

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra geoenvironmentálních věd



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Dopady antropogenního znečištění niklem na životní
prostředí**

Bakalant: KRISTÝNA CHLEBORÁDOVÁ

Vedoucí práce: Ing. ANNA FRANCOVÁ

© 2017 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Kristýna Chleborádová

Územní technická a správní služba

Název práce

Dopady antropogenního znečištění niklem na životní prostředí

Název anglicky

Impacts of anthropogenic pollution by nickel on the environment

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je zhodnotit dopady antropogenně vzniklého niklu na jednotlivé složky životního prostředí a identifikovat hlavní zdroje znečištění.

Metodika

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

Doporučený rozsah práce

30 stran

Klíčová slova

nikl, antropogenní znečištění

Doporučené zdroje informací

- BENCKO, V. – CIKRT, M. – LENER, J. *Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka*. Praha: Grada, 1995. ISBN 80-7169-150-.
- BENEŠ, S. – ČESKO. MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. *Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí. Část 1, Obsahy, akumulace a kritéria hodnocení prvků v zemědělských půdách*. Praha: Agrospoj, 1993. ISBN 80-7084-051-.
- BENEŠ, S. *Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí. II. část, Vstupy prvků do půd zvětráváním hornin, ... ve srovnání s výstupy erozní činností, podzemními vodami a sklizní zemědělských plodin*. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky v Agrospoji, 1994. ISBN 80-7084-090-0.
- 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
- HOATSON, Dean M., Subhash JAIRETH a A. Lynton JAQUES. Nickel sulfide deposits in Australia: Characteristics, resources, and potential. *Ore Geology Reviews*. 2006, 29(3-4): 177-241
- HRUŠKA, B., BAJER, A. *Geochemie Cr, Ni a Zn v Českých a slovenských hadcových horninách a jejich zvětralinách a půdách*. Mendlova univerzita v Brně. 2004
-

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 04. 04. 2017

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Dopady antropogenního znečištění niklem na životním prostředí" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce Ing. Anny Francové. Také prohlašuji, že jsem uvedla všechny použité odborné literatury a další informační zdroje, ze kterých jsem čerpala.

V Praze dne 10.4. 2017

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí práce, Ing. Anně Francové, za vedení této práce a výzkumu, za věcné rady a motivující přístup. Dále patří mé poděkování rodině, blízkým a všem v okolí, kdo mě během práce podporovali.

Dopady antropogenního znečištění niklem na životní prostředí

--

Impacts of anthropogenic pollution by nickel on the environment

Abstrakt

Tato práce řeší působení znečištění vyvolané prvkem niklem na životní prostředí a lidské zdraví. Teoretická část se zabývá shrnutím základních informací o niklu a metodách analýz izotopového složení pro určení stupně znečištění. V praktické části je cílem stanovit hlavní zdroje znečištění niklem na Ostravsku. Koncentrační analýza byla provedena na vybraných druzích bioindikátorů a bioakumulantů, v tomto případě lišejníků, mechu, sněhu a půdy, které byly nasbírány na podrobně vymezených 13 lokalitách. Na základě výsledků byly popsány dopady antropogenního znečištění na životní prostředí a zdraví člověka, čímž se zdůraznila propojenost mezi praktickou a teoretickou částí. Provedeným výzkumem byla zjištěna míra kontaminace na jednotlivých lokalitách. Výsledkem je stanovení nejvíce a nejméně kontaminovaných oblastí, kterými jsou Ostrava-Radvanice a Ostrava-Poruba. Hlavní podstatou je vymezení příčin daného znečištění na konkrétních lokalitách. Na základě zjištěných údajů byla doporučena opatření na snížení míry znečištění.

Klíčová slova: antropogenní znečištění, nikl, Ostravsko, bioindikace, bioakumulace, lidské zdraví

Abstract

This bachelor thesis deals with the effects of pollution caused by nickel to the environment and human health. The theoretical part summarizes the basic information about nickel and methods of analysis nickel trace amounts, which serve for determining of the pollution degree. The purpose of practical part of this work is to determine the main sources of nickel pollution in Ostrava. Concentration analysis was performed on selected types of biomarkers and bioaccumulators, in this case lichens, mosses, snow and soil, which were collected at 13 sites. Based on the results the impacts of anthropogenic pollution on the environment and human health were described, thereby the interconnectedness was emphasized between practical and theoretical parts. The rate of contamination at individual sites was carried out in my research. As the result the most and the least contaminated areas were determined, Ostrava-Radvanice and Ostrava-Poruba. The fundamental part of thesis is to determine main sources of pollution in specific locations. The measures to reduce pollution were recommended based on the findings.

Keywords: anthropogenic pollution, nickel, Ostrava, bioindication, bioaccumulation, human health

OBSAH

Přehled zkratk	10
1. Úvod	12
2. Cíle práce	13
Teoretická část	
3. Literární rešerše	14
3.1 Prvek nikl a jeho charakteristiky	14
3.1.1 Přirozený výskyt	14
3.1.2 Fyzikální vlastnosti	15
3.1.3 Chemické vlastnosti	16
3.1.4 Vlastnosti jádra	16
3.1.5 Použití	17
3.2 Výskyt niklu v životním prostředí	18
3.2.1 Přirozený výskyt	18
3.2.2 Antropogenní výskyt	19
3.2.2.1 Uvolňování Ni při jeho těžbě	19
3.2.2.2 Stopové množství Ni v uhelných dolech	20
3.2.2.3 Urbanizace a průmysl	20
3.2.2.4 Aplikace čistírenských kalů do půdy	20
3.2.2.5 Niklové emise z rafinérií ropy a plynu	21
3.3 Limity Ni, dopady na lidské zdraví a ŽP	22
3.3.1 Právní úprava a limity Ni	22
3.3.2 Dopady na lidské zdraví a jiné organismy v ŽP	24
3.4 Analýzy izotopového složení a izotopové frakcionace	25
3.4.1 Analýza izotopového složení metodou TIMS	25
3.4.2 Analýza izotopového složení metodou ICP-MS	26
3.4.3 Analytická metoda ICP-OES	26
3.4.4 Izotopová frakcionace niklu	27
3.4.5 Využití MS analýz pro identifikaci zdrojů znečištění	27
3.5 Bioindikace, bioakumulace	28
3.5.1 Bioindikace	28
3.5.2 Bioakumulace	29
Praktická část	
4. Metodika	30
4.1 Lokalizace míst a materiálu	30
4.1.1 Jednotlivá území	31
4.1.2 Zkoumaný materiál	34

4.2	Podrobný postup při výzkumu.....	35
4.2.1	Lišejník.....	35
4.2.2	Sníh.....	37
4.2.3	Mech.....	38
4.2.4	Půda.....	38
5.	Výsledky.....	39
5.1	Lišejníky.....	39
5.2	Sníh.....	40
5.3	Mechy.....	41
5.4	Půda.....	42
5.4.1	Kontaminace.....	42
5.4.2	pH.....	43
6.	Diskuze.....	45
6.1	Výsledky.....	45
6.1.1	Lišejník.....	45
6.1.2	Sníh.....	45
6.1.3	Mech.....	46
6.1.4	Půda.....	47
6.2	Srovnání s jinou lokalitou.....	48
7.	Závěr.....	50
8.	Přehled literatury a použitých zdrojů.....	52
9.	Seznam tabulek a obrázků.....	58
10.	Přílohy.....	59
11.	Datový nosič - CD/ DVD.....	61

PŘEHLED POUŽITÝCH ZKRATEK

AMK - aminokyseliny

As - arzen

Cd - kadmium

Cr- chrom

Cu - měď

ČEZ - České energetické závody

ČHMÚ - Český hydrometeorologický ústav

ČR - Česká republika

ENGIE - Energetické řešení zahrnující projektové a energetické poradenství

EU - Evropská Unie

H₂O - voda

HCl - kyselina chlorovodíková

HF - kyselina fluorovodíková

HNO₃ - kyselina dusičná

ICP-MS - Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry

ICP-OES - Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry

IRZ - integrovaný registr znečišťování

IRMS - Isotope Ratio Mass Spectrometry

KCl - chlorid draselný

MS - Mass Spectrometry

MŽP - Ministerstvo životního prostředí

NaOH - hydroxid sodný

Ni - nikl

NO_x - oxidy dusíku

OKD - Ostravsko- Karvinské doly

PAU - polyaromatické uhlovodíky

Pb - olovo

PFA - Perfluor Alkoxyalkan Copolymer

pH - potential of hydrogen

PM - pevné částice

Sb. - Sbírka

SO₂ - oxid siřičitý

TIMS - Thermal Ionization Mass Spectrometry

ZEBRA - Zero Emission Batterie Research Activity

Zn - zinek

ŽP - životní prostředí

1. ÚVOD

Antropogenní znečištění se v posledních desetiletích objevuje mnohem častěji a hlavně v různých formách. Člověk již dříve v minulosti ovlivňoval krajinu, ale až v posledních desetiletích se začaly projevovat názory na předcházení znečištění z důvodu již neúnosné situace. K jejich rozvoji výrazně přispívá snaha o trvale udržitelný rozvoj. Lidská společnost má štěstí, že existují jedinci, kteří se touto problematikou zabývají a snaží se ji řešit. Problémy tkví v nedostatečné informovanosti populace, ale zejména v nezájmu obyvatel. Sobeckost je jedna z nejhorších vlastností a z toho důvodu není dostatečně schopná ubrat ze své pohodlnosti a nastavených životních standardů.

Z hlediska znečišťování nejde o společnost jako jen o konkrétní jedince, ale také o ekonomické subjekty, tím myslím především různé průmyslové podniky. I když se státy snaží pomocí regulací snížit negativní dopad na životní prostředí včetně člověka, tak se to efektivně nedaří. Jako jeden z hlavních problémů vnímám růst průmyslových zón v okolí velkých měst. I v tomto případě má větší vliv ekonomická stránka a profit podniků než míra kontaminace a vliv na prostředí. Právě touto problematikou se zabývám ve své bakalářské práci.

Znečištění na Ostravsku je zapříčiněno velkým množstvím podniků, které sice ač zlepšují podmínky pro žití a posouvají technický i sociální rozvoj kupředu, tak naopak zpomalují a posouvají budoucí generace zpátky a to hlavně z hlediska možností optimálních podmínek pro krajinu a prostředí jako mají generace dnes nebo jaké měly dříve. O dodržení podmínek trvale udržitelného rozvoje se snaží stát a podniky i na Ostravsku. Z důvodu tamní rozsáhlé průmyslové „zóny“ se stát pomocí administrativních opatření snaží regulovat míru znečištění. Podniky se snaží minimálně zasahovat do prostředí, jednak z důvodu ekonomického - sankce za znečištění či snížené daně, tak i z důvodu ekologického - skutečně se chovat šetrně k lidem, ke krajině i k prostředí, ve kterém žijí a žijeme my všichni.

2. CÍLE PRÁCE

Bakalářská práce se zabývá vlivy antropogenně vzniklého niklu na jednotlivé složky životního prostředí a identifikaci hlavních zdrojů znečištění v České republice - konkrétně na Ostravsku. V rámci této práce byly stanoveny kromě již zmíněných hlavních cílů i následující dílčí cíle:

- Zpracování podrobné literární rešerše zaměřené na znečištění životního prostředí a možného poškození lidského zdraví zapříčinené působením niklu.
- Shrnutí obecných vlastností, výskytu, použití prvku niklu v ŽP a jeho možnou kontaminaci ŽP včetně všech právních úprav a stanovených limitů na úrovni ČR.
- Popsání jednotlivých metod a technologií TIMS, ICP-MS, ICP-OES a možné využívání izotopů pro identifikaci zdrojů znečištění.
- Provést odbornou analýzu koncentrace niklu v různých typech krajiny Ostravska, a zároveň zjistit možné příčiny znečištění tímto prvkem na základě mnou provedeného výzkumu.
- Zhodnotit zjištěné výsledky jednotlivých lokalit na základě čtyř druhů bioindikátorů a bioakumulantů.
- Doporučit možné opatření na snížení míry kontaminace a popsat dopady znečištění na ŽP a člověka na zkoumaných územích.

3. LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 PRVEK NIKL A JEHO CHARAKTERISTIKY

Nikl je bílý, místy až stříbrný kov s feromagnetickými, tažnými a kujnými vlastnostmi. Patří mezi dobré vodiče tepla a elektřiny. Je součástí různých slitin a slouží k povrchové ochraně jiných kovů před korozi. Vzhledem k jeho toxickým vlastnostem probíhá postupné snižování jeho praktického využití (IRZ.cz).

3.1.1 PŘIROZENÝ VÝSKYT

Nikl je v přírodě relativně hojně zastoupen. Je sedmým nejrozšířenějším prvkem na Zemi (Greenwod and Earnshaw, 1993). V zemské kůře se vyskytuje 0,016% niklu, a to ve vrstvě až o hloubce 10 mil. V pořadí hojnosti prvků v této kůře zaujímá čtyřicáté místo (Nicholls, 1973). Přirozeně se Ni vyskytuje v prostředí při vulkanické činnosti, při požárech a půdní erozi, ale také při odpařování mořské vody. Koncentrace v mořské vodě se pohybuje okolo 5,4 mg/l (Remi, 1961).

Existuje relativně málo známých ložisek niklu, které jsou schopné samostatně ekonomicky fungovat. Nikl má afinitu ke kyslíku a k síře (Remi, 1961). Niklové rudy se dělí do tří hlavních tříd, z nichž mají největší průmyslový význam právě tyto: sulfidické, oxidické a silikátové, arzenidové. Jedním z největších současných nalezišť niklu je Sudbury v Ontariu, odkud pochází ¼ celé světové produkce. Naleziště bylo objeveno v roce 1883 při výstavbě trati pro Kanadskou pacifickou železnici (Greenwod and Earnshaw, 1993). Předpokládá se, že původcem těchto rud je meteoritický zásah. Zde je hlavní nikl obsahující rudou *pentlandit* (*sulfid nikelnatý - železitý*), která mimo jiné obsahuje sulfidy železa, měďnaté minerály (chalkopyrit) a minerály platiny. Podobné naleziště jsou v Jižní Africe, Rusku a Minnesotě, kde se nachází převážně dva typy rud- silikátové a oxidické. Ačkoliv oxidické rudy obsahují největší podíl z celkového obsahu niklu ve světě (Filipíny, Řecko, Nová Guinea, Indonésie), tak spotřeba niklu z těchto rud tvoří jen jednu třetinu z celkového počtu. Arzenidové rudy a jejich naleziště (Španělsko, Kanada, Německo) obsahují nejmenší množství niklu (Nicholls, 1973).

