



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA CHEMICKÁ

FACULTY OF CHEMISTRY

## ÚSTAV CHEMIE A TECHNOLOGIE OCHRANY ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

INSTITUTE OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY OF ENVIRONMENTAL PROTECTION

## HODNOCENÍ OBSAHU TĚŽKÝCH KOVŮ V ZEMĚDĚLSKÝCH PŮDÁCH MORAVSKOSLEZSKÉHO KRAJE

ASSESSMENT OF HEAVY METAL CONTENT IN AGRICULTURAL SOILS OF THE MORAVIAN-SILESIA  
REGION

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

#### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Eliška Anna Skurňová

#### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Mgr. Renata Komendová, Ph.D.

BRNO 2023

## Zadání bakalářské práce

Číslo práce: FCH-BAK1889/2022 Akademický rok: 2022/23  
Ústav: Ústav chemie a technologie ochrany  
životního prostředí  
Studentka: **Eliška Anna Skurňová**  
Studijní program: Environmentální chemie, bezpečnost  
a management  
Studijní obor: bez specializace  
Vedoucí práce: **doc. Mgr. Renata Komendová, Ph.D.**

### Název bakalářské práce:

Hodnocení obsahu těžkých kovů v zemědělských půdách Moravskoslezského kraje

### Zadání bakalářské práce:

1. Vypracovat aktuální literární rešerši problematiky kontaminace životního prostředí rizikovými prvky – zhodnotit jejich zdroje, toxicitu a transport v jednotlivých složkách životního prostředí.
2. Provést výběr vhodných analytů a z dat ÚKZÚZ zhodnotit dlouhodobý vývoj a stav zemědělských půd Moravskoslezského kraje s ohledem na obsah vybraných rizikových prvků.

### Termín odevzdání bakalářské práce: 22.5.2023:

Bakalářská práce se odevzdává v děkanem stanoveném počtu exemplářů na sekretariát ústavu. Toto zadání je součástí bakalářské práce.

-----  
Eliška Anna Skurňová  
studentka

-----  
doc. Mgr. Renata Komendová,  
Ph.D.  
vedoucí práce

-----  
prof. Ing. Jiří Kučerík, Ph.D.  
vedoucí ústavu

V Brně dne 1.2.2023

-----  
prof. Ing. Michal Veselý, CSc.  
děkan

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá hodnocením obsahu vybraných těžkých kovů (arsen, beryllium, kadmium, kobalt, chrom, měď, nikl, olovo, vanad a zinek) v zemědělských půdách na 19 odběrných místech v Moravskoslezském kraji. Data pro tuto práci byla poskytnuta Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským. Vzorky byly odebrány v rámci Bazálního monitoringu půd v odběrových cyklech 1995, 2001, 2007, 2013 a 2019. Obsahy rizikových prvků v půdách byly stanoveny metodou optické emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem po rozkladu lučavkou královskou v Národní referenční laboratoři ÚKZÚZ. Nejméně kontaminovanou lokalitou byly obce Oldřišov, Markvartovice a Nové Sedlice na Opavsku. Nejvíce znečištěnou oblastí bylo Město Albrechtice na Bruntálsku – byla zde překročena legislativní preventivní hodnota obsahu mědi a olova a indikační hodnota kadmia a zinku. V Žilině na Novojičínsku došlo k překročení preventivních hodnot obsahu chromu a niklu. Nejvyšší koncentrace zinku byly zjištěny v Dolních Marklovicích na Karvinsku, kde došlo k několikanásobnému překročení legislativních indikačních hodnot. Z poskytnutých dat nelze jednoznačně určit, zda z dlouhodobého hlediska mají koncentrace těžkých kovů v těchto oblastech rostoucí či klesající trend.

## **ABSTRACT**

The aim of this bachelor's thesis is evaluation of the concentration levels of selected heavy metals (arsenic, beryllium, cadmium, cobalt, chromium, copper, nickel, lead, vanadium, and zinc) in agriculture soils on 19 sampling points in Moravian-Silesian Region. The Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture provided data for this thesis. The samples were collected as part of the Basal Soil Monitoring in sampling cycles 1995, 2001, 2007, 2013 and 2019. The contents of risk elements in soils were determined by the optic inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy after the Aqua regia decomposition in the National Reference Laboratory ÚKZÚZ. Villages Oldřišov, Markvartovice a Nové Sedlice in Opava district were the least contaminated. The most contaminated locality was Město Albrechtice in Bruntál district, here, the legislative preventive value for copper and lead content, and the indicative value for cadmium and zinc, were exceeded. The preventive values for chromium and nickel content were exceeded in the part of the city Žilina in Nový Jičín district. The highest concentration of zinc was found in Marklovice in Karviná district, where the legislative indicative values were exceeded multiple times. It was not possible to determine from the provided sample data if the concentration of heavy metals is increasing in generally long-term perspective.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

těžké kovy, rizikové prvky, zemědělské půdy, Moravskoslezský kraj, ICP-OES

## **KEY WORDS**

heavy metals, risk elements, agricultural soils, Moravian-Silesian Region, ICP-OES

SKURŇOVÁ, Eliška Anna. *Hodnocení obsahu těžkých kovů v zemědělských půdách Moravskoslezského kraje*. Brno, 2023. Dostupné také z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/146155>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie a technologie ochrany životního prostředí, Vedoucí práce Renata Komendová.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citovala. Bakalářská práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího bakalářské práce a děkana FCH VUT.

.....  
Eliška Anna Skurňová

## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych poděkovala vedoucí mé bakalářské práce doc. Mgr. Renatě Komendové, Ph.D. za odborné vedení, vstřícný přístup, trpělivost a ochotu při konzultacích. Ráda bych také poděkovala Ústřednímu kontrolnímu ústavu zemědělskému za poskytnutí dat pro tuto práci a za poskytnutí celosemestrální praxe. Jmenovitě bych chtěla poděkovat především Mgr. Šárce Polákové, Ph.D. za zaslání dat a metodik, Mgr. Bibiáně Kotzianové, Ing. Sylvě Fuisové a Ing. Vladimíře Vilamové z Národní referenční laboratoře ÚKZÚZ za poskytnutí jednotných pracovních postupů a seznámení s průběhem analýzy. Dále bych ráda poděkovala Ing. Tomáši Svobodovi za pomoc s tvorbou map a konzultace. V neposlední řadě děkuji svým přátelům a rodině za podporu při psaní této bakalářské práce.

# OBSAH

ÚVOD .....	1
1. TEORETICKÁ ČÁST.....	2
1.1. Půda .....	2
1.1.1. Vznik půdy .....	2
1.1.2. Půdní druhy .....	5
1.1.3. Taxonomický klasifikační systém půd ČR .....	6
1.1.4. Referenční třídy půd ve sledované lokalitě .....	11
1.1.5. Půdní typy v zájmové lokalitě .....	11
1.2. Zemědělský půdní fond České republiky .....	13
1.2.1. Zemědělská půda a její součásti .....	13
1.3. Rizikové prvky v půdách .....	14
1.3.1. Rizikové prvky .....	14
1.3.2. Výskyt a zdroje vybraných rizikových prvků v životním prostředí .....	14
1.3.3. Rizikové prvky v životním prostředí .....	16
1.3.4. Toxicita vybraných rizikových prvků .....	17
1.4. Legislativa .....	18
1.4.1. Vyhláška o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy .....	18
1.4.2. Zákon o ochraně ZPF .....	19
1.4.3. Další zákony a vyhlášky týkající se problematiky ochrany půdy .....	19
1.5. Metoda stanovení ICP OES .....	19
1.5.1. Instrumentace .....	19
1.5.2. Analytické využití .....	20
2. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....	21
2.1. Odběr a úprava půd k analýze .....	21
2.2. Zájmová území .....	22
2.3. Stanovení .....	24
2.3.1. Rozklad lučavkou královskou .....	24
2.3.2. Stanovení ICP-OES .....	24
3. VÝSLEDKY A DISKUZE .....	27
3.1. Arsen.....	27
3.2. Beryllium .....	29

3.3.	Kadmium .....	31
3.4.	Kobalt .....	33
3.5.	Chrom .....	35
3.6.	Měď .....	37
3.7.	Nikl .....	39
3.8.	Olovo .....	41
3.9.	Vanad .....	43
3.10.	Zinek .....	45
4.	ZÁVĚR.....	48
5.	LITERATURA.....	49
6.	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....	56
7.	SEZNAM PŘÍLOH.....	57

## ÚVOD

Půda je jednou ze základních složek životního prostředí. Je prostorem pro život půdních organismů, sehrává důležitou roli v koloběžích látek i vody, poskytuje prostor pro umístění staveb, rekreační činnosti a jiné aktivity člověka. Spousta stavebních materiálů také pochází z půdy. A v neposlední řadě je také prostorem pro růst volně rostoucích rostlin a účelově pěstovaných plodin, látky obsažené v půdě se tedy dostávají do potravního řetězce. Půda se, vzhledem k dlouhému trvání její tvorby, považuje za neobnovitelný a vyčerpatelný zdroj, který je potřeba chránit.

Jako těžké kovy byly označovány kovy s hustotou vyšší než  $5 \text{ g/cm}^3$ . V průběhu let bylo zjištěno, že pro životní prostředí i člověka mohou být rizikové i prvky s nižší hustotou, proto se v dnešní době využívá označení „rizikové prvky“. Tato bakalářská práce se zaměřuje na vybrané rizikové prvky a to: arsen, beryllium, kadmium, kobalt, chrom, měď, nikl, olovo, vanad a zinek. Ne všechny tyto prvky lze automaticky považovat za rizikové, rozhodující jsou jejich koncentrace a podmínky prostředí. Ve vysokých koncentracích jsou tyto prvky však toxické pro všechny složky životního prostředí, zdraví zvířat a lidí. Do životního prostředí se dostávají především díky modernímu způsobu života a stále rozrůstajícímu se průmyslu.

Moravskoslezský kraj má bohatou průmyslovou historii, která sahá až do 19. století, kdy se tam rozvíjela těžba černého uhlí. V minulém století došlo ke značnému rozvoji průmyslu v oblasti energetiky, hutnictví a strojírenství, vznikly podniky jako například Vítkovické železárny, Třinecké železárny, Nová huť a další. V současné době se zde nacházejí průmyslové podniky, jako například ArcelorMittal, Ostravsko-karvinské doly, Škoda Transportation, Hyundai Mobis, a další.

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v rámci Bazálního monitoringu půd, monitoruje mimo jiné i obsahy rizikových prvků v zemědělských půdách.

Tato bakalářská práce z dat poskytnutých ÚKZÚZ posuzuje a zhodnocuje dlouhodobý vývoj koncentrací výše uvedených rizikových prvků v zemědělských půdách v jednotlivých okresech Moravskoslezského kraje, vyhodnocuje, které části kraje jsou kontaminovány nejvíce a které jsou naopak zasaženy nejméně.

# 1. TEORETICKÁ ČÁST

## 1.1. Půda

I když je půda jednou ze základních složek životního prostředí a její podoba je obecně známá, najít jednotnou definici je téměř nemožné. V základu se při nazírání na půdu rozlišují dva hlavní směry, a to směr statický a dynamický.

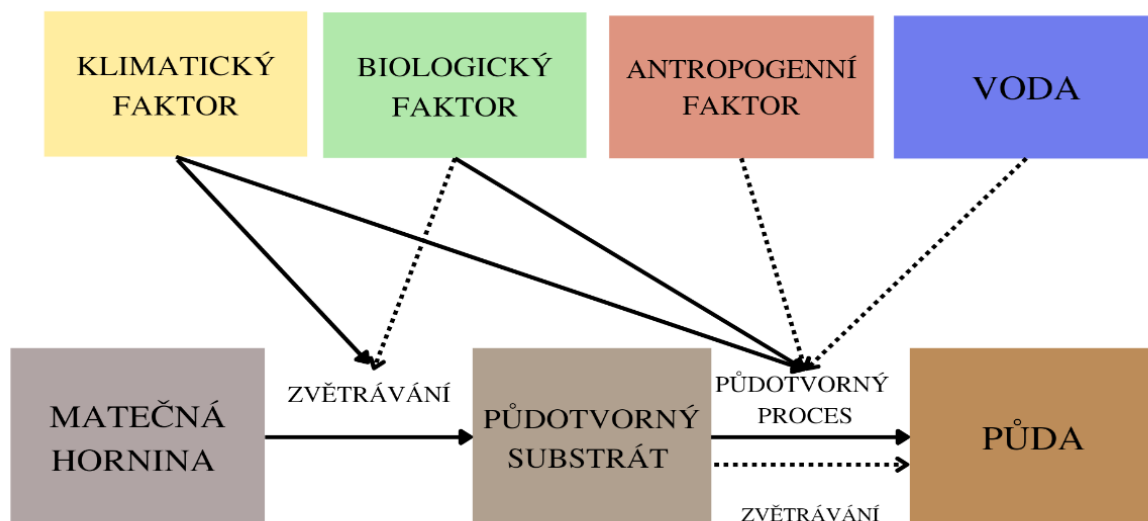
Statický směr byl upřednostňován spíše v minulosti a jeho příkladem je definice od E. Ramanna z roku 1905: „*Půda je svrchní zvětrávající vrstva pevné zemské kůry, skládající se z rozmělněných a chemicky pozměněných hornin a ze zbytků rostlin a zvířat v půdě i na půdě žijících*“ [1]. Na půdu se postupně začalo nahlížet komplexněji a začala být chápána jako dynamický systém, tudíž se i její definice vyvíjely a jako zlomovou a dodnes nejvýstižnější definici půdy podal V. V. Dokučajev, který půdu nazval „*samostatným přírodně-historickým útvarem, který vzniká a vyvíjí se zákonitým procesem, jenž probíhá působením několika půdotvorných činitelů*“ [2]. Podobně znějící definici uvedl i český půdoznalec V. Novák: „*Půda je přírodní útvar, který se vyvinul z povrchových zvětralin zemské kůry a z organických zbytků. Jeho stavba a složení jsou výsledkem působení klimatu a živých organismů žijících v půdě i na půdě*“ [3].

Půdou se tedy obecně rozumí svrchní vrstva zemské kůry, která je tvořena organickou hmotou, minerálními částicemi, živými organismy, vodou a vzduchem [4].

Je životním prostředím pro půdní organismy, substrátem pro růst volně rostoucích rostlin i účelově pěstovaných plodin, a tak i základním článkem potravního řetězce. Půdní mikroorganismy jsou obrovskou zásobárnou genetické informace a umožňují průběh důležitých procesů v ekosystémech. Půda je také nezastupitelná v koloběžích látek, jako jsou uhlík, dusík, fosfor, síra a voda, jejichž cykly probíhají v půdě interakcí mikrobiální složky s fyzikálními a chemickými vlastnostmi. Půda je mimo jiné zásobíštěm všech výše zmiňovaných látek a v případě vody je také přírodním čistícím filtrem. Působí jako environmentální pufrální médium, které je schopno zadržovat a degradovat potenciálně rizikové látky. Za určitých podmínek však může rizikové látky i uvolňovat. Mnoho základních složek stavebních materiálů pochází z půdy. Půda zároveň poskytuje prostor pro umístění staveb, rekreační činnosti a jiné aktivity člověka, mezi které patří i archeologický a paleontologický výzkum, jenž by bez půdy nebyl možný [5]. Vzhledem k dlouhému trvání procesu její tvorby ji lze považovat za neobnovitelný a vyčerpátný zdroj, který je potřeba chránit [4].

### 1.1.1. Vznik půdy

Pedogeneze je proces, kdy působením půdotvorných činitelů na matečnou horninu, vzniká půda. Půdotvorní činitelé se dělí do dvou skupin, na půdotvorné faktory a podmínky půdotvorného procesu. Mezi půdotvorné faktory patří půdotvorný substrát (matečná hornina), klimatický faktor, biologický faktor, podzemní voda a vliv člověka. Podmínky půdotvorného procesu jsou poté reliéf (konfigurace terénu) a čas (stáří půdy) [2].



Obr. 1 – schéma vzniku půdy

#### 1.1.1.1. Půdotvorní činitelé a podmínky půdotvorného procesu

Půdotvorný substrát je výchozím materiálem pro vznik půdy. Jeho horninové složení ovlivňuje rychlost tvorby půdy, její hloubku, zrnitostní složení a její vlastnosti. Půdotvorné substráty, respektive matečné horniny, se mohou kategorizovat podle různých hledisek, nejčastěji se však dělí podle jejich geologického stáří. V našich podmínkách se nejčastěji vyskytují substráty čtvrtohorního a třetihorního stáří [2].

Vztahy mezi klimatem a pedogenezí jsou složité, zejména díky interakci s jinými faktory a podmínkami půdotvorného procesu [2]. Podnebí je materiálním i energetickým, přímo i nepřímo působícím půdotvorným faktorem. O stupni ovlhčení půdy, jenž ovlivňuje intenzitu i kvalitu vnitřních procesů v půdě, rozhoduje poměr srážek a výparu. Teplo má vliv na účinnost půdní vody, rychlost biologických a biochemických procesů a má vliv na výpar, tudíž i na ovlhčení půdy. Přímý vliv je v síle větru, jenž napomáhá výparu vody a rozrušování povrchu půd větrnou erozí [6].

Biologickým faktorem se rozumí vegetace a půdní edafon. Vegetace je hlavním zdrojem humusotvorného materiálu a podmiňuje malý biologický koloběh látek [6]. Půdní edafon je společenstvo všech organismů v půdě, tvoří 1-10 % suché hmotnosti organické hmoty v půdě. Edafon se zpravidla dělí na fytoedafon a zooedafon [7]. Fytoedafon zahrnuje rostlinné organismy žijící v půdě, patří sem bakterie, aktinomycety, houby a řasy. Zooedafon označuje živočišné organismy žijící v půdě a dělí se na mikroedafon, kam se řadí prvoci, nálevníci, někteří červi a další mikroorganismy a makroedafon, který zahrnuje například červy, členovce, měkkýše, ale i některé obratlovce (hlodavce a hmyzožravce). Edafon se výrazně podílí na zpracování organické hmoty, pomáhá mísení půdní hmoty a může ovlivňovat i přirozenou drenáž půd [2].

Podzemní voda se spolu s vodou povrchovou podílí na půdotvorném procesu převážně materiálně. Zvyšuje humiditu půdy, zpomaluje rozklad organických látek a napomáhá jejich hromadění – rašelinění. Vede k fyzikálně-chemickým a chemickým změnám v půdě a podmiňuje glejový půdotvorný pochod. Voda bohatá na rozpuštěné látky může způsobovat zasolení půd [2], [6].

Lidská činnost může tvorbu půdy ovlivňovat jak v negativním, tak pozitivním slova smyslu. Kultivace zvyšuje hloubku prohumózněné vrstvy, napomáhá fyzikálním i chemickým změnám v půdě, ovlivňuje činnost edafonu a může do jisté míry překonávat rozdíly ve vlastnostech půd k nimž došlo v přírodních podmínkách. Na druhou stranu však antropogenní činnost může být příčinou nežádoucího úbytku humusu, zhutňování půdy a v neposlední řadě půdu kontaminuje cizorodými xenobiotickými látkami [2], [6].

Podmínky půdotvorného procesu na vznik půdy nemají přímý vliv, ovlivňují však půdotvorné činitele. Patří sem reliéf a stáří půdy. Reliéf neboli konfigurace terénu ovlivňuje klimatický faktor (nadmořskou výškou a mírou oslunění), vodní režim a také například rozložení matečných hornin. Stářím půdy se rozumí doba, po kterou nerušeně působí soubor přibližně stejných půdotvorných faktorů [2].

#### **1.1.1.2. Půdotvorné procesy**

Vlivem půdotvorných činitelů dochází k půdotvorným procesům, které přeměňují matečnou horninu na půdu.

Obecné půdní procesy popisují vliv významných biologických, chemických a fyzikálních reakcí, jevů a procesů na půdu a půdní organismy. Zahrnují také tok látek a energie mezi půdou a ostatními složkami životního prostředí.

