identifikování problematických míst a obecně sdělení svých dojmů z celé aktivity.

3. část – venkovní aktivita

- Na začátek (ještě ve školní budově) dostanou žáci určovací klíče a tablety. Učitel žáky poučí o bezpečnosti a chování během venkovní aktivity.
- Následně žáci venku, pod pedagogickým dozorem, zkoumají okolí školy, hledají zástupce lišejníků a pořizují fotky nálezů.
- Zástupce zkouší určit pomocí klíče či funkce tabletu k vyhledání fotografie.
- Po návratu z venkovní aktivity žáci prezentují třídě své nálezy a dle svých nálezů i nálezů spolužáků vyvozují úroveň biodiverzity, přítomnost bioindikátorů a zprostředkovaně kvalitu ovzduší.

7.2.3 Závěr

Na úplný závěr celého výukového programu učitel rozdá žákům listy s reflexí viz kapitola 7.5, nebo reflexi promítne projektorem na tabuli a žáci si píšou odpovědi do sešitu. V průběhu reflexe učitel obchází třídu a pozoruje progresi žakovských odpovědí. Na konci může nechat dobrovolně žáky odpovídat na jednotlivé otázky před třídou, může si někoho sám vybrat, aby povídal, nebo může nechat žáky reflexe odevzdat a tu si sám prostudovat. Alternativně může reflexe probíhat ve skupinkách složených z žáků původně různých skupin (z jednotlivých částí programu).

7.3 Environmentální výuková hra „Neváhej a pal!“

Motivace: Žáci zjistí, jak lidská činnost ovlivňuje kvalitu ovzduší.

Teorie: Žáci se rozdělí do skupinek po třech. Všichni žáci jsou zaměstnanci spaloven ve městě, v jehož okolí probíhá intenzivní těžba uhlí. Cílem každé skupinky je si vydělat co nejvíce peněz výrobou tepla. Na základě výběru různých strategií mohou vydělat peníze, ale jejich rozhodnutí budou mít přímé dopady na kvalitu ovzduší.

Pravidla a postup hry: Na začátku hry jsou žáci seznámeni s tabulkou kvality ovzduší (hrací deskou) viz příloha č. 13. Každá skupinka obdrží Zápisový lístek viz příloha č. 1 a Hlasovací lístek viz příloha č. 2. Doporučuje se rozdat i pravidla viz následující část práce. Tabulka obsahuje milníky, které značí poškození přírody. Čím čistší je ovzduší, tím je i výdělek spaloven větší, protože se ve městě nachází více obyvatel a naopak. Količek ukazuje na aktuální úroveň kvality ovzduší. Kam bude na počátku hry kolíček umístěn záleží na pedagogovi. Každé kolo se všechny týmy rozhodují, jestli:

a) Vypustí veškeré spaliny do ovzduší

b) Spaliny nákladně přefiltrují a vypustí vodní páru s oxidem uhličitým

c) Použijí filtry, ale teplo prodají do sousedního města za fixní cenu (-35 bodů)

d) Použijí filtry, lokálně prodají teplo a zaplatí kontrolu znečištění ovzduší (kontrola pomůže odhalit znečišťovatele (volba a) a přivést je před spravedlnost) (Filtrované spaliny – 20 bodů)

Hlasování probíhá pomocí speciálního papírku obsahujícího písmenka viz příloha č. 2.

Jakmile každý tým potvrdí svou volbu (přinese ukázat ohnutý hlasovací lístek), učitel vypočte (každý znečišťující tým volbou za *a* posune kolíček o jeden řádek dolů), kolik bodů každý tým získal (také odhalí, jestli proběhla kontrola). Normální penalizace (při odhalení kontrolou, že tým zvolil volbu za *a*) za znečištění činí 80 bodů. Hráči si zapíší své skóre do příslušného políčka Zápisového lístku a pokračuje se dalším kolem (měsícem). Každá 4 kola se po odevzdání hráčských rozhodnutí jednou hodí hrací kostkou odpovídající náhodné události:

1) Namátková kontrola ovzduší

2) Kontrola ovzduší nefunguje

3) Teplo se prodává výhodně a hráči si vydělají dvojnásobek (pokud jsou výdělkem v plusu; jestliže jsou výdělkem v mínusu, tak ztrácí pouze polovinu)

4) Kontrola ovzduší Ministerstva životního prostředí v čele s ministrem (pokuta za znečištění je dvojnásobná)

5) Vhodné počasí pomůže zlepšit kvalitu ovzduší o 2 stupně

6) Výbuch sopky v sousední zemi způsobí zhoršení kvality ovzduší o 2 stupně

Každých 12 kol selepší kvalita ovzduší díky počasí o 1 stupeň (posune se kolíček o řádek nahoru). Hra se hraje 36 kol, nebo dokud neklesne kvalita ovzduší na kritický stupeň neslučitelný s lidskou přítomností.

Následuje stránka obsahující pravidla hry pro žáky upravená a připravená k vytisknutí.

Hra: Neváhej a pal!

O čem hra je? Rozdělíte se do skupinek po třech. Všichni se stáváte zaměstnanci spaloven ve městě, v jehož okolí probíhá intenzivní těžba uhlí. Cílem každé skupinky (spalovny) je si vydělat co nejvíce peněz výrobou tepla. Na základě výběru různých strategií můžete vydělat peníze, ale Vaše rozhodnutí budou mít přímé dopady na kvalitu ovzduší ve Vašem městě.

Pravidla a postup hry: Na začátku hry se musíte seznámit s tabulkou kvality ovzduší. (tu naleznete na tabuli na kartonu) Tabulka obsahuje milníky, které značí trvalé poškození přírody. Čím čistší je ovzduší, tím je i výdělek spaloven větší, protože se ve městě nachází více obyvatel a naopak. Každé kolo se všechny týmy rozhodují, jestli:

- a) *Vypustí veškeré spaliny do ovzduší*
- b) *Spaliny nákladně přefiltrují a vypustí vodní páru s oxidem uhličitým*
- c) *Použijí filtry, ale teplo prodají do sousedního města za fixní cenu (-35)*
- d) *Použijí filtry, lokálně prodají teplo a zaplatí kontrolu znečištění ovzduší (kontrola pomůže odhalit znečišťovatele a přivést je před spravedlnost) (Filtrované spaliny – 20)*

Hlasování probíhá pomocí speciálního papírku obsahujícího políčka. Jedno políčko odpovídá možnosti za a), dvě políčka možnosti za b) atd.

Jakmile každý tým potvrdí svou volbu, upraví se kvalita ovzduší dle vypuštěného znečištění, vypočte se, kolik peněz každý tým získal (také se odhalí, jestli proběhla kontrola), zapíšete si průběžné skóre do zápisového lístku ve správném měsíci a pokračuje se dalším kolem. Každá 4 kola se po odevzdání Vašich rozhodnutí hází kostkou obsahující náhodné události:

- 1) *Namátková kontrola ovzduší*
- 2) *Kontrola ovzduší nefunguje*
- 3) *Teplo se prodává výhodně a hráči si vydělají dvojnásobek (pokud jsou výdělkem v plusu)*
- 4) *Kontrola ovzduší Ministerstva životního prostředí v čele s ministrem (pokuta za znečištění je dvojnásobná)*
- 5) *Vhodné počasí pomůže zlepšit kvalitu ovzduší o 2 stupně*
- 6) *Výbuch sopky v sousední zemi způsobí zhoršení kvality ovzduší o 2 stupně*

Každých 12 kol selepší kvalita ovzduší díky počasí o 1 stupeň. Hra se hraje 36 kol, nebo dokud neklesne kvalita ovzduší na kritický stupeň neslučitelný se životem. Normální penalizace za znečištění odhaleného kontrolou činí 80 bodů.

7.4 Venkovní aktivita – Mapování lišejníků

Motivace: V učení o přírodě jste prozkoumávali zajímavosti světa lišejníků. Během svého bádání jste se dozvěděli, že existují 3 typy stélky lišejníků a to korovitá, lupenitá a keříčkovitá. Právě tato poslední skupina lišejníků nás bude dnes zajímat nejvíce, protože lišejníky s keříčkovitou stélkou jsou velmi citlivé na znečištění ovzduší oxidy síry, které se uvolňují právě při spalování. Organismy (jako právě tyto lišejníky) poukazující na čistotu prostředí se nazývají bioindikátory (Pelikánová et al., 2021).

Cíl: Zmapovat výskyt lišejníku v okolí a najít lišejník s keříčkovitou stélkou.

Aktivita: Třída se rozdělí do skupinek po max. 4 žácích. Každá skupinka si vezme tablet a vydá se ven na procházku. Při prozkoumávání prostředí, kde se žáci aktivně vyskytují většinu roku, si vyfotí co nejvíc různých zástupců lišejníků. Během mapování se žáci zaměří na typy stélek jednotlivých lišejníků. Cílem je nalézt lišejník s keříčkovitou stélkou.

Na konci aktivity si každá skupinka s pomocí určovacího klíče a případně aplikace Google Lens zkusí identifikovat lišejníky a následně třídě své nálezy odprezentuje (třída včetně učitele může pomáhat určit lišejníky, nebo opravuje nepřesně určené). Každá skupinka zhodnotí, které typy lišejníků našla a jak to odpovídá okolnímu životnímu prostředí.

