

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra geoenvironmentálních věd



Znečištění Ostravska emisemi těžkých kovů

Contamination of Ostrava region by heavy metal emissions

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Anna Francová

Autor práce: Lucie Johanisová

2017

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Lucie Johanisová

Územní technická a správní služba

Název práce

Znečištění Ostravska emisemi těžkých kovů

Název anglicky

Contamination of Ostrava region by heavy metal emissions

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je zhodnotit dopady antropogenních emisí vybraných těžkých kovů na Ostravsku a identifikovat hlavní zdroje znečištění.

Metodika

Okolí města Ostravy je považováno za jedno z nejvíce znečištěných oblastí ve střední Evropě. Ostravsko-karvinský revír představuje nejvíce využívanou oblast pro těžbu černého uhlí. Znečištění se do této oblasti dostává také z polského města Olkusz, především ze závodů zpracujících zinkové, olověné a stříbrné rudy. Teoretická část bakalářské práce se zaměří na podrobnou rešerši problematiky znečištění v ostravském regionu, v praktické části bude student v okolí Ostravy hledat hlavní zdroje znečištění. Student využije informací především ze zahraničních, a dále pak českých zdrojů.

Doporučený rozsah práce

30 stran

Klíčová slova

Ostrava, těžké kovy, antropogenní znečištění

Doporučené zdroje informací

- Andráš, P., & Sivek, M. (2014). Staré báňské zátěže opuštěných Cu-ložisek Vyd. 1. Chrudim: Ekomonitor
- 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 Agrospoji, 1994. ISBN 80-7084-090-0.
- CIBULKA, J. *Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosféře*. Praha: Academia, 1991. ISBN 80-200-0401-7.
- GALL, L., H.M. WILLIAMS, C. SIEBERT, A.N. HALLIDAY, R.J. HERRINGTON a J.R. HEIN. Nickel isotopic compositions of ferromanganese crusts and the constancy of deep ocean inputs and continental weathering effects over the Cenozoic. *Earth and Planetary Science Letters*. 2013, 375: 148-155
- GREGUREK, D, C REIMANN a E.F STUMPFL. Trace elements and precious metals in snow samples from the immediate vicinity of nickel processing plants, Kola Peninsula, northwest Russia. *Environmental Pollution*. 1998, 102(2-3): 221-232
- 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
- VOLDRICOVA, Petra, Vladislav CHRASTNY, Adela SIPKOVA, Juraj FARKAS, Martin NOVAK, Marketa STEPANOVA, Michael KRACHLER, Frantisek VESELOVSKY, Vladimir BLAHA, et al. Zinc isotope systematics in snow and ice accretions in Central European mountains. *Chemical Geology*. 2014, 388: 130-141
-

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Anna Francová

Garantující pracoviště

Katedra geoenvironmentálních věd

Elektronicky schváleno dne 8. 3. 2017

prof. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 8. 3. 2017

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 16. 04. 2017

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci na téma: **Znečištění Ostravska emisemi těžkých kovů** vypracovala samostatně pod vedením Ing. Anny Francové, a že jsem uvedla všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

V Praze dne 19. 4. 2017

.....
Lucie Johanisová

Poděkování:

Chtěla bych poděkovat paní Ing. Anně Francové, za odborné vedení práce a konzultace, dále pak mé rodině a především Mgr. Haně Johanisové za pomoc a spoustu času, který mi věnovala při vypracování této bakalářské práce.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá problematikou znečištění ovzduší emisemi těžkých kovů v Ostravsko - karvinském revíru, který je významným představitelem silné kontaminace v České republice. V práci definuji vybrané těžké kovy (Cd, Pb, Ni, Cu, Zn) a jejich vliv na životní prostředí, rizika a dopady na zdraví člověka. Vymezila jsem hlavní zdroje, které největší měrou kontaminují ovzduší suspendovanými částicemi a shrnula informace o bioindikaci. V další části práce bylo pro studium kontaminace odebráno 13 vzorků mechorostů, lišejníků a půd z lokalit v okolí měřicích stanic Zdravotního ústavu v Ostravě. Byla provedena analýza a rozklad vzorků kyselinami metodou EPA 3051a přes ICP-MS (hmotnostní spektrometr s indukčně vázaným plazmatem). Výsledky znázorňují obsah sledovaných kovů v odběrových lokalitách na Ostravsku a rozdíly mezi mechorosty a lišejníky při biomonitoringu.

Klíčová slova

Ostravsko, těžké kovy, antropogenní znečištění, bioindikace, ICP-MS

Abstract

This thesis deals with the issue of air pollution emissions of heavy metals in the Ostrava - karviná district, which represents strong contamination in the Czech Republic. The work defines selected heavy metals (Cd, Pb, Ni, Cu, Zn) and their impact on the environment, risks and effects to human health. I have identified the main sources of pollution by suspended particles and I have also summarized information on bioindication. The next part was to study the contamination of 13 samples of mosses, lichens and soil collected at sites in the vicinity of the measuring stations of Health Institute in Ostrava. Samples were analysed using acid digestion (method EPA 3051) and ICP-MS (inductively coupled plasma mass spectrometer). The results show the contents of monitored metals at the sampling locations in Ostrava, and the differences between bryophytes and lichens during the biomonitoring.

Key words

Ostrava, heavy metals, anthropogenic pollution, bioindications, ICP-MS

Obsah

1.	Úvod.....	1
2.	Cíle práce.....	2
3.	Ostravsko jako průmyslová oblast v historickém kontextu doby	3
4.	Průmyslová výroba a její dopady na životní prostředí.....	5
4.1	Důlní odvaly	6
4.2	Odkaliště	7
4.3	Nefunkční průmyslové areály - brownfields	8
4.4	Skládky z průmyslových odpadů	9
5.	Zdroje emisí těžkých kovů a jejich vliv na znečištění ovzduší na území Ostravska.....	10
5.1	Průmyslové podniky.....	11
5.2	Lokální topeniště.....	11
5.3	Automobilová doprava	12
5.4	Dálkový přenos škodlivých látek z Polska	13
6.	Těžké kovy.....	15
6.1	Charakteristika vybraných prvků	15
6.1.1	Kadmium (Cd).....	15
6.1.1.1	Působení na životní prostředí a zdraví člověka.....	16
6.1.2	Olovo (Pb)	17
6.1.2.1	Působení na životní prostředí a zdraví člověka.....	18
6.1.3	Nikl (Ni).....	18
6.1.3.1	Působení na životní prostředí a zdraví člověka.....	19
6.1.4	Měď (Cu)	19
6.1.4.1	Působení na životní prostředí a zdraví člověka.....	20
6.1.5	Zinek (Zn).....	20
6.1.5.1	Působení na životní prostředí a zdraví člověka.....	21
7.	Indikační druhy.....	21
7.1	Bioindikace lišejníky.....	22
7.2	Bioindikace mechorosty.....	24
7.2.1	Bioindikace v suchozemském ekosystému	25
7.2.1.1	Hodnocení expozice pomocí půdy	25
8.	Metodika.....	26
8.1	Oblasti sběru vzorků na Ostravsku.....	26
8.2	Popis odběrových lokalit.....	27

8.3	Zpracování odebraných vzorků.....	28
8.4	Rozklad a analýza vzorků kyselinami	29
9.	Výsledky analýzy ICP-MS.....	30
9.1	Výsledky vzorků lišejníků	31
9.2	Výsledky vzorků mechorostů	33
9.3	Výsledky vzorků půdy.....	35
10.	Diskuze	38
11.	Závěr.....	40
12.	Literární zdroje.....	41
12.1	Seznam internetových zdrojů	45
12.2	Seznam obrázků a tabulek	47
13.	Přílohy	48

1. Úvod

Problematika kontaminace životního prostředí těžkými kovy je zájmem odborné i široké veřejnosti. Běžně se v přírodě stopové prvky vyskytují v nízkých koncentracích, kde jsou přirozenou součástí zemské kůry. Významným zdrojem znečištění prostředí olovem, kadmiem a dalšími toxickými kovy je vstup mořského, terigenního a antropogenního aerosolu do ovzduší. Problém nastává tehdy, když prvky antropogenní činností překročí zákonem stanovené limitní koncentrace. Především vlivy průmyslové výroby, spalování fosilních paliv, metalurgie neželezných kovů, dopravou a jejího dřívějšího využívání olovnatého benzínu a dalších. Těžký průmysl společně s těžebním průmyslem černého uhlí na Ostravsku mají nenávratný dopad na reliéf současné krajiny a to mimo jiné v důsledku vzniku útvarů, ke kterými se řadí důlní odvaly, vznik poklesových kotlin a sedimentačních nádrží, kdy způsobují nejen zábor velkého území, ale představují hlavně zdroj nebezpečných škodlivých látek, které kontaminují půdu, vodní toky a mají negativní vliv na ovzduší.

A právě touto problematikou se zabývá tato bakalářská práce, která se zaměřuje na vlivy znečištění v ostravském regionu těžkými kovy, které negativně působí na životní prostředí a zdraví člověka. V experimentální části byly odebrány vzorky lišejníků, mechorostů a půd na území Ostravska a byla provedena analýza a rozklad vzorků kyselinami, kdy díky výsledkům jsme schopni odhadnout množství škodlivých prvků obsažené v životním prostředí.

2. Cíle práce

Cílem práce bylo vypracovat podrobnou rešerši problematiky znečištění v ostravském regionu se zaměřením na dopady znečištění těžkými kovy (Pb, Cd, Ni, Cu, Zn...), jejich fyzikální a chemické vlastnosti a přirozený výskyt v životním prostředí. Identifikovat hlavní zdroje znečištění a provést průzkum Ostravy a okolí a taktéž vymežit hlavní zdroje imisí/emisí. Dále také provést analytickou analýzu metodou ze vzorků lišejníků, mechorostů a půd získaných z oblastí Ostravska, které je považováno za jedno z nejvíce znečištěných oblastí v Evropě.

3. Ostravsko jako průmyslová oblast v historickém kontextu doby

Na severovýchodě České republiky, na rozhraní Moravy a Slezska se nachází město Ostrava, poblíže hranice s Polskou a Slovenskou republikou. Co se týče rozlohy, je to 3. největší město České republiky.

Jak zmiňuje (*Šauer et al. 2013*) toto geografické umístění napomáhá v období zimy k častým inverzím teplot a vzniku smogu. V Ostravě a okolí je hustá sídelní zástavba, a v ní se nacházející, ať již v provozu, či nefunkční velké rozlehlé průmyslové areály.

K největšímu rozmachu dochází však až v souvislosti s objevem uhlí v roce 1763 v údolí Burňa v Polské Ostravě a následně v roce 1780 nálezem černého uhlí na petřkovickém kopci Landek, Ostrava se tak stává postupně střediskem obchodu, dochází k postavení Rudolfovy hutě a její propojení na Ferdinanda severní dráhu a tak se stala jako jedna z nejvýznamnějších průmyslových center Rakouska-Uherska (*Jiřík et Pitronová, 1967*).

Nálezem černého uhlí, docházelo k rozvoji těžkého průmyslu v letech 1830 až 1880, kdy došlo k přeměně malého města Ostravy na průmyslové velkoměsto evropského významu a to v souvislosti s probíhající průmyslovou revolucí. Již od samého začátku spojovala nálezy uhlí idea, aby bylo využito pro výrobu železa, proto v souvislosti s dostatkem paliva, malé vzdálenosti vodního zdroje a dostatku pracovních sil docházelo k rozvoji výroby železa. Mezi průkopníky éry hutnictví a strojírenství patří Rudolfova huť s vlastní vysokou pecí, založena roku 1828, tak na tehdy samostatném území Vítkovic u Ostravy vznikají Vítkovické železářny, které jako velmi podstatný odběratel černého uhlí z oblasti ostravsko-karvinského revíru se stěžejně zaměřují především na oblast těžkého strojírenství (*Mikoláš et al. 2013*).

V průběhu německé okupace se největší průmyslové podniky dostaly do správy říšskoněmeckého koncernu Göringových závodů. Po skončení II. Světové války, po roce 1945 se Československo soustřeďuje na rozvoj hornictví, ocelářství a dalších odvětví těžkého průmyslu. Jeho centrum – město Ostrava - , oprávněně nazývána též jako „*město uhlí a železa*“ nebo „*ocelové srdce republiky*“.

Po ukončení války v roce 1945 byly zahájeny rekonstrukční práce na válkou poškozených důlních šachtách, dochází k vydání vyhlášky ministerstva průmyslu, na základě které byly veškeré těžební společnosti na území Ostravska znárodněny a sloučily se do podniku Ostravsko-karvinské doly. Spadaly pod něj koksovny,

elektrárenské provozy, statky a lesy. Také největší železářny ve Vítkovicích byly postiženy válečným obdobím, chyběly především suroviny – železná ruda a dostatek pracovních sil, situace se vylepšuje v roce 1946, kdy se hlavním zahraničním odběratelem stal Sovětský svaz, obdobně, jak došlo v tomto období k znárodnění důlních společností, tak i zde na základě rozhodnutí ministerstva průmyslu vznikl dne 1. 1. 1946 národní podnik Vítkovické železářny (*Machotková, 2003*).

Dalším velmi významným subjektem hutnického průmyslu, který zajišťoval odběr černého uhlí na území ostravsko-karvinském revíru, byla Nová Huť Klementa Gottwalda, která vznikla v roce 1951 a rozprostírala se na rozsáhlém území Kunčic, Bartovic a Vratimova (*Dlouhý, 2001*).

Během 50. let docházelo k rozmachu těžby uhlí a stavěly se další nové doly. Ty původní byly prohlubovány do stále větších hloubek. Přestavba probíhala v souladu se schváleným generálním projektem výstavby Ostravsko – Karvinského revíru (*Roček, 2003*). Nastává období tzv. socialistické industrializace. Do Ostravska přichází v důsledku personální politiky velké množství pracovních sil, dochází k mohutné výstavbě města, kdy tento trend dochází svého vrcholu počátkem 60. let. A vznikají problémy, kdy Ostravsko je silně poznamenáno negativními dopady na životní prostředí. (*Prokop, 2003*)

Po roce 1989 přešla Česká republika od centrálně plánované ekonomiky na ekonomiku tržní. To se projevilo i v případě těžby uhlí a zpracování koksu. „S omezením těžby, která klesla z 22,3 mil. tun v roce 1989 na 12,03 mil. tun v roce 1994, souviselo snížení počtu zaměstnanců OKD o více než polovinu“ (*Przybilová et Barbuch, 2013*).

V roce 1990 dochází ke zrušení podniku Ostravsko-karvinské doly a tento se stává akciovou společností Ostravsko-karvinské doly.

V rámci transformačního procesu na území Ostravska je považován milníkem rok 1994, v tuto dobu Ostrava není již hornické město. Dochází k restrukturalizaci podniku Vítkovických železáren a je zastaven provoz vysokých pecí. Obdobně dochází ke změnám i v dalších závodech a to i v Nové Huťi v Kunčicích. V souvislosti se změnami klesá počet zaměstnanců v daných odvětvích téměř o polovinu. V důsledku snížení odbytu a nemožnosti vyvážet nejen na tuzemském, ale i zahraničním trhu došlo k úpadku v odvětví těžkého průmyslu (*Prokop, 2003*).

Časově bylo utlumení těžby naplánováno do tří etap, první etapa zahrnovala časový úsek od vyhlášení útlumu těžby do jejího ukončení. Druhá etapa vymezovala období od ukončení těžby do konce technické likvidace. Třetí etapou bylo zahlazování následků hornické činnosti (*Smolová, 2008*).

Koncem 20. století došlo k ukončení těžby uhlí na Ostravsku. Mezi hlavními průmyslovými podniky v Ostravě stále zůstávají Vítkovické železářny a nově se přidal i podnik ArcelorMittal Ostrava a.s. (byl původně budován od r. 1945 jako jižní závod Vítkovických železáren v Kunčicích).

4. Průmyslová výroba a její dopady na životní prostředí

Těžební a průmyslová minulost Ostravsku dala vzniknout velké ekologické zátěži a to v důsledku tehdy neuvážené hospodárnosti. Tento pozůstatek z éry socialistického zřízení zde stále je v podobě ekologické zátěže, která zpomaluje proces z dříve industriálního města směrem k městu evropského formátu s kvalitním životním prostředím. Průmyslové objekty stavěly tak, aby vyhovovaly okamžitým hospodářským potřebám, bez ohledu na poměry a bez ohledu na životní prostředí v této oblasti, v souvislosti s touto problematikou docházelo a stále dochází k poškození životního prostředí zejména těžkými kovy (*Havrlant, 1998*).

Těžký průmysl společně s těžbou černého uhlí na Ostravsku mají nenávratný dopad na reliéf současné krajiny a to mimo jiné v důsledku vzniku antropogenních útvarů, ke kterým patří odvaly důlní hlušiny, vznik poklesových kotlin a sedimentačních nádrží, kdy tyto jsou nejen zábor velkého území, ale především představují zdroj nebezpečných látek, které ovlivňují negativně půdu, vodu a ovzduší (*Kajánková, 2010*).

Těžbou černého uhlí na Ostravsku byly způsobeny vážné ekologické důsledky, způsobené antropogenní činností hlubinné těžby, kdy se jednalo zejména o vznik emisí důlních plynů a jejich prachových částic, existence odvalů, odkališť, došlo k poškození jak vod na povrchu, tak v podzemí, existence nebezpečných odpadů, hlušiny a s tím spojená ekologicky poškozená a kontaminovaná krajina a s ní narušený její ekosystém, v neposlední řadě zde patří existence již neprovozovaných bývalých průmyslových areálů (*www.newwordresources.eu, 2017*)

4.1 Důlní odvaly

Při těžbě tedy docházelo k nevratným změnám v krajině, mimo získaných dolovaných nerostných surovin vznikal velký objem přebytečného materiálu, pro který nebylo nalézáno uplatnění, vznikaly takto nepoužitelné odpadní důlní hlušiny, které se navázely ve formě hald. Tyto nepředstavovaly pouze neestetický a narušující prvek krajiny, ale především představují původce ekologického znečištění.