Obecné půdní procesy jsou řazeny do čtyř kategorií [8]:

1. nárůst hmoty v půdním těle
2. ztráty hmoty z půdního těla
3. translokace hmoty v půdním těle
4. transformace látek v půdním těle

Speciální (též elementární) půdotvorné procesy označují kombinaci mikroprocesů v půdě, které vedou ke vzniku určitých charakteristik a znaků v půdě. Vybrané speciální půdotvorné procesy jsou uvedeny v Tab. 1 :

Tab. 1 - speciální půdotvorné procesy [2], [6], [8]

Speciální půdotvorný proces	Charakteristika	Zařazení do kategorií obecných půdních procesů
Humifikace	Mikrobiální a chemická přeměna organických zbytků na humus	4
Eluviace	Přesun látek z určité části půdního profilu	3
Iluviace	Opak eluviace Přesun látek do určité části půdního profilu	3
Hnědnutí/ Braunifikace	Uvolňování sloučenin železa z minerálů a jejich rozptýlení a transformace (oxidace, redukce)	3,4
Solončakování	Vnášení lehce rozpustných solí do půdního profilu	1
Slancování	Speciální případ eluviace Vymývání solí z povrchových horizontů půdy a jejich akumulace ve spodině	3
Eroze	Odstraňování látek z povrchové vrstvy půdy	2
Mineralizace	Uvolňování minerálních látek při rozkladu látek organických	4
Rašelinění/ Paludizace	Hromadění a přeměna organických látek na rašelinu	4

Půda jako samostatný přírodní útvar vzniká a vyvíjí se působením pedogenetických (půdotvorných) procesů, které vznikem půdy nekončí, ale probíhají neustále i ve zdánlivě neměnné se půdě.

### 1.1.2. Půdní druhy

Druhy půd jsou klasifikovány podle velikosti zrn. Zrnitost udává velikost a poměrné zastoupení jednotlivých půdních frakcí. Zrnitost se velmi významně podílí na průběhu pedogenetických procesů, ale i na charakteristice půdy [9]. Používají se různé klasifikace zrnitosti, v ČR se doposud nejčastěji používá jednoduchá a praktická Nováková klasifikace (příloha č. 8 k vyhlášce č. 275/1998 Sb. ve znění pozdějších předpisů) [10]. Přesnější klasifikace je uvedena v rámci Taxonomického klasifikačního systému půd ČR [11].

Tab. 2- Nováková klasifikace půdního druhu [10]

Procento částic <0,01 mm	Půdní druh	Označení půdního druhu	
0-10	Písčitá	p	Lehké
10-20	Hlinitopísčitá	hp	
20-30	Písčitohlinitá	ph	Střední
30-45	Hlinitá	h	
45-60	Jílovitohlinitá	jh	Těžké
60-75	Jílovitá	jv	
>75	Jíl	J	

K určení půdního druhu lze též použít tzv. zrnitostní trojúhelník, což je grafické znázornění podílu jednotlivých frakcí [12].

### 1.1.3. Taxonomický klasifikační systém půd ČR

Klasifikace půd se využívá k rozdělení půd na základě určitých hledisek. V minulosti se půdy dělily převážně podle produkční schopnosti či zrnitosti, v současnosti se půdy klasifikují dle jejich vývoje, chemismu a biologických a fyzikálních vlastností. Podle Taxonomického klasifikačního systému půd ČR se půdy třídí hierarchicky [6].

#### 1.1.3.1. Taxonomické kategorie klasifikačního systému

**Referenční třídy půd:** větší skupiny půd, seskupené podle způsobu jejich vývoje. K jejich označení se využívá koncovky – *sol* (leptosol, černosol, luvisol atp.) [11].

**Půdní typy:** hlavní jednotky klasifikačního systému. Jsou charakterizovány určitými horizonty a jejich pořadím, či určitými diagnostickými znaky. Označují se podstatným jménem s typickými koncovkami, případně s koncovkou *-zem*. Jejich symbol je tvořen dvěma velkými písmeny (např. LI, RZ, PR apod.) [6].

**Půdní subtypy:** představují modifikaci půdního typu. K jejich označení se využívá se přídavného jména za označením půdního typu (např. kambizem luvická). Půdní subtypy vyjadřují například ovlivnění půdy vodou při vývoji, specifické znaky zrnitostního složení či antropické ovlivnění [13]. Symbolicky se označují malým písmenem (případně několika malými písmeny) za symbolem půdního typu (např. Kam, FLqp) [6].

**Půdní variety:** poukazují na charakteristiky v minerálních půdách do hloubky 25 cm, jelikož u zemědělských půd jsou tyto znaky znehodnoceny kultivací, tak se půdní variety používají pouze pro popis lesních půd [13]. Vyjadřují méně výrazné subtypové znaky a označují se příslovcem (slabě, hluboko) nebo dalším přídavným jménem po názvu subtypu (eutrofní, hořečnatá apod.). V symbolice se značí malým písmenem s čárkou (z', u', g') [6].

**Ekologická fáze:** vyjadřuje ovlivnění pedogeneze tvorbou humusových forem u půd lesních a zkulturněním půd zemědělských [6].

**Degradační a akumulární fáze:** vyjadřují vliv degradačních procesů (eroze, akumulace antropického materiálu, intoxikace, kontaminace aj.) [6], [11], [13].

**Půdní formy:** vyjadřují typ substrátu, jeho zrnitosti, vrstevnatosti a mineralogického složení, výrazně ovlivňujících pedogenezi, využití a obhospodařování půd [11].

#### 1.1.3.2. Diagnostické horizonty

Diagnostickým půdním horizontem je dobře rozeznatelný půdní horizont (případně půdní vrstva), ve kterém jsou dobře rozeznatelné analytické i vizuální znaky. Slouží k definici půdního typu [14].

Aby bylo možno schematicky znázorňovat a zapisovat sekvence horizontů půdního profilu, používají se k označení jednotlivých horizontů symboly. Pro hlavní symboly diagnostických horizontů se používají velká písmena abecedy (např. A, B, E, C atp.), pro přídatné se k nim

přidávají písmena malá (např. Bv, Bs, Bt aj.). Schématické znázornění sekvence půdního profilu může vypadat například takto: O–Ah–El–Bt–BC–C [14].

Přehled diagnostických horizontů seřazen sestupně od povrchu zemského k matečné hornině je uveden v Tab. 3:

Tab. 3 - přehled diagnostických půdních horizontů [14]

Skupiny horizontů	Horizonty	Symbolické označení
Organické horizonty	Anhydrogenní horizonty nadložního humusu	O (L, F, H)
	Horizonty nadložního humusu	Ot
	Rašelinné horizonty	T
Organominerální povrchové horizonty	Humózní horizonty	A
Podpovrchové horizonty	Eluviální horizonty	E
	Kambické horizonty	B (Bv, Bp, Ba, Br, Bz)
	Spodické horizonty	B (Bsv, Bsh, Bhs, Bs, Bh)
	Luvické horizonty	B (Bt, Bn)
	Mramorované horizonty	B (Bm)
	Glejové horizonty	G
	Horizonty akumulace reoxidovaných oxidů Fe a Mn	B (Bos)
	Horizonty akumulace karbonátů a solí	K, S
	Horizonty fosilní a pohřbené	f
	Substrátové horizonty a horizonty podložní horniny	C, IIC, IIIC, Cr, R, M, D

**Organické horizonty** jsou nadložní horizonty, které obsahují více než 20-30 % (hm.) organických látek. Z důvodu kultivace se tyto horizonty nevyskytují u orných půd [6]. První skupinou organických horizontů jsou **anhydrogenní horizonty nadložního humusu**, které jsou charakteristické vznikem na propustných a nezamokřených půdách, tvorba humusu u nich tak není ovlivněna hladinou podzemní vody. Oproti tomu **hydrogenní horizonty nadložního humusu** vznikají tam, kde je hladina podzemní vody většinu roku blízko k zemskému povrchu. Při dlouhodobém nadbytku vody organické zbytky rostlin zrašelinní a vznikají **rašelinné horizonty** [14]. Podrobnější rozdělení jednotlivých organických horizontů a jejich symbolické označení je uvedeno v Tab. 4.

Tab. 4- organické půdní horizonty [14]

Organické horizonty	Symbolické označení	Podrobnější rozdělení	Symbolické označení
Anhydrogenní horizonty nadložního humusu	O	Horizont opadanky	L
		Horizont drti	F
		Humifikační horizont	H
Hydrogenní horizonty nadložního humusu	Ot	Hydrogenní fibrický	Of
		Hydrogenní mesický	Om
		Hydrogenní humusový	Oh
Rašelinné horizonty	T	Rašelinný fibrický	Tf
		Rašelinný mesický	Tm
		Rašelinný saprický	Ts
		Humolitový	Th

**Organominerální povrchové horizonty**, tzv. epipedony, jsou povrchové minerální horizonty, v nichž jsou organické látky přeměňovány na specifické humusové látky a dochází k jejich akumulaci. Obsahují 20-30 %<sub>hm</sub>. a obsah nerozložitelných látek je menší než 5 %. Souhrnně je lze označovat jako humózní horizonty a označovat písmenem A. Obdobně jako u organických horizontů mohou vznikat **humózní horizonty anhydrogenní** a **hydrogenní** v závislosti na zamokření dané lokality. Na půdách obdělávaných běžnou agrotechnikou pak vznikají také **kulturní humózní horizonty** [14]. Přehled organominerálních půdních horizontů je uveden Tab. 5.

Tab. 5 - organominerální půdní horizonty [14]

Humózní horizonty	Symbolické označení	Rozdělení	Symbolické označení
Anhydrogenní humózní horizonty	A	Humózní lesní	Ah
		Humózní drnový	Ad
		Inicální	Ai
		Melanický	Am
		Černický	Ac
		Tirsový	As
		Umbrický	Au
		Eluviální	A*e
Hydrogenní humózní horizonty	A	Nodulární novotvary	A*n
Kulturní humózní horizonty	A	Orniční	Ap
		Drnový	Adp
		Antropický	Az

**Podpovrchové horizonty**, tzv. endopedony, leží pod horizonty biogenní akumulace organických látek (pod epipedony). Pokud je v nich zvýšena koncentrace organických látek, pak sem byly iluviovány, nebo už byly obsaženy v půdotvorném substrátu [6]. Vertikálním nebo laterálním přesunem látek vznikají **vysvětlené, jílem nebo oxidy Fe, Mn ochuzené horizonty**, což jsou v různém stupni ochuzené až vybělené horizonty, které se označují písmenem E. Písmenem B je souhrnně označeno 6 skupin podpovrchových půdních horizontů a to **kambické (metamorfické) horizonty, spodické horizonty, luvické (jílem obohacené) horizonty, mramorované redoximorfní horizonty, mramorované redoximorfní horizonty a horizonty akumulace reoxidovaných oxidů Fe, Mn**. Obecná charakteristika pro tyto horizonty neexistuje, většinou se jedná o soubor chemických reakcí či transportu látek, které jsou specifické pro jednotlivé horizonty. Ve vodou nasycených půdách vznikají **glejové reduktomorfní horizonty**, ve kterých převažují redukční procesy a značí se písmenem G. Další skupinou podpovrchových horizontů jsou **horizonty akumulace karbonátů a solí**, které jsou relativně hodně obohacené karbonáty či rozpustnými solemi, jsou značeny písmeny K a S. Pod mladšími půdami se nacházejí horizonty **fosilní a pohřbené**, které se značí malým písmenem f před symbolem daného horizontu (např. fEp). Poslední skupinou jsou **substrátové horizonty a horizonty podložní horniny**, které jsou málo nebo vůbec ovlivněné biologickou činností a vznikla z nich minerální část půdy (s výjimkou podložní horniny). Substrátové horizonty a horizonty podložní horniny nemají souhrnné označení [14]. Přehled podpovrchových půdních horizontů je uveden v Tab. 6.



*Obr. 2 - řez půdním profilem kambizemě [11]*

Tab. 6 - podpovrchové horizonty [14]

Podpovrchové horizonty	Symbolické označení	Podrobnější rozdělení	Symbolické označení
Vysvětlené, jílem nebo oxidy Fe, Mn ochuzené horizonty	E	Vybělený albický	Ea
		Podolizací ochuzený	Ep
		Illimerizací ochuzený	El
		Plavohnědý ochuzený	Ev
		Soloncový ochuzený	Es
		Vybělený nodulární	En
		Hydrogenně vybělený	Ew
		Vybělený planický	Ee
Kambické (metamorfické) horizonty	B	Hnědý	Bv
		Pelický	Bp
		Andický	Ba
		Rubifikovaný	Br
		Hnědý antropogenní	Fz
Spodické horizonty	B	Rezivý	Bsv
		Humusoseskvi oxidický	Bsh/Bhs
		Seskvi oxidický	Bs
		Humusoiluviální	Bh
Luvické, jílem obohacené horizonty	B	Luvický	Bt
		Natrický	Bn
Mramorované redoximorfní horizonty	B	Mramorovaný	Bm
Glejové reduktomorfní horizonty	G	Glejový reduktomorfní	Gr
		S rezyvými novotvary	Gor/Gro
		Glejový oxidační	Go
Horizonty akumulace reoxidovaných oxidů Fe, Mn	B	Oxikový okrový	Bos
Horizonty akumulace karbonátů a solí	K a S	Kalcický	K
		Salický	S
Horizonty fosilní a pohřbené	f	-	-
Substrátové horizonty a horizonty podložní horniny	-	Vlastní půdotvorný substrát	C
		Souvrství půdotvorného substrátu	IIC, IIIC
		Rozpad pevné horniny	Cr
		Pevná hornina	R
		Půdní sediment jako půdotvorný substrát	M
		Podložní hornina/fosilní půda	D

#### 1.1.4. Referenční třídy půd ve sledované lokalitě

Kompletní přehled referenčních tříd půd a jednotlivých půdních typů je uveden v Tab. 7.

Mezi **fluvisoly** jsou řazeny půdy s velmi rozdílným chemismem. Jejich společnou charakteristikou je vznik dlouhodobým periodickým usazováním sedimentů. Mají poměrně vysoký obsah organických látek v celém profilu, což je způsobeno postupnou akumulací materiálu. Dalším znakem je střídání zrnitostně různorodých materiálů – vrstevnatost půdního profilu. Typické pořadí horizontů je A–M, kde je písmenem M označováno různě mocné souvrství sedimentovaného materiálu. Do této skupiny patří dva půdní typy, a to fluvizem\* a koluvizem [15].

Pro referenční skupinu **luvisolů** je charakteristický proces ilimerizace, který se podílí na vzniku jejich specifického profilu [16]. Ilimerizace je proces mechanického přemístování jílu do spodních částí půdy s gravitační vodou bez změny jeho stavby [17]. Ilimerizace je podmíněna dostatkem srážek a dostatečnou drenáží. Mezi luvisoly jsou řazeny tři půdní typy – šedozem, hnědozem\* a luvizem\* [16].

**Kambisoly** se v České republice vyskytují přibližně na 50 % území a jsou u nás tedy nejrozšířenější skupinou půd. Vlastnostmi se jedná o velice různorodou skupinu, která je výrazně ovlivněna vlastnostmi substrátu, na němž se vytváří. Společným znakem je přítomnost horizontu B vzniklého intenzivním vnitropůdním zvětráváním, který je specifický pro jednotlivé půdní typy. Do skupiny kambisolů se řadí dva půdní typy – kambizem\* a pelozem [18].

**Stagnosoly** značí skupinu půd periodicky ovlivňovaných vodou, v důsledku povrchového převlhčení (oglejení). Svrchní horizonty jsou převlhčeny nejvíce a převládá v nich redukční prostředí, s hloubkou intenzita převlhčení začíná klesat a převažuje prostředí oxidační. Oxidačně redukční podmínky ovlivňují mocenství různých prvků, což může být doprovázeno barevnými změnami. Do této skupiny půd patří dva půdní typy – pseudoglej\* a stagnoglej [19].

Referenční třída **glejosolů** je ovlivněna vodou obdobně jako v případě stagnosolů. V tomto případě je však příčinou hydromorfních znaků podzemní voda, nikoli povrchová. Do této referenční třídy se řadí pouze jeden půdní typ a to glej\* [20].

\*Tyto půdy se nacházejí v zájmových lokalitách

#### 1.1.5. Půdní typy v zájmové lokalitě

**Fluvizemě** jsou půdy vznikající v nivách řek a potoků z půdních sedimentů, dříve se jim proto také říkalo nivní půdy. Jsou charakterizovány vrstevnatostí a nepravidelným rozložením organických látek s obsahem větším než 0,5 % v celém profilu. Jejich stratigrafie je O–Ah nebo Ap–M–C, kde písmeno M označuje různě mocné souvrství sedimentovaného materiálu. Fluvizemě jsou poměrně úrodné půdy, jsou však ohrožovány záplavami a kontaminací z vodních toků [15], [21].

**Hnědozemě** vznikají procesem ilimerizace. Vznikají především v rovinatém či mírně zvlněném reliéfu. Stratigrafie jejich půdního profilu je O–Ah nebo Ap–(Ev)–Bt–B/C–C či Ck.

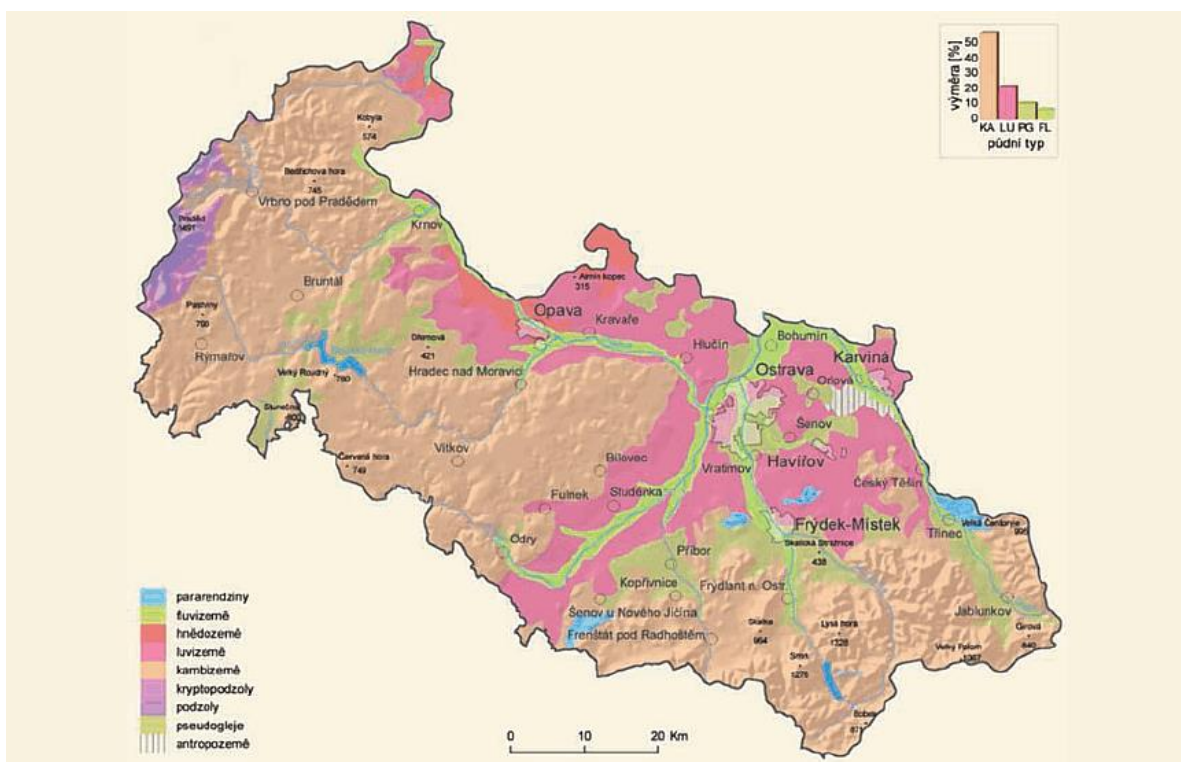
Jedná se o velmi úrodné půdy, převážně jsou využívány jako orné půdy. Jsou však náchylné ke zhutnění (vysoký obsah jílu), proto je potřeba je kypřit [16], [22].

