

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra geoenvironmentálních věd



**Industriální atmosférické znečištění urbánních
půd těžkými kovy**

Industrial atmospheric pollution of urban soils by heavy metals

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Anna Francová

Autor práce: Michaela Hanzlová

2018

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Michaela Hanzlová

Aplikovaná ekologie

Název práce

Industriální atmosférické znečištění urbánních půd těžkými kovy

Název anglicky

Industrial atmospheric pollution of urban soils by heavy metals

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je pomocí vzorků půdy z Ostravska zhodnotit dopady antropogenně vzniklých metaloidů (Pb, Cu, Ni, Cd, Cr, Zn, As) na životní prostředí a identifikovat hlavní zdroje znečištění.

Metodika

Bakalářská práce bude pojata formou experimentální bakalářské práce. Student podá informace týkající se výskytu metaloidů v různých složkách životního prostředí a o hlavních antropogenních zdrojích emisí. Student využije informací především ze zahraničních, a dále pak českých zdrojů. V praktické části student zpracuje dané vzorky ze životního prostředí, provede analýzu obsahu prvků a ze zjištěných dat vyvodí závěry o znečištění a zdrojích.

Doporučený rozsah práce

30 stran

Klíčová slova

Antropogenní znečištění, půda, těžké kovy

Doporučené zdroje informací

BENEŠ, S. *Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí. II. část, Vstupy prvků do půd zvětrávaním hornin, ... ve srovnání s výstupy erozní činností, podzemními vodami a sklizní zemědělských plodin.* Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky v Agrospoj, 1994. ISBN 80-7084-090-0.

Blažek, Z. et al. (2013). Vliv Meteorologických Podmínek Na Kvalitu Ovzduší V Přeshraniční Oblasti Slezska a Moravy

CIKRT, M. – LENER, J. – BENCKO, V. *Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka.* Praha: Grada, 1995. ISBN 80-7169-150-.

ČESKO. MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ, – BENEŠ, S. *Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí. Část 1, Obsahy, akumulace a kriteria hodnocení prvků v zemědělských půdách.* Praha: Agrospoj, 1993. ISBN 80-7084-051-.

Doležalová Weissmannová, H., Pavlovský, J., & Chovanec, P. (2015). Heavy metal contaminations of urban soils in Ostrava, Czech Republic: assessment of metal pollution and using principal component analysis. *International Journal Environmental Research*, 9(2), 683–696

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Anna Francová

Garantující pracoviště

Katedra geoenvironmentálních věd

Elektronicky schváleno dne 23. 2. 2018

prof. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 5. 3. 2018

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 23. 04. 2018

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci na téma: **Industriální a atmosférické znečištění urbánních půd těžkými kovy** vypracovala samostatně pod vedením Ing. Anny Francové, a že jsem uvedla všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

V Praze dne 23. 4. 2018

.....

Michaela Hanzlová

Poděkování:

Chtěla bych poděkovat paní Ing. Anně Francové, za odborné vedení práce a konzultace, také mé rodině a kamarádům, kteří byli v tomto období velmi shovívaví a podporovali mě.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá atmosférickým znečištěním urbánních půd na Ostravsku, které je jednou z nejznečištěnějších oblastí Evropy. V první části je tato práce zaměřena na určité chemické vlastnosti půd, které zapříčiňují větší mobilitu metaloidů a tedy jejich větší přístupnost rostlinám. Dalším bodem jsou zdroje emisí na Ostravsku a vývoj industriálních emisí od roku 2010 do roku 2016, až po konkrétní zhodnocení důsledků zvýšených koncentrací těchto prvků a jejich dopadů na životní prostředí či zdraví člověka. V metodice je popsán přesný postup vyhotovení pseudototální analýzy a jednoduché extrakce metaloidů (Pb, Cu, Zn, Cd, As, Cr) na 13. lokalitách Ostravska, dále následuje vyhodnocení výsledků a závěrečná diskuze.

Klíčová slova

Ostravsko, těžké kovy, antropogenní znečištění, půda, ICP-OS

Abstract

This bachelor thesis deals with atmospheric pollution of urban soils in the Ostrava region, which is one of the most polluted areas in Europe. In the first part, this thesis focuses on certain chemical properties of soils, which cause greater mobility of metalloids and therefore their greater accessibility to plants. The next point is the selection of emission sources in the Ostrava region and the development of industrial emissions from 2010 to 2016, as well as a concrete assessment of the effects from increased concentrations of these elements and their impact on the environment and human health. The methodology describes the exact procedure regarding the preparation of pseudototal analysis and simple extraction of metalloids (Pb, Cu, Zn, Cd, As, Cr) in the 13 localities of Ostrava, followed by evaluation of results and final discussion.

Key words

Ostrava, heavy metals, anthropogenic pollution, soil, ICP-OS

Obsah

1.	Úvod	1
2.	Cíle práce	2
3.	Pedosféra.....	3
3.1	Složení půdy	4
3.2	Chemické vlastnosti půd	4
3.2.1	Půdní pH.....	5
3.2.2	Kationtová výměnná kapacita	6
3.2.3	Redox potenciál.....	7
4.	Kontaminace půd metaloidy	7
4.1	Atmosférická depozice a transport.....	8
4.2	Zdroje emisí na Ostravsku.....	9
4.2.1	Zdroje emisí z průmyslu a energetiky	10
4.2.2	Zdroje emisí z dopravy	11
4.2.3	Zdroje z lokálních topenišť.....	12
5.	Metaloidy.....	13
5.1	Kadmium (Cd)	13
5.1.1	Dopady na životní prostředí.....	14
5.1.2	Dopady na zdraví člověka	14
5.2	Olovo (Pb)	14
5.2.1	Dopady na životní prostředí.....	15
5.2.2	Dopady na zdraví člověka	15
5.3	Nikl (Ni)	16
5.3.1	Dopady na životní prostředí.....	16
5.3.2	Dopady na zdraví člověka	16
5.4	Zinek (Zn)	17
5.4.1	Dopady na životní prostředí.....	17
5.4.2	Dopady na zdraví člověka	17
6.	Metodika	18
6.1	Oblasti sběru vzorků	18
6.2	Způsob odebrání vzorků půd a prosévání	20
6.3	Laboratorní analýza.....	21
6.3.1	Stanovení výměnného pH.....	21

6.3.2	Jednoduchá extrakce půd	22
6.3.3	Pseudototální rozklad půdy	22
7.	Výsledky analýzy ICP – OES.....	23
7.1	Pseudotoální rozklad půdy.....	24
7.2	Jednoduchá extrakce půd	25
7.3	Hodnota pH.....	29
8.	Diskuze.....	30
9.	Závěr	33
10.	Literární zdroje	34
10.1	Seznam obrázků a grafů.....	38
10.2	Přílohy	39

1. Úvod

Znečišťující látky mají tendenci setrvávat v půdě déle než ve vodě nebo ve vzduchu, proto půda působí jako sorbent, ve kterém se znečišťující látky rychle nahromadí, a pomalu se vyčerpávají. Znečištění půd se stalo společenským problémem a mělo by být i předním politickým zájmem, vzhledem k jeho významu jak pro ochranu životního prostředí, tak pro lidské zdraví či jeho ekonomický význam.

Znečištění ovzduší a následné znečištění urbánních půd se začalo projevat od 60. – 70. let, kdy došlo v České republice ke kvantitativnímu skoku zátěží imisemi, realizací energetického programu na bázi hnědého uhlí. O škodlivosti látek pocházejících z průmyslu, dopravy apod. se začal dozvídat celý svět v 60. letech, kdy také výzkum Rachel Louise Carsonové poprvé prokázal fakt, že se látky jako DDT, PAU či NEL kumulují v tělech živočichů a mají negativní dopady na jejich zdraví.

Dle dat OSN se v roce 1978 Československo umístilo na 3. místě v emisích oxidu siřičitého, neboť tento prvek inhibuje fotosyntézu, došlo v tomto období k výraznému poškození smrkových porostů Krkonoš a Jizerských hor a k prokazatelným zdravotním potížím u lidí. Tato situace kulminovala v 80. letech, kdy byl zaveden první systém regulace velkých zdrojů znečišťování ovzduší a byla vydána vyhláška č. 58/1981Sb. o nejvyšších přípustných koncentracích nejzávažnějších škodlivin v ovzduší a o hodnocení stupně znečišťování.

Zejména lokalita jako je Ostravsko, která je jedním z nejznečištěnějších míst v Evropě, by měla dbát na snížení produkce emisí a omezit zatěžování životního prostředí, které je již značně zdevastováno lidskou činností.

2. Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je zhodnotit příčiny vstupu metaloidů do urbánních půd na Ostravsku a popsat je. Zjistit konkrétní prvky, které se zde mohou vyskytovat, jejich mobilitu a koncentraci. V rešerši je věnována teoretická část problematice Ostravska, v následující části se tato práce věnuje již konkrétním analýzám: pseudototální analýze a jednoduché extrakci metaloidů. Následně jsou vyhodnoceny výsledky zjištěných koncentrací těchto metaloidů na všech 13. lokalitách.

3. Pedosféra

Pedosféra je půdní obal Země tvořící svrchní vrstvy zemské kůry v hloubce od několika centimetrů do desítek metrů. Tvorba půdy je kontinuální proces, 1 cm půdy se tvoří 100 až 400 let podle typu podložní horniny. Půda je třífázový systém, který se dělí na: pevnou, kapalnou a plynnou složku.

Pevná složka půdy vzniká rozpadem a rozkladem hornin, půda obsahuje primární i sekundární minerály. Do pevné složky patří také neživá organická složka (humus) a živé organismy.

Kapalná složka půdy (půdní roztok) vyplňuje póry pevné složky a vlivem gravitace se pohybuje volně půdním prostorem. Kapalná složka půdy je rezervoárem rozpuštěných pevných látek a plynů obsažených v půdách, proto je také nositelem půdního chemismu. Naprostá většina půdních reakcí probíhá právě v půdním roztoku nebo na rozhraní pevných půdních částic a půdních roztoků.

Plynná složka vyplňuje póry pevné složky, kapalná půdní složka je přesouvána a uzavírána v půdním prostoru. Půdní vzduch obsahuje díky dýchání půdních organismů a kořenů rostlin několikanásobně více CO₂ než okolní atmosféra. Zároveň obsah CO₂ významně ovlivňuje pH půdy, ale také chemismus a rovnováhu karbonátů (Doušová, 2016).

3.1 Složení půdy

- **Pevná anorganická složka** – zbytky matečné horniny a nově vytvořené minerály (35 - 40% objemu půdy);
- **Pevná organická složka** – organické látky z odumřelých organismů. A nově vytvořené nízko a vysoko molekulární organické látky, humus (5 - 15% půdního objemu);
- **Půdní roztoky** – voda obsahující rozpuštěné plyny a pevné anorganické i organické látky, které mohou přecházet do rostlin (15 – 35% objemu půdy);
- **Půdní plyn** – má stejné složení jako vzduch, je obohacený o CO₂, uhlovodíky a další zplodiny rostlinného a živočišného metabolismu (15 – 35% půdního objemu);
- **Půdní mikroorganismy** – řasy, sinice, houby, prvoci;
- **Vyšší rostliny a živočichové** – červi, hlísti, hmyz (<0,1% půdního objemu);

3.2 Chemické vlastnosti půd

Hlavní chemické a mineralogické charakteristiky půdy, které ovlivňují mobilitu prvků a jejich transport, jsou redoxní potenciál, pH, kationtová výměnná kapacita, kvantita a kvalita organické hmoty, oxidů a jílových minerálů či stupeň provzdušnění půdy (Tlustoš, 1998).

Chemické složení půdy je velmi významné, protože ovlivňuje interakce s okolím (Šarpatka, 1996), zároveň příjem metaloidů rostlinami není lineárně závislý na celkovém obsahu kovu v půdě, ale na jejich přístupnosti a mobilitě, které jsou ovlivněny chemickým a fyzikálním složením půdy (Schwartz, 2001).

Většina komplexujících kovů a metaloidů se vyskytuje v půdách v několika formách, které se liší charakterem a stabilitou v pevné fázi. To jak je obsah prvku rozdělen do různě stabilních frakcí určuje, jak snadno se uvolní do půdního roztoku při změně fyzikálně – chemické rovnováhy systému vyvolané např. změnou složení půdního roztoku v důsledku metabolismu rostlin, zvýšením obsahu vody, změnou pH apod. (Doušová, 2016).