Rozšiřování těžby a rozvoj průmyslových odvětví zapříčinilo čím dál rozsáhlejší zábor zejména zemědělské půdy. U hlubinné těžby docházelo k nadbytku zeminy, která však byla s příměsí zbytkových odpadů z upravování uhlí a tato byla odvážena následně na odvaly tzv. haldy. Právě díky obsahující uhelné příměsi, které v kontextu se vzduchem oxidují, může docházet k samovznícení a prohořívání vyvezené hlušiny, tím dochází k uvolňování látek, které znečišťují ovzduší. Haldy bývaly dříve kuželovitého tvaru a to z důvodu, aby vyvezené hlušina z dolů zabírala, co nejméně místa a proto byla vršena do výšky, až s příchodem 50. let byly haldy tvaru plochého a stupňovitého tvaru, kdy takto je bylo následně později možné rekultivovat (*www.okd.cz, 2017*).

Odvaly jsou zdrojem poměrně rozsáhlého a dlouhodobého uvolňování síranů také do podzemních vod, kdy k tomuto procesu dochází v důsledku oxidace sulfidů, které odpadní důlní hlušina obsahuje. Věc je zkomplikována rozsáhlým používáním hlušiny z odvalů k úpravě terénu, k znovuoobnovení míst, která jsou zasažena vlivem poddolování, na výstavbu nových komunikací a podobně. Odvaly důlní hlušiny jsou tedy produkty dlouhodobého dolování černého uhlí, kdy u některých z odvalů došlo již k rekultivaci, přesto ale v určitém rozsahu zůstávají územím, kde existují jen omezené možnosti pro jejich další případné využití. Problémem zůstávají činné, tedy hořící odvaly, kdy je zde na místě existence rizika, že špatně zvoleným zásahnutím bude vyvoláno další hoření, případně se stávající stav hoření zhorší. Termickou aktivitu stále vykazují přinejmenším tyto uvedené odvaly – haldy Ema, Heřmanice a Hedvika (*Szurmanová et al. 2010*).

Jako další nežádoucí produkt z odvětví těžké horního průmyslu je třeba zmínit strusku. Struskové haldy mohou být různorodého složení a mohou pocházet jednak z ocelářské, nebo vysokopecní strusky. Největším problémem pak je s ohledem na její složení, strusku odstranit, plochu zatravnit a rekultivovat (*Havrlant, 1980*).

Na zmíněných odvalech se mimo také strusek vyskytují i další odpadní látky z hutnické výroby a to odprašky, které obsahují vysoký podíl těžkých kovů, je více než pravděpodobné, že v minulé době zde docházelo k nekontrolovanému uložení dalších odpadů z okolních průmyslových podniků. Dochází ke zpracování odvalů k jejich druhotnému použití a postupně dochází k rekultivaci předmětných problémových lokalit, jako např. u odvalu v Ostravě - Hrabůvce, kde na tomto finančně podílí jak stát a program Revitalizace Moravskoslezského kraje, tak také na základě ekologické smlouvy společnost Vítkovice. Získaný materiál z odvalu Hrabová našel uplatnění při stavbě dálnice D47 a u odvalu Lihovarská dochází k postupné rekultivaci (Szurmanová et al. 2010).

Když porovnáme stavy z roku 2000 a z roku 2010, můžeme konstatovat, že se Ostravsko postupně zbavovalo zátěže vzniklé především z důlní a také průmyslové činnosti. Z prvotních 35 důlních hald jich 26 bylo rekultivováno, 7 se nachází v procesu rekultivace a pro další 2 bylo nalezeno nové využití, jako např. výstavba na haldě Jeremenko (Vojvodíková et al. 2011).

4.2 Odkaliště

Vlivem důlní činnosti vznikaly odkaliště a postupně zaplavované poklesové kotliny. Těžba v negativním důsledku způsobila vznik seismické činnosti, neboť došlo k porušení horninového masivu (Martinec, 2016).

Odkaliště jsou nádrže nacházející se zejména v kotlinách, které vznikly poddolováním, kdy v těchto se shromažďovaly malé částice uhlí rozpuštěné ve vodě. Jsou zdrojem kontaminace půdy toxickými kovy, dochází ke znečištění povrchových a podzemních vod a produkují prašnost do ovzduší (Kajánková, 2010).

Odkaliště a kalové laguny se vyskytují především poblíže blízkosti řeky Ostravice, Odry a Lučiny, často v záplavové oblasti, kdy tato místa sloužila k trvalému ukládání sypkého odpadu, který pocházel z průmyslového provozu, předmětné odpady byly usazovány pomocí vody. Odkaliště představují pozůstatek těžební činnosti a následného zpracování surovin z fosilních zdrojů. V roce 2000 se nacházelo v Ostravsko – karvinském revíru 96 odkališť, které byly v různém stádiu naplnění. Celková schopnost pojmout kaly byla v roce 2000 více jak 29 milionů m³. Až poté, co docházelo k utlumování těžby, a vznikaly nové technologické postupy, došlo k postupnému uzavírání kalových oběhů při upravování uhlí a výroba

uhelných kalů se snižovala, kdy po roce 1998 se přestaly kaly produkovat úplně. (*www.ostrava.cz, 2016*).

Dochází k postupnému odtěžování kalů z odkališť pomocí sacích bagrů, následnému vysoušení a využití zejména pro energetické účely, kde dochází ke spalování kalů společně s uhlím. Vytěženou surovinu je tedy opětovně možné použít ve stávajících úpravnách. Její využití je motivováno jednak z ekonomických důvodů, kdy zásoby sedimentovaných kalů z odkališť slouží pro výrobu uhlí vhodného pro koksování nebo jako palivo a jednak z důvodu ochrany životního prostředí (*Hlavatá et al. 2012*).

4.3 Nefunkční průmyslové areály - brownfields

Ostravsko je jednou z nejméně zasaženou oblastí, týkající se rozmístění a výskytu nefunkčních průmyslových areálů v porovnání s jinými velkými městy v České republice. Brownfields na Ostravsku mají svůj původ díky velmi rozsáhlé industriální činnosti v době minulé, která zahrnovala těžbu černého uhlí, hutnictví, strojírenství, chemický průmysl a další činnosti. Brownfields působí nevzhledně a esteticky narušují ráz města, ale především jsou nebezpečné pro okolní životní prostředí a to v důsledku časté kontaminace. Mezi další část průmyslových brownfields patří také areály bývalých dolů, které ukončily těžbu (*www.ostrava.cz, 2016*).

Jak uvádí *Kadeřábková a Piecha (2009)*, v obecném slova smyslu jsou tedy již zmíněné brownfields objekty, které jsou v současné době nevyužívané nebo jen částečně využívané. Pro případ, že je areál i nadále případně pouze z části využíván, dají se u něj nalézat znaky jeho podinvestování, kdy tato skutečnost má degradující a negativní vliv na ostatní oblasti v okolí. Jedná se zejména o bývalé průmyslové či zemědělské areály, krajinu, která byla poškozena těžbou, nebo se také může jednat o opuštěné vojenské komplexy.

Vznik brownfields je tedy spojen s útlumovým procesem ekonomických odvětví a úplnou restrukturalizací ekonomiky vyspělých států. Podniky, které nejsou schopné reagovat na podmínky, které se měnily, byly nuceny skončit s výrobou (*Blažek et Uhlíř, 2011*).

Hutnické, strojírenské a chemické areály, koksovny a další průmyslové areály, které jsou nevyužívané, se podílí na lokálním znečištění, kdy ve většině případů je kontaminace mnohem širšího rozsahu. Charakteristika předešlé výroby je

následně navázána na specifický typ a rozsah kontaminace (*Tylčer et Szurmanová, 2010*).

Jak uvádí *Tylčer (2011)*, tak mezi nejvíce ohrožené objekty kontaminací patří Lokalita DEZA a.s., kde v nefunkčním průmyslovém areálu, kde dříve sídlil chemický podnik, se nachází více jak 2 000 m² kontaminované plochy polyaromáty, aromáty a amonnými ionty, které ohrožují vodní zdroj v Nové Vsi. Byl vypracován a schválen projekt, který se zabývá zabezpečením a ochranou vodního zdroje Nová Ves.

Ekologické dopady nefunkčních průmyslových areálů souvisí jak se znečištěním horninového prostředí, tak podzemích vod. Může docházet k závažným ekologickým škodám a to v důsledku kontaminace území, která ohrožuje jak zdravotnost obyvatel, tak okolní životní prostředí. Možnosti využití brownfields jsou přímo závislé na velikosti jejich znečištění. Čím větší znečištění, tím větší a často pro obec, město i soukromého investora „neřešitelné“ náklady na odstranění ekologické zátěže (*Tylčer et Walica, 2011*).

4.4 Sklárky z průmyslových odpadů

Na území Ostravska se nacházejí staré sklárky různých průmyslových odpadů, které nesplňují současné legislativní předpisy. Ve větší míře jsou do rozlohy deseti hektarů plochy, je zde však existence dalších skládek většího počtu menšího rozsahu. Tyto mohou způsobovat komplikace v případném využití oblastí, ve kterých se nacházejí.

Z pohledu rizika, které se týká především vodních zdrojů a vodních toků, je nutné zmínit za prioritní oblasti sklárky odpadů z a. s. Vítkovice v pískovně Zábřeh, která je potenciálně ohrožující pro vodní zdroj Dubí a vzniklý chemický odval z bývalých Hrušovských chemických závodů, kde došlo k potvrzení velmi výrazné kontaminace těžkými kovy.

Mezi další významné sklárky průmyslového odpadu patří také ty, které jsou ty, které jsou majetkem Vítkovice a.s., ArcelorMittalu nebo OKD (*Szurmanová, 2010*).

5. Zdroje emisí těžkých kovů a jejich vliv na znečištění ovzduší na území Ostravska

Na území České republiky je Ostravsko považováno za území, které je největší měrou postižené znečištěním suspendovanými částicemi (Krejčí, 2007).

„Zdrojem antropogenních emisí těžkých kovů je zejména spalování fosilních paliv (As, Cd, Hg, Ni, Pb, Cr), výroba a zpracování železa (Fe, Mn, Cr, Ni, Cd), metalurgie neželezných kovů (As, Cd, Cu, Pb, Zn, Hg), spalovny odpadu (As, Cd, Cu, Pb, Zn, Hg), výroba cementu (As, Cd, Pb, Hg, Ni), výroba skla (As, Cd, Pb, Hg, Zn), elektrolytická výroba chloru a louhu (Hg) a konečně také doprava – použití olovnatých benzinů (Pb)“. (CHMI, 2017).

Suspendované částice jak zmiňuje Keder (2010), mohou být generovány, jak z tuhých, tak kapalných složek a mohou vznikat, jednak z přírodních zdrojů, tak z lidské činnosti. Obsahují jak organické, tak anorganické látky a dělíme je na

- Hrubé částice, které mají aerodynamický průměr větší než 2,5 µm
- Jemné částice, které mají aerodynamický průměr větší než 2,5 µm

Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) v Ostravské lokalitě provádí imisní monitoring, kdy speciálními přístroji se zaznamenávají údaje ohledně množstevního výskytu látek, které znečišťují ovzduší. Zjištěné hodnoty jsou pak vyhodnocovány a srovnávány s limity danými platnou legislativní normou. Limity znečištění jsou zejména překračující u jemného polétavého prachu (PM₁₀), těžkých kovů a jejich sloučenin, které je obsahují (Jančík, 2013).

Zdroje, jež produkují látky znečišťující ovzduší, jsou v rámci § 13, odst. 1 zákona č. 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší celostátně monitorovány a to Registrem emisí a zdrojů znečišťování ovzduší (REZZO). Za spravování databáze REZZO zodpovídá ČHMÚ. V databázích REZZO 1-4, jsou archivovány a prezentovány zjištěné údaje o stacionárních a mobilních zdrojích znečišťování ovzduší (CHMÚ, 2017).

Na základě dosavadních poznatků je zřejmé, že za znečištěním znečištění ovzduší na Ostravsku jsou zodpovědné čtyři zdroje a to:

- průmyslové podniky
- lokální topeniště
- automobilová doprava
- emise, pocházející z Polska

5.1 Průmyslové podniky

Nejzásadnější vliv na znečišťování ovzduší těžkými kovy má veřejná energetika a výroba tepla, kdy zde v tomto případě převládají emise Hg, Cd, As, Cr, Ni a Se. Velké množství těžkých kovů je vpravováno do atmosféry z výrobních procesů a ze zpracování kovů, kde těžké kovy vstupují do kontaktu s kovovou rudou, případně dále se znečištěnou vsázkou v podobě kovového šrotu. Při výrobě železa a oceli zde převyšují podíly na emisích olova a zinku, ale podílí se zároveň i na několika dalších emisích druhů těžkých kovů (*Andreovský, 2013*).

Na území okresu Ostravska se nacházejí čtyři největší zdroje emisí, kdy pro určení stacionárního zdroje byly jako referenční škodlivé látky vybrány tuhé látky a to jako základní původci imisního zatížení částic PM10, kdy se jedná o tyto podniky:

- ArcelorMittal Ostrava a.s. – ocelářská a těžařská firma
- Teplárna společnosti ArcelorMittal Energy Ostrava s.r.o.
- Dalkia Česká republika, a.s. – Elektrárna Třebovice
- ČEZ, a. s. – Teplárny Vítkovice – lokalita Vítkovice

(*www.dycham.ostrava.cz, 2017*).

5.2 Lokální topeniště

Lokální topeniště řadíme mezi malé zdroje energie určené pro vytápění rodinných domů a bytů. V Ostravské lokalitě zaujímají významné postavení a většinou se nacházejí v místech husté obytné zástavby, mívají komíny níže postavené, kdy těmito jsou vypouštěny znečišťující látky do ovzduší. Kotle, jimiž bývá vytápěno, bývají často technologicky zastaralé a ne vždy je dodržován ze strany uživatelů jejich návod na použití tak, jak uvádí výrobce. Bohužel je zde absence legislativního předpisu, který by stanovoval možnou míru vypouštění znečištění do ovzduší, proto se stává, že jako topivo je použit nekvalitní, či nevhodný materiál.

V Ostravě se rozprostírá dálkový rozvod tepla a nachází se zde plynovodní síť, i přes tyto skutečnosti existují obyvatelé, kteří vytápějí pevnými palivy, což má negativní dopad na kvalitu ovzduší (*www.lokalni-topeniste.cz, 2014*).

Při procesu, kdy dochází ke spalování fosilního paliva, vznikají emise těžkých kovů a další znečišťující látky jako zejména polyaromatické uhlovodíky (PAU). Při porovnávání emisí látek, které znečišťují ovzduší, vzniklých spalováním

biomasy a uhlí v lokálních topeništích bylo výsledné zjištění, že působení spalovacího zařízení na emise látek, jež byly v zájmu sledování, bylo nezanedbatelné, a co se týče právě polyaromatických uhlovodíků dokonce rozhodující (Horák, 2011).

Emisní produkty pocházející z lokálních topenišť ovlivňují skutečnosti jako druh paliva, typ spalovacího zařízení, jeho věk a konstrukční vlastnosti spalovacího zařízení (Hedman et al. 2006).

5.3 Automobilová doprava

Automobilová doprava je jeden z významných zdrojů znečištění ovzduší, který je v současné době velkým problémem a to především ve velkých městech a důležitých silničních koridorech. Vzhledem k její komplexnosti se dá jen stěží regulovat (Adamec, 2008).

Automobily jsou podle množství znečišťujících látek, které vypouštějí, zařazeny do tzv. emisních úrovní EURO. Čím vyšší je emisní úroveň, tím méně znečištění auta vypouští (Jančík, 2013).

Motorová vozidla vypouštějí výfukové plyny, které jsou sloučeninami různých chemických látek, kdy závisí na typu pohonných hmot, stavu motoru a také na užívání zařízení, které snižuje emise. Jedná se o filtry u aut, které jezdí na naftu nebo o katalyzátory fungující na benzín. Nejnáchylnější skupinou jsou především děti, starší lidé a osoby se zdravotními potížemi dýchacích cest. Negativně ovšem mohou působit výfukové plyny i na osoby trpící srdeční chorobou. Hlavní zdroje znečištění jsou oxid uhličitý, oxid uhelnatý, NO_x , SO_2 , těkavé organické látky, aromatické uhlovodíky, aldehydy, olovo a pevné prachové částice. Vzájemnými reakcemi těchto látek se vytváří tzv. fotochemický smog se součástí přízemního ozónu (dycham.ostrava.cz, 2017).

Hlavním zdrojem emisí olova je silniční doprava, která tvoří 91 % veškerých emisí vypouštěných do ovzduší. V závislosti na počtu automobilů v daných regionech nebo zemích se ze spalování olovnatého motorového benzínu uvolňuje do atmosféry až 80 – 90 % olova. Veškerá většina olova se zachytí do jemných prachových částic. Dospělý jedinec je schopný zachytit ve svých plicích až 60% vdechnutého olova. Bylo usouzeno, že děti dokáží ukládat olovo v plicích na jednotku své tělesné hmotnosti až 2,7x vyšší než dospělý jedinec (Šuta, 1996).