3.1.2 FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI

Nikl je stříbrně bílý kov, který se dá velice dobře leštit. Ve své čisté formě (99,5%) má široké uplatnění v průmyslovém zpracování, lze ho kovat, obrábět, svářet, vytahovat dráty a válcovat na plechy. Nikl je tažný, středně silný a vysoce odolný proti korozi v různých typech prostředí (Nicholls, 1973). Svou sílu udrží i při vysokých teplotách a svou pevnost i pod bodem mrazu. Roztavený nikl má mechanické vlastnosti měkké oceli, ale na rozdíl od oceli je odolný proti korozi. To spolu se skutečností, že je netoxický vede k jeho využití při výrobě zařízení pro manipulaci s potravinami a při farmaceutickém zpracování (Remi, 1961).

Tabulka 1: Fyzikální vlastnosti niklu. Zdroj: Nicholls, 1973

Atomové číslo	28
Elektronová konfigurace	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8 4s^2$
Atomová hmotnost	58,71
Teplota tání (°C)	1453
ΔH (cal g ⁻¹)	73,8
Teplota varu (°C)	2732
ΔH vypařování (cal g ⁻¹)	1487
Tenze par (mm Hg):	
1000°C	$1,2 \times 10^{-6}$
T.t.	$9,4 \times 10^{-3}$
2000 °C	213
Hustota (g cm ⁻³):	
20°C	8,908
Kapalná	7,9
Elektrický odpor (microhm-cm) 20°C	6,844
Tepelná vodivost (cal cm ⁻¹ °C ⁻¹ sec ⁻¹), 100°C	0,198
Měrná tepelná kapacita (cal g ⁻¹) 200°C	0,1225
Ionizační potenciál (Ev):	
První	7,633
Druhý	18,15
Třetí	35,16
Specifické teplo:	
25°C	0,1061
100°K	0,232

3.1.3 CHEMICKÉ VLASTNOSTI

Nikl není v kompaktním stavu nijak zvlášť reaktivní. Za normální teploty je vůči působení vody a vzduchu poměrně odolný a stálý. Při zahřívání na vzduchu nabíhá a pokrývá se vrstvou oxidu (Greenwod and Earnshaw, 1993). Ve zředěných minerálních kyselinách se nikl rozpouští, ale daleko hůře než železo. (Remi, 1961). V jemně rozptýleném stavu je nikl pyroforický. Za vyšší teploty dochází ke sloučení niklu s jinými prvky. Zahřátý do červeného žáru podléhá oxidaci vodní parou. Při zahřívání v čistém kyslíku shoří nikl za jiskření. Vyniká odolností vůči alkalickým hydroxidům a pro tuto vlastnost je využíván jako materiál, z něhož se zhotovuje zařízení na výrobu NaOH. Nikl má schopnost pohlcovat velké množství vodíku, proto se používá jako katalyzátor při hydrogenacích (Greenwod and Earnshaw, 1993).

3.1.4 VLASTNOSTI JÁDRA

Nikl se přirozeně vyskytuje jako směs 5 stabilních izotopů s různými počty neutronů. Bylo použito mnoho metod při vytvoření uměle radioaktivních izotopů. V tabulce 1 je uvedeno jejich procentuální zastoupení a jejich atomová hmotnost (Nicholls, 1973). Průměrná atomová hmotnost niklu je 58,6934. Uměle bylo připraveno dalších 18 radioaktivních izotopů niklu s nukleonovými čísly 52-76 (Davis, 2000).

Tabulka 2: Izotopy niklu. Zdroj: Nicholls, 1973

Izotopy	% výskyt v přírodě	Atomová hmotnost	Poločas rozpadu	Režim úpadku	Příprava (příklady)
⁵⁶ Ni			6,4 d	EC	⁵⁴ Fe (α 2n)
⁵⁷ Ni			36 h	EC, β^+	⁵⁸ Ni (γ , n)
⁵⁸ Ni	67,88	57,9353			
⁵⁹ Ni			8×10^4 y	EC	⁵⁸ Ni (n, γ)
⁶⁰ Ni	26,23	59,9332			
⁶¹ Ni	1,19	60,931			
⁶² Ni	3,66	61,9283			
⁶³ Ni			92 y	β^-	⁶³ Cu (n, p)
⁶⁴ Ni	1,08	63,928			
⁶⁵ Ni			2,56 h	β^-	⁶⁴ Ni (n, γ)
⁶⁶ Ni			55 h	β^-	⁶⁸ Zn (p, 3p)
⁶⁷ Ni			50 s		⁷⁰ Zn (n, α)

3.1.5 POUŽITÍ

Až 63% světové produkce niklu je spotřebováno na výrobu nerezové oceli (viz tabulka 3). Nikl je nejčastěji používán v kombinaci s prvky jako je železo, měď, chróm, hliník a zinek. Dobíjecí nikl-kadmiové a nikl-kovové (různé příměsy kovů) hydridové baterie se používají v ručních elektrických nářadích, mobilních telefonech, počítačích a v dalších podobných přístrojích (Davis, 2000). Pro zdroje s vyšší elektrickou kapacitou se častěji používají galvanické elektrické články s vyšším obsahem niklu a kadmia. Ale vzhledem k prokázaným toxickým vlastnostem kadmia se výroba těchto galvanických článků postupně omezuje (IRZ.cz). Niklové akumulátory, včetně nedávno vyvinuté sodíkové baterie ZEBRA, jsou také používány v elektrických vozidlech a elektrických koloběžkách (Davis, 2000). Dalším důležitým použitím je niklování přístrojů, které se provádí z důvodu velmi dobré stálosti niklu vůči atmosférickým vlivům. Podstata spočívá v nanášení velmi tenké niklové vrstvy na povrchy, které mají menší odolnost. Také se používá při legování ocelí a barvení skla na zeleno. Nikl je mimo jiné vysoce funkčním hydrogenním katalyzátorem. V potravinářském průmyslu slouží k výrobě ztužených tuků z rostlinných olejů. (Davis, 2000).

Velké množství niklu se vyčerpá na zhotovení slitin, kterých je přes tři tisíce různých druhů. Monelův kov o procentuálním složení 68% Ni ku 32% Cu s minimálním množstvím obsahu manganu a železa se používá pro zhotovení jak lodních šroubů, tak i kuchyňského vybavení. Slitina s názvem Alnico se používá pro výrobu silných permanentních magnetů. Významné místo zaujímají slitiny niklu ve výrobě šperků, např. bílé zlato, což je slitina zlata, niklu, mědi a zinku. Elektrické kontakty se vyrábí ze zvláštní slitiny niklu a stříbra. Stříbro kontaktům dodává vynikající elektrickou vodivost a nikl výhodné mechanické vlastnosti, kterými jsou tvrdost a odolnost (IRZ.cz).

Tabulka 3: Použití niklu. Zdroj: Davis, 2000

Použití	Spotřeba niklu, %
Nerezová ocel	62,7
Nikl na bázi slitin	1,9
Pokovování	9,7
Legované oceli	9
Slévárenské výrobky	3,5
Měď na bázi slitin	1,4
Jiné	1,8

3.2 VÝSKYT NIKLU V ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ

3.2.1 PŘIROZENÝ VÝSKYT

Nikl se vyskytuje v životním prostředí přirozeně a hojně. Nalézá se v půdě, vodě, ovzduší, potravinách i odpadech. Do prostředí se nikl dostává různými způsoby. Značné množství niklu se uvolňuje při sopečných erupcích. Na mořských dnech se nacházejí velké rezervy niklu (Remi, 1961). V prostředí se nikl nachází v kombinaci s různými prvky, převážně arsenem, antimonem a sírou. Čistý nikl se také nachází v kombinaci s železem i v meteoritech. Hlavními složkami zemského jádra jsou z velké části nikl a železo (viz kap. 3.1.1). Pro získávání niklu se používají různé druhy rud (viz kap. 3.1.1), (Nicholls, 1973).

V povrchových vodách se Ni může vyskytovat i přirozeně, a to díky zvětrávání horninového podloží při kterém se začnou rozpouštět minerály ze dna a začne se uvolňovat nikl. Dále může být Ni v minimálním množství obsažen v dešťové vodě. Nikl ve vodě podléhá mnohým fyzikálním a chemickým procesům, které ovlivňuje jeho další setrvávání v životním prostředí. Velké množství niklu nacházíme v půdě a sedimentech, protože za běžných podmínek se velmi dobře spojuje s částicemi železa a hořčíku (Davis, 2000).

Stopové množství niklu se vyskytuje v mnoha potravinách. Jeho výskyt v nich se těžce prokazuje, což způsobuje obtížnost eliminace alergenů. Některé potraviny s vysokým obsahem niklu: konzervy a kysané potraviny, chřest, ústřice, sledi, boby, houby, cibule, kukuřice, rajčata, špenát můžou vyvolávat ekzémy, proto jsou zakázány být konzumovány lidmi trpící niklovou dermatitidou. Dále se nikl přirozeně vyskytuje v potravinách jako je hlávkový salát, zelí, mrkev, okurka, bílá mouka, rýže, káva, pivo a víno. V těchto potravinách je stopové množství niklu již menší, proto jsou tyto potraviny u alergiků na nikl povoleny, ale ve velmi malých dávkách (Heinrich, 2015). Podle svého výskytu v lidském organismu je Ni řazen mezi stopové prvky. Hraje důležitou roli v krvetvorbě a aktivuje enzymy pro vznik AMK. Také se účastní zpracování železa, mědi a zinku v játrech (Nielsen, 2013).

3.2.2 ANTROPOGENNÍ VÝSKYT

Antropogenní zvýšení množství niklu v prostředí je způsobeno zejména při spalování uhlí a jiných fosilních paliv. Do ovzduší se nikl dostává při procesu jeho získávání. Dále pak při zpracování niklových rud a ocelářského průmyslu. Uvolňuje se i při galvanických procesech nebo při spalování komunálního odpadu (Greenwood and Earnshaw, 1993). Také se nikl dostává do ovduší pomocí dopravy, při které dochází ke spalování pohonných hmot. V ovzduší jsou jemné částice niklu a různých jeho sloučenin, obsažené v prachu a přenášeny vzdušným prouděním. Suchou a mokrou depozicí se element Ni a jeho sloučeniny rozšiřují do všech složek životního prostředí (Davis, 2000).

Nikl obsažený v půdě se může dostat postupným vymýváním do podzemních vod. Systémem podzemních vod se nikl dostává do stojatých, ale i tekoucích vod a tím se dostává blíže k člověku. Antropogenním zdrojem jsou převážně odpadní vody z povrchové úpravy kovů a odpadní vody vyprodukované z barevné metalurgie. Dalším zdrojem niklu jsou poniklované části zařízení, které přijdou do styku s vodou. Zvýšení koncentrace niklu v půdě je čím dál tím častěji způsobeno aplikací čistírenských kalů. Významný podíl z antropogenně způsobeného výskytu zaujímají spalovací procesy a rafinérie ropy a plynu (IRZ.cz).

3.2.2.1 UVOLŇOVÁNÍ Ni PŘI JEHO TĚŽBĚ

Při povrchové důlní činnosti jsou za jedny z nejhlavnějších znečišťovatelů považovány pevné částice - PM. Tento polétavý prach má silně nepříznivé dopady na lidské zdraví. Mohou omezit funkci dýchacích cest, snížit kapacitu plic, dále zapříčiňují zvýšení možností propuknutí kardiovaskulárních chorob, rakoviny a objevení neurotoxických následků. Obsah a množství emisí z PM se určuje podle jednotlivých parametrů. Za nejvíce účinné parametry se považuje obsah vlhkosti PM, obsah bahna důlní činnosti a oblasti exponovaného povrchu těžby. Zatím nejsou jednoznačné limity emisí pro pohyb jemných částic uvnitř dolu, kde se pohybují horníci. Neustále se vyvíjí nové metody pro zlepšení kvality a posuzování pohybu PM nejen v dole, což má vliv na zdraví horníků, ale i na zdraví obyvatel poblíž těžebních lokalit a jakost místního ovzduší (Aditya et al., 2016).

3.2.2.2 STOPOVÉ MNOŽSTVÍ Ni V UHELNÝCH DOLECH

V globálním zásobování energií tvoří uhlí velice důležitou roli. Uhlí je obohaceno mimo jiné prvky i stopovým množstvím niklu spolu s jeho doprovodnými minerály. Ty mohou v různých formách migrovat do půdy, podzemních vod, ovzduších a jiných složek ŽP. Prostřednictvím fyzické aktivity, kterou může být například hydrotermální činnost nebo díky lidské aktivitě za kterou můžeme považovat zplynování uhlí, je negativně ovlivňováno lidské zdraví (Jia et al., 2015).

3.2.2.3 URBANIZACE A PRŮMYSL

V důsledku rychlé urbanizace a průmyslového rozvoje se v posledních deseti letech zhoršila kvalita půdy, ovzduší a v tomto případě hlavně vody. U některých povodí jsou prováděny drastické změny ve využívání půdy a manipulaci s půdou. Míra znečištění vzduchu se určí analýzou polévatého prachu a respiračně polévatého prachu. U vzorků vody je určeno pH, kationty, anionty a obsah těžkých kovů pomocí hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem. Výsledné údaje jsou porovnány s limity nastavenými národními a mezinárodními normami. Hlavním cílem je určení hydro-chemických procesů. Podrobné výsledky dokazují, že jsou překročeny nastavené limity (Purushotham et al., 2013).

Nikl spolu s jinými těžkými kovy vstupuje do vodních těles přirozeným procesem. Děje se tomu tak hlavně při rozpadu hornin a zemin, biologických cyklech, zejména z průmyslových procesů a z likvidací odpadů z Ni-Cd akumulátorů, elektronických výrobků a katalyzátorů při hydrogenaci, které zvyšují expozici tohoto prvku (Naeemullah, et al., 2016). Jeho nadměrná expozice může u lidí vyvolávat kardiovaskulární, ledvinové a plicní onemocnění (Carletto et al., 2009).

3.2.2.4 APLIKACE ČISTÍRENSKÝCH KALŮ DO PŮDY

Čistírenský kal se vytváří při čištění odpadních vod v čistírně odpadních vod. Zjednodušeně můžeme říct, že se kal skládá ze zahuštěných nečistot ve vodě. Z tohoto důvodu obsahuje mnoho nebezpečných látek pro životní prostředí. Jedním ze způsobů nakládání s čistírenským kalem je jeho recyklace - opětovné využití jako

hnojivo. Organické hnojivo se vyrábí kompostováním 62% městských odpadů, 21% čistírenských kalů a 17% objemových pilin. Zlepšuje fyzikální vlastnosti půdy- hydraulickou vodivost, retenční vodní kapacitu i pórovitost půdy a další (Aggelides and Londra, 2000).

