



ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA GEOENVIRONMENTÁLNÍCH VĚD

Dopady antropogenního znečištění olovem na životní prostředí

Impacts of anthropogenic pollution of lead on the environment

Bakalářská práce

Bachelor's thesis

Vedoucí práce: Ing. Anna Kunčíková

Autor práce: Daniel Grund

2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Daniel Grund

Územní technická a správní služba

Název práce

Dopady antropogenního znečištění olovem na životní prostředí

Název anglicky

Impacts of anthropogenic pollution of lead on the environment

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je provést podrobnou rešerši se zaměřením na dopady znečištění olovem, technologie, metodiky, výskyt prvku v ŽP; provést analýzu vybraných vzorků na hmotovém spektrometru a vyhodnotit získaná data.

Metodika

Bakalářská práce bude pojata formou experimentální bakalářské práce. V rešeršní části student podá informace týkající se výskytu Pb v různých složkách životního prostředí a hlavních antropogenních zdrojů prvku. Dále se zaměří na analýzy Pb různými technologiemi a metodami. Nedílnou součástí bude vyhodnocení dopadů zvýšených koncentrací Pb v životním prostředí. Student využije informací především ze zahraničních, a dále pak českých zdrojů. V praktické části student zpracuje dané vzorky ze životního prostředí, provede analýzu obsahu prvku a ze zjištěných dat vyvodí závěry o znečištění a zdrojích.

Doporučený rozsah práce

30 stran

Klíčová slova

olovo, antropogenní znečištění, znečištění životního prostředí

Doporučené zdroje informací

- BENCKO, V. – CIKRT, M. – LENER, J. *Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka*. Praha: Grada, 1995. ISBN 80-7169-150-.
- BENEŠ, S. – ČESKO. MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. *Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí. Část 1, Obsahy, akumulace a kritéria hodnocení prvků v zemědělských půdách*. Praha: Agrospoj, 1993. ISBN 80-7084-051-.
- BENEŠ, S. *Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí. II. část, Vstupy prvků do půd zvětráváním hornin, ... ve srovnání s výstupy erozní činností, podzemními vodami a sklizní zemědělských plodin*. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky v Agrospoj, 1994. ISBN 80-7084-090-0.
- CIBULKA, J. *Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosféře*. Praha: Academia, 1991. ISBN 80-200-0401-7.
- GALUŠKOVÁ, Ivana, Martin MIHALJEVIČ, Luboš BORŮVKA, Ondřej DRÁBEK, Manfred FRÜHAUF a Karel NĚMEČEK. Lead isotope composition and risk elements distribution in urban soils of historically different cities Ostrava and Prague, the Czech Republic. *Journal of Geochemical Exploration*. 2014, 147: 215-221
- KOMÁREK, Michael, Vojtěch ETTLER, Vladislav CHRASTNÝ, Martin MIHALJEVIČ, Ondřej ŠEBEK a Michael KOMÁREK. Lead isotopes in environmental sciences: A review. *Environment International*. 2008, 34(4): 562-577
- KŘEČEK, J. – CIBULKA, J. – ČESKOSLOVENSKO. MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ A VÝŽIVY. *Pohyb olova, kadmia a rtuti v zemědělské výrobě a biosféře*. Praha: SZN, 1986.
-

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Anna Kunčíková

Garantující pracoviště

Katedra geoenvironmentálních věd

Elektronicky schváleno dne 10. 3. 2016

prof. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 17. 3. 2016

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 23. 03. 2016

Prohlášení

*Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma **Dopady antropogenního znečištění olovem na životní prostředí** zpracoval sám. Veškeré prameny a zdroje informací, které jsem použil k sepsání této práce, byly citovány a jsou uvedeny v seznamu použitých pramenů a literatury.*

V Praze dne 1. 4. 2016

.....

Daniel Grund

Poděkování

*Chtěl bych poděkovat paní **Ing. Anně Kunčíkové** za odborné vedení práce, konzultace, rady a připomínky. Dále také panu **Ing. Pavlu Šimkovi, Ph.D.** a všem, kteří mi byli nápomocni s vypracováním této bakalářské práce.*

Abstrakt

Náplní této bakalářské práce je definovat olovo jako toxický prvek, jeho výskyt a vliv na složky životního prostředí (voda, půda, atmosféra), příčiny a dopady znečištění na živé organismy, shrnout informace o bio-indikaci a bio-indikátorech a popsat metodu ke zjištění koncentrací kovů v životním prostředí z nasbíraných vzorků mechů, lišejníků a sněhů z oblasti Ostravska. Součástí práce je experimentální zhodnocení stavu životního prostředí pomocí naměřených koncentrací olova a porovnání naměřených hodnot s jinými autory.

Klíčová slova

emise, kontaminace, olovo, Ostravsko, znečištění životního prostředí

Abstract

The scope of this bachelor's thesis is to define the lead as a toxic element, its occurrence and impact on the environment (water, soil, atmosphere), the causes and effects of pollution on living organisms, to summarize information of bio-indication and bio-indicators and describe the method for detection metal concentrations in environment from collected specimens of mosses, lichens and snow in the Ostrava area. Part of this bachelor's thesis is an experimental evaluation of the environment by using the measured concentrations of lead and comparing the measured values with other authors.

Key words

contamination, emissions, environment pollution, lead, Ostrava

Obsah

1.	Úvod.....	10
2.	Cíle práce	11
3.	Olovo	12
3.1.	Oobecné informace.....	12
3.2.	Výskyt v životním prostředí	13
3.2.1.	Atmosféra.....	15
3.2.2.	Voda	15
3.2.3.	Půda.....	16
3.3.	Vliv na živé organismy.....	16
3.3.1.	Na rostliny.....	16
3.3.2.	Na živočichy.....	16
3.3.3.	Na člověka.....	17
3.4.	Izotopy olova.....	17
4.	Bio-indikace.....	19
4.1.	Rostlinné bio-indikátory.....	20
4.1.1.	Mechy.....	21
4.1.2.	Lišejníky.....	22
4.2.	Sníh.....	23
4.3.	Analýza bio-indikátorů.....	24
4.3.1.	Metoda ICP-MS	24
5.	Metodika	25
6.	Lokality sběru vzorků	30
7.	Prezentace výsledků.....	31
7.1.	Lišejníky.....	31
7.2.	Mechy.....	32

7.3. Sníh.....	33
8. Diskuse.....	34
9. Porovnání výsledků.....	37
9.1. Evropský průzkum	37
9.2. Porovnání s vlastním měřením	39
10. Závěr	40
11. Literatura.....	42
11.1. Použité prameny	42
11.2. Seznam obrázků a tabulek	47
12. Přílohy.....	49

1. Úvod

Životní prostředí je stále častěji diskutovaným tématem. Míra jeho znečištění ovlivňuje celou řadu přírodních procesů a má výrazný vliv na zdraví všech živých organismů. Životní prostředí je tedy nutno udržovat co nejvíce „čisté“ a snažit se ho co nejméně zatěžovat, zejména toxickými kovy, mezi které olovo a další prvky patří.

Kovy se v prostředí vyskytují zcela přirozeně v koncentracích, které jsou pro jednotlivé funkce celého systému přípustné. Zvyšováním těchto koncentrací antropogenními činnostmi dochází k narušování přirozeného systému, což může mít ve výsledku rozsáhlé následky.

V současné době existuje mnoho nástrojů, jak z hlediska technologií, tak i z hlediska legislativních opatření, které slouží ke kontrole, udržení aktuálního a hlavně ke zlepšení budoucího stavu všech složek životního prostředí.

Práce je psána formou experimentální bakalářské práce. Informace uvedené v této práci jsou čerpány z odborných článků, časopisů a literatury publikované na internetu. K samotnému vypracování jsem použil odborné články zabývající se olovem a jeho vlivu na životní prostředí a na člověka nevyjímaje.

V následujících kapitolách jsou popsány základní informace o olovu, jeho vlivu na prostředí a organismy a cesty, kterými se do prostředí dostává a znečišťuje jej. Dále je popsána analytická metoda, pomocí které je možno získat koncentrační data prvků ze vzorků, díky kterým jsme schopni odhadnout jeho množství obsažené v přírodě.

2. Cíle práce

Rámcovým cílem této bakalářské práce je provést podrobnou rešerši se zaměřením na olovo jako toxický prvek, zhodnotit dopady antropogenně vzniklého olova na jednotlivé složky životního prostředí a identifikovat hlavní zdroje znečištění. Dále také provést analýzu životního prostředí, znečištěného v důsledku antropogenních činností, pomocí analytické metody ze vzorků mechů, lišejníků a sněhů získaných z oblasti Ostravska, která je znečištěním postihnutá.

Konkrétní cíle:

1. Zjištění a popsání hlavních příčin znečištění životního prostředí
2. Popis analytické metody a bio-indikace
3. Analýza vzorků mechů, lišejníků a sněhů
4. Prezentace a porovnání výsledků praktické analýzy

Vlastním přínosem této bakalářské práce je experimentální zhodnocení aktuálního stavu životního prostředí pomocí analýzy vzorků a následné porovnání naměřených hodnot s autory evropského průzkumu, kteří analyzovali jiné oblasti pomocí stejných vzorků a metody.

TEORETICKÁ ČÁST

3. Olovo

3.1. Obecné informace

Olovo, chemická značka Pb (Plumbum), je neesenciální toxický kov s nízkou teplotou tání charakteristický svojí měkkostí a kujností. Patří mezi nejrozšířenější z těžkých kovů. Jak zmiňuje Cibulka (1991), těžké kovy jsou kovy s hustotou vyšší než $4,5 \text{ g/cm}^3$. Olovo patří k nejstarším kovům, které lidstvo zná. Zmínka o olovu je již v knihách Starého zákona (Greenwood et Earnshaw, 1993).

Díky své měkkosti, kujnosti a nízké teplotě tání se stává snadno zpracovatelným kovem. Hlavní předností olova je schopnost pohlcovat rentgenové záření. Z tohoto důvodu se předně používá k odstínění zdrojů škodlivého záření hlavně v lékařství či chemických a fyzikálních aparaturách.

Biogeochemický cyklus olova je do značné míry ovlivněn člověkem. Olovo vstupuje do prostředí zejména při průmyslové činnosti (hlavně důlní a hutní), při likvidaci olovnatých sloučenin, při spalování fosilních paliv zejména uhlí a v minulosti bylo významným zdrojem olova i spalování olovnatého benzínu (Komárek et al., 2008).

Olovo přirozeně vzniká půdotvornými procesy (Beneš, 1994). Tvoří mnoho minerálů, kde nejvýznamnějším a nejznámějším je černý minerál galenit, sulfid olovnatý (PbS). Ve všech známých minerálech se olovo vyskytuje ve formě kationtu Pb^{2+} .

Využití olova je především ve spojení s dalšími kovy, se kterými vytváří slitiny s potřebnými vlastnostmi k jejich dalšímu použití. Nejznámějším využitím je výroba olovených akumulátorů, munice či závaží. V minulosti se využívalo jako přísada olovnatých benzínů (Greenwood et Earnshaw, 1993; Bencko et al., 1995).

Tab. č. 1: Základní vlastnosti olova (Greenwood et Earnshaw, 1993)

Atomové číslo	82
Počet přírodních izotopů	4
Atomová hmotnost	207,2
Elektronegativita	1,9
Teplota tání	327 °C
Teplota varu	1751 °C
Hustota při 20 °C	11,342 (g/cm ³)

3.2. Výskyt v životním prostředí

Odhady emisí olova z jednotlivých zdrojů ukazují, že atmosféra je hlavním počátečním příjemcem. Antropogenní zdroje jsou několikanásobně vyšší než zdroje přírodní. Již ve starém Egyptě (7000 – 5000 př. n. l) se olovo používalo ke glazování keramiky či k udržení vlhkosti podloží babylonských zahrad, které se pokrývalo olověnými plechy. Široce využívali olovo i Římané při výstavbách vodovodů a kanalizací, kteří ho během čtyř století vytěžili kolem 6 – 8 miliónů tun (Shiharata et al., 1980; Greenwood et Earnshaw, 1993).