V současné době jsou zdrojem olova vybrané technologie zpracovatelského průmyslu. V minulosti se využívaly do benzínů tetraethylolova, která jsou v prostředí perzistentní a nakumulovali se v půdách poblíž veřejných komunikací (Adamec, 2008).

5.4 Dálkový přenos škodlivých látek z Polska

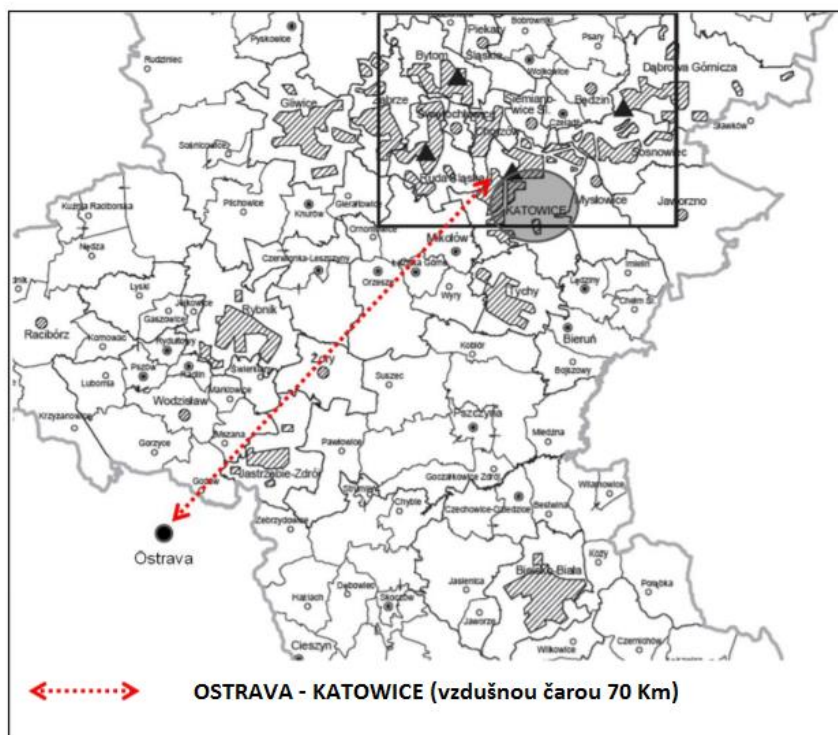
V pohraničí okolo regionů Slezska a Moravy a taktéž i na polském území je množství zdrojů znečišťujících ovzduší, které způsobují nadlimitní úroveň obsahu škodlivin v ovzduší v celé oblasti. Tyto oblasti jsou založené na využívání a průmyslové těžbě uhlí, kterými vytápí domácnosti v širokém okolí. V oblasti jsou rozsáhlé hutní komplexy i chemické závody a kvalita ovzduší je ovlivňována těmito zdroji na obou stranách hranic (CHMÚ, 2017).

Převládající směry proudění větru umožňují výměnu látek mezi oblastmi Ostravsko - Karvinska a Katovicka v Polsku. Z analýzy kvality ovzduší vyplývá, že ovzduší na Ostravsku je silně ovlivňováno zdroji emisí ze sousedního Polska, kdy závislost úrovně znečištění je mnohem výraznější v chladné polovině roku (www.ostrava.cz, 2017).

V roce 1979 byla sjednána Úmluva o dálkovém znečišťování ovzduší přesahujícím hranice států CLRTAP - (*Convention on Long-range Transboundary Air Pollution*) a je jedním z významných nástrojů prevence přenosu znečišťování ovzduší na velké vzdálenosti. Jedná se o rámcovou úmluvu a smluvní omezení znečištění ovzduší je realizováno prostřednictvím protokolů, které byly a jsou k úmluvě nadále přijímány. Doposud bylo přijato celkem 8 protokolů a Česká republika je všech smluvní stranou. CLRTAP je zaměřena především na rozšíření ratifikací a přípravy revizí v dodaných posledních **třech protokolech**:

- Protokolu o těžkých kovech
- Protokolu o perzistentních organických polutantech
- Göteborského protokolu (omezování acidifikace, eutrofizace a přízemního ozonu)

Negativní vliv z Polska převládá i přesto, že zdroj emisí je v mnohem větší vzdálenosti než z průmyslu, lokálních topenišť a automobilové dopravy v Ostravském regionu. Vlivy dálkových přenosů se zabývali například Borge et al. (2007), kteří prokázali, že ve Španělském hlavním městě Madridu koncentrace na úrovni PM₁₀ a Aténách se participují na minerální prach až ze severní Afriky a taktéž stejnou informaci potvrdil Mallone et al. (2011) v Itálii.



Obrázek 1- Mapa dálkového přenosu škodlivin z průmyslové oblasti v Polsku do Ostravy (zdroj: (Moździerz et al. 2011, upraveno autorem)

Jak zmiňuje Moździerz et al. (2011) největším důvodem těchto vysokých emisí je znečištění ovzduší benzo(a)pyrenem, dolování a energetika. V Katowicích se nachází i těžký průmysl, který ještě není do značné míry vyvinutý, je podinvestovaný a produkuje mnoho prachových částic a škodlivých plynů do ovzduší.

Statutární města Ostrava a Katowice uzavřeli Memorandum o společných zájmech na zlepšování čistoty ovzduší v česko-polském pohraničí. Obě města jsou si plně vědoma vážnosti situace, týkající se špatné kvality ovzduší způsobenou průmyslovou činností, lokálními zdroji, spalování paliv a automobilovou dopravou. V současnosti je také realizován „Akční plán Ministerstva životního prostředí pro Moravskoslezský kraj“, jehož součástí je „Dlouhodobý harmonogram zlepšování kvality ovzduší v Moravskoslezském kraji v letech 2013-2029“ dále pak „Krátkodobý

program zlepšení kvality ovzduší” pro Statutární město Ostrava, „Program ochrany ovzduší v oblastech Slezského vojvodství, ve kterých byla zjištěná nadměrná koncentrace znečišťujících látek ve vzduchu” a „Návrh předpokladů k plánování dodávky tepla, elektřiny a topného plynu pro Katovice”

Primátoři, jako zástupci obou statutárních měst tímto vyjadřují ochotu kontrolovat své činnosti, který by později vedli ke zlepšení kvality ovzduší v oblasti města Ostravy a města Katovice. Reciprocitně se informovat o společných aktivitách a připravovaných projektech a spolupracovat tak, aby postupně docházelo k zlepšení kvality ovzduší a to v nezávislosti na mezinárodní úrovni. O uzavření tohoto memoranda rozhodla rada statutárního města Ostravy dne 10. 12. 2013 a to s vyjádřeným souhlasem statutárního města Katovice (www.dychamproostravu.cz, 2017).

6. Těžké kovy

6.1 Charakteristika vybraných prvků

Těžké kovy patří do skupiny stopových chemických prvků určitých vlastností. Svůj název nese podle hustoty většiny prvků, která je větší než $5\,000\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ a patří mezi ně např. (Fe, Cu, Zn, Cr, Ni, Cd, Pb, a Hg). Některé z těchto látek jsou pro živé organismy nezbytné ve stopovém množství např. železo a zinek avšak při vyšších koncentracích charakteristikou těchto prvků je především jejich toxicita. A jiné jsou jedovaté při jakékoli koncentraci např. olovo a kadmium (*Pitter, 2015*).

Přírozně se těžké kovy vyskytují při zvětrávání matečné horniny a rud. Ale řada rizikových prvků se dostala do životního prostředí a to především do ovzduší antropogenní činností a kontaminují a ovlivňují tak jednotlivé složky v životním prostředí. Bylo zjištěno a doloženo, že většina prvků, které když překročí své vyšší koncentrace, mohou mít nepříznivé účinky na živé organismy a mít tak vliv na jeho metabolické pochody (*MŽP ČR, IRZ 2008-2012*).

6.1.1 Kadmium (Cd)

Kadmium se vyskytuje v nízkých koncentracích ve všech složkách prostředí a vzhledem k svým vlastnostem se zařazuje mezi toxické kovy. Přírozně se nachází v zemské kůře (0,16 ppm) a často bývá doprovázeno zinkem. V přírodě se kadmium vyskytuje jako greenockit (CdS), otavit (CdCO_3), monteponit (CdO) a

vysoké koncentrace kadmia se vyskytují v sirníkových rudách. Čerstvě připravené kadmium je stříbřitá pevná látka s namodralým leskem. Kadmium do životního prostředí proniká antropogenní činností při důlní těžbě, tavení rud a také pálením fosilních paliv ale také se může vylučovat jako jeden z vedlejších produktů při výrobě ostatních kovů, jako je například zinek ale i olovo nebo měď. Kadmium se dříve vyrábělo ze zinkového prachu získaného při hutnické výrobě, ale v současné době se vyrábí hlavně elektrolytickým způsobem spolu se získáváním zinku obsahující kadmium. Pozoruhodnou vlastností kadmia je jeho tažnost a poměrná měkkost a lze z něj nožem odkrajoval třísky. Zahřáté prudce na vzduchu shoří červeným plamenem za vzniku hnědých dýmů (*Muck, 2006*).

Sloučeniny kadmia se vyznačují odlišnou rozpustností ve vodě. Sulfáty, chloridy a acetáty jsou sloučeniny, které se jsou rozpustné ve vodě na rozdíl od oxidů nebo sulfidů kadmia, které se rozpouští jen velmi málo a značí se jako sloučeniny nerozpustné. Na vlhkém vzduchu kadmium rychle ztrácí lesk a slučuje se s kyslíkem, sírou, fosforem a při zahřívání též i s halogeny, stejným způsobem jako je tomu i u zinku, který je chemicky velice podobný (*Nordberg et Nordberg, 2002*).

Výroba kadmia činí pouze okolo 18 000 tun ročně a závisí na produkci zinku. Hlavní použití kadmia je pro tvorbu ochranných povlaků a jeho využití by bylo určitě mnohem širší, pokud by nebylo spojováno s nebezpečím pro životní prostředí. Rovněž se kadmium využívá do slitin a baterií a některé jeho sloučeniny se dají využít jako UV stabilizátory k ochraně PVC na které působí ultrafialové a tepelné záření, které by mohlo vést k degradaci (*Greenwood et Earnshaw, 1993*). Kadmium se ale také přidává do barev a malířských pigmentů a bromidy a jodidy kadmia se využívají ve fotografickém průmyslu. Kadmium je vysoce stabilní vůči korozi.

6.1.1.1 Působení na životní prostředí a zdraví člověka

Kadmium a rtuť, nemají žádnou známou pozitivní biologickou úlohu, patří mezi nejtoxičtější prvky, které se projevují největším zásahem do potravního a potravinového řetězce. Kadmium je neesenciální prvek a má mimořádně toxické vlastnosti, jak pro životní prostředí, tak pro organismus člověka. Jedná se o kumulativní jed, což znamená, že se obsah kadmia v organismu v průběhu vývoje jedince zvyšuje. (*McLaughlin et Sing, 1999*).

Stejně jako pro rostliny, nemá kadmium žádné nutriční hodnoty ani pro člověka a již v minimálním množství je toxické. Otravy způsobené tímto kovem mohou mít akutní nebo chronický průběh. Nejvíce jsou ohrožené ledviny, v nichž kadmium setrvává po dobu 20 – 30 let a při dlouhodobém příjmu i nízkých množství kovu může dojít k jejich selhání. Kadmium v těle člověka působí i na bílkoviny, kde se váže na – SH skupinu cysteinových reziduí v bílkovinách a snižuje funkci – SH enzymů. (*Ferreira, 2007*). Též je prokázáno, že kadmium má karcinogenní vlastnosti a negativní efekt na dýchací systém, zažívací trakt, játra a způsobuje demineralizaci kostí (*Alexander et al. 2009*).

Rostoucím průmyslovým využíváním sloučenin, které obsahují kadmium, člověk ovlivňuje jeho přirozený koloběh a dochází tak k mobilizaci a transportu a následkem je vysoký příjem a akumulace kadmia v živých organismech (*Babich et Stotzky, 1977*). Do půdy se kadmium dostává průmyslovými odpady a fosfátovými hnojivy využívaných v zemědělství, které obsahují vysoké koncentrace kadmia a za vhodných podmínek může docházet k jeho příjmu a bioakumulaci v lipidových buňkách rostlin např. v máku. Kontaminovaný mák je dále používán v potravinářském průmyslu a je pro člověka nebezpečný (*Alexander et al. 2009*).

6.1.2 Olovo (Pb)

Olovo je těžký neesenciální toxický kov, který je charakteristický nízkou teplotou tání a je nejvíce rozšířený ve skupině spadajících do těžkých kovů. Je to měkký kov šedomodré barvy a dá se velice dobře tvarovat a zpracovat. V zemské kůře se přirozeně nevyskytuje a v mořské vodě se koncentrace olova pohybují okolo pouhých 0,03 mikrogramu na jeden litr (*Merian, 1991*).

Olovo je získáváno z galenitu (PbS) buď pražně redukčním tzn. redukcí koksem tj. uhlíkem a oxidem uhelnatým, nebo pražně reakčním procesem, které převede přítomné sulfidy na olova na oxidy. Téměř polovina produkce olova slouží na výrobu olověných akumulátorů (*Muck, 2016*). Jak zmiňuje Bencko et al. (1984), využití olova je především v elektrotechnickém průmyslu při výrobě baterií, akumulátorů, kabelů, keramického a také korunového skla, k výrobě munice a také slouží jako jedna ze složek přísady do olovnatého benzínu a stejně jako kadmium se využívá jako stabilizátor PVC.

6.1.2.1 Působení na životní prostředí a zdraví člověka

Olovo se dostává do prostředí spalovacími procesy a v minulosti zejména spalováním olovnatého benzínu. Znečištěné ovzduší koncentracemi olova mají na svědomí slévárny, ocelárny, spalovny odpadů a především spalovny uhlí a přibližná doba setrvání olova v ovzduší je 10 dní. Znečištění vodního prostředí olovem může být odpadními vodami ze zpracování rud a také z výroby elektrických akumulátorů a je toxické pro zoobentos a zooplankton. U ryb dochází k ucpaní žaber a následnému k úhynu udušením. Jedno z významných znečištění půdy jsou emise z hutí, z výfukových plynů a i aplikace čistírenských kalů a průmyslových kompostů do půdy (*MŽP ČR, IRZ 2008-2012*).

Do organismu člověka se olovo dostává skrz potraviny, který tvoří 60% příjem olova a také pitnou vodou. Olovo dokáže setrvávat v lidských kostech až po několik desítek let, což je velice nebezpečné a to především z důvodu, že z kostí je pro olovo snadné se dostat zpět do krve. Expozice olovem vede k poškození lidských orgánů a to jater, ledvin, nervového systému, cév i svalstva. A při velmi vysokých expozicích může docházet k poškození mozku a k celkovému oslepnutí jedince.

V současnosti se tento těžký kov již nachází v tělech všech živých tvorů na Zemi, je přítomen ve všech součástích životního prostředí a to dokonce i na ledovcích na Antarktidě. Jeho výskyt v nátěrech, vodovodním potrubí, keramických glazurách a některých kosmetických přípravcích, léčivech a potravinách, které vzešly na kontaminované půdy olovem, dochází k přenosu olova do těla, kde se následně dostává i do všech dalších orgánů (*Schettler et al. 2008*).

6.1.3 Nikl (Ni)

Nikl feromagnetický kov bílé barvy a vyznačuje se svou tažností, kujností a dobrou vodivostí. Obsah v zemské kůře činí kolem 100 mg/kg. Největší spotřeba niklu je při výrobě nerez oceli a to okolo 65%, zbytek se využívá při výrobě slitin, které jsou odolné vůči korozi, a proto se využívají především v elektrotechnice a nabíjecích bateriích, katalyzátorů a jiných chemikáliích. Využívá se v potravinářském průmyslu na výrobu ztužených tuků z rostlinného oleje. Z niklu se svářejí velmi odolné slitiny jako např. Monelův kov, který obsahuje (78% Ni + 32 % Cu, se stopami manganu a železa), který slouží k výrobě lodních šroubů nebo kuchyňského nádobí. Nikl patří k surovinám, z kterých se vyrábí elektrické články

s možností opětného znovu nabití a nikl-hydridové baterie jsou zdrojem elektrické energie v mobilních telefonech (*Alloway, 1990*).

6.1.3.1 Působení na životní prostředí a zdraví člověka

Nikl se přirozeně vyskytuje v ovzduší ve formě aerosolů, rozpuštěním minerálů z mořských hladin a také ze sopečných popelů. Antropogenním zdrojem je vypalování lesů ale ovšem největším problémem je spalování fosilních paliv, odpadů ze skládek a těžba a zpracování niklu.

Pokud jsou naměřeny vyšší koncentrace niklu v půdách, může to být způsobeno aplikací čistírenských kalů, nebo emisemi z rafinerií ropy a plynu. Pro vodní společenstva jsou koncentrace niklu vysoce toxická, proto je ve vodárenských tocích limitován přísněji než v pitné vodě. Nikl je prvek, který má na zdravotní stav člověka jednoznačně negativní dopady. Pokud dojde ke kontaktu s pokožkou, vznikají kožní dermatitidy, které se nazývají niklový svrab. Nikl je podezřele karcinogenní a způsobuje rakovinu plic, nosní přepážky a vzácně i nervové soustavy. Poškození srdce, játra a způsobuje zánět kůže (*MŽP ČR, IRZ 2008-2012*).

6.1.4 Měď (Cu)

Měď se nachází přirozeně v zemské kůře (68 ppm) a je přechodovým prvkem 11. skupiny periodické soustavy prvků. Pro své dřívější využití nese název „mincovní kov“. Jedná se o prvek, který je pro člověka esenciální ale na druhé straně potencionálně toxický.