Čistírenské kaly obsahují vysoké množství kovů. Dopad kovů na růst vybraných rostlin je značný. Účinky kovů na mikrobiální aktivitu půdy a úrodnost půdy v dlouhodobém horizontu jsou také zcela prokázány. Existuje méně dostupných informací o nepříznivých dlouhodobých účincích kovů na půdní mikroorganismy. Mikrobiální aktivita, populace sinic a celkové mikrobiální biomasy jsou nepříznivě ovlivněny koncentrací kovů. Vyšší pH, zvýšený obsah jílu a oxidů v půdě snižuje toxicitu právě prvku niklu (McGrath et al., 1995).

3.2.2.5 NIKLOVÉ EMISE Z RAFINERÍÍ ROPY A PLYNU

Speciace niklových emisí se tvoří čím dál tím častěji hlavně z mazu užitkových kotlů. Je nutné podrobovat emise kontrolám z důvodu častého výskytu malých vdechovatelných částic, které jsou zdraví škodlivé. Obsah síry ve sloučeninách paliva neovlivňuje niklovou speciaci (Wong, 1998). Při ropné rafinaci má nikl pozitivní i negativní roli. Různé koncentrace niklu jsou vázány v rozpustné olejové části ropy. Tyto surové oleje, které se používají jako součást pohonných paliv způsobují problémy. Nikl způsobuje silnou deaktivaci většiny heterogenních katalyzátorů. Dále mimo jiné způsobuje nežádoucí vedlejší reakce například karbonizaci. Jakýkoliv materiál, ve kterém může být nikl izolován, je niklem znehodnocován, jako například koks. Naopak může pozitivně působit při ropném průzkumu, rafinaci, odstraňování dusíku při zušlechťování a v neposlední řadě při hydrogenaci a s ní související tvorbě petrochemických produktů. Z důvodu použití niklu jako zdroje pro identifikaci neregulovatelného úniku ropy se zvyšují obavy z jeho negativního vlivu na životní prostředí (Reynolds, 2001).

3.3 LIMITY Ni, DOPADY NA LIDSKÉ ZDRAVÍ A ŽP

Emisní limity prvku niklu jsou stanoveny pro ČR podle právní legislativy České republiky vyplývající z platných zákonů, předpisů a vyhlášek. Existují ohlašovací meze pro emise a transporty niklu a dalších jeho sloučenin. Mezi ty nejdůležitější patří:

- Vypouštění do ovzduší: 50 kg/ rok
- Vypouštění do vody: 20 kg/ rok
- Transporty: 500 kg/ rok

(Kleger and Válek, 2016)

3.3.1 PRÁVNÍ ÚPRAVA A LIMITY Ni

Nařízení vlády 350/2002 Sb. (nařízení 597/2006 Sb.), kterým se vymezují imisní limity a podmínky, je určeno podle § 55 odst. 1 zákona č. 86/2002 Sb, který obsahuje v příloze 1 a v části C stanovuje cílové imisní limity vybraných znečišťujících látek vyhlášené pro ochranu zdraví lidí. Pro prvek nikl je hodnota cílového imisního limitu 20 ng/m^3 . Mez tolerance Ni je 16 ng/m^3 (80%) k roku 2002. Mez tolerance je každý rok snižována tak, aby co nejdříve dosahovala nulových hodnot, k roku 2009 2 ng/m^3 . Horní i dolní mez pro posuzování je určena dle ročního průměru z imisního limitu. (Nařízení vlády 350/2002 Sb., nařízení vlády č. 597/2006 Sb. -Sbírka zákonů).

Nařízení vlády 23/2011 Sb. kterým se nahrazuje nařízení 61/2003 Sb., pojednávající o indikátorech a důležitostech povoleného kontaminování povrchových vod a odpadních vod ve znění nařízení vlády 229/2007 Sb. stanovuje limity týkající se množství niklu obsaženého při výrobě různých surovin a obsahu v jednotlivých složkách prostředí (Nařízení vlády 23/2011 Sb. - Sbírka zákonů).

Přípustné hodnoty jsou uvedeny pro jednotlivé průmyslové ukazatele, ve kterých se nikl vyskytuje. Při výrobě textilií je přípustná hodnota 3 mg/l. U výroby a hutního zpracování drahých a neželezných kovů jsou přípustné hodnoty 0,5 mg/l. Další přípustná hodnota pro úpravu odpadů k dalšímu využití a pro spalování odpadů je 0,5 mg/l (Nařízení vlády 23/2011 Sb. - Sbírka zákonů).

Za jeden z ukazatelů vyjadřující stav vody ve vodním toku je považován obsah niklu v povrchové vodě. Liminující norma environmentální kvality celoročního průměru je 20 µg/l (Nařízení vlády 23/2011 Sb. - Sběrka zákonů).

Existují i normy environmentální kvality pro hodnocení chemického stavu útvarů povrchových vod- pevné matrice, kde je maximální přípustné množství 3000 µg/kg niklu. Celoroční průměrná hodnota pro sušinu vyjadřuje normu environmentální kvality, týká se zrnitostní frakce pod 2 mm pro stanovení organických látek a pod 20 µm pro stanovení kovů (Nařízení vlády 23/2011 Sb. - Sběrka zákonů).

Příloha 6 obsahuje seznam prioritních látek a prioritních nebezpečných látek. Nikl a jeho sloučeniny nejsou identifikovány jako prioritní nebezpečné látky (Nařízení vlády 23/2011 Sb. - Sběrka zákonů).

Vyhláška Ministerstva životního prostředí 356/2002 Sb. ustanovuje soupis znečišťujících látek, všeobecné emisní limity a další důležité informace.

Příloha č. 1 obsahuje seznam znečišťujících látek a jejich stanovených skupin a jejich obecné emisní limity. V tomto seznamu se nachází i nikl, ale pro tento prvek nejsou stanovené obecné emisní limity. Dále se nikl nachází ve skupině kovů zahrnující i arsen, kobalt, selen, telur a šestimocný chrom. Pro tuto skupinu je obecný emisní limit stanoven a má určité podmínky uplatnění. Při hmotnostním toku emisí všech těchto znečišťujících látek vyšším než 10 g/h nesmí být překročena úhrnná hmotnostní koncentrace 5 mg/m³ těchto znečišťujících látek v odpadním plynu. Také se nachází ve skupině kovů pro výrobu skla spolu s kadmíem, selenem, chromem, arsenem a kobaltem. Skupina kovů zahrnující antimon, arsen, olovo, chrom, kobalt, měď, mangan, vanad a nikl se používá ke spalování odpadů. Při spalování komunálního odpadu se uvolňují kovy arsen a nikl. Arsen, nikl, chrom a kobalt tvoří skupinu kovů tvořících se při spalování nemocničního odpadu. Tyto poslední čtyři skupiny nemají stanoveny obecné emisní limity (Vyhláška MŽP 356/2002 Sb. – Sběrka zákonů).

3.3.2 DOPADY NA LIDSKÉ ZDRAVÍ A JINÉ ORGANISMY V ŽP

Prvek nikl patří mezi stopové prvky z důvodu svého výskytu v lidském organismu, kde plní několik velice významných funkcí. Jedna z nejdůležitějších se týká krvetvorby. Dále aktivuje enzymy sloužící pro vznik AMK. Také tvoří část enzymu, který štěpí močovinu na amoniak a oxid uhličitý. Rovněž se podílí na zpracování železa, mědi a zinku v játrech. Díky niklu jsou naše svaly pevné. Při nedostatku niklu může kůže ochabnout a ztratit pigment. Jeho doporučená denní dávka, která by se měla dostat do těla v potravinách (viz výše), je 0,1-0,7 mg. Nadbytek niklu v organismu může způsobit negativní vedlejší účinky. Můžou se objevit průjmy, kožní onemocnění a bolesti břicha (Arndt, 2010).

Nikl může při velkých dávkách působit teratogenně. S takovým množstvím niklu, aby hrozilo podpoření vzniku rakoviny, přichází do styku jen pracovníci pohybující se v metalurgickém průmyslu. Záleží na délce trvání jeho expozice. Do těla se může dostat v podobě prachu - vdechnutím. Niklový prach způsobuje podráždění nosu, očí a krku. Právě jeho déle trvající vdechování může směřovat k rozvinutí akutní chronické bronchitidy, poklesu funkce plic a později až k propuknutí rakoviny (Poonkothai and Shyamala, 2012). Karcinogenitu niklu a jeho sloučenin nelze jednoznačně prokázat, ale nerozpustný prach s obsahem oxidů niklu, rozpustné aerosoly niklových sulfátů, nitrátů a chloridů patří mezi potenciální karcinogeny. Velice ohroženou částí populace jsou kuřáci, protože cigaretový kouř obsahuje toxický tetrakarbonyl niklu, který je vysoce škodlivý (IRZ.cz).

Mnohem častější je alergie na nikl, která se projevuje až vznikem ekzému. Alergie se objevuje při trvalém kontaktu kůže s niklovými výrobky, nejčastěji šperky, pásky a mincemi. V místě kontaktu s kovem se objevuje niklová dermatitida-vyrážka (Arndt, 2010). Tato nemoc se nazývá niklový svrab. V dnešní společnosti 6-10% obyvatelstva trpí alergií na nikl (IRZ.cz).

Nikl má vliv nejen na člověka, ale i na jiné organismy v ekosystému. Určité množství tohoto kovu je nutné pro obvyklý růst a rozmnožování některých živých organismů. Nikl a jeho sloučeniny vykazují značnou chronickou i akutní toxicitu pro vodní organismy. Rozsah toxicity tohoto prvku závisí na tvrdosti vody, ve které se organismy nachází. Nikl daleko více kontaminuje vodu měkkí než tvrdší, tedy čím je voda měkkí, tím větší je riziko kontaminace (Poonkothai and Shyamala, 2012). Právě

díky jeho negativnímu působení na vodní organismy je přípustná koncentrace v tocích stanovena daleko přísněji než v pitné vodě (IRZ.cz).

Tento kov nemá tendenci se akumulovat v živých organismech. Na rozdíl od toho, že není možné, aby se akumululoval v živých organismech, je možné, aby se akumuloval v rostlinách. Rostliny ho přijímají převážně kořeny. Snížením pH se zvyšuje mobilita niklu, a tím se i zvyšuje příjem rostlinami a poté jeho akumulace (IRZ.cz).

3.4 ANALÝZY IZOTOPOVÉHO SLOŽENÍ A IZOTOPOVÉ FRAKCIONACE

Biomonitoring se stal standardem pro hodnocení jednotlivých typů prostředí na základě obsahu prvků ve zkoumaných organismech. Díky němu mohou být posuzovány i ekologické problémy v oblasti veřejného zdraví (Nunes et al., 2010).

Metody analýzy stabilních izotopů sledují následující cíle:

1. Přesné určování hmotnosti vybraného izotopu a stanovení jeho absolutní činnosti
2. Určování izotopického složení daného vzorku a jeho relativních změn četnosti
3. Vyšetření zastoupení vybraného izotopu v daném místě molukuly (Cabicar, 1983).

3.4.1 ANALÝZA IZOTOPOVÉHO SLOŽENÍ METODOU TIMS

Izotopová geochemie užívá dvou technik hmotnostní spektrometrie: IRMS sloužící pro určení izotopového složení lehkých prvků a metody TIMS pro vymezení izotopového složení těžkých prvků. Nikl patří mezi těžké prvky, proto bude dále popisována metoda TIMS (geology/soiltrec.cz, 2016).

Vzorky těžkých prvků jsou analyzovány v pevném skupenství. Analýza je založena na přibývání radiogenního izotopu rozpadem mateřského izotopu (geology/soiltrec.cz, 2016). Tato metoda využívá tepelný ionizační efekt, při kterém je způsobena ionizace atomů vzorku. Vzniklé ionty jsou paprskem elektrostatické

čočky rozděleny na základě poměru hmotnosti nebo velikosti náboje iontů na jednotlivé paprsky v magnetickém poli (Heumann et al., 1995).

3.4.2 ANALÝZA IZOTOPOVÉHO SLOŽENÍ METODOU ICP-MS

Metoda ICP-MS neboli hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem je ultrastopová analytická metoda, která slouží ke stanovení obsahu stopových množství prvků ve zkoumaném vzorku. Hlavní rozdíl mezi metodami spočívá v postupu napouštění vzorků do přístroje a ve způsobu ionizace. Velkou výhodou této metody je vysoká účinnost ionizace a to, že frakcionace způsobená vevnitř zařízení nekolísá v průběhu měření a lze ji eliminovat střídáním vzorku (geology/soiltrec.cz, 2016).

Do přístroje ICP-MS je vzorek napouštěn zpravidla v plynné podobě, při aplikaci laserové ablace je dodáván vzorek v pevném skupenství. Zkoumaný vzorek je nejdříve odpařen, dále atomizován a na konec ionizován v argonovém plazmatu o teplotě 8000 K (geology/soiltrec.cz, 2016). Ostřelováním vzorku elektrony z argonového plazmatu vznikají ionty. Na kaskádové rozhraní je přiveden ionizovaný vzorek, který zde opakovaně prochází malým otvorem ve vrcholku kuželu a z atmosférického tlaku přechází do vysokého vakua (Ammann, 2007).

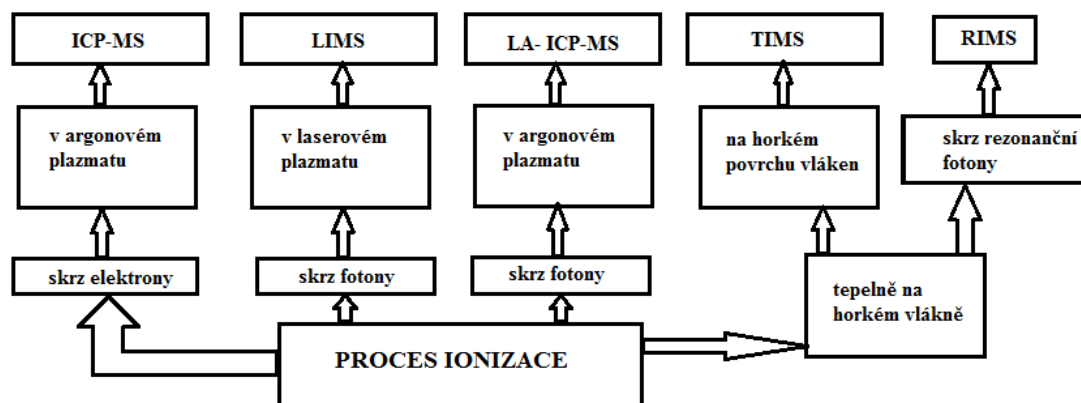
3.4.3 ANALYTICKÁ METODA ICP-OES

Emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES) je analytická metoda, která slouží ke stanovení obsahu stopových množství a koncentrací jednotlivých prvků v daném vzorku. Velkou nevýhodou je zanesení trysek malými částicemi z nadměru koncentrovaných roztoků daných vzorků (Olesik, 1991).