Na počátku 20. století se produkovalo až 1 milion tun olova ročně. K tomuto zvýšení došlo v důsledku nově vznikajících průmyslových činností spolu se zavedením olovnatého benzínu v roce 1940. V letech 1960 až 1970 se olovnatý benzín stal nejvýznamnějším antropogenním zdrojem znečištění atmosféry olovem po celém světě (Shiharata et al., 1980).

Zdroje kovů lze rozdělit do dvou skupin, a to na zdroje přírodní a na zdroje antropogenní (Fargašová, 2009).

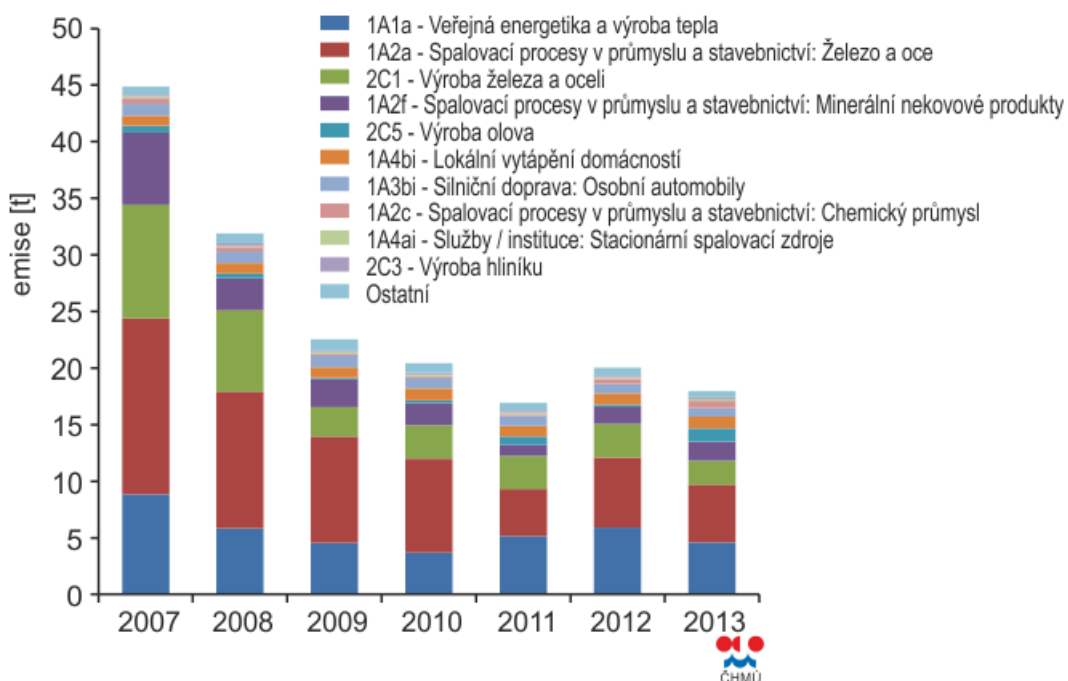
Přírodní zdroje:

- Vulkanická činnost
- Mořská voda
- Biogenní zdroje
- Lesní požáry

Antropogenní zdroje:

- Hornictví, hutnictví
- Spalování fosilních paliv
- Doprava
- Hnojiva

Obrázek č. 1 znázorňuje vývoj a rozdělení hlavních zdrojů emisí olova v letech 2007 – 2013. Dle hodnot lze usoudit klesající trend, postupné snižování emisí vstupujících do životního prostředí.



Obr. č. 1: Vývoj celkových emisí olova 2007 - 2013 (URL 1)

Problematika znečištění životního prostředí těžkými kovy úzce souvisí s jejich charakteristickou vlastností, kumulací v půdě či rostlinném a živočišném materiálu (Holoubek, 2006). Koloběh kovů znázorňuje obrázek č. 2.



Obr. č. 2: Koloběh kovů v přírodě (Holoubek, 2006)

3.2.1. Atmosféra

Přirozený výskyt olova v atmosféře je ve formě prachu, kouře ze spalování či aerosolů vznikajících z vypařování mořské vody. Emise olova ze zmíněných zdrojů jsou téměř zanedbatelné. Bencko et al. (1995) zmiňuje 0,005 - 0,006 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Kubizňáková (1991) uvádí, že emise vznikající v důsledku lidské činnosti jsou až 17x vyšší než emise z přírodních zdrojů, kde největšími zdroji je především spalování fosilních paliv a hutní průmysl. Faktory, které ovlivňují koncentrace olova v atmosféře, jsou teplota, vítr i roční období (Kim et Ferguson, 1994). Limitní koncentrací olova v atmosféře je, dle Světové zdravotnické organizace (WHO), hodnota 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dle CHMU (2014) jsou koncentrace olova velmi nízké a nedosahují ani z poloviny imisního limitu.



Obr. č. 3: Roční průměrné koncentrace olova v ovzduší v období 2004 - 2014 (URL 1)

3.2.2. Voda

Koncentrace kovů ve vodním prostředí jsou ovlivňovány koncentracemi kovů v půdě. Samotná forma kovu, který se ve vodním prostředí vyskytuje, závisí na charakteristice prostředí. Konkrétně na jeho chemickém složení, pH či obsahu aniontů, díky kterým se mohou ve vodě tvořit složitější sloučeniny (Svobodová, 1991; Bencko et al., 1995). Olovo je charakteristické tím, že se snadno váže na pevné částice obsažené ve vodě. Při analýzách znečištění vodního prostředí

je tedy vhodné zaměřit se na sedimenty než na samotné koncentrace rozpuštěné ve vodě (Svobodová, 1991).

3.2.3. Půda

Olovo se přirozeně vyskytuje v půdě v koncentracích mezi 2 – 300 mg/kg. Běžný výskyt kolem 10 - 20 mg/kg v závislosti na lokalitě či typu půdy. Nejvyšší koncentrace nacházíme v prvních 5 cm půdy. S narůstající hloubkou jeho obsah klesá. Nejvíce je olovo v půdě zastoupeno kationtem Pb^{2+} , kde největší zastoupení má olovo ve vyvěřelých horninách kyselého charakteru. V půdě je olovo téměř nepohyblivé z důvodu malé rozpustnosti jeho solí (Richter, 2004).

Výskyt olova i jiných kovů v půdě je od výskytu ve vzdušném a vodním prostředí zcela odlišný. Znečištění kovy má tedy spíše lokální charakter. Vstup i pohyb kovů v této složce životního prostředí má zcela jiné parametry, což je důsledek jeho delšího setrvání a účasti v půdních procesech. Při samotném vstupu toxického kovu do půdy dochází k fyzikálně-chemickým změnám, které mohou toxicitu kovu značně změnit na obě strany (Beneš, 1993).

3.3. Vliv na živé organismy

3.3.1. Na rostliny

Rostliny přijímají olovo především z atmosféry, v menší míře pak z půdy. Uvádí se, že 40 – 80 % olova do rostlin vstupuje pomocí otevřených průduchů v listech. Mezi negativní znaky, působící na rostliny, se řadí zakrslost, usychání listů, poškození kořenů či snížení reprodukčních schopností (Domažlická, 1991).

3.3.2. Na živočichy

Vliv olova na živočichy je rozdílný u vodních a suchozemských druhů. Vodní organismy nejčastěji přicházejí do styku s olovem prostřednictvím trávicí a dýchací soustavy a kůží. Významným faktorem, který ovlivňuje množství olova, které se do těla živočichů dostává, je pH a teplota vody. Například pro zooplankton je olovo

silně toxické již při koncentracích vyšších než 0,1 mg/l, kdy dochází k úhynu (Svobodová, 1991).

Do organismu savců, včetně člověka, olovo vstupuje především dýchacím ústrojím a dále pak trávicí soustavou. Stejně tak snadný je i průnik z těla matky na plod. Závislost vstřebávání olova do organismu závisí na mnoha faktorech a nerozhoduje tak pouze množství, které je v prostředí aktuálně obsaženo, ale i na fyzikálně-chemických vlastnostech olovnatých sloučenin, fyziologickému stavu organismu, věku atp. Známymi negativními účinky jsou změny v chování, vliv na reprodukci (nižší počet mláďat), a také může docházet ke krevní anémii (Bencko et al., 1995).

3.3.3. Na člověka

Člověk s olovem přicházel do styku již hluboko v minulosti. Olovo bylo často využíváno jako materiál trubek pro kanalizace a rozvody vody. V důsledku tohoto využití olovo lehce intoxikovalo pitnou vodu a docházelo tak k častým otravám obyvatelstva (Tichý, 2003; Navrátil et Rohovec, 2006). Hlavní formou vniku olova do těla člověka, jak už bylo zmíněno v kapitole 3.3.2, je dýchacím ústrojím, nepatrně pak kůží či potravou (Beneš, 1994).

Mezi projevy otravy olovem patří zvracení, nevolnost či bolesti břicha. Při vysoké intoxikaci organismu může dojít i ke smrti. Často dochází ke hromadění olova v kostech. Karcinogenní účinky olova postihují především plíce a ledviny. Negativní účinky má též na srdce a s ním spojený krevní tlak, který se zvyšuje. Nízké dávky olova jsou nebezpečné zejména pro děti, u kterých se mohou projevit poruchy psychiky či zpomalení vývoje (Bencko et al., 1995).

3.4. Izotopy olova

Izotopy jsou označovány prvky, které se od sebe liší počtem neutronů v atomovém jádře. Izotopy tedy mají stejné protonové číslo, ale odlišné nukleonové. Jejich chemické vlastnosti jsou prakticky totožné, naopak fyzikální vlastnosti se podstatně liší. Příkladem může být hmotnost či stálost.

Olovo se v prostředí vyskytuje ve čtyřech izotopech: (v závorce procentuální zastoupení)

- ^{208}Pb (52%),
- ^{207}Pb (23%),
- ^{206}Pb (24%),
- ^{204}Pb (1%).

Izotopy ^{208}Pb , ^{207}Pb a ^{206}Pb jsou stabilními produkty přirozeného rozpadu radioaktivních izotopů uranu a thalia ^{238}U , ^{235}U a ^{232}Th . Izotop ^{204}Pb je jediným přirozeným izotopem s konstantním množstvím na Zemi (Komárek et al., 2008). Hojnost izotopů olova ve vzorcích závisí tedy striktně na koncentracích prvotních izotopů Pb, U a Th, a délky poločasu jejich rozpadu. Radioaktivní izotopy olova ^{210}Pb s poločasem rozpadu 22 let, dále ^{212}Pb (10 hodin) a ^{214}Pb (26,8 minut) jsou využívány k různým experimentům (Sanchez-Cabeza et al., 2007). Zejména pak izotop ^{210}Pb , který je díky svému dlouhému poločasu rozpadu využíván k datování stáří ledovců či zkoumání sedimentů a rašelinišť (Shoty et al., 1996).

4. Bio-indikace

K výrazné změně chemického složení atmosféry došlo velkou měrou po průmyslové revoluci. Z důvodu negativních účinků znečištění ovzduší na životní prostředí, včetně lidského zdraví, představuje sledování znečištění ovzduší v městských a průmyslových oblastech jeden z hlavních zájmů vědců současné doby. Monitorování kvality ovzduší je složité z několika důvodů, jako je například velký počet potenciálně nebezpečných látek, časové a prostorové změny koncentrací znečišťujících látek či vysoké náklady analytických instrumentů. Proto byla v posledním desetiletí věnována zvýšená pozornost k bio-monitorování kvality ovzduší. Bio-monitorovací techniky využívají živé organismy buď pasivně, na základě různých citlivostí živých organismů ke znečištění ovzduší, nebo aktivně prostřednictvím svých schopností akumulovat znečišťující látky ve tkáních (Gerdol et al., 2002).