**Luvizemě** obdobně jako hnědozemě vznikají ilimerizací v rovinatém či mírně zvlněném reliéfu. Jejich stratigrafie je O–Ah nebo Ap–El –Btd–BC–C. Jsou méně úrodné než hnědozemě, krom zhutnění, jsou také náchylné k erozi [16], [23].

**Pseudogleje** se vytvářejí v rovinatých částech reliéfu vlhčích oblastí. Vznikají procesem oglejení. Stratigrafie jejich půdního profilu je O–Ahn či Ap–En–Bmt–BCg–C nebo O–Ahn či Ap–Bm–Bcg–C. Jsou to půdy méně úrodné, doporučuje se je využívat převážně jako trvale travní porosty či lesní půdy. V případě, že se využívají jako orné půdy, je potřeba provádět kypření, vápnění a hnojení organickými hnojivy [19], [24].

**Gleje** vznikají v depresních polohách terénu, či v nivách řek s málo kolísající hladinou minerálně chudších podzemních vod. Vznikají po celém území ČR, avšak na malých plochách. Jejich stratigrafie je Ot–At až T–Gro–Gr. Jedná se o půdy velmi neúrodné, jelikož míra převlhčení zabraňuje vstupu mechanizace, tudíž jsou neprovzdušněné a také se v nich akumulují toxické látky [20], [25].

**Kambizemě** jsou půdy typické kambickým hnědým horizontem, který vznikl procesem braunifikace. Vytvářejí se převážně na plošinách a svažitéch úsecích pahorkatin, vrchovin a hornatin. V menší míře i v rovinných oblastech. Jsou nejrozšířenějším půdním typem v ČR (45 % zemědělského půdního fondu). Stratigrafie jejich půdního profilu je O–Ah nebo Ap–Bv–IIC. Jejich úrodnost je různá, zpravidla platí, že úrodnost klesá s rostoucí nadmořskou výškou [18] [26].



Obr. 3 - mapa půdních typů Moravskoslezského kraje [27]

Tab. 7 - Půdní typy

Referenční třída půd	Půdní typ	Symbol	Procentuální výskyt v ČR	Literatura
Leptosoly	Litozem	LI	0,46 %	[28] [29]
	Ranker	RN	0,46 %	
	Rendzina	RZ	1,85 %	
	Pararendzina	PR	1,85 %	
Regosoly	Regozem	RG	0,46 %	[29] [30]
Fluvisoly	Fluvizem*	FL	5,9 %	[15] [29]
	Kolvizem	KO		
Vertisoly	Smonice	SM	<0,1 %	[29] [31]
Černosoly	Černozem	CE	11,4 %	[29] [32]
	Černice	CC	1,8 %	
Luvisoly	Šedozem	SE	12,7 %	[16] [29]
	Hnědozem*	HN		
	Luvizem	LU	5,1 %	
Kambisoly	Kambizem*	KA	45,0 %	[18] [29]
	Pelozem	PE	<0,1 %	
Andosoly	Andozem	AD	0 %	[29] [33]
Podzosoly	Kryptopodzol	KP	1,4 %	[29] [34]
	Podzol	PZ	0,1 %	
Stagnosoly	Pseudoglej*	PG	6,7 %	[19] [29]
	Stagnoglej	SG		
Glejosoly	Glej*	GL	4,4 %	[20] [29]
Natrisoly	Slanec	SC	<0,1 %	[29] [35]
Salisoly	Solončak	SK	<0,1 %	[29] [36]
Organosoly	Organozem	OR	0,3 %	[29] [37]
Antroposoly	Kultizem	KU	0,1 %	[29] [38]
	Antropozem	AN		

\*Tyto půdní typy se nacházejí v zájmové lokalitě

## 1.2. Zemědělský půdní fond České republiky

Zemědělský půdní fond (dále jen ZPF) je: „základním přírodním bohatstvím naší země, nenahraditelným výrobním prostředkem umožňujícím zemědělskou výrobu a je jednou z hlavních složek životního prostředí. Ochrana zemědělského půdního fondu, jeho zvelebování a racionální využívání jsou činnosti, kterými je také zajišťována ochrana a zlepšování životního prostředí“ [39]. Zemědělská půda a její součásti

**Zemědělskou půdou** se rozumí pozemky zemědělsky obhospodařované (orná půda, chmelnice, vinice, zahrady, ovocné sady, trvalé travní porosty) a půda dočasně zemědělsky neobdělávaná [39].

Do ZPF patří kromě zemědělské půdy také:

- rybníky s chovem ryb nebo vodní drůbeže
- nezemědělská půda potřebná k zajišťování zemědělské výroby – polní cesty, pozemky se zařízením důležitým pro polní závlahy, závlahové vodní nádrže, odvodňovací příkopy, hráze sloužící k ochraně před zamokřením nebo zátopou, technická protierozní opatření apod.

V případě pochybností o tom, zda se jedná o součásti ZPF, rozhoduje orgán ochrany ZPF [39].

### 1.3. Rizikové prvky v půdách

#### 1.3.1. Rizikové prvky

Pojem „rizikové prvky“ nahradil dříve používané spojení těžké kovy. Těžké kovy jsou prvky s hustotou větší než  $5 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ . Později však bylo zjištěno, že pro životní prostředí i člověka mohou být rizikové i prvky s nižší hustotou [29]. Tato práce se zaměřuje pouze na vybrané rizikové prvky a to: As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn. Ne všechny tyto prvky lze automaticky považovat za rizikové, rozhodující jsou jejich koncentrace a podmínky prostředí. Některé z nich jsou v určitém množství důležité pro vývoj rostlin (např. Cu a Zn), pokud je však překročena kritická hranice koncentrace, reakce organismu je naopak negativní, u jiných (např. Pb a Cd) se kladná odpověď organismu nedostaví ani při nízkých koncentracích [29].

Rizikové prvky se v životním prostředí vyskytují přirozeně, avšak v relativně stabilních a nepřístupných formách a pouze v malém množství. Problematictější jsou rizikové prvky, které se do prostředí dostanou v důsledku antropogenní činnosti, převážně z důvodu mobilnějších forem výskytu a stále narůstajícího množství, které vyplývá z komerčního způsobu života a z neustálého zvyšování průmyslových výrob [29].

#### 1.3.2. Výskyt a zdroje vybraných rizikových prvků v životním prostředí

**Arsen** je dvacátým nejrozšířenějším prvkem v zemské kůře. Nejčastěji se vyskytuje jako sloučenina se sulfidy v různých komplexních minerálech sloučeninách, dále se pak přirozeně do prostředí dostává při sopečných erupcích. V minulosti se anorganické sloučeniny arsenu významně používaly jako pesticidy. Jejich užívání v druhé polovině minulého století vymizelo. Některé sloučeniny arsenu se však používají i dnes, a to jak při již zmiňované výrobě pesticidů, tak například jako konzervační médium na dřevo. Arsen se používá také ve slitinách neželezných kovů a při výrobě polovodičů. Všechny tyto činnosti mají za následek vstup sloučenin arsenu do životního prostředí. Dalším významným antropogenním zdrojem arsenu je tavení kovů a spalování uhlí [40].

**Beryllium** je tvrdý šedavý kov, který se přirozeně vyskytuje v minerálních horninách, uhlí, půdě a sopečném prachu. Beryllium a jeho slitiny se využívají například v mikroelektronice, v letecké a kosmické technice a v metalurgii jsou používány jeho slitiny s mědí. Velký význam sehrává také v jaderné energetice, jelikož je propustný pro rentgenové záření a nízkenergetické neutrony. A všechna tato využití mohou vést k jeho opětovnému uvolňování do životního prostředí [41].

**Kadmium** je dalším prvkem v zemské kůře. Obvykle se vyskytuje jako minerál v kombinaci s dalšími prvky, jako je kyslík (oxid kademnatý), chlor (chlorid kademnatý) nebo síra (síran kademnatý, sulfid kademnatý). Určité množství kadmia obsahují všechny půdy a horniny, včetně uhlí a minerálních hnojiv. Kadmium je odolné vůči korozi a má mnoho využití například při výrobě baterií, pigmentů, kovových nátěrů, plastů a v mnoha dalších odvětvích. Antropogenně se do životního prostředí dostává převážně jako emise při spalování fosilních paliv, ale také třeba při „spalování“ cigaret [42].

**Kobalt** se v zemské kůře vyskytuje ve velmi malém množství (pod 0,01 ‰<sub>hmot</sub>), vždy v přítomnosti niklu [43]. Využívá se především v metalurgii jako příměs do různých slitin, jelikož zlepšuje jejich vlastnosti, ale například také při výrobě pigmentů [44]. Jeho izotop se používá i v lékařství (onkologická léčba). Antropogenní zvýšení množství kobaltu v životním prostředí probíhá těžbou a spalováním uhlí, zpracováváním kobaltových rud a také výrobou a používáním chemických látek obsahujících kobalt [45].

**Chrom** je v životním prostředí běžně vyskytující se kov, často se nachází s rudami železa. Nejčastějším minerálem chromu je chromit [46]. Používá se při výrobě slitin, pomáhá výrazně zvýšit pevnost, tvrdost a odolnost kovů proti otěru, korozi a oxidaci. Používá se také k chromování jiných kovů, k činění kůže, jako pigment a mořidlo a jako konzervační prostředek na dřevo [47]. Do životního prostředí se v důsledku lidské činnosti dostává nejčastěji jako trojmocný nebo šestimocný [46].

**Měď** je kov, který se přirozeně vyskytuje v horninách, půdě, vodě a vzduchu. Je esenciálním prvkem rostlin a živočichů (včetně člověka), organismy proto musí určité množství mědi přijímat [48]. Má celou řadu využití a do životního prostředí je zpět uvolňována hornickým a metalurgickým průmyslem, spalováním fosilních paliv a jiných organických materiálů. Dalším významným zdrojem je aplikace antimikrobiálních prostředků na bázi mědi [49].

**Nikl** se v přírodě většinou vyskytuje společně se sírou a železem. Jedná se o stříbrošedý, tvrdý, ale kujný kov [50]. Většina niklu se používá k výrobě nerezové oceli a dalších niklových slitin s vysokou korozní a teplotní odolností. Dále se pak také používá například k výrobě baterií, zapalovacích svíček, strojních součástí a katalyzátorů [51]. Antropogenní vstup niklu do prostředí spočívá především ve spalování uhlí a dalších fosilních paliv [50].

**Olovo** je jeden z nejtěžších neradioaktivních prvků, na jednu stranu výborně odolává korozi, na druhou stranu špatně vede elektrický proud. Nejčastěji se nachází ve sloučeninách – nejběžnější sloučeninou je galenit (PbS). Hojně bylo využíváno v minulosti, nejvíce ve stavebnictví a sklářství, v automobilovém průmyslu jako antidetonační přídatek a také v předmětech denní potřeby. Po zjištění jeho toxických vlastností bylo postupně nahrazováno bezpečnějšími alternativami. V současné době se většina světové produkce spotřebovává na výrobu olovených akumulátorů, zejména pro automobilový průmysl. Dalším nenahraditelným využitím olova je jeho použití ve výrobcích odolných proti rentgenovému a gama záření. Množství olova v zemské kůře neustále narůstá, jelikož je konečným produktem radioaktivního rozpadu uranu a thoria [52].

Čistý **vanad** je zářivě bílý kov. Přirozeně se v zemské kůře nalézá v podobě sloučenin, nejběžněji pak v patronitu ( $VS_4$ ). Používá se ve výrobě slitin, katalyzátorů, pigmentů a baterií. Nejvýznamnějším antropogenním zdrojem vanadu pro životní prostředí je spalování fosilních paliv a uhlí [53].

**Zinek** je celosvětově čtvrtým nejvíce používaným kovem. Zinek je esenciálním prvkem, je součástí řady enzymů, je důležitý pro funkci imunitního systému a také je součástí antioxidantních procesů. Přirozeně se vyskytuje jen ve sloučeninách, nejběžnější je minerál sfalerit ( $ZnS$ ). První aplikaci našel již ve starověku (slitina mědi a zinku – mosaz). Dodnes nachází uplatnění při různých domácích i průmyslových použití, v metalurgii, potravinářství, či kosmetice a farmacii. Hlavními nepřirorodními zdroji zinku je samotná těžba, metalurgický a zpracovatelský průmysl [54].

### **1.3.3. Rizikové prvky v životním prostředí**

Životní prostředí je dynamický systém, jehož součásti spolu neustále interagují. Pokud nastane nějaká fyzikální či chemická změna, ať už přírodním procesem či zásahem člověka, v jedné jeho složce, ovlivní to větší či menší mírou i složky ostatní. V případě chemického znečištění se budou kontaminanty pohybovat napříč jednotlivými složkami (atmosféra-hydrosféra-pedosféra-biosféra) a budou se v těchto složkách různě zdržovat a degradovat či kumulovat. Tento proces se nazývá koloběh polutantů [55]. Těžké kovy nejsou, na rozdíl od většiny organických polutantů biodegradovány a hromadí se tak ve svrchních vrstvách půdy a v sedimentech vodních toků a nádrží [56].

#### **1.3.3.1. Rizikové prvky v atmosféře**

V atmosféře se kromě dusíku, kyslíku a vzácných plynů vyskytují také další minoritní složky, mezi které se řadí i polutanty – např. prach, kouř, saze, výfukové a další plyny i pevné částice. Množství polutantů v ovzduší závisí na mnoha faktorech, převážně na lokalitě (hustota osídlení, doprava, průmysl atd.), vlivem proudění vzduchu a mobility polutantů se však znečišťující látky v jisté míře dostávají i do atmosféry v okolí jinak „bezproblémových“ lokalit [57]. V atmosféře jsou dále obsaženy aerosoly. Sloučeniny kovů se většinou ve vzduchu vyskytují právě ve formách, které se sorbují na částice aerosolu. Emise do ovzduší představují největší zdroj těžkých kovů, které se poté dostávají do ostatních složek životního prostředí [57].

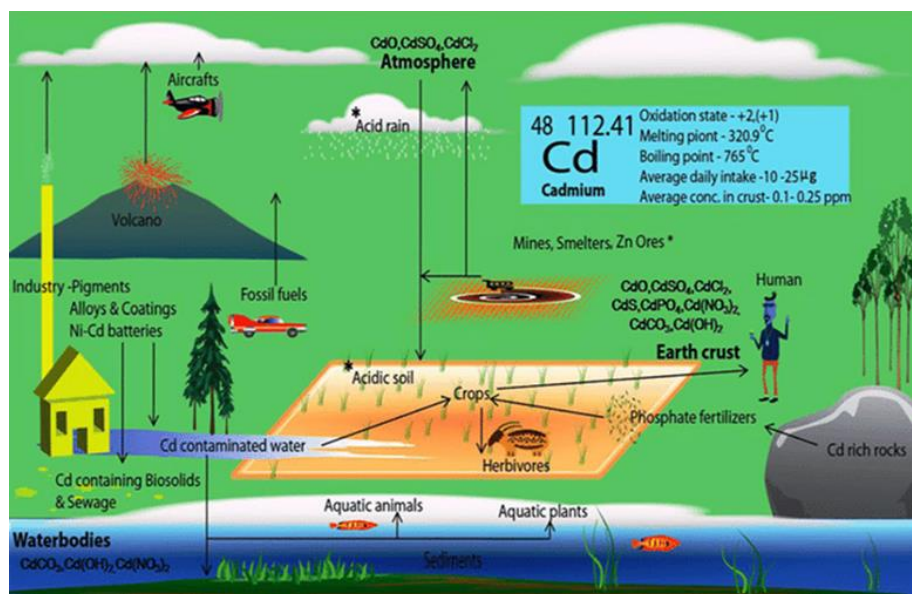
#### **1.3.3.2. Rizikové prvky v hydrosféře**

Do povrchových vod se těžké kovy mohou dostávat buď přímo spádem z atmosféry, výplachem z půd, popřípadě erozní činností [58]. Chování těžkých kovů ve vodě určuje jejich mobilita, která závisí převážně na pH (rozpuštěnost těžkých kovů ve vodě roste s klesajícím pH), oxidačně-redukčním potenciálem, a i na schopnosti kovu tvořit komplexy [59].

#### **1.3.3.3. Rizikové prvky v pedosféře**

Rizikové prvky nejvíce vstupují do půdy atmosférickým spádem, případně aplikací starších hnojiv, či závlahovými vodami. Na kontaminaci půd z atmosféry mají vliv imise z energetiky (hlavně popílek), imise z dopravy a nejzávažnějším původcem těžkých kovů v atmosférickém spádu jsou imise z metalurgie. Působení imisí na půdy bývá zpravidla dlouhodobé. Jejich vliv

se projevuje kvalitativně (kontaminace půdy, vody, rostlin) a kvantitativně (snížení výnosu) [56]. Skrze půdu se rizikové prvky dostávají do rostlin a přes ně i do potravního řetězce.



Obr. 4 - koloběh kadmia v životním prostředí [60]

### 1.3.4. Toxicita vybraných rizikových prvků

Ionty těžkých kovů mohou vstupovat do organismů dýchacím ústrojím, trávicím ústrojím, kůží a v některých případech i placentou. Po vstupu do organismu jsou po určité době vstřebány do krve, jejímž prostřednictvím jsou přemísťovány na různá cílová místa v organismu. Toxické působení těžkých kovů na organismus nejvíce poctívají malé děti a staří lidé. Množství toxického kovu v organismu se stanovuje nejčastěji v krvi, v moči a ve vlasech [61].

Negativní vliv na organismus je přímo úměrný délce expozice, z tohoto důvodu se pro každý toxický kov zjišťuje hodnota jeho biologického poločasu (tzn. doba, za kterou se z těla vyloučí polovina naakumulované toxické látky). Hodnoty těchto poločasů se u různých kovů značně liší. V některých případech se jedná o hodiny či dny, zatímco u jiných to mohou být desítky let. Biologický poločas kovu je v řadě případů i silně ovlivněn formou, ve které se nachází. Mocenství a chemická forma kovu ovlivňují míru absorpce, transport v organismu a mnohdy i sílu toxického efektu. Rozdíl v toxicitě existuje také mezi organickými a anorganickými sloučeninami kovu. Organokovové sloučeniny patří k jedněm z nejtoxičtějších látek, jsou lipofilní a jednoduše pronikají nezměněny do buněk [61].

Toxické účinky jednotlivých kovů se individuálně liší. Obecně však bývají příčinou různých dermatitid, změn v krevním obraze, poškození cílových orgánů, zažívacích potíží a v neposlední řadě karcinogenních procesů. Ionty kovů pronikají do buněk, kde negativně ovlivňují biochemické procesy (například enzymatické reakce) a poškozují zejména buněčné membrány a orgány. Toxicita kovu, je tak nejpřesněji určena množstvím, které pronikne do buňky. Vysoce nebezpečná je schopnost akumulace v tělních tkáních (např. kumulace olova či kadmia v kostech) [61].

Akutní otravy kovy, či jejich sloučeninami bývají zejména otravy profesní. Jedná se o většinou o poškození plic (př. plicní fibróza po nadýchání kovového prachu), různé

dermatitidy a poruchy gastrointestinálního traktu. Chronické otravy jsou způsobeny především akumulací schopností kovu a značí již vážné poškození organismu. Nejzávažnějším chronickým účinkem těžkých kovů je jejich karcinogenita, která je často doprovázena účinky mutagenními a embryotoxickými [61].