Uzavření aktivity: Učitel na základě prezentací žáků uzavře aktivitu shrnutím potenciálních znečišťovatelů životního prostředí v okolí školy a jejich vliv na výskyt keříčkovitých lišejníků jako bioindikátorů.

Pomůcky: Tablety, aplikace Google Lens, venkovní obuv a oblečení, klíče k určování lišejníků viz příloha č. 5, motivační pracovní list viz příloha č. 7

Alternativa aktivity bez tabletů

Třída se rozdělí na skupinky po max. 4 žácích. Každá skupinka obdrží klíč k určování lišejníků a pomocí něho zkusí určit co nejvíce zástupců. Svá zjištění si zapisují, případně kreslí. V případě nejasností v určení vyhledají pedagoga na pomoc určení lišejníku. Pokud naleznou keříčkovitý lišejník, také na to upozorní. Na konci aktivity odprezentují před třídou své nálezy a pozorování tak jak je uvedeno v aktivitě výše.

Pomůcky: Venkovní obuv a oblečení, klíče k určování lišejníků (příloha č. 5), motivační pracovní list viz příloha č. 7.

7.5 Závěrečná reflexe k celému výukovému programu

Na závěr programu obdrží každý žák papír s otázkami k závěrečné reflexi viz obrázek č. 11. Může si vybrat 3 jakékoliv otázky, na které má odpovědět. Pokud někdo bude stíhat a chtít, může odpovědět na více otázek. Po uplynutí časového limitu na psaní (cca 10 minut), dává pedagog prostor žákům se vyjádřit k jednotlivým otázkám. Vhodná je metoda „popcorn“, kdy učitel nevyvolává a žáci se sami v odpovědích střídají podle toho, kdo chce mluvit, ale mluví vždy pouze jeden a ostatní to respektují.

Obrázek č. 11

Otázky k reflexi

Napiš min. 1 věc, která Tě během dnešního dne pohltila.	Čím se dnešní den odlišoval od normální výuky?	Co potřebuješ po dnešním programu ještě prodiskutovat?
Co by bylo dobré na programu (kterékoliv části) pro příště změnit?	Které informace Ti utkvěly v paměti?	Doporučil/a bys dnešní program svému kamarádovi? Případně kterou část programu?
Je nějaká otázka, která Ti zůstala v hlavě?	Jak hodnotíš svou aktivitu během dne. Mohl/a jsi se zapojit ještě více?	Je něco, co se Ti nelíbilo, nebo s tím nesouhlasíš?

(Obrázek autora)

Psaná instrukce pro žáky: Vyber si min. 3 políčka z tabulky, označ si je a zkus na ně co nejpodrobněji a pomocí celých vět odpovědět.

8 Průběh aplikace výukového programu

8.1.1 1. ověřování: 3 částečné aplikace programu

Dne 7. 5. 2024 proběhla testovací fáze výukového programu se třídami 8. A, 8. B a 9. A Základní školy J.A. Komenského. Kvůli špatnému počasí každá třída absolvovala pouze první dvě části programu během 2 vyučovacích hodin.

Na začátku výukového programu byla každá třída seznámena se strukturou, obsahem a cíli následujících dvou vyučovacích hodin. Na začátek první hodiny byli žáci rozděleni do dvojic, každá dvojice dostala tablet a každý z žáků dostal pracovní list k prezentaci. Žáci byli poučeni o postupu práce s pracovním listem viz příloha č. 4. Následovala motivační aktivita psaní slov evokovaných pojmem “znečištění ovzduší“ na tabuli (2 třídy), nebo tvorba myšlenkových map (1 třída) na papír. V každé třídě byly největší a nejčastější různé pojmy, ale opakovaly se kouř, fosilní paliva, auta, letadla a další. V žácích se probudila zvědavost a někteří měli dotazy ohledně svých slov, byli však ubezpečeni, že se v rámci následujících aktivit dozvedí většinu odpovědí. V myšlenkových mapách se objevovaly jevy spojené se znečištěním ovzduší, téma lidské zdraví, životní prostředí i výroba energie (spalováním). Ukázka vyhotovených myšlenkových map viz přílohy č. 10 (povedená) a č. 9 (nepovedená).

Během teoretické části prezentace žáci pozorně poslouchali a měli příležitostné dotazy. Průběžně si vyplňovali pracovní list, chválili technické prvky prezentace a smáli se některým fotkám. Ke konci teoretické části jejich pozornost začala upadat, ale činnost s tablety během praktické části je opět naplnila energií a nadšením. Většina z nich byla schopna pracovat ve webové aplikaci bez pomoci a najít si tam aktuální i dlouhodobé statistiky ze školní měřicí stanice. Ke konci prezentace proběhla kolektivní kontrola pracovních listů frontálně vyvoláváním hlásících se žáků, a nakonec první hodiny ústní reflexe k prezentaci.

Na začátku druhé hodiny obdrželi žáci veškeré materiály potřebné ke hraní hry „Neváhej a pal!“ včetně herních pravidel, které jim byly ještě dovysvětleny ústně autorem. Ve většině tříd byli žáci na začátku hry vlažní, ale v průběhu hry se dostávali do varu a plně se ponořili do víru hry. Hra se v žádné třídě nestihla dohrát do konce a musela být přerušena kvůli časové tísni. Herní výsledky byly v každé třídě rozdílné. V deváté třídě byli žáci nejopatrnější ve vztahu ke znečišťování ovzduší, kdežto v 8. A se skoro všechny skupinky snažily co nejrychleji zbohatnout a kvalita ovzduší se u nich dostala na nejkritičtější hranici. Po konci hry skupiny mezi sebou sdílely vítězné i neúspěšné strategie. Na závěr celého programu ke konci 2. VH

proběhla závěrečná reflexe nejen environmentální hry, ale i celého programu. Nejprve ústně a otevřeně, následně písemně na dané otázky.

8.1.2 2. ověřování: 1 aplikace programu

Dne 24. 6. 2024 se uskutečnilo další kolo výukového programu se 6. třídou ZŠ J.A. Komenského. Žáci měli zarezervováno 5 vyučovacích hodin na kompletní výukový program.

Na úvod byli všichni žáci srozuměni se strukturou a obsahem programu i se všemi pomůckami se kterými budou v průběhu dne pracovat.

Před začátkem teoretické části prezentace dostali nabídku na motivační aktivitu. Jedna z možností byla písemně na tabuli, druhá na tabletech prostřednictvím webové aplikace menti.com. Většina žáků se rozhodla pro druhou možnost a nadšeně se pustili do zkoumání aplikace i vyplňování slov. Výsledek byl podobný jako u předchozích tříd viz obrázek č. 11.

Obrázek č. 11

Výsledky motivační aktivity z menti.com

Co se Ti vybaví pod pojmem "znečištěné ovzduší"?

15 responses



(obrázek autora z menti.com)

V průběhu teoretické části většina žáků bedlivě naslouchala. Poctivě si vyplňovali pracovní list a poměrně často se doptávali na věci, kterým nerozuměli, nebo vyprávěli svůj zážitek související s tématem. Když přišla na řadu práce s tablety a žáci si našli data z měřicí stanice, byli z nich úplně fascinováni. Nadšeně si vyhledávali nejrůznější extrémy (kdy byl IKO nejhorší, kdy nejlepší), porovnávali měření ze stanic z různých částí Evropy. Hledali, kde je

vzduch nejčistší, nebo prozkoumávali mapu jako takovou. Práce s tablety se i kvůli tomu protáhla až do další vyučovací hodiny. Kvůli kontrole pracovního listu (opět frontálním vyvoláváním dobrovolníků, ale i s pomocí učitele – některé chemické pojmy se ukázaly jako moc těžké) i reflexi pomocí snímku č. 18 v prezentaci viz příloha Prezentace_Znečištění_ovzduší.pdf skončila první část programu ke konci 2. vyučovací hodiny.

Následující program – environmentální hra nebyla pro žáky nová, protože ji již v minulosti testovali. Díky tomu se okamžitě vrhli do víru rozhodnutí ovlivňujících jejich firmy – spalovny s touhou vydělat co nejvíce peněz. Tato část nakonec i s ústním zhodnocením výsledných taktik a závěrů plynoucích z žakovských rozhodnutí ve vedení spalovny na životní prostředí zabrala zhruba 60 minut.

Čtvrtou vyučovací hodinu absolvovali žáci venkovní aktivitu spočívající v hledání lišejníků. Všechny své nálezy pečlivě zdokumentovali pomocí fotoaparátu tabletu a porovnali s klíčem k určení jednotlivých druhů. Závěry svých pozorování, shrnutí malé biodiverzity životního prostředí na školních pozemcích a absenci bioindikátorů čistého ovzduší všechny žakovské skupinky úspěšně vyvodily a pokusily se zdůvodnit na základě potenciálních znečišťovatelů ovzduší z jejich okolí.

Poslední (pátou) hodinu proběhla celková reflexe výukového programu písemnou formou viz kapitola 7.5 a příloha č. 11.