3.2.1 Půdní pH

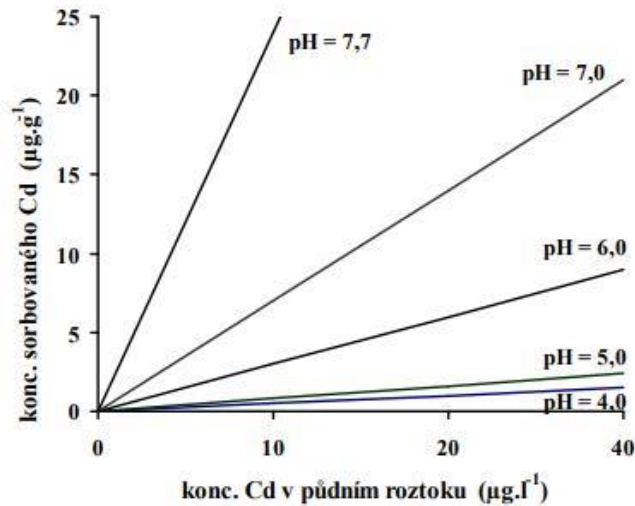
Hodnota pH je nejdůležitější chemickou vlastností půd. Souvisí s historií vzniku půdy a geologickým podložím. Půdy bohaté na karbonáty (složka sedimentárních a metamorfovaných vápencových hornin, hlavní složka CaCO_3 uhličitán vápenatý) jsou zpravidla alkalické, zatímco půdy s vysokým obsahem organické hmoty, kyselé. Hodnota pH závisí na míře volně se vyskytujících iontů vodíku (H^+) příp. hliníku (Al) nebo železa (Fe) v půdním roztoku. Čím je koncentrace vodíkových iontů vyšší, tím je půda kyselější a pH nižší. Půdy s hodnotou pH do 6,5 označujeme jako kyselé, pH 6,6-7,2, jako neutrální a pH 7,3 a vyšší jako alkalické. Pokud dojde k okyselení půdního roztoku, metaloidy se uvolňují a jsou snáze přijatelné rostlinami a vyplavitelné do spodních vod (Doušová, 2016).

pH(KCl)	Označení půdy
< 4	silně kyselá
4-5	středně kyselá
5-6	slabě kyselá
6-8	neutrální
8-9	slabě alkalická
9-10	středně alkalická
> 10	silně alkalická

Tabulka 1: Označení půd podle hodnoty pH
(zdroj van Loon and Duffy, 2000)

V České republice u lesních a zemědělských půd převládá reakce kyselá. Organismy a rostliny snášejí podstatně méně silně kyselé prostředí a za takových podmínek dochází často k úbytku úrodné půdy a k úbytku rozmanitosti fauny. Na vápencích převládají spíše půdy zásadité a na žulách spíše půdy kyselé. Ideální pH pro zemědělskou produkci se pohybuje od 4 do 8,5. Okyselování půd je často zapříčinováno lidskou činností, to může být následkem emisí z dopravy a lokálních topenišť, těžbou či průmyslem. Půdní reakci lze také zjistit pomocí rostlin. Na kyselých půdách roste třeba *Šťovík kyselý* (*Rumex acetosa*), *Přeslička rolní* (*Equisetum arvense*) nebo *Jitrocel kopinatý* (*Plantago lanceolata*), na půdách zásaditých zase *Komonice polní*

(*Melilotus albus*) nebo *Hořčice polní* (*Sinapsis arvensis*), (www.is.muni.cz, 2016).



Obrázek 1: Sorpční izotermy Cd při různých hodnotách pH (zdroj: Christensen, 1989)

Vápník dokáže chránit rostliny před fyto toxickými účinky některých rizikových prvků a z tohoto důvodu je často využíván k úpravě pH jako agromeliorační opatření snižující kontaminaci rostlin. Ideální je $\text{pH} > 6,5$ a omezení používání okyselujících hnojiv (Podlešáková et al., 1998).

3.2.2 Kationtová výměnná kapacita

Kationtová výměnná kapacita se využívá v pedologii k určení sorpce půdy. Pro sorpční vlastnosti půd je významná přítomnost půdních částic, které se podílejí na výměnných reakcích. Sorpce půdy je schopnost pevné fáze poutat chemické látky z plynů nebo vody.

Tyto reakce se převážně odehrávají ve vodném prostředí půdního roztoku, proto v nich participují převážně koloidní komplexy (částice o velikosti, $0,01 - 10 \mu\text{m}$, jílové minerály – huminové kyseliny). V případě půd určuje kationtová výměnná kapacita nejvyšší teoreticky možný počet všech kationtů, které může půdní komplex vázat na svém povrchu. Díky sorpci půdy můžeme předpovědět pohyb toxických látek (Doušová, 2016).

3.2.3 Redoxní potenciál

Redoxní potenciál je míra elektrochemického potenciálu nebo elektronové dostupnosti v půdě, vodě a moři. Elektrony jsou nezbytné pro všechny anorganické a organické chemické reakce. Měření redoxního potenciálu umožňuje rychlou charakterizaci stupně rozpustnosti a usnadňuje předvídání stability různých sloučenin či regulaci obsahu živin a metaloidů v půdě (Delaune, 2005).

Vliv redoxního potenciálu je významný především u těch rizikových prvků, které se v půdě mohou vyskytovat ve více než jednom oxidačním stupni (Fe, Mn, As, Cu, Hg, a Pb). Uvolnění sorbovaného množství výše uvedených prvků do půdního roztoku při změně redoxních podmínek v půdě může způsobit redukce oxidů železa a manganu. Prvky jsou zpravidla méně rozpustné za vyššího oxidačního stupně (McBride, 1989).

Oxidačně-redukční reakce zahrnuje přenos elektronu z jedné chemické sloučeniny do druhé. Oxidace je definována jako odstranění elektronů z chemické sloučeniny. Taková sloučenina se obvykle označuje jako "Donor elektronů" či "redukční činidlo". Během tohoto procesu sloučenina oxiduje a navyšuje své oxidační číslo. Sloučenina, která přijímá elektrony, se obvykle označuje jako "akceptor elektronů" nebo "oxidant" tento proces redukuje sloučeninu a její oxidační číslo klesá. Tendence sloučenin přijímat nebo darovat elektrony jsou vyjádřeny jako "redukční potenciál" nebo "Redoxní potenciál" (Delaune, 2005).

4. Kontaminace půd metaloidy

Metaloidy pocházející z antropogenní činnosti patří mezi nejčastější a nejdéle působící kontaminanty životního prostředí. Pokud se dostanou do půdy, přetrvávají v ní tisíce let a je velmi obtížné eliminovat jejich účinky na rostliny a na půdní úrodnost. Metaloidy vstupují do půd s atmosférickou depozicí, ošetřováním půdy a plodin agrochemikáliemi, odpadními nebo znečištěnými vodami a také jako následek technologických havárií (Alloway, 1990).

Povolené limity obsahů rizikových prvků pro půdy jsou uvedeny v našich legislativních předpisech (Vyhláška č. 13/1994 Sb. a vyhláška č. 382/2001 Sb.) a definují úroveň znečištění našich půd.

Maximální přípustné hodnoty mg/kg		
Prvky	lehké půdy	ostatní půdy
As	30	30
Be	7	7
Cd	0,4	1
Co	25	50
Cr	100	200
Cu	60	100
Hg	0,6	0,8
Mo	5	5
Ni	60	80
Pb	100	140
V	150	220
Zn	130	200

Tabulka 2: Maximální přípustné hodnoty v půdách.

(zdroj: MŽP/ Vyhláška 13/1994 Sb.)

4.1 Atmosférická depozice a transport

Atmosférická depozice obsahuje kontaminující produkty ze spalování fosilních paliv (S, N, As), automobilové dopravy (Pb), zpracování kovů a chemického průmyslu (převážně oxidy kovů), spalování odpadů (So, No, metaloidy, popílek), (Doušová, 2016).

Vysoká úroveň atmosférické depozice se vyskytuje převážně v oblastech s vysokou koncentrací těžebního, hutního a metalurgického průmyslu. Metaloidy nejsou problémem ovzduší; k překročení jejich limitů dochází naprosto ojediněle a lokálně. Toto se týká zejména arsenu a Moravskoslezského kraje. Nebezpečí metaloidů spočívá spíše v jejich možném přechodu a akumulaci v jiných složkách životního prostředí a to zejména do půdy (Petříková et al., 1995).

Transport látek v atmosféře lze rozdělit do tří kategorií:

1. *Lokální transport* do 50 km. Jedná se o okamžitou depozici danou směrem převládajících větrů, která vzniká mísením přízemních vrstev ovzduší. K lokálnímu znečištění dochází zejména při těžbě, zpracování a využití metaloidů.
2. *Regionální transport* do několika stovek km. Pro jeho sledování je nezbytná znalost předpověď počasí.
3. *Globální transport*. Při jeho vyhodnocování se sleduje rovnováha mezi globálními zdroji (např. vliv Slunce) a celým rezervoárem Země (rozdělení na severní a jižní polokouli). Je to snaha porozumět chování vzdušných mas s různými hladinami znečištění a jejich transportu do odlehlých oblastí, např. Antarktidy a Arktidy (Miller, Robinson, 1988).

4.2 Zdroje emisí na Ostravsku

Ostrava, Karviná a Frýdek-Místek se řadí mezi nejvíce urbanizované a průmyslové oblasti ve střední Evropě. *„Geograficky ji tvoří přibližně jihozápadní pětina území Hornoslezské pánve, rozkládající se z větší části na území Polské republiky. Území je historicky zatížené rozsáhlou průmyslovou činností v oblasti Svrchnokarbonské kamenouhelné pánve. Původci znečištění ovzduší v oblasti jsou vysoká koncentrace průmyslové výroby, velká hustota zástavby s lokálním vytápěním pevnými palivy a zahuštěná dopravní infrastruktura na obou stranách česko-polské hranice. Specifickými problémy oblasti jsou např. emise z prohořívajících odvalů a nezanedbatelný vliv fugitivních emisí z rozsáhlých průmyslových areálů. Příčinou jsou vysoké emise v přeshraniční oblasti, tj. nejen produkce škodlivin zdroji na české straně hranice, ale i přeshraniční výměna znečištění ovzduší s Polskou republikou“ (CHMI, 2017).*

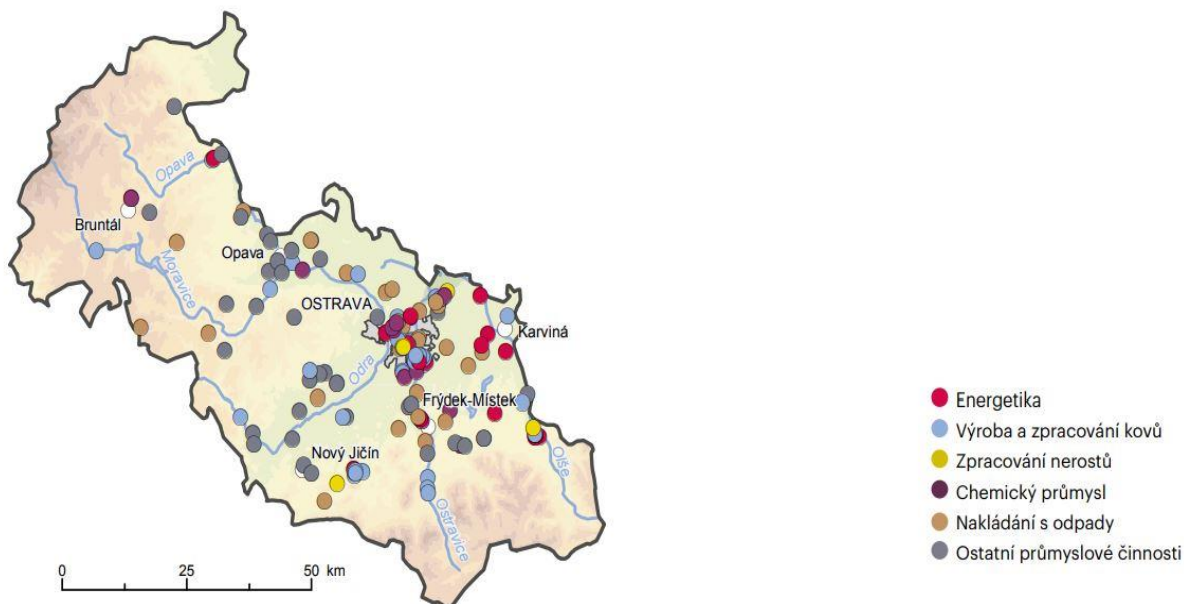
V České republice se dle Zákona č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší, zdroje emisí rozdělují na zdroje stacionární a mobilní. Dále se rozdělují dle míry svého vlivu na kvalitu ovzduší na malé, střední, velké a zvláště velké. Český hydrometeorologický ústav rozdělil zdroje do 4 kategorií, které jsou v Registru emisí a zdrojů znečišťování ovzduší takto:

1. REZZO 1 - zvláště velké a velké zdroje, stacionární zařízení ke spalování paliv o tepelném výkonu vyšším než 5 MW a zařízení závažných technologických procesů (elektrárny, spalovny a další bodové zdroje)
2. REZZO 2 - střední zdroje znečišťování, stacionární zařízení ke spalování paliv o tepelném výkonu od 0,2 do 5 MW (uhelné lomy a plochy s možností hoření, zapaření nebo úletu znečišťujících látek)
3. REZZO 3 - malé zdroje, stacionární zařízení ke spalování paliv o tepelném výkonu nižším než 0,2 MW (sklárny paliv, surovin, produktů a odpadů)
4. REZZO 4 – mobilní zdroje (motorová vozidla, železniční doprava, plavidla a letadla)

4.2.1 Zdroje emisí z průmyslu a energetiky

Díky ložiskům černého uhlí je Moravskoslezský kraj jedním z nejprůmyslovějších míst v České republice. V roce 2016 zde bylo v provozu 155 průmyslových zařízení IPPC. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) je způsob regulace průmyslových a zemědělských činností a jeho cílem je předcházení vzniku znečištění a omezení jeho vzniku, prostřednictvím správného zvolení výrobních technologií a postupů. Nacházejí se zde především železářny, slévárny a ocelárny. Tato koncentrace průmyslu sebou nese také značné množství emisí znečišťujících látek. Největší emise oxidu uhelnatého je produkována společností ArcelorMittal Ostrava a.s., Vítkovickými teplárnami, Dalkií Česká republika a těžba černého uhlí (MŽP ČR, IRZ, 2016).