Hodnocení stavu ekosystémů je závislé na celé řadě faktorů. K posuzování vazeb mezi výskytem a chováním druhů, jejich fyziologickými pochody, morfologickými znaky a dynamikou populací se začalo využívat metod tzv. biologické indikace, která nese informace ohledně přítomnosti některých činitelů a následného odrazu na živých organismech. Bio-indikační metody se začaly uplatňovat v tzv. ekologickém monitorování prostředí, kde ke komplexnímu posouzení stavu ekosystému nelze spoléhat jen na údaje poskytnuté pomocí bio-indikátorů. Bio-indikátory jen stěží určí konkrétního znečišťujícího činitele z toho důvodu, že mnoho sledovaných reakcí není dostatečně specifických (Vávrová, 2004).

Organismy zvané jako bio-indikátory, jsou takové organismy, které na cizorodé látky reagují změnami životních projevů nebo tyto látky vstřebávají (Honzík, 1997).

Bio-indikátory by měly splňovat základní vlastnosti:

- výskyt ve všech podmínkách v dostatečném počtu,
- včasné reakce na antropogenního činitele,
- tolerance vůči antropogennímu činiteli,
- dlouhá doba života,
- dostatečná velikost organismů,
- rychlý metabolismus,
- nesmí být ovlivněny pěstováním a chováním v umělých podmínkách,
- stálost fyziologických hodnot (Vávrová, 2004).

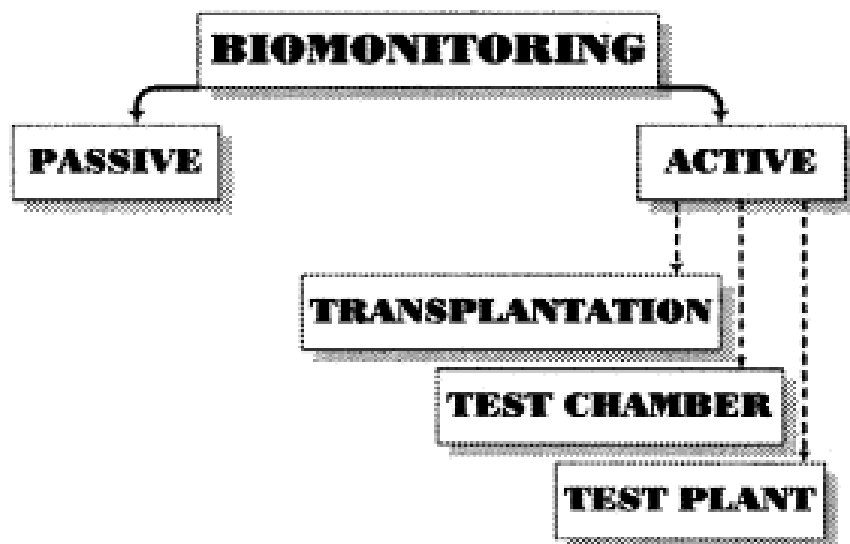
4.1. Rostlinné bio-indikátory

Rostlinné bio-indikátory se dělí na:

- pasivní,
- aktivní,
- akumuláčn
- reakční.

Pasivní bio-indikace je dělena na schopnost selektivního poškození rostlinných částí (reakční) a akumulaci látek v rostlinách (akumulační). Aktivní bio-indikace je založena na vystavení rostlin vlivům prostředí. Ty pak akumulují látky (akumulační) nebo dochází k poškození rostliny (reakční) (Honzík, 1997).

Szczepaniak et Biziuk (2003) uvádí, že aktivní bio-monitoring zahrnuje vystavení přesně stanovených druhů za kontrolovaných podmínek, na rozdíl od pasivního bio-monitoringu, který využívá sledování či chemické analýzy původních rostlin. Aktivní se dále dělí na transplantaci, testování rostlin a analýzy ve zkušební komoře.



Obr. č. 4: Členění metod bio-monitoringu (Szczepaniak et Biziuk, 2003)

Obecně platí, že u pasivního bio-monitoringu existuje hlavní nevýhoda, která spočívá v procesech zdrojů znečištění působících stejnou dobu a není tak možné je od sebe oddělit a snažit se najít jeden konkrétní.

Mechy i lišejníky jsou celoročně dostupnými rostlinami a díky tomu hojně využívány k bio-indikaci. Tyto druhy se řadí do skupiny stálezelených rostlin, tedy rostlin neměnicí svou morfologii v průběhu roku, a tak jejich hlavní výhodou je možnost využití po celý rok (Szczepaniak et Biziuk, 2003).

Z lesních dřevin jsou významnými druhy, používanými jako indikátory, habr či dub, kde zejména některé druhy dubu se primárně využívají ke sledování kontaminací olovem (Vávrová, 2004).

4.1.1. Mechy

Mechy jsou zelené rostliny, které se s největší pravděpodobností vyvinuly ze zelených řas. Hlavní charakteristikou mechů je, že mohou bez problémů růst na různých podkladech např. na skalách, na kůře stromů, na dřevu, a dokonce i na výkalech. Pro mechy rostoucí na kůře stromů existuje samostatný název, epifyty. Morfologie mechů se s ročním obdobím nemění a jsou tak schopny, jak už bylo zmíněno, udržet a hromadit škodliviny v průběhu celého roku. Dokáží přijímat vodu a minerální látky celým svým povrchem, ale z důvodu absence ochranné funkce proti vysychání jsou závislé na pravidelné srážky (Weber, 2007).

Náhradním řešením je tvorba hustých trsů, které jsou schopny dobře udržet vodu a vlhkost a zabraňovat tak jejímu odtoku ze stanoviště (Rosypal, 1992).

Při nedostatečných srážkách a následném vysychání jsou schopny zpomalit metabolismus a přežít tak suché období do té doby, než spadnou srážky nové. Zástupci mechů v ekosystémech, a celkově v celé krajině, hrají důležitou roli. Nejen že zastupují roli primárních producentů, ale také zaujímají další důležité funkce jako např. ochrana půdy před erozí, prostředí pro drobné organismy či mohou sloužit jako stavební materiál pro hnízda vyšších organismů (Weber, 2007).

Mechy, jako rostlinné bio-indikátory, jsou široce používané k hodnocení atmosférické depozice těžkých kovů a radionuklidů obsažených v životním prostředí. Vzhledem k tomu, že nemají kořenový systém, jsou závislé na vstřebávání živin z povrchu, přičemž v nich dochází k hromadění radioaktivního spadu a těžkých kovů z atmosféry. Z důvodu tohoto hromadění látek uvnitř organismů se často používají pro bio-monitoring prostředí. Akumulační stupeň těchto organismů je mnohem vyšší než u cévnatých rostlin rostoucích ve stejných stanovištích, což odůvodňuje to, že některé druhy byly široce používány v celostátních průzkumech (Bargagli et al., 1995; Berg et al., 1995; Figueira et al., 2002).

4.1.2. Lišejníky

Lišejníky patří do podříše nižších rostlin, rostlin stélkatých. Lišejníky jsou tvořeny dvěma samostatnými organismy, proto jsou nazývány jako složené organismy. Prvním z nich je lišejníková houba (mykobiont), druhým je sinice nebo zelená řasa (fytobiont). Společně žijí v symbióze a tvoří tak vysoce morfologicky i fyziologicky rozdílnou jednotku. Výhoda této symbiózy spočívá v zajištění příznivějších podmínek k životu (Rosypal, 1992).

I když jsou lišejníky odolné vůči přírodním extrémům, jsou zároveň velmi citlivé na znečišťující látky v životním prostředí. Vlastnosti jako dlouhověkost, pomalý růst a stavba stélky, která postrádá ochranné struktury, a tím se stává snadno narušitelnou vůči změnám v prostředí, jsou významné z hlediska využití jako bioindikátorů (Skalka, 2004).

Z důvodu absence kořenového systému, který vyšším rostlinám umožňuje získávat živiny z půdy, jsou lišejníky závislé na získávání živin z atmosférických zdrojů. Protože obsah živin v atmosféře je značně nižší než obsah živin v půdě, došlo u lišejníku k vývinu mechanismů, které jsou schopny efektivně tyto zdroje živin z atmosféry využívat. Na základě těchto mechanismů je založen bio-monitoring pomocí lišejníků (Nieboer et al., 1978).

4.2. Sníh

V posledních několika desetiletích se složité procesy probíhající v atmosféře, včetně jejich dopadů na změnu klimatu, vodní a půdní systémy či lidské zdraví, staly více transparentní díky oblasti chemie zkoumající sníh (Steffen et al., 2002). Sněhová pokrývka hraje důležitou roli v biogeochemickém cyklu různých nečistot, a může tak působit jako jejich zdroj nebo dočasný zásobník (Dommergue et al., 2003).

Průkopnickou studií v oblasti sněhové chemie se stala práce Murozumihio et al. (1969), kde zjistil, že sníh a led mohou být použity k monitorování průmyslových emisí. Murozumi shromažďoval vzorky sněhu v Grónsku a zjistil zvyšující se obsah olova ve sněhových vrstvách.

Sníh se považuje za ideální médium k pozorování ukládání znečišťujících látek z atmosféry. Koncentrace nečistot v ovzduší bývají nejvyšší v zimním období (Kuoppamäki et al., 2014). Sněhové vločky mohou akumulovat více organických a anorganických znečišťujících látek z ovzduší než dešťové kapky, a to z důvodu jejich větší plochy a pomalejší rychlosti pádu (Cereceda-Balič et al., 2012).

Koncentrace rozpuštěných prvků v rozpuštěném a filtrovaném sněhu mohou být použity pro odhad ukládání prvků v zimním období (Walker et al., 2003). Odběr vzorků sněhu umožňuje geochemické pozorování rozsáhlého území a poskytuje informace o aktuálním znečištění ovzduší s tou výhodou, že dříve vzniklé znečištění povrchu nemá žádný vliv na aktuální sněhovou pokrývku (Gregurek et al., 1998).

Monitoring atmosférické depozice je ve srovnání s přímým monitoringem výhodnější díky snadno a levně dostupným vzorkům (Gregurek et al., 1998; Cereceda-Balič et al., 2012). Analýzy chemického složení sněhu poskytují užitečné

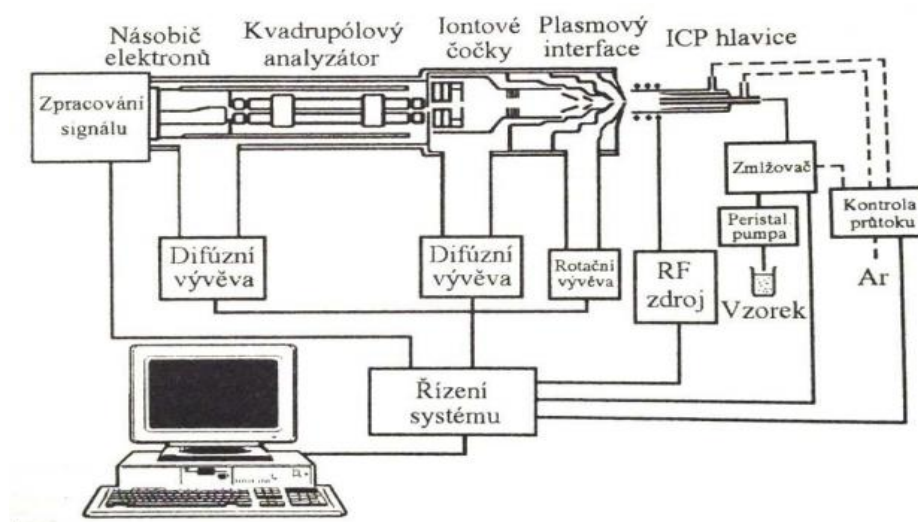
informace o dlouhém dosahu a rozptylu antropogenních látek vypouštěných do ovzduší (Kuoppamäki et al., 2014).