## 1.4. Legislativa

**1.4.1. Vyhláška o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy**  
 Vyhláška č. 153/2016 Sb., o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy a o změně vyhlášky č. 13/1994 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu stanovuje preventivní a indikační limity obsahu rizikových prvků a rizikových látek v zemědělských půdách. Určuje preventivní hodnoty obsahů rizikových prvků (dále RP) a rizikových látek (dále RL) v zemědělské půdě, indikační hodnoty RP při jejichž překročení může být narušena zdravotní nezávadnost potravin či krmiv, indikační hodnoty RP při jejichž překročení může být podezření z ohrožení růstu rostlin a produkční funkce půdy a také indikační hodnoty RP a RL při jejichž překročení může být ohroženo zdraví lidí a zvířat. Vyhláška také určuje postupy odebrání vzorků a analýzy [62].

Tab. 8 - Preventivní a indikační hodnoty obsahů rizikových prvků v zemědělské půdě zjištěné extrakcí lučavkou královskou ( $\text{mg.kg}^{-1}$  sušiny) [62]

	Pro běžné půdy**									
	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	V
Preventivní hodnoty	20	2,0	0,5	30	90	60	50	60	130	120
Indikační hodnoty <sup>1</sup>	40	-	2,0	-	-	-	150-200*	300	-	-
Indikační hodnoty <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	150-300*	150-200*	-	400	-
Indikační hodnoty <sup>3</sup>	40	-	40	-	-	-	-	400	-	-

\* v závislosti na pH

\*\* „Běžné půdy: písčito-hlinité, hlinité, jílovitohlinité a jílovité půdy, které zaujímají převážnou část zemědělsky využívaných půd. Jedná se o půdy s normální variabilitou prvků, s normálním půdním vývojem v různých geomorfologických podmínkách včetně půd na karbonátových horninách“ [62].

<sup>1</sup> Indikační hodnoty, při jejichž překročení může být ohrožena zdravotní nezávadnost potravin nebo krmiv

<sup>2</sup> Indikační hodnoty, při jejichž překročení může být podezření z ohrožení růstu rostlin a produkční funkce půdy

<sup>3</sup> Indikační hodnoty, při jejichž překročení může být ohroženo zdraví lidí a zvířat

#### 1.4.2. Zákon o ochraně ZPF

Zákon č. 334/1992 Sb., České národní rady o ochraně zemědělského půdního fondu, ve znění pozdějších předpisů vymezuje pojem zemědělský půdní fond (dále jen ZPF), určuje co do ZPF patří (viz kapitola 1.2.1), stanovuje podmínky pro vynětí půdy ze ZPF, pojednává o přestupcích, kterých se na ZPF mohou dopustit jak fyzické, tak právnické osoby a také například určuje které složky státní správy o ZPF rozhodují. Jeho cílem je chránit ZPF jako nenahraditelný výrobní prostředek a složku životního prostředí [39].

#### 1.4.3. Další zákony a vyhlášky týkající se problematiky ochrany půdy

- Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu, ve znění pozdějších předpisů [63]
- Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí, ve znění pozdějších předpisů [64]
- Zákon č. 289/1995 Sb., o lesích a o změně a doplnění některých zákonů (lesní zákon), ve znění pozdějších předpisů [65]
- Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech [66]
- Zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, rostlinných biostimulancích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech) [67]
- Zákon č. 252/1997 Sb., o zemědělství [68]
- Vyhláška č. 275/1998 Sb., o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků [10]

### 1.5. Metoda stanovení ICP OES

Atomová emisní spektrální analýza (nebo také optická emisní spektrometrie – OES) je analytická metoda založena na přechodu volných elektronů prvku do vyšších energetických stavů pomocí budícího zdroje. Sleduje se elektromagnetické záření emitované při přechodu elektronů zpět do základního stavu [69].

Atom každého prvku má elektronovou konfiguraci, která je pro něj charakteristická. Pokud volný atom absorbuje vhodnou energii (z ultrafialové či viditelné oblasti spektra), může docházet k přechodům valenčních i vnitřních elektronů do vyšších energetických vrstev (k excitaci), případně i k uvolnění elektronu z atomu. Při návratu excitovaných elektronů zpět na nižší energetickou hladinu (deexcitaci) může být přebytečná energie uvolněna ve formě elektromagnetického záření [69].

Při sledování těchto elektronových změn ve volných atomech jsou detekována čárová spektra. Atomové absorpční spektrum se jeví jako tmavé čáry na světlém pozadí. Atomová emisní spektra se naopak jeví jako světlé čáry na pozadí tmavém [69].

#### 1.5.1. Instrumentace

**Budící zdroj** se využívá k převedení vzorku do plynné fáze – atomizace, a také k dodání energie potřebné pro excitaci vzorku. Pro vzorky v pevném skupenství se využívá jiskrový

nebo obloukový výboj, pro vzorky v roztoku pak plazmový zdroj. Pro analýzu lehce excitovatelných prvků lze použít i plamen [69].

**Indukčně vázaný plazmový výboj** (Inductively Coupled Plasma – ICP) se používá k analýze vzorků v roztoku. Plazma vzniká působením vysokofrekvenčního elektromagnetického pole pomocí indukční cívky v prostředí argonu a jeho teplota se pohybuje mezi 6000 až 10 000 K. Do měděné budící cívky se vnáší aerosol vzorku v argonu. Plazmový hořák je z tavného křemene a je chlazen argonem či dusíkem. ICP je dnes nejrozšířenějším budícím zdrojem v emisní atomové analýze, umožňuje analýzu velmi malých vzorků i nekovových materiálů s vysokou citlivostí [69].

**Vzorek** musí být excitován a atomizován. Lze analyzovat kovy i nekovy. Zpravidla v pevném či kapalném skupenství, výjimečně v plynném [69].

Pro výběr vhodné vlnové délky se využívá **monochromátoru** téměř výhradně s mřížkou. Lze využít sekvenčních, které měří požadované vlnové délky postupně, tudíž lze měřit prvky postupně za sebou, nebo simultánní díky kterým lze měřit několik prvků najednou, jsou však výrazně dražší [69].

K detekci elektromagnetického záření se používají **detektory**, a to fotonásobiče nebo fotodiody [69].

### 1.5.2. Analytické využití

V kvalitativní analýze se sleduje poloha spektrálních čar, která je pro každý prvek specifická, lze tedy zjistit, zdali je prvek ve vzorku přítomen [69].

V kvantitativní analýze se sleduje intenzita jednotlivých spektrálních čar. Čím je intenzivnější spektrální čára, tím je prvku ve vzorku více.

Atomovou emisní spektrometrií lze stanovit téměř všechny prvky periodické tabulky. Nejčastěji se využívá v hutních laboratořích, laboratořích vod, při analýze potravin a biologických materiálů. Pracuje se metodou kalibrační křivky, případně metodou vnitřního standardu [69].

## 2. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Všechna data pro tuto bakalářskou práci poskytl Ústřední Kontrolní a Zkušební Ústav Zemědělský (ÚKZÚZ). Veškeré laboratorní úkony byly provedeny v Národní referenční laboratoři ÚKZÚZ. ÚKZÚZ nenese žádnou odpovědnost za prezentaci výsledků této práce. ÚKZÚZ data poskytl na základě spolupráce v rámci celosemestrální praxe. V průběhu první poloviny praxe jsem se podílela na vzorkování lesních půd a asimilačních orgánů dřevin v přírodní lesní oblasti 16, v rámci průzkumu výživy lesa. Druhou polovinu praxe jsem strávila v Národní referenční laboratoři ÚKZÚZ v Opavě, kde jsem se aktivně účastnila úpravy vzorků lesních i zemědělských půd a byla jsem seznámena s průběhem agrochemického zkoušení zemědělských půd.

### 2.1. Odběr a úprava půd k analýze

Vzorky byly odebírány a analyzovány v rámci Bazálního monitoringu zemědělských půd v základní šestileté periodě odběrů (v letech 1995, 2001, 2007, 2013 a 2019). Krom rizikových prvků se v rámci tohoto odběru zjišťuje také aktivní a výměnné pH, přístupné živiny (P, K, Mg, Ca), přístupné mikroelementy (B, Mo, Mn, Zn, Cu, Fe), obsah oxidovatelného uhlíku, celkový obsah dusíku a sorpční kapacita půdy [29].

Pozorovací plochy jsou definovány jako obdélníky o délce stran 25 x 40 m, o celkové rozloze 1000 m<sup>2</sup>. Každá plocha je charakterizovaná zeměpisnými souřadnicemi, morfologií terénu, klimatickými a půdními poměry. V těsné blízkosti každé plochy byla vykopána a popsána pedologická sonda [29].

Odběry vzorků byly prováděny po úhlopříčkách. Vždy byly odebrány čtyři směsné vzorky z ornice a podorničí, jejichž rozmístění na pozorovací ploše je na obrázku vyznačeno pomocí různých barev. Hloubka odběru byla odvíjena od způsobu hospodaření na půdě. Odebrané horizonty musí být důsledně odděleny. Pro jednotlivé kultury se uplatňují jiné zásady odběru, v rámci této práce byly parametry sledovány na orné půdě a trvalých travních porostech [29]. Schéma odběru vzorků je uvedeno na obrázku v přílohách.

Na orné půdě byl odběr prováděn ze dvou horizontů. Prvním horizontem je ornice, která má mocnost 0-25 cm a označuje se písmenem O. V případě menší mocnosti ornice byl vzorek odebrán jen z této vrstvy. Druhý horizont odebíraný z orné půdy je podorničí, jehož mocnost je 25–60 cm a značí se písmenem P. Z odběru byla vyloučena přechodová vrstva 25–35 cm mezi ornici a podorničím [29]. V případě trvalých travních porostů byl odběr prováděn ze tří horizontů. První je poddrnová vrstva, která má mocnost do 10 cm a označuje se písmenem O (je v podstatě shodná s ornici). Druhá vrstva má mocnost 10-25 cm a značí se písmenem P a třetí vrstva s mocností 25-45 cm je označována písmenem R. Vrstvy P a R jsou obě označovány jako podorniční. Odstraněna byla svrchní drnová vrstva zeminy. Vrstvy na sebe navazují bez mezivrstev [29].

Odebrané vzorky byly následně převezeny za běžné teploty na určené místo, kde byly vysušeny na vzduchu při laboratorní teplotě a poté přesítovány přes 2mm síto, uloženy do vzorkovnic a označeny. Vzorky pro laboratoř byly označeny jasným kódem, který se shoduje s kódem uvedeným v Dokumentačním listu k odběru a nakládání se vzorky [29].

## 2.2. Zájmová území

V této práci byla zpracována data z devatenácti odběrných míst napříč Moravskoslezským krajem. V Tab.9 jsou uvedena jednotlivá odběrná místa, rozdělená dle okresů, je uvedena jejich kultura, půdní typ a katastrální území ke kterému náleží. U některých míst se v průběhu let kultura měnila, proto u nich jsou uvedeny kultury v jednotlivých odběrových cyklech.

Tab. 9 - zájmová území

Okres	Katastrální území (KÚ)	Kód KÚ	Kultura	Půdní typ
Bruntál	Rýmařov	744468	Orná půda	Kambizem
	Tylov	686671	Orná půda (1995,2001) Trvalý travní porost (2007,2013,2019)	Pseudoglej
	Tylov	686671	Trvalý travní porost	Kambizem
	Město Albrechtice	693391	Orná půda	Fluvizem
Karviná	Dolní Marklovice	720321	Orná půda (1995,2007) Trvalý travní porost (2001,2013,2019)	Kambizem
Frýdek – Místek	Raškovice	739502	Orná půda	Luvizem
Nový Jičín (NJ)	Kujavy	676969	Orná půda	Hnědozem
	Jeseník nad Odrou	658952	Orná půda	Fluvizem
	Šenov u NJ	707546	Orná půda	Luvizem
	Mořkov	699331	Orná půda (1995,2001) Trvalý travní porost (2007,2013,2019)	Pseudoglej
	Hladké Životice	638790	Trvalý travní porost	Fluvizem
	Žilina u NJ	707511	Trvalý travní porost	Kambizem
	Žilina u NJ	707511	Orná půda (1995,2001) Trvalý travní porost (2007,2013,2019)	Kambizem
Ostrava	Stará Bělá	753661	Orná půda	Luvizem
Opava	Oldřišov	710113	Orná půda	Glej
	Nové Sedlice	706647	Orná půda	Hnědozem
	Markvartovice	691895	Nespecifikováno (2001,2007,2013) Orná půda (2019)	Glej
	Lhota u Opavy	680991	Trvalý travní porost	Kambizem
	Jakubčovice	656496	Orná půda	Luvizem



Obr. 5 - zájmová území

## 2.3. Stanovení

### 2.3.1. Rozklad lučavkou královskou

Vzorky byly rozkládány lučavkou královskou (směs kyseliny chlorovodíkové a kyseliny dusičné) pod zpětným chladičem za varu po dobu 2 hodin [70].

Do varných baněk bylo naváženo a 5 g vzorku. Vzorky byly ovlhčeny přídatkem 1 ml vody a za jemného promíchávání bylo přidáno 21 ml kyseliny chlorovodíkové a 7 ml kyseliny dusičné, následně bylo přidáno pár kapek oktanolu a na nádoby byl umístěn chladič. Po skončení intenzivní reakce byly vzorky ihned přivedeny k varu. Při mírném varu byly ponechány 2 h, tak aby kondenzace probíhala v první třetině chladiče. Poté byl obsah baněk převeden do 100 ml odměrných baněk, které potom byly doplněny po rysku vodou. Pro uschování do analýzy byly vzorky po pečlivém promíchání byly převedeny do uzavíratelných plastových nádobek [70].

### 2.3.2. Stanovení ICP-OES

Vzorky byly stanoveny metodou ICP-OES na přístroji Spectro Arcos SOP. Přístroj byl uveden do provozu podle pokynu výrobce, byla provedena kalibrace a následně bylo provedeno měření [71].

Podmínky měření [71]:

- průtok plazmového plynu: 14 l/min
- průtok stínícího plynu: 1 l/min
- průtok zmlžovačem: 0,8 l/min
- průtok přídatného plynu: 0,35 l/min
- příkon: 1 400 W

V Tab. 10 jsou uvedeny vlnové délky pro stanovení jednotlivých sledovaných prvků.

Tab. 10- vlnové délky pro měření jednotlivých prvků

Prvek	$\lambda$ (nm)
As	189,042
Be	313,107
Cd	228,802
Co	228,616
Cr	357,869
Cu	324,754
Ni	231,604
Pb	220,353
V	292,464
Zn	213,856



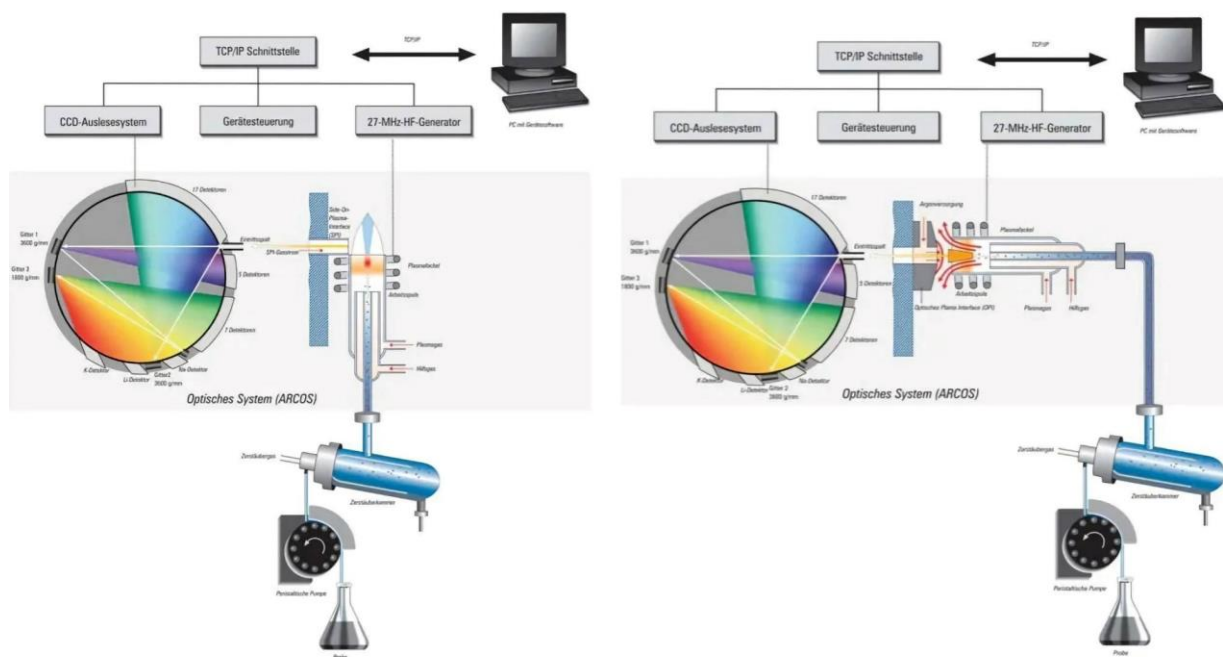
*Obr. 6 - přístroj Spectro Arcos SOP*

**Emisní spektrometr Spectro Arcos SOP** firmy SPECTRO AI disponuje tzv. Multi view systémem, který kombinuje axiální a radiální pohled do plazmy, oba v plnohodnotné kvalitě (na rozdíl od dříve používaných systémů, kde byl vždy jeden pohled hlavní) [72].

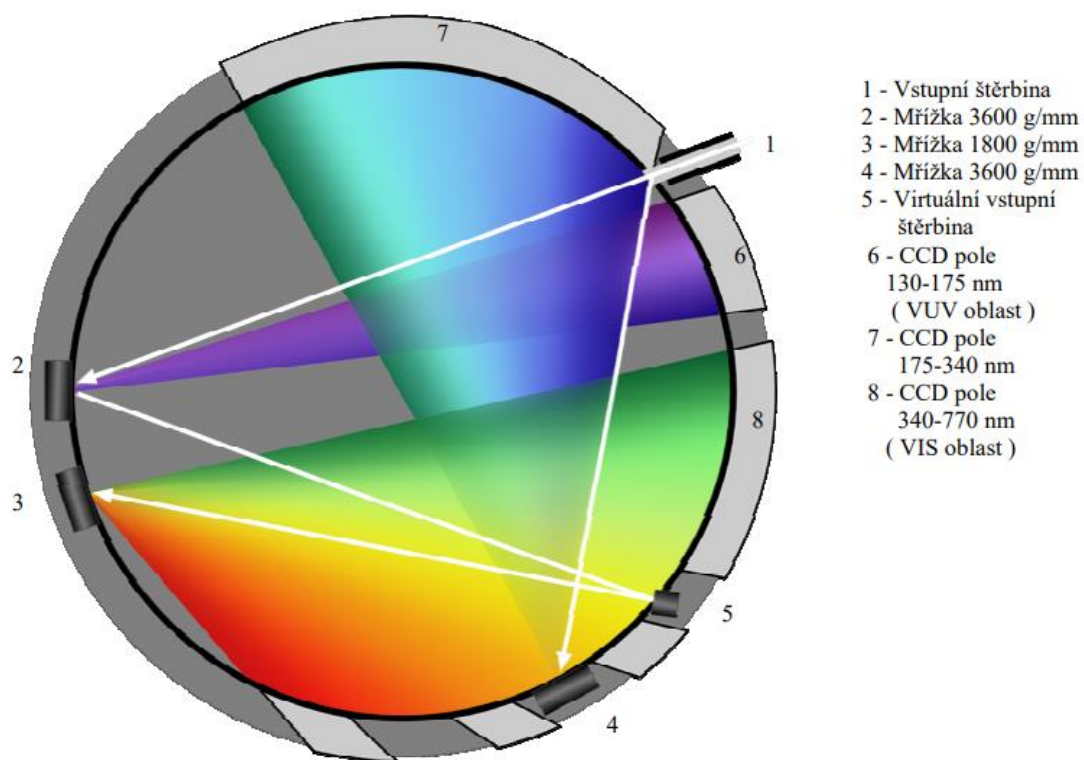
Přístroj je vybaven Paschen-Runge optikou s využitím Rowlandovy kružnice osazené 32 lineárními CCD (charge-coupled device) detektory. Optika přístroje je hermeticky uzavřena a naplněna argonem [72].