9 Vyhodnocení aplikace výukového programu, reflexe, návrhy na možné modifikace

9.1 Vyhodnocení reflexe a zpětné vazby od žáků

Při vyhodnocování závěrečných reflexí žáků byly odpovědi na jednotlivé otázky sumarizovány. Díky tomu šlo jednotlivé otázky vyhodnotit jako samostatné celky ilustrující všechny žakovské odpovědi na konkrétní části reflexe. Reflexe ze všech tříd obsahovaly okolo 220 odpovědí. Některé z nich odpovídaly na jinou část reflexe, než si odpovídající myslel a v rámci vyhodnocení byly jejich odpovědi přesunuty do správné části reflexe (jednotky případů). Smysl některých odpovědí nešel dobře identifikovat (jednotky případů) a proto nebyly započítány.

Někteří žáci během reflexí nerozuměli pojmu „pohltila“, byl jim vysvětlen jako absolutní soustředění se na aktivitu a nevnímání čehokoliv jiného. Zhruba 40 % žáků uvedlo, že je nejvíce pohltila hra „Neváhej a pal!“, dalších 40 % prezentace o znečištění ovzduší (hlavně praktická část práce s tablety) a zbytek mapování lišejníků. Jedním z důvodů, proč mapování lišejníků žáky nepohltilo tak jako jiné části mohlo být, že aktivita probíhala jako poslední část a žáci byli již unaveni a těšili se na oběd.

Velká část žáků uvedla ve svých odpovědích, že se program odlišoval od jejich normální výuky menším počtem „normálního učení“ jako např. psaní do sešitu. Uváděli, že na rozdíl od jiných hodin to byla zábava, protože měli hodně aktivit, byli venku a nemuseli se tolik učit. Zajímavé bylo, že šestina odpovídajících uvedla, že se toho hodně naučili, přestože se během programu „učili málo“.

Žáci by dle svých odpovědí nejvíce změnili nějakou část hry „Neváhej a pal!“ (50 % odpovídajících), nebo upravili mapování lišejníků (40 %) jako např. návod na místa, kde lišejníky naleznou, vzít si s sebou míč, nebo hledat místo lišejníků bakterie. Zbytek odpovědí se týkal přidání více her, nebo použití aplikace Kahoot.

Odpovídajícím nejvíce utkvěla v paměti problematika znečištění ovzduší a jeho ochrany (65 %). Konkrétně čím je způsoben skleníkový efekt, nebo data z jejich měřící stanice v porovnání s ostatními stanicemi. Zbytek odpovídajících nemohl přestat přemýšlet o hře „Neváhej a pal!“.

Všichni odpovídající by doporučili výukový program. Více než polovina z nich by doporučila environmentální hru, třetina mapování lišejníků a zbytek hlavně práci s grafy (praktickou částí

prezentace). V odpovědích žáci uváděli důvody, proč by program doporučili jako zábavný a zajímavý.

Většina odpovídajících vnímala svou aktivitu v průběhu dne jako dostatečnou s prostorem pro zlepšení. Někteří uvedli, že se jejich spolužáci mohli snažit více (asi 30 %) a to hlavně během hry „Neváhej a pal!“.

Většina odpovídajících uvedla, že nebylo nic s čím by nesouhlasili, nebo se jim nelíbilo. Malé části (10 %) se nelíbil přístup spolužáků během environmentální hry či mapování lišejníků. Některým žákům se nelíbilo mapování lišejníků, protože jim to přišlo fyzicky náročné a únavné.

Na několika reflexích zanechali žáci vzkazy jako např. „Bude ještě více takovýchto dní?“ nebo otázky typu „Jak se Vám daří?“ apod.

Ukázka vyplněné reflexe viz příloha č. 11.

9.2 Vyhodnocení aplikace programu dle vyučujícího

Objektivně vyhodnitelné části programu z pohledu vyučujícího jsou pracovní list k prezentaci, zápisové lístky ke hře „Neváhej a pal!“ a mapování lišejníků (výsledky skupin z hlediska počtu nálezů a úspěšnosti identifikace).

Při vyplňování pracovního listu viz příloha č. 4 docházelo k velkým rozdílům v úrovni odpovědí (hlavně u výpisků v levé části PL, zbytek PL souvisí s prací s tablety a ten byl většinou v pořádku), které zjistil vyučující při obcházení jednotlivých žáků. Následnou frontální kontrolou odpovědí však došlo k výraznému zlepšení a většina žáků měla na konci programu list nalepený a vyplněný správně viz příloha č. 12.

Vyplňování zápisových lístků se žákům dařilo. Vyučující neobjevil, že by někdo podváděl, přestože je závěrečné sečtení výsledků postaveno na vzájemné důvěře mezi vyučujícím a žákem (žák si body sám počítá). Problematické u sčítání bylo, že to žáci nedělali průběžně a pak na konci hry trvalo dlouho, než vše spočetli (některým bylo potřeba pomoci).

Z pohledu vyučujícího většina částí programu proběhla hladce a bez problémů. Většina žáků i z vyšších ročníků byla aktivních. V některých částech (teoretická část prezentace) určité procento žáků upadalo do pasivity (polehávali na lavicích), ale následná praktická činnost jim vrátila energii. Problematické segmenty byly: vysvětlování jednotlivých částí hry, reflexí a mapování, protože někteří žáci neporozuměli, co mají dělat a potřebovali vše dovysvětlit. Situace byly vyřešeny zopakováním a vysvětlením problematických částí, nebo individuální konzultací.

Subjektivní dojmy ze hry „Neváhej a pal!“ a z Mapování lišejníků: Hra byla pro velkou část žáků zpočátku náročná na představu průběhu (i přes podrobné vysvětlení pravidel autorem programu a dostupná pravidla na papíru před sebou). Představa, že vlastní spalovnu a chtějí vydělat co nejvíce peněz, pro ně nebyla nijak obtížná a někteří se do své role opravdu vžili. Nejefektivnější z hlediska času se ukázalo co nejdříve začít, protože průběh jednotlivých kol byl již velmi intuitivní. Bylo zajímavé pozorovat, jak někteří žáci úzkostlivě dodržují svá přesvědčení o nezhoršování životního prostředí i v této hře, zatímco jiné týmy se řídily cílem hry – vydělat co nejvíce peněz a bylo tu i nezanedbatelné procento skupinek rezignujících na co nejvyšší bodový zisk a chtějících vidět co se stane, pokud budou co nejvíce zhoršovat kvalitu ovzduší. Tyto skupinky dokonce průběžně oslavovaly a radovaly se, když dosáhly jednotlivých milníků zhoršující se kvality ovzduší, nebo když se podle obrázků dozvěděly, že některé organismy vlivem znečištění zahynuly. Ve třídě 8. A se povedlo jedné skupině tuto ideu přenést i na zbytek třídy a díky tomu dokázali zvýšit úroveň znečištění za nejkratší dobu ze všech tříd. Zjištění, že hra je vhodně nastavena bylo velmi uspokojivé, protože v této třídě byly výsledné bodové zisky nejmenší ze všech ostatních tříd (celá třída skončila v záporných hodnotách). Přes lehké sabotovací tendence a potěšení z “neúspěchu“ ve formě dosažení 100% znečištění, díky závěrečné reflexy této aktivity žáci nakonec objevili, že nejlépe se umísťovali skupiny minimálně znečišťující. Někteří žáci se v průběhu hry ohrazovali, že i přesto, že nikdo konkrétní kolo nevypouštěl zplodiny, kvalita ovzduší zůstala stejná. Při reflexi si společně řekli, že vlastně tak to funguje normálně – jeden měsíc “čistých“ spalin nezachrání dlouhodobé znečišťování. Všichni si uvědomili, že stačil jeden, dva týmy na to, aby se konstantně zhoršovala kvalita prostředí a závěrečným sdělením všech reflexí bylo, že jsme v tom všichni společně a pokud chceme mít zdravou planetu i životní prostředí v našem okolí, musíme táhnout za jeden provaz a co nejvíce si (nejenom) ovzduší chránit.

Při mapování lišejníků velká část skupinek bez problému pochopila, co je jejich cílem a úspěšně prozkoumaly celý školní pozemek, nafotily všechny exempláře lišejníků i čehokoliv dalšího co jim lišejníky připomínalo a chodily se se svými nálezy průběžně chlubit. Některé skupinky žáků byly v rámci plnění cílů aktivity zdrženlivé a pouze si užívaly venkovní prostředí, ale i tyto skupinky nějaké zástupce lišejníků našly. Několik dvojic a trojic žáků bylo frustrovaných, že nemohly najít některé druhy lišejníků z jejich klíče k určování. Malé nasměrování od vedoucího aplikace programu, kde by se konkrétní zástupci lišejníků mohli nacházet vždy stačilo k tomu, aby se žáci vrátili k aktivitě až do konce přiděleného času. Při ústním vyhodnocení svých nálezů spousta žáků sama uváděla pojmy jako biodiverzita či bioindikátor, když hovořili o svých

fotografiích, a zamýšleli se, proč nenašli žádné lišejníky s keříčkovitou stélkou. Sami často určili jako viníka lidskou činnost ve formě aut (ZŠ je blízko hlavní dopravní tepny), ale uváděli i kouření cigaret či topení/ohně.