4.3. Analýza bio-indikátorů

4.3.1. Metoda ICP-MS

Metoda ICP-MS (Inductively coupled plasma mass spectrometry) využívá spojení indukčně vázané plazmy s hmotnostní spektrometrií. Princip metody spočívá v použití budícího zdroje jako zdroje iontů pro hmotnostní spektrometr, který následně odděluje a vymezuje ionty dle jejich hmotnosti. Molekuly analyzované látky jsou ionizovány a rozštěpeny na soubor fragmentů, které se od sebe liší poměrem jejich hmotnosti a náboje. Takto vzniklé druhy fragmentů a jejich zastoupení v souboru lze využít k identifikaci látky, která je těmito vlastnostmi charakteristická (Němcová et al., 2004; Opekar et al., 2005).

Díky této technice lze analyzovat téměř všechny prvky periodické soustavy. Rozšíření metody nastalo až v posledních 20 letech, kdy byly vyřešeny některé technické problémy s vytvářením vakua o tlaku řádově 10^{-5} Torru a dosažením konstantních podmínek v argonovém plazmatu (Jarvis et al., 1997).



Obr. č. 5: Schéma přístroje (Němcová et al., 2004)

PRAKTICKÁ ČÁST

5. Metodika

Koncentrační analýzy použité pro zjištění obsahu prvků ve vzorcích byly provedeny pomocí hmotnostního spektrometru s indukčně vázaným plazmatem (iCAP Q, Thermo Fisher Scientific). Konkrétně se jedná o vzorky mechů, lišejníků a sněhů nasbíraných z oblasti Ostravska. Zástupci mechů a lišejníků, které byly použity k provedení měření, jsou **travník Schreberův** (*Pleurozium schreberi*) viz obrázek č. 6 a **terčovník tenouký** (*Physcia tenella*) viz obrázek č. 7.



Obr. č. 6: Travník Schreberův (URL 2)



Obr. č. 7: Terčovník tenouký (URL 3)



Obr. č. 8: Sběr vzorků - Bohumín (zdroj: Ing. Pavel Šimek, Ph.D.)

Postup provedení metody byl následující. Po nasbírání všech potřebných vzorků bylo nutné vzorky vysušit. Samotné sušení je u této metody časově nejnáročnější operací a to z toho důvodu, že vzorky musí být zcela usušené, aby se daly dále zpracovat. Sušení probíhalo při teplotě 85 °C po dobu 5 dnů. Po této době se vzorky zdály být již dostatečně suché na to, aby bylo možno přejít k dalšímu kroku, k drcení. Po vyloučení vzájemné kontaminace vzorků probíhá drcení jednotlivých vzorků ve hmoždíři, který je po rozdrcení vzorku umyt demineralizovanou vodou.



Obr. č. 9: Příprava vzorků (zdroj: autor)



Obr. č. 10: Drcení (zdroj: autor)

Před zpracováním vzorků bylo nutné nejprve lišejníky oddělit od zbytků kůry, mechy ručně přebrat a odstranit zbytky cizích částic a rostlin, aby byla zajištěna čistota vzorku. Během drcení je vhodné získat co nejvíce materiálu. Každé měření probíhá ve dvou replikách pro zajištění správnosti výsledků. Z nadrceného materiálu byly pomocí pinzety odstraněny zbývající cizí částice a poté byl čistý materiál vložen do mikro-zkumavek o objemu 5 ml (typ Eppendorf).



Obr. č. 11: Oddělení nežádoucích částí (zdroj: autor)



Obr. č. 12: Nadrcený materiál (zdroj: autor)



Obr. č. 13: Vkládání do zkumavek (zdroj: autor)

V následujícím kroku bylo potřeba vzorky navážít na analytické váze a vložit je do teflonových nádobek o objemu 60 ml (PFA, Savillex), které jsou pro kyselinový rozklad vzorků vhodné díky tomu, že teflonový povrch nijak nereaguje s kyselinou, a tím nedochází k ovlivnění složení vzorků. Hmotnost jednotlivých vzorků je v metodě stanovena na $0,250 \text{ g} \pm 0,005 \text{ g}$. Od každého vzorku byly připraveny dvě nádobky se shodným množstvím materiálu.



Obr. č. 14: Zkumavky se vzorky (zdroj: autor)



Obr. č. 15: Vážení vzorků (zdroj: autor)

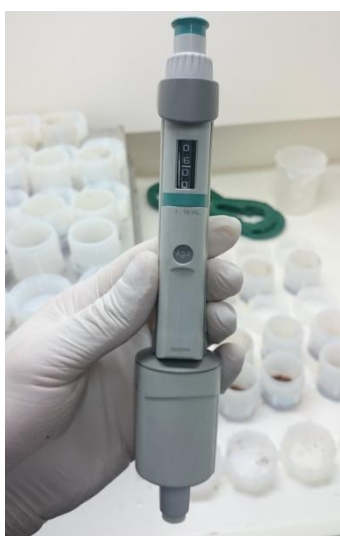


Obr. č. 16: Vzorek (zdroj: autor)

Po dokončení vážení začala práce s kyselinami. Jednalo se o kyselinu dusičnou (HNO_3) a kyselinu fluorovodíkovou (HF). Do každé kádinky se odměřilo pomocí automatické pipety 6 ml HNO_3 a poté 2 ml HF. Takto připravené vzorky se uzavřely pomocí speciálních kleští, aby byl zajištěn dostatečný tlak při rozkladu vzorků. Vzorky byly zahřívány 24 hodin na plotně při teplotě $150\text{ }^\circ\text{C}$. Po uplynutí 24 hodin byly nádoby otevřeny a směs rozloženého vzorku a kyselin byla postupně odpařována do poslední kapky. Po odpaření se vzorek dolil 25 ml 2% HNO_3 a následně přelil do kyselinou vyčištěných 30ml lahvíček (Nalgene). Takto připravené vzorky byly analyzovány pomocí ICP-MS.



Obr. č. 17: Příprava na kyselinu (zdroj: autor)



Obr. č. 18: Pipeta (zdroj: autor)



Obr. č. 19: Kyselina dusičná (zdroj: autor)

U vzorků sněhu nejprve probíhal sběr do dvou litrových plastových nádob na každé lokalitě tak, aby se nenabrala horní (zmrzlá) vrstva sněhu. Vzdálenost mezi jednotlivými odběry na jedné lokalitě byla 10 - 30 metrů. Vzorky se nechaly při pokojové teplotě roztát. Poté se slily dohromady a nechaly se na plotně v teflonových nádobkách (PFA, Savillex) odpařovat, dokud objem neklesl z původních cca 600 ml na 10 ml, po dobu cca 10 hodin.



Obr. č. 20: Sběr vzorků sněhu (zdroj: Ing. Pavel Šimek, Ph.D)

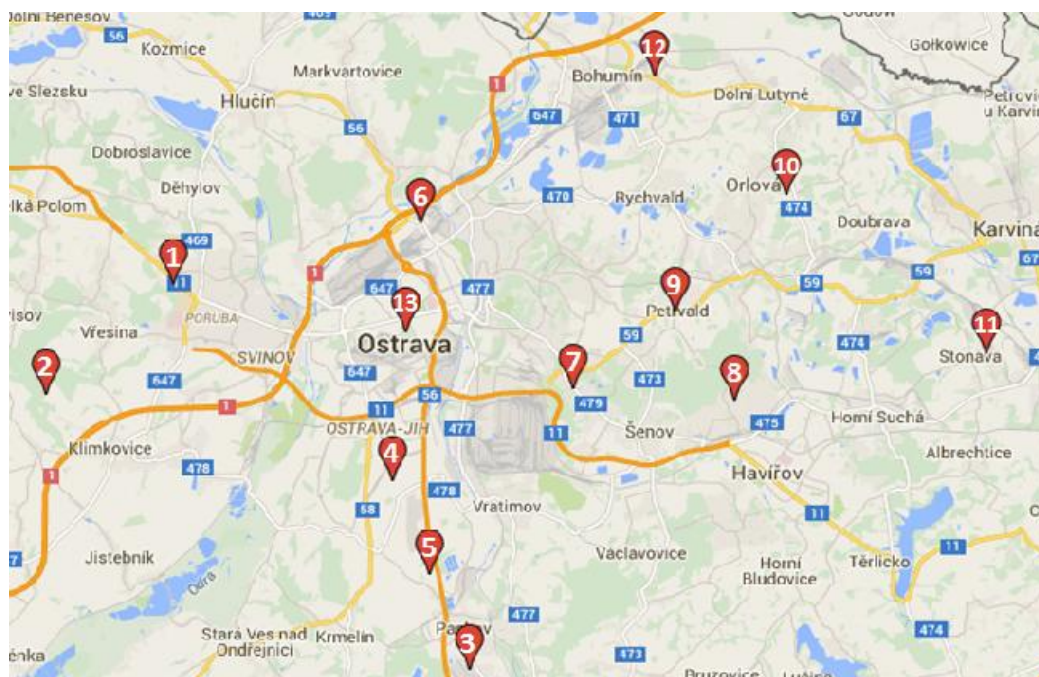
Takto připravené vzorky se mineralizovaly (odstranění organických částí) pomocí směsi 6 ml HNO_3 , 3 ml HCl a 1 ml HF v těsně uzavřených teflonových nádobkách při 150 °C po dobu 24 h. Po mineralizaci se vzorky nechaly odpařit do poslední kapky a poté byly dolity 25 ml 2% HNO_3 . Takto připravené vzorky se analyzovaly pomocí ICP-MS.

6. Lokality sběru vzorků

Lokality, na kterých probíhal sběr a následná analýza, byly vybrány ve spolupráci se Zdravotním ústavem v Ostravě. V blízkosti těchto míst má Zdravotní ústav své monitorovací stanice, pomocí kterých monitoruje kvalitu ovzduší v místech, která jsou znečištěním postížena ve větší míře. Tabulka č. 2 znázorňuje seznam a obrázek č. 21 geografické rozmístění 13 lokalit, ze kterých byl proveden sběr vzorků **mechů, lišejníků a sněhů**.