Vzorek musí být ve formě roztoku, který je v první fázi zmlžen. Vytvořená mlha je dále vedena proudem argonu do hořáku, v něm se za pomoci střídavého magnetického pole udržuje plazma o určité teplotě. Energie plazmatu zapříčiňuje excitaci elektronů atomů do vyšších energetických hladin. Kvůli nestabilitě excitovaného stavu atomu se vrací elektrony zpět na původní hladinu a zároveň emitují světlo o definované vlnové délce, která se stanovila rozdílem obou hladin.

Poté je vzniklé světlo vedeno na monochromátor, kde se rozdělí podle vlnových délek a dopadá na detektor, který změní intenzitu záření na elektrický signál. Intenzita signálu odpovídá množství prvku obsaženého ve zkoumaném roztoku (Olesik, 1991).

Obrázek 1: Klasifikace analytických metod hmotnostních spektrometrií. Zdroj: Becker and Dietze, 1998, upraveno autorem



3.4.4 IZOTOPOVÁ FRAKCIONACE NIKLU

Frakcionace se projevuje přeměnou poměrů stabilních izotopů v životním prostředí. Rozdílná chemická reaktivita a fyzikální vlastnosti všech izotopů udávají typ frakcionace. Míra odlišnosti frakcionace podléhá rozdílu hmot izotopů. Se stoupajícím atomovým číslem se zmenšuje stupeň frakcionace (Yang and Liu, 2016). (Zhang et al., 2016).

Konkrétně co se týče frakcionace prvku niklu, je důležitý jeho zdroj v oceánech, protože mořská voda obsahuje těžší izotopy než voda říční. Významnou roli při vzniku právě těchto těžkých izotopů hraje zvětrávání kontinentálních hornin. Těžší izotopy Ni zůstávají daleko raději v rozpuštěné fázi (Estrade et al., 2015).

3.4.5 VYUŽITÍ MS ANALÝZ PRO IDENTIFIKACI ZDROJŮ ZNEČIŠTĚNÍ

V různých oblastech monitorování životního prostředí je potřebná analýza TIMS (Jakopič et al., 2010). Zkoumá se množství izotopů kolem jaderných zařízení v rámci protokolů havarijní připravenosti jednotlivých subjektů. Hodnotí se

kontaminované oblasti zkoušek jaderných zbraní, nukleárních nehod a místa vypouštění jaderných odpadů (Qiao et al., 2009).

Pomocí metody ICP-MS se hodnotí kvalita životního prostředí popřípadě vliv lidské činnosti na jeho stav. Nejčastějším analyzovaným materiálem jsou rostliny, houby, mechy a lišejníky, které mají schopnost velice dobře absorbovat těžké kovy z okolního prostředí. Technika ICP-MS díky její vysoké citlivosti dokáže analyzovat i velmi malé vzorky, a proto je možné sledovat postupné změny v tkáni jedince během několika vývojových etap života. Tato metoda kontroluje obsah stanovených množství toxických prvků v potravinách a pitné vodě. V chemickém průmyslu slouží ICP-MS při kontrole kvality produktů, u kterých je nutné zaručit maximálně přípustné obsahy znečišťujících prvků v řádech setin až tisíc procenta (Ammann, 2007).

Při kontrole životního prostředí nachází uplatnění především metoda ICP-OES, a to hlavně v monitorování velkých skládek odpadu nebo hodnocení odpadu. Jedná se o posouzení metody pro zpracování určitého typu odpadu nebo posouzení stupně jeho toxicity před uložením na skládku. Dále se dá touto metodou identifikovat složení biologické matrice rozkladem vzorků (Becker and Dietze, 1998).

3.5 BIOINDIKACE, BIOAKUMULACE

3.5.1 BIOMONITORING

Biomonitoring slouží v určení koncentrací stopového množství různých složek v životním prostředí. Mezi dominantní druhy patří zejména mechy, lišejníky a některé druhy rostlin (Wolterbeek, 2002). Na pohled za nejzřejmější biomonitoring je považován pokles vitality lesních porostů vlivem atmosféry, s tím souvisí i určení podle stavu jehličí. Už na první pohled můžeme zhodnotit stav lesních porostů podle vzhledu jeho jehlic. Biomonitoring lze obecně popsat jako použití biologických organismů, které získávají informace o určitých vlastnostech biosféry. Informace o stavu prostředí jsou odvozeny od změny chování organismu při monitoringu. Velké výhody jsou ve snadnosti odběru vzorků a v nepotřebnosti technického vybavení. Míra znečištění se určí podle vlivu reakce na dávku a dobu expozice. Hlavní zásadou

je dávka a na ní reagující odpověď. Odpověď je závislá na míře vzdálenosti od působení polutantů (Wolterbeek, 2002).

Mechy a lišejníky mají dobré bioindikační vlastnosti a hlavně z důvodu absence kořenů se dobře určuje antropogenní vliv. Minerální látky nejsou dodávány ze substrátu, ale vlivem přímé antropogenní činnosti. Platí pravidlo, že čím je lišejník starší, tím více obsahuje kovů. Mechové koberce dokáží absorbovat nejvyšší koncentraci atmosférické depozice mezi 3-5 rokem jejich celkového stáří. Po biomonitoringu jsou nutné další metody zkoumání a to například: zjištění dynamiky kovu akumulace a možnost uvolňovacích procesů. Díky mechům a lišejníkům se dokáže stanovit nejen množství stopových prvků, ale i atmosférické depozice, kyselost a depozice radionuklidů (Wolterbeek, 2002).

V mém výzkumu byla použita metoda na analýzu koncentrací prvků pomocí biomonitoringu lišejníků a mechů.

3.5.2 BIOAKUMULACE

Bioakumulace je ukládání, a tím způsobená zvyšující se koncentrace, ve většině případech chemických látek v organismech. Právě organismy, ve kterých se akumulují tyto látky, se považují za bioindikátory ŽP. Nejvíce dokáže akumulovat sněž a půda. Podle obsahu látek ve sněhu lze určit pH, vodivost, koncentrace PAU a celkové množství nerozpuštěných látek. Vše je v závislosti na intenzitě dopravy a na vzdálenosti odebraného sněhu od silnice. Znečištění z dopravy předčí mnohé antropogenní zdroje (jako je výroba elektrické energie a průmysl). Znečištěný sníh vytváří riziko nejen pro místní životní prostředí, ale také pro povrchové a podzemní vody. V půdě jsou obsaženy látky jak vytvořené při lidské činnosti, tak z dopravy, ale i látky působící vlivem horninového podloží a podzemních vod (Kuoppamaki et al., 2016).

V mém výzkumu byly použity pro zkoumání z hlediska bioakumulace sněž a půda.

4. METODIKA

Druhou částí bakalářské práce je část praktická - experimentální, jejíž součástí je výzkum, který proběhl v laboratořích České zemědělské univerzity na Fakultě životního prostředí během let 2016-2017. Vzorky byly sbírány v okolí Ostravska, což je mnou zvolená oblast z důvodu tamní vyšší koncentrace znečištění. Získané vzorky byly podrobeny důkladnému zpracování a následnému zkoumání. Konkrétněji byla provedena odborná analýza koncentrace prvku niklu v různých aspektech krajiny Ostravska. Výsledky byly zaznamenány a budou pečlivě zhodnoceny.

4.1 LOKALIZACE MÍST A MATERIÁLU

Všechny zkoumaný materiál byl získán na území Ostravska v rozpětí několika desítek kilometrů. Každé místo odběru bylo dopředu důkladně vybráno. Jednotlivá místa odběru se liší charakterem povahy krajiny a různým antropogenním zásahem.

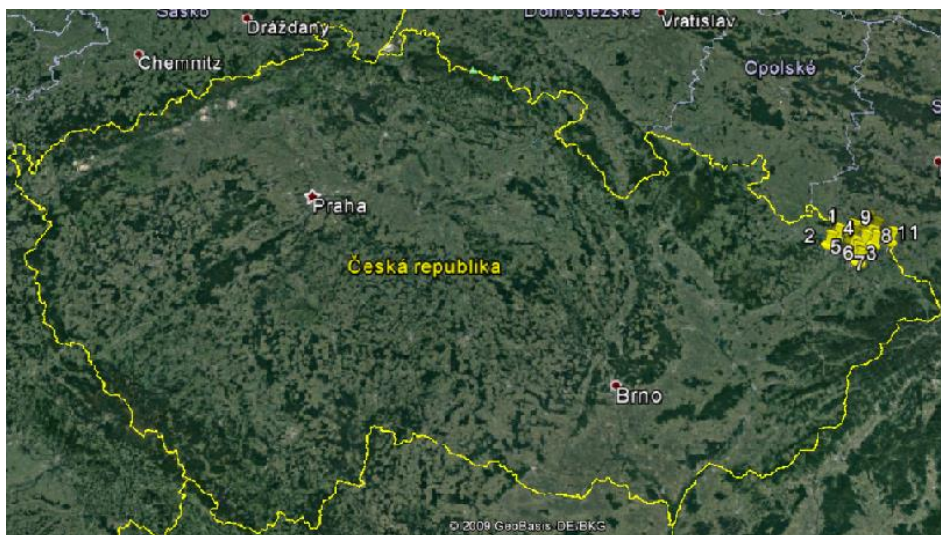
Jednotlivé vzorky byly sebrány na těchto lokalitách:

Tabulka 4: Lokality sběrných míst. Zdroj: autor, 2016

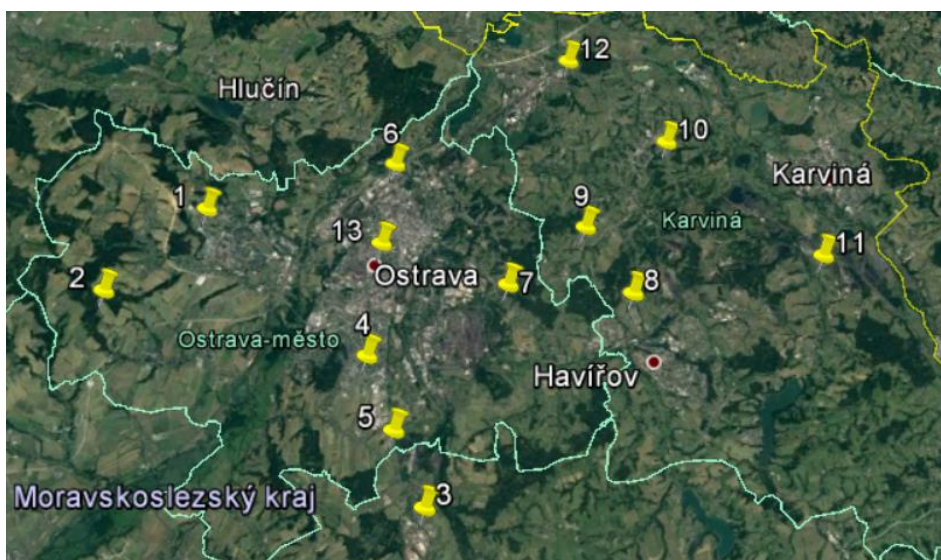
Číslo lokality	Název lokality	Souřadnice
1	Ostrava-Poruba	49°83'98.386"N, 18°15'53.100"E
2	Klimkovice	49°80'53.281"N, 18°09'67.450"E
3	Paskov	49°71'92.244"N, 18°29'32.219"E
4	Dubina	49°77'83.772"N, 18°25'70.786"E
5	Nová Bělá	49°74'88.875"N, 18°27'41.678"E
6	Ostrava-Přívoz	49°85'89.356"N, 18°27'04.661"E
7	Ostrava-Radvanice	49°80'71.675"N, 18°34'09.528"E
8	Havířov-Šumbark	49°80'32.906"N, 18°41'61.542"E
9	Petřvald	49°83'09.908"N, 18°38'82.592"E
10	Orlová	49°86'76.861"N, 18°43'96.347"E
11	Stonava	49°81'82.061"N, 18°53'22.292"E
12	Bohumín	49°90'48.811"N, 18°37'90.806"E
13	Mariánské Hory	49°82'29.491"N, 18°26'49.220"E

Podle souřadnic byly zaznamenány jednotlivá území do mapy:

Obrázek 2: Lokalizace vzorků v rámci ČR. Zdroj: www.google.cz/intl/cs/earth/, 2017, upraveno autorem



Obrázek 3: Lokalizace v rámci Ostravska. Zdroj: www.google.cz/intl/cs/earth/, 2017, upraveno autorem



4.1.1 JEDNOTLIVÁ ÚZEMÍ

Jedním z kritérií pro vybrání právě těchto lokalit je poloha měřících stanic Zdravotnického ústavu Ostrava, který se zabývá ochranou veřejného zdraví a poskytuje širokou škálu zdravotních a laboratorních služeb (zuova.cz, 2016). Ve vybraných lokalitách se nachází měřící stanice. Dalším požadavkem byla území

nacházející se u zdroje znečištění, jak menšího, tak i velmi významného. Bylo vybráno těchto 13 lokalit:

1. Ostrava-Poruba - zdejším významným zdrojem znečištění je uhelná elektrárna Třebovice patřící společnosti Dalkia. V roce 2013 došlo ke snížení emisí NO_x a SO₂ na uhelných kotlích K13 a K14. Jako další závazek bylo snížení emisí síry a dusíky o 15% oproti stávající legislativě. Závazek byl splněn a pokračuje se v dalších. V budoucnu budou probíhat projekty na odsíření a odprašení kotlů (ENGIE Services a.s., 2015).

Vzorky byly odebrány v rumišti na okraji města u silnice. V místě, kde se nachází, jak rodinné domy, tak industriální zóna.

2. Klimkovice - toto území je považováno za kontrolní bod. Měla by zde být nejmenší míra znečištění, protože se nachází před Ostravou a je proti směru vanutí větru. To by mělo znamenat minimální množství znečištění na tomto území, které je obklopeno lesy (hlavně listnatými).

V těchto lesech byl odebrán materiál pro výzkum.