Další parametry Spectro Arcos SOP spektrometru [72]:

- měření všech prvků v rozsahu 130-800 nm (včetně halogenů Br, I, Cl)
- simultánní snímání celého spektra
- konstantní spektrální rozlišení 8 pm
- velmi nízké limity detekce
- rychlost přístroje, čímž je dána úspora provozních médií
- není nutné chlazení generátoru spektrometru, přístroj je chlazen vzduchem



Obr. 7 - srovnání radiálního (vpravo) a axiálního (vlevo) pohledu do plazmy [72]



Obr. 8 - Paschen-Runge optika [72]

### 3. VÝSLEDKY A DISKUZE

#### 3.1. Arsen

V odběrovém cyklu 1995 byla v **ornici** stanovena nejnižší koncentrace arsenu ve Lhotě u Opavy na Opavsku. V následujících odběrových cyklech (2001, 2007, 2013 a 2019) byla v ornici zjištěna nejnižší koncentrace arsenu v Žilině u Nového Jičína na Novojičínsku. Nejvyšší koncentrace arsenu byla v ornici ve všech odběrových cyklech ve Městě Albrechtice na Bruntálsku. Nejvyšší zjištěná koncentrace byla v odběrovém cyklu 1995, kdy činila 18,68 mg/kg.

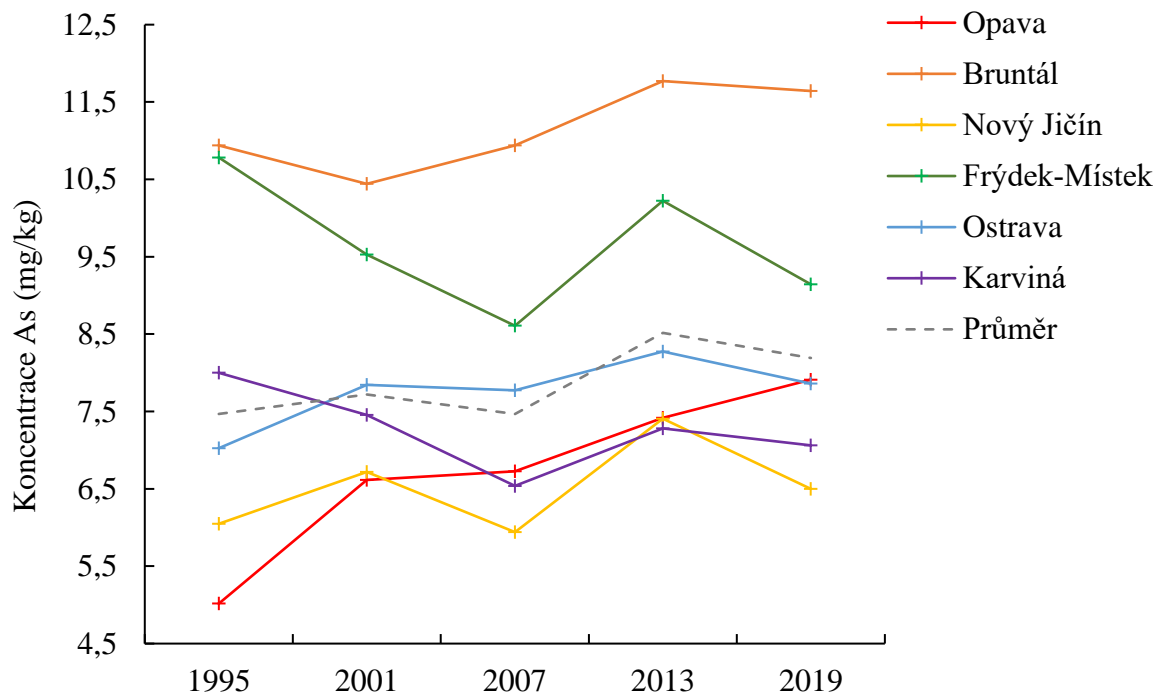
V odběrových cyklech 1995, 2001, 2007 a 2019 byla v **podorniči** zjištěna nejnižší koncentrace arsenu v Žilině u Nového Jičína na Novojičínsku, v roce 2013 v Nových Sedlicích na Opavsku. Nejvyšší koncentrace arsenu byla stejně jako v ornici ve všech odběrových cyklech ve Městě Albrechtice na Bruntálsku. Nejvyšší stanovená koncentrace byla v odběrovém cyklu 2019, kdy činila 17,60 mg/kg.

Dle Vyhlášky č. 156/2016 Sb. je preventivní hodnota obsahu arsenu v zemědělských půdách 20,00 mg/kg, preventivní hodnota nebyla překročena (viz. Tab. 8)

Vývoj obsahu arsenu v půdách letech je graficky znázorněn pro ornici na Obr. 9 a podorniči na Obr. 10. Z grafů není patrný jednoznačný růst či pokles koncentrace. Celkový přehled minimálních a maximálních hodnot koncentrace arsenu stanovených v jednotlivých okresech v ornici (O) a podorniči (P) pro jednotlivé odběrové cykly je uveden v Tab. 11.

Tab. 11- minimální a maximální hodnoty koncentrace (mg/kg) arsenu v ornici a podorniči v jednotlivých okresech MS kraje

		1995		2001		2007		2013		2019	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Opava	O	4,70	5,28	5,71	9,65	5,57	9,58	5,82	12,18	5,71	15,13
	P	4,88	4,93	5,02	8,93	4,89	8,59	5,70	14,28	5,31	15,00
Bruntál	O	6,93	18,68	7,16	15,36	7,93	16,58	7,73	17,58	7,68	18,65
	P	6,53	16,15	6,22	12,77	5,33	14,13	7,85	14,95	6,82	17,60
Nový Jičín	O	5,00	7,38	4,82	8,11	3,33	7,33	5,63	9,12	5,00	8,35
	P	3,88	7,03	3,29	7,75	3,78	8,02	5,80	9,51	5,08	9,05
Frýdek Místek	O	10,78	10,78	9,53	9,53	8,61	8,61	10,22	10,22	9,15	9,15
	P	8,27	8,27	6,91	6,91	5,24	5,24	7,30	7,30	6,29	6,29
Ostrava	O	7,03	7,03	7,84	7,84	7,77	7,77	8,28	8,28	7,86	7,86
	P	5,78	5,78	7,02	7,02	7,14	7,14	7,51	7,51	6,07	6,07
Karviná	O	8,00	8,00	7,46	7,46	6,54	6,54	7,28	7,28	7,06	7,06
	P	7,09	7,09	7,00	7,00	7,52	7,52	6,78	6,78	5,93	5,93
Celkově	O	4,70	18,68	4,82	15,36	3,33	16,58	5,63	17,58	5,01	18,65
	P	3,88	16,15	3,29	12,77	3,78	14,13	5,70	14,95	5,08	17,60



Obr. 9 - vývoj koncentrace arsenu v ornici (mg/kg) v jednotlivých okresech Moravskoslezského kraje



Obr. 10- vývoj koncentrace arsenu v podorniči (mg/kg) v jednotlivých okresech Moravskoslezského kraje

### 3.2. Beryllium

V odběrovém cyklu 1995 byla v **ornici** zjištěna nejnižší koncentrace beryllia v Dolních Marklovicích na Karvinsku. V následujícím odběrovém cyklu 2001 byla v ornici stanovena nejnižší koncentrace beryllia v Oldřišově na Opavsku. V odběrových cyklech 2007, 2013 a 2019 byla nejnižší koncentrace beryllia v Rýmařově na Bruntálsku. Nejvyšší koncentrace beryllia byla ve všech odběrových cyklech v Hladkých Životicích na Novojičínsku. Nejvyšší zjištěná koncentrace byla v odběrovém cyklu 2001, kdy její hodnota činila 1,82 mg/kg.

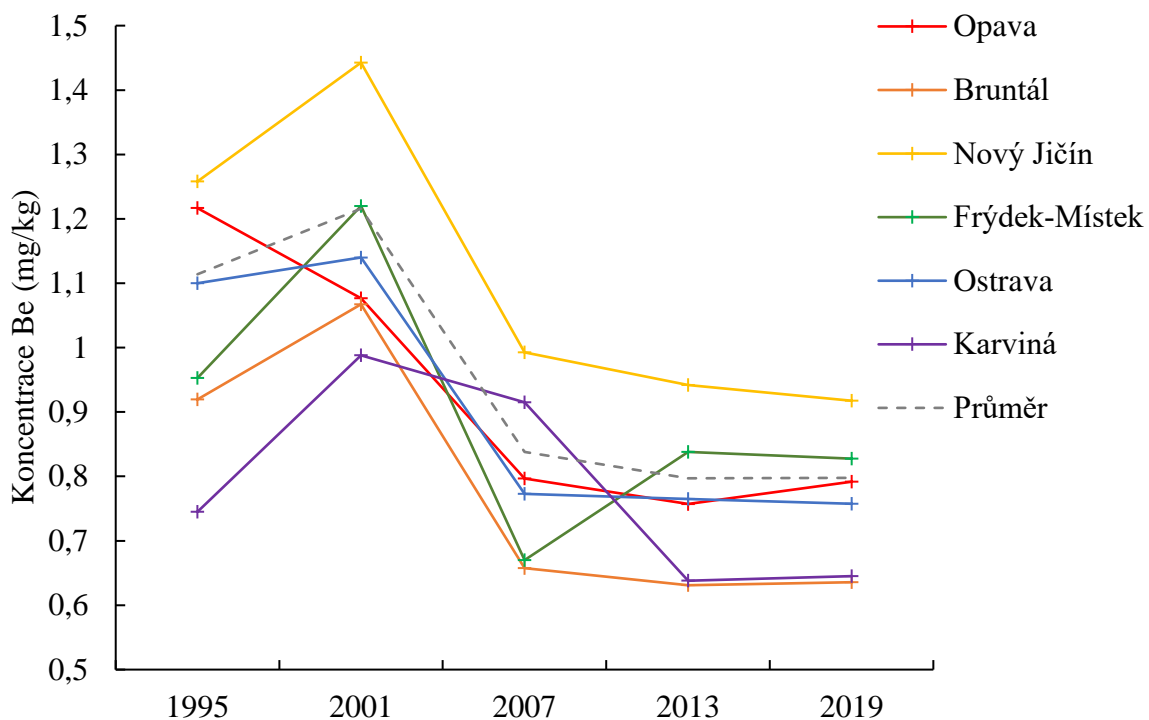
V odběrových cyklech 1995, 2007, 2013 a 2019 byla nejnižší koncentrace beryllia v **podorníci** zjištěna v Rýmařově na Bruntálsku. V roce 2001 byla zjištěna nejnižší koncentrace beryllia v Dolních Marklovicích na Karvinsku. Nejvyšší koncentrace beryllia byla ve všech odběrových cyklech stejně jako v ornici stanovena v Hladkých Životicích na Novojičínsku. Nejvyšší zjištěná koncentrace byla v odběrovém cyklu 2001, kdy její hodnota činila 1,91 mg/kg.

Dle Vyhlášky č. 156/2016 Sb. je preventivní hodnota obsahu beryllia v zemědělských půdách 2,00 mg/kg, preventivní hodnota nebyla překročena (viz Tab. 8).

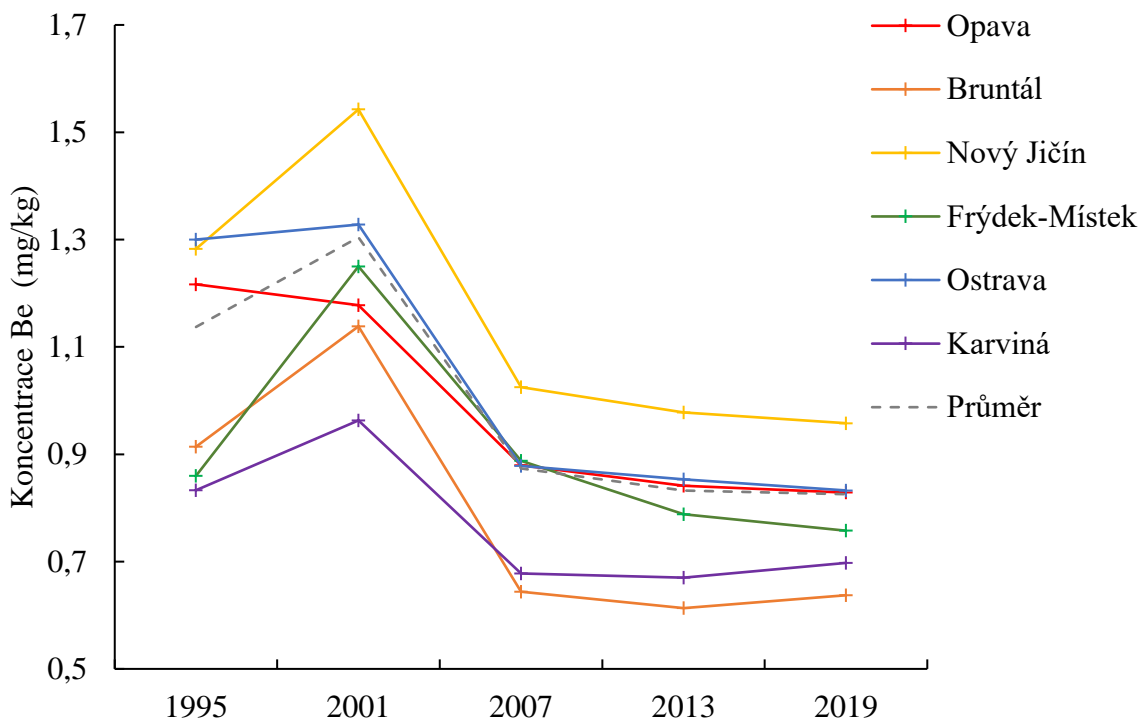
Vývoj obsahu beryllia v půdách v jednotlivých letech je znázorněn pro ornici na Obr. 11 a pro podorníci na Obr. 12. Z grafů je patrné, že koncentrace beryllia v ornici i podorníci v průběhu let klesá. Celkový přehled minimálních a maximálních hodnot koncentrace beryllia stanovených v jednotlivých okresech v ornici (O) a podorníci (P) pro jednotlivé odběrové cykly je uveden v Tab. 12.

Tab. 12 - minimální a maximální hodnoty koncentrace (mg/kg) beryllia v ornici a podorníci v jednotlivých okresech MS kraje

		1995		2001		2007		2013		2019	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Opava	O	1,10	1,35	0,91	1,24	0,66	0,97	0,64	0,94	0,66	0,92
	P	1,10	1,35	0,97	1,34	0,73	0,98	0,69	1,04	0,69	0,97
Bruntál	O	0,80	1,00	1,00	1,23	0,58	0,75	0,55	0,70	0,58	0,70
	P	0,80	1,00	1,04	1,27	0,55	0,74	0,49	0,71	0,55	0,74
Nový Jičín	O	0,93	1,80	1,00	1,82	0,70	1,38	0,69	1,34	0,65	1,32
	P	0,95	1,80	1,08	1,91	0,76	1,44	0,76	1,42	0,78	1,38
Frýdek Místek	O	0,95	0,95	1,22	1,22	0,67	0,67	0,84	0,84	0,83	0,83
	P	0,86	0,86	1,25	1,25	0,89	0,89	0,79	0,79	0,76	0,76
Ostrava	O	1,10	1,10	1,14	1,14	0,77	0,77	0,77	0,77	0,76	0,76
	P	1,30	1,30	1,33	1,33	0,88	0,88	0,85	0,85	0,83	0,83
Karviná	O	0,75	0,75	0,99	0,99	0,92	0,92	0,64	0,64	0,65	0,65
	P	0,83	0,83	0,96	0,96	0,68	0,68	0,67	0,67	0,70	0,70
Celkově	O	0,75	1,80	0,91	1,82	0,58	1,38	0,55	1,34	0,58	1,32
	P	0,80	1,80	0,96	1,910	0,55	1,44	0,49	1,42	0,55	1,38



Obr. 11- vývoj koncentrace beryllia v ornici (mg/kg) v jednotlivých okresech Moravskoslezského kraje



Obr. 12- vývoj koncentrace beryllia v podorničí (mg/kg) v jednotlivých okresech Moravskoslezského kraje

### 3.3. Kadmium

Nejnižší stanovená hodnota obsahu **v ornici** kadmia byla téměř ve všech odběrových cyklech shodná na více odběrných místech, nejsou tedy uvedeny. Nejvyšší hodnota koncentrace kadmia byla zjištěna ve všech odběrových cyklech v obci Raškovice na Frýdeckomístecku, v roce 2019 byla její hodnota nejvyšší a to 4,07 mg/kg.

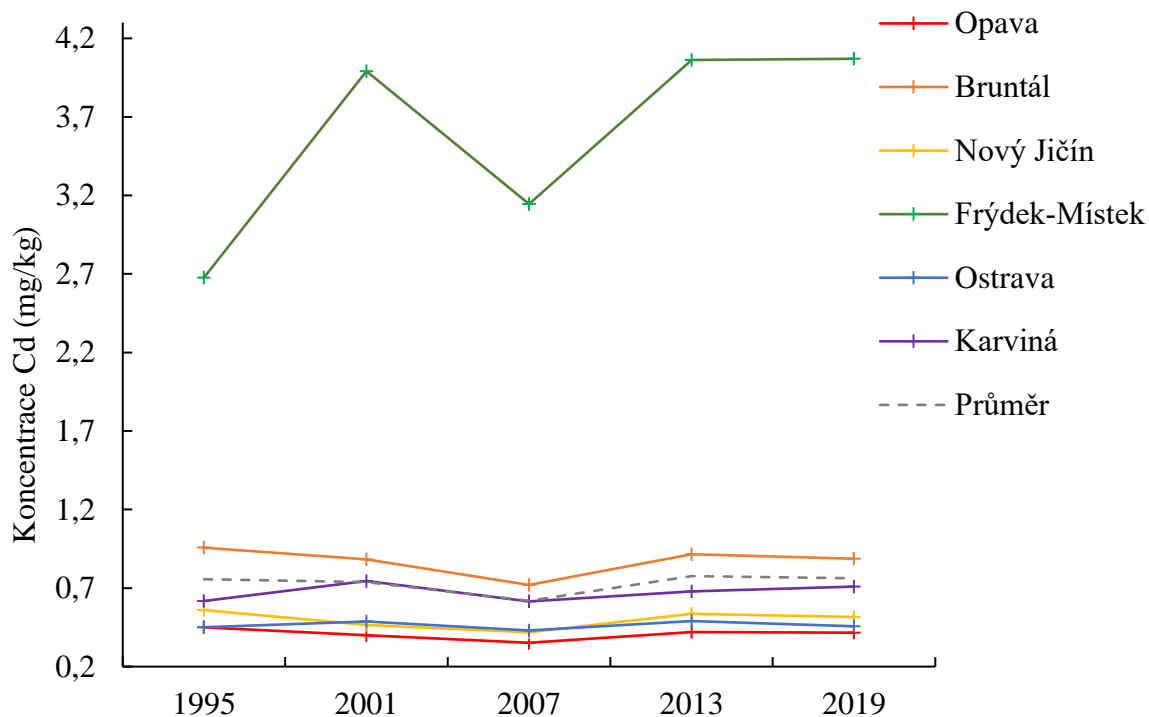
Stejně jako v ornici i **v podorniči** byly minimální zjištěné hodnoty shodné na více odběrných místech ve všech odběrových cyklech. Nejvyšší hodnota koncentrace kadmia byla zjištěna ve všech odběrových cyklech ve Městě Albrechtice na Bruntálsku, v roce 1995 byla její hodnota nejvyšší a to 3,58 mg/kg.