Emise všech těchto zdrojů, které spadají do kategorie REZZO 1 mají v období 2010 – 2016 klesající trend. Tento trend je důsledkem zvýšené legislativní úhonnosti a zlepšování technologických postupů při produkci emisí (Jančík, 2013).



Obrázek 2: Rozmístění průmyslových zařízení v Moravskoslezském kraji (zdroj: CENIA, 2016)

4.2.2 Zdroje emisí z dopravy

Automobily ve městech jako je Ostrava, jsou velkými zdroji znečišťování ovzduší. Kromě výfukových plynů, auta emitují do ovzduší látky z otěrů pneumatik a brzd, dalším faktorem je také tzv. resuspendace, což je prach usazený na komunikacích (Jančík, 2013).

Moravskoslezský kraj je napojen na dálniční síť a znečištění ovzduší podporuje zejména nákladní silniční doprava, která je hlavním zdrojem emisí NO_x a VOC. Intenzita dopravy na dálnicích v kraji od roku 2010 výrazně stoupla, v roce 2016 měl tento kraj měrné emise z dopravy na jednotku plochy $606,9 \text{ kg NO}_x \cdot \text{km}^{-2}$, kdežto celá Česká republika dosáhla značně nižšího čísla a to $485,6 \text{ NO}_x \cdot \text{km}^{-2}$.

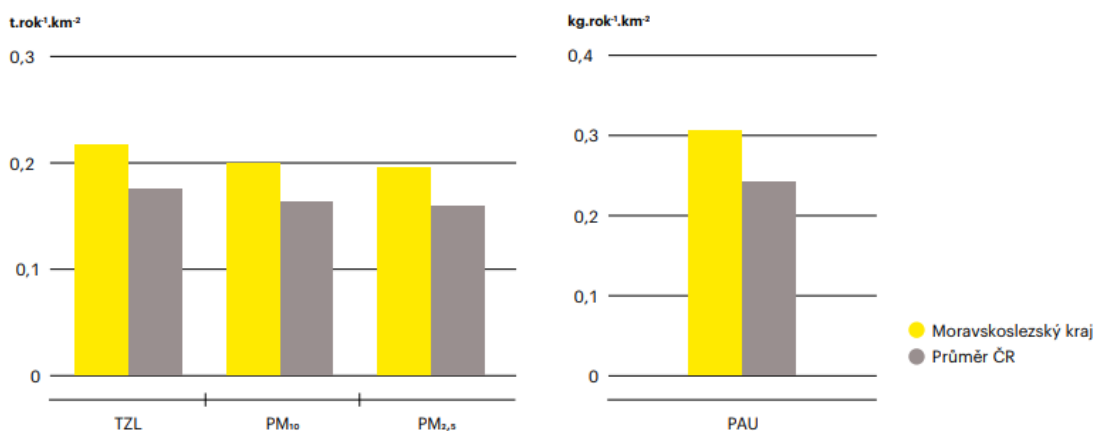
Trend znečištění ovzduší dopravou zaznamenaný od roku 2010 do roku 2016 byl klesající. V meziročním srovnání v roce 2016 emise skleníkových plynů vzrostly o 40%, tento růst je spojen s příbytkem automobilů, emise NO_x poklesly o 0,9%, CO stoupla o 0,6% a N_2O také stoupla o 4,3% (CENIA, 2016).

4.2.3 Zdroje z lokálních topenišť

Lokální topeniště jsou v Ostravě místně poměrně významné, i když se zde nachází poměrně rozšířený dálkový rozvod tepla (48% domácností v roce 2016) a husté pokrytí plynovodnou sítí (31,5% domácností v roce 2016). Poslední dva zmíněné zdroje vytápění jsou příznivé pro životní prostředí, protože jejich emise jsou takto příliš nezátěžují. Kotle, ve kterých často končí odpad a plasty, jsou většinou zastaralé a nejsou používány dle pokynů výrobců. Neexistuje žádný legislativní limit, který by určoval limity lokálním topeništím, což značně podporuje emisi škodlivých látek do ovzduší (www.silesia.air.eu, 2017).

Podíl vytápění tuhými palivy je v Moravskoslezském kraji poměrně nízký (6% v roce 2016), kraj má však velmi vysoké procento obyvatelstva (90 domácností.km⁻² oproti průměrnému počtu 54 domácností.km⁻² v roce 2016). Obyvatelé Moravskoslezského kraje se často rozhodují podle ceny paliva, což ve většině případů znamená, že využívají palivo ekologicky méně příznivé. Tento způsob vytápění se projevuje značnou mírou na emisích. Poměr způsobu vytápění v domácnostech se v čase mění v tomto kraji opravdu pomalu (CENIA, 2016).

Z průzkumu vyplývá, že u znečišťování ovzduší ve větší míře záleží také na typu kotlů, ve kterých je palivo spalováno, než samotný typ paliva. Například u persistentních organických polutantů, byly zjištěny nižší emise u nových typů kotlů, než u starých typů těchto zařízení (Horák, 2011).



Graf 1: Měrné emise z vytápění domácností [t.rok⁻¹.km⁻², kg.rok⁻¹.km⁻²], (zdroj: CENIA, 2015)

5. Metaloidy

„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)“ (CHMÚ, 2017).

Jako metaloidy jsou označovány kovy, jejichž specifická hmotnost je vyšší než 5 g/cm³. V přírodním prostředí se metaloidy v malých dávkách vyskytují přirozeně. Ve vyšších koncentracích se však projevuje jejich toxicita.

Metaloidy mají schopnost se akumulovat do sedimentů nebo do živých organismů. Nejvyšší akumulací koeficient mají kadmium, rtuť a olovo. Vyšší koncentrace metaloidů se zpravidla vyskytují působením lidské činnosti.

Pro většinu metaloidů bylo zjištěno, že půda významně snižuje jejich množství v ostatních složkách životního prostředí. Velkou měrou zadržuje kadmium, arsen a nikl (70 – 80%), dále rtuť a olovo (50%). Jedinou výjimkou je chrom a kobalt, u kterých jsou hodnoty na výstupu z půdy vyšší než hodnoty na vstupu do půdy (Beneš, 1994).

5.1 Kadmium (Cd)

Kadmium patří k jednomu z nejtoxičtějších metaloidů vyskytujících se v životním prostředí. Do půdy se dostává zejména uvolňováním z průmyslových odpadů a umělých hnojiv bohatých na kadmium. Mezi nejdůležitější zdroje antropogenních emisí kadmia patří: využití čistírenských kalů při spalování a jejich následné skládkování, spalování fosilních paliv a odpadů, hnojení fosfátovými hnojivy s obsahem kadmia, těžba a zpracování kadmia či výroba Ni-Cd akumulátorů. K přírodním zdrojům kadmia patří zvětrávání hornin, a sopečné výbuchy (Benecko, Cikrt, Lener, 1995).

5.1.1 Dopady na životní prostředí

Kadmium emitované do atmosféry se váže na částice popílku, které zde může zůstat více dní a přesunout se tak na dalekou vzdálenosti. Pomocí atmosférické depozice, se snadno váže na půdní částice či do vody. Kadmium se nejlépe váže na částice jílu nebo prachu. Hodnota pH je zásadní pro adsorpci kadmia. Při nízké hodnotě pH dochází k uvolnění kadmia ze sedimentů a zvyšuje se jeho přítomnost ve vodě. Naopak čím vyšší hodnota pH, tím se kadmium dokáže více vázat na částice půdy a být méně mobilní (MŽP ČR, IRZ, 2006).

Vysoké koncentrace v půdním roztoku negativně ovlivňují mikroorganismy, které poté nejsou schopny rozkládat organickou složku půdy. Pro rostliny je kadmium velice toxické, zdrojem je kontaminovaná půda, ve které kořeny rostlin působí jako bariéra, zároveň v kořenech zůstává větší obsah tohoto prvku než v nadzemních částech rostlin. Nadbytek kadmia se dá rozeznat díky anomáliím, které jsou zjevné pouhým okem. Rostliny převážně změní barvu (vyblednou), odumřou či poklesne jejich výnosnost (Merian, 1991).

5.1.2 Dopady na zdraví člověka

Kadmium se dostává do lidského organismu při požití kontaminovaných potravin a dýchacími cestami. Při velké koncentraci kadmia v těle dochází k narušení metabolismu vápníku. Tento fakt může zapříčinit řídnutí kostí, protože kadmium dokáže nahradit vápník v lidských kostech. Mezi dalšími dopady na lidské zdraví se řadí; poškození ledvin a jater, nádory pohlavních žláz či poruchy kardiovaskulárního systému. Skoro úplné odstranění kadmia z lidského těla může trvat od 5 až do 10 let (Merian, 1991).

5.2 Olovo (Pb)

Olovo je nejrozšířenější z metaloidů. Vyskytuje se v půdě, vodách i atmosféře. Má dobrou schopnost se kumulovat v organismech a jeho přirozený výskyt je v půdách v důsledku zvětrávání hornin. Vzniká také radioaktivním

rozpadem těžších prvků. Hlavním zdrojem jsou výfukové zplodiny, staré olověné kanalizační rozvody v domech, cigaretový dým nebo použití olova v průmyslu. Olovo se využívá jako součást akumulátorů, pro stínění rentgenového záření, na výrobu střeliva či jako příměs do benzínu (Merian, 1991).

5.2.1 Dopady na životní prostředí

Olovo je schopné se přemístit v atmosféře až desítky kilometrů daleko. Zdroje emisí olova jsou především ze zastavěných oblastí, dále z míst s hustou silniční dopravou a míst blízko tavíren. Nejčastěji se olovo dostává do atmosféry ve formě prachu a kouře (MŽP ČR, IRZ, 2006).

Dostupnost olova rostlinám závisí na jeho dostupném množství v půdní vlhkosti. Určitou část olova jsou rostliny schopny absorbovat kořeny, avšak větší koncentrace se nacházejí na listech či stonku, protože koncentrace v pozemních vodách jsou obvykle nízké. Olovo je nebezpečné zejména pro zoobentos a ryby, protože dokáže poškodit žábry, což vede až k udušení těchto organismů (Alloway, 1990).

5.2.2 Dopady na zdraví člověka

Olovo se dostává do lidského organismu plicní inhalací (až 30%), příjmem potravin (až 60%) a pitnou vodou (10%). U těhotných žen a dětí stoupá riziko vstřebávání až o 70%. Z těchto důvodů se vědci z VŠB začali zabývat obsahem metaloidů v plodové vodě ještě nenarozených dětí. Z výzkumů je patrné, že se olovo dostává k dítěti, již v prenatálním stádiu. Olovo dokáže projít placentou a proto je při expozici matky v nebezpečí, tedy i plod (www.vsb.cz).

V krevním řečišti zůstává olovo 28 až 36 dní. Poločas rozpadu trvá desítky let. Expozice tímto prvkem vede k řadě poškození lidských orgánů, kdy jsou postiženy zejména ledviny, játra, červené krvinky, nervový systém, cévy a svalstvo. Při extrémních expozicích dochází k poškození mozku, oslepnutí a dokonce i k smrti (MŽP ČR, IRZ, 2006).