3. Paskov - v blízkém okolí se nachází důl, kde probíhá těžba. Významným znečišťovatelem je také firma Biocel, která se zabývá výrobou sulfitové buničiny. Znečištění se týká zejména vod. Již několikrát bylo zaznamenáno vypouštění polutantů do říčky v povodí Odry. V rámci Programu omezování průmyslového znečištění a snižování environmentálních rizik byla poskytnuta Biocelu finanční dotace na snížení SO₂ o 25% (Podmolík, 2011).

Vzorek byl odebrán v opuštěné, ale udržované zeleni na okraji Ostavy v průmyslové zóně.

4. Dubina - je část města Ostravy, kde se nachází rozsáhlé panelové zástavby. Za největší negativum je zde považována doprava. Pochází z ní nejen nadměrné množství hluku, ale také velké množství polutantů.

Zkoumaný materiál byl odebrán na husté zástavbě zdejšího sídliště na zeleni.

5. Nová Bělá - od roku 2010 je zde zavřený důl, proto by zde měla být zaznamenána větší míra akumulace polutantů u mechů než u lišejníků. Mechy jsou vývojově starší a rostly na tomto území ještě před zavřením dolů.

Jako místo odběru posloužil potok u silnice nacházející se u vesnické zástavby.

6. Ostrava-Přívoz - nejvýznamnějším prvkem na tomto území je koksovna Svoboda, která vyrábí především koks z černého uhlí. Koksovna narušuje jak ovzduší, tak půdu, ale v poslední době především vodu. V areálu koksovny se nachází řeka Ostravice, kde proběhla měření, která ukázala, že se jejím směrem šíří kontaminace. Kontaminované jsou hlavně vody v podzemí, protože pod koksovnu se nachází 400 tun toxických látek, které se pozvolně uvolňují do podzemních vod (Grůza, 2014).

Místem odběru pro tuto oblast se stala meziměstská zeleň v zástavbě u silnice.

7. Ostrava-Radvanice - z hlediska mého výzkumu považuju toto místo za nejdůležitější. V těsné blízkosti měřicí stanice se nachází společnost Arcelormittal zabývající se výrobou oceli a železa v souladu s veškerou ekologickou legislativou. S předstihem snížila vliv výroby na životní prostředí nad rámec požadků EU (ostrava.arcelormittal.com). Arcelormittal je považován za největšího znečišťovatele celé ČR. Na tuto společnost již bylo podáno mnoho žalob za nedodržování emisních limitů občanským sdružením Ekologického právního servisu, která zastupuje občany z Radvanic a nedalekých Bártovic. Nové odborné studie potvrzují zdravotní rizika pro tamější obyvatele. Největší problém je s látkami jako je karcinogenní arsen a benzo(a)pyren (Šrytr, 2008).

Jako místo odběru zde posloužil remízek na okraji pole.

8. Havířov-Šumbark - tato lokalita byla vybrána z důvodu její polohy jihovýchodně od společnosti Arcelormittal. Předpokládáme, že zde bude nejvyšší znečištění z důvodu vanutí polutantů po směru větru. Konkrétně část města Havířov-Šumbark je nejznečištěnější částí města. Vyšší hodnoty polévatého prachu jsou způsobeny vzdalenější metalurgickou výrobou a nikoli lokálním charakterem města.

Vzorky byly odejmuty z místní zeleně tamějšího sídliště.

9. Petřvald – nachází se severovýchodně po proudu větru od společnosti Arcelormittal. Z tohoto důvodu opět očekáváme ve výsledcích vyšší množství všech znečišťujících látek. Z posledního sčítání obyvatelstva vyplývá, že v Petřvaldě, Rychvaldě a Orlové se daleko více topí uhlím a dřevem, což znamená větší míru znečištění ovzduší způsobenou domácnostmi než je v samotné Ostravě (czso.cz, 2015).

Park před domem kultury posloužil jako místo odběru vzorků.

10. Orlová - opět se nachází po směru větru severovýchodně od společnosti Arcelormittal. Z pravidelně aktualizovaných dat v hodinových intervalech měřicí stanice Zdravotnického ústavu vyplývá, že 21 hodin (z celku 24 hod.) jsou překročené limity obsahu pevných částiv v ovzduší. Orlová by neměla být zasažena lokálním charakterem znečištění, ale působením navátých polutantů z Ostravy (portal.chmi.cz, 2016).

Tentokrát jako místo odběru posloužil listnatý les na konci vesnice.

11. Stonava - je známá především díky dolům pod záštitou společnosti OKD. Doly Stonava patří do skupiny Českomoravských dolů. Na tomto území probíhá nejen těžba, ale také i nákladka, což ještě mnohem více nepřispívá životnímu prostředí a zatěžuje krajinu. Společnost OKD každoročně věnuje nemalé finanční prostředky na sanaci a rekultivaci krajiny (OKD.cz, 2016).

Vzorky byly odebrány ze zeleně kolem domů u potoka ve vesnické zástavbě.

12. Bohumín - na tomto území se nachází naše nejvýkonnější elektrárna Dětmárovice spalující černé uhlí a patřící firmě ČEZ. V nedávné době investoval ČEZ několik miliard do nízkouhlíkových technologií, čímž se podařilo snížit emisní intenzitu o 30% (ČEZ.cz, 2016).

Konkrétně byly posbírány vzorky v extenzivním sadu v oblasti Bohumín-Skřečůň.

13. Mariánské Hory - podle ČHMÚ se v okolí tohoto území v posledních letech výrazně zlepšilo prostředí. Mariánské Hory jsou součástí průmyslové zóny Moravskoslezského kraje a kvalita ovzduší je hodnocena jako uspokojivá. Ze všech kontrolovaných složek je množství pevných částí menších než 10 μm (PM_{10} jediné kritérium, kde je přesahováno pevných limitů (portal.chmi.cz, 2016).

Jako sběrné místo v této oblasti posloužil lesopark v tamější městské zástavbě v centru Ostravy.

4.1.2 ZKOUMANÝ MATERIÁL

Materiály pro odběr na zkoumání v laboratoři byly vybrány z důvodu jejich výborných bioindikačních a bioakumulačních vlastností (viz níže). Na každé z jednotlivých 13 lokalit byly odebrány vzorky čtyř různých materiálů:

Lišejník - v případě mého výzkumu byl použit konkrétní typ lišejníku terčovník tenounký (*Physcia tenella*).

Mech - pro výzkum byl nasbírán rokyt cypřišovitý (*Hypnum cupressiforme*).

Sníh - byl odebrán v zimním období v jednotlivých lokalitách v takové oblasti, aby nebyl zbytečně znečištěn vedlejšími činiteli, které v tomto výzkumu nehodnotím.

Půda - zde jsou důležité jednotlivé horizonty, tedy hloubky ve kterých byla půda sbírána. Pro analýzu byly zvoleny všechny typy půdních horizontů. Jednotlivá čísla, která jsou napsaná u vzorků půd značí centimetry hloubky odběrů např: 0-10 A, 35-x C. Při hodnocení znečištění byl použit horizont A a C z důvodu největších rozdílů mezi sebou. Horizont A by měl pravděpodobně obsahovat největší množství kontaminantů, kdežto horizont C by měl obsahovat menší množství polutantů, a to hlavně z důvodu minimálního kontaktu s přímým antropogenním působením. Horizont C je ovlivněn druhem horninového podloží, což působí na jeho strukturu a míru znečištění.

Všechny vzorky byly analyzovány dvakrát.

4.2 PODROBNÝ POSTUP PŘI VÝZKUMU

4.2.1 LIŠEJNÍK

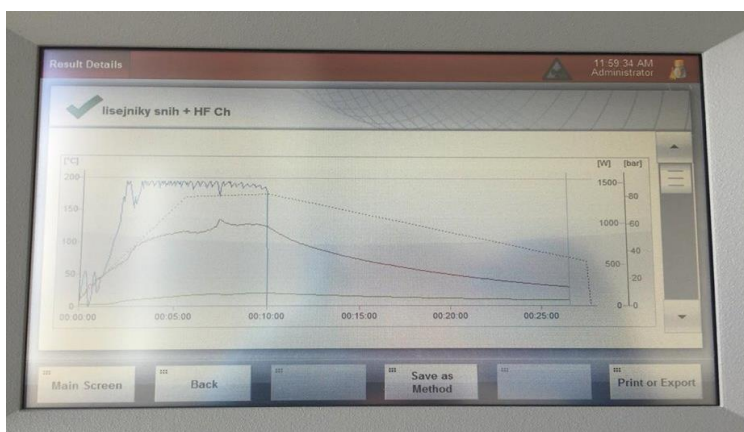
Jako první se zpracovávaly vzorky lišejníků. Nejdříve se musely vzorky připravit-vysušit a nadrtit, aby dále mohly být naváženy. Z odebraných vysušených lišejníků byly pinzetou vypreparovány částičky hlíny a různých trav a odejmuty do petriho misky. Poté byl materiál v keramickém hmoždíři rozdrčen a pomocí plastové lžičky byl nandán do navažovacích lodiček. Na analytické váze bylo naváženo $0,250 \pm 0,005$ gramů jednotlivých lišejníků a dané množství bylo uloženo do mikroskopavek (5 ml Eppendorf).. Vzorek byl přemístěn do speciálních teflonových patron potřebných na následující mikrovlnný kyselinový rozklad. Vzorky byly analyzovány v duplikátech.

Obrázek 4: Příprava pro kyselinový rozklad. Zdroj: autor, 2016



Aby mohla proběhnout analýza stopového množství ve vzorcích, musely být vzorky rozloženy. Toho bylo dosaženo díky zařízení pro mikrovlnný rozklad (Anton Paar) anorganických a organických vzorků. Do navážených vzorků byly přidány kyseliny o určitých koncentracích a přesně stanoveném množství - 9 ml HNO_3 (65% koncentrace), 3 ml HCl (37% koncentrace) a 1 ml HF (37% koncentrace). Kyselina chlorovodíková se přidává v případě potřeby na zlepšení výkonu určitých analytů, ale také může omezit kvantifikaci metody ICP-MS, která následuje. Musí být dodrženy podmínky rozkladu (metoda EPA 3051a), jinak by nebylo dosaženo potřebného rozkladu. Průběh rozkladu byl sledován na displeji přístroje. Po dokončení rozkladu se na displeji objevil výsledný graf. Modrá křivka zobrazuje příkon, zelená ukazuje tlak a červená čára zachycuje teplotu v jednotlivých fázích rozkladu. Přerušovaná linie zobrazuje doporučený průběh rozkladu. Od této čáry by neměly nastat velké odchylky.

Obrázek 5: Výsledný graf mikrovlnného rozkladu sněhu a lišejníků. Zdroj: autor, 2016



Po dokončení mikrovlnného rozkladu za vysokého tepla došlo k otevření ventilů a vypaření zbytku kyseliny dusičné z PFA nádobek Savillex. Vzorek se odpařil do sucha, zředil a připravil na konečnou fázi analýzy. Do vzniklé směsi se přidalo 25 ml demineralizované vody a proběhla filtrace pomocí stříčkového filtru a vzorek byl uchován v láhvích 125 ml Nalgene. Poslední fází byla koncentrační analýza pomocí iCAP ICP-MS (hmotnostní spektrometr s indukčně vázaným plazmatem). Výsledky metody ICP-MS byly vyhodnoceny a porovnány mezi sebou na jednotlivě vybraných územích Ostravska.

Obrázek 6: Použité zařízení pro mikrovlnný rozklad. Zdroj: autor, 2016



4.2.2 SNÍH

Do každého odebraného vzorku sněhu byl přidán 1 ml HNO_3 , aby kovy nesorbovaly na stěny skladovací nádoby z důvodu delší prodlevy po odejmutí z místa sběru a provádění analýzy. Poté bylo se vzorky naloženo úplně stejným způsobem jako při analýze lišejníků. Vzorky sněhu byly rozloženy ve specializované mikrovlnném zařízení, poté naředěny a analyzovány hmotnostním spektrometrem.

4.2.3 MECH

Analýza sesbíraného materiálu mechů proběhla úplně totožně jako u lišejníků. U vysušených mechů bylo obtížnější drcení v keramickém hmoždíři. Obtížněji se odstraňovaly i cizí látky - trávy a půda.

4.2.4 PŮDA

Získané vzorky půd byly ve skleníku na vzduchu vysušeny. Byly podrceny na jemno v keramickém hmoždíři a přesítovány. Odstraněny byly všechny cizí materiály, aby analýza dále probíhala opravdu jen s částicemi půdy. Opět proběhlo navážení pomocí analytických vah (0,250+-0,005 g). Navážné vzorky byly dále přesunuty do PFA nádobek pro mikrovlnný rozklad (metoda EPA 3051a). Do nádobek byly přidány koncentrované kyseliny stejně jako při analýze lišejníků. Po dokončení rozkladu byl vzorek odpařen do sucha a následně rozředěn 25 ml demineralizované vody a proběhla filtrace přes stříkačkový filtr a nakonec proběhla analýza pomocí hmotnostního spektrometru.

U půdy bylo měřeno i pH. Z vysušené rozdrčené půdy, která prošla procesem síťování, bylo naváženo 5 gramů a přendáno do 50 ml centrifugačních zkumavek. Do odměřeného množství půdy bylo přidáno 12,5 ml KCl (0,2 M). Půda byla ponořena do roztoku z důvodu přechodu iontů. 0,2 M roztok KCl vznikl rozpuštěním 14,9 g KCl v 1000 ml deminaralizované H₂O. Všechny takto připravené vzorky byly na 30 minut vloženy do třepacího zařízení. Po 30 minutách byly vzorky přesunuty do centrifugy, aby došlo k oddělení tekuté fáze od pevné. Dalším krokem bylo měření pH na pH metru, kde se čidlo pH metru vložilo do vzorku a čekalo se na ustálení pH.

5. VÝSLEDKY

Po zhotovení kompletního rozkladu a následné analýzy byly zaznamenány a vyhodnoceny výsledky, které zahrnují rozbor všech vzorků z 13 lokalit. Výsledky byly srovnány a zapsány do přehledných tabulek, aby mohly být mezi sebou porovnány. Pomocí hmotnostního spektrometru s vázaným plazmatem byla uskutečněna stopová analýza prvků a tím se dostalo výsledků koncentrací na zkoumaných lokalitách. Byla vyhodnocena koncentrace několika prvků - Ni, Pb, Cu, Cr, Cd, As a Zn. Tato bakalářská práce se konkrétně zabývá prvkem Ni. U každého ze 4 materiálů je třeba porovnat, proč je u dané lokality zvýšená či snížená koncentrace znečištění.