Měď se vyskytuje nejčastěji v podobě sulfidu, oxidu a uhličitanu a je jedním z ušlechtilých kovů. V přírodě se nejčastěji vyskytuje v minerálech jako chalkopyrit (kyz měděný) CuFeS_2 , který představuje 50% všech veškerých rud obsahujících měď, dále chalkozin (leštěncem měděný) Cu_2S , kuprit Cu_2O a malachit $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$. Velké oblasti měděných rud se nacházejí na území Severní a Jižní Ameriky a Afriky. Naprostá většina produkce mědi však pochází z méně hodnotných rud obsahujících okolo 1% Cu. Měď získáváme pražením chalkopyritu při 800 °C. Jiným možným způsobem je také pyrometalurgická výroba (*Greenwood et Earnshaw, 1993*).

Měď má červenou barvu a vyznačuje se svojí měkkostí a tažností a vyznačuje se velmi dobrou elektrickou a tepelnou vodivostí. Je základní součástí

v elektrotechnickém průmyslu při výrobě elektrických vodičů, v menší míře slouží k výrobě řadě důležitých slitin (mosaz a bronz). Nejběžnější využití ale nachází pro instalátérské a topenářské práce a je odolný proti atmosférické korozi.

6.1.4.1 Působení na životní prostředí a zdraví člověka

Do prostředí se může pronikat fungicidními přípravky na ochranu rostlin proti houbovým chorobám. Komunální odpady ze strojírenských a chemických průmyslů obsahují vysoké koncentrace mědi a též v zemědělství se využívají sloučeniny mědi jako pesticidy (*Kafka et Punčochářová, 2002*).

Většina organismů vyžaduje měď jako katalický kofaktor pro nespočet biologických procesů jako je respirace, transport železa a ochrana buněk před oxidativním stresem (*Puig et Thiele, 2002*).

6.1.5 Zinek (Zn)

Zinek je kov, který je využíván lidmi už od Starověku a tvoří slitiny s jinými kovy. Ve středověké Evropě se zinek nevyráběl, ale malé množství tohoto kovu se získávalo kondenzací u výroby stříbra, mosazi a olova. Začátkem 18. století se spustila výroba zinku i v Anglii, Belgii a Slezsku (*Greenwood et Earnshaw, 1993*).

Zinek (Zn) je vysoce lesknoucí se kovový prvek. Jedná se o první prvek v 12. Skupině v Mendělejevově periodické tabulce a přirozeně se vyskytuje v zemské kůře (76 ppm) a má 5 stabilních izotopů (*Gordon et al., 2006*).

Čerstvě připravený zinek je pevná stříbřitá látka, s namodralým leskem. Na vlhkém vzduchu se ale lesk rychle ztrácí a to především kvůli slučování zinku s kyslíkem, sírou a fosforem. Při vyšších teplotách a zahřívání se slučují i s halogeny. Hlavní rudy zinku jsou blejno zinkové, sfalerit, kalamín a smithsonit. Tyto rudy se nejvíce těží především v Japonsku, Americe a Austrálii. Zinek obdržíme redukcí oxidu zinečnatého (ZnO) dřevěným uhlím a to při teplotě nad 1000°C, páry kovu při těchto teplotách lehce znovu oxidují a proto jejich chemická reakce – Kondenzace musí probíhat za nepřístupu vzduchu (*Greenwood et Earnshaw, 1993*).

Oxid zinečnatý se dále zpracovává tavením s koksem a elektrolyticky z roztoku ZnSO₄, jako nejčastější využití má zinek při výrobě antikoročních povlaků na které se spotřebuje 35 až 40% produkce. Zinkové plechy se využívají pro pokryv

střech a velké množství zinku spadá i na výrobu suchých článků, kdy nejběžnějším typem je kombinace uhlíku se zinkem. Pozoruhodná vlastnost tohoto kovu je nízká teplota tání a varu, při běžné teplotě je zinek křehký, pokud se ale teplota zvýší na 100 až 150°C je tažný a dá se válcovat a vytahovat v dráty. Při teplotě vyšší jak 200°C lze zinek rozetřít i na jemný prášek. Zinek zahřátý na vzduchu shoří velice jasným modrozeleným plamenem na ZnO (Muck, 2006).

6.1.5.1 Působení na životní prostředí a zdraví člověka

Ve vzduchu se zinek dokáže vázat na prachové částice a atmosférickou depozicí se dostává do vodních ekosystémů i půd. Zinek je jedním z nejdůležitějších a nezbytných kovů pro jakékoli formy života, v těle dospělého člověka je přítomno přibližně 2g Zn, ale protože enzymy obsahující Zn jsou ve většině buněk těla, je jeho koncentrace velice malá (Greenwood et Earnshaw, 1993). Je to esenciální prvek stopový prvek a je důležitý k syntéze DNA a v malém množství je významný. Naopak velké množství zinku způsobuje bolest žaludku, křeče a nevolnosti. K předávkování zinkem může docházet při konzumaci potravin skladovaných v pozinkovaných nádobách nebo předávkování doplňkovými vitamíny do stravy (MŽP ČR, IRZ 2008-2012).

7. Indikační druhy

V praxi a to především v oboru ochrany přírody je velice důležité umět rozlišit biotopy, které se přibližují původním přírodním podmínkám, od biotopů silně antropogenně ovlivněných. Objektem hodnocení je tedy původnost a také celková zachovalost biotopů a určení míry celkové antropogenní zátěže a téměř ve všech skupinách živočichů i rostlin, je možné objevit druhy, které tuto přirozenost prostředí indikují.

Každý druh je originál a preferuje určitou kombinaci ekologických podmínek a z toho plyne i ekologická nika, kterou v ekosystémech obsazuje. Tyto rozdílné nároky druhů umožňují využít jejich přítomnost v různém prostředí k hodnocení ekologických podmínek. Všechny druhy však k bioindikaci nejsou stejně vhodné, proto se nejlépe hodí především druhy s úzkou ekologickou valencí, vázané převážně na určité podmínky. Indikační druhy označujeme tedy jako takové, které svou přítomností nebo reakcemi umožňují hodnotit parametry prostředí.

Jako příklad mohou být vápnomilné druhy rostlin, které vytvářejí rostlinná společenstva pouze na vápencích, ale na lokalitách s jiným podkladem se neobjevují (Anděl, 2011).

Hlavní skupiny indikačních druhů zachycující antropogenní zásahy:

- vyšší rostliny
- lišejníky
- střevlíci a velcí drabčíkovití brouci
- motýli
- pěvci
- drobní savci

7.1 Bioindikace lišejníky

Lišejníky jsou nejznámější organismy, které citlivě reagují na přítomnost kontaminantů a toxických látek v ovzduší a u kterých je možné tuto vlastnost využívat k bioindikačním účelům. Lišejníky jsou houby, které mají ve své stélce řasu. Jsou to lichenizované houby, které se úspěšně využívají k bio-indikaci čistoty ovzduší, jsou citlivé na znečištění radioaktivního spadu, oxidu síry, fluoru ale i těžkými kovy. V lišejníku žije hlavní houba, několik řas, sinice a bakterie. Studie o funkci symbiotického systému lišejníku mykobionta i fotobionta potvrzuje, že na fungování celého organismu velmi podílejí bakterie. Mykobiont se stará o příjem vody a minerálních živin a zároveň i o ochranu fotobionta, který zajišťuje produkci uhlikovodíkových látek díky fotosyntéze (Schneider, 2011).

Jsou schopné přijímat škodlivé látky z prostředí a dokáží je v sobě hromadit, a protože příjem látek závisí na množství koncentrací z okolí, udávají kvalitu životního prostředí. Bioindikátory musí splňovat důležitá kritéria, a to především dlouhověkost, úzkou ekologickou valenci a snášenlivost vůči koncentraci látek, která nesmí vést k jejich úhynu. Zjišťujeme tedy, co nám lišejníky vypovídají o kvalitě a zachovalosti přirozeného prostředí. Obor, který se zabývá studiem lišejníků, se nazývá lichenologie (Skalka, 2004).

Lišejníky se nacházejí v různorodém prostředí (skály, borka stromů, půda, stavební materiály) a často i v ekologicky extrémních podmínkách. Podstatnými faktory, které mají vliv na růst stélky a celkový metabolismus, jsou voda, sluneční záření, teplota a koncentrace toxikantů v ovzduší. K bioindikaci znečištění ovzduší se nejvíce využívají epifytické lišejníky, které jsou mnohem citlivější, než ostatní

druhy rostoucí na jiných substrátech a většinou se nacházejí na borkách stromů. Laboratorní analýzy v polárních oblastech ukázaly, že lišejníky opravdu dokáží přežít v extrémně náročných podmínkách, jsou tolerantní ke stresu mrazem a zvládnou být vystaveny nízkým teplotám a to především proto, že rychle obnovují svou metabolickou aktivitu i po vážné destrukci chladem (Kappen, 2000). Bylo prokázáno, že lišejníky dokáží být fotosynteticky aktivní i při teplotě -196°C, ale za podmínky hydratace jejich stélky, která je tvořena z vláken houby a zelených řas nebo sinic (Kappen et. Lange, 1970).

Příčiny citlivosti k imisím

Imise narušují metabolické pochody a to hlavně fotosyntézu a dýchání a tím dochází ke zpomalení, ale i k zastavení růstu a k nenadálému úhynu částí i celé stélky. Jedna ze základních příčin může být ve zvýšeném přístupu imisí, které se zachytávají na povrchu listů a jehličí stromů, ale už při slabším dešti je část splavována po kmeni dolů a tím jsou epifické lišejníky vystavovány dávkám kontaminantů. Lišejníky nemají na povrchu stélky nepropustnou kutikulu ani regulační mechanismy (např. průduchy), které využívají vyšší rostliny. Proto mohou plynné a kapalně imise částečně i v pevné formě pronikat do celé stélky lišejníku. Jsou to organismy s nestabilní vodní bilancí, oproti vyšším rostlinám přijímají srážkovou vodu přímo a neprochází filtrací půdní vrstvy, kde by se dokázala zachytit většina rizikových prvků. Fotosyntetická aktivita u lišejníků je velmi nízká a z toho plyne i nízká růstová rychlost (korovité druhy řádově 0,1 mm a lupenité 1-10 mm za rok). Lišejníky jsou trvalou symbiózou dvou a více organismů, které spolu žijí v určitém rovnovážném vztahu, což může být také jeden z důvodů jejich citlivosti. Příčina může být v jejich podvojně podstatě a změnou některého faktoru (imise, vlhkost) a může vést k narušení rovnováhy a degradaci celého organismu.

Při využívání lišejníků k posuzování imisní zátěže, jako u všech bioindikátorů tohoto typu, nelze hodnotit okamžitý stav čistoty ovzduší a to je třeba si uvědomit. Lišejníky jsou významným modelovým organismem, které reagují na určitou kvalitu ovzduší na určitém území a jejich výhodou je skutečnost, že jejich citlivost k imisím je sledována více než 150 let. Dlouhá doba působení imisí ale vedla současně k postupnému a značnému ochuzení lišejníkové vegetace (Anděl, 2011).

7.2 Bioindikace mechorosty

Některé mechorosty jsou citlivé k antropogenním změnám životního prostředí a klimatu a mohou tak být výbornými bioindikátory. Mají větší areál rozšíření a dokáží ve svých tělech hromadit až 10x více těžkých kovů oproti cévnatým rostlinám. Mechy nemají na rozdíl od cévnatých rostlin žádné obranné mechanismy, které by mohly aktivně regulovat příjem látek z okolí. Vzhledem k nepřítomnosti krycí vrstvy či kutikuly jsou mechorosty velmi citlivé na imise toxikantů, které se vyskytují v jejich nejbližším okolí, a to především kvůli vysoké akumulární kapacitě (Market et al. 2003).

Mechorosty ve svém okolí reagují na výskyt toxikantů různými způsoby i vůči rizikovým prvkům a organickým polutantům (PAH, dioxiny) jsou vysoce odolné a hromadí tyto škodlivé látky ve svých stélkách především z toho důvodu, že nemají kořeny a nemohou tedy přijímat škodliviny z půdy (Zechmeister et al. 2007). Faktory, které mají největší vliv na míru degradace mechorostů, jsou blízkost ke zdroji znečištění, koncentrace rizikového prvku v prostředí, působení škodlivé látky, typ substrátu, ochrana a krytí mechorostu, pH, množství srážek ale také především vývojové stádium mechorostů a životní forma daného druhu. (Chopra et Cumra, 1988).

K biomonitoringu se nejvíce využívají epifytické mechorosty, které jsou mnohem citlivější ke znečištění ovzduší než terestrické mechorosty, které žijí na jiných substrátech. Epifyty získávají živiny z dešťové vody stékající po kmenech stromů, zachycené celou plochou koruny stromu, která obsahuje mnohem větší koncentrace polutantů, než při přímém dopadu kapek deště (Vanderpoorten & Goffinet, 2009).

Jeden z nejvíce rezistentních druhů je rokyt cypřišovitý (*Hypnum Cupressiorme*), který v sobě dokáže hromadit i další jiné typy polutantů. Mechorosty se díky těmto vlastnostem úspěšně využívají při „bryomonitoringu“ – biologické monitorování obsahu atmosférických polutantů pomocí mechorostů. Obsah prvků v mechorostech vzájemně souvisí i s atmosférickým spadem škodlivin a to především z důvodu, že mechy nemají kořeny a nemohou tedy přijímat prvky z půdy. Pokud známe schopnost mechorostů přijímat jednotlivé prvky z atmosférické depozice je možné s velkou přesností odhadnout úplné hodnoty průměrného spadu škodlivých látek (Sucharová et Suchara, 1998).

7.2.1 Bioindikace v suchozemském ekosystému

Terestrické ekosystémy jsou základním prostorem pro život člověka a mají mimořádnou proměnlivost ekologických prvků. Velikou variabilitu ve složení podloží a následné změny biotopů. Mají malou hustotu, která by umožnila rychlé šíření toxikantů a přitom na druhé straně zásobují organismy kyslíkem.

7.2.1.1 Hodnocení expozice pomocí půdy

Půda je složitým živým ekosystémem s velmi početnou skupinou půdních organismů (půdní rostliny, půdní živočichové, mikroorganismy) a znečišťuje se nejen srážkami, záplavami ale i splachy z chemických látek, které se tak dostávají do půdy. Půdu můžeme považovat za směsný akumulací materiál, který se hodí k realizaci monitorovacích programů. V půdě se toxikanty kumulují, pohybují v půdním profilu ale i odbourávají. Z půdy přechází řada látek kořenovým systémem do rostlin a vstupuje do potravních řetězců.

Základní způsobem hodnocení expozice je chemická analýza půd, je to běžný postup, kterým se sleduje kontaminace životního prostředí, kdy postup pro odběr, předúpravu a stanovení sledovaných složek vzorků jsou standardizovány. U analýzy na lesních půdách je velmi důležitá humusová vrstva, která je místem, kde se soustřeďuje mrtvá biomasa a dochází k jejímu rozkladu. Vzhledem k dlouhodobé fázi vývoje humusu, je místem, které dlouhodobě kumuluje toxikanty. Při využívání humusu k monitoringu a hodnocení určité lokality je důležité respektovat některé skutečnosti, jejichž zanedbání by vedlo k chybnému stanovení a nepřesným výsledkům. Dynamika vývoje humusu se dělí na horizonty podle vývoje, může ale docházet k promíchávání horizontů a to především činností půdních organismů a také podílem minerálních látek, které mohou zkreslovat výsledky. Nepřesně definovaná doba zátěže, kterou není možné jednoznačně definovat na počet let, může rovněž vykazovat nesprávné hodnoty.

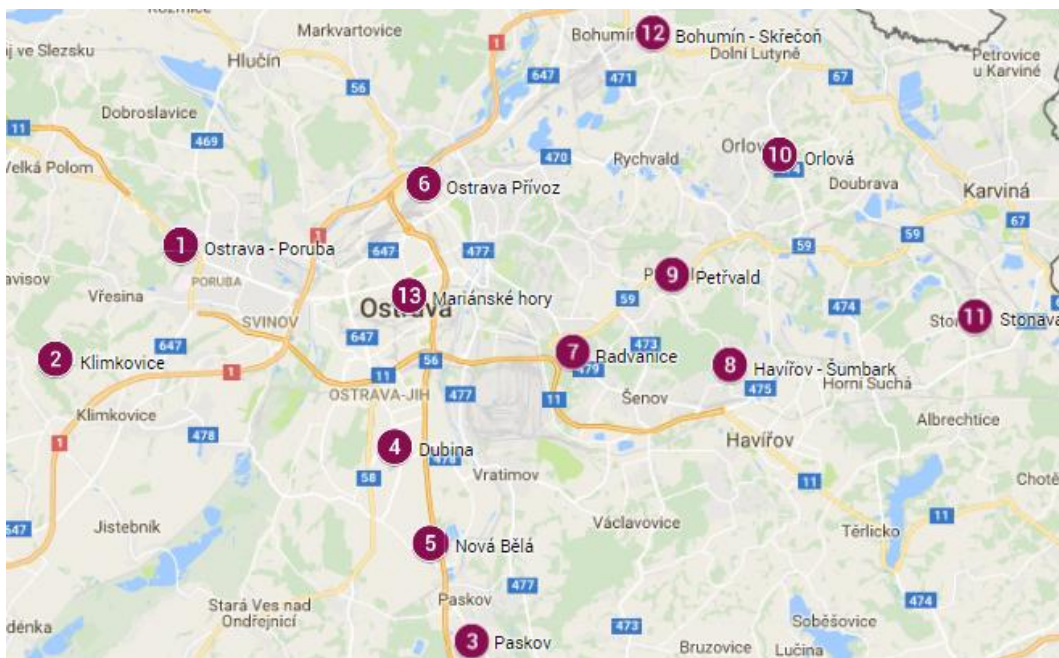
Základním metodickým postupem jsou ekotoxické testy, které jsou převážně laboratorní a protože se pracuje s živými organismy, je požadována standardizace metodicky často složitá a testy se provádí ve specializovaných laboratořích. Celkově ale převažují chemické analýzy, protože podrobných bioindikačních rozborů půdní fauny je nedostatek. Vzhledem k tomu, že půda je konečným příjemcem většiny toxikantů, které jsou přítomny v suchozemském prostředí je ideální pro hodnocení celkové kontaminace lokalit (Anděl, 2011).