5.3 Nikl (Ni)

Největší část niklu se v dnešní době využívá na výrobu nerezové oceli (cca 65%). Je taky znám pro své upotřebení jako tzv. mincovní kov. V České republice je přidáván jako slitina s mědí do mincí o nominální hodnotě 1, 2 a 5 Kč. Dalších 23% se využívá k výrobě, nabíječcích baterií, katalyzátorů, keramiky a taky k barvení skla (na zeleno). Nikl je stálý vůči atmosférickým vlivům i vodě proto se často nanáší velmi tenká niklová vrstva na povrchy méně odolných kovů jako je například železo. Takto se mohou upravovat nástroje jako šroubováky nebo klíče či chirurgické nástroje. Zvýšená koncentrace niklu je zapříčiněna zejména aplikací čistírenských kalů do půdy, spalovacími procesy, rafinerií ropy a plynu a spalování odpadu a fosilních paliv (MŽP ČR, IRZ 2006).

5.3.1 Dopady na životní prostředí

Nikl se může dostávat do půdy nebo vody atmosférickou depozicí. Dobře se váže na částice obsahující mangan a železo. V přírodní vodě je pH zásadní pro mobilitu niklu, při hodnotě pH 5-9 je dominantní formou výskytu Ni^{2+} . V tomto rozmezí pH se nikl snadno sorbuje na oxidy manganu a železa. Snížením pH se zvyšuje mobilita niklu a rostliny, které přijímají nikl převážně kořeny, jsou schopné ho takto akumulovat rychleji. Protože je toxicita niklu pro vodní organismy velmi vysoká, jsou jeho koncentrace více limitovány přísněji než v pitné vodě (MŽP ČR, IRZ 2006).

5.3.2 Dopady na zdraví člověka

Dopady niklu na zdraví člověka jsou jednoznačně negativní. Nikl může být přijímán potravou (90% celkového příjmu) ve velkém množství, avšak nepředstavuje velké riziko, protože pouze 2-3% niklu přijatého potravou je skutečně absorbováno. Více ohroženou skupinou jsou kuřáci, protože kouř obsahuje velmi nebezpečný terakarbonyl niklu. Jako další nebezpečí můžou být náušnice ze slitin niklu. Ucho, je velmi sensitivní část lidského těla a alergické reakce mohou zapříčinit otoky hlavy či alergické reakce. Zároveň je nikl považován za podezřelý karcinogen, který způsobuje rakovina plic a hltanu (Merian,1991).

5.4 Zinek (Zn)

Zinek se řadí mezi stopové prvky pro rostliny, živočichy i lidi. V malém množství je nezbytný. Ve větší koncentraci nepředstavuje pro člověka riziko, ale pro vodní organismy je značně toxický. Využívá se (až 40% produkce) jako antikoroziční materiál především pro železo a jeho slitiny. Protože je odolný vůči atmosférickým vlivům, vyrábějí se z něho kovové součástky, je však velmi křehký. Zinek je přítomen v mnoha slitinách, nejvýznamnější je mosaz, kde je slitinou mědí. Mosaz má lepší mechanickou odolnost oproti čistému zinku. Zinek se dostává do půd splachem z polí, na kterých byly aplikovány hnojiva, z deponovaných čistírenských kalů a atmosférickou depozicí při spalování fosilních paliv a při těžbě zinkových rud (MŽP ČR, IRZ 2006).

5.4.1 Dopady na životní prostředí

Zinek se nerozpouští ve vodě, a proto jsou jeho koncentrace v půdách nízké. Při oxidačním rozkladu sulfidických rud se velké množství zinku dostává do podzemních vod, kde působí značně toxicky jak na ryby, tak na vodní organismy. Nejvíce citlivé jsou lososovité ryby. Z půdy je nikl přijímán kořeny rostlin, k jeho kumulaci přispívá snížení pH, kdy se mobilita niklu zvyšuje a tedy taky jeho příjem rostlinami (Merian, 1991).

5.4.2 Dopady na zdraví člověka

U zinku nehrozí nebezpečí jeho kumulace v těle, protože se snadno vylučuje. Rizika spjatá s nadměrnou konzumací zinku se projevují srdečními chorobami nebo také mohou ovlivňovat imunitní systém. Dospělý člověk má v těle přibližně 2g zinku, tento obsah je nezbytný pro správné biologické a biochemické funkce v našem těle. Zinek je také významný pro syntézu DNA, podporuje růst organismu, a tedy jeho nedostatek v raném věku může zapříčinit opoždění tělesného i duševního dospívání. Nedostatek zinku se může také projevit pomalým hojením ran, úbytkem váhy či zrakovými a čichovými poruchami (MŽP ČR, IRZ 2006).

6. Metodika

6.1 Oblasti sběru vzorků

1. **Ostrava - Poruba:** Na této lokalitě se nachází především zastavěná oblast, převažují zde rodinné domy a firmy, které zjevně nemají dopad na znečištění životního prostředí.
2. **Klimkovice:** Jedná se o listnatý les v areálu klimkovických lázní. Vede tudy naučná stezka zaměřující se na původ a dopady znečištění ovzduší.
3. **Paskov:** V blízkosti této lokality se nachází Biocel Paskov, kde se od roku 1979 vyráběla sulfitová buničina. Od roku 2005 zde byla zprovozněna dopravní spojka tak, aby kamióny míjely obydlenu část Paskova.
4. **Dubina:** Místo se nachází v husté sídlištní zástavbě, je zde patrně velké procento zeleně a nedaleko se nachází Bělský les. Znečištění pochází hlavně z dopravy a lokálních topenišť.
5. **Nová Bělá:** V okolí se nachází rodinné domy a vzorek byl odebrán na poli.
6. **Ostrava Přívoz:** Tato lokalita se nachází v zastavěné sídlištní části, v blízkosti odběru se také nachází OKK koksovna.
7. **Ostrava Radvanice:** Zastavěná část převážně rodinnými domy. V naprosté blízkosti se nachází ArcelorMittal a.s.
8. **Havířov Šumbark:** Dominuje zde sídlištní zástavba. V blízkosti se nacházejí Důl Paskov, Důl Lazy, Důl Darkov či Důl ČSA.

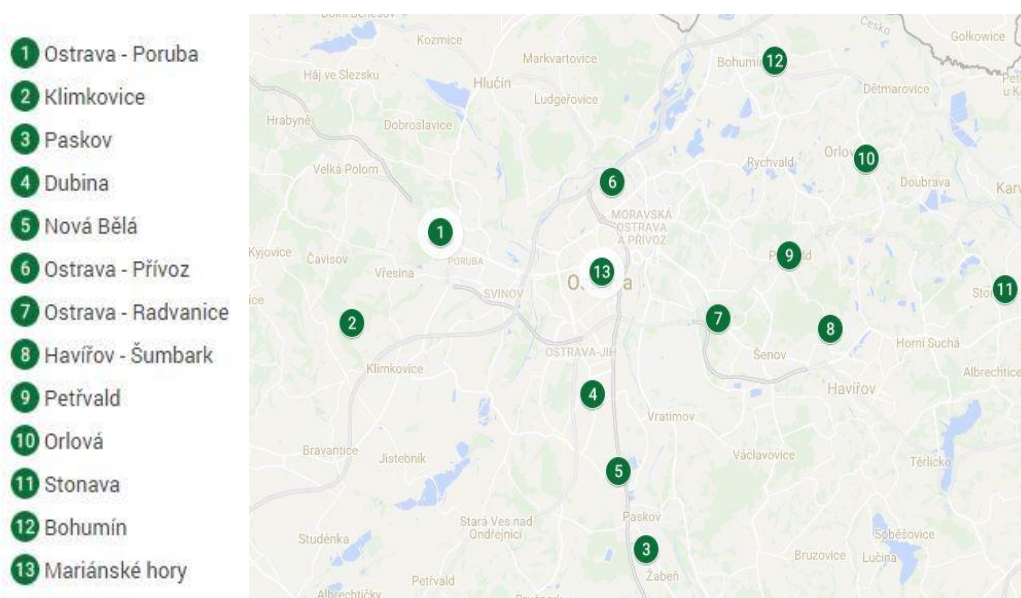
9. Petřvald: V blízkém okolí odběru se nachází především rodinné domy, zdejší znečištěním tedy mohou být především lokální topeniště.

10.Orlová: Převládají zde rodinné domy, nedaleko se opět nacházejí doly, jež jsem zmínila u osmé lokality.

11.Stonava: V okolí se nacházejí čtyři doly OKD, Darkov, ČSA a 9. května. Vzorek byl odebrán v zastavěné lokalitě rodinnými domy nedaleko potoka.

12.Bohumín: Vzorek byl odebrán v prostranství extensivního sadu. V okolí se nacházejí rodinné domy a zeleň.

13.Mariánské lázně: V těsném okolí se nachází sídlištní zástavba, vzorek byl odebrán v parku. Nedaleko se nacházejí Vítkovické železárny, které jsou podnikem zaměřeným na těžké strojírenství.



Obrázek č. 3: Mapa Ostravska s lokací odběrů vzorků (URL 1, upraveno autorem)

6.2 Způsob odebírání vzorků půd a prosévání

Pro stanovení obsahu těžkých kovů bylo analyzováno 26 vzorků z 13 lokalit na Ostravsku. Vzorky byly odejmuty ze dvou půdních profilů; nadložní organický půdní profil byl odebrán v hloubce 0 -15 cm, druhá sada vzorků z minerálního horizontu a to v hloubce 30 – 45 cm. Důvodem odběrů z různých horizontů je předpoklad vyšší koncentrace v určitých hloubkách půdy oproti hloubkám jiným.

Půda byla odebrána pomocí sondýrky, která se používá, pokud je za potřebí pouze malé množství vzorku, např. pro stanovení vlhkosti gravimetrickou metodou. Pro odběr dostatečného množství vzorku bez nutnosti kopat sondu slouží tzv. Edelmanovy vrtáky o různých průměrech.

Dále existují různé typy půdních vrtáků pro speciální použití, např. spirálový vrták pro vzorkování kamenitých půd vrták typu "Riverside" pro odběry drolivých a písčitých půd (Valla a kol., 2000). V tomto případě jsme potřebovali odejmout alespoň pro každý vzorek 0,5 kg půdy, a proto stačila sondýrka.



Obrázek 4: Horizontování půd v terénu pomocí sondýrky (zdroj: Ing. Anna Francová)

Následovalo vysušení vzorku a poté rozdrcení každého vzorku půdy v keramickém hmoždíři. Každý vzorek byl přesypán do nerezového síta s průměrem ok 1 mm. Vzorek se takto separoval od nechtěných ať už biologických či velkých pevných částic. Po každém přesetí každého vzorku bylo důležité všechno vybavení použité při úpravě vzorků, důkladně omýt a poté znovu opláchnout demineralizovanou vodou aby nedošlo ke znehodnocení vzorků. Takto připravené vzorky byly použity v laboratorní analýze.



Obrázek 5: Síto (1mm) a hmoždíř

6.3 Laboratorní analýza

6.3.1 Stanovení výměnného pH

Půdní vzorky byly naváženy na analytických váhách. Do plastových navažovacích lodiček bylo naváženo $6 \text{ g} \pm 0,005 \text{ g}$ půdy, od každého vzorku dvakrát kvůli přesnosti. Výměnné pH bylo stanoveno v 0,2 M roztoku chloridu draselného (KCl). Na tento roztok byl smíchán 1 l demineralizované vody s 14,9 g KCl a do každé zkumavky, kam byla přenesena navážená půda, bylo napipetováno 15 ml připraveného roztoku. Poté se vzorky vložily do třepačky, kde zůstaly po dobu 30 minut. Po dalších 30 minutách bylo měřeno pH pomocí pH metru.



Obrázek 6: Stanovení pH digitálním pH metrem

6.3.2 Jednoduchá extrakce půd

Pomocí extrakce se stanovuje mobilita prvků a rychlost, jakou se mohou dostat do rostlin. Tento typ extrakce se používá například k určení množství kovů, které jsou dostupné rostlinám, či množství kovů které za běžných podmínek mohou migrovat s vodou v půdách (tzv. mobilita).

Nejdřív se navážily půdní vzorky o hmotnosti $2 \text{ g} \pm 0,005 \text{ g}$. Vzorky byly naváženy dvakrát a to kvůli přesnosti a možnosti chyb během měření. Extrakce prvků z půdy probíhala pomocí 0,01 M roztoku chloridu vápenatého. Do 1 litru demineralizované vody bylo přidáno 1,11 g CaCl_2 . Posléze bylo přidáno 20 ml připraveného roztoku do zkumavek k půdním vzorkům, které byly následně vloženy do třepačky po dobu 3 hodin. V další fázi byly vzorky vloženy do centrifugy (otáčky - 5000/min).

Takto připravené vzorky byly filtrovány přes $0,45 \text{ }\mu\text{m}$ nylonové stříkačkové filtry. K finální fázi byly zapotřebí nové zkumavky, do kterých bylo napipetováno 5 ml připraveného vzorku a 5 ml kyseliny dusičné HNO_3 . Poté byly vzorky předány na analýzu emisní spektrometrii s indukčně vázaným plazmatem, ICP – OES.