5.1 LIŠEJNÍKY

Prvních výsledků bylo dosaženo u sesbíraných exemplářů lišejníku. Množství Ni bylo v lišejnících určeno v jednotkách mg/kg. Nejnižší koncentrace (1,90 mg/kg) byla zaznamenána v Ostravě- Porubě, kde je významným znečišťovatelem uhelná elektrárna. Druhá nejnižší koncentrace je v Petřvaldě (3,07 mg/kg). Naproti těmto hodnotám stojí na druhé straně hodnotového žebříčku nejvyšších koncentrací území Ostrava-Radvanice s 10,97 mg/kg. Dubina je druhým místem nejvyššího znečištění, ale od nejvyšší koncentrace je míra znečištění nižší o 1,17 mg/kg. Zde převážně působí doprava a to, že vzorky byly sbírány uprostřed panelové zástavby. Třetím místem, kde byla zjištěna vyšší míra koncentrace, je Orlová s 9,68 mg/kg, která se nachází po směru větru od Ostravy-Radvanic. I Petřvald (3,07 mg/kg) a Havířov-Šumbark (5,08 mg/kg) se nachází po směru větru od firmy Arcelormittal, ale na těchto sběrných místech takového zanešení dosaženo nebylo. I když se Orlová nachází ze všech tří měřených oblastí nejdál od znečištění vanoucího z Ostravy a dokonce tam nepůsobí žádné velké lokální znečištění, ve vzorku bylo množství Ni značné.

Tabulka 5: Výsledné koncentrace Ni z lišejníků. Zdroj: autor, 2016

Lokalita	Ni (mg/kg)
Ostrava-Poruba	1,90
Klimkovice	9,02
Paskov	5,96
Dubina	9,80
Nová Bělá	6,02
Ostrava-Přívoz	5,59
Ostrava-Radvanice	10,97
Havířov-Šumbark	5,08
Petřvald	3,07
Orlová	9,68
Stonava	7,06
Bohumín	3,96
Mariánské Hory	3,06

5.2 SNÍH

Dalším hodnoceným materiálem je sníh. Vzorky sněhu byly sbírány v únoru 2016 a poté procházely procesem analýzy. Koncentrace Ni je zaznamenána v jednotkách $\mu\text{g/l}$. Nejvyšší koncentrace byla dosažena v lokalitě Klimkovice, kde se poblíž nevyskytuje žádná průmyslová zóna. Na tomto území byl předpoklad nízkého znečištění, právě z důvodu absence průmyslových zón, ale hodnota $1,5 \mu\text{g/l}$ vypovídá o jasném znečištění. Druhým místem vyššího znečištění je město Bohumín s $1,4 \mu\text{g/l}$, kde je situována elektrárna Dětmárovice, ze které je vypouštěno mnoho emisí. I když jsou emisní limity dodržovány, tak i přesto je zde nejvíce znečištění. Nejnižší míra koncentrace se nachází v Mariánských Horách, Ostravě-Přívozu a v Ostravě-Porubě, a to $0,4 \mu\text{g/l}$. Další nízkou změřenou hodnotou je $0,5 \mu\text{g/l}$, která se nachází v Dubině a Orlové. Třetí příčku s $0,6 \mu\text{g/l}$ obsadily hned tři lokality - Nová Bělá, Havířov-Šumbark a Stonava. U zbylých lokalit jsou kontaminace jen o trošku vyšší. Nevyskytují se žádné markantní rozdíly mezi zjištěnými hodnotami.

Tabulka 6: Výsledné koncentrace Ni ze sněhu. Zdroj: autor, 2016

Lokalita	Ni (µg/l)
Ostrava-Poruba	0,4
Klimkovice	1,5
Paskov	1,1
Dubina	0,5
Nová Bělá	0,6
Ostrava-Přívoz	0,4
Ostrava-Radvanice	0,7
Havířov-Šumbark	0,6
Petřvald	1,1
Orlová	0,5
Stonava	0,6
Bohumín	1,4
Mariánské Hory	0,4

5.3 MECHY

U určování kontaminace z mechů je velice důležité jejich stáří. Ve výzkumu proběhla snaha o sesbírání stejně starých vzorků mechů. Nejvyššího obsahu niklu 13,80 mg/kg v mechu bylo dosaženo v Nové Bělé, což je území opuštěných dolů. Dalším místem s vysokým obsahem zkoumané látky jsou Mariánské Hory (13,07 mg/kg). Tato lokalita je umístěna do středu všech průmyslových zón a kromě toho se v jejím blízkém okolí nachází chemický závod Hulváky a ocelárna Vítkovice Steel. Toto umístění je na tolik výrazné, že způsobuje nadměrné zvýšení koncentrace Ni. Naopak nejnižší míra kontaminace 1,85 mg/kg Ni v mechu je na území Havířova-Šumbarku, kde by do jisté míry mělo zasahovat znečištění po směru vanutí z Ostravy. V tomto případě nelze o takovéto kontaminaci mluvit. Na tak velkou vzdálenost jí nebylo zachyceno, a k tomu na území nepůsobila ani žádná jiná lokální znečištění. Dalším územím s nízkou mírou obsahu Ni (2,79 mg/kg) jsou Klimkovice, kde se takový výsledek předpokládal, protože se nenachází v žádné průmyslové zóně a ani v okolí nějakého velkého znečišťovatele. Vzorek byl sbírán v nenarušeném lese a důležité je zmínit, že se Klimkovice nachází před Ostravou, a proti směru vanutí větru. Posledním místem s nízkou koncentrací niklu, které stojí za zmínku, je Stonava (2,91 mg/kg). Poblíž se nachází uhelné doly, které ale vysoce dbají na kvalitu okolního životního prostředí a čistotu krajiny. Navíc se v okolí nevyskytuje žádný výrazný znečišťovatel ani hustá dopravní síť.

Tabulka 7: Výsledná koncentrace Ni z mechů. Zdroj: autor, 2017

Lokalita	Ni (mg/kg)
Ostrava-Poruba	3,22
Klimkovice	2,79
Paskov	4,62
Dubina	4,85
Nová Bělá	13,80
Ostrava-Přívoz	10,32
Ostrava-Radvanice	10,94
Havířov-Šumbark	1,85
Petřvald	5,29
Orlová	3,62
Stonava	2,91
Bohumín	6,01
Mariánské Hory	13,07

5.4 PŮDA

5.4.1 KONTAMINACE

Určení znečištění půdy bylo složitější. Koncentrace niklu ve všech hloubkách zkoumaných půd udává tabulka 8. Celkově největší znečištění bylo zjištěno na území Ostravy-Přívozu. Ve všech horizontech byla naměřena absolutně největší míra zastoupení niklu (43,71 mg/kg, 42,02 mg/kg, 52,70 mg/kg). Na druhé příčce se ocitá oblast Klimkovice (31,48 mg/kg, 32,41 mg/kg, 37,72 mg/kg, 41,48 mg/kg, 35,79 mg/kg), kde vrstva humusu vypadala jako neznečištěná, ale výsledky dokazují nadměrné znečištění tohoto území. Jonatan Klaminder ve svém článku (2011) popisuje, že humus akumuluje větší množství prvků, a toho jsou příkladem i má zkoumaná území. V případě území Paskov a Dubina, kde je obecně větší míra znečištění než u zbylých odběrných míst, se vyskytuje větší obsah Ni ve střední hloubce cca 15-30 cm (Paskov: 38,8 mg/kg; Dubina: 35,16 mg/kg). Znečištění je způsobené dopravou i tamějšími doly a firmou na výrobu buničiny. Naopak nejnižším místem s obsahem niklu je Bohumín s 22,65 mg/kg, 15,91 mg/kg, 22,17 mg/kg, 20,05 mg/kg, i přesto že se zde nachází elektrárna spalující černé uhlí. V Nové Bělé a Ostravě-Porubě byla naměřena nízká koncentrace (průměr v Nové Bělé 24,58 mg/kg a v Ostrava-Porubě 26,87 mg/kg) vyjadřující částečně kvalitní prostředí, i když je v okolí důl a uhelná elektrárna. Nejvíce zajímavým výsledkem je koncentrace v Ostravě-Radvanicích (43,71 mg/kg, 42,02 mg/kg, 52,70 mg/kg) ve všech třech měřených horizontech. Zde byl očekáván nejhorší výsledek, tedy největší

míra kontaminace, protože území je z celkového hlediska nejznečištější a v jeho samotném centru se nachází největší znečišťovatel Ostravska a nejrozsáhlejší průmyslová zóna.

5.4.2 pH

pH bylo určeno ve všech zkoumaných horizontech. Nebyla zaznamenána žádná pravidelnost mezi snižováním a zvyšováním pH mezi jednotlivými horizonty půd. Nejbližším hodnotám optimálního pH se přiblížilo území Mariánských Hor a také Havířov-Šumbark. Ve všech horizontech těchto lokalit se pH blíží k 6,5. Výrazná kyselost půdy se objevila v Klimkovicích (3,77; 3,30; 3,27; 3,22; 3,16) ve všech pěti měřených horizontech, kde byl půdní materiál sbíraný přímo v lesích. Dalším výrazně kyselým místem je Nová Bělá. Zde je kyselá půda 3,75 i u horizontu 30-x, což znamená možné vyvíjení se na kyselém podloží, ale i u horizontu 0-15 (4,21), což naopak znamená kontakt horní vrstvy půdy s antropogenním působením člověka. Ostatní lokality již nijak výrazně okyselené nejsou, jen na území Dubiny by bylo vhodné zdůraznit, že bylo naměřeno optimální pH 6,81 u horizontu 0-10 a kyselá pH 4,75 u horizontu 35-x, které je patrně zapříčiněné vývojem na kyselé matečné hornině. Mírně alkalické prostředí je jen na území Ostrava-Přívoz (7,27; 7,25; 7,15), kde se nalézá koksovna, pod kterou se nachází 400 tun toxických látek obsahujících větší množství vápníku. Tyto látky se uvolňují do podzemních vod a dále proudí až k lidem, kde neblaze působí na jejich zdravotní stav. U naměřených hodnot (6,34; 6,62; 6,81; 7,19) na území Mariánských Hor lze pozorovat, jak se s nabírající hloubkou v půdě zvyšuje i hodnota pH. To vypovídá o vyvíjení se půdy na zásadité matečné hornině.

Tabulka 8: Výsledné koncentrace Ni z půdy. Zdroj: autor, 2017

Lokalita	Hloubka půdy (cm)	Ni (mg/kg)	pH
1 – Poruba	0 - 10	26,66	5,09
	10 - 25	24,56	5,42
	25 - x	29,40	5,96
2 – Klimkovice	0 - 5	31,48	3,77
	5 - 15	32,41	3,30
	15 - 30	37,72	3,27
	30 - 50	41,48	3,22
	50 - x	35,79	3,16
3 – Paskov	0 - 15	31,16	6,68
	15 - 30	38,80	7,09
	30 - x	28,25	7,28
4 – Dubina	0 - 10	30,66	6,81
	10 - 35	35,16	7,03
	35 - x	33,29	4,75
5 - Nová Bělá	0 - 15	23,42	4,21
	15 - 30	23,10	3,86
	30 - x	27,22	3,75
6 - Ostrava Přívoz	0 - 7	43,71	7,27
	7 - 27	42,02	7,25
	27 - x	52,70	7,15
7 - Ostrava Radvanice	0 - 10	30,48	6,19
	10 - 30	33,24	6,96
	30 - 50	22,16	6,11
	50 - x	20,87	5,43
8 - Havířov Šumbark	0 - 10	25,06	6,07
	10 - 30	28,40	6,42
	30 - x	30,83	6,60
9 – Petřvald	0 - 15	28,12	5,99
	15 - 40	25,75	5,88
	40 - x	22,78	6,35
10 – Orlová	0 - 15	27,05	5,51
	15 - 30	24,35	6,36
	30 - x	22,87	6,60
11 – Stonava	0 - 10	31,64	5,16
	10 - 25	31,62	5,31
	25 - 45	26,62	5,34
	45 - x	24,16	5,61
12 - Bohumín Střečůň	0 - 10	22,65	5,21
	10 - 20	15,91	5,04
	20 - 45	22,17	4,93
	45 - x	20,05	4,94
13 - Mariánské Hory	0 - 10	25,92	6,34
	10 - 30	24,30	6,62
	30 - 45	23,54	6,81
	45 - x	23,60	7,19

6. DISKUZE

Provedený výzkum přinesl mnoho užitečných výsledků, nejen z naměřených hodnot, ale také ze zjištění kvality akumulace Ni v použitých typech materiálů. Podle lokality, se kterou porovnávám své výsledky, lze určit míru znečištění na jednotlivých lokalitách a na území jako celku.

6.1 VÝSLEDKY

6.1.1 LIŠEJNÍK

Tento materiál akumuluje prvky víc než zbylé materiály. Z tohoto materiálu se nejvíce dá určit povaha tamějšího znečištění. Nejnižší množství kontaminace bylo zjištěno v Ostravě-Porubě, kde se vyskytuje uhelná elektrárna. To znamená, že v lišejníku jako v bioindikátoru, nebylo uschováno velké množství Ni, a že uhelná elektrárna neprodukuje Ni jako ostatní znečišťovatelé na zbylých lokalitách, a nebo že lišejník nedokáže přijmout Ni z vypouštěných částic z uhelné elektrárny. Za to nejvyšší míra koncentrace niklu je v Ostravě-Radvanicích, kde významně působí firma Arcelormittal. I přes veškerou iniciativu oddělení životního prostředí této společnosti se v okolí vyskytuje vysoký obsah Ni. Společnosti se nepodařilo dosáhnout snížení koncentrací Ni v lišejnících. Právě tato společnost je považována ze největšího znečišťovatele nejen této lokality, ale i dalších územích po směru vanutí větru. V lokalitě Klimkovice byl zjištěn vysoký obsah niklu pravděpodobně zapříčiněný rozvinutou silniční dopravou v okolí, protože zde není žádný významný lokální znečišťovatel a vzorky byly sbírány v lese, kde může být znečišťovatel člověk jen jako jedinec.