Tab. č. 2: Lokality (zdroj: autor)

Číslo lokality	Název lokality
1	Ostrava - Poruba
2	Klimkovice
3	Paskov
4	Dubina
5	Nová Bělá
6	Ostrava - Přívoz
7	Ostrava - Radvanice
8	Haviřov - Šumbark
9	Petřvald
10	Orlová
11	Stonava
12	Bohumín
13	Mariánské Hory



Obr. č. 21: Geografické rozmístění lokalit (zdroj: URL 4, upraveno autorem)

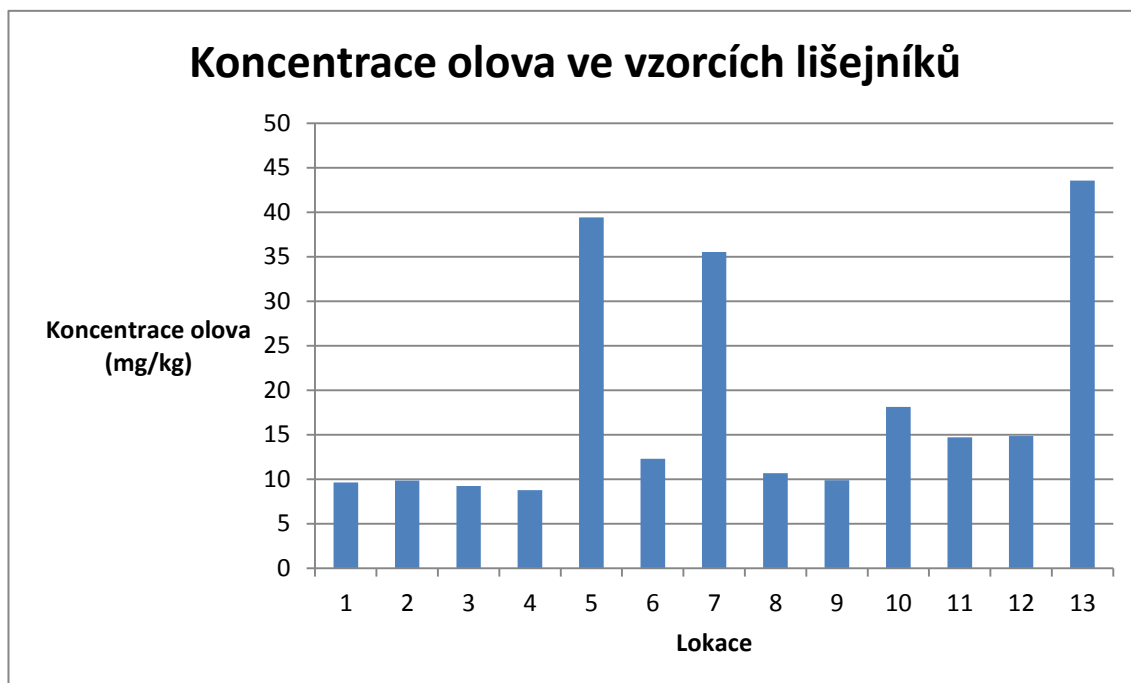
7. Prezentace výsledků

Výsledky jsou prezentovány přehledně v grafech, které znázorňují hodnoty koncentrací olova naměřených v jednotlivých druzích vzorků, na základě lokace sběru. Tabulky s úplnými číselnými daty jsou součástí příloh č. 1, 2 a 3.

7.1. Lišejníky

Hodnoty koncentrací olova naměřených ve vzorcích lišejníků jsou uvedeny v jednotkách miligramů na kilogram vzorku.

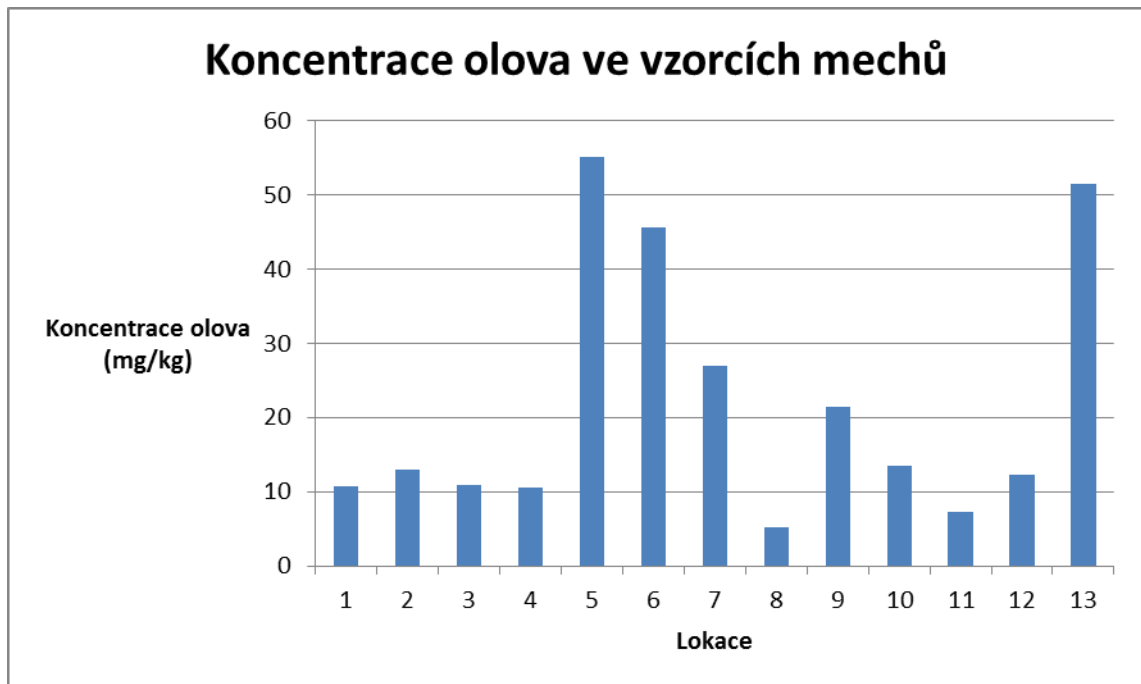
Ze všech naměřených hodnot lze vyvodit, že koncentrace olova ve vzorcích značně ovlivňuje jejich původní lokace. Nejpostiženější oblastí na znečištění, tedy oblastí s nejvyšší naměřenou koncentrací olova, je oblast **Mariánské Hory** (43,6 mg/kg). V opačném případě, tedy nejnižší koncentrace, byla naměřena v oblasti **Dubina** (8,8 mg/kg), viz příloha č. 1.



Obr. č. 22: Hodnoty Pb - lišejníky (zdroj: autor)

7.2. Mechy

Výsledky měření mechu vyšly následovně. Maximální hodnotu koncentrace zastupuje vzorek z oblasti **Nová Bělá** (55,1 mg/kg), minimum pak vzorek z oblasti **Havířov – Šumbark** (5,2 mg/kg), viz příloha č. 2.

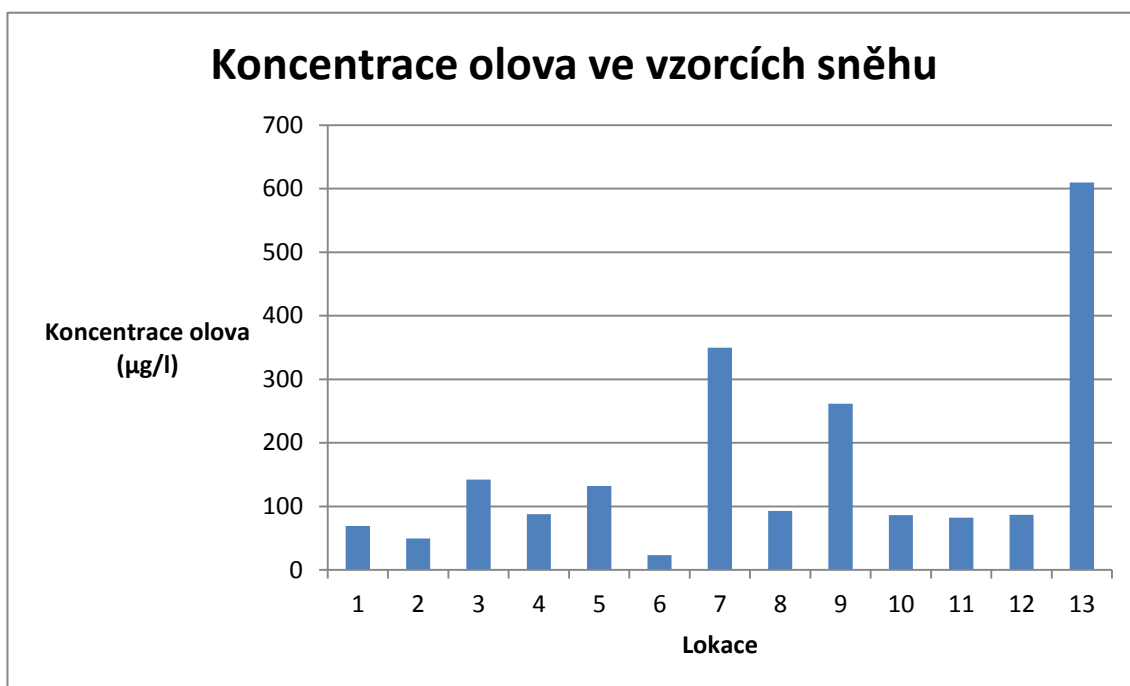


Obr. č. 23: Hodnoty Pb - mechy (zdroj: autor)

7.3. Sníh

U vzorků sněhů je tomu zcela jinak. Ať už výsledné hodnoty z daných lokalit, tak je nutné upozornit na odlišný způsob interpretace výsledků. Na obrázku č. 24 jsou hodnoty uvedeny v mikrogramech na litr sněhu.

Nejvyšší hodnota byla naměřena v oblasti **Mariánské Hory** (609,5 $\mu\text{g/l}$), naopak nejnižší v oblasti **Ostrava – Přívoz** (23,4 $\mu\text{g/l}$), viz příloha č. 3.



Obr. č. 24: Hodnoty Pb - sníh (zdroj: autor)

8. Diskuse

Všechny naměřené hodnoty ze všech lokalit poukázaly na zajímavé zjištění, že se vzdáleností několika málo kilometrů se koncentrace ve vzorcích podstatně lišily. Konkrétním příkladem jsou již zmíněné oblasti minima a maxima u výsledků lišejníků, **Dubina** a **Mariánské Hory**, kde v druhé jmenované oblasti byl naměřen 5 násobek koncentrace olova než v oblasti Dubina.

Dalším příkladem mohou být výsledky u vzorků sněhů, kde na lokalitách **Mariánské Hory** a **Ostrava – Přívoz** byl rozdíl až 26 násobný.

Tento jev lze vysvětlit již ze samotného procesu znečištění prostředí, kde významnými faktory ovlivňující koncentrace jsou **vítr** a **teplota**. Oba faktory jsou charakteristické vysokou diferencí na relativně malé ploše.

Dalším zajímavým poznatkem měření je srovnání olova s železem, kdy koncentrace olova ve vzorcích jsou téměř zanedbatelné. Oproti železu až několika tisíci násobně nižší.

Možným vysvětlením může být, že železo se v prostředí vyskytuje přirozeně v mnohem větším množství než ostatní kovy. Z výsledků měření lze také odhalit, že koncentrace olova a železa na sobě nejsou nijak závislé.

Paradox celého měření nastane, pokud porovnáme stejné lokality, ale různé vzorky. Jako příklad může být uvedeno porovnání výsledků lišejníků a mechů s výsledky sněhů z oblasti **Nová Bělá** a **Ostrava přívoz**. Vzorky lišejníků a mechů vykazovaly koncentrace vysoké, zatímco u vzorků sněhů je tomu přesně naopak.

I tento jev lze vysvětlit. Konkrétně odlišným principem akumulace prvků u zmíněných druhů bio-indikátorů. Zatímco lišejníky a mechy dokáží uchovávat prvky za dlouhé časové období, sníh indikuje pouze aktuální znečištění atmosféry v té době, kdy došlo ke srážkám (Anna Kunčíková, I. 2016, in litt.).

Výsledné naměřené hodnoty u všech druhů použitých vzorků ve velké míře ovlivňují již zmíněné faktory, vítr a teplota. Zkoumaná oblast je charakteristická tím, že zde převládá severovýchodní vítr, který zcela jistě dokáže koncentrace na různých místech ovlivnit.

Studie Zdravotního ústavu prokázala, že při smogových situacích pochází až 2/3 znečištění právě z Polska (DPO, 2016). Tato studie zcela jistě potvrzuje vliv větru na přenos znečišťujících látek v atmosféře.