Dle Vyhlášky č. 156/2016 Sb. je preventivní hodnota obsahu kadmia v zemědělských půdách 0,50 mg/kg. Preventivní hodnota tedy byla překročena. Indikační hodnota<sup>1</sup> je dle stejné vyhlášky 2,00 mg/kg a indikační hodnota<sup>3</sup> je 20,00 mg/kg. Indikační hodnota<sup>1</sup> byla překročena, indikační hodnota<sup>3</sup> však překročena nebyla (viz. Tab. 8).

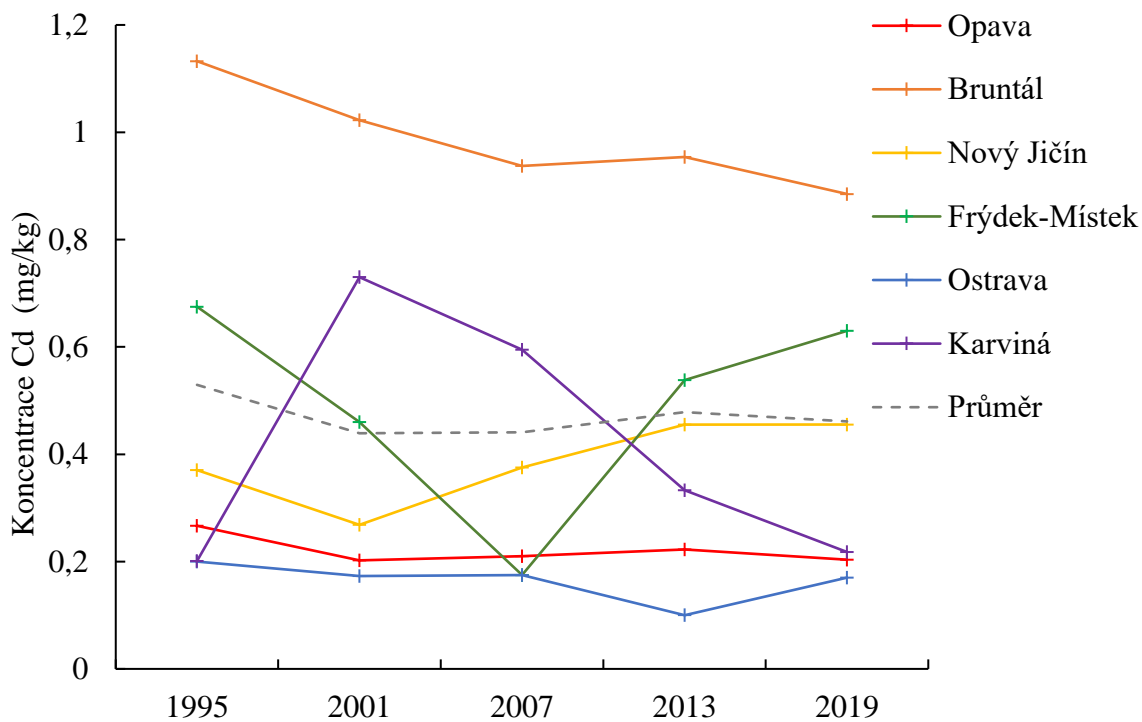
Vývoj obsahu kadmia v půdách v jednotlivých letech je znázorněn pro ornici na Obr. 13 a pro podorniči na Obr. 14. Z grafu je patrné že ornici má nejvíce kontaminovanou Frýdeckomístecko a v podorniči má nejvyšší koncentrace kadmia okres Bruntál. Celkový přehled minimálních a maximálních hodnot koncentrace kadmia stanovených v jednotlivých okresech v ornici (O) a podorniči (P) pro jednotlivé odběrové cykly je uveden v Tab. 13.

Tab. 13-minimální a maximální hodnoty koncentrace (mg/kg) kadmia v ornici a podorniči v jednotlivých okresech MS kraje

		1995		2001		2007		2013		2019	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
<b>Opava</b>	<b>O</b>	0,40	0,55	0,27	0,63	0,18	0,49	0,35	0,47	0,33	0,51
	<b>P</b>	0,20	0,40	0,05	0,32	0,18	0,35	0,10	0,45	0,08	0,35
<b>Bruntál</b>	<b>O</b>	0,35	2,48	0,35	2,21	0,18	2,07	0,33	2,45	0,30	2,50
	<b>P</b>	0,20	3,58	0,17	3,24	0,18	2,97	0,21	2,97	0,08	2,77
<b>Nový Jičín</b>	<b>O</b>	0,35	0,80	0,25	0,69	0,18	0,77	0,32	0,81	0,28	0,82
	<b>P</b>	0,21	0,80	0,05	0,69	0,18	0,71	0,10	0,83	0,08	0,83
<b>Frýdek Místek</b>	<b>O</b>	2,68	2,68	3,99	3,99	3,15	3,15	4,06	4,06	4,07	4,07
	<b>P</b>	0,68	0,68	0,46	0,46	0,18	0,18	0,54	0,54	0,63	0,63
<b>Ostrava</b>	<b>O</b>	0,45	0,45	0,49	0,49	0,43	0,43	0,49	0,49	0,46	0,46
	<b>P</b>	0,20	0,20	0,17	0,17	0,18	0,18	0,10	0,10	0,17	0,17
<b>Karviná</b>	<b>O</b>	0,62	0,62	0,75	0,75	0,62	0,62	0,68	0,68	0,71	0,71
	<b>P</b>	0,20	0,20	0,73	0,73	0,60	0,60	0,33	0,33	0,22	0,22
<b>Celkově</b>	<b>O</b>	0,40	2,68	0,25	3,99	0,18	3,15	0,32	4,06	0,28	4,07
	<b>P</b>	0,20	3,58	0,05	3,24	0,18	2,97	0,10	2,97	0,08	2,77
		Překročena preventivní hodnota									
		Překročena indikační hodnota <sup>2</sup>									



Obr. 13-vývoj koncentrace kadmia v ornici (mg/kg) v jednotlivých okresech Moravskoslezského kraje



Obr. 14-vývoj koncentrace kadmia v podorničí (mg/kg) v jednotlivých okresech Moravskoslezského kraje

### 3.4. Kobalt

Nejnižší hodnota obsahu kobaltu v **ornici** byla ve všech odběrových cyklech zjištěna v Nových Sedlicích na Opavsku. Nejvyšší koncentrace byly ve všech odběrových cyklech stanoveny v Žilině u Nového Jičina, v roce 2019 byla zjištěná hodnota obsahu kobaltu nejvyšší a to 27,87 mg/kg.

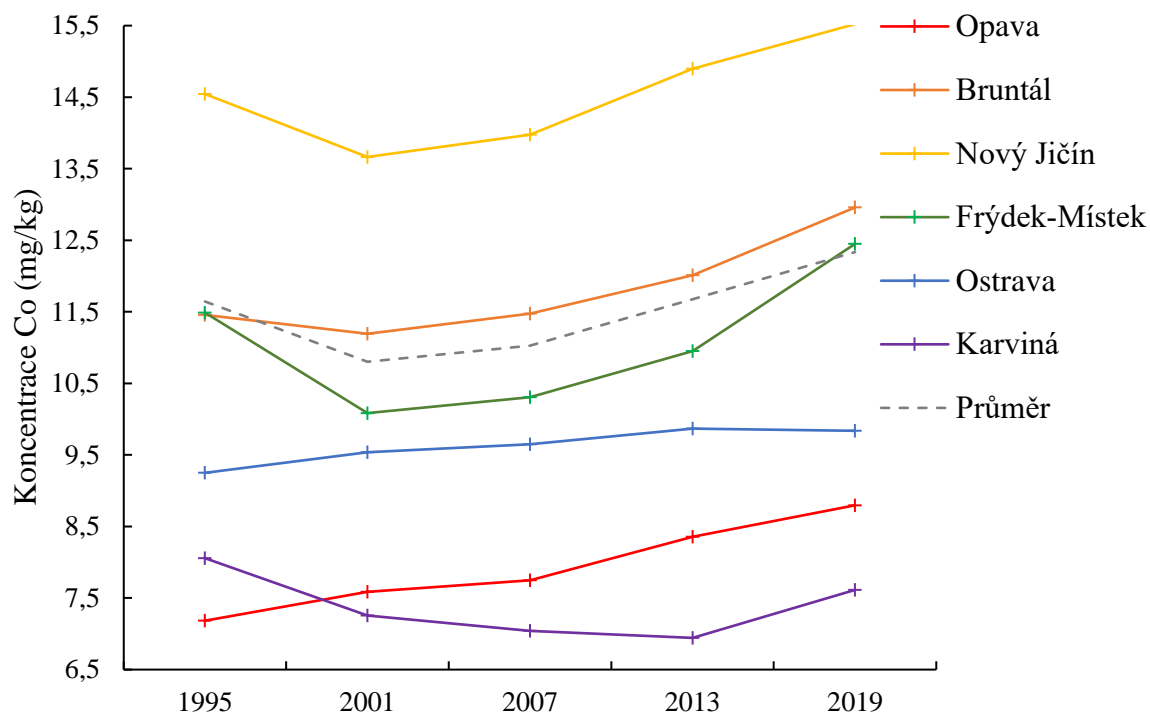
V **podorničí** byly, stejně jako v ornici, ve všech odběrových cyklech nejnižší hodnoty obsahu kobaltu v obci Nové Sedlice na Opavsku a nejvyšší v Žilině u Nového Jičina. Nejvyšší stanovená koncentrace byla v odběrovém cyklu 2019, kdy činila 29,18 mg/kg.

Dle Vyhlášky č. 156/2016 Sb. je preventivní hodnota obsahu kobaltu v zemědělských půdách 30,00 mg/kg, nejvyšší stanovený obsah se tedy preventivní hodnotě blíží, ale hodnota nebyla překročena (viz Tab. 8).

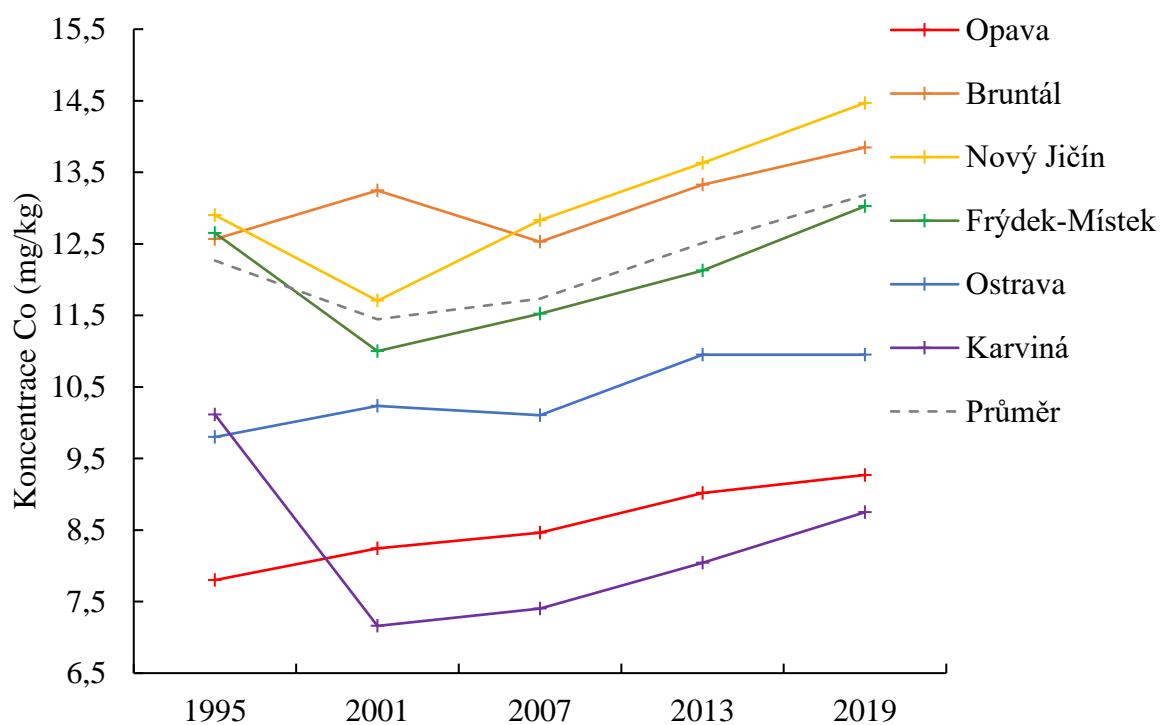
Vývoj obsahu kobaltu v půdách v jednotlivých letech je znázorněn pro ornici na Obr. 15 a pro podorničí na Obr. 16. V grafu lze vidět, že koncentrace kobaltu v průběhu let mírně stoupá ve všech sledovaných okresech. Celkový přehled minimálních a maximálních hodnot koncentrace kobaltu stanovených v jednotlivých okresech v ornici (O) a podorničí (P) pro jednotlivé odběrové cykly je uveden v Tab. 14.

Tab. 14-minimální a maximální hodnoty koncentrace (mg/kg) kobaltu v ornici a podorničí v jednotlivých okresech MS kraje

		1995		2001		2007		2013		2019	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Opava	O	6,05	8,65	6,52	9,41	6,39	9,23	6,77	10,51	7,35	11,13
	P	6,70	9,20	7,07	9,20	7,12	9,30	7,52	10,45	7,26	10,77
Bruntál	O	9,00	14,62	8,79	13,85	9,14	14,40	9,25	15,00	10,64	16,40
	P	9,35	16,52	9,43	17,03	9,19	16,10	9,98	17,80	10,26	19,05
Nový Jičín	O	7,05	27,87	7,46	25,52	7,26	24,60	8,26	25,43	7,43	28,13
	P	8,20	24,84	7,90	24,63	8,37	24,50	8,94	26,48	9,45	29,18
Frýdek Místek	O	11,49	11,49	10,09	10,09	10,31	10,31	10,95	10,95	12,45	12,45
	P	12,65	12,65	11,00	11,00	11,53	11,53	12,13	12,13	13,03	13,03
Ostrava	O	9,25	9,25	9,54	9,54	9,65	9,65	9,87	9,87	9,84	9,84
	P	9,80	9,80	10,24	10,24	10,11	10,11	10,95	10,95	10,95	10,95
Karviná	O	8,06	8,06	7,26	7,26	7,04	7,04	6,94	6,94	7,61	7,61
	P	10,11	10,11	7,16	7,16	7,40	7,40	8,04	8,04	8,75	8,75
Celkově	O	6,05	27,87	6,52	25,52	6,39	24,60	6,77	25,43	7,35	28,13
	P	6,70	24,84	7,07	24,63	7,12	24,50	7,52	26,48	7,26	29,18



Obr. 15-vývoj koncentrace kobaltu v ornici (mg/kg) v jednotlivých okresech Moravskoslezského kraje



Obr. 16-vývoj koncentrace kobaltu v podorničí (mg/kg) v jednotlivých okresech Moravskoslezského kraje

### 3.5. Chrom

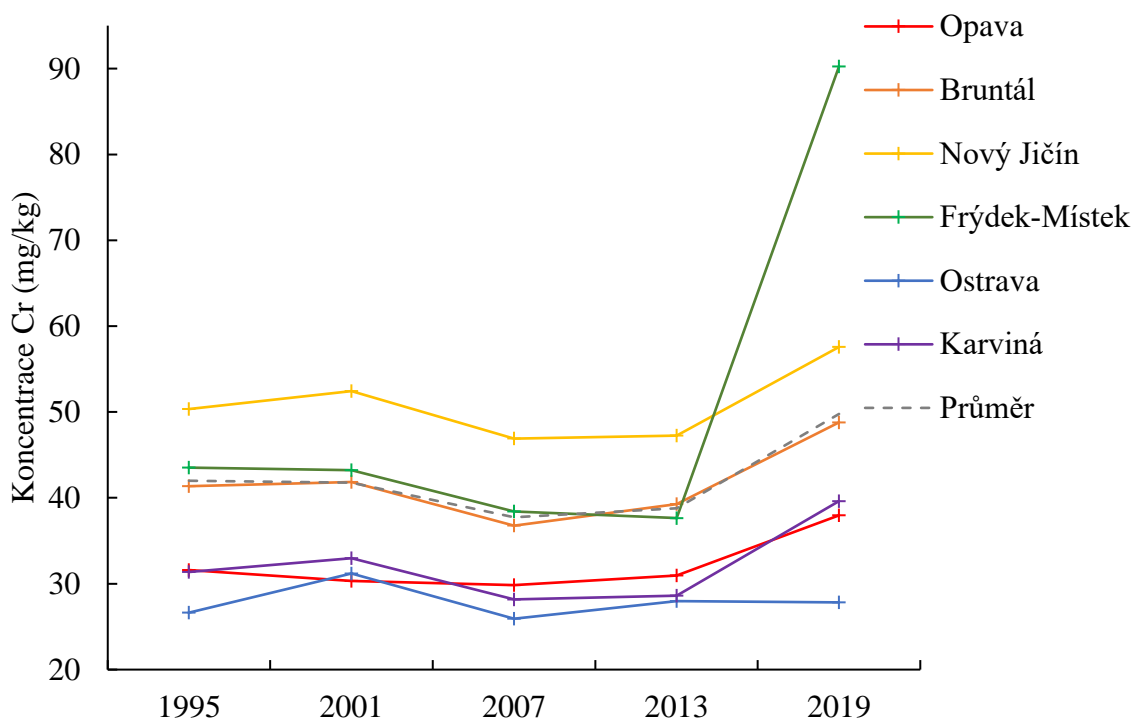
V odběrových cyklech 1995, 2007 a 2013 byla v **ornici** zjištěna nejnižší koncentrace chromu v Oldřišově na Opavsku, v letech 2001 a 2019 v obci Markvartovice rovněž na Opavsku. Nejvyšší koncentrace chromu byla ve všech odběrových cyklech stanovena v Žilině u Nového Jičína na Novojičínsku. Nejvyšší stanovená koncentrace byla v roce 2001, kdy její hodnota činila 108,32 mg/kg.

V odběrovém cyklu 1995 byla nejnižší koncentrace chromu v podorničí stanovena v Oldřišově na Opavsku. V letech 2001, 2013 a 2019 Markvartovice rovněž na Opavsku a v roce 2007 v Šenově u Nového Jičína na Novojičínsku. Nejvyšší koncentrace chromu v podorničí byla, stejně jako v ornici, ve všech odběrových cyklech stanovena v Žilině u Nového Jičína na Novojičínsku, její nejvyšší hodnota byla v roce 2019 a to 101,83 mg/kg.