6.1.2 SNÍH

Podle sněhu se určuje aktuální stav životního prostředí, protože čerstvě napadaný sníh dokáže absorbovat volně vznášející se emise, které pocházejí převážně z dopravy nebo z blízkého průmyslu. Ze sněhu se po absorbování emisí stanovuje množství imisí a možná délka depozice. V tomto případě měření nebyly zjištěné hodnoty významně rozdílné. Dokázaly se stanovit jen místa s nižším a o

něco vyšším znečištěním. Sníh nedokázal dostatečně akumulovat prvek na takové úrovni, aby se daly hodnoty dobře srovnávat. Nejmenší míry znečištění bylo dosaženo ve třech zájmových oblastech: Mariánské Hory, Ostrava-Přívoz a Ostrava-Poruba. Území Mariánských Hor se nachází v průmyslové zóně, což by mělo znamenat vyšší obsah Ni ve sněhu, ale koncentrace je velice nízká a to je pravděpodobně způsobeno místem odběru - lesopark v městské zástavbě, který se přímo nenachází v působení vlivů průmyslové zóny. V Ostravě-Porubě i Přívozu byly vzorky sbírány u krajnice silnice, což znamená předpoklad vysoké koncentrace Ni ve sněhu. K předpokladu vysokých výsledků koncentrací přispívá i působení koksovny na území Přívozu a působení černouhelné elektrárny na území Poruby. Ovšem v těchto případech vyšly míry znečištění nízké, což může znamenat velice dobré dodržování podmínek životního prostředí a vypouštění minimálního množství emisí na těchto územích, jak co se týká dopravy, tak koksovny a elektrárny. Co se týče nejvyšší míry znečištění, která se vyskytla na území Klimkovic, tak opět můžeme mluvit jen o působení člověka jako jediného možného znečišťovatele na úrovni jedince, protože v blízkosti se nevyskytuje žádný podnik možného regionálního ovlivnění.

6.1.3 MECH

Tento materiál významně přispěl svými výsledky do hodnocení. Rozdíly mezi lokalitami jsou patrné, což je způsobené hodnotou akumulací prvku. Mnou sbírané mechy by měly být všechny přibližně stejného věku, a to z důvodu vyšší depozice u starších mechů a tím způsobené ovlivnění míry koncentrace. Území Nová Bělá je místo s opuštěnými doly. Zde byla vysoká koncentrace znečištění v minulosti právě kvůli těžbě. Vysoký obsah niklu můžeme přisuzovat stáří mechů (zde tedy pravděpodobně starší mech). Mladší mechy, sníh i lišejníky takovou míru znečištění neobsahovaly. Nejnižší míra znečištění je na území Havířov-Šumbark, které se spolu s Orlovou a Petřvaldem nachází po směru vanutí větru z Ostravy. Očekávané byly vyšší hodnoty znečištění, ale zřejmě z nepravděelného proudění a z krátké doby depozice nedosahuje kontaminace takové míry, což je příznivé jak pro životní prostředí, tak pro obyvatelstvo. Petřvald se z těchto tří lokalit nachází nejbliže k Ostravě, proto můžeme soudit, že je to důvod jeho nejvyššího znečištění.

6.1.4 PŮDA

Kvalita půdy se určuje podle zachování funkcí půdy a dostatečného probíhání půdních procesů. Důležité je dosáhnouti nejpriznivějších podmínek pro reakci pH v půdě. Podle obsahu humusu v půdě a množství přístupných živin se vymezuje druh způsobu využití půdy nebo zemědělského zpracování. Množství živin do jisté míry závisí na hodnotě pH. Kyselá zemina většině rostlin nesvědčí. Zásaditá půda s vyšším obsahem vápníku způsobuje těžší absorbování některých prvků. Optimální hodnota pH se doporučuje udržovat na 6,5. Je to hodnota, která zajišťuje příjem všech potřebných prvků a živin. Kyselost půdy je způsobena dvěma hlavními faktory. Jedním z nich je vývoj na matečné hornině. Podle nejnižšího (nejhlubšího) horizontu lze určit, jestli se půda vyvíjela na kyselém nebo alkalickém typu matečné horniny. Díky vyvěřelinám (žule) vznikají kyselé půdy a naopak na vápencích se tvoří půdy zásadité. Druhým možným ovlivněním pH je lidská činnost, která způsobuje okyselování půd například vlivem znečištění ovzduš, a tím pádem působením kyselých dešťů (Rosmarinus.cz, 2016).

Nejkyseljším územím ze všech lokalit jsou Klimkovice, kde vzorky byly odebrány ve zdejších lesích. Tato půda je kyselá přirozeně (pravděpodobně je zde humus formy moder). Kyselost půdy na tomto území (nejen v lesích) do jisté míry způsobují kyselé deště. Díky nim se z půdy uvolňuje hliník a odtéká podzemními vodami do povrchových vod a tím se dostává až k lidem, což na jejich zdravotní stav působí negativně a může způsobovat různé nemoci. Tento děj vede až k procesu podzolizace. Naopak za nejzásaditější území podle naměřených hodnot je Ostrava-Přívoz. Zde může být zásaditost půdy způsobena vývojem půdy na alkalické matečné hornině nebo množstvím uložených toxických látek pod koksovnou na místě odběru.

Půda jako zkoumaný materiál dokáže zodpovědět otázky ohledně znečištění v různých časových intervalech - aktuální a déle trvající působení. Pomocí horizontů lze určit kontaminaci ve svrchní vrstvě (působení v nedávné době) a v hlubších horizontech (delší doba depozice). Nejvyšší míra kontaminace byla naměřena na území Ostravy-Přívozu, což může být způsobeno přítomností koksovny na černé uhlí a také existencí 400 tun toxických látek pod zkoumaným územím. Lokalitou s nejnižší mírou znečištění je Bohumín, k nízkému znečištění převážně ve vrstvě humusu přispělo odebrání vzorků v extenzivním sadu. I přes působení černouhelné elektrárny je zde nízká kontaminace i v horizontech A a C.

6.2 SROVNÁNÍ S JINOU LOKALITOU

Pro srovnání byl použit článek od T. Zschaua a dalších jeho spoluautorů z roku 2013. Autoři provedli na území Maricopa County v Arizoně, USA, téměř totožný výzkum. Jejich zaměření převážně spočívalo ve specializaci na kolísání časových změn znečištění v průběhu času pomocí vzorků lišejníku *Xanthoparmelia*. Lišejník byl zpracován a analyzován metodou ICP-MS pro různé elementární prvky, mezi nimiž byl i nikl. Výsledky dokazují zvýšené množství Ni a dalších prvků (Zn, Cu, Cd) v ovzduší vlivem zemědělství, hornictví a průmyslové činnosti. Bylo zkoumáno 28 jednotlivých lokalit. Oblast zkoumání je rozsáhlejší než oblast mého výzkumu, napříč dosahuje až 200 km. V centru všech lokalit se nachází město Phoenix, které patří mezi jednu z nejrychleji rostoucích metropolitních oblastí. Zkoumané prvky byly ve výsledcích rozděleny do tří skupin, podle toho jakým způsobem byla zapříčiněna zvýšená hladina prvků. Nikl byl zařazen do druhé skupiny spolu s Cr a Co, což je skupina, která je pozitivně ovlivněna místním geologickým výskytem bazických hornin. Dalšími skupinami jsou zvýšení hladiny díky lidské činnosti a pak skupina prvků vyskytujících se vzácně. Z výsledků byl vyhodnocen obsah 21,6% celkového množství Ni zjištěného ze všech vzorků. Při přesáhnutí hodnoty 60% by dosahoval nikl nadprůměrných hodnot, kdy už by tedy bylo dosaženo znečištění způsobeného antropogenní činností, jak se tomu stalo u první skupiny. Nikl společně s chromem dosahuje nejvyšších hodnot v severozápadní části území, kde se vyskytují skalní útvary, které způsobují právě vysoké hodnoty daného měření. Rozsah niklu je velice různorodý, hodnoty se pohybují od 9,26-41,71 mg/kg. Takových hodnot na mnou vybraném území dosaženo vůbec nebylo, ale na této lokalitě bylo jednoznačně dáno, že zvýšená koncentrace je způsobena skalnatým územím a ne antropogenní činností. Při rozpočítání na počet 28 lokalit vychází průměrná hodnota 18,13 mg/kg. Při vyloučení nejvyšších hodnot kontaminace byl vypočítán průměr na 7,71 mg/kg. Jednou z hlavních podstat tohoto článku je určení kontaminace postupem času během sledu několika období. Určování probíhalo podle různě starých lišejníků. Z výsledků vyplývá, že hodnoty niklu jsou ve všech časových obdobích stejné, což podporuje teorii o vlivu bazických hornin na množství niklu v měřených oblastech. Po dobu rozpětí zhruba 40 let se obsah Ni v lišejnících nijak nezměnil, což je důkaz absence antropogenního znečištění. Na rozdíl od mnou zkoumaného území, kde je znečištění způsobeno výhradně člověkem

a hodnoty jsou v porovnání daleko menší, jsou na území Arizony hodnoty vysoké, které ale nijak významně neovlivňují zdraví člověka. Právě částice Ni z bazických hornin jsou větší než 20 μm a zůstávají ve vzduchu jen velmi krátkou dobu. Tím, že jsou tyto částice větší, tak se daleko méně rozšiřují a mají spíše lokální charakter, kdežto částice na Ostravsku jsou malé a více se distribuují po regionu. Celkově tedy bylo prokázáno způsobení znečištění na Ostravsku antropogenní činností, kdežto v Arizoně je vysoká míra kontaminace způsobena vývojem hornin. Nikl více škodí životnímu prostředí a lidem na Ostravsku než v Arizoně. A v neposlední řadě se Ni daleko rychleji rozšiřuje na Ostravsku z důvodu menších poloměrů částic. Ve výsledku okolí Ostravy působí mnohem více negativnějším charakterem.

7. ZÁVĚR

Shrnutím výsledků a celkové analýzy lze identifikovat nejméně a nejvíce znečištěné území ze zkoumaných lokalit na Ostravsku. Podle vypočítaných průměrů z jednotlivých obsahů analýz bez ohledu na to, jestli lze nějaký materiál považovat za důležitější, vyšly tyto konkrétní výsledky, které byly seřazeny podle následující stupnice od nejméně znečištěné oblasti k nejvíce znečištěné oblasti: Ostrava-Poruba, Mariánské Hory, Havířov-Šumbark, Stonava, Bohumín-Skrečoš, Orlová, Petřvald, Nová Bělá, Dubina, Paskov, Ostrava-Přívoz, Klimkovice, Ostrava-Radvanice. Nejvíce znečištěným územím je část Ostravy-Radvanice, kde se nachází firma na výrobu oceli a železa. Toto území způsobuje nejen znečištění ve svém okolí, ale díky větru a dopravě se částice šíří i na zbylé lokality, proto toto území považují za nejvíce rizikové. Výsledky by proto měly varovat a upozornit na možné nedodržování limitů emisí a měly by motivovat ke zlepšení životního prostředí.

V množství, v jakém bylo naměřeno stopové množství niklu, nemá nikl extrémně negativní dopad na životní prostředí a lidské zdraví. Možným ovlivněním je působení skrz půdu. Hlavní problém spočívá v uvolňování niklu do podzemních vod a jeho šíření do vod povrchových, odkud se dostává k lidem a zvláště citlivým jedincům může způsobit akutní problémy (niklová alergie). Vážné problémy nikl způsobuje až při delší době expozice z důvodu jeho teratogenních vlastností. Velké průmyslové společnosti na Ostravsku produkují četné množství niklu, což negativně působí na jejich zaměstnance a při delší a pravidelné době působení může zanechat trvalé následky například v podobě poškozených plic od niklového prachu. Nikl je stopový prvek vyskytující se přirozeně, jak v lidském těle, tak i v rostlinách. Jeho naměřené množství v mechách a lišejnicích není dostatečně závažné, aby způsobilo úhyn živých organismů. Nejagresivněji působí Ni na vodní organismy, ke kterým se dostává šířením skrz půdu, podzemní a povrchové vody. Negativně působící částice obsažené ve sněhu se dostávají do půdy a odtud putují dál. Z rostlin se dešťovými splachy opět dostávají částice do půdy a stejnou cestou se šíří dál, proto je nutné nejvíce zohledňovat podzemní a povrchové vody.

Ze zjištěných výsledků, které jsou relevantní, jednoznačně vyplývá, že je potřeba stanovit řešení vzniklé situace znečištění. Doporučuji zpřísnění limitů pro zaměstnance ostravských podniků, protože kontaminace na všech 13 lokalitách je

značná a je způsobena právě těmito podniky. Zaměstnanci jsou v ohrožení, protože podle dané legislativy na ně není kladen takový důraz, jako je třeba na vypouštění emise. Dále doporučuji více dbát na půdní imise, protože přes půdu se dostává nikl do povrchových vod, kde škodí jak vodním organismům, tak i lidem. Z měření z odebraných vzorků u silnic vyplývá zvýšený obsah Ni, což svědčí o množství vypouštěných částic z dopravy. I v tomto případě doporučuji zlepšení podmínek působení na životní prostředí.

Cíle práce stanovené v druhé kapitole této bakalářské práce jsou detailně dodrženy. Hlavní cíl, vlivy antropogenně vzniklých izotopů niklu na životní prostředí, se prolíná celou prací a jedna z hlavních kapitol je na toto téma konkrétně zaměřena. Praktická část teoretickou rešerši, která se zaměřuje na identifikaci hlavních zdrojů znečištění Ostravska, jen potvrzuje. Rozsáhlá literární rešerše obsahuje všechny dílčí cíle, které byly zprvu nastavené a podrobně doplňuje a vysvětluje praktickou část. Odborná analýza byla provedena, příčiny znečištění jednotlivých lokalit byly zjištěny a výsledky byly zhodnoceny. V této kapitole jsou charakterizovány doporučená možná opatření na snížení míry kontaminace a jsou popsány dopady působení Ni v jednotlivých lokalitách a i obecně. Praktická část je v plné návaznosti na část teoretickou.

8. PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

ADITYA K.P., SNEHA G., PRASHANT K., 2016: Emissions and human health impact of particulate matter from surface mining operation: a review. *Environmental Technology and Innovation* 5: 233-249 s.

AGGELIDES S.M., LONDRA P.A., 2000: Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and a clay soil. *Bioresource Technology* 3: 253-259 s.

AMMANN A. A., 2007: Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP MS): a versatile tool. *Journal of mass spectrometry*: 10 s.

ARCELORMITTAL, 2016: O společnosti. Arcellormittal Ostrava a.s, online: <http://ostrava.arcelormittal.com/o-spolecnosti/o-spolecnosti.aspx>, cit. 20.12.2016.

ARNDT T. PharmDr., 2010: Výživa a stopové prvky, *Výživa*: 3-5 s.

BECKER J. S., DIETZE H-J., 1998: Inorganic trace analysis by mass spectrometry, *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectrometry*, Julich, 1475-1506 s.

CABICAR J., 1983: *Stabilní izotopy*, 1983, Praha, 176 s.