Autor práce byl zároveň vyučujícím, který program aplikoval.

9.3 Shrnutí

Všichni dětské účastníci programu získali nové vědomosti (viz vyplněný pracovní list příloha č. 12) nebo si zopakovali problematiku ovzduší a jevů spojených s jeho znečištěním. Naučili se pracovat s digitálními technologiemi ve formě tabletu, vyhledat i pracovat s daty z měřicí stanice a interpretovat statistiky získané dlouhodobým měřením (vše viz příloha č. 12).

Poučná hra „Neváhej a pal!“ jim ukázala, kam až může znečištění ovzduší směřovat.

Venkovní aktivita otevřela žákům oči na pozorování pestrosti v životním prostředí okolo nás a všimání si, jak se nejenom kvalita ovzduší podepisuje na přítomnosti různých organismů v přírodě.

9.4 Návrhy na modifikace

9.4.1 Aplikované

Mezi prvním a druhým blokem aplikace výukového programu byl dostatečný prostor na modifikace (potenciálně) problematických částí.

Největšími změnami prošly motivační aktivita a průběžné reflexe. Původní aktivita byla obohacena o digitální (oblíbenější) alternativu prostřednictvím menti.com a myšlenková mapa byla odebrána, protože se ukázala být moc složitá (žáci se s ní předtím v podstatě nesetkávali a nevěděli, jak ji vhodně tvořit/formulovat, nebo které pojmy je vhodné do ní zařadit). Ukázka takové mapy viz příloha č. 9. Průběžné reflexe probíhaly s menší osnovou a bez podkladů ve formě snímku v prezentaci (byl tam pouze nadpis reflexe a ta probíhala frontálně pod vedením učitele), či tabulky na papíru (závěrečná reflexe viz kapitola 7.4.1). Na druhý blok již měly podobu jako v příslušných kapitolách této práce.

Nikdo z žáků nenavrhl žádné podstatné změny kterékoliv části programu. Nejpočetnější návrhy na modifikaci se týkaly pravidel či průběhu hry „Neváhej a pal!“. Návrhy však nebyly přínosné, nutné a hru by zkomplikovali (přidáním více pravidel, umožněním více možností rozhodnutí během řízení spalovny apod.).

9.4.2 Navrhované

I díky převážně pozitivním reakcím na všechny části programu od všech zúčastněných není nutná žádná významná modifikace. Případné alternativy se týkají pouze délky programu (zkrácení, nebo vynechání některých částí) či náročnosti pracovního listu a potřeby znalosti základům chemie pro některé části prezentace.

Modifikace závěrečné reflexe:

Závěrečná reflexe je při její aktuální formulaci velmi náročná na vyhodnocení. Do budoucna by bylo mnohem snazší a praktičtější využití přesněji definovaných a úzce zaměřených otázek, na které žáci odpovídají na číselné, nebo pojmové stupnici (souhlasím, částečně souhlasím, moc nesouhlasím, nesouhlasím apod.).

Modifikace délky programu:

V závislosti na počasí nebo časové tísni lze vynechat některou z částí programu. Přestože do sebe zapadají a dohromady tvoří všestranně zaměřený celek, každá z nich funguje i samostatně – díky reflexi i možnosti naučit se něco nového o svém okolí/ponaučení se u každé z nich.

Modifikace náročnosti programu:

Některé části programu mohou být pro nižší ročníky druhého stupně ZŠ náročnější. Konkrétně se jedná o teoretické prvky prezentace a pracovní list (doplnění výpisků). Z tohoto důvodu je vhodnou modifikací případná redukce obsahu prezentace i pracovního listu o látku vycházející ze základních chemických znalostí názvosloví a látek. V programu je lze ponechat (někteří žáci jsou motivováni znalostmi vyšších ročníků), ale je potřeba je všechny pečlivě vysvětlit, aby nebyli žáci zbytečně mateni. Tento proces (vysvětlování) je časově náročný, a i proto bylo druhé ověřování programu tak dlouhé.

Modifikace myšlenkové mapy:

Při práci s vyšším druhým stupněm by mohla být myšlenková mapa vhodným nástrojem na závěr programu. Pomůže žákům vizualizovat problematiku, kterou se naučili a utřídit si myšlenky z celého programu. Podstatné je, jestli žáci s myšlenkovou mapou někdy pracovali, nebo jestli má pedagog dostatek času na to myšlenkovou mapu dostatečně představit a vysvětlit.

Pokud se pedagog rozhodne pro tuto modifikaci, osnovu myšlenkové mapy nalezne v příloze č. 6.

Modifikace venkovní aktivity:

Pokud klíč poznávání lišejníků viz příloha č. 5 neodpovídá biotopu ZŠ, kde má být program aplikován, je nutná jeho aktualizace na konkrétní prostředí, aby byl pro žáky co nejužitečnější.

Modifikace praktické části prezentace, pokud škola nemá měřící stanici:

Jestliže škola nemá měřící stanici Perfect-Air a nemá možnost si senzor pořídit, je několik variant, jak situaci vyřešit. Existuje řada dalších měřících stanic, které umožňují dlouhodobé měření kvality ovzduší a jsou volně dostupné k zakoupení. Dále existuje síť měřících stanic spravovaných Českým hydrometeorologickým ústavem, které mají také volně dostupná data. Pokud půjde pedagog chtějící aplikovat výukový program těmito cestami, musí si adekvátně upravit obsah praktické části prezentace a práci s tablety tak, aby odpovídal přístupu k datům i statistikám konkrétních zařízení.

10 Diskuse

V rámci environmentálního výukového programu byli žáci druhého stupně ZŠ vedeni k zjištění způsobů měření znečištění ovzduší v jejich okolí. Bylo k tomu použito široké spektrum nástrojů a metod, jmenovitě výuková prezentace a pracovní list, práce s tablety k vyhledávání dat z měřících stanic a čtení grafů IKO stanic, environmentální výuková hra a venkovní aktivita Mapování lišejníků jako přirozených bioindikátorů.

Výsledky programu (viz 8. a 9. kapitola této práce) byli ověřeny vyplněním pracovního listu žáky, třídní diskusí o výsledcích environmentální naučné hry a skupinovými prezentacemi z mapování lišejníků. Ověření průběhu programu proběhlo celkovou reflexí (viz 9. kapitola).

Žáky s problematikou znečištění ovzduší, podobně jako tato práce, seznamuje i projekt Clean Air spolufinancovaný programem EU Erasmus+ běžící mezi lety 2018-2020. Clean Air se více soustředí na formální výuku (naučení definic, zapamatování legálních limitů, lidské zdraví a způsoby snížení emisí prostřednictvím změn životního stylu občanů). Na rozdíl od této práce k tomu využívá i práci na doma a práci s odbornými texty, dále průběžné testování žáků pomocí zaškrtávacího dotazníku ve stylu výběru ze 3 možností. Tato práce naopak obsahuje navázání bližšího kontaktu s přírodou (mapování lišejníků) a další prvky neformálních metod výuky (environmentální výuková hra) v souladu s pokyny Máchala (2000) v publikaci Průvodce praktickou ekologickou výchovou. Neobsahuje průběžné (i vícestránkové) dotazníky, které by mohly narušit pocit neformální výuky. Tyto pocity byly žáky vyzdvihovány jako pozitivní (viz reflexe žáků z kapitoly 9.1).

V této práci nejsou konkrétně rozebrány metody, jak můžou žáci změnit svůj životní styl tak, aby došlo ke snížení znečištění ovzduší. Práce je zaměřena na uvedení znečišťovatelů a jejich následků na životní prostředí, identifikaci kvality ovzduší a odhadnutí potenciálních znečišťovatelů z okolí na základě pozorování přírody. Z těchto důvodů by bylo vhodné navázat na program vytvořený v rámci této práce environmentálním výukovým programem zaměřeným na lidské činnosti znečišťující naše okolí a jak je můžeme minimalizovat či eliminovat.

Vzhledem k malému počtu alternativních EVP zaměřených na měření znečištění ovzduší, nebo problematiku znečištění ovzduší je tato práce vhodný nástroj k rozšíření výuky na druhém stupni ZŠ.

11 Závěr

Přestože se podařilo splnit většinu výukových cílů environmentálního edukačního programu, samotný proces tvorby a aplikace programu byl velmi náročný. Vytvořit jednotlivé části programu tak, aby co nejlépe splňovali svůj účel se ukázalo být velkou výzvou. Nejnáročnější byl proces tvorby hry „Neváhej a pal!“, který byl výzvou nejenom z kreativního hlediska, ale i praktické výroby a organizace všech částí. Další obtížnou částí bylo najít vhodný termín, kdy program aplikovat, aby vyhovoval nejenom žákům, ale všem učitelům, kteří ten den učí. Díky spolupráci s třídními učiteli jednotlivých tříd a ochotě i nadšení žáků projevujícím se ve všech částech výuky se podařilo tyto obtížnosti překonat.