6.3.3 Pseudototální rozklad půdy

V této metodě se jedná v podstatě o stanovení celkových obsahů kovů, vyjma těch, které jsou vázány na silikátovou matici. O přítomnosti kovů mimo tuto matici se často předpokládá, že se nakumulovaly v půdách a sedimentech lidskou činností či některými přírodními jevy.

Nejdřív bylo naváženo 0,25 g půdy od každého vzorku a následně byl každý vzorek vložen do teflonových patron, které jsou součástí analytického mikrovlnného zařízení. Do patron se přidalo, 10 ml obrácené lučavky královské, tedy kyselina dusičná a kyselina chlorovodíková v poměru 3:1 (2,5 ml HCl a 7,5 ml HNO₃). Po 15 minutách byly patrony se vzorky a vloženy do mikrovlnného zařízení. Metoda použitá po rozklad byla EPA 3051a.

Rozložené vzorky byly filtrovány přes 0,45 µm nylonové stříkačkové filtry, aby došlo k odstranění nerozloženého materiálu. Dále se do nových zkumavek napipetovalo 2 ml připraveného vzorku a 9,8 ml demineralizované vody. Tyto vzorky byly podrobeny další proceduře na emisní spektrometrii s indukčně vázaným plazmatem, ICP-OES.



Obrázek 7: Teflonové patrony a příprava vzorků před mikrovlnným rozkladem (zdroj: Lucie Johanisová, 2017)

7. Výsledky analýzy ICP – OES

Analýza byla zaměřena především na tyto metaloidy: Cr, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Pb. Po celém procesu pseudototálního rozkladu a jednoduché extrakci vzorků půd následovala analýza na emisní spektrometrii s indukčně vázaným plazmatem.

Výsledky jsou uvedeny v tabulkách a sloupcových grafech. Zároveň kvůli velké naměřené hodnotě Zn, jsem u jednoduché extrakce kovů vytvořila pro tento prvek samostatný graf.

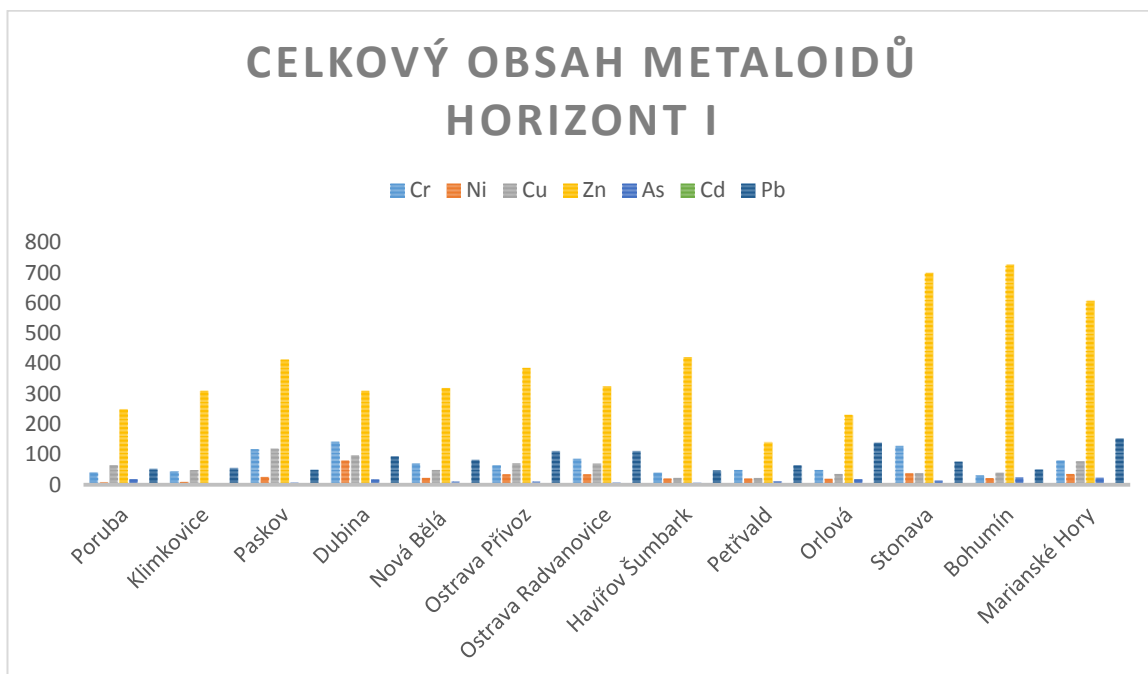
7.1 Pseudotoální rozklad půdy

Hodnoty byly měřeny ve dvou hloubkách půdního profilu. Horizont I se odebíral v hloubce 0-15 cm, horizont II byl odebrán v rozpětí 30-45 cm pod zemí. Oba horizonty byly měřeny na 13. lokalitách ve dvou replikacích.

Ve svrchním horizontu I bylo zjištěno, že nejvíce kontaminované místo je Stonava. Zde byla zaznamenána nejvyšší naměřená hodnota skoro u všech prvků oproti ostatním lokalitám. Dalšími nadprůměrně kontaminovanými místy jsou především Mariánské hory a Bohumín. Největší zastoupení na všech lokalitách má zinek. Nejvyšší hodnota zinku byla naměřena v Bohumíně (724,3 mg/kg) a nejmenší byla naměřena v Petřvaldu (141,5 mg/kg).

Mariánské hory mají prvenství v koncentraci olova (152,3 mg/kg), naopak nejméně olova bylo naměřeno v Havířově Šumbarku (46,7 mg/kg). Úplně nejméně znečištěnou lokalitou je Petřvald se zastoupením zinku (141,5 mg/kg) a olova (64,1 mg/kg).

Kadmium je nejméně zastoupeno v Ostravě Porubě (0,90 mg/kg) nejmíc znečištěné území tímto prvkem je Ostrava Radvanice (2,43 mg/kg).

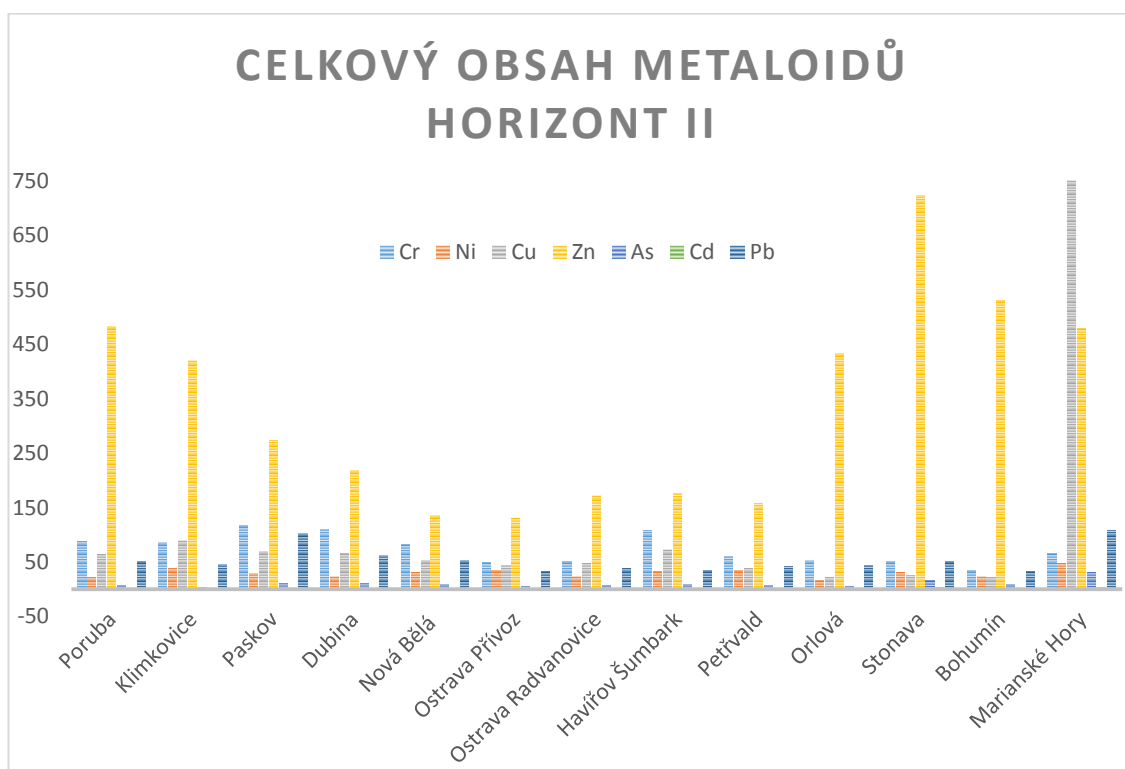


Graf 2: Stanovení celkových obsahu metaloidů horizont I mg/kg

Ve spodnějším horizontu II se koncentrace některých prvků snížila. Výrazně se navýšila hodnota mědi v Mariánských horách. Celkově se snížila hodnota Zn, Fe, Pb a As.

Nejvíce znečištěným místem je opět Stonava, když pomineme Mariánské hory, u kterých je číslo vysoké zejména kvůli vysoké koncentraci mědi (1241,4 mg/kg). Největší koncentrace zinku je ve Stonavě (722,3 mg/kg) oproti nejmenší naměřené hodnotě v Ostravě Přívozu (130,3 mg/kg).

Největší zastoupení chromu (117,8 mg/kg) je v Paskově, naopak nejmenší naměřená koncentrace chromu (35 mg/kg) je v Bohumíně. Velký obsah olova (108,29 mg/kg) byl zaznamenán v Mariánských horách, Paskově (101,50 mg/kg) za nejméně znečištěnou lokalitu olovem můžeme označit Bohumín (32 mg/kg).



Graf 3: Stanovení celkového obsahu metaloidů horizont II mg/kg

7.2 Jednoduchá extrakce půd

Druhá analýza byla zaměřena na mobilitu metaloidů. Vzorky byly opět extrahovány ze dvou půdních profilů. Oba horizonty byly měřeny na 13. lokalitách ve dvou replikacích a následně byly podrobeny analýze ICP – OES.

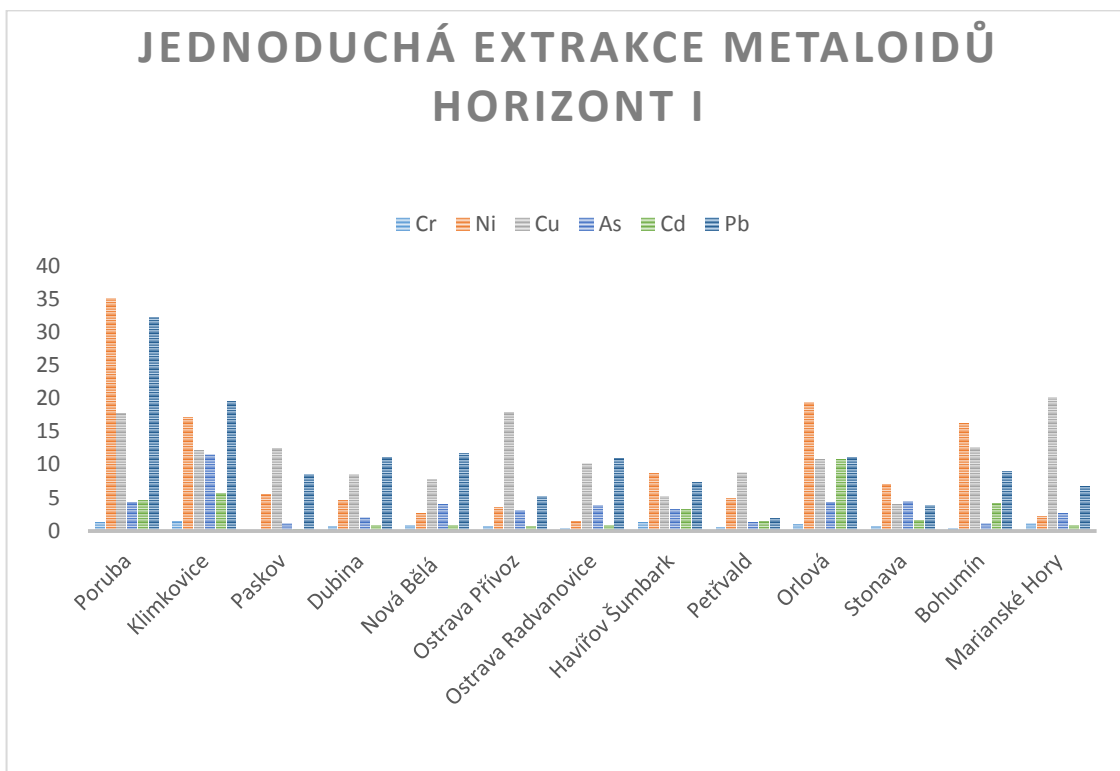
V tomto případě jsem zhotovila grafy a rozdělila do dvou sekcí. Zinek jsem musela oddělit od základního grafu tak, aby byly patrné hodnoty dalších metaloidů (Cr, Ni, Cu, As, Cd, Pb), které se nevyskytují v tak velkém zastoupení.