CLIFF D., SHIFENG D., 2015: Human health risk assessment and safety threshold of harmful trace element in the soil environment of the wulantuga open cast coal mine. *School of Chemical and Environment Engineering*: 837-848 s.

CZSO, 2015: Sčítání lidu. Český statistický úřad, online: <https://www.czso.cz/csu/czso/scitani-lidu-domu-a-bytu>, cit. 6.1.2017.

ČEZ, 2016: Snižování znečištění ovzduší. ČEZ a.s., online: <https://www.cez.cz/cs/odpovedna-firma/zivotni-prostredi/programy-snizovani-zateze-zp/snizovani-znecisteni-ovzdusi/aktivity-cez.html> 2016, cit. 6.1.2017.

ČHMÚ, 2016: Generátor znečištění. Český hydrometeorologický úřad, online: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/actual_hour_data_CZ.html 9.11.2016, cit. 20.12.2016.

ČHMÚ, 2017: Generátor znečištění. Český hydrometeorologický úřad, online: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/aqindex_slide3/mp_TORVA_CZ.html, cit. 5.1.2017.

DAVIS J. R. and ASM International Handbook Committee, 2000: Nickel, cobalt and their alloys, Materials Park, OH ASM International, 58-62 s.

ENGIE, 2016: Energetická infrastruktura. ENGIE Services a.s., Praha, online: <http://www.engie.cz/energeticka-infrastruktura>, cit. 2.1. 2017.

ESTRADE N., CLOQUET CH., ECHEVARRIA G., STERCKMAN T., DENG T., TANG Y., MOREL J.L., 2015: Weathering and vegetation controls on nickel isotope fractionation in surface ultramafic environments. Earth and planetary science letters: 24-35 s.

GOOGLE, 2017: online: <https://www.google.cz/intl/cs/earth/>, cit. 2.3.2017.

GREENWOOD N. N. and EARNSHAW A., 1993: Chemie prvků 1., 1. vydání 1., ISBN 80-85427-38-9, Praha, 217-219 s.

GREENWOOD N. N. and EARNSHAW A., 1993: Chemie prvků 2., Praha, 1416-1420 s.

GRŮZA D., 2014: Česká inspekce životního prostředí. Ostravici hrozí znečištění z koksovny. Česká televize, online: <http://m.ceskatelevize.cz/zpravodajstvi-ostava/zpravy/254635-ostavici-hrozi-znecisteni-z-koksovny/>, cit. 5.1.2017

HEINRICH K., 2015: Výživa v medicíně a dietetika, Praha, 194 s.

HEUMANN K.G., EISENHUT S., GALLUS S., HEBEDA E. H., NUSKO R., VENGOSH A., WALCZYK T., 1995: Poslední vývoj v oblasti tepelné ionizační hmotnostní spektrometrie technik pro izotopové analýzy, *Analyst* 120: 1291-1312 s.
<http://www.rosmarinus.cz/jaka-je-optimalni-pudni-reakce-ph-pudy/>, cit. 8.3. 2017.

IRZ, 2016: Nikl a jeho sloučeniny. Integrovaný registr znečišťování, Praha, online:
<http://www.irz.cz/node/72> , cit. 25.10. 2014.

JAKOPIČ R., RICHTER S., KUHN H., AREGBE Y., 2010: The main isotopes. *Journal Analyst National Spectrom* 25: 815-821 s.

JIXIN Q, XIAOLIN H., MANUEL M., PER R., 2009: Determination of plutonium isotopes in waters and environmental solids: A review. *Analytica Chimica Acta* 1-2: 66-84 s.

KLAMINDER J., FARMER J.G., MACKENZIE A.B., 2011: The origin of lead in the organic horizon of tundra soils: Atmospheric deposition, plant translocation from the mineral soil or soil mineral mixing? *Science of the total environment*: 4344-4350 s.

KLEGER L., VÁLEK P., 2016: Těžké kovy- Ni, *Arnika.cz*, Praha, online:
<http://arnika.org/nikl>, cit. 15.10.2016.

KUOPPAMAKI K., SETAL H., RANTALAINEN A., KOTZE J., 2016: Urban snow indicates pollution originating from road traffic. University of Helsinki, Department of Environmental Sciences, Lahti, Finland.

McGRATH S., CHAUDRI A.M., GILLER K.E., 1995: Long-term effects of metal in sewage sludge on soils, microorganisms and plants. *Journal of Industrial Microbiology* 2: 94-104 s.

NAEEMULLAH, TASNEEM K., IMRAN H., SHAH F., ARAIN S., DEV K., JAMSHED A., MARIAM S. A., 1995: Simultaneous determination of silver and other heavy metals in aquatic environment receiving wastewater from industrial area, applying an enrichment method. *Arabian Journal of Chemistry* 1: 105-113 s.

Nařízení vlády 23/2011 Sb., které pojednává o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, v platném znění.

Nařízení vlády 350/2002 Sb., stanovující imisní limity a podmínky a způsob sledování, posuzování, hodnocení a řízení kvality ovzduší, v platném znění.

NIELSEN F. H., 2013: *Newer Trace elements and Possible Application in Man, Essential and Toxic Element*, Oxford, 379-399 s.

NICHOLLS D., 1973: *The chemistry of iron, cobalt and nickel*, Oxford, Pergamon Press: 315 s.

NUNES J. A., BATISTA B. L., RODRIGUES J. L., CALDAS N.M., NETO J. A.G. and BARBOSA F., 2010: A Simple Method Based on ICP-MS for Estimation of Background Levels of Arsenic, Cadmium, Copper, Manganese, Nickel, Lead, and Selenium in Blood of the Brazilian Population, *Journal of toxicology and environmental health*: 878-887 s.

OKD, 2017: *Životní prostředí. Ostravsko-karvinnské doly*, online: <http://www.okd.cz/cs/zivotni-prostredi>, cit. 5.1.2017.

OLESIK W. J., 1991: *Elemental analysis using ICP-OES and ICP/MS*, American Chemical Society, 12-21s.

PODMOLÍK V., 2011: člen představenstva, zodpovědný za výrobu a techniku, FM deník, Frýdek- Místek, online: http://fm.denik.cz/zpravy_region/paskovsti-zpovidali-zastupce-biocelu20110128.html, cit. 5.1.2017

POONKOTHAI M. and SHYAMALA B., 2012: Nickel as an essential element and a toxicant. *International Journal of Environmental Sciences* Vol. 1 No. 4.: 285-288 s.

PURUSHOTHAM D., MEHNAZ R., MAHJOOR L., NARSING A. R., SHAKEEL A., NAGAIHAH E., DAR F. A., 2013: Environmental impact assessment of air and heavy metal concentration in groundwater of Maheshwaram watershed, Ranga Reddy district, India, 385 s.

REMY H. Dr., 1961: *Anorganická chemie* 1. díl, 1. vydání, Praha, 107-112 s.

REYNOLDS G.J., 2001: Nickel in petroleum refining. *Journal Petroleum Science and Technology* 7/8: 979- 1007 s.

ROSMARINUS.cz, 2016: Jaká je optimální půdní reakce pH půdy. Pěstitelská podpora, Praha, online: <http://www.rosmarinus.cz/jaka-je-optimalni-pudni-reakce-ph-pudy/>, cit. 25.2. 2017.

SOILTREC, 2016: Netradiční izotopy. Česká geologická služba, online: <http://www.geology.cz/soiltrec/izotopy>, cit. 15.10.2016.

ŠRYTR J., 2008: Nově vytvořená aliance Nebe nad Ostravou dnes veřejně vyzvala hutní gigant Arcelormittal Ostrava k okamžitému snížení emisí. *Ekolist.cz*, online: http://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/nove-vytvorena-aliance-nebe-nad-ostravou-dnes-verejne-vyzvala-hutni-gigant-arcelormittal-ostrava-k-okamzitemu-snizeni-emisi?add_disc=1, cit. 2.1.2017.

Vyhláška MŽP 356/2002 Sb., stanovující soupis znečišťujících látek a všeobecné emisní limity, v platném znění.

WOLTERBEEK B., 2002: Biomonitoring of trace element air pollution: principles, possibilities and perspectives. Delft University of Technology, Interfaculty Reactor Institute (IRI), Department of Radiochemistry, Nuclear Environmental Studies, The Netherlands.

WONG J.L., 1998: Chemical speciation of nickel in residual oil ash. Chemistry Department, Kentucky, 818-822 s.

YANG S., LIU Y., 2016: Nuclear field shift effects on stable isotope fractionation: a review. Acta Geochemica 35: 227-239 s.

Zákon č. 254/2001 Sb., který pojednává o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), v platném znění.

ZANG X., GUAN H.,ZHANG Z., WANJUN Z., YAO T., 2016: Numerical experiments on the impacts of surface evaporation and fractionation factors on stable isotopes in precipitation. Asia- Pacific Journal of atmospheric sciences 3: 327-339 s.

ZSCHAU T., GETTY S., GRIES C., AMERON Y., ZAMBRANO A., NASH T. H., 2013: Historical and current atmospheric deposition to the epilithic lichen Xanthoparmelia in Maricopa County, Arizona. Environmental Pollution 1: 21-30 s.

ZUOVA, 2016: Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě, online: <https://www.zuova.cz/>, cit.20.1.2016.

9. SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ

TABULKY:

Tabulka 1: Fyzikální vlastnosti niklu.....	15
Tabulka 2: Izotopy niklu.....	16
Tabulka 3: Použití niklu.....	17
Tabulka 4: Lokality sběrných míst.....	30
Tabulka 5: Výsledné koncentrace Ni z lišejníků.....	39
Tabulka 6: Výsledné koncentrace Ni ze sněhu.....	40
Tabulka 7: Výsledné koncentrace Ni z mechů.....	41
Tabulka 8: Výsledné koncentrace Ni z půdy.....	43

OBRÁZKY:

Obrázek 1: Klasifikace analytických metod hmotnostních spektrometrií.....	27
Obrázek 2: Lokalizace vzorků v rámci ČR.....	31
Obrázek 3: Lokalizace v rámci Ostravska.....	31
Obrázek 4: Příprava pro kyselinový rozklad.....	36
Obrázek 5: Výsledný graf mikrovlnného rozkladu sněhu a lišejníků.....	36
Obrázek 6: Použité zařízení pro mikrovlnný rozklad.....	37

10. PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH:

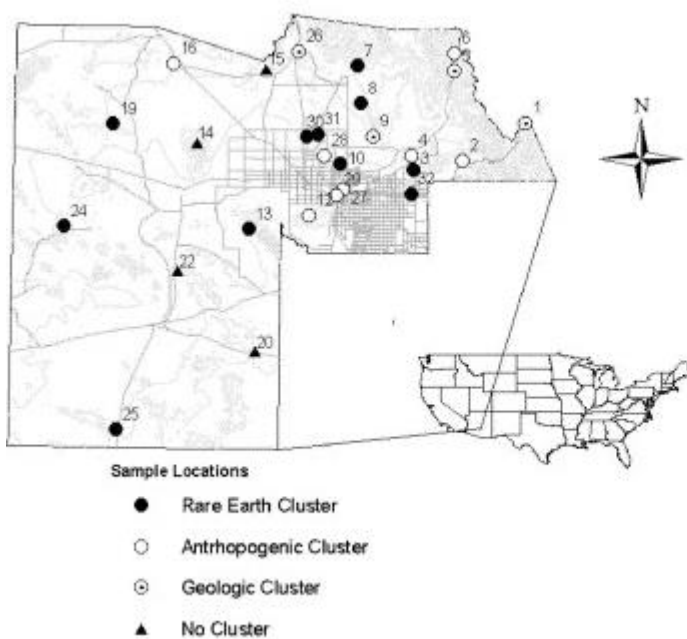
Příloha 1: Vzorové umístění v Maricopa County, Arizona, USA

Příloha 2: Změna v koncentraci kovu v průběhu času v letech 1974-1998

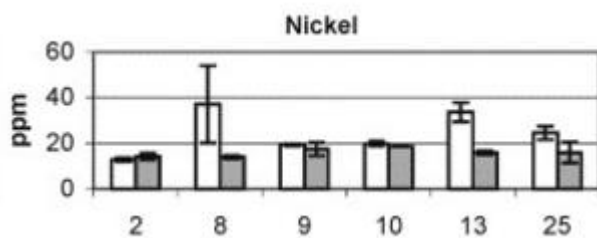
Příloha 3: Souhrnné statistiky koncentrací elementárních prvků

Příloha 4: Prostorové rozložení koncentrace kovu. Zdroj: Zschau et al., 2013

Příloha 1: Vzorové umístění v Maricopa County, Arizona, USA. Zdroj: Zschau et al., 2013



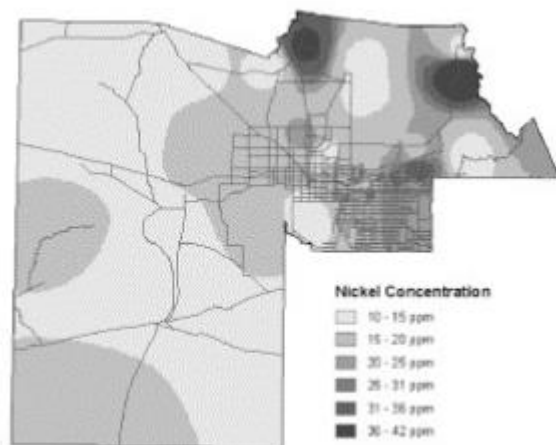
Příloha 2: Změna v koncentraci kovu v průběhu času v letech 1974-1998. Zdroj: Zschau et al., 2013



Příloha 3: Souhrnné statistiky koncentrací elementárních prvků. Zdroj: Zschau et al., 2013

Prvek	Elementární koncentrace (mg/kg, (ppm))	
	Rozsah	Průměr (SD)
Antimon	0,07-0,87	0,44 (0,22)
Kadmium	0,21-1,14	0,46 (0,18)
Chróm	3,43-13,61	5,79 (2,19)
Kobalt	1,02-3,95	1,93 (0,75)
Měď	12,07-73,3	22,12 (12,65)
Zlato	Pod detekčním limitem	
Nikl	9,26-41,71	18,13 (7,71)
Palladium	0,02-0,16	0,07 (0,04)
Platina	0,00-0,54	0,21 (0,15)
Stříbro	0,02-0,16	0,08 (0,04)
Cín	0,20-0,84	0,41 (0,16)
Uran	Pod detekčním limitem	
Zinek	29,18-70,32	50,86 (10,87)

Příloha 4: Prostorové rozložení koncentrace kovu. Zdroj: Zschau et al., 2013



11. DATOVÝ NOSIČ- CD/DVD