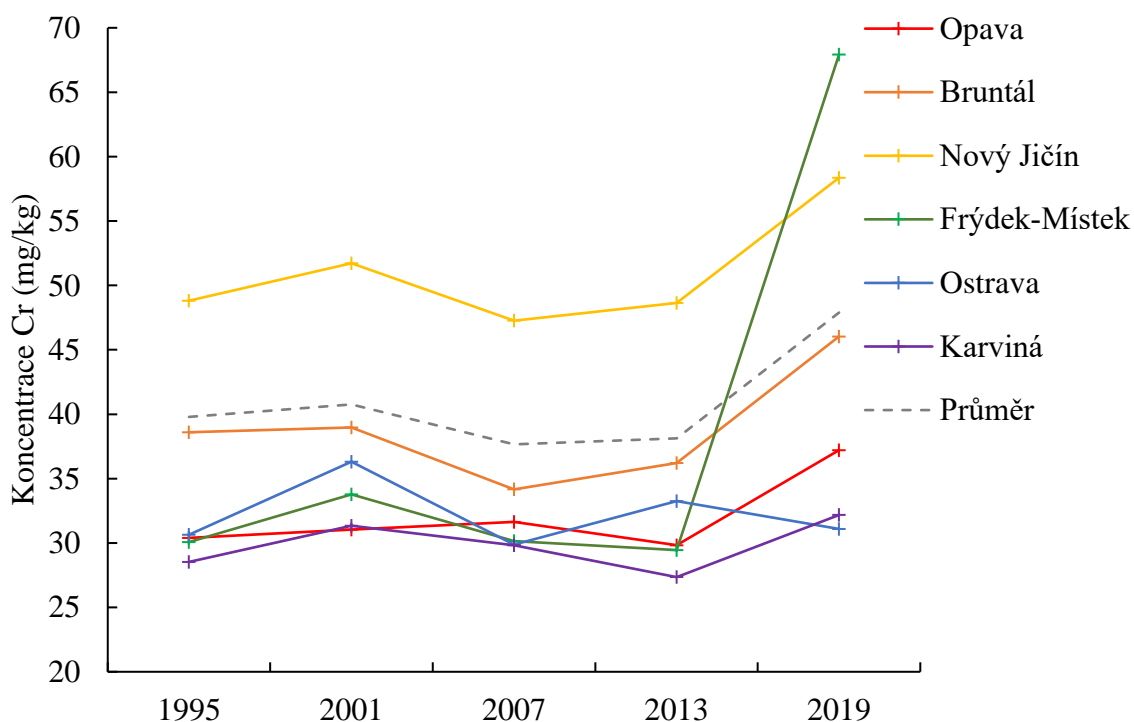
Dle Vyhlášky č. 156/2016 Sb. je preventivní hodnota obsahu chromu v zemědělských půdách 90,00 mg/kg, preventivní hodnota tedy byla překročena, indikační hodnota pro tento prvek však není stanovena (viz. Tab. 8).

Vývoj obsahu chromu v půdách v jednotlivých letech je znázorněn pro ornici na Obr. 17 a pro podorničí na Obr. 18. Z grafu je patrné, že koncentrace chromu v průběhu let mírně stoupá ve všech sledovaných okresech. Nejvyšší nárůst je mezi cykly 2013 a 2019 na Frýdeckomístecku v obou sledovaných horizontech. Celkový přehled minimálních a maximálních hodnot koncentrace chromu stanovených v jednotlivých okresech v ornici (O) a podorničí (P) pro jednotlivé odběrové cykly je uveden v Tab. 15. Tab. 15-minimální a maximální hodnoty koncentrace (mg/kg) chromu v ornici a podorničí v jednotlivých okresech MS kraje

		1995		2001		2007		2013		2019	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Opava	O	24,35	35,70	25,82	34,22	22,98	33,35	24,35	37,40	25,18	45,25
	P	25,05	37,50	25,19	36,36	26,80	43,75	23,85	34,75	23,33	45,48
Bruntál	O	27,30	51,50	30,66	49,58	27,33	43,83	29,10	50,28	29,15	69,88
	P	27,70	46,25	31,47	41,88	27,50	39,60	29,98	39,68	31,08	59,13
Nový Jičín	O	28,55	98,40	30,03	108,32	26,85	90,95	30,83	89,38	28,78	97,40
	P	26,53	83,15	26,82	96,01	24,40	91,73	27,30	96,58	29,35	101,83
Frýdek Místek	O	43,51	43,51	43,24	43,24	38,40	38,40	37,65	37,65	90,25	90,25
	P	30,08	30,08	33,78	33,78	30,15	30,15	29,45	29,45	67,93	67,93
Ostrava	O	26,65	26,65	31,19	31,19	25,93	25,93	27,98	27,98	27,83	27,83
	P	30,65	30,65	36,31	36,31	29,88	29,88	33,25	33,25	31,10	31,10
Karviná	O	31,38	31,38	32,96	32,96	28,18	28,18	28,60	28,60	39,63	39,63
	P	28,54	28,54	31,34	31,34	29,83	29,83	27,35	27,35	32,18	32,18
Celkově	O	24,35	98,40	25,82	108,32	22,97	90,95	24,35	89,38	25,18	97,40
	P	25,05	83,15	25,19	96,01	24,40	91,73	23,85	96,58	23,33	101,83
		Překročena preventivní hodnota									



Obr. 17-vývoj koncentrace chromu v ornici (mg/kg) v jednotlivých okresech Moravskoslezského kraje



Obr. 18-vývoj koncentrace chromu v podorničí (mg/kg) v jednotlivých okresech Moravskoslezského kraje

### 3.6. Měď

V odběrových cyklech 1995, 2001 2007 a 2013 byla v **ornici** zjištěna nejnižší koncentrace mědi v Oldřišově na Opavsku, v roce 2019 v obci Markvartovice rovněž na Opavsku. Nejvyšší koncentrace mědi byla ve všech odběrových cyklech stanovena ve Městě Albrechtice na Bruntálsku. Nejvyšší zjištěný obsah mědi byl v odběrovém cyklu 2019, kdy jeho hodnota činila 123,00 mg/kg.

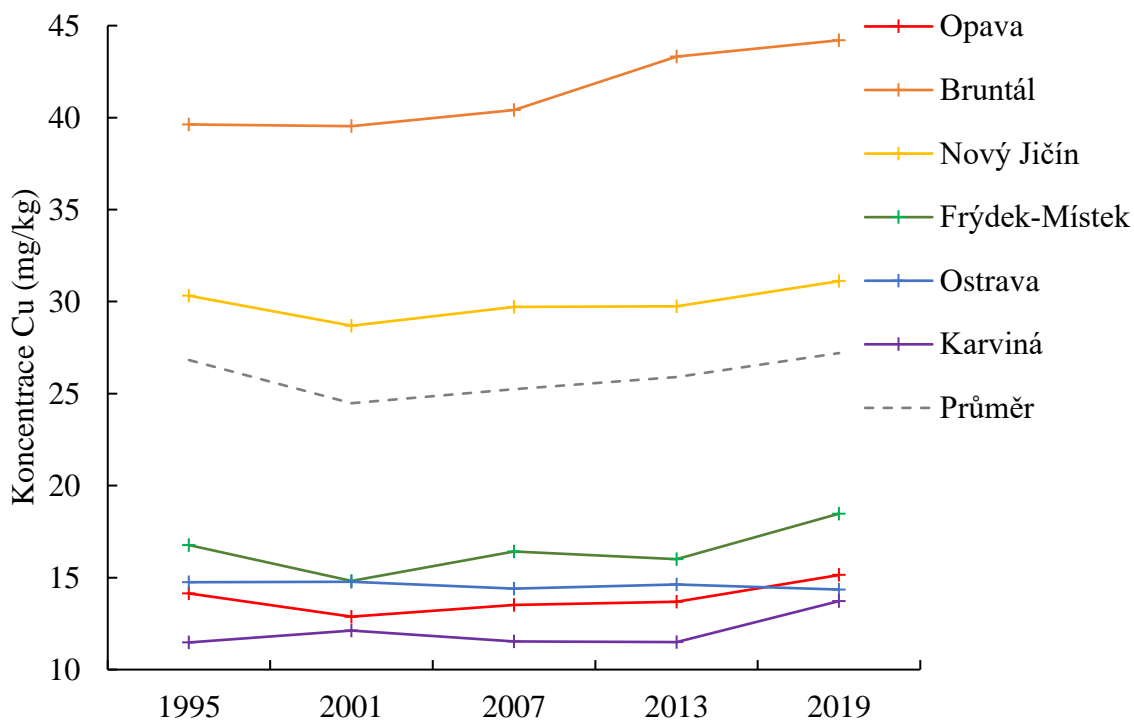
V **podorníci** byla ve všech odběrových cyklech nejnižší stanovená koncentrace mědi v obci Nové Sedlice na Opavsku. Nejvyšší koncentrace mědi byla, stejně jako v ornici, ve všech odběrových cyklech zjištěna ve Městě Albrechtice na Bruntálsku, nejvyšší byla rovněž v roce 2019, kdy její hodnota byla 106,25 mg/kg.

Dle Vyhlášky č. 156/2016 Sb. je preventivní hodnota obsahu mědi v zemědělských půdách 60,00 mg/kg, preventivní hodnota tedy byla překročena, indikační hodnota<sup>2</sup> je dle stejné vyhlášky 150-300 mg/kg (v závislosti na pH), indikační hodnota tedy překročena nebyla (viz. Tab. 8).

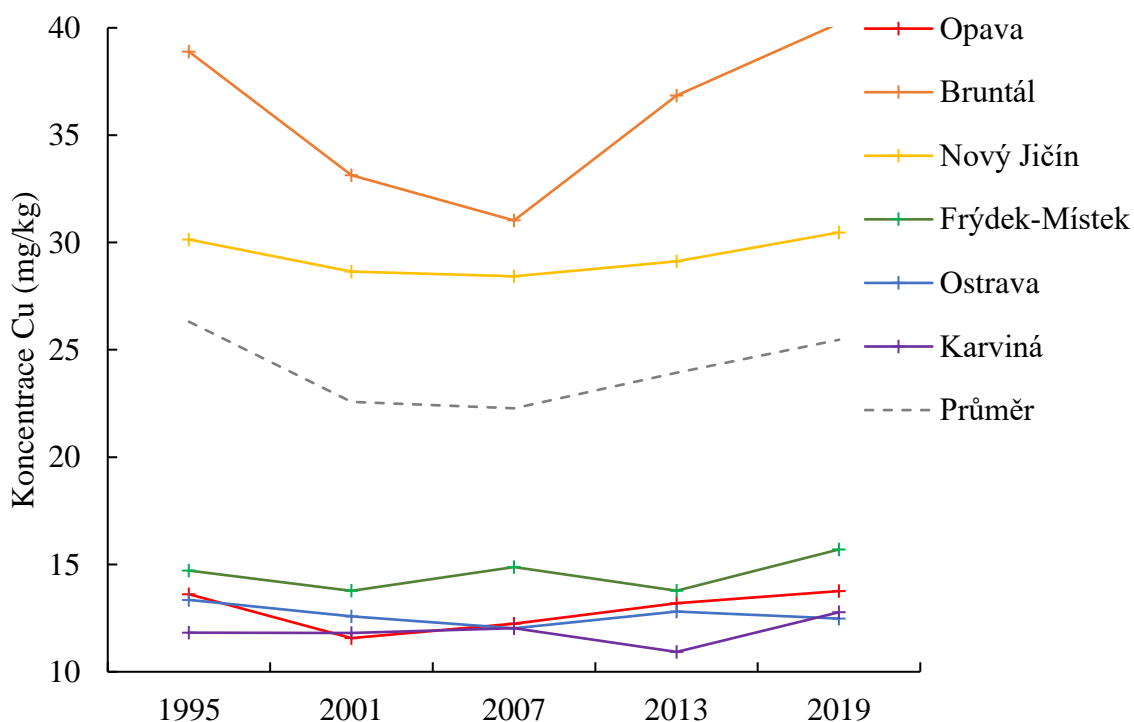
Vývoj obsahu mědi v půdách v jednotlivých letech je znázorněn pro ornici na Obr. 19 a pro podorníci na Obr. 20. Z grafů je patrné, že obsah mědi v průběhu let mírně stoupá ve všech sledovaných okresech. Celkový přehled minimálních a maximálních hodnot koncentrace mědi stanovených v jednotlivých okresech v ornici (O) a podorníci (P) pro jednotlivé odběrové cykly je uveden v Tab. 16.

Tab. 16- minimální a maximální hodnoty koncentrace (mg/kg) mědi v ornici a podorníci v jednotlivých okresech MS kraje

		1995		2001		2007		2013		2019	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
<b>Opava</b>	<b>O</b>	10,95	19,30	10,01	17,00	10,73	17,23	10,90	17,55	11,25	21,20
	<b>P</b>	9,28	20,03	7,66	15,49	8,86	17,70	9,21	18,05	9,79	18,65
<b>Bruntál</b>	<b>O</b>	12,50	104,60	12,05	108,58	12,75	109,75	12,90	119,50	12,00	123,00
	<b>P</b>	11,60	102,58	11,74	82,17	12,20	74,05	12,50	93,78	11,83	106,25
<b>Nový Jičín</b>	<b>O</b>	12,50	50,88	12,99	44,11	11,73	49,08	13,03	46,20	12,20	49,88
	<b>P</b>	10,50	57,58	12,01	50,84	11,65	46,33	12,00	47,38	11,85	49,88
<b>Frýdek Místek</b>	<b>O</b>	16,77	16,77	14,82	14,82	16,43	16,43	16,00	16,00	18,48	18,48
	<b>P</b>	14,71	14,71	13,77	13,77	14,88	14,88	13,78	13,78	15,70	15,70
<b>Ostrava</b>	<b>O</b>	14,75	14,75	14,77	14,77	14,40	14,40	14,63	14,63	14,35	14,35
	<b>P</b>	13,35	13,35	12,59	12,59	12,03	12,03	12,80	12,80	12,48	12,48
<b>Karviná</b>	<b>O</b>	11,48	11,48	12,13	12,13	11,53	11,53	11,50	11,50	13,73	13,73
	<b>P</b>	11,83	11,83	11,80	11,80	12,03	12,03	10,93	10,93	12,78	12,78
<b>Celkově</b>	<b>O</b>	10,95	104,60	10,01	108,58	10,73	109,75	10,90	119,50	11,25	123,00
	<b>P</b>	9,28	102,58	7,66	82,17	8,86	74,05	9,21	93,78	9,79	106,25
		Překročena preventivní hodnota									



Obr. 19 - vývoj koncentrace mědi v ornici (mg/kg) v jednotlivých okresech Moravskoslezského kraje



Obr. 20 - vývoj koncentrace mědi v podorničí (mg/kg) v jednotlivých okresech Moravskoslezského kraje

### 3.7. Nikl

V odběrovém cyklu 1995 byla nejnižší koncentrace niklu **v ornici** stanovena v Kujavech na Novojičínsku. V letech 2001, 2007 a 2013 byl obsah nejnižší v Dolních Marklovicích na Karvinsku a v cyklu 2019 byla shodná hodnota zjištěna v Kujavech a Markvartovicích na Opavsku. Nejvyšší obsahy niklu byly v ornici ve všech odběrových cyklech stanoveny v Žilině u Nového Jičína, nejvyšší byla jeho hodnota v roce 2019, kdy činila 76,05 mg/kg.

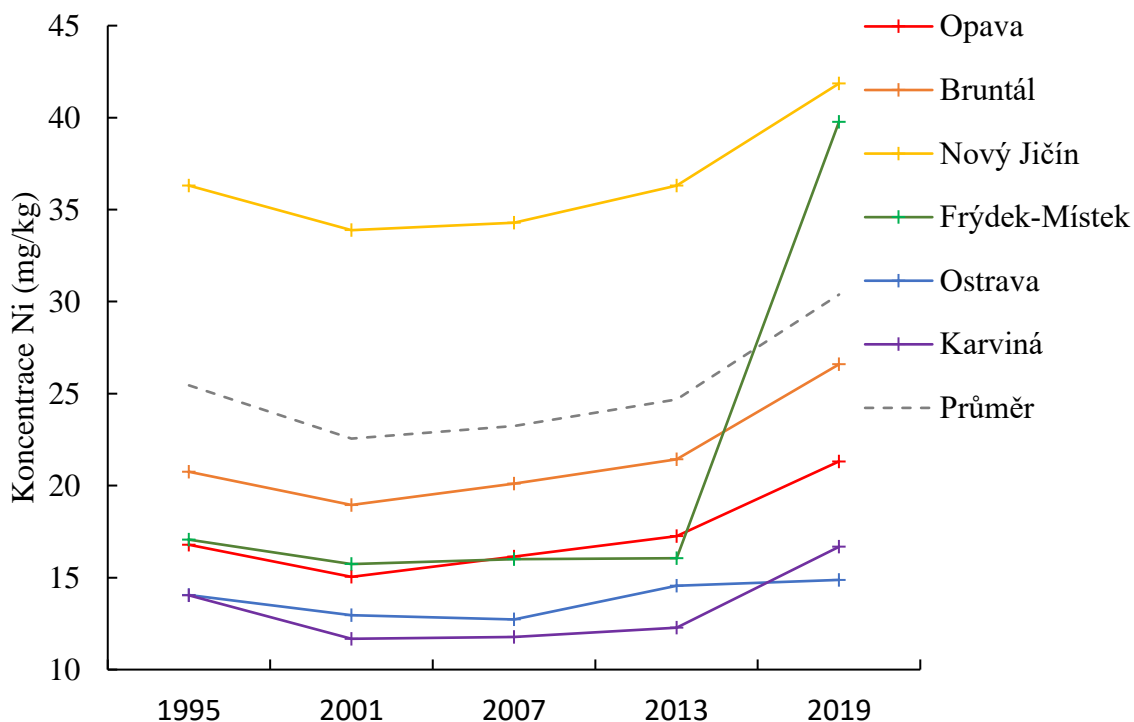
**V podorniči** byla v roce 1995 nejnižší koncentrace niklu zjištěna v Nových Sedlicích na Opavsku. V cyklech 2001, 2007 a 2013 byl obsah nejnižší v Dolních Marklovicích na Karvinsku. A v roce 2019 byla nejnižší koncentrace stanovena v Markvartovicích na Opavsku. Nejvyšší koncentrace byly, stejně jako v ornici, ve všech odběrových cyklech zjištěny v Žilině u Nového Jičína, v roce 2019 byla koncentrace niklu v podorniči nejvyšší a to 79,23 mg/kg.

Dle Vyhlášky č. 156/2016 Sb. je preventivní hodnota obsahu niklu v zemědělských půdách 50,00 mg/kg, preventivní hodnota tedy byla překročena. Dle stejné vyhlášky je indikační hodnota<sup>1,2</sup> 150-200 mg/kg, indikační hodnota tedy překročena nebyla (viz. Tab. 8).

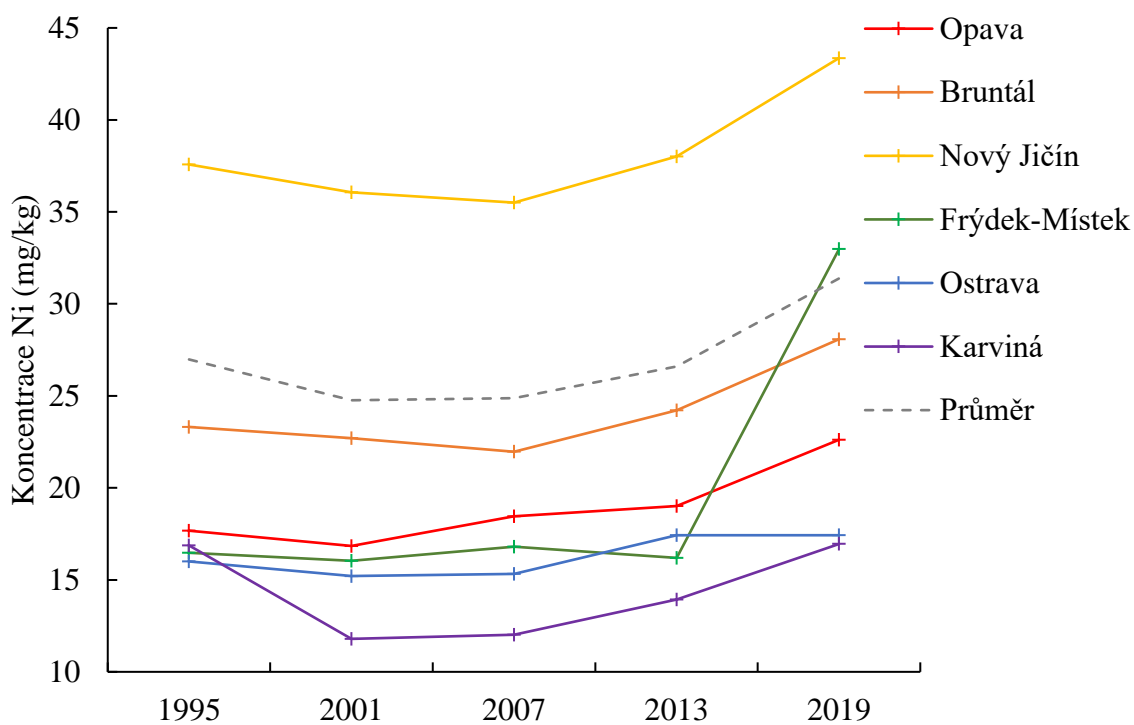
Vývoj obsahu niklu v půdách v jednotlivých letech je znázorněn pro ornici na Obr. 21 a pro podorniči na Obr. 22. Nejvyšší nárůst lze vyzorovat mezi cykly 2013 a 2019 na Frýdeckomístecku v obou sledovaných horizontech. Celkový přehled minimálních a maximálních hodnot koncentrace niklu stanovených v jednotlivých okresech v ornici (O) a podorniči (P) pro jednotlivé odběrové cykly je uveden v Tab. 17.