V půdním horizontu I byla zaznamenána největší mobilita metaloidů v Ostravě Porubě, kde všechny naměřené koncentrace byly nadprůměrné oproti ostatním prvkům. Na druhém místě je Ostrava Klimkovice a na třetím Orlová.

Místo, které vykazuje největší mobilitu olova je Ostrava Poruba (32,14 mg/kg), následuje Ostrava Klimkovice (19,49 mg/kg). Prvky s nejmenší naměřenou mobilitou byly zaznamenány ve Stonavě (3,90 mg/kg).

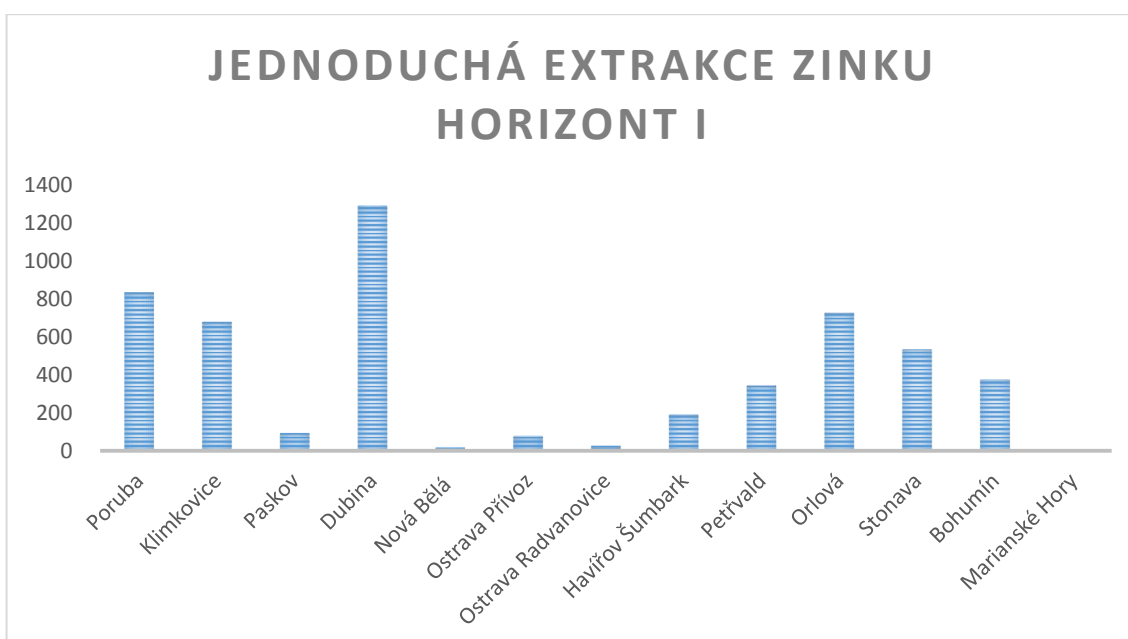
Dalším výrazně mobilním prvkem je nikl. Opět nejvyšší mobilita byla zaznamenána v Ostravě Porubě (35,10 mg/kg) následuje Orlová (19,37 mg/kg) a Klímkovice (17,05 mg/kg). Nikl je neméně mobilní v Ostravě Radvanicích (1,49 mg/kg).

Měď je také velmi mobilním prvkem. Nejvíce mobilní je v Mariánských horách (20,09 mg/kg), následuje Ostrava Přívoz (19,87 mg/kg), Ostrava Poruba má v tomto případě až třetí příčku (17,73 mg/kg). Nejméně mobilní měď se nachází ve Stonavě (4,01 mg/kg).



Graf 4: Jednoduchá extrakce metaloidů, horizont I v mg/kg

Dalším prvkem je zinek. V tomto případě lokalita s nadměrnou mobilitou zinku je Dubina (1287,07 mg/kg). Druhou lokalitou byla Ostrava Poruba (833,34 mg/kg). Nejméně mobilní zinek se nachází v Mariánských horách (7,02 mg/kg).



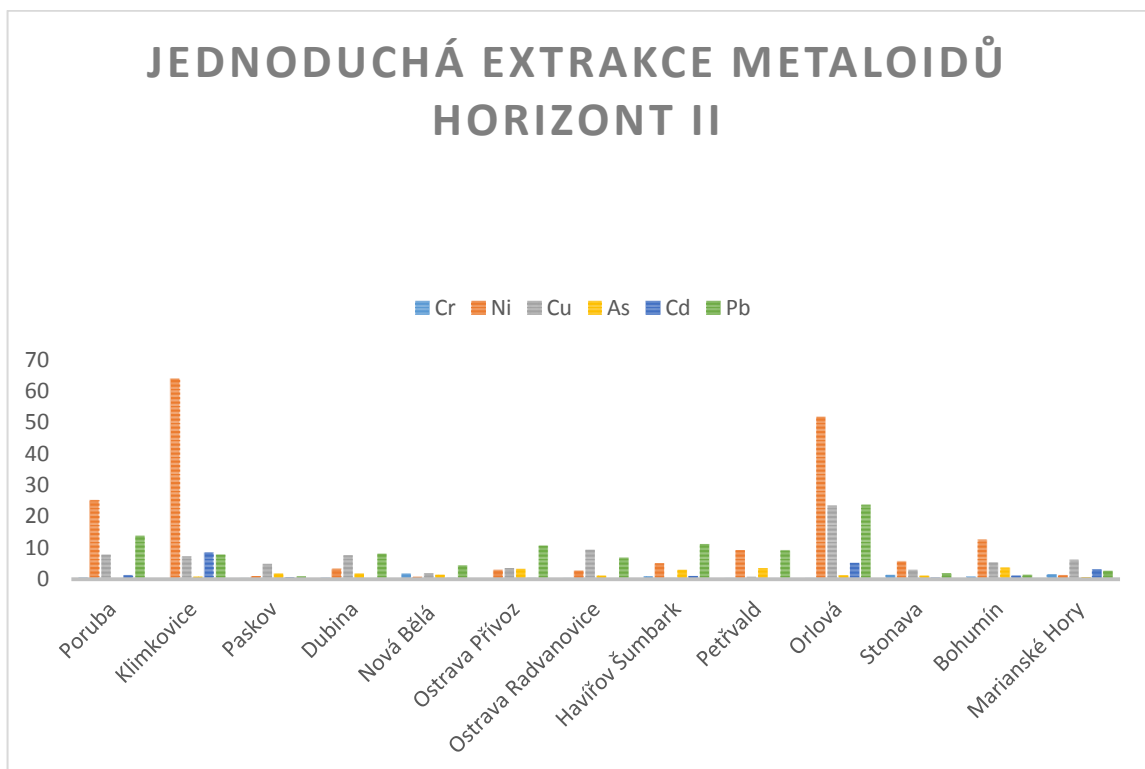
Graf 5: Jednoduchá extrakce Zn, horizont I v mg/kg

V půdním horizontu II je Orlová místem se největší mobilitou kovů následují Klimkovice a Ostrava Poruba. Podle půdního horizontu I se lokality s největší dostupností kovů rostlinám nezměnily, avšak se změnilo jejich pořadí.

Olovo je prokazatelně nejmobilnější v Orlové (23,56 mg/kg), následuje Ostrava Poruba (13,73 mg/kg) a nejméně znečištěnou oblastí je Paskov (0,90 mg/kg).

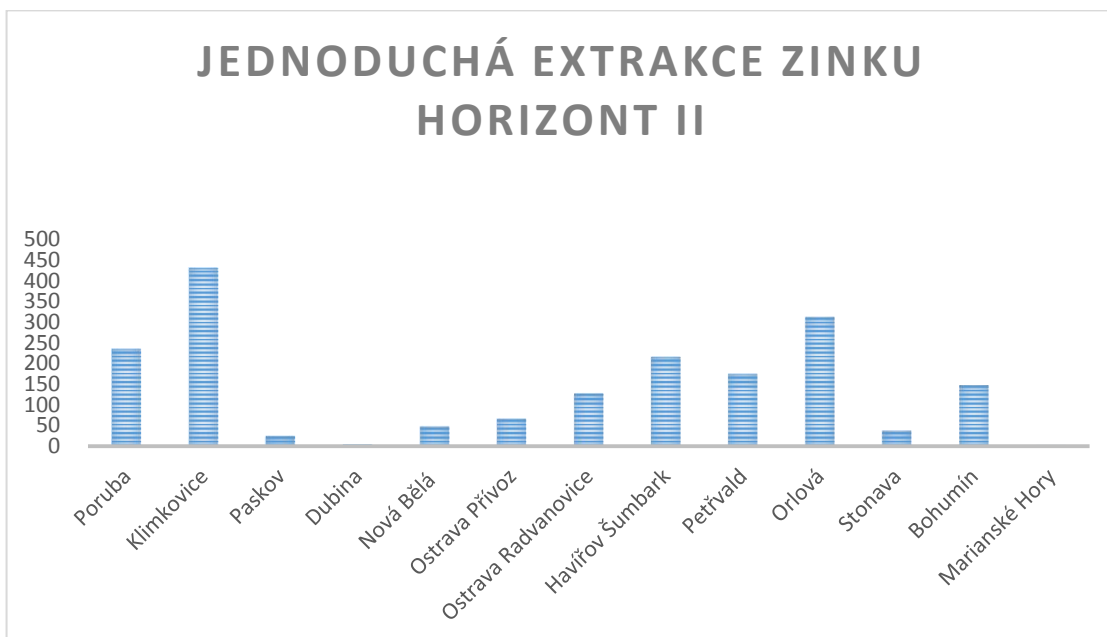
Dalším výrazným prvkem je měď, která má opět největší zastoupení mobility v Orlové (23,49 mg/kg) a v Mariánských horách (9,46 mg/kg). Nejméně mobilní prvky se nachází v Havířově Šumbarku (0,48 mg/kg).

Nikl se objevuje také ve větší koncentraci, nejvíce ho bylo zaznamenáno v Klimkovicích (63,77 mg/kg), poté v Orlové (51,63 mg/kg) a nejmenší koncentrace niklu je v Nové Bělé (0,82 mg/kg)



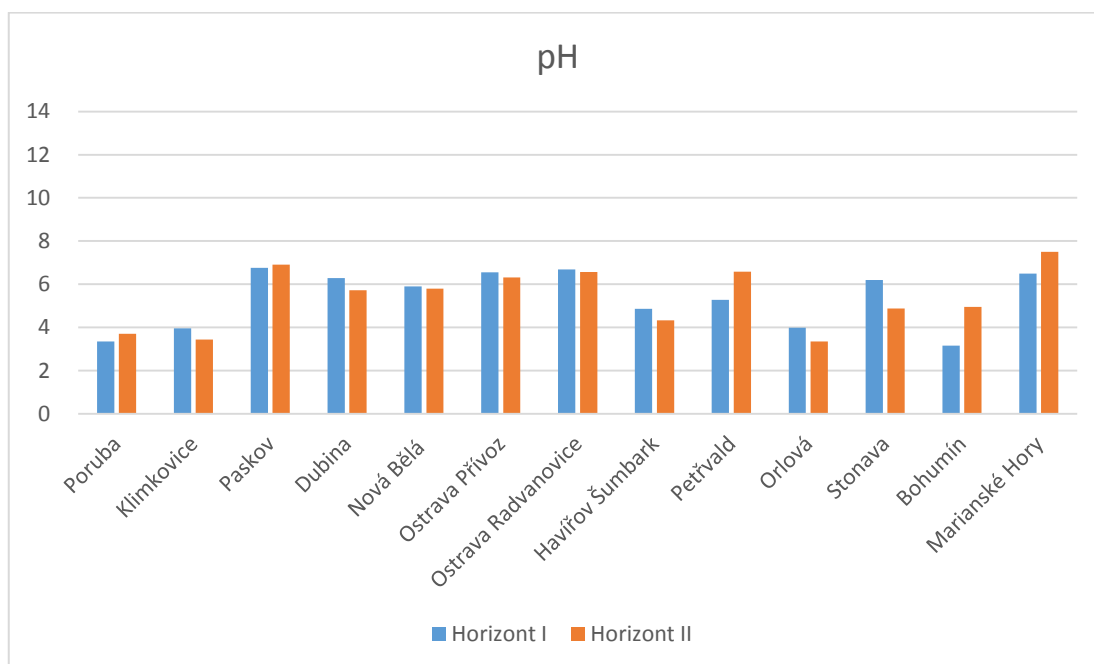
Graf 6: Jednoduchá extrakce metaloidů, horizont II v mg/kg

Největší mobilita zinku byla zaznamenána v Klimkovicích (431,15 mg/kg), následuje Orlová (312,05 mg/kg). Nejméně mobilní zinek byl naměřen v Mariánských horách (3,37 mg/kg).