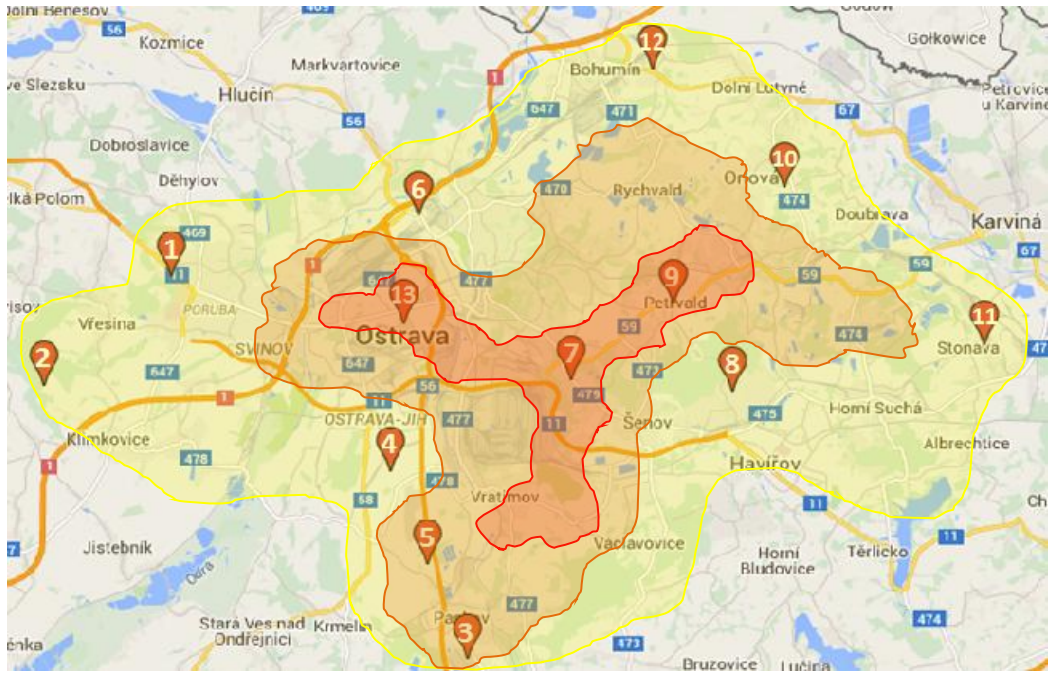
Dalším významným ovlivňujícím faktorem jsou průmyslové podniky nacházející se v blízkosti odběrných míst vzorků a také vysoké množství lokálních topenišť (jednotlivé domy), které v České republice nejsou žádným způsobem regulovány z pohledu legislativy. Stávají se tak zdroji, které významnou měrou přispívají ke znečištění ovzduší v dané oblasti.

Na Ostravsku existuje více než 2100 zdrojů, které znečišťují ovzduší. Z toho více než 400 se nachází na území města Ostravy (DPO, 2016).

Z průmyslových podniků se jedná se např. o:

- ArcelorMittal Ostrava a.s. – závod vysoké pece,
- teplárna společnosti ArcelorMittal Energy Ostrava, s.r.o.,
- Dalkia Česká republika, a.s. – Elektrárna Třebovice,
- ČEZ, a.s. – Teplárny Hodonín, Poříčí, Tisová a Vítkovice (DPO, 2016).

Obrázek č. 25 poskytuje orientační grafické znázornění znečištění dle naměřených hodnot. V průměru nejpostiženějšími oblastmi jsou **Mariánské Hory, Radvanice a Petřvald**. V oblasti Mariánských Hor byla naměřena nejvyšší hodnota koncentrace olova ve vzorku sněhu v rámci celého měření. Tento jev může signalizovat větší znečištění v době sběru než na jiných lokalitách.



Obr. č. 25: Orientační grafické znázornění znečištění (URL 4, upraveno autorem)

9. Porovnání výsledků

9.1. Evropský průzkum

V posledních desetiletích byly mechy úspěšně použity jako bio-indikátory atmosférické depozice těžkých kovů. Od roku 1990 se v pětiletých intervalech opakoval „Evropský mechový průzkum“. V roce 2005 byly obecně nejnižší koncentrace kovů ve vzorcích mechů nalezeny ve Skandinávii, Pobaltí a severních částech Spojeného království. Naopak nejvyšší koncentrace v Belgii a jihovýchodní Evropě. Nedávný pokles emisí a následné ukládání těžkých kovů po celé Evropě má za následek snížení koncentrací těžkých kovů nalezených ve vzorcích. Od roku 1990 se snížení koncentrací projevilo nejvíce u olova (72 %), dále pak např. u kadmia (52 %) či železa (45 %).

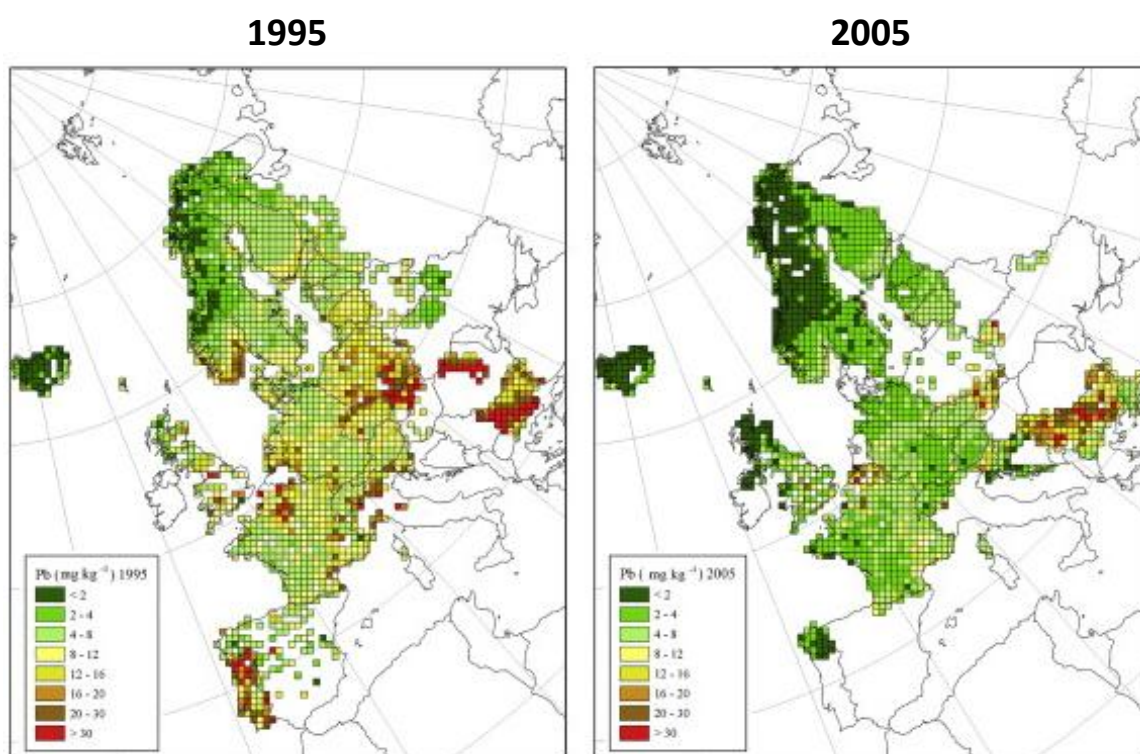
Hlavním smyslem průzkumu je poskytnout, v podobě map, prostorové informace o distribuci koncentrací těžkých kovů v Evropě, identifikovat hlavní znečištěné oblasti či sledovat časové trendy. Podíly různých zdrojů emisí těžkých kovů se v posledních desetiletích v celé Evropě změnily.

Vzorky mechů byly sbírány z lokalit po celé Evropě. Nejčastěji sbíraným druhem byl **travník Schreberův** (40,9 %). Postup samotného sběru vzorků byl prováděn v souladu s pokyny uvedenými v protokolu o průzkumu. K analýzám byly použity pouze mladé části mechů (Harmens et al., 2010).

Tabulka č. 3 znázorňuje výsledky naměřené v České republice a v jejích sousedních zemích. Výsledky celého měření v jednotlivých zemích viz příloha č. 4. Na obrázku č. 26 lze vidět porovnání geografických rozložení průměrných koncentrací olova v letech 1995 a 2005.

Tab. č. 3: Výsledky průzkumu (Harmens et al., 2010, upraveno autorem)

Země	Parametr	Pb (mg/kg)
Česká republika	Medián	4,9
	Směrodatná odchylka	4,7
Německo	Medián	3,7
	Směrodatná odchylka	3,3
Polsko	Medián	5,1
	Směrodatná odchylka	4,1
Rakousko	Medián	3,7
	Směrodatná odchylka	2,6
Slovensko	Medián	12
	Směrodatná odchylka	19



Obr. č. 26: Průměrné koncentrace olova v letech 1995 a 2005 (Harmens et al., 2010)

9.2. Porovnání s vlastním měřením

Tab. č. 4: Porovnání výsledků (zdroj: autor)

Parametr	Pb (mg/kg)	
	Evropský průzkum	Vlastní měření
Medián	4,9	12,97
Směrodatná odchylka	4,7	16,8

Odchylky ve výsledcích měření jsou způsobeny vysokým rozdílem v počtu analyzovaných vzorků. Zatímco v evropském průzkumu jich bylo analyzováno 280, ve vlastním měření pouze 13. Hodnoty vlastního měření jsou výrazně vyšší z toho důvodu, protože vzorky byly sbírány pouze v oblastech, které jsou charakteristické vyššími koncentracemi olova, zatímco evropský průzkum analyzoval vzorky z celého území České republiky, u kterých tak jednoduše došlo ke zprůměrování.

Nicméně z výsledků je zcela zřejmé, že analyzovaná oblast je oproti celému území České republiky znečištěna podstatně více.

10. Závěr

Těžké, toxické či jinak škodlivé kovy se v životním prostředí vyskytují přirozeně. Jejich výskyt v prostředí je dán řadou přírodních procesů, například vulkanickou činností, kvůli které vstupují do atmosféry, nebo uvolňováním z hornin do podzemních vod. Koncentrace těchto kovů v prostředí jsou, oproti množství, které do prostředí vstupuje v důsledku antropogenních činností, velmi nízké, a právě z tohoto důvodu je monitorování a regulace koncentrací těchto kovů uvolňovaných do životního prostředí nezbytné z hlediska ochrany životního prostředí či lidského zdraví.

Toxicita byla u olova prokázána a díky schopnostem rostlin a živočichů kovy z prostředí přijímat je možný jejich průnik do potravního řetězce, což může ohrozit i lidské zdraví (Kubizňáková, 1991; Svobodová, 1991; Niisoe et al., 2010).

Monitorování a hodnocení koncentrací těchto kovů doporučuje i samotná Světová zdravotnická organizace z důvodu negativního vlivu na zdraví populací (CHMU, 2014).

Cílem bylo napsat práci tak, aby popsala všechny důležité informace o olovu, jeho vlivu na okolí a hlavní příčiny znečištění životního prostředí. Součástí práce byla i praktická část, kde byly pomocí analytické metody ze vzorků z postižené oblasti naměřeny konkrétní hodnoty a porovnány s hodnotami autorů evropského průzkumu.

Z výsledků je patrné, že fakta o zatížení této oblasti znečištěním těžkými kovy jsou pravdivá. Ze zjištěných informací ohledně hlavních znečišťovatelů vyšlo najevo, že významným původcem (zdrojem) znečištění na Ostravsku je sousední Polsko, odkud jsou škodlivé látky obsažené v atmosféře dopravovány pomocí větru, který v oblasti vane převážně ze severovýchodu, což staví Ostravsko do nevýhodné pozice.

Absence legislativních opatření pro lokální topeniště, tedy pro domy, ve kterých je k vytápění využíváno spalování tuhých paliv, např. uhlí či dřevo, ale mnohdy také i komunální odpad, v dnešní době širokých možností aplikace kontrol postrádá smysl. Vzhledem ke skutečnostem, že emise z lokálních topenišť mohou mít též podstatný vliv na kvalitu ovzduší.

Vypracováním této bakalářské práce jsem zjistil mnoho nových a zajímavých informací či faktů. Hlavně díky praktické části a samotným výsledkům měření, které mě donutily zajímat se i o další kovy a jejich účinky na zdraví živých organismů a celkově o znečištění atmosféry těmito kovy.

Nyní mám zcela odlišný pohled na atmosféru jako takovou. Díky organismům, které lze využít jako bio-indikátory, a jejich zkoumáním vím, co vše (jaké prvky) je ve složkách životního prostředí obsaženo a ve kterém prostředí vlastně žiji.