8. Metodika

8.1 Oblasti sběru vzorků na Ostravsku

Pro studium kontaminace a problematiky znečištění v Ostravském regionu bylo analyzováno celkem 39 vzorků mechorostů, lišejníků a půd odebraných ze 13 lokalit. Na každé lokalitě se odebral vždy jeden vzorek stejného druhu mechorostu rokytu cypřišovitého (*Hypnum cupressiforme*) a stejného druhu lišejníku terčovníku (*Physcia tenella*) a u půd vždy jeden vzorek z každé lokality, který byl rozdělen podle horizontů. Půda se odebírala pomocí půdní sondy a odhad horizontů probíhal podle toho, jak se změnila barva nebo struktura půdy. Po odebrání půdy se vedle sondy položil metr a odhadlo se, kde se mění horizonty a horizonty se od sebe oddělily do jednotlivých sáčků. Odběr takto na každém území probíhal 3x až 4x dokud nebylo dostatečné množství vzorku (0,5 kg).

Zdravotní ústav v Ostravě má rozmístěné své monitorovací stanice, kterými sleduje kvalitu ovzduší v místech, kde je vysoké riziko znečištění. Lokality sběru vzorků bioindikátorů, které nám měly stanovit obsahy těžkých kovů na Ostravsku a na kterých probíhala analýza, byly vybrány v okolí těchto stanic. Na obrázku č. 14 jsou zobrazeny přesné polohy lokalit odběrových míst podle GPS souřadnic.



Obrázek 2 - Mapové rozmístění odběrových míst (zdroj: URL 1, upraveno autorem)

8.2 Popis odběrových lokalit

- **L1. Ostrava – Poruba:** Jedná se o rumišťe u silnice na okraji města vedle výstavby rodinných domů.
- **L2. Klimkovice:** Lokalita se nachází na západní straně Ostravy v Listnatém lese. Převládající vítr je severozápadní což by teoreticky mohla být nejméně znečištěná oblast.
- **L3. Paskov:** Odběrové místo je opuštěná neudržovaná zeleň a nachází se v průmyslové oblasti na okraji Ostravy.
- **L4. Dubina:** V okolí odběru vzorků roste zeleň, lokalita leží v husté sídlištní zástavbě.
- **L5. Nová Bělá:** Lokalita leží ve vesnické zástavbě. K odběru vzorku došlo u potoka vedle silnice.
- **L6. Ostrava – Přívoz:** Místo s meziměstskou zelení v zástavbě u silnice.
- **L7. Ostrava – Radvanice:** Okolí lokality je po směru větrů za ArcelorMittalem, vzorek byl odebrán v remízku na okraji pole.
- **L8. Havířov – Šumbark:** Lokalita se zelení na sídlišti v husté zástavbě.
- **L9. Petřvald:** Odebrání vzorku proběhlo v parku před domem kultury.
- **L10. Orlová:** V blízkosti této odběru této lokality se nachází listnatý les a vesnice.
- **L11. Stonava:** Místo, kde leží vesnická zástavba, odběr proběhl u potoka vedle rodinného domu.
- **L12 Bohumín – Skřečoň:** Odběr vzorku v lokalitě Extenzivních sadů
- **L13. Ostrava – Mariánské hory:** Odběrové místo se nachází v lesoparku v zástavbě v centru Ostravy.



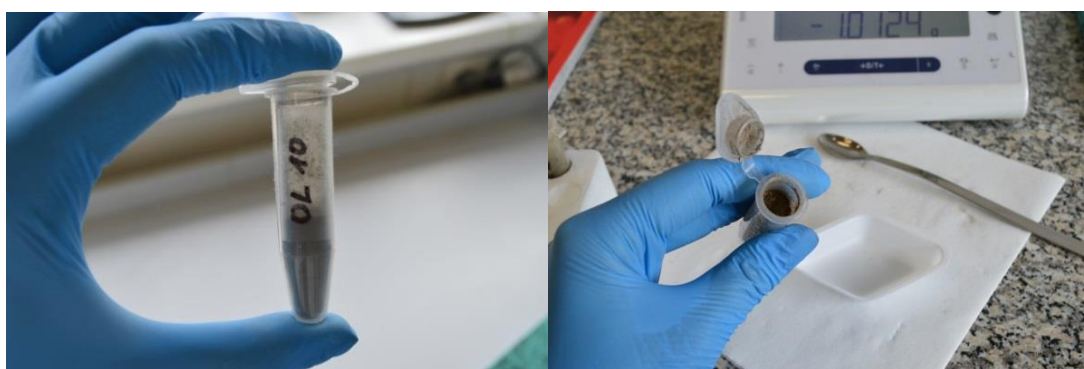
Obrázek 3- Horizontování půd v terénu (zdroj: Ing. Pavel Šimek Ph.D)

8.3 Zpracování odebraných vzorků

V rámci bakalářské práce byla v praktické části pomocí ICP-MS (hmotnostní spektrometr s indukčně vázaným plazmatem) provedena koncentrační analýza vzorků lišejníků, mechů a půdy z různých lokalit Ostravska. Výsledkem této analýzy jsou údaje o množství těžkých kovů v odebraných vzorcích mechorostů, lišejníků a půdy.

Celkový kyselinový rozklad vzorků v případě půdy probíhal tak, že nasbírané vzorky pro svrchní a spodní horizont bylo za potřeby důkladně vysušit ve skleníku a připravit je tak na další fázi - sítování. Půda byla přesypána do nerezového síta s průměrem ok 1 a 0,5 mm a následně přesítována. Tím došlo k separaci a následnému odstranění nežádoucích částic, kamenů, kořenů rostlin eventuálně i drobných živočichů. Vyčištěné vzorky byly nejemno nadrceny v keramickém hmoždíři. Mezi každým vzorkem půdy je důležité všechno vybavení použité při úpravě vzorků, důkladně omýt a poté znovu opláchnout demineralizovanou vodou abychom zabránili případné kontaminaci.

Vzorky lišejníků a mechorostů jako bioindikátorů znečištění životního prostředí těžkými kovy byly důkladně v sušičce sušeny po dobu několik dnů na 60°C do konstantní hmotnosti. Když byly vzorky dostatečně vysušené, došlo k drcení v hmoždíři. Před samotným zpracováním bylo nutné vzorky, stejně jako u vzorků půd, zbavit se nežádoucích částic a očistit lišejníky od kůry a mechy od drobných rostlin. Všechny nadrcené vzorky dočištěné pinzetou jsou připravené na vložení do plastových mikro- zkušev (5 ml Eppendorf).



Obrázek 4 a 5 - Rozdrcené vzorky v mikro-zkuševce (zdroj: autor)

Následovalo použití analytických vah k navážce vzorků. Do plastových navažovacích lodiček dle metody navážíme $0,250 \text{ g} \pm 0,005 \text{ g}$ materiálu. Pro podložení správnosti výsledků je každý vzorek naměřen dvakrát. Navážka se přesunula do teflonové patrony pro mikrovlnný rozklad, které mají výbornou chemickou a teplotní odolnost až $(+260^\circ\text{C})$ a jsou nehořlavé.



Obrázek 6 - Analytická váha (zdroj: autor)



Obrázek 7 - Navážka vzorku do platové lodičky (zdroj: autor)

8.4 Rozklad a analýza vzorků kyselinami

Dalším krokem přecházíme k samotnému kyselinovému rozkladu. Do každé teflonové patrony se přidalo automatickou pipetou 9 ml kyseliny dusičné (HNO_3), 3 ml kyseliny chlorovodíkové (HCl) a 1 ml kyseliny fluorovodíkové (HF). Koncentrace jednotlivých kyselin byly HNO_3 (65%), HCl (37%), HF (37%). Patrony s kyselinami se pevně uzavřely do keramických obalů. Takto připravené vzorky byly rozloženy podle metody EPA 3051a.



Obrázek 8 - Příprava vzorků před rozkladem (zdroj: autor)



Obrázek 9 - Teflonové patrony s keramickými obaly (zdroj: autor)

Vzorky byly podle této metody rozloženy v kyselinách po různé teploty a různý čas v analytickém mikrovlnném zařízení Anton Paar, které patří do laboratorního vybavení České vysoké školy zemědělské. Následně byly rozložené vzorky v nádobkách Savillex zahřívány na plotně a odpařeny dosucha. Po odpaření byly vzorky naředěny 25 ml demineralizované vody a přefiltrovány přes stříkačkový filtr do zkumavek. Takto připravené vzorky byly použity na analýzu na ICP-MS. Všechny vzorky byly analyzovány v duplikátu.



Obrázek 10 - Mikrovlnné zařízení Anton Paar (zdroj: autor)



Obrázek 11 - Rozklad vzorků podle metody EPA 3051A (zdroj: autor)

9. Výsledky analýzy ICP-MS

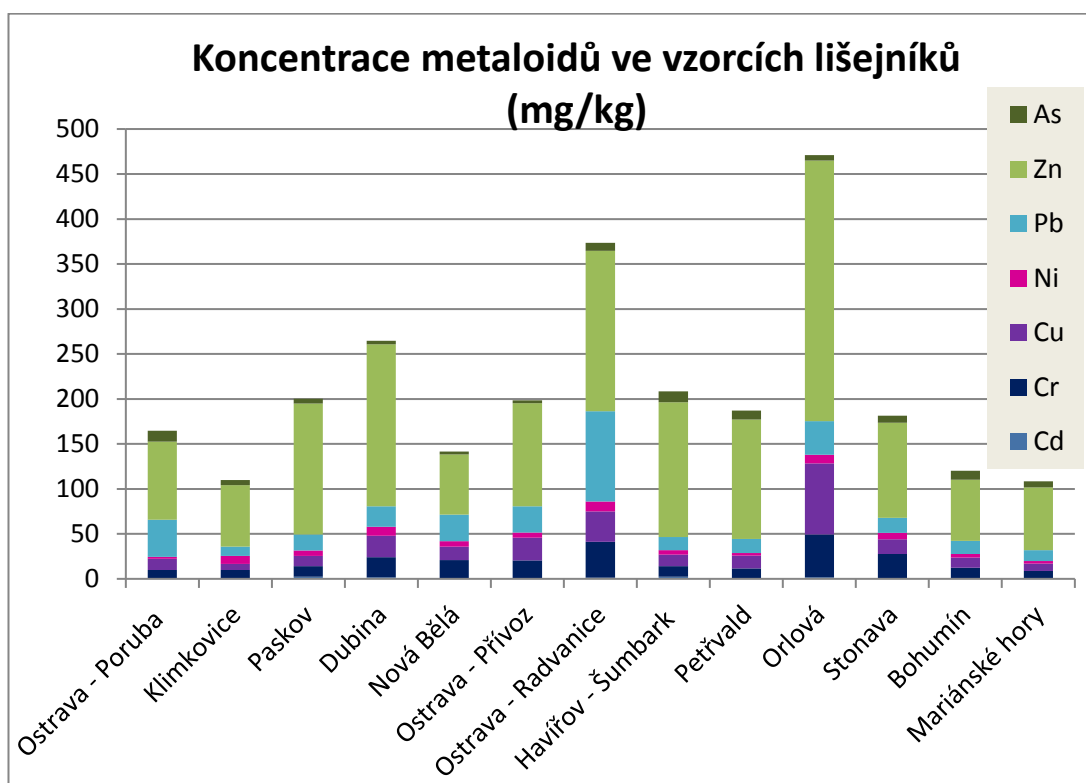
Naměřené hodnoty a stanovení celkového obsahu koncentrace metaloidů (Cr, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, As, Fe), z jednotlivých 13 lokalit na Ostravsku, kde probíhal sběr vzorků k analýze, jsou znázorněny přehledně v jednotlivých grafech.

V grafech jsou znázorněny výsledky vždy pro železo a ostatní kovy zvlášť, aby při posuzování byly zřetelné kontaminace rizikovými prvky.

9.1 Výsledky vzorků lišejníků

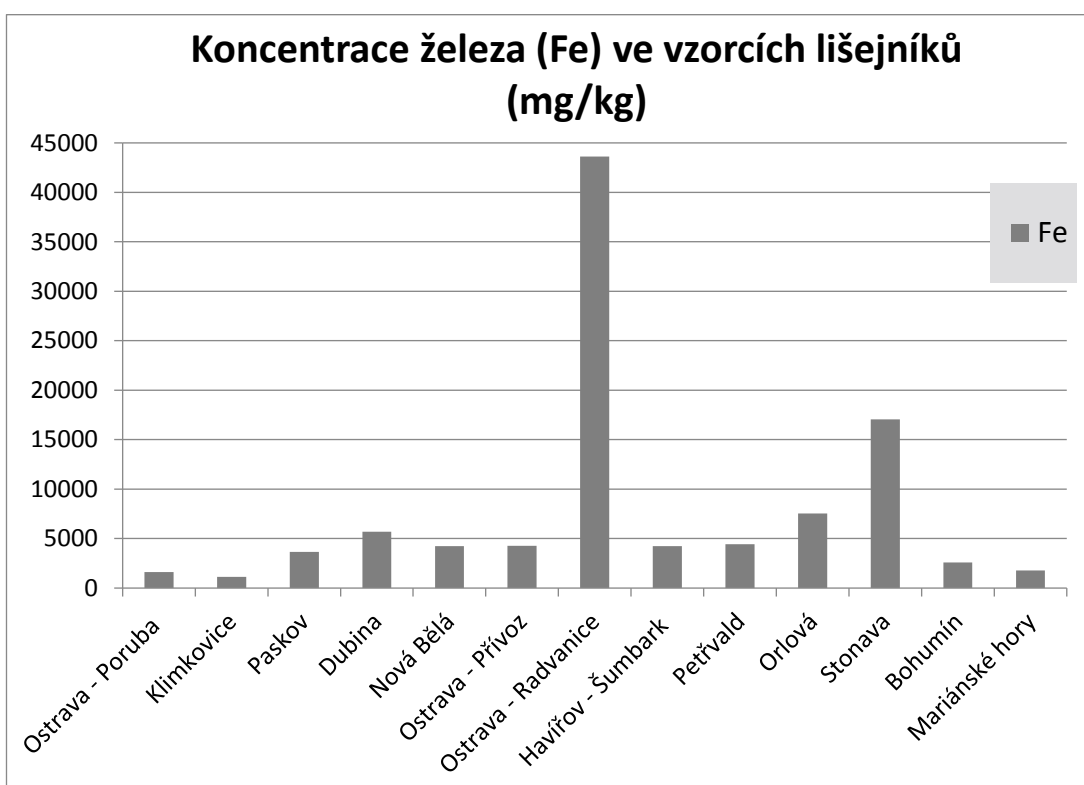
Obr. č. 12 znázorňuje obsahy sledovaných kovů kadmia niklu, arsenu a chromu, mědi, olova a zinku v odběrových lokalitách. Lze vyvodit, že lokalita s nejvyšší naměřenou hodnotou kadmia je Havířov – Šumbark (2,429 mg/kg) a druhou oblastí s nejvyšší hodnotou je Paskov (2,227 mg/kg) oproti tomu lokalita s nejnižší naměřenou hodnotou kadmia jsou Mariánské hory (0,281 mg/kg). V Ostravě, v Radvanicích byla nejvyšší naměřená hodnota niklu (10,969 mg/kg) a nejnižší v Ostravě - Porubě (1,903 mg/kg), kde naopak hodnota koncentrací arsenu byla nejvyšší (12,140 mg/kg). Chrom byl dominantně zadržován téměř ve všech lokalitách na Ostravsku, vzorek z nejpostiženější oblasti je z Orlové s hodnotou (47,696 mg/kg).

Jak je z grafu zřejmé, hodnoty zinku převládají nad hodnotami všech rizikových kovů. Nejvyšší naměřené množství zinku v lišejnících se zadržuje na Ostravsku, v okolí Orlové o hodnotě (289,420 mg/kg) a nejnižší zastoupení zinku naopak v Nové Bělé (66,666 mg/kg) i v tomto případě je koncentrace nad normu velmi vysoká. Výsledky ukazují, že u mědi je nejvyšší koncentrace také v Orlové (78,660 mg/kg). Odběrové místo Ostrava – Radvanice vyšla s nejvyšší hodnotou olova (100,462 mg/kg). Oblast listnatého lesu v Klimkovicích, kde převládá severozápadní vítr, obsahuje olova nejméně (10,415 mg/kg).



Obrázek 12 - Hodnoty koncentrací metaloidů - Lišejníky (zdroj: autor)

Koncentrace železa (Fe) byla ve všech případech tak vysoká, že bylo nutné vytvořit samostatný graf, jinak by detekce ostatních prvků nevyšla. Ostrava – Radvanice, je po směru větru za jednou z největších světových ocelářských a těžařských firem ArcelorMittalem a.s a patří jí nejvyšší naměřená hodnota železa (43610,353 mg/kg) a Stonava s druhou nejvyšší hodnotou (17049,951 mg/kg). Musíme ale také brát v potaz to, že železo je biogenní prvek a těla rostlin ho využívají v malém množství i jako svou výživu. V přírodě se tedy minerály železa vyskytují zcela přirozeně a jsou životu nezbytné.