V průběhu programu si žáci ochotně pomáhali, vysvětlovali ostatním části, kterým nerozuměli, ochotně diskutovali, pokládali vyučujícímu zajímavé či hloubavé otázky jako např. „Jak dlouho trvá, než se zlepší kvalita ovzduší“ a hlavně se poučili o znečištění ovzduší a jeho měření, což potvrdily reflexe i průběžné ověřování vědomostí.

Některé úseky programu byly pro část žáků náročné, jako např. práce s tablety a grafy. Zde se projevila výhoda práce ve skupinkách, kdy alespoň jeden žák si věděl rady, nebo si skupinky pomáhaly i mezi sebou.

Vytvoření výukového programu a jeho vyhodnocení mi umožnilo si lépe uvědomit význam pohybových aktivit, což v rámci programu bylo mapování lišejníků. Dále důležitost přesně a konkrétně formulovaných otázek ve všech částech programu, ale hlavně během reflexí.

Věřím, že výukový program poslouží jako vhodný nástroj i ostatním pedagogům, kteří hledají způsob jak zábavně a uceleně vysvětlit žákům problematiku znečištění ovzduší a jeho měření.

Zdroje

- Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky (AOPK). (n.d.). *Členství v mezinárodních organizacích*. <https://nature.cz/clenstvi-v-mezinarodnich-organizacich>
- Carson, R. (2002). *Silent spring* (Anniversary Ed). Mariner Books Classics.
- Council of Europe. (2024). *Who we are*. <https://www.coe.int/en/web/about-us/who-we-are>
- CleanAir project. (2019). *Učební plán Clean Air jako základ čistého ovzduší*. <http://cleanair-project.eu/cz/>
- Černý, M. & Chytková, D. (2014). *Myšlenkové mapy pro studenty* (1. vyd.). BizBooks.
- Česalová, K. (2013). *Environmentální historie znečištění ovzduší na příkladu vybraných závažných situací ve světě*. [Bakalářská práce, Univerzita Palackého]. Národní registr závěrečných prací. <https://theses.cz/id/48pohp/>.
- Český hydrometeorologický ústav. (2020a, 23. ledna). *Historie Observatoře Tušimice*. https://www.chmi.cz/files/portal/docs/reditel/SIS/prezentace_a_vyuka/KVALITA_OVZDUSI/24_historie_observatore_Tusimice.pdf
- Český hydrometeorologický ústav. (2020b, 31. ledna). *Historie znečištění a ochrany čistoty ovzduší*. https://www.chmi.cz/files/portal/docs/reditel/SIS/prezentace_a_vyuka/KVALITA_OVZDUSI/01_historie_kvalita_v1.pdf
- Český hydrometeorologický ústav. (2023). *Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2022*. <https://info.chmi.cz/rocenka/ko2022/ko2022.pdf>
- Český hydrometeorologický ústav. (2024). *Ovzduší*. <https://www.chmi.cz/#!>
- Daly, A. & P. Zannetti. (2007). *An Introduction to Air Pollution – Definitions, Classifications, and History*. The Arab School for Science and Technology a The EnviroComp Institute.
- Daniš, P. & Nechvátalová, J. (2015). *Environmental Education: We love nature and want a healthy environment*. Ministerstvo životního prostředí. [https://www.mzp.cz/C125750E003B698B/en/envirommental_education_publications/\\$FILE/OFDN-EEinCR-20180517.pdf](https://www.mzp.cz/C125750E003B698B/en/envirommental_education_publications/$FILE/OFDN-EEinCR-20180517.pdf)
- Darçın, M. (2014). Association between air quality and quality of life. *Environmental Science and Pollution Research*, 21, 1954–1959. <https://doi.org/10.1007/s11356-013-2101-3>

EUR-Lex. (n.d.). *Životní prostředí a změna klimatu*. Úřad pro publikace Evropské unie.
<https://eur-lex.europa.eu/summary/chapter/20.html?locale=cs>

EUROPARC FEDERATION. (2016). *10 facts about EUROPARC FEDERATION*.
<https://www.europarc.org/wp-content/uploads/2016/07/10-Facts-about-EUROPARC-2016.pdf>

European Environment Agency (EEA). (2014, 22. srpna). *Carbon monoxide - 8 hour mean limit value for the protection of human health*. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/carbon-monoxide-8-hour-mean-limit-value-for-the-protection-of-human-health-5>

European Environment Agency (EEA). (2024). *What we do*.
<https://www.eea.europa.eu/en#what-we-do>

European Environment Agency (EEA). (2024b, 21. května). *Exceedance of air quality standards in Europe*. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/exceedance-of-air-quality-standards?activeAccordion=309c5ef9-de09-4759-bc02-802370dfa366>

Evropská komise. (n.d.). *Předpisy EU – provádění v členských státech*.
https://commission.europa.eu/law/application-eu-law/implementing-eu-law_cs

Hasnain, M. G., Garcia-Esperon, C., Tomari, Y. K., Walker, R., Saluja, T., Rahman, M. M., Boyle, A., Levi, C. R., Naidu, R., Filippelli, G., & Spratt, N. J. (2023). Effect of short-term exposure to air pollution on daily cardio- and cerebrovascular hospitalisations in areas with a low level of air pollution. *Environmental science and pollution research international*, 30(46), 102438–102445. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-29544-z>

Hladká, A. (2013). *Stanovení míry znečištění atmosféry z družicových dat*. [Diplomová práce, Univerzita Karlova]. Digitální depozitář Univerzity Karlovy.
<http://hdl.handle.net/20.500.11956/54160>

Cha, J., Choi, S. Y., Rha, S. W., Choi, B. G., Byun, J. K., Hyun, S., Lee, M. W., Kang, J., Chu, W., Park, E. J., Kang, D. O., Choi, C. U., Kim, S. W., Jeong, M. H. & Park, S. (2024). Long-term air pollution exposure is associated with higher incidence of ST-elevation myocardial infarction and in-hospital cardiogenic shock. *Scientific Reports*, 14, 4976.
<https://doi.org/10.1038/s41598-024-55682-6>

Chen, Y. C., Hsieh, P. I., Chen, J. K., Kuo, E., Yu, H. L., Chiou, J. M. & Chen, J. H. (2023). *Effect of indoor air quality on the association of long-term exposure to low-level air pollutants with*

cognition in older adults. Environmental research, 233, 115483.

<https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.115483>

Cheng, J., Zheng, H., Wei, J., Huang, C., Ho, H. C., Sun, S., Phung, D., Kim, H., Wang, X., Bai, Z., Hossain, M. Z., Tong, S., Su, H. & Xu, Z. (2023). Short-term residential exposure to air pollution and risk of acute myocardial infarction deaths at home in China. *Environmental Science Pollution Research*, 30, 76881–76890. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-27813-5>

Jacobson, S. K., McDuff, J. D. & Monroe, M. C. (2006). *Conservation Education and Outreach Techniques* (1st Ed). Oxford University Press.

Jelínek, J. & Zicháček, V. (2006). *Biologie pro gymnázia: (teoretická a praktická část)* (6. vyd.). Olomouc.

Johnson, E. & Mappin, M. (2005). *Environmental Education and Advocacy: Changing Perspectives of Ecology and Education*. Cambridge University Press.

Kapuciánová, M., Svobodová, E., Štefánková, Z. & Váchová, A. (2014). *Pomáháme dětem s orientací v dnešním světě*. Raabe.

Lambrechts, J. & Sinha, S. (2016). *Modelling of air and water pollution sources*. Springer International Publishing.

Máchal, A. (2000). *Průvodce praktickou ekologickou výchovou*. Rezekvítek.

Malíček J., Palice Z., Bouda F., Knudsen K., Šoun J., Vondrák J. & Novotný P. (2024). *Atlas českých lišejníků*. Botanický ústav AV ČR. <https://dalib.cz/>

Mezinárodní unie na ochranu přírody (IUCN). (2018). *The impact of IUCN resolutions on international conservation efforts : an overview*.

<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2018-011-En.pdf>

Ministerstvo životního prostředí. (2023). *Zpráva o životním prostředí České republiky 2022*. Česká informační agentura životního prostředí.

Ministerstvo životního prostředí. (n.d.). *Mezinárodní smlouvy v oblasti životního prostředí*. https://www.mzp.cz/cz/zahranicni_vztahy_eu

NAAEE. (2022). *Environmental Education Programs: Guidelines for Excellence*. North American Association for Environmental Education.

Nettigo. (2024). *Nova Fitness SDS011 PM Air Quality Sensor - PM2.5 & PM10*.