Graf 7: Jednoduchá extrakce Zn, horizont II v mg/kg

7.3 Hodnota pH



Graf 8: Stanovení výměnného pH

Hodnoty pH se vyskytují poměrně v obou půdních profilech rovnoměrně. Nejmenší pH bylo zaznamenáno v půdním horizontu I v Bohumíně (3,16) následovala Ostrava Poruba (3,96) a Klimkovice (3,98).

V půdním horizontu II nejmenší pH bylo zaznamenáno v Orlové (3,35), Klimkovicích (3,43) a v Ostravě Porubě (3,70).

8. Diskuze

Výsledky analýzy poukázaly na zajímavý rozdíl mezi pseudototálním rozkladem půd a jednoduchou extrakcí. V pseudototální analýze patřily mezi nejznečištěnější místa Stonava, Mariánské hory a Bohumín. V těchto lokalitách byla zaznamenána nadprůměrná koncentrace metaloidů oproti ostatním. V okolí Stonavy se nacházejí čtyři doly OKD, Darkov, ČSA a důl 9. května, vzorek byl zároveň odebrán v zastavené lokalitě. V Mariánských horách mohou být původcem znečištění Vítkovické železárny, které jsou podnikem zaměřeným na těžké strojírenství. V Bohumíně byl vzorek odebrán v zastavené části, od které se nedaleko nachází firma ROCKWOOL s. r. o., která může také zapříčiňovat toto znečištění.

U jednoduché extrakce bylo zjištěno, že největší mobilitu metaloidů v půdách prokazují naprosto odlišné lokality. Mezi nejnebezpečnější lokality s velkým potenciálem absorpce metaloidů rostlinami se zařadily Ostrava – Poruba, Klimkovicice a Orlová. Na těchto lokalitách je zajímavý fakt, že se v naprosté blízkosti nenachází žádné velké zdroje znečištění, jako je například ArcelorMittal a.s. v Ostravě Radvanicích, který je největší hutní podnik v České republice. Rozptylová studie zpracovaná Vysokou školou báňskou v Ostravě ukázala, že ArcelorMittal přispívá v nejpostiženějších částech Radvanic a Bartovic ke znečištění prachem z cca 60% a u karcinogenního arсенu a benzo(a)pyrenu dokonce z více jak 85% (www.zpravodajstvi.ecn.cz, 2008).

Zcela jistě každý z těchto zdrojů přispívá ke zhoršování celé situace na Ostravsku, avšak velké firmy jako ArcelorMittal se snaží omezit dopad na životní prostředí. Jak zmínila mluvčí ArcelorMittalu, Barbora Černá Dvořáková: „Všechna zařízení pro omezování emisí v našich závodech včetně koksovny a ocelárny jsou plně v souladu s technikami BAT (nejlepší dostupné technologie). Tohle potvrdil i přezkum podmínek integrovaných povolení“ (www.ostrava.cz, 2017). Z výroční zprávy této firmy jsem zjistila, že v roce 2016 plnila všechny limity stanovené inspekcí životního prostředí. Dále

investovala 41 mil. Kč do odprášení odléváren vysoké pece č. 3 a 24 mil. Kč do snížení fugitivních emisí chladicích pátů Aglomerace Sever (ArcelorMittal, 2016). Toto nejsou zcela jistě všechny investice ArcelorMittalu do zlepšení ochrany životního prostředí, avšak jsem chtěla podotknout, že vypouštění škodlivých látek velkými aglomeracemi bylo limitováno a regulováno. Otázkou zůstává, do jaké míry je možno věřit všem těmto kontrolám a tedy kredibilitě těchto institucí. Dalšími zdroji, které se jeví jako velmi zásadními pro tuto oblast, jsou lokální topeniště, doprava a těžba, které zapříčiňují také ve velké míře škody na životním prostředí.

V blízkosti Orlové se nacházejí doly (Důl Doubrava, Lazy, ČSA). Jsou zde také rekultivované skládky a odkaliště. Podle expertů z Water defense „neexistuje nic takového jako „čisté uhlí“, uhlí znečišťuje životní prostředí ve všech fázích jeho průmyslového životního cyklu: těžba, zpracování, přeprava, pálení a likvidace.“ (www.waterdefense.org, 2015). Předpokládané znečištění by tedy mohlo pocházet hlavně z důlní činnosti. Klimkovic trpěly v předešlých letech na značné znečištění dopravou. Aktuálně se zde nacházejí rodinné domy a velké množství polí. To by mohlo vysvětlovat fakt, že je v Klímkovicích zinek velmi mobilní. Ten se přidává do umělých hnojiv, kde je velmi zastoupenou složkou. V Ostravě – Porubě byly vzorky odebrány v podobném prostředí; velmi hustá zástavba rodinnými domy, místo se nachází v blízkosti centra. Původci znečištění by tedy mohly být zejména lokální topeniště a doprava.

Všechny tři lokality vykazují nejnižší hodnotu pH ze všech 13. lokalit. Při velmi nízkém pH se metaloidy lépe rozpouštějí v podzemních vodách a jsou lépe absorbovatelné pro rostliny. To znamená, že vysoká mobilita kovů na těchto lokalitách může být zapříčiněná také tímto jevem.

Korelace mezi totálním obsahem metaloidů a mobilitou je zjevná v Mariánských horách, kde se koncentrace Cu (76,85 mg/kg) jevila jako jedna z nejvyšších a měla zároveň největší mobilitu (20,09 mg/kg). Na této lokalitě můžeme tedy konstatovat, že celkový obsah mědi v půdě představuje značné riziko jak pro člověka, tak pro životní prostředí a měla by být sjednána opatření

ke snížení kontaminace tímto prvkem. Možným zdrojem znečištění na této lokalitě mohou být Vítkovické železářny.

Opačný jev nastal v Mariánských horách u Cd, kde pseudototální analýza ukázala, že koncentrace tohoto prvku (3,41 mg/kg) je druhá nejvyšší, zato v jednoduché extrakci vyšla mobilita tohoto prvku jako nejnižší ze všech (0,76 mg/kg). To znamená, že obsah Cd je značně nadprůměrný, ale jeho mobilita není riziková pro životní prostředí ani pro člověka. Naopak nejvyšší mobilitu Cd (10,71 mg/kg) jsme zaznamenali v Orlové, kde celkový obsah tohoto prvku je třetím nejnižším (1,53 mg/kg).

Jak už bylo zmíněno, ArcelorMittal v Ostravě Radvanicích přispívá k značnému znečištění arsenem. Ve výsledcích, se ale ukázalo, že v této oblasti celkový obsah As (8,92 mg/kg) je jedním z nejnižších a jeho mobilita je také podprůměrná (3,87 mg/kg). Paradoxním jevem je fakt, že největší mobilitu As (11,49 mg/kg) jsme zaznamenali v Klimkovicích, kde celkový obsah tohoto prvku byl nejmenší (5,74 mg/kg).

Ostravsko je jednou z nejznečištěnějších lokalit z celé Evropy. Když porovnáme výsledky pseudototální analýzy s maximálními přípustnými hodnotami v půdách dle zákona 13/1994 Sb. můžeme konstatovat, že koncentrace některých prvků byla překročena mnohonásobně. Limit zinku, který se dle zákona měl pohybovat v lehkých půdách do 130 mg/kg a v ostatních půdách do 200 mg/kg, byl překročen na všech 13. lokalitách. Dalším prvkem, který byl naměřen ve vyšších koncentracích bylo kadmium, které překročilo limit na 12. lokalitách a měď, která přesáhla limity na 7. lokalitách.

9. Závěr

Znečištění tohoto regionu je značné, avšak ne vždy celkový obsah kovů v půdách odpovídá toxicitě těchto metaloidů. Při zjišťování znečištění půdy je zapotřebí se na metaloidy dívat ne jen z hlediska jejich obsahu, ale taky znát jejich mobilitu, jak jsme mohli vypočítat z výsledků - můžeme mít největší obsah metaloidu na určité lokalitě, ale jejich dostupnost pro rostliny a následně pro potravinový řetězec, může být tak mizivá, že nakonec i při překročení určitých limitů, může metaloid zůstat v půdě neškodným. Dalším důležitým faktorem je také budoucí využití a nakládání s půdou, která má vysoký obsah metaloidů. Stačí, aby se pH půdy snížilo a prvky, které byly původně nemobilní, se mohou stát mobilními.

Z výsledků této bakalářské práce je zjevné, že se většina metaloidů dostává do urbánních půd skrz znečištěné ovzduší. Z výsledků se nedá konstatovat, že by byl zjevný jen jeden zdroj znečišťování (důlní činnosti, lokální topeniště, doprava, průmysl či staré ekologické zátěže).

Tato práce poukazuje na fakt, že celkový obsah metaloidů na dané lokalitě neodpovídá riziku, kterému může čelit půdní složka, ale že je stěžejní pochopit konkrétní stav půdy, její chemické vlastnosti a přípustnost metaloidů rostlinám a klást důraz na možné budoucí scénáře využití půdy.

Dalším krokem pro tuto práci by mohla být konkrétní případová studie jedné lokality, kde by se téma zaměřilo na dekontaminaci půdy, s možností navržení vhodného řešení jak emisím do ovzduší předcházet (vhodné filtry apod.).

10. Literární zdroje

1. ADAMEC, V. a kol., 2008: Doprava, zdraví a životní prostředí. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-2156-9.
2. ALLOWAY B. J., 1990: Heavy Metals in Soils. Blackie and Son Ltd., Glasgow and London, 339.
3. ARCELORMITTAL a. s., ©2016: *Výroční zpráva za rok končící 31. 12. 2016* [online]. 2018, [cit.2018-4-10], dostupné z: <http://ostrava.arcelormittal.com/pdf/ArcelorMittalOstravaVyrocniZprava2016.pdf>
4. ATLAS OSTRAVSKÉHO OVZDUŠÍ, ©2017: *Lokální topeniště* [online] [cit.2018-4-20], dostupné z: http://www.air-silesia.eu/files/file/air_silesia/raport/vsb_atlas_ov_ovzdusi_.pdf
5. BENEČKO V., 1995: Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka, 58 s, ISBN 80-7169-150-X
6. BENEŠ S., 1994: Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí II. část, Praha, Ministerstvo zemědělství České republiky, 96 s, ISBN 80-7084-090-03
7. BÍLEK, J., 1982: Kutnohorský revír. Báňsko-historický výzkum Roveňského pásma. Geofond, Kutná Hora.
8. CENIA 2016: Zpráva o životním prostředí v Moravskoslezském kraji 2016. Česká informační agentura životního prostředí, Praha.
9. COAL RESOURCES, ©2014: *WATER DEFENSE* [online]. [cit. 2018-01-16]. Dostupné z: <http://waterdefense.org/content/coal>
10. ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV ©2016: *Registr emisí a stacionárních zdrojů (REZZO)*. [online] [cit.2018-4-14], dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/embil/metodiky_eb.pdf

11. ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV ©2016: *Ročenka 2016* [online] [cit. 2018-4-8] dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/16groc/gr16cz/V3_OKFM_CZ.html
12. ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, ©2015: *Imise těžkých kovů obsažené v prašném aerosolu*. [online] [cit. 2018-03-19] Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/groc/gr98cz/kap_0236/kap_0236.htm
13. ČISTÉ NEBE, ©2017: *Stav ovzduší na Ostravsku*. [online] [cit.2018-4-14], dostupné z: <http://www.cistenebe.cz/stav-ovzdusi-na-ostravsku/slovnicek-pojmu/147-rezzo-1-4>
14. DELAUNE R. REDOX POTENTIAL., 2005: *Encyclopedia Of soils in the environment. 1st ed Boston: Elsevier/Academic Press, 2005, 4 v. ISBN 01234853474*
15. DOUŠOVÁ. B. a kol., 2016: *Chemie životního prostředí*, Praha: Vysoká škola chemicko–technologická, 97 s. ISBN 978-80-7080-979-2
16. EONNECT ZPRAVODAJSTVÍ, ©2008: *Právníci GARDE-EPS napadli žalobou potajmu vydané rozhodnutí MŽP a Krajského úřadu Moravskoslezského kraje*. [online] [cit. 2018-03-06] z:<http://zpravodajstvi.ecn.cz/index.stm>
17. 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.*
18. CHRISTIEN T., 1995: *Speciation of dissolved cadmium: Interpretation of dialysis ion exchange and computer methods*. Water research, Volume 29, Issue 3, P. 803 - 809
19. INTEGROVANÝ REGISTR ZNEČIŠTĚNÍ ©2006: *Informace o látkách ohlašovaných do IRZ*. [online] [cit. 2018-4-8] dostupné z: <https://www.irz.cz/node/20#seznam>
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. JOHANISOVÁ, L. 2017: *Znečištění Ostravska emisemi těžkých kovů*. Česká zemědělská univerzita, Fakulta životního prostředí, Praha. 58 s. (bakalářská práce). „nepublikováno“. Dep. SIC ČZU v Praze.