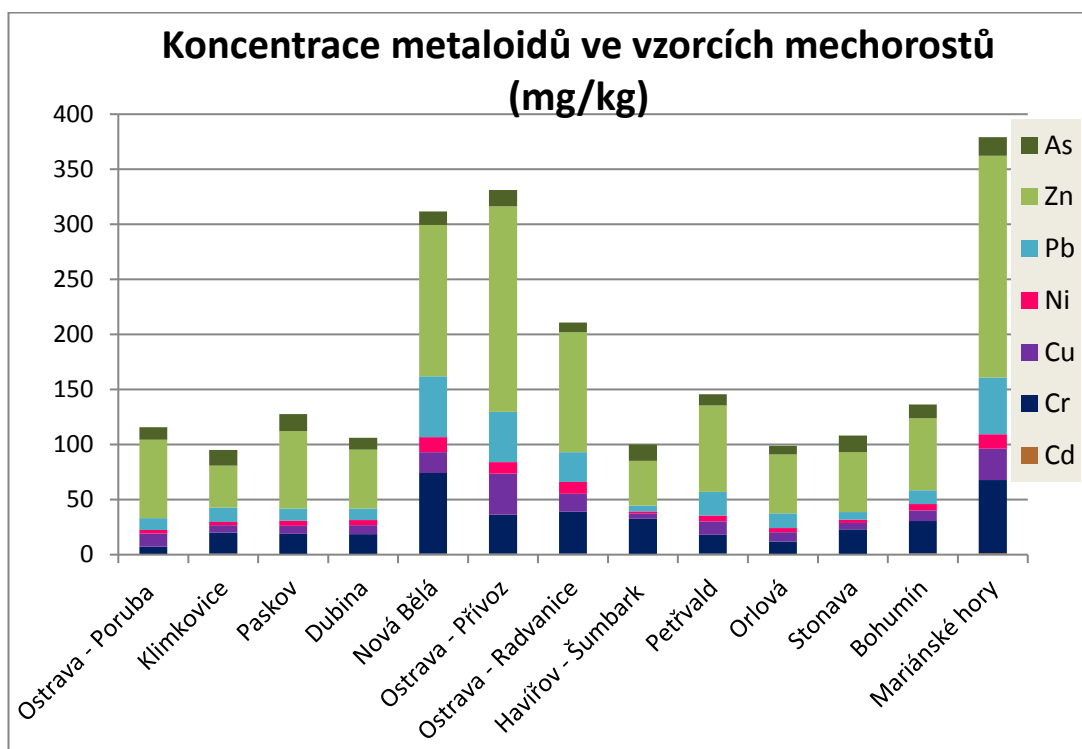


Obrázek 13 - Hodnoty koncentrací Fe - Lišejníky (zdroj: autor)

9.2 Výsledky vzorků mechorostů

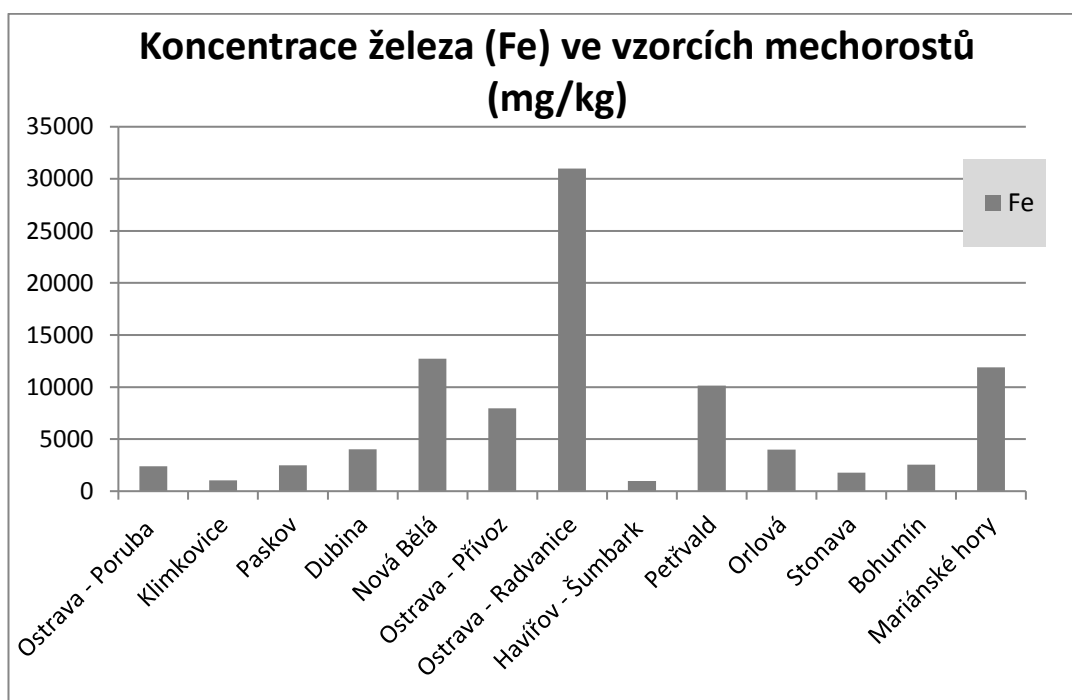
Mechorosty vykazují, že všechny hodnoty zinku ve všech lokalitách se pohybují ve velmi vysokých hodnotách. Nejvyšší hodnota zinku byla naměřená přímo v centru Ostravy v Mariánských horách (201,409 mg/kg) a nejnižší hodnota v lesoparku v Klimkovicích (38,10484 mg/kg). Můžeme pozorovat jistý nárůst obsahu chromu ve vzorcích mechorostů, který značně kolísá, Nová Bělá (73,23569 mg/kg). Nejnižší zjištěná hodnota byla naměřena v Porubě (6,579 mg/kg). Největší obsah olova je v Nové Bělé (55,0573 mg/kg) a nejnižší v Havířově – Šumbarku (5,243 mg/kg). U mědi můžeme také pozorovat ve všech lokalitách drobný nárůst. Nejvyšší stanovená hodnota u mědi byla v Nové Bělé (37,261 mg/kg) a nejnižší v Porubě (6,579 mg/kg).

V Mariánských horách bylo stanoveno nejvíce kadmia (1,4894 mg/kg). Kadmium je v případě lišejníků i mechorostů oproti ostatním metaloidům na velmi nízkých hodnotách. Na území v okolí města Ostravy je lokalita Nová Bělá s nejvyšším obsahem niklu (13,801 mg/kg).



Obrázek 14 - Hodnoty koncentrací metaloidů - Mechorosty (zdroj: autor)

Taktéž jako ve vzorcích mechorostů se koncentrace železa opět pohybovala ve vysokých hodnotách. Nejvyšší zjištěná hodnota byla naměřena v Ostravě v Radvanicích (30971,375 mg/kg). I lišejníky nám v tomto případě poukazovaly na vyšší hodnotu na území Radvanic, kde by mohla mít vliv na obsah železa v prostředí ocelářská a těžařská firma ArcelorMittal a.s. V Nové Bělé byla určena druhá nejvyšší hodnota (12718,301 mg/kg) a v Mariánských horách bylo železo stanoveno na (11904,421 mg/kg) a nejnižší hodnota byla naměřena v Havířově v Šumbarku (966,401 mg/kg).



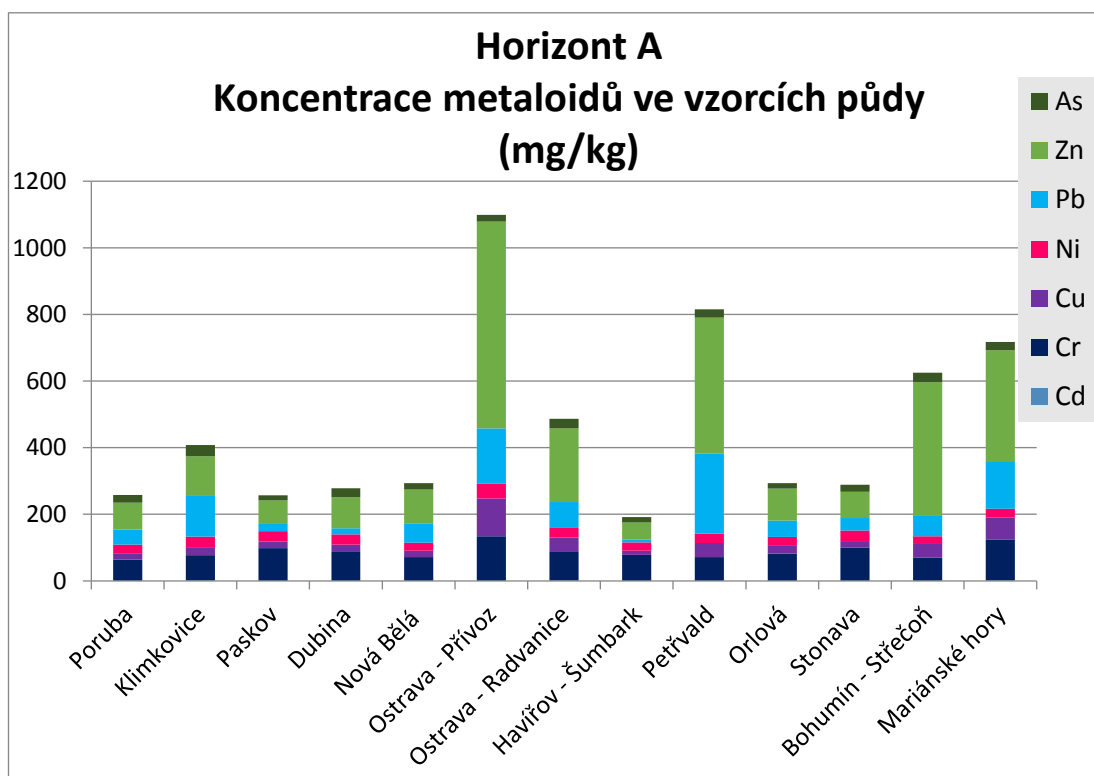
Obrázek 15 - Hodnoty koncentrací Fe - Mechorosty (zdroj: autor)

9.3 Výsledky vzorků půdy

Půdní profil Horizontu A je 0-10 cm. U výsledků byl zaznamenán vysoký nárůst rizikových prvků v těchto lokalitách: Ostrava – Přívoz, Petřvald, Mariánské hory a Bohumín – Skřečoň. Tato území obsahují především vysoký obsah zinku a olova, ale můžeme sledovat i jistý nárůst hodnot chromu a to ve všech 13 lokalitách. Ostrava – Přívoz je lokalita s nejvyšší naměřenou hodnotou zinku (620,468 mg/kg) a Paskov s nejnižší naměřenou hodnotou (67,506 mg/kg). Nejvyšší naměřená hodnota byla stanovena taktéž v Ostravě v Přívozu (133,374 mg/kg) a nejnižší v Porubě (63,157 mg/kg).

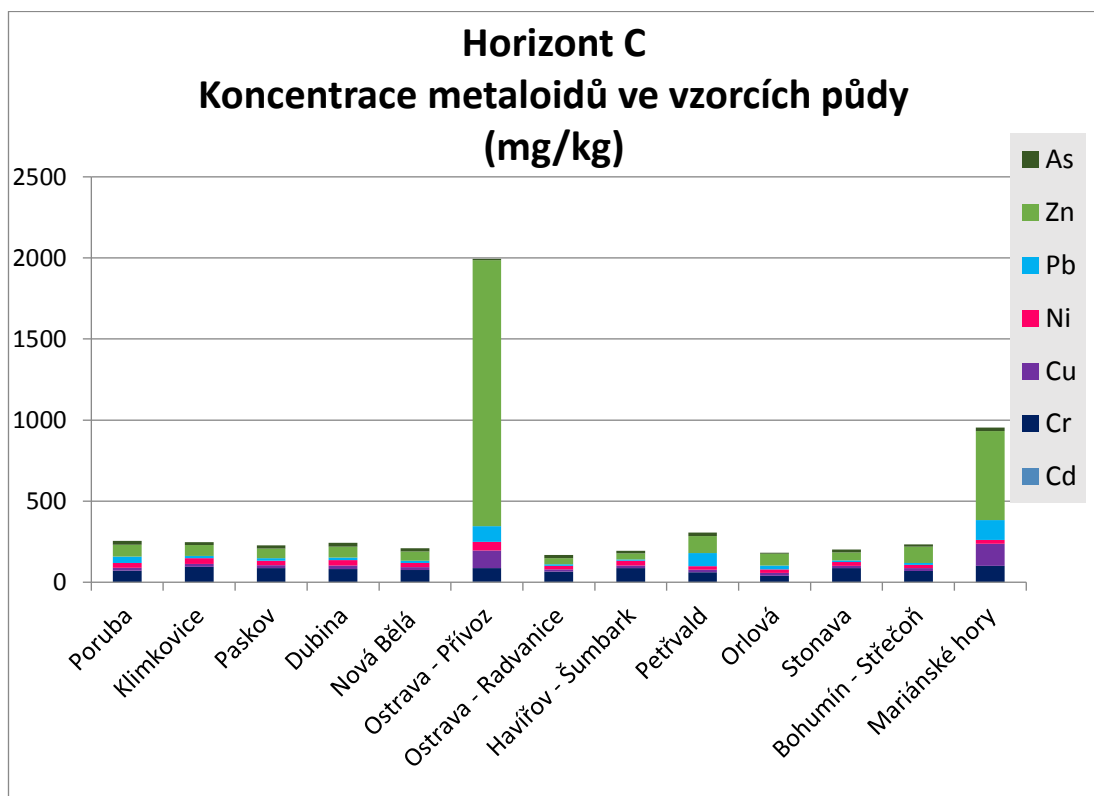
Z grafu je vidět nárůst obsahu olova v Petřvaldě (241,060 mg/kg) a také opět na území Ostrava – Přívoz (166,779 mg/kg), kde byl i naměřen vysoký obsah mědi (113,538 mg/kg).

Nejméně znečištěná oblast podle výsledků vzorků z půd v horizontu 1 je Havířov – Šumbark. V lokalitě v Radvanicích byla stanovena nejvyšší hodnota kadmia a to na (1,513 mg/kg).



Obrázek 16 - Hodnoty koncentrací metaloidů - Půda, Horizont A (zdroj: autor)

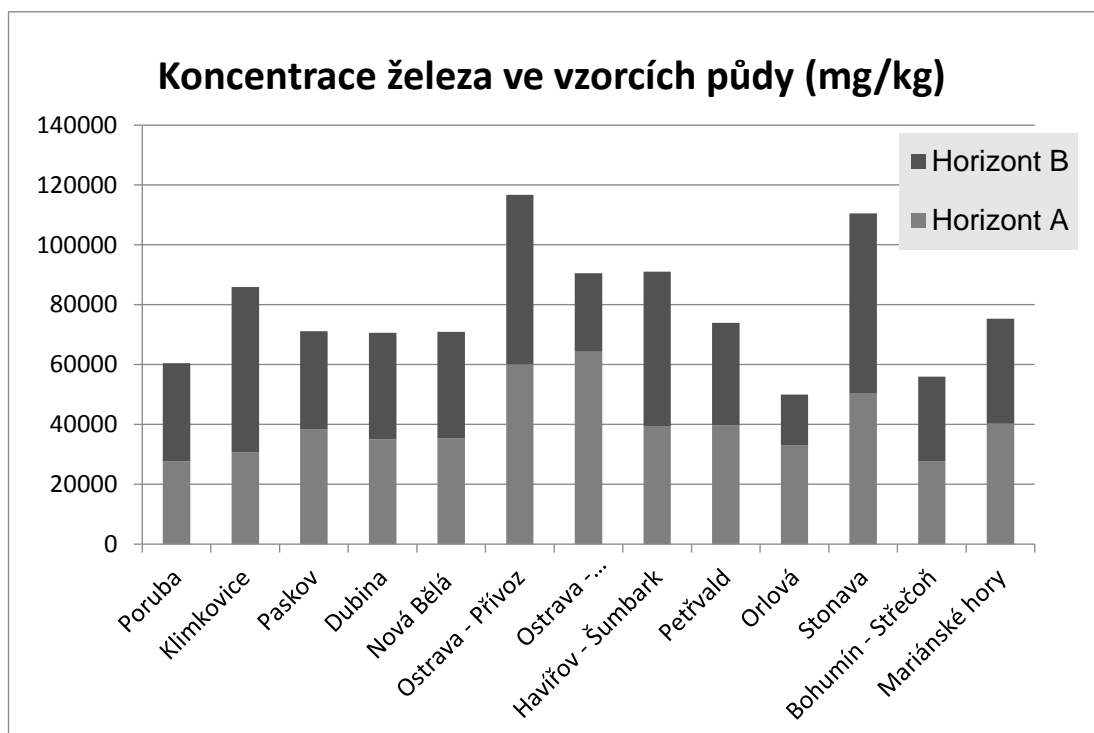
Podle půdního profilu je horizont C 35-50 cm. Ostrava – Přívoz se vyšplhala na nejvyšší hodnotu ze všech lokalit. Zinek má opět převahu a je zadržován ve všech lokalitách na Ostravsku. Vzorek z nejpostiženější oblasti má hodnotou (1639,655 mg/kg). Olovo bylo naměřeno především v Ostravě v Přívozu (97,669 mg/kg) a také v Mariánských horách (121,662 mg/kg). Ostrava – Přívoz a centrum Ostravy Mariánské hory nám tedy určují, že dle vzorků půd je to nejvíce znečištěná oblast na Ostravsku.