<https://nettigo.eu/products/nova-fitness-sds011-pm-air-quality-sensor-pm2-5-pm10>

- Niyatiwatchanchai, N., Pothirat, C., Chaiwong, W., Liwsrisakun, C., Phetsuk, N., Duangjit, P., & Choomuang, W. (2022). Short-term effects of air pollutant exposure on small airway dysfunction, spirometry, health-related quality of life, and inflammatory biomarkers in wildland firefighters: a pilot study. *International Journal of Environmental Health Research*, 33(9), 850–863. <https://doi.org/10.1080/09603123.2022.2063263>
- Palmer, J. & Neal, P. (1994). *The handbook of environmental education*. Routledge.
- Pavelka, A. (2019). *Dálkový průzkum Země jako zdroj informací o kvalitě ovzduší*. [Bakalářská práce, Masarykova univerzita]. Archiv závěrečných prací MUNI. <https://is.muni.cz/th/ve26u/>
- Pelikánová I., Čabradová V., Hasch, F., Sejpka J. & Šimonová P. (2021). *Přírodopis 6 - nová generace*. Fraus.
- Perfect-Air. (2024). *System monitoringu zanieczyszczenia powietrza*. <https://perfect-air.com.pl/>
- Poeck, V. K., Lysgaard, J. A., & Reid, A. (Eds.). (2018). *Environmental and Sustainability Education Policy: International Trends, Priorities and Challenges*. (1st Ed.). Routledge.
- Rowland, N., McVicar, D., Jahanshahi, B., McGovern, M & O'Reilly, D. (2022). Long-term Exposure to Ambient PM2.5 and Self-Reported Health: Evidence from Longitudinally-linked Census Data. *International Journal of Population Data Science*, 7(3). <https://doi.org/10.23889/ijpds.v7i3.1809>
- Sensor.Community. (2024, 1. července). <https://sensor.community/cz/>
- Sensor.Community. (n.d.). Senzorové sady: Najděte návody pro Váš senzor. <https://sensor.community/cz/sensors/>
- Shepardson, D. P., Roychoudhury, A. & Hirsch, A. S. (Eds.). (2017). *Teaching and learning about climate change: A framework for educators*. (1st Ed.). Routledge.
- Skalka, M. (2004). Lišejníky jako bioindikátory. *Živa*, 2004(3), str. 107-120. <https://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/lisejniky-jako-bioindikatory.pdf>
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/50/ES ze dne 21. května 2008 o kvalitě vnějšího ovzduší a čistším ovzduší pro Evropu*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008L0050-20150918>

Srinivas, H. (2015). *Environmental Education: Creating an environment to educate about the environment*. Global Development Research Center. <https://www.gdrc.org/uem/ee/index.html>

Šebek, S. (Ed.). (1981). *Bioindikační význam lišejníků a jejich ochrana: Sborník referátů na III. semináři „Ochrana hub a jejich životního prostředí“, konaném dne 15. června 1981 v Praze*. Československá vědecká společnost pro mykologii při ČSAV.

http://www.czechmycology.org/_pub/pub04.pdf

UNESCO. (1977). *The Tbilisi declaration*. <https://www.gdrc.org/uem/ee/Tbilisi-Declaration.pdf>

UNESCO. (2005). *United Nations Decade of Education for Sustainable Development (2005-2014): international implementation scheme*.

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000148654>

Wang, S., Zhang, Y., Li, X., Zhao, J., Zhang, N., Guo, Y., Chen, J., Liu, Y., Cui, Z., Gao, J., Li, C., Zhang, W. & Ma, J. (2023). Effect of short-term exposure to ambient air pollutants on non-accidental mortality in emergency department visits: a time-series study. *Frontiers in Public Health*, 11, 1208514. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1208514>

World Health Organization. (2021). WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. *World Health Organization*.

Yen, CC. & Chen, PL. (2022). Effect of Short-Term Exposure to Fine Particulate Matter and Particulate Matter Pollutants on Triggering Acute Myocardial Infarction and Acute Heart Failure. *The American Journal of Cardiology*, 175, 158-163.

<https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2022.03.062>.

Younoh, K. & Radoias, V. (2022). Severe Air Pollution Exposure and Long-Term Health Outcomes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(21), 14019-14019. <https://doi.org/10.3390/ijerph192114019>

Zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech). <https://eagri.cz/public/portal/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/uplna-zneni/zakon-1998-156-cinnost-mze>

Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší.

https://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/9F4906381B38F7F6C1257A94002EC4A0/%24file/Z201_2012_Sb.pdf

Zákon č. 25/2008 Sb., o integrovaném registru znečišťování životního prostředí a integrovaném systému plnění ohlašovacích povinností v oblasti životního prostředí a o změně některých zákonů. <https://www.e-sbirka.cz/sb/2008/25?zalozka=text>

Zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů.

https://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/3ED571E252E44B37C12571B0003F53B1/%24file/OL_CHEMZAK_2021.pdf

Zákon č. 541/2020 Sb. o odpadech. <https://www.e-sbirka.cz/sb/2020/541?zalozka=text>

Zákon č. 69/2013 Sb., zákon, kterým se mění zákon č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci a omezení znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů (zákon o integrované prevenci), ve znění pozdějších předpisů, a některé další zákony.

<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2013-69#:~:text=Z%C3%A1kon%20%C4%8D.-.69%2F2013%20Sb.,p%C5%99edpis%C5%AF%2C%20a%20n%C4%9Bkter%C3%A9%20dal%C5%A1%C3%AD%20z%C3%A1kony>

Zákon č. 73/2012 Sb., o látkách, které poškozují ozonovou vrstvu, a o fluorovaných skleníkových plynech.

https://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/C8A9EF6C2DEB6006C1257D8E00363A4D/%24file/73_2012%20ve%20zn%C4%9Bn%C3%AD%2060_2023.pdf

Přílohy

Příloha č. 1 – Zápisový lístek

Příloha č. 2 – Hlasovací lístky

Příloha č. 3 – Obrázky generované AI

Příloha č. 4 – Pracovní list k prezentaci

Příloha č. 5 – Klíč k určování lišejníků

Příloha č. 6 – Poklad pro myšlenkovou mapu

Příloha č. 7 – Motivační pracovní list lišejníky

Příloha č. 8 – Vzorově vyplněný pracovní list k prezentaci

Příloha č. 9 – Ukázka nepovedené myšlenkové mapy

Příloha č. 10 – Ukázka povedené myšlenkové mapy

Příloha č. 11 – Ukázka vyplněné reflexe žáčky 6. ročníku

Příloha č. 12 – Ukázka vyplněného pracovního listu k prezentaci

Příloha č. 13 – Herní tabulka na tisk

Příloha č. 1: Tabulka „Zápisový lístek“ pro hru „Neváhej a pal!“

Zápisový lístek			Zápisový lístek		
Název firmy:			Název firmy:		
Měsíc	Rozhodnutí	Výdělek	Měsíc	Rozhodnutí	Výdělek
1			1		
2			2		
3			3		
4			4		
5			5		
6			6		
7			7		
8			8		
9			9		
10			10		
11			11		
12			12		
13			13		
14			14		
15			15		
16			16		
17			17		
18			18		
19			19		
20			20		
21			21		
22			22		
23			23		
24			24		
25			25		
26			26		
27			27		
28			28		
29			29		
30			30		
31			31		
32			32		
33			33		
34			34		
35			35		
36			36		

Příloha č. 2: Hlasovací lístky pro hru „Neváhej a pal!“

	a		b		c		d	
--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--

	a		b		c		d	
--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--

	a		b		c		d	
--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--

	a		b		c		d	
--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--

	a		b		c		d	
--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--

	a		b		c		d	
--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--

	a		b		c		d	
--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--

	a		b		c		d	
--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--

	a		b		c		d	
--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--

	a		b		c		d	
--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--

Příloha č. 3: Obrázky generované AI pro potřeby enviromentální hry





Jméno a příjmení:

Datum:

Třída:

Příloha č. 4: Pracovní list pro potřeby prezentace

Pracovní list

Znečištění ovzduší

a) Následující okénka si pomocí prezentace doplň a potom nastříhané nalep do sešitu:

Co je to vzduch? <ul style="list-style-type: none">Atmosféra = vzdušný obal ZeměNejspodnější vrstva (čistá a suchá)<ul style="list-style-type: none">→ 78 % _____→ 21 % _____→ 1 % ostatní plyny
--

Skleníkový efekt <ul style="list-style-type: none">Ovlivněný _____ v ovzdušíZpůsoben _____ (CO₂) a _____ (CH₄)Plyny vytváří obal, který pomáhá ohřívat planetuÚnik CO₂ → _____ činnost i _____ činnostÚnik _____ → přírodní procesy tlení i lidská činnost (chov zvířat)
--

Kyselé deště <ul style="list-style-type: none">Spalování → plyny _____ a dusíkuPlyny dusíku a síry + voda = _____Citlivé organismy + kyseliny = ☠Prevence: spalování s filtry

Další znečištění <ul style="list-style-type: none">rozvoj _____ dýchací soustavyvypuštění různých chemikálií do ovzduší → přírodní katastrofy

Narušení ozónové vrstvy <ul style="list-style-type: none">Ozónová vrstva × UV záření ze slunceDíra = více škodlivých UV paprskůPoškození kvůli freonům → _____ freonů
--

b) Tabulka pro zápis k měřicí stanici:

Částice	Limit	Aktuální
PM2.5		
PM10		

c) Dle grafu vytvořeného měřením stanice zkus říct, kdy bývá nejhorší kvalita vzduchu:

d) Zkus svá pozorování zdůvodnit:

e) Zakroužkuj oblasti, které si myslíš, že jsou ovlivněny kvalitou ovzduší:

délka dožití školní prospěch školní jídlo

kvalita života množství zvířat a rostlin

Namaluj smajlíka vystihujícího Tvůj pocit z pracovního listu:

Příloha č. 5: Obrázkový klíč k určování lišejníků:



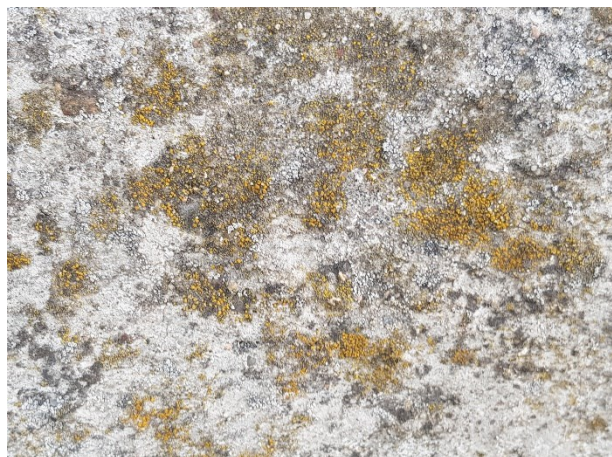
Terčovník zední



Terčovka bublinatá



Terčovka skalní



Krásnice zoubkatá



Terčovka skalní

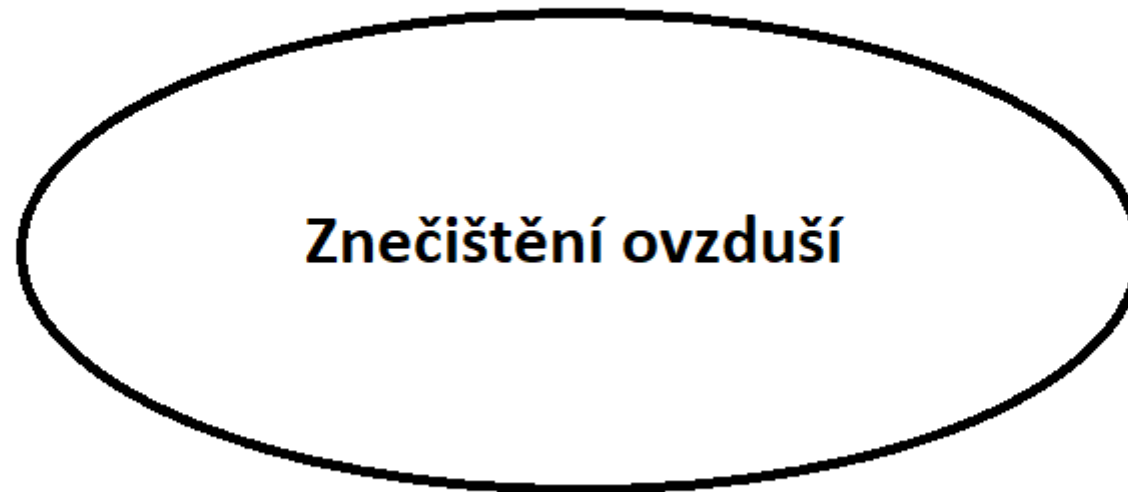


Pupkovka srstnatá

Všechny stélky výše uvedených lišejníků jsou korovité, nebo lupenité. Podaří se Ti najít i jinou?

Metodická opora v Atlasu českých lišejníků Botanického ústavu AV ČR (2024), autory jsou Malíček Palice Bouda Knudsen Šoun Vondrák a Novotný. <https://dalib.cz/>

Příloha č. 6: podklad pro myšlenkovou mapu



Příloha č. 7: Motivační pracovní list k Mapování lišejníků

Co víme o lišejnících?

V učení o přírodě jsme se učili, že lišejníky jsou symbiotické (oboustranně výhodné soužití) organismy. Skládají se z houby (tvoří hlavní část těla) a sinice či řasy (fotosyntetizují = dodávají energii pro lišejník). Z učení o přírodě známe, že lišejníky mají 3 typy stélky (stavby těla). Korovitou, která je pevně přirostlá k podkladu. Lupenitou, která v některých místech odstává od podkladu a keříčkovitou, identifikovatelnou podle dlouhé stélky výrazně odstávající od podkladu. Tím pro lišejníky bývá nejčastěji borka (kůra) stromů, jakýkoliv vhodný povrch jako např. kámen, zeď či půda.

Keříčkovité lišejníky jsou pro nás významné, protože jsou citlivé na znečištění ovzduší. Jakmile jsou v ovzduší přítomné specifické škodliviny, keříčkovité lišejníky hynou a může trvat mnoho let, než se navrátí.



Zakroužkuj písmenka lišejníků s keříčkovitou stélkou:



E



B



N



P



V



I

Doplň větu slovem z písmen: Vezměte si klíče k určování, tablety a hurá _____!

Obrázky: I, P, B z archivu autora. Ostatní převzaty z: Malíček J., Palice Z., Bouda F., Knudsen K., Šoun J., Vondrák J. & Novotný P. (2024): Atlas českých lišejníků.

<https://dalib.cz/>

Zdroj informací: Pelikánová I., Čabradová V., Hasch, F., Sejpka J. & Šimonová P. (2021). *Přírodopis 6 - nová generace*. Fraus.

Příloha č. 8: Vzorově vyplněný pracovní list

Pracovní list

Znečištění ovzduší

a) Následující okénka si pomoci prezentace doplň a potom nastříhané nalep do sešitu:

Co je to vzduch?

- Atmosféra = vzdušný obal Země
- Nejspodnější vrstva (čistá a suchá)
 - 78% **dusík**
 - 21% **kyslík**
 - 1% ostatní plyny

Skleníkový efekt

- Ovlivněný **vodní párou** v ovzduší
- Způsoben **oxidem uhličitým** (CO₂) a **methanem** (CH₄)
- Plyny **vytváří** obal, který pomáhá ohřívat planetu
- Únik CO₂ → **lidská** činnost i **vulkanická** činnost
- Únik **methanu** → přírodní procesy tlení i lidská činnost (chov zvířat)

Kyselé deště

- Spalování → plyny **síry** a dusíku
- Plyny dusíku a síry + voda = **kyseliny**
- Citlivé organismy + kyseliny = ☹️
- Prevence: spalování s filtry

Další znečištění

- rozvoj **onemocnění** dýchací soustavy
- vypuštění různých chemikálií do ovzduší → přírodní katastrofy

Narušení ozónové vrstvy

- Ozónová vrstva × UV záření ze slunce
- Díra = více škodlivých UV paprsků
- Poškození kvůli freonům → **zákaz** freonů

b) Tabulka pro zápis k měřicí stanici:

Částice	Limit	Aktuální
PM2.5	20 [µg/m ³]	
PM10	50 [µg/m ³]	

c) Dle grafu vytvořeného měřením stanice zkus říct, kdy bývá nejhorší kvalita vzduchu:

Během dopravní špičky (8.00-16.00)

d) Zkus svá pozorování zdůvodnit:

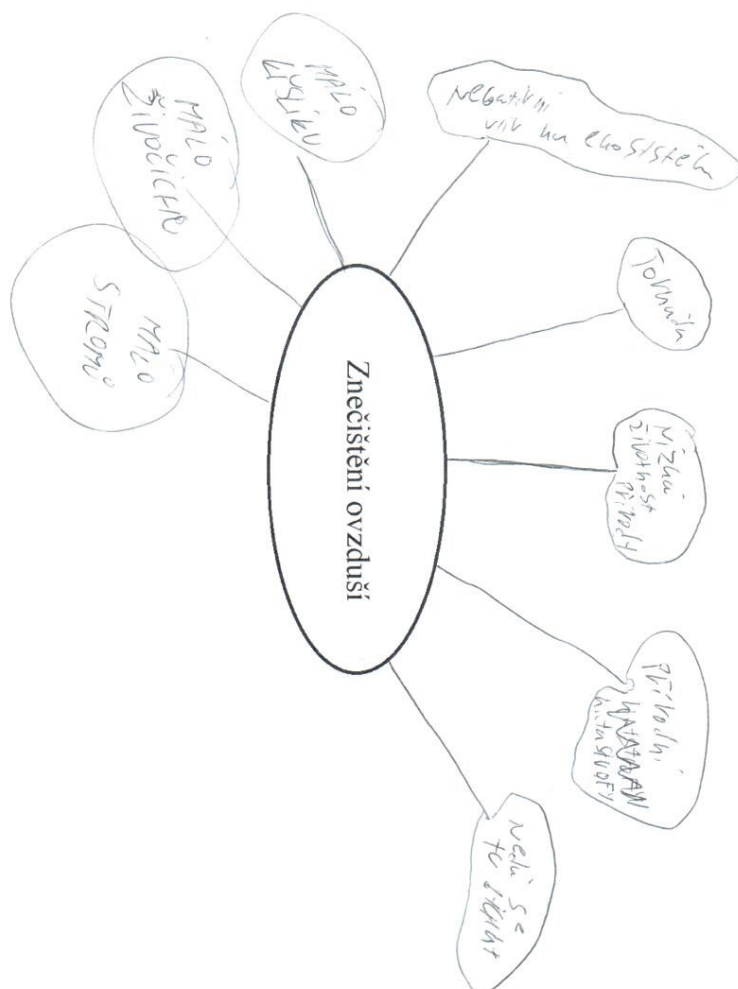
Silný provoz na hlavní silnici

e) Zakroužkuj oblasti, které si myslíš, že jsou ovlivněny kvalitou ovzduší:

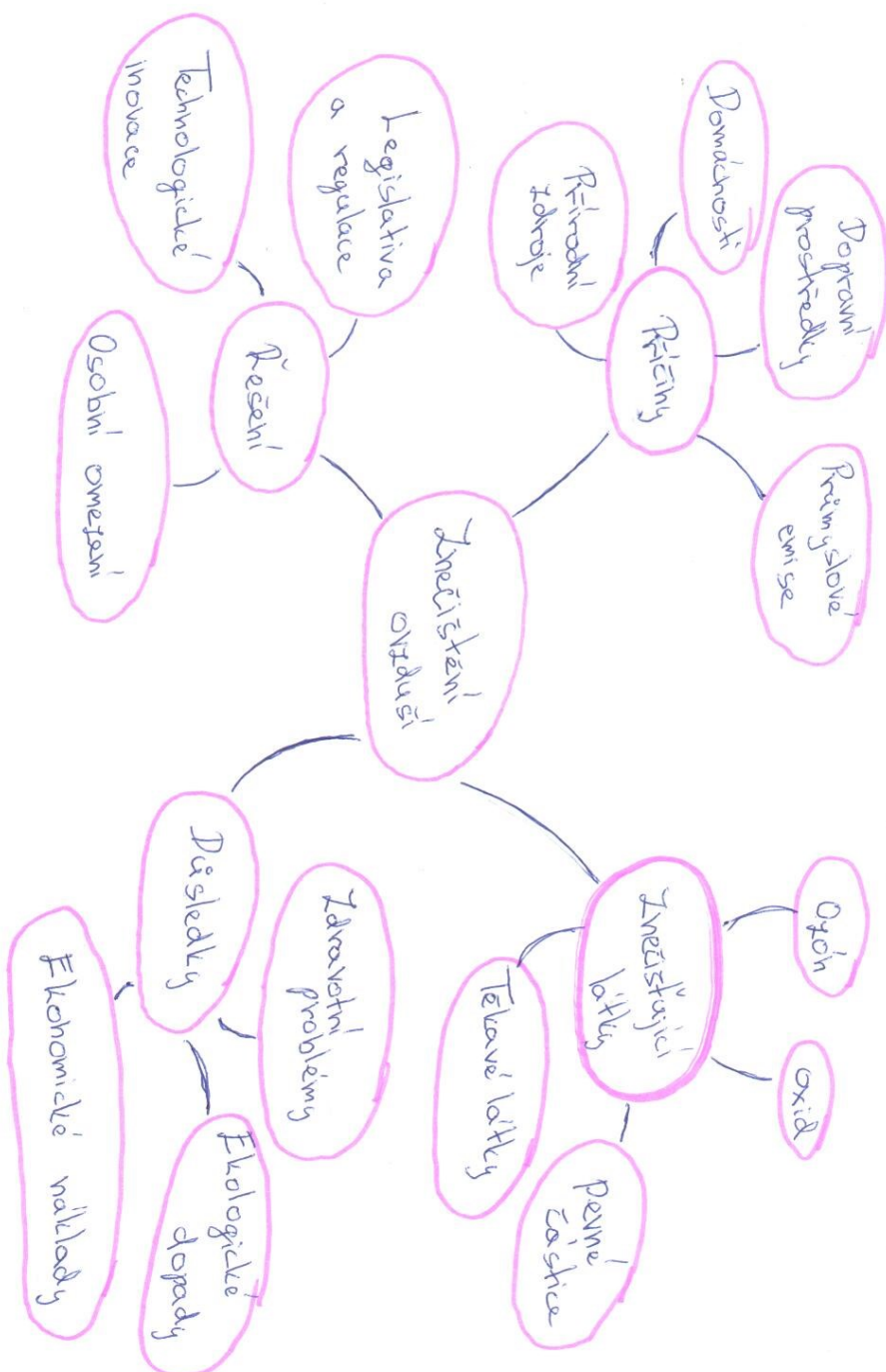
délka dožití školní prospěch školní jídlo

kvalita života množství zvířat a rostlin

Příloha č. 9: Ukázka nepovedené myšlenkové mapy



Příloha č. 10: Ukázka povedené myšlenkové mapy



Příloha č. 11: Ukázka vyplněná reflexe

NETKA

Závěrečná reflexe k celému výukovému programu

1 Napiš min. 1 věc která Tě během dnešního dne pohltila.	2 Čím se dnešní den odlišoval od normální výuky?	3 Co potřebuješ po dnešním programu ještě prodiskutovat?
4 Co by bylo dobré na programu (kterékoliv části) pro příště změnit?	5 Které informace Ti utkvěly v paměti?	6 Doporučil/a bys dnešní program svému kamarádovi? Případně kterou část programu?
7 Je nějaká otázka, která Ti zůstala v hlavě?	8 Jak hodnotíš svou aktivitu během dne. Mohl/a jsi se zapojit ještě více?	9 Je něco, co se Ti nelíbilo, nebo s tím nesouhlasíš?

Vyber si min. 3 políčka z tabulky, označ si je a zkus na ně co nejpodrobněji a pomocí celých vět odpovědět.

1 FOCEMI TICH LISEJMI KU
2 BYLO TO ZABAVA V NORMA LNI VYUCE SE PISE DOSEŠTU NEBO RYSE A LE DITET NIC TAKOVETO DNEBILLO BYLO TO SVPER
3 DOPORUC OVAEA BYCH TOTIM CODNESKA CHYBI TV HRUBYCH DOPORUCILA ATY LISEJMI KY PROTOZE TO BYLA ZABAVA

ZARUČENÁ STRANA

Příloha č. 12: Ukázka vyplněného pracovního listu

Pracovní list

Znečištění ovzduší

a) Následující okénka si pomocí prezentace doplň a potom nastříhané nalep do sešitu:

Co je to vzduch?

- Atmosféra = vzdušný obal Země
- Nejspodnější vrstva (čistá a suchá)
 - 78% dušik
 - 21% kyslík
 - 1% ostatní plyny

Skleníkový efekt

- Ovlivněný vodní párou v ovzduší
- Způsoben ox. uhlíčitým (CO₂) a methanem (CH₄)
- Plyny vytváří obal, který pomáhá ohřívat planetu
- Únik CO₂ → vulkanická činnost i lidstva činnost
- Únik CH₄ → přírodní procesy tlení i lidská činnost (chov zvířat)

Kyselé deště

- Spalování → plyny Siřky a dusíku
- Plyny dusíku a síry + voda = kyseliny
- Citlivé organismy + kyseliny = ☹️
- Prevence: spalování s filtry

Další znečištění

- rozvoj ovčímocí dýchací soustavy
- vypuštění různých chemikálií do ovzduší → přírodní katastrofy

Narušení ozónové vrstvy

- Ozónová vrstva × UV záření ze slunce
- Díra = více škodlivých UV paprsků
- Poškození kvůli freonům → ztráta freonů

b) Tabulka pro zápis k měřicí stanici:

Částice	Limit	Aktuální
PM2.5	20	3,4
PM10	50	6,7

c) Dle grafu vytvořeného měřením stanice zkus říct, kdy bývá nejhorší kvalita vzduchu:

06:00 6 hodiny ráno

d) Zkus svá pozorování zdůvodnit:

lidé se probouzejí a začínají stavět auta, fabríky, ...

e) Zakroužkuj oblasti, které si myslíš, že jsou ovlivněny kvalitou ovzduší:

délka dožití školní prospěch školní jídlo

kvalita života množství zvířat a rostlin

Příloha č. 13: Herní tabulka na tisk

Úroveň znečištění	Filtrované spaliny	Všechny spaliny
0-10%	50	100
0-10%	50	100
0-10%	50	100
0-10%	50	100
0-10%	50	100
10-20%	40	80
10-20%	40	80
10-20%	40	80
10-20%	40	80
10-20%	40	80
20-30%	30	60
20-30%	30	60
20-30%	30	60
20-30%	30	60
20-30%	30	60
30-40%	20	40
30-40%	20	40
30-40%	20	40

30-40%	20	40
30-40%	20	40
40-50%	10	20
40-50%	10	20
40-50%	10	20
40-50%	10	20
40-50%	10	20
50-60%	0	5
50-60%	0	5
50-60%	0	5
50-60%	0	5
50-60%	0	5
60-70%	-20	-10
60-70%	-20	-10
60-70%	-20	-10
60-70%	-20	-10
60-70%	-20	-10
70-80%	-40	-20
70-80%	-40	-20
70-80%	-40	-20
70-80%	-40	-20

70-80%	-40	-20
80-90%	-60	-30
80-90%	-60	-30
80-90%	-60	-30
80-90%	-60	-30
80-90%	-60	-30
90-100%	