22. LESNÍ PARK KLIMKOVICE ©2015: *Aktuální stav Lesního parku* [online]. [cit. 2018-03-06]. Dostupné z: <http://www.lesni-park.cz/aktualni-stav-lesniho-parku/>
23. LOMBI, E. - HAMON, E., 2005: *Remedation of polluted soils*, Encyclopedia Of soils in the environment. 1st ed Boston: Elsevier/Academic Press, 2005, 4 v. ISBN 01234853474
24. MASARYKOVA UNIVERZITA ©2016: *Změny ve složení litosféry, horninové prostředí*. [online] [cit. 2018-3-10] dostupné z: <https://is.muni.cz/do/1499/el/estud/pedf/js10/antropog/web/pages/2-7-zmeny-slozeni-litosfery-horninove-prostredi.html>
25. MC BRIDE M. B., 1989: *Reaction controlling heavy metal solubility in soils*. Adv. Soil Sci., 10: 1-56.
26. Merian., E., 1991: *Metals and their compounds in the environment (Occurrence, analysis and biological relevance)*, VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, Germany, pp 1438
27. MILLER, D. – ROBINSON, C., 1988.: *Atmospheric transport of chemicals. In ecotoxicology and climate*. Chichester, 1988: 41-49
28. MORAVSKOSLEZSKÝ KRAJ, ©2005: *Integrované povolení č. j. ŽPZ/4153/05/Hd*. [online] [cit. 2018-03-06]. Dostupné z: <https://www.msk.cz/assets/temata/ipcc/files/okk-koksovny---koksovna-svoboda.pdf>
29. MŽP ČR, IZR, ©2016: *Integrovaná prevence a omezování znečištění*. (online) [cit. 2018. 04. 20], dostupné z: <https://www.mzp.cz/ipcc>
30. PETŘÍKOVÁ V., Ustjak S., Roth J., 1995: *Těžké kovy v půdách a zemědělských plodinách v pěti různě imisně zatížených lokalitách ČR*. Rostl. Výr., 41: 17-23.
31. PODLEŠÁKOVÁ E., Němeček J., Vácha R., 1998: *Možnosti remediacce zemědělských půd*. Rostl. Výr., 44: 209-215.
32. RAURET, G., 1998: *Extraction procedures for the determination of heavy metals in contaminated soil and sediment*. In Talanta. [s.l.] : Elsevier, Amsterdam, ROYAUME-UNI , s. 449-455. ISSN 0039-914.
33. SCHETTLER, T. M. D., SOLOMON G. M. D., VALENTI M, HUDDLE A. 2008: (Generace v ohrožení. Arnika. Praha. 474,440-448)

34. SCHWARTZ C. - Gérard E., Perronnet K., Morel J. L., 2011: *Measurement of in situ phytoextraction of zinc by spontaneous metallophytes growing on a former smelter site*. Sci. Total Environ., 279: 215-221.
35. STATUTÁRNÍ MĚSTO OSTRAVA, ©2017: *Strategický plán rozvoje města 2017 - 2023*. [online] [cit. 2018-4-10], dostupné z: <http://www.fajnova.cz/strategicky-plan>
36. SZURMANOVÁ, Z. A kol., 2010: *Vyhodnocení a klasifikace kontaminovaných a potencionálně kontaminovaných lokalit na území Ostravy*. [online] [cit. 2018-03-06]. Dostupné z: <http://1url.cz/9t6oY>
37. ŠARPATKA, B., 1996: *Pedologie*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 235 s. ISBN 80-7067-590
38. TLUSTOŠ P., Pavlíková D., Balík J., Száková J., Hanč A., Balíková M., 1998: *Příjem a distribuce arzenu a kadmia rostlinami*. Rostl. Výr., 44: 463-469
39. VALLA, M. a kol., 2000: *Pedologické praktikum*, Praha Česká zemědělská univerzita, 86 s. ISBN 978-80-213-0914-2
40. VANOLOON G., DUFFY S., 2000: *Enironmental chemistry*. Oxford University press, P. 492
41. Vyhláška č. 13/1994 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu.
42. Vyhláška č. 58/1981 Sb., o nejvyšších přípustných koncentracích a nejzávažnějších škodlivin v ovzduší
43. Zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší, v platném znění.

10.1 Seznam obrázků a grafů

- Obrázek č. 1:** Sorpční izotermy Cd při různých hodnotách pH (zdroj: Christensen, 1989)
- Obrázek č. 2:** Rozmístění průmyslových zařízení v Moravskoslezském kraji (zdroj: CENIA, 2016)
- Obrázek č. 3:** Horizontování půd v terénu pomocí sondýrky (zdroj: Ing. Anna Francová)
- Obrázek č. 4:** Síto (1mm) a hmoždíř
- Obrázek č. 5:** Stanovení pH digitálním pH metrem
- Obrázek č. 6:** Teflonové patrony a příprava vzorků před mikrovlnným rozkladem (zdroj: Lucie Johanisová, 2017)
- Graf č. 1:** Měrné emise z vytápění domácností, [t.rok⁻¹.km⁻², kg.rok⁻¹.km⁻²], (zdroj: CENIA, 2015)
- Graf č. 2:** Stanovení celkového obsahu metaloidů horizont I mg/kg
- Graf č. 3:** Stanovení celkového obsahu metaloidů horizont II mg/kg
- Graf č. 4:** Jednoduchá extrakce metaloidů, horizont I v mg/kg
- Graf č. 5:** Jednoduchá extrakce metaloidů, horizont II v mg/kg
- Graf č. 6:** Jednoduchá extrakce Zn, horizont I v mg/kg
- Graf č. 7:** Jednoduchá extrakce Zn, horizont II v mg/kg
- Graf č. 8:** Stanovení výměnného pH
- Tabulka 1:** Označení půd podle hodnoty pH (zdroj van Loon and Duffy, 2000)

Tabulka 2: Maximální přípustné hodnoty v půdách. (zdroj: MŽP/ Vyhláška 13/1994 Sb.)

10.2 Přílohy

Příloha č. 1 - Výsledky metody ICP-OS – Jednoduchá extrakce (zdroj: autor)

Příloha č. 2 - Výsledky metody ICP-OS – Pseudototální analýza (zdroj: autor)

Příloha č. 1

Název lokality	Horizont	Fe	Cr	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb	Ph
1 - Poruba	0 - 10	2 272,58	1,31	35,10	17,73	833,34	4,36	4,64	32,14	3,35
	30 - x	260,20	0,60	25,15	7,87	235,33	-1,93	1,44	13,73	3,70
2 - Klimkovice	0 - 10	750,23	1,38	17,05	12,09	678,25	11,49	5,64	19,49	3,96
	45 - x	207,07	0,15	63,77	7,29	431,15	0,75	8,57	7,79	3,43
3 - Paskov	0 - 10	53,92	0,13	5,43	12,44	94,09	1,20	0,24	8,48	6,77
	10 - x	8,54	0,23	1,03	4,85	25,55	1,83	0,65	0,90	6,91
4 - Dubina	0 - 10	63,72	0,64	4,54	8,56	1 287,08	1,99	0,77	11,12	6,29
	40 - x	38,81	0,49	3,29	7,62	4,90	1,79	0,24	8,11	5,72
5 - Nová Bělá	0 - 15	30,59	0,82	2,66	7,74	20,29	4,02	0,76	11,73	5,91
	45 - x	9,50	1,71	0,82	1,91	48,68	1,44	0,50	4,44	5,79
6 - Ostrava Přivoz	0 - 10	39,46	0,72	3,57	17,87	80,50	3,14	0,68	5,24	6,56
	10 - 30	7,56	0,04	3,03	3,59	67,28	3,26	0,50	10,69	6,31
7 - Ostrava Radvanice	0 - 20	23,36	0,37	1,49	10,14	25,96	3,87	0,77	10,89	6,69
	20 - x	25,38	0,26	2,87	9,46	127,72	1,08	0,25	6,91	6,57
8 - Havířov Šumbark	0 - 15	66,13	1,32	8,65	5,16	193,64	3,19	3,27	7,31	4,87
	15 - x	20,22	0,87	5,05	0,48	216,40	2,90	1,06	11,19	4,32
9 - Petřvald	0 - 20	63,52	0,58	4,91	8,80	346,11	1,25	1,45	1,94	5,28
	20 - x	29,98	0,32	9,27	0,82	175,14	3,48	0,41	9,16	6,58
10 - Orlová	0 - 10	358,78	0,98	19,37	10,85	725,66	4,31	10,71	11,15	3,98
	70 - x	147,35	0,26	51,63	23,49	312,05	1,21	5,16	23,56	3,35
11 - Stonava	0 - 25	47,38	0,73	7,02	4,01	534,55	4,42	1,50	3,90	6,20
	25 - x	21,29	1,27	5,78	2,99	38,93	1,14	0,60	1,91	4,88
12 - Bohumín Střečůň	0 - 20	62,43	0,31	16,26	12,56	375,87	1,09	4,15	9,02	3,16
	30 - x	12,12	0,77	12,64	5,41	148,04	3,59	1,28	1,54	4,95
13 - Mariánské Hory	0 - 30	18,87	1,20	2,19	20,09	7,02	2,63	0,76	6,77	6,50
	45 - x	10,21	1,53	1,42	6,15	3,37	0,64	3,22	2,67	7,50

Příloha č. 2

Název lokality	Horizont	Fe	Cr	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb	Ph
1 - Poruba	0-10	10501,791	42,625	9,251	64,743	249,819	18,690	0,896	53,788	3,35
	30 - x	28206,937	88,233	21,364	62,890	482,486	6,391	1,325	50,788	3,70
2 - Klimkovice	0 - 10	7818,325	45,886	11,169	48,510	310,166	5,745	1,865	55,852	3,96
	45 - x	36720,792	85,559	37,159	88,715	419,727	2,730	1,578	45,436	3,43
3 - Paskov	0 - 10	23226,753	116,654	27,351	117,235	412,923	8,697	1,871	50,767	6,77
	10 - x	30541,301	117,859	28,764	69,919	273,444	10,980	1,774	101,903	6,91
4 - Dubina	0 - 10	59939,959	140,920	80,422	95,566	310,054	17,698	1,709	94,304	6,29
	40 - x	35563,489	109,587	23,874	65,264	217,563	11,229	1,183	62,739	5,72
5 - Nová Bělá	0 - 15	28402,711	71,159	24,566	49,300	319,919	10,619	1,557	82,182	5,91
	45 - x	40997,949	82,249	30,210	53,363	135,282	8,395	0,524	53,043	5,79
6 - Ostrava Přivoz	0 - 10	29322,136	64,798	34,679	71,061	386,086	10,081	2,411	110,374	6,56
	10 - 30	26917,735	49,943	34,871	44,417	130,077	5,201	0,883	33,104	6,31
7 - Ostrava Radvanice	0 - 20	44648,168	85,047	34,945	69,218	325,167	8,926	2,426	110,478	6,69
	20 - x	21723,901	50,550	22,836	46,585	172,692	7,628	0,347	38,738	6,57
8 - Havířov Šumbark	0 - 15	22378,996	40,818	21,428	23,796	421,415	7,684	1,150	46,971	4,87
	15 - x	37893,386	107,115	32,075	72,619	176,205	9,195	0,898	34,454	4,32
9 - Petřvald	0 - 20	26279,082	49,974	21,392	23,364	141,533	11,490	1,255	64,189	5,28
	20 - x	32198,725	59,945	34,244	38,708	156,833	7,437	0,596	42,059	6,58
10 - Orlová	0 - 10	30765,777	49,507	19,677	36,002	231,276	18,963	1,535	138,558	3,98
	70 - x	32928,416	53,027	16,251	21,514	432,862	5,606	2,123	43,366	3,35
11 - Stonava	0 - 25	42889,835	127,183	39,306	38,811	697,303	13,867	3,502	75,719	6,20
	25 - x	32368,277	50,546	29,954	25,648	722,393	15,223	2,969	49,994	4,88
12 - Bohumín Střečůň	0 - 20	16265,542	31,237	22,128	40,634	724,330	24,379	3,121	51,586	3,16
	30 - x	22071,375	34,988	23,689	21,121	529,814	7,855	1,490	32,003	4,95
13 - Mariánské Hory	0 - 30	35148,186	80,545	36,179	76,858	605,866	23,108	3,418	152,330	6,50
	45 - x	52024,355	65,785	46,572	1241,428	479,520	31,372	2,444	108,291	7,50