Obrázek 17 - Hodnoty koncentrací metaloidů - Půda, Horizont C (zdroj: autor)

V horizontu A (nejsvrchnější část půdy), byla naměřena nejvyšší koncentrace železa, která byla stanovena v Ostravě v Radvanicích (64294,784 mg/kg) a v Přívozu na (60169,0911 mg/kg). Oproti tomu nejmenší hodnota byla naměřena v Ostravě - Porubě (27566,560 mg/kg).

I v druhém horizontu byla jedna z nejvyšších hodnot stanovena v Ostravě v Přívozu (56557,385 mg/kg). Nejvyšší hodnota železa byla naměřena na území Stonavy (60312,355 mg/kg) a nejnižší v Orlové (17057,507 mg/kg).



Obrázek 18 - Hodnoty koncentrací Fe - Půda (zdroj: autor)

10. Diskuze

Veškeré naměřené hodnoty ze všech lokalit na Ostravsku poukázaly na zajímavé zjištění, že rozdíly koncentrací ve vzorcích lišejníků, mechorostů a půd se při biomonitoringu podstatně lišily.

Tento jev lze vysvětlit tím, že lišejníky žijí podstatně déle, než mechorosty a tím pádem, také akumulují znečištění po delší časový úsek. Lišejníky tedy akumulují znečištění ze všech dosažitelných zdrojů a směrů v závislosti na tom, jakým směrem zrovna fouká vítr. V důsledku tohoto, jsou méně spolehlivé pro určování místních lokálních zdrojů a aktuálního znečištění. Konkrétním příkladem jsou naměřené vysoké hodnoty v oblasti Orlové, a to především vysoké koncentrace zinku. Lokalita Orlová se nachází nejbližší u hranic, tudíž znečištění se do této oblasti dostává dálkovým přenosem z polského města Katowice, a to zejména ze závodů zpracujících zinkové, olovněné a stříbrné rudy.

Mechanika příjmu mechorosty je velmi složitá. Mechy jsou vývojově pokročilejší a mají kratší délku života než lišejníky, a tak akumulují znečištění po kratší časový úsek. Díky tomu, by měly ve srovnání s lišejníky a půdou obsahovat mnohem nižší koncentrace kovů, ale o to více by měly odpovídat momentální situaci. Ostrava – Radvanice je po směru větru za jednou z největších světových ocelářských a těžařských firem ArcelorMittale a.s a patří jí tedy nejvyšší naměřená hodnota železa, jak ve vzorcích lišejníků tak i mechorostů.

Další zajímavý poznatek měření tedy je, že železo má až několika tisíci násobně vyšší naměřené hodnoty, než ostatní prvky. Možným vysvětlením může být, že železo se v prostředí přirozeně vyskytuje v mnohem větším množství, než ostatní těžké kovy.

Suk (1999) uvedl jako přirozený obsah zinku v městské aglomeraci množství do 150 mg/kg. Obsah zinku je v centru Ostravy v Mariánských horách a na Přívoze až 3x vyšší a jsou obsaženy v celém půdním profilu, důvodem je předpokládán atmosférický spad a automobilismus. Půda dokáže akumulovat všechny prvky, které na ní dopadnou, bez jakékoli selektivity a ze všech zdrojů. U půdy je potřeba brát v úvahu pohyblivost prvků půdním profilem, jestli je prvek pohyblivý, nebo ne. Zinek častěji tvoří komplexy s mobilními organickými látkami než s nerozpustnými, které jsou poměrně nepohyblivé. Vrchní horizont bývá zákonitě vždy více znečištěný, než ten spodní.

Zinek se do prostředí dostává také jako výsledek důlní činnosti, čištěním zinku a olova či kadmia, dále v důsledku výroby oceli, spalování odpadů a uhlí. Tyto úniky mohou zvyšovat koncentrace zinku v ovzduší.

Výsledné naměřené hodnoty u všech druhů použitých vzorků jsou ve velké míře ovlivňovány faktory proudění větru a teplotou. Zkoumaná oblast je specifická tím, že zde převládá severovýchodní vítr, který ovlivňuje koncentrace na různých místech.

Dalším významným faktorem ovlivňujícím kvalitu ovzduší jsou průmyslové podniky, které se nacházejí v blízkosti míst odběru vzorků. Především se jedná o tyto podniky:

- 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).

Dále také jednotlivá lokální topeniště, která nejsou z pohledu legislativy zatím regulována a kterých je na našem území hojný počet. I tyto zdroje participují a významně se podílejí na celkovém znečištění ovzduší a to hlavně během topné sezóny. Problematikou samotných lokálních topenišť není jen špatně zvolené palivo, ale i celkový stav kotle, kdy starší typy kotlů na tuhá paliva nejsou vyhovující. Zákon uděluje povinnost provádění pravidelných kontrol kotlů prostřednictvím prověřených osob, které mají udělovat případné finanční sankce. Toto opatření však ve skutečnosti není plně funkční a v praxi nefunguje tak, jak by mělo.

S ohledem na skutečnost, že se u nás vyskytují lokální topeniště a významnou měrou se podílí na znečištění ovzduší, jsou zde zastoupeny v mnohem menší míře, než za hranicemi na polské straně. A tak za určitých meteorologických podmínek dochází k dálkovému přenosu částic polétavého prachu na území Ostravska. Z těchto důvodů byla přijata řada opatření a byla realizována spousta projektů v rámci přeshraniční vzájemné kooperace. Tato forma spolupráce mezi Polskem a Českou republikou je dle mého názoru klíčovým řešením k dosažení postupného zlepšení stavu kvality ovzduší na obou stranách.

Automobilová doprava hraje také svou roli v problematice znečištění ovzduší, ale nejedná se o primární zdroj znečištění.

11. Závěr

Tato bakalářská práce na téma Znečištění Ostravska emisemi těžkých kovů si kladla za cíl zhodnotit a vyhledat zdroje znečištění, které kontaminují ovzduší těžkými kovy (Pb, Cd, Ni, Cu, Zn...) na území Ostravsko-karvinského revíru. Součástí práce je také experimentální část, kde byly pomocí analytické metody ze vzorků lišejníků, mechorostů a půd zjištěny koncentrace rizikových prvků v okolí města Ostravy. Z provedené analýzy a ze zjištěných informací vyšlo najevo, že znečištění se do této oblasti dostává také z polského města Katovice, především ze závodů zpracujících zinkové, olovněné a stříbrné rudy. Škodlivé látky jsou dopravovány dálkovým přenosem pomocí větru, který v oblasti vane především ze severovýchodu, což Ostravsko staví do nevýhodné pozice.

Již od doby objevu uhelných zásob v Ostravské pánvi byl celkový krajinný ráz Ostravsko-karvinského regionu a následně i Třinecka formován průmyslovou výrobou. Díky politické restrikci Evropské unie, kterou do svých zákonů zařadila i Česká republika bylo dosaženo významného snížení objemu emisí. Podniky zařazují do výrobních technologií ochranná zařízení tak, aby byl výsledný dopad na životní prostředí co nejmenší. A však i přes to dochází k častému překračování emisních limitů. Vzhledem k tomuto faktu by bylo vhodné zpřísnit podmínky sankcí za toto porušení.

Chybí legislativní opatření, které by regulovalo jednotlivá lokální topeniště. Zákon nám sice uděluje povinnost provádění pravidelných kontrol kotlů, avšak toto opatření ve skutečnosti není plně funkční a v praxi nefunguje.

Průmyslová výroba k Ostravské pánvi neodmyslitelně patří a případné teorie o ukončení provozu průmyslových podniků by mohly mít za následky mnohem závažnější problémy, jako například ještě vyšší nezaměstnanost.

Výskyt těžkých kovů, jejich snadná kumulace a toxicita, která ohrožuje složky životního prostředí, je momentálně velice sledovaným problémem na celém světě. Z tohoto důvodu je monitoring a regulace koncentrací těchto rizikových prvků uvolňovaných do prostředí nezbytné z hlediska ochrany životního prostředí a ochrany zdraví člověka.

12. Literární zdroje

1. **ADAMEC, V.** a kol. (2008) *Doprava, zdraví a životní prostředí*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-2156-9.
2. **ALEXANDER, J. et al.** (2009) Cadmium in food. Scientific opinion of the panel on contaminants in the food. *The EFSA Journal* 980. 1-139.
3. **ALLOWAY, B., J. et al.** (1990), Heavy metals in soils, Blackie and Son Ltd, Great Britain, 339 pp.
4. **ANDĚL, P.,** (2011) *Ekotoxikologie, bioindikace a biomonitoring*. Evernia s.r.o. Liberec. 265 s. ISBN 80-903787-9-7
5. **ANDREOVSKÝ, J.** (2013) *Příručka ochrany kvality ovzduší*. Vyd. 1. Editor Vladimíra Henelová. Praha: Sdružení společností IREAS centrum, 640 s., ISBN: 978-80- 86832-77-7
6. **BABICH, H., STOTZKY G.** (1977) Sensitivity of various bacteria, including actinomycetes and fungi to cadmium and influence of pH on sensitivity. *Appl. Environ. Microbiol.* 33: 681-695 ISBN: 80-7169-150-X.
7. **BLAŽEK, J., UHLÍŘ, D.** (2011) *Teorie regionálního rozvoje: nástin, kritika, implikace*. Vyd. 2., přeprac. a rozš. V Praze: Karolinum, 2011, 342 s. ISBN 9788024619743
8. **Borge, R., Lumbreras, J., Vardoulakis, S., Kassomenos, P., Rodriguez, E.** (2007) Analysis of long-range transport influences on urban PM10 using two-stage atmospheric trajectory clusters, *Atmospheric Environment*, Vol. 41, p. 4434-4450.
9. **DIAMO, státní podnik, odštěpný závod ODRA: 35/AKT** - Aktualizovaný projekt č. 35 – na řešení revitalizace Moravskoslezského kraje „Komplexní řešení problematiky metanu ve vazbě na stará důlní díla“, Ostrava, Technická specifikace - Projektová dokumentace, 2008
10. **DLOUHÝ, J.** (2001) *Historie a současnost podnikání na Ostravsku*. 1. vyd. Žehušice: Městské knihy, 343 s. Historie a současnost podnikání v regionech ČR. ISBN 80-902-9192-9.
11. **FERREIRA, S. L. C.** (2007) Review of procedures involving separation and preconcentration for the determination of cadmium using spectrometric techniques. *Journal of hazardous materials.* 145, 358-67

12. **GORDON, R. B., BERTRAM, M., GRAEDEL, T. E.** (2006) Metal stocks and sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 103(5). 1209–1214.
13. **GREENWOOD, N. N. a A. EARNSHAW** (1993) *Chemie prvků*, svazek 2. Praha: Informatorium, 1993, 1635 s. ISBN 80-85427-38-9.
14. **HAVRLANT, M.** (1980) *Antropogenní formy reliéfu a životní prostředí v ostravské průmyslové aglomeraci*. Spisy Pedagogické fakulty v Ostravě, sv. s. 41- 81, vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 153 s.
15. **HAVRLANT, M.** (1998) *Ekologické zátěže a jejich hodnocení*. 1. vyd., Ostravská univerzita, Ostrava, s. 8-10. ISBN 80-7042-747-7
16. **HEDMAN, B., NASLUND, M., MARKLUND, S.** (2006) Emission of PCDD/F, PCB, and HCB from Combustion of Firewood and Pellets in Residential Stoves and Boilers, *Environmental Science Technology*, Vol. 40, No. 16, p. 4968-75
17. **HLAVATÁ, M., DIRNER, V., KUČEROVÁ, R.** (2012) Appreciation of the Tailings Slurry Coal in Ostrava-Karvina District. *Životné prostredie*, 46, 5, p. 254 – 257
18. **HORÁK, J., ŠYC, M., HOPAN, F., KRPEC, K.** (2011) *Srovnání emisí vybraných znečišťujících látek ze spalování biomasy a uhlí v domácnostech*, Paliva Vol. 3, p. 64- 68.
19. **CHOPRA R. N. & CUMRA P. K.** (1988) *Biology of bryophytes*. Wiley Eastern Limited, New Delhi, India.
20. **JANČÍK, P. et al** (2013) *Atlas ostravského ovzduší*. Vydala VŠB - TU Ostrava 1. Vydání, Tisk MORAVAPRESS, s.r.o. Náklad 500 ks 128 stran
21. **JIŘÍK, K., PITRONOVÁ, B.** (1967) *Dějiny Ostravy*. 1. vydání. Profil, Ostrava, 767 s.
22. **JIŘÍK, K., PITRONOVÁ, B.** (1967) *Dějiny Ostravy*. Vydáno k 700. výročí založení města. Profil, Ostrava, 767 s.
23. **KADEŘÁBKOVÁ, B., PIECHA, M.** (2009) *Brownfields: jak vznikají a co s nimi*. Vyd. 1. Praha: C. H. Beck, 138 s. ISBN 9788074001239
24. **KAFKA, Z., PUNČOCHÁŘOVÁ, J.,** (2002) *Těžké kovy v přírodě a jejich toxicita*. Chemické listy. Praha: Česká společnost chemická, roč. 96, č. 7, s. 611-617
25. **KAJÁNKOVÁ, D.** (2010) *Hornická činnost na Karvinsku a její environmentální a sociální dopady*. Brno, s. 32 – 34. Diplomová práce. Masarykova univerzita v Brně.

26. **KAPPEN L** (2000) Some aspects of the great success of lichens in Antarctica. Antarctic Science-Institutional Subscription, **12**: 314–324.
27. **KAPPEN L., LANCE OL** (1970) The cold resistance of phycobionts from macrolichens of various habitats. *Lichenologist*, 4: 289-293.
28. **KEDER, J., et al.** (2010): *Stop prach* [on-line, cit. 2017-04-07]. Konference „Známe Priority“. Dostupné z: STOP_PRACH_K2_Prezentace_ASC_Final_Duchcov.pdf
29. **KREJČÍ, B.** (2007) *Vývoj znečištění ovzduší prašným aerosolem v oblasti Ostravsko-Karvinska v letech 1975-2005* -program a sborník konference Brno 23. - 25. dubna 2007- Recetox, Tocoen, ČHMÚ 67-71 s 21.
30. **MACHOTKOVÁ, J.** (2003) *Společnost Vítkovice v dokumentech* 1.vyd.Šenov u Ostravy: Nakladatelství Tilia, s. 182. ISBN 80-86101-79-7
31. **MLLONE, S., STAFOGGIGA, M., FAUSTINI, A., GOBBI, G. P., MARCONI, A., FORASTIERE, F.** (2011) Saharan dust and associations between particulate matter and daily mortality in Rome, Italy, *Environmental Health Perspective*, Vol. 119, No. 10, p. 1409–1414.
32. **MARKERT B. A., BREURE A. M. & ZECHMEISTER H. G.** 2003: Bioindicators and Biomonitors. Principles, Concepts and Applications. Elsevier, Oxford.
33. **MARTINEC, P.** (2006) *Vliv ukončení hlubinné těžby uhlí na životní prostředí*. Ostrava: Anagram, ISBN 80-734-2098-8.
34. **MCLAUGHLIN, M. J., SINGH, B. R.** (1999) Cadmium in soils and plants, pp. 1-7. In: McLaughlin, M. J. & Singh, B. R. (eds). *Developments in Plant and Soil Science. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London.*
35. **MERIAN, E.** (1991) Metals and their compounds in the environment (Occurrence, analysis and biological relevance, VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, Germany, 1438 pp.
36. **MIKOLÁŠ, J. et al.** (2014) *Dobývací prostory, vlivy dobývání na krajinu, charakteristika posthornické krajiny*. Ostrava: Výzkumná zpráva projektu Spolczech, VŠB-TU, 46 s.
37. **MOŹDZIERZ, A., JUSZKO-PIEKUT, M., STOJKO, J., KOLOSZA, Z.** (2011) Benzo(a)pyrene emission in cities of the upper silesia industrial area in southern Poland 1980-2005, *Polish Journal of Environmental Studies*, Vol. 20., No. 5, p. 1251- 1258

38. **MUCK, A.**, (2006) *Základy strukturní anorganické chemie*, Academie Praha 2006. 508 s. ISBN 80-200-1326-1.
39. **NORDBERG M., NORDBERG G. F.** (2002) Cadmium. In: Sarkar B. (ed.), *Heavy metals in the environment*, 231 – 270. *CRC Press*, New York, Basel.
40. **PITTER, P.** (2015) *Hydrochemie*. 5. aktualizované a doplněné vydání. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 792 s. ISBN 9788070809280.
41. **Politika, stav a vývoj životního prostředí: Česká republika.** Praha, 1999. ISBN 80-721-2080-8
42. **PROKOP, R.** (2003) *Ostrava v procesu transformace: Strukturální proměny města na prahu třetího tisíciletí*. In: *Ostrava: příspěvky k dějinám a současnosti Ostravy a Ostravska*. 1. vyd. Šenov u Ostravy: Tilia, 284 - 308. ISBN 80-86101-77-0.
43. **PUIG S., THIELE D. J.** (2002) Molecular mechanisms of copper uptake and distribution. *Current Opinion in Chemical Biology* 6:171–180
44. **ROČEK, A.** (2003) *Ostravsko-karvinský revír v letech 1945-2000*. In: MACHAČ, J., LANGROVÁ, P.: *Uhelné hornictví v ostravsko-karvinském revíru*. Anagram, Ostrava, s. 116–200.
45. **SCHETTLER, T. M. D., SOLOMON G. M. D., VALENTI M, HUDDLE A.** 2008 (*Generace v ohrožení*. Arnika. Praha. 474,440-448)
46. **SCHNEIDER T., SCHMID E., DE CASTRO J. V., CARDINALE M., EBERL L., GRUBE M., BERG G., RIEDEL K.** (2011) Structure and function of the symbiosis partners of the lung lichen (*Lobaria pulmonaria* L. Hoffm. analyzed by metaproteomics. *Proteomics* 11: 2752-2756.
47. **SKALKA M.**, (2004) *Lišejníky jako bioindikátory*. *Živa* 2004/3: 107-108.
48. **SMOLOVÁ, I.** (2008) *Těžba nerostných surovin na území ČR a její geografické aspekty*. 1. vyd. Olomouc. Univerzita Palackého v Olomouci. 95 s. ISBN 824421259.
49. **SUCHARA I., SUCHAROVÁ J.** (1999) *Mechorosty a monitorování* (I) a (II).- *Živa*, 46: 201-202, 246-248.
50. **SZURMANOVÁ, Z. et al.** (2010) *Vyhodnocení a klasifikace kontaminovaných a potencionálně kontaminovaných lokalit na území Ostravy*. Ostrava: AQD - envitest, s.r.o.).
51. **ŠUTA, M.** (1996) *Účinky výfukových plynů z automobilů na lidské zdraví*. 1. Brno: Český a Slovenský dopravní klub, 1996. 40 s. ISBN 80-901339-4-0.