11. Literatura

11.1. Použité prameny

- 1) **BARGAGLI R., BROWN D. H., NELLI L., 1995:** Metal biomonitoring with mosses: procedures for correcting for soil contamination. *Environmental Pollution*, 89: 169-175.
- 2) **BENCKO V., CIKRT M., LENER J., 1995:** Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka. Grada Publishing, s.r.o., Praha, 282 s. ISBN 80-7169-150-X.
- 3) **BENEŠ S., 1993:** Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí I. část. Ministerstvo životního prostředí, Praha, 88 s. ISBN 80-7084-051-X.
- 4) **BENEŠ S., 1994:** Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí II. část. Ministerstvo životního prostředí, Praha, 159 s. ISBN 80-7084-090-0.
- 5) **BERG T., ROYSET O., STEINNES E., 1995:** Moss (*Hylocomium splendens*) used as biomonitor of atmospheric trace element deposition: estimation of uptake efficiencies. *Atmospheric Environment*, 29(3): 353-360.
- 6) **CERECEDA-BALIC F., PALOMO-MARÍN R. M., BERNALTE E., VIDAL V., CHRISTIE J., FADIC X., GUEVARA L. J., MIRO C., PINILLA E., 2012:** Impact of Santiago de Chile urban atmospheric pollution on anthropogenic trace elements enrichment in snow precipitation at Cerro Colorado, Central Andes: Analogous processes in the atmosphere and in lichen thalli - A review. *Atmospheric Environment*, 47(1): 51-57.
- 7) **CIBULKA J., [eds], 1991:** Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosféře. Akademika, Praha, 427 s. ISBN 80-200-0401-7.
- 8) **ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, 2014:** Grafická ročenka 2014 [online]. [cit. 17. 2. 2016]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/14groc/gr14cz/IV6_TK_CZ.html
- 9) **DOMAŽLICKÁ E., 1991:** Kontaminace rostlin kadmíem, olovem a rtutí. In: CIBULKA J., [eds]: Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosféře. Akademika, Praha: 75- 121.

- 10) **DOMMERGUE A., FERRARI P. C., POISSANT L., GAUCHARD A. P., BOUTRON F. C., 2003:** Diurnal Cycles of Gaseous Mercury within the Snowpack at Kuujjuarapik/Whapmagoostui, Québec, Canada. *Environmental Science*, 37(15): 3289-3297.
- 11) **DPO, 2016:** Dýchám pro Ostravu, Web města Ostravy k životnímu prostředí [online]. [cit. 7. 3. 2016]. Dostupné z: <https://dycham.ostrava.cz/>
- 12) **FARGAŠOVÁ A., 2009:** Distribúcia kovov v životnom prostredí, Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra ekotoxikológie a fyziotaktiky [online]. [cit. 20. 2. 2016]. Dostupné z http://www.enviro-edu.sk/database/environmentalne_problemy/distribucia_kovov_v_zivotnom_prostredi/Enviro-edu_4012_Globalne_znecistenie_kovmi.pdf
- 13) **FIGUEIRA R., SERGIO C., SOUSA A. J., 2002:** Distribution of trace metals in moss biomonitors and assessment of contamination sources in Portugal. *Environmental Pollution*, 118: 153-163.
- 14) **GERDOL R., BRAGAZZA L., MARCHESINI R., 2002:** Element concentrations in the forest moss *Hylocomium splendens*: variation associated with altitude, net primary production and soil chemistry. *Environmental Pollution*, 116(1): 129-135.
- 15) **GREENWOOD N. N., et EARNSHAW A., 1993:** *Chemie prvků svazek I., II. Informatorium*, Praha, 793 s. ISBN 80-85427-38-9.
- 16) **GREGUREK D., REIMANN C., STUMPFL F. E., 1998:** Trace elements and precious metals in snow samples from the immediate vicinity of nickel processing plants, Kola Peninsula, northwest Russia. *Environmental Pollution*, 102(2-3): 221-232.

- 17) **HARMENS H., NORRIS D. A., STEINNES E., KUBIN E., PIISPANEN J., ALBER R., ALEKSIAYENAK Y., BLUM O., COŞKUN M., DAM M., DE TEMMERMAN L., FERNÁNDEZ J. A., FROLOVA M., FRONTASYEVA M., GONZÁLEZ-MIQUEO L., GRODZIŃSKA K., JERAN Z., KORZEKWA S., KRMAR M., KVIETKUS K., LEBLOND S., LIIV S., MAGNÚSSON S. H., MAŇKOVSKÁ B., PESCH R., RÜHLING Å., SANTAMARIA J. M., SCHRÖDER W., SPIRIC Z., SUCHARA I., THÖNI L., URUMOV V., YURUKOVA L., ZECHMEISTER H. G., 2010:** Mosses as biomonitors of atmospheric heavy metal deposition: Spatial patterns and temporal trends in Europe. *Environmental Pollution*, 158(10): 3144-3156. DOI: 10.1016/j.envpol.2010.06.039.
- 18) **HOLOUBEK I., 2006:** Chemie životního prostředí [online]. [cit. 6. 3. 2016]. Dostupný z: <http://www.recetox.muni.cz/ivan-holoubek/index.php?pg=prednasky>
- 19) **HONZÍK R., 1997:** Využití rostlinných bioindikátorů pro hodnocení vlivů cizorodých látek na zemědělskou produkci [online]. [cit. 19. 2. 2016]. Dostupné z: http://stary.biom.cz/sborniky/sb97PrVana/sb97PrVana_honzik.html
- 20) **JARVIS K. E., GRAY A. L., HOUK R. S., 1997:** Handbook of Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry. London: Academic and Professional Chapman & Hall.
- 21) **KIM N. N., FERGUSON J. E., 1994:** The concentrations, distribution and sources of cadmium, copper, lead and zinc in the atmosphere of an urban environment. *Science of The Total Environment*, Volume 144, Issues 1–3: 179-189.
- 22) **KOMÁREK M., ETTLER V., CHRASTNÝ V., MIHALJEVIČ M., 2008:** Lead isotopes in environmental sciences: A review. *Environment International*, 34(4): 562-577.
- 23) **KUBIZŇÁKOVÁ J., 1991:** Znečištění atmosféry kadmíem, rtuťí a olovem. In: CIBULKA J., [eds]: Pohyb olova, kadmia a rtuťi v biosféře. Akademika, Praha: 23- 37.
- 24) **KUOPPAMÄKI K., SETÄLÄ H., RANTALAINEN L. A., KOTZE J. D., 2014:** Urban snow indicates pollution originating from road traffic. *Environmental Pollution*, 195: 56-63.

- 25) **MUROZUMI M., CHOW T. J., PATTERSON C., 1969:** Chemical concentrations of pollutant lead aerosols, terrestrial dusts and sea salts in Greenland and Antarctic snow strata. *Geochimica and Cosmochimica Acta*, 33: 1247-1294.
- 26) **NAVRÁTIL T. et ROHOVEC J., 2006:** Olovo, těžká minulost jednoho z těžkých kovů [online]. [cit. 15. 2. 2016]. Dostupné z: <http://vesmir.cz/clanky/clanek/id/6879>
- 27) **NĚMCOVÁ I., ČERMÁKOVÁ L., RYCHLOVSKÝ P., 2004:** Spektrometrické analytické metody I. Karolinum, Praha, 166 s. ISBN 80 246-0776-X.
- 28) **NIEBOER E., RICHARDSON D. H. S., TOMASSINI F. D., 1978:** Mineral uptake and release by lichens: An overview. *Bryologist*, 81: 226-246.
- 29) **NIISOE T., NAKAMURA E., HARADA K., ISHIKAWA H., HITOMI T., WATANABE T., WANG Z., KOIZUMI A., 2010:** A global transport model of lead in the atmosphere. *Atmospheric Environment*, 44(14): 1806-1814.
- 30) **OPEKAR F., JELÍNEK I., RYCHLOVSKÝ P., PLZÁK Z., 2005:** Základní analytická chemie. Karolinum Univerzita Karlova, Praha, 201 s. ISBN 08-246-0553-8
- 31) **RICHTER R., 2004:** Těžké kovy v půdě. Multimediální texty z výživy rostlin [online]. [cit. 13. 2. 2016]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/puda_tk.htm
- 32) **ROSYPAL S., 1992:** *Fylogeneze, systém a biologie organismů* 1. vyd. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 744 s. ISBN: 80-04-22815-1.
- 33) **SANCHEZ-CABEZA J. A., GARCIA-TALAVERA M., COSTA E., PENA V., GARCIA-ORELLANA J., MASQUE P., 2007:** Regional calibration of erosion radiotracers (Pb 210 and Cs-137): atmospheric fluxes to soils (northern Spain). *Environmental Science and Technology*, 41: 1324-1330.
- 34) **SHIHARATA H., ELIAS W., PATTERSON C. C., 1980:** Chronological variations in concentrations and isotopic compositions of anthropogenic atmospheric lead in sediments of a remote subalpine pond. *Geochimica and Cosmochimica Acta*, 44: 149-162.

- 35) **SHOTYK W., CHEBURKIN K. A., APPLEBY G. P., FANKHAUSER A., KRAMERS D. J., 1996:** Two thousand years of atmospheric arsenic, antimony, and lead deposition recorded in an ombrotrophic peat bog profile, Jura Mountains, Switzerland. *Earth and Planetary Science Letters* [online]. [cit. 4. 3. 2016]. 145(1-4), E1-E7; DOI: 10.1016/S0012-821X(96)00197-5. ISSN 0012821x.
- 36) **SKALKA M., 2004:** Lišejníky jako bioindikátory. *Živa* 2004/3: 107-108.
- 37) **STEFFEN A., SCHROEDER W., BOTTENHEIM J., NARAYAN J., FUENTES D. J., 2002:** Atmospheric mercury concentrations: Measurements and profiles near snow and ice surfaces in the Canadian Arctic during Alert 2000. *Atmospheric Environment*, 36(15-16): 2653-2661.
- 38) **SVOBODOVÁ Z., 1991:** Pohyb olova, kadmia a rtuti ve vodních ekosystémech. In: CIBULKA J., [eds]: Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosféře. Akademika, Praha: 38- 61.
- 39) **SZCZEPANIAK K. et BIZIUK M., 2003:** Aspects of the biomonitoring studies using mosses and lichens as indicators of metal pollution. *Environmental Research*, 93(3): 221-230.
- 40) **TICHÝ M., 2003:** Toxikologie pro chemiky. Karolinum Univerzita Karlova, Praha, 119 s.
- 41) **VÁVROVÁ M., 2004:** Využití bioindikátorů při hodnocení starých zátěží terestrického ekosystému. Brno, 106 s.
- 42) **WALKER T. R., YOUNG D. S., CRITTENDEN D. P., ZHANG H., 2003:** Anthropogenic metal enrichment of snow and soil in north-eastern European Russia. *Environmental Pollution*, 121(1): 11-21.
- 43) **WEBER J., 2007:** Přírodou východního Krušnohoří – přehled rostlin a živočichů 1. vyd. Grüne Liga Osterzgebirge, Dresden, 416 s. ISBN 978-3-940319-19-7.