52. **TYLČER, J., SZURMANOVÁ, Z.** (2010) *Vyhodnocení a klasifikace kontaminovaných a potencionálně kontaminovaných lokalit na území města Ostravy. Závěrečná zpráva.* AQD-envitest, s.r.o.)
53. **TYLČER, J., WALICA, R.** (2011) *Co jsou brownfields?. In Regenerace průmyslových ploch, II díl. 1. vyd.* Ostrava: Vysoká škola baňská – Technická univerzita Ostrava. Kapitola 5, s. 57–79.
54. **VANDERPOORTEN A. & GOFFINET B.** (eds.) 2009: *Introduction to Bryophytes.* Cambridge University Press, Cambridge
55. **VOJVODÍKOVÁ, B., POTUŽNÍK, M., BUERGERMEISTEROVÁ, R.** (2011) The database on brownfields in Ostrava (Czech Republic): some approaches to categorization. *Moravian Geographical Reports*, vol. 19. no. 4, p. 50-60.
56. **ZECHMEISTER H. G., DIRNBÖCK T., HÜLBER K. & MIRTL M.** (2007) Assessing airborne pollution effects on bryophytes - lessons learned through long-term integrated monitoring in Austria. *Environmental Pollution* 147: 696–705.

12.1 Seznam internetových zdrojů

1. **ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV:** *Grafická ročenka 2013.*
[online]. 2017, [cit. 2017-04-02] Dostupné z:
http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/13groc/gr13cz/V3_OKFM_CZ.html
2. **ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV:** *Imise těžkých kovů obsažené v prašném aerosolu. Znečištění ovzduší na území České Republiky, grafická ročenka 1998.* [online] [cit. 2017-03-19] Dostupné z:
http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/groc/gr98cz/kap_0236/kap_0236.htm
3. **DÝCHÁM PRO OSTRAVU:** *Memorandum statutárního města Ostravy a města Katovice o společném zájmu na zlepšení čistoty ovzduší v česko-polském příhraničí* [online]. [cit. 2017-03-16]. Dostupné z:
<https://dycham.ostrava.cz/ovzdusi/dokumenty-ke-stazeni>
4. **DÝCHÁM PRO OSTRAVU:** *Příčiny znečištění ovzduší* [online] [cit. 2017-02-12]. Dostupné z: <https://dycham.ostrava.cz/ovzdusi/priciny-znecisteni-ovzdusi>
5. **DÝCHÁM PRO OSTRAVU:** *Stanovení podílu produkce emisí z automobilové dopravy vůči ostatním zdrojům znečišťování ovzduší na území Ostravské*

aglomerace (12/2012) [online]. 2017, 12. 12. 2012 [cit. 2017-03-15] Dostupné z: <https://dycham.ostrava.cz/ovzdusi/dokumenty-ke-stazeni>

6. **EVROPSKÁ KOMISE:** *Ovzduší* [online] [cit. 2017-01-25]. Dostupné z: http://ec.europa.eu/environment/air/index_en.htm
7. **HLUK & EMISE:** *Vliv emisí na zdraví (NO_x, PM a další)*. [online]. 2007, [cit. 2017-03-08] Dostupné z: <http://hluk.eps.cz/hluk/emise/vliv-emisi-na-zdravi/>
8. **LOKÁLNÍ TOPENIŠTĚ:** *Jak topit* [online]. 2017, [cit. 2017-03-28] Dostupné z: <https://lokalni-topeniste.msk.cz/node/93>
9. **MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ:** Integrovaný registr znečišťování. Olovo a sloučeniny. 2008-2012. [cit.:2017-03-02]. Dostupné z: <http://irz.cz/node/74>
10. **MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ:** Integrovaný registr znečišťování. Zinek a sloučeniny. 2008-2012. [cit.:2017-03-06]. Dostupné z: <http://irz.cz/node/106>
11. **MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ:** Integrovaný registr znečišťování. Nikl a sloučeniny. 2008-2012. [cit.:2017-03-09]. Dostupné z: <https://www.irz.cz/node/72>
12. **NEW WORLD RESOURCES:** *Rekultivace a ochrana biodiverzity*. [online]. 2017 [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <http://www.newworldresources.eu/cs/sustainability-2012/udrzitelnost/zivotni-prostredi/rekultivace-a-ochrana-biodiverzity>
13. **OKD.cz** *Jak se těží v OKD* [online]. 2016, 13. 6. 2016 [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: <http://www.okd.cz/cs/tezime-uhli/jak-se-tezi-v-okd>
14. **OKD.cz** *Životní prostředí 2017* [cit. 2017-03-02]. Dostupné z: <http://www.okd.cz/cs/zivotni-prostredi/produkce-hlusiny-a-haldy>
15. **OSTRAVA.cz** *Magistrát města Ostravy, odbor ochrany životního prostředí*. [online]. 2017, 08. 02. 2017 [cit. 2017-02-04]. Dostupné z: <https://www.ostrava.cz/cs/o-meste/zivotni-prostredi/problematika-metanu>
16. **OSTRAVA.cz** *Plán rozvoje systému zeleně na nezastavitelných lokalitách – Brownfields*. [online]. 2017, 12. 11. 2017 [cit. 2017-02-05]. Dostupné z: [46](http://www.ostrava.cz/cs/urad/magistrat/odbory-magistratu/odbor-ochrany-zivotniho-prostredi/strategicky-plan-rozvoje-systemu-zelene-na-uzemi-mesta-</div><div data-bbox=)

ostravy/5.-plan-rozvoje-systemu-zelene-na-nezastavitelnych-lokalitach-brownfields

17. **OSTRAVA.cz** *Problematika metanu - Zápisy z čtvrtletních kontrolních dnů* [online]. 2017, 08. 02. 2017 [cit. 2017-02-01]. Dostupné z: <http://www.ostrava.cz/cs/o-meste/zivotni-prostredi/problematika-metanu/dokumenty/zapisy-z-ctvrtletnich-kontrolnich-dnu>
18. **STATUTÁRNÍ MĚSTO OSTRAVA:** *Integrovaný plán rozvoje města: Ostrava pól rozvoje* [online]. [cit. 2017-02-06]. Dostupné z: http://www.ostrava.cz/cs/podnikatel-investor/strategicke-projekty-mestaostravy/iprm/iprm-ostrava-pol-rozvoje/IPRM_Polrozvoje_final_precislovany_titulka.pdf
19. **URL č. 1, GOOGLE.**(2016) Google Maps [online]. [cit. 20. 3. 2017]. Dostupné z: <https://maps.google.com>

12.2 Seznam obrázků a grafů

- Obrázek 1 - Mapa dálkového přenosu škodlivin z průmyslové oblasti v Polsku do Ostravy (zdroj: (Moździerz et al. 2011, upraveno autorem)
- Obrázek 2 - Mapové rozmístění odběrových míst (zdroj: URL 1, upraveno autorem)
- Obrázek 3- Horizontování půd v terénu (zdroj: Ing. Pavel Šimek Ph.D)
- Obrázek 4 a 5 – Rozdrcené vzorky v mikro-zkumavce (zdroj: autor)
- Obrázek 6 – Analytická váha (zdroj: autor)
- Obrázek 7 – Navážka vzorku do plastové lodičky (zdroj: autor)
- Obrázek 8 – Příprava vzorku před rozkladem
- Obrázek 9 – Teflonové patrony s keramickými obaly (zdroj: autor)
- Obrázek 10 – Mikrovlnné zařízení Anton Paar
- Obrázek 11 – Rozklad vzorků podle metody EPA 3051A (zdroj: autor)
- Obrázek 12 – Hodnoty koncentrací metaloidů – Lišejníky (zdroj: autor)
- Obrázek 13 – Hodnoty koncentrací Fe – Lišejníky (zdroj: autor)
- Obrázek 14 – Hodnoty koncentrací metaloidů – Mechorosty (zdroj: autor)
- Obrázek 15 – Hodnoty koncentrací Fe - Mechorosty (zdroj: autor)
- Obrázek 16 – Hodnoty koncentrací metaloidů – Půda, Horizont A (zdroj: autor)
- Obrázek 17 – Hodnoty koncentrací metaloidů – Půda, Horizont C (zdroj: autor)
- Obrázek 18 – Hodnoty koncentrací Fe – Půda (zdroj: autor)

13. Přílohy

Příloha č. 1 - Výsledky metody ICP-MS – Lišejníky (zdroj: autor)

Příloha č. 2 - Výsledky metody ICP-MS – Mechorosty (zdroj: autor)

Příloha č. 3 - Výsledky metody ICP-MS – Půda (zdroj: autor)

Příloha č. 1:

Název lokality	mg/kg						
	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	As
Ostrava - Poruba	0,54	9,26	12,55	1,90	41,35	86,79	12,14
Klimkovice	0,42	9,30	6,79	9,02	10,42	68,10	5,80
Paskov	2,23	11,96	11,34	5,96	17,89	45,34	5,53
Dubina	1,52	22,62	23,79	9,80	22,81	79,99	3,99
Nová Bělá	0,60	20,44	14,94	6,02	29,46	66,67	3,52
Ostrava - Přívoz	0,68	19,88	25,30	5,59	29,07	114,65	3,27
Ostrava - Radvanice	1,46	39,65	33,95	10,97	100,46	138,23	8,75
Haviřov - Šumbark	2,43	11,63	12,80	5,08	14,72	49,72	12,05
Petřvald	0,85	10,69	14,27	3,07	15,56	32,61	9,86
Orlová	1,80	47,70	28,69	9,68	37,56	89,42	6,13
Stonava	0,74	26,97	16,37	7,06	16,87	95,67	7,57
Bohumín	0,40	11,85	11,31	3,96	14,73	67,98	10,10
Mariánské hory	0,98	48,37	18,25	3,06	51,91	99,91	6,69

Příloha č. 2:

Název lokality	mg/kg						
	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	As
Ostrava - Poruba	0,62	6,58	12,05	3,22	10,80	71,18	11,20
Klimkovice	0,87	19,35	6,67	2,79	12,98	38,10	14,27
Paskov	0,70	18,27	7,28	4,62	10,90	70,37	15,50
Dubina	0,56	18,00	8,08	4,85	10,48	53,47	10,55
Nová Bělá	0,97	73,24	18,82	13,80	55,06	137,43	12,26
Ostrava - Přívoz	0,83	35,53	37,26	10,32	45,64	186,75	14,73
Ostrava - Radvanice	0,99	38,00	16,13	10,94	26,99	108,88	8,76
Haviřov - Šumbark	0,37	32,09	4,98	1,85	5,24	40,81	14,60
Petřvald	1,01	17,00	12,28	5,29	21,51	78,39	10,31
Orlová	0,71	11,35	8,35	3,62	13,56	53,29	8,03
Stonava	0,61	22,46	5,64	2,91	7,20	54,21	15,27
Bohumín	1,32	29,32	9,41	6,01	12,30	65,44	12,44
Mariánské hory	1,49	66,22	28,56	13,07	51,53	201,41	16,94

Příloha č. 3:

Název lokality	Horizont	mg/kg								pH
		Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	As	Fe	
1 - Poruba	0 - 10	0,67	63,16	19,05	26,66	44,50	81,06	22,64	27566,56	5,09
	10 - 25	0,70	56,98	18,02	24,56	40,81	79,58	18,10	25422,86	5,42
	25 - x	0,52	70,41	18,51	29,40	39,96	73,24	23,88	32944,46	5,96
2 - Klimkovice	0 - 5	1,08	76,69	23,96	31,48	121,76	119,29	33,56	30740,31	3,77
	5 - 15	0,45	76,86	17,17	32,41	39,17	104,53	11,89	28776,9	3,30
	15 - 30	1,22	108,59	57,45	37,72	85,46	243,53	27,78	44063,65	3,27
	30 - 50	0,46	97,36	21,62	41,48	19,37	99,06	23,14	48205,68	3,22
	50 - x	0,28	95,20	17,99	35,79	11,95	69,04	17,66	55199,98	3,16
3 - Paskov	0 - 15	0,56	98,38	19,48	31,16	24,30	67,51	16,19	38403,1	6,68
	15 - 30	0,80	149,49	27,58	38,80	42,03	103,39	25,65	34939,04	7,09
	30 - x	0,26	86,21	18,02	28,25	15,00	59,83	20,41	32748,49	7,28
4 - Dubina	0 - 10	0,41	86,48	22,73	30,66	18,36	92,36	27,71	34972,3	6,81
	10 - 35	0,30	89,41	22,38	35,16	16,98	82,24	22,93	38605,83	7,03
	35 - x	0,24	81,80	20,60	33,29	16,58	66,91	24,02	35626,44	4,75
5 - Nová Bělá	0 - 15	0,70	71,16	19,42	23,42	56,78	102,85	18,89	35366,16	4,21
	15 - 30	0,37	65,18	15,48	23,10	16,22	69,10	19,00	33276,57	3,86
	30 - x	0,21	75,24	16,80	27,22	12,93	57,56	19,14	35619,96	3,75
6 - Ostrava Přívoz	0 - 7	0,98	133,37	113,54	43,71	166,78	620,47	19,69	60169,09	7,27
	7 - 27	0,98	113,97	203,47	42,02	132,04	777,58	19,46	55520,49	7,25
7 - Ostrava Radvanice	27 - x	1,37	84,84	109,45	52,70	97,67	1639,66	9,09	56557,39	7,15
	0 - 10	1,51	85,32	43,88	30,48	75,84	221,35	28,07	64294,78	6,19
	10 - 30	0,88	81,55	35,13	33,24	55,50	109,11	26,17	44551,14	6,96
	30 - 50	0,35	62,66	19,18	22,16	37,81	58,59	17,96	27440,59	6,11
8 - Havířov Šumbark	50 - x	0,07	64,83	15,08	20,87	10,57	36,59	19,93	26195,15	5,43
	0 - 10	0,21	78,41	12,18	25,06	8,39	51,70	16,04	39277,69	6,07
	10 - 30	0,38	137,96	15,50	28,40	9,97	65,42	12,52	48528,17	6,42
	30 - x	0,19	87,30	14,94	30,83	6,58	38,80	14,22	51767,44	6,60
9 - Petřvald	0 - 15	0,82	70,78	42,59	28,12	241,06	406,95	25,13	39741,7	5,99
	15 - 40	0,90	66,51	45,61	25,75	246,87	424,96	22,98	35214,22	5,88
	40 - x	0,46	60,20	16,48	22,78	79,52	104,65	21,44	34211,09	6,35
10 - Orlová	0 - 15	0,52	81,50	23,25	27,05	48,73	96,52	16,00	32933,34	5,51
	15 - 30	0,31	70,71	19,48	24,35	26,08	75,46	14,98	29971,67	6,36
	30 - x	0,38	39,10	17,41	22,87	23,70	72,02	6,90	17057,51	6,60
11 - Stonava	0 - 10	0,86	99,69	18,99	31,64	37,37	79,45	20,94	50247,74	5,16
	10 - 25	0,88	89,72	18,19	31,62	34,17	77,59	16,98	49501,38	5,31
	25 - 45	0,85	78,92	15,63	26,62	33,01	68,98	17,87	43308,01	5,34
	45 - x	0,37	87,34	12,81	24,16	10,12	49,93	17,81	60312,35	5,61
12 - Bohumín Střečň	0 - 10	0,98	68,59	41,51	22,65	63,92	398,48	29,13	27748,95	5,21
	10 - 20	0,66	51,18	32,83	15,91	41,90	305,32	15,70	20249,88	5,04
	20 - 45	0,75	78,64	35,76	22,17	60,40	297,81	23,52	28659,63	4,93
	45 - x	0,31	68,82	17,36	20,05	11,35	100,81	14,33	28248,44	4,94
13 - Mariánské Hory	0 - 10	1,15	122,56	67,63	25,92	139,71	335,79	24,37	40207,36	6,34
	10 - 30	0,67	90,87	30,74	24,30	87,83	187,11	19,64	35595,29	6,62
	30 - 45	0,78	91,38	46,20	23,54	137,41	279,54	19,16	37886,77	6,81
	45 - x	0,86	99,13	137,08	23,60	121,66	550,09	21,30	35099,59	7,19