11.2. Seznam obrázků a tabulek

- URL č. 1 **ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, 2014:** Grafická ročenka 2014 [online]. [cit. 17. 2. 2016]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/14groc/gr14cz/IV6_TK_CZ.html
- URL č. 2 **GUTZEROVÁ N., 2009:** Pleurozium schreberi. In: BOTANY.cz [online]. [cit. 27. 2. 2016]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/pleurozium-schreberi>
- URL č. 3 **ŠARŽÍK F., 2010:** Physcia tenella. In: BioLip.cz [online]. [cit. 27. 2. 2016]. Dostupné z: <http://www.biolib.cz/cz/taxonimage/id109796/?taxonid=126217>
- URL č. 4 **GOOGLE., 2016:** Google Maps [online]. [cit. 20. 2. 2016]. Dostupné z: <https://maps.google.com>
- Obr. č. 1 Vývoj celkových emisí olova 2007 – 2013
- Obr. č. 2 Koloběh kovů v přírodě
- Obr. č. 3 Roční průměrné koncentrace olova v ovzduší v období 2004 – 2014
- Obr. č. 4 Členění metod bio-monitoringu
- Obr. č. 5 Schéma přístroje
- Obr. č. 6 Travník Schreberův
- Obr. č. 7 Terčovník tenounký
- Obr. č. 8 Sběr vzorků – Bohumín
- Obr. č. 9 Příprava vzorků
- Obr. č. 10 Drcení
- Obr. č. 11 Oddělení nežádoucích částí
- Obr. č. 12 Nadrcený materiál
- Obr. č. 13 Vkládání do zkumavek
- Obr. č. 14 Zkumavky se vzorky
- Obr. č. 15 Vážení vzorků
- Obr. č. 16 Vzorek
- Obr. č. 17 Příprava na kyselinu
- Obr. č. 18 Pipeta
- Obr. č. 19 Kyselina dusičná
- Obr. č. 20 Sběr vzorků sněhu

- Obr. č. 21 Geografické rozmístění lokalit
Obr. č. 22 Hodnoty Pb – Lišejníky
Obr. č. 23 Hodnoty Pb – Mechy
Obr. č. 24 Hodnoty Pb – Sníh
Obr. č. 25 Orientační grafické znázornění znečištění
Obr. č. 26 Průměrné koncentrace olova v letech 1995 a 2005

- Tab. č. 1 Základní vlastnosti olova
Tab. č. 2 Lokality
Tab. č. 3 Výsledky průzkumu
Tab. č. 4 Porovnání výsledků

12. Přílohy

- Příloha č. 1 Výsledky metody ICP-MS – Lišejníky (zdroj: autor)
 Příloha č. 2 Výsledky metody ICP-MS – Mechy (zdroj: autor)
 Příloha č. 3 Výsledky metody ICP-MS – Sníh (zdroj: autor)
 Příloha č. 4 Výsledky evropského průzkumu za rok 2005
 (Harmens et al., 2010, upraveno autorem)

Příloha č. 1:

Název lokality	Prvek (mg/kg)							
	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	As	Fe
Ostrava - Poruba	0,365	3,264	5,296	1,468	9,637	103,982	6,248	2801,785
Klimkovice	0,170	5,928	3,817	1,687	9,832	34,491	5,001	1916,879
Paskov	0,740	8,608	5,085	3,122	9,226	47,958	6,207	4973,529
Dubina	0,123	6,900	4,712	1,855	8,756	36,181	18,751	3784,833
Nová Bělá	0,242	9,713	10,081	3,567	39,400	70,830	44,322	4048,463
Ostrava - Přívoz	0,350	10,076	8,123	2,488	12,282	52,361	6,909	3406,274
Ostrava - Radvanice	0,476	30,413	13,831	5,486	35,541	84,962	23,489	58146,309
Haviřov - Šumbark	0,287	2,584	2,778	0,927	10,677	26,380	5,318	3432,567
Petřvald	0,265	8,314	4,029	1,574	9,894	31,391	4,620	12155,586
Orlová	0,324	7,906	6,578	1,886	18,102	38,594	6,234	9681,399
Stonava	0,224	2,372	4,210	1,157	14,703	31,667	7,272	1116,481
Bohumín	0,245	12,678	8,382	3,685	14,834	52,342	3,745	4638,809
Mariánské Hory	0,927	42,811	13,338	4,555	43,562	140,911	15,389	9846,429

Příloha č. 2:

Název lokality	Prvek (mg/kg)							
	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	As	Fe
Ostrava - Poruba	0,62196	6,57866	12,0541	3,22339	10,7975	71,1792	11,197	2393,274094
Klimkovice	0,87038	19,3496	6,66902	2,78903	12,9785	38,1048	14,2693	1055,398417
Paskov	0,70265	18,2667	7,27666	4,62105	10,8983	70,3722	15,4983	2472,82878
Dubina	0,56288	17,998	8,0837	4,85071	10,4819	53,4696	10,5496	4031,864544
Nová Bělá	0,97242	73,2357	18,8196	13,8014	55,0573	137,434	12,2583	12718,301
Ostrava - Přívoz	0,83441	35,5328	37,2611	10,3237	45,6449	186,745	14,7271	7950,77194
Ostrava - Radvanice	0,98958	38,0044	16,1256	10,9421	26,9937	108,875	8,76201	30971,37512
Haviřov - Šumbark	0,37257	32,0915	4,98365	1,84752	5,24287	40,8058	14,5974	966,4014837
Petřvald	1,01193	16,996	12,2847	5,29263	21,5123	78,3853	10,3139	10151,50182
Orlová	0,7143	11,3463	8,34818	3,62419	13,5564	53,2881	8,0324	4005,787148
Stonava	0,6094	22,4559	5,6401	2,91195	7,19906	54,213	15,2658	1783,402944
Bohumín	1,32	29,321	9,41	6,012	12,302	65,441	12,439	2547,36
Mariánské Hory	1,48946	66,2175	28,563	13,0692	51,5321	201,409	16,9368	11904,42121

Příloha č. 3:

Název lokality	Prvek (µg/l)							
	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	As	Fe
Ostrava - Poruba	2,3833	35,1714	22,9629	6,94495	69,2062	320,575	679,999	2651,743192
Klimkovice	3,84313	170,597	20,0633	7,3259	49,6858	131,994	116,336	2329,058725
Paskov	3,97928	36,0722	35,7063	15,8493	142,045	309,98	108,262	7411,52507
Dubina	4,06498	81,6735	65,4612	14,5862	87,7456	519,996	147,683	8284,559218
Nová Bělá	0,92557	27,8566	51,0951	46,9951	132,407	1107,15	107,454	7015,603675
Ostrava - Přívoz	1,66996	102,136	32,7898	9,05808	23,4321	191,849	109,955	3994,668782
Ostrava - Radvanice	7,80144	1688,18	147,576	186,058	349,839	1683,24	73,4836	1010731,224
Haviřov - Šumbark	2,77985	81,6698	31,667	9,94435	92,9301	333,674	128,939	9475,554384
Petřvald	50,5585	454,563	89,2106	75,0528	261,85	888,54	244,601	364704,64
Orlová	4,32795	175,115	41,0198	23,0134	86,1383	376,786	109,311	72106,45987
Stonava	3,14351	60,0551	30,4693	15,1315	82,1805	293,433	121,971	16893,91024
Bohumín	4,38058	206,574	60,5407	24,7862	86,7453	379,899	121,058	28359,81828
Mariánské Hory	9,58471	3677,36	123,481	69,9603	609,522	4245,09	105,08	152049,0958

Příloha č. 4:

Hodnoty v mg/kg

Number = počet vzorků

Stdev = směrodatná odchylka

Country	Parameter	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	As	Fe	Number
Austria	Median	0,18	1,1	5,1	1	3,7	29	0,18	300	212
	Stdev	0,16	0,9	2,5	1	2,6	11	0,48	356	
Belarus	Median	–	1,2	–	1,3	–	31	0,15	394	58
	Stdev	–	1,7	–	1,1	–	8,5	0,09	303	
Belgium	Median	0,49	4,5	12	4	15	77	0,68	967	28
	Stdev	0,26	3,2	18	1,5	9,5	29	0,58	883	
Bulgaria	Median	0,31	2,4	11	3	15	28	–	1399	212
	Stdev	0,57	6,3	22	8,9	24	39	–	1446	
Croatia	Median	0,28	2,8	7,5	2,7	2,6	29	0,37	991	94
	Stdev	0,23	5,4	4,4	2,8	9,9	30	0,79	1970	
Czech Republic	Median	0,23	1,2	5,2	1,4	4,9	33	0,29	409	280
	Stdev	0,19	0,6	1,2	0,6	4,7	12	0,19	256	
Estonia	Median	0,16	0,7	2,8	0,7	2,6	28	–	177	111
	Stdev	0,04	0,3	0,7	0,2	0,8	5,8	–	129	
Faroe islands	Median	0,06	0,8	3,7	0,9	2,2	17	0,08	401	8
	Stdev	0,01	0,3	1,6	0,4	0,7	5,2	0,03	290	
Finland	Median	0,14	0,9	3,1	1,5	2,7	32	0,11	186	693
	Stdev	0,05	0,9	1,5	2,6	1,2	8,6	0,06	174	

France	Median	0,11	2	5,8	2,2	4,4	28	0,37	713	536
	Stdev	0,09	2,2	2,1	1,9	4,5	15	0,96	1116	
Macedonia	Median	0,29	6,8	6,7	5,8	7,6	36	0,68	2239	72
	Stdev	0,47	13	4	9	8,7	16	0,61	1608	
Germany	Median	0,21	2,4	7,3	1,2	3,7	47	0,16	328	723
	Stdev	0,14	5,1	2,9	0,8	3,3	28	0,2	302	
Iceland	Median	0,05	3,3	7,7	3,2	1,4	21	0,11	–	138
	Stdev	0,04	5,3	7	4,6	3,7	14	0,13	4697	
Italy	Median	0,12	3,4	11	2,9	6,1	33	0,46	1038	20
	Stdev	0,03	1,3	3	1	1,9	9,4	0,12	230	
Latvia	Median	0,24	0,8	4,6	0,8	3,8	40	0,11	188	101
	Stdev	0,16	0,5	1,4	0,6	4,7	25	0,04	79	
Lithuania	Median	0,13	1	5,2	1	4,6	18	0,16	183	146
	Stdev	0,03	0,4	1,6	0,3	1,1	4,9	0,06	107	
Norway	Median	0,09	0,6	4,4	1,2	2,2	31	0,12	273	461
	Stdev	0,15	3,4	33	51	3,1	38	0,28	693	
Poland	Median	0,25	–	6,6	1,6	5,1	34	–	300	271
	Stdev	0,25	–	1,7	0,9	4,1	15	–	190	
Russian Federation	Median	0,24	3,6	8,9	2,7	–	40	0,23	679	220
	Stdev	0,2	5,9	4,5	3,4	–	33	0,26	2080	
Serbia	Median	0,26	6,4	11	4,4	17	29	1,41	2267	193
	Stdev	0,22	10	39	3,6	21	23	2,42	2671	
Slovakia	Median	0,5	–	15	3,9	12	49	–	840	77
	Stdev	0,24	–	16	6,9	19	20	–	1114	
Slovenia	Median	0,33	2,1	8,2	2,8	10	39	0,43	943	56
	Stdev	0,24	1,6	5,8	1,8	6,7	18	0,28	605	
Spain	Median	0,08	6,5	6,2	3,7	2,3	37	0,18	352	207
	Stdev	0,07	6	2,9	2,7	6,2	16	0,78	295	
Sweden	Median	0,14	0,6	3,6	0,6	2,2	31	0,07	117	538
	Stdev	0,07	4	1,5	0,6	2,1	11	0,08	203	
Switzerland	Median	0,15	1,2	5,1	1,6	3,2	31	0,15	261	140
	Stdev	0,1	1,1	2	1,2	4,1	18	0,13	302	
Turkey	Median	0,3	4,4	6,3	4	5,1	28	1,71	1709	73
	Stdev	0,21	4,6	7,4	4,1	6,1	18	3,56	1259	
Ukraine	Median	0,32	1,9	7,2	1,7	7,7	36	0,22	450	50
	Stdev	0,26	1,3	2,2	0,8	5,7	12	0,19	408	
United Kingdom	Median	0,09	0,8	3,6	0,8	2,6	20	0,12	–	170
	Stdev	0,1	0,8	3,3	1	4,6	17	0,4	–	