Tab. 17- minimální a maximální hodnoty koncentrace (mg/kg) niklu v ornici a podorniči v jednotlivých okresech MS kraje

		1995		2001		2007		2013		2019	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
<b>Opava</b>	<b>O</b>	13,75	21,70	12,12	20,20	13,23	20,93	14,03	22,33	14,10	26,58
	<b>P</b>	14,08	23,10	12,49	20,53	14,35	21,30	14,80	23,60	15,23	28,08
<b>Bruntál</b>	<b>O</b>	14,30	28,38	13,25	23,89	14,88	25,08	14,98	27,65	15,53	42,80
	<b>P</b>	16,20	31,04	16,75	29,68	14,45	29,03	15,35	33,85	16,20	44,55
<b>Nový Jičín</b>	<b>O</b>	13,50	74,28	12,90	68,12	12,93	67,53	14,90	68,68	14,10	76,05
	<b>P</b>	14,55	73,01	16,27	73,14	16,95	68,83	18,25	73,75	18,00	79,23
<b>Frýdek Místek</b>	<b>O</b>	17,07	17,07	15,74	15,74	16,00	16,00	16,05	16,05	39,78	39,78
	<b>P</b>	16,46	16,46	16,04	16,04	16,80	16,80	16,20	16,20	32,98	32,98
<b>Ostrava</b>	<b>O</b>	14,05	14,05	12,95	12,95	12,73	12,73	14,55	14,55	14,88	14,88
	<b>P</b>	16,00	16,00	15,21	15,21	15,33	15,33	17,43	17,43	17,43	17,43
<b>Karviná</b>	<b>O</b>	14,03	14,03	11,68	11,68	11,78	11,78	12,28	12,28	16,68	16,68
	<b>P</b>	16,87	16,87	11,79	11,79	12,03	12,03	13,93	13,93	16,95	16,95
<b>Celkově</b>	<b>O</b>	13,50	74,28	11,68	68,12	11,78	67,53	12,28	68,68	14,10	76,05
	<b>P</b>	14,08	73,01	11,79	73,14	12,03	68,83	13,93	73,75	15,23	79,23
		Překročena preventivní hodnota									



Obr. 21-vývoj koncentrace niklu v ornici (mg/kg) v jednotlivých okresech Moravskoslezského kraje



Obr. 22-vývoj koncentrace niklu v podorníci (mg/kg) v jednotlivých okresech Moravskoslezského kraje

### 3.8. Olovo

V odběrovém cyklu 1995 byla v ornici nejnižší hodnota obsahu olova stanovena v Kujavech na Novojičínsku. V následujících cyklech byla nejnižší koncentrace zjištěna v Žilině u Nového Jičína. Nejvyšší koncentrace olova byly ve všech odběrových cyklech stanoveny ve Městě Albrechtice na Bruntálsku. Nejvyšší koncentrace byla zjištěna v roce 2019, kdy činila 273,25 mg/kg.

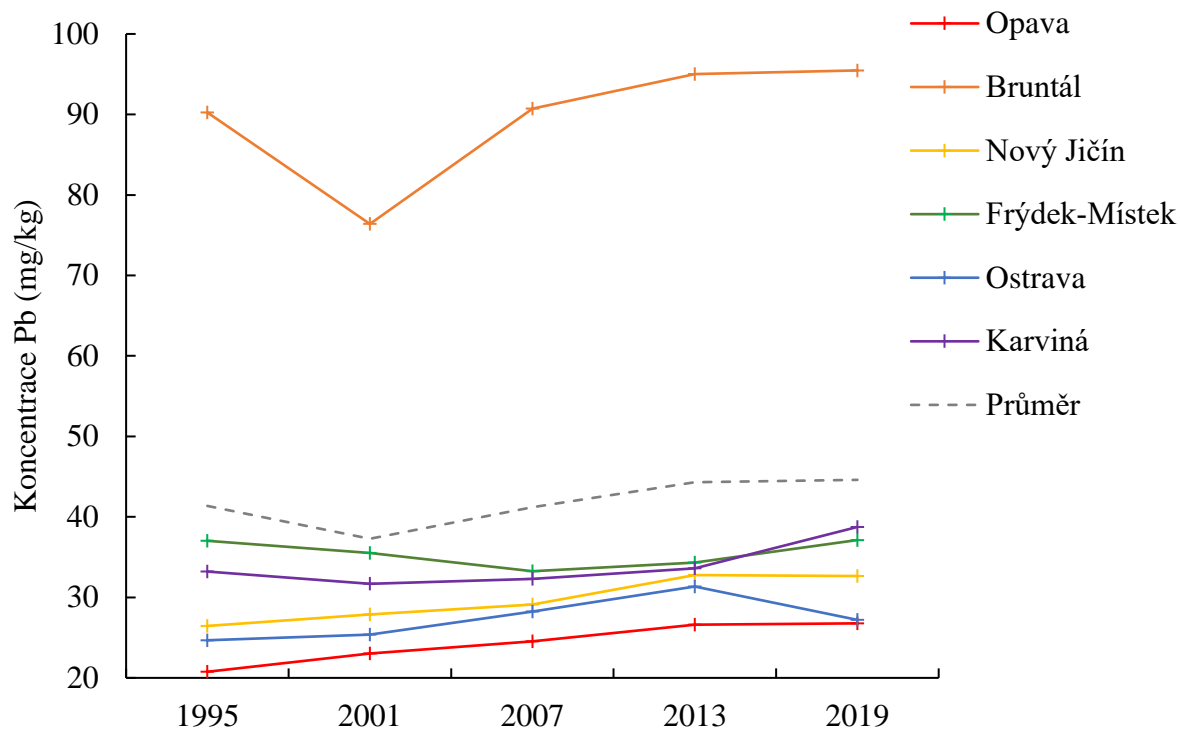
V odběrových cyklech 1995 a 2001 byla nejnižší koncentrace olova v podorničí zjištěna v Žilině u Nového Jičína, v roce 2007 Oldřišově a Markvartovicích na Opavsku, v roce 2013 v Kujavech na Novojičínsku a Nových Sedlicích na Opavsku a v roce 2019 v Oldřišově na Opavsku. Nejvyšší koncentrace olova byly, stejně jako v ornici, stanoveny ve všech odběrových cyklech ve Městě Albrechtice na Bruntálsku, nejvyšší hodnota byla v roce 2019 a to 237,50 mg/kg.

Dle Vyhlášky č. 156/2016 Sb. je preventivní hodnota obsahu olova v zemědělských půdách 60,00 mg/kg, byla tedy překročena. Dle stejné vyhlášky je indikační hodnota<sup>1</sup> 300 mg/kg a indikační hodnota<sup>3</sup> 400 mg/kg, indikační hodnoty tedy překročeny nebyly (viz. Tab. 8).

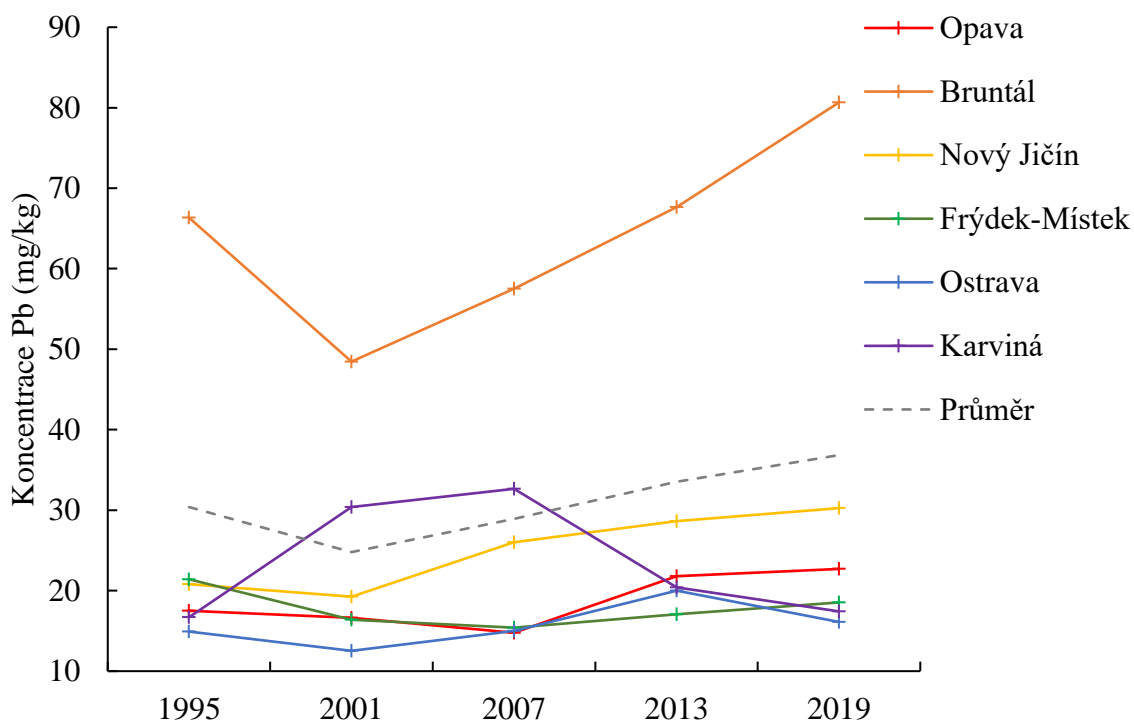
Vývoj obsahu olova v půdách v jednotlivých letech je znázorněn pro ornici na Obr. 23 a pro podorničí v Obr. 24. Z grafů je patrné, že nejvíce zatížen kontaminací olovem je okres Bruntál. Celkový přehled minimálních a maximálních hodnot koncentrace olova stanovených v jednotlivých okresech v ornici (O) a podorničí (P) pro jednotlivé odběrové cykly je uveden v Tab. 18.

Tab. 18- minimální a maximální hodnoty koncentrace (mg/kg) olova v ornici a podorničí v jednotlivých okresech MS kraje

		1995		2001		2007		2013		2019	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Opava	O	17,80	24,43	17,25	34,36	19,05	37,40	20,35	35,55	21,25	41,58
	P	13,05	24,33	11,51	27,20	6,50	24,75	14,88	30,50	15,48	35,25
Bruntál	O	20,73	256,69	20,62	216,65	25,35	255,75	26,85	263,00	25,45	273,25
	P	15,98	193,39	14,25	136,65	25,60	144,20	25,58	190,25	25,90	237,50
Nový Jičín	O	17,30	41,53	15,30	49,35	17,60	49,85	19,33	51,10	20,43	54,65
	P	12,19	31,98	6,39	26,40	13,55	47,65	14,58	48,65	15,88	53,45
Frýdek Místek	O	37,02	37,02	35,50	35,50	33,25	33,25	34,33	34,33	37,13	37,13
	P	21,42	21,42	16,40	16,40	15,40	15,40	17,05	17,05	18,53	18,53
Ostrava	O	24,68	24,68	25,38	25,38	28,25	28,25	31,35	31,35	27,20	27,20
	P	14,93	14,93	12,53	12,53	15,00	15,00	20,00	20,00	16,10	16,10
Karviná	O	33,22	33,22	31,69	31,69	32,30	32,30	33,63	33,63	38,75	38,75
	P	16,69	16,69	30,40	30,40	32,65	32,65	20,40	20,40	17,43	17,43
Celkově	O	17,30	256,69	15,30	216,65	17,60	255,75	19,33	263,00	20,43	273,25
	P	12,19	193,39	6,39	136,65	6,50	144,20	14,58	190,25	15,48	237,50
		Překročena preventivní hodnota									



Obr. 23-vývoj koncentrace olova v ornici (mg/kg) v jednotlivých okresech Moravskoslezského kraje



Obr. 24-vývoj koncentrace olova v podorničí (mg/kg) v jednotlivých okresech Moravskoslezského kraje

### 3.9. Vanad

V odběrových cyklech 1995, 2007, 2013 a 2019 byly v **ornici** zjištěny nejnižší koncentrace vanadu v obci Oldřišov na Opavsku. V roce 2001 pak v Markvartovicích rovněž na Opavsku. Nejvyšší obsahy vanadu byly zjištěny ve všech odběrových cyklech v Žilině u Nového Jičína. Nejvyšší hodnota koncentrace byla stanovena v cyklu 1995 a to 104,12 mg/kg.

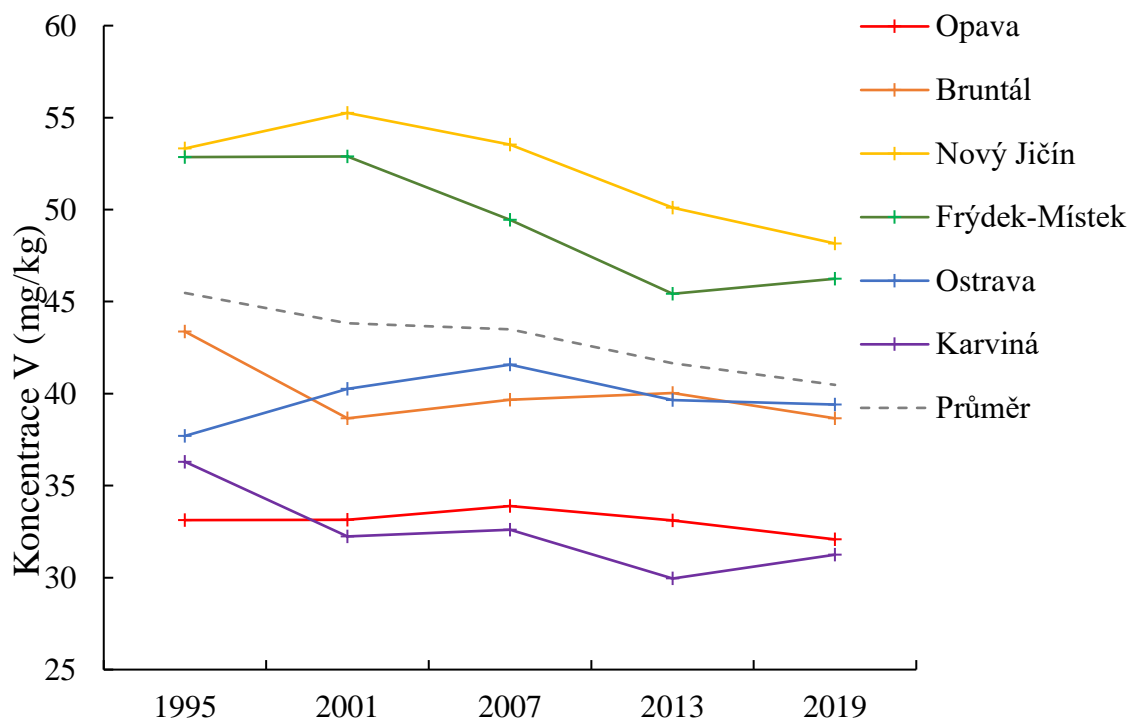
V **podorníci** byly koncentrace vanadu nejnižší ve všech odběrových cyklech na Opavsku, konkrétně v roce 1995 v Oldřišově, v letech 2001, 2013 a 2019 v Markvartovicích a v roce 2007 v Jakubčovicích. Nejvyšší koncentrace byly, stejně jako v ornici, stanoveny ve všech odběrových cyklech v Žilině u Nového Jičína, nejvyšší byla koncentrace v roce 2019, kdy její hodnota činila 96,93 mg/kg.

Dle Vyhlášky č. 156/2016 Sb. je preventivní hodnota obsahu vanadu v zemědělských půdách 120,00 mg/kg, preventivní hodnota tedy nebyla překročena.

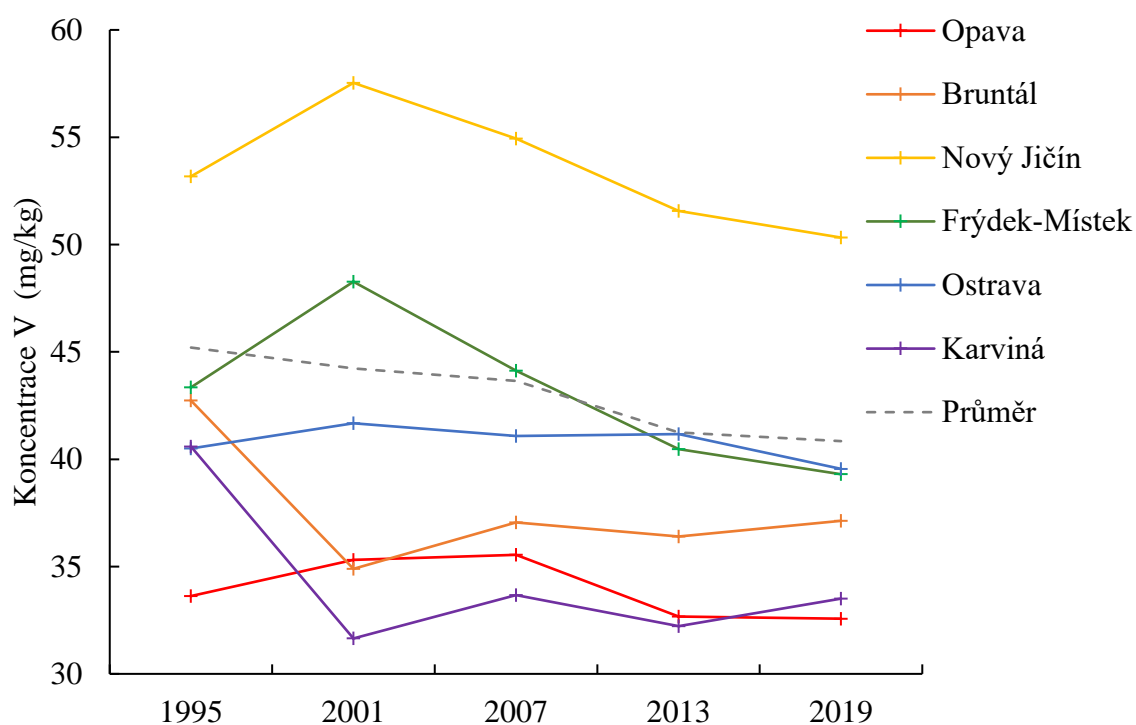
Vývoj obsahu vanadu v půdách v jednotlivých letech je znázorněn pro ornici na Obr. 25 a pro podorníci v Obr. 26. Z grafů je patrné, že v okresech Frýdek-Místek a Nový Jičín koncentrace vanadu s postupem času klesá v obou sledovaných horizontech, v ostatních okresech nelze určit, zda se koncentrace z dlouhodobého hlediska snižují či zvyšují. Celkový přehled minimálních a maximálních hodnot koncentrace vanadu stanovených v jednotlivých okresech v ornici (O) a podorníci (P) pro jednotlivé odběrové cykly je uveden v Tab. 19.

Tab. 19-minimální a maximální hodnoty koncentrace (mg/kg) vanadu v ornici a podorníci v jednotlivých okresech MS kraje

		1995		2001		2007		2013		2019	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
<b>Opava</b>	<b>O</b>	29,33	36,15	27,24	41,40	29,53	39,90	27,58	37,58	27,93	36,05
	<b>P</b>	31,08	38,45	29,32	44,21	31,90	40,83	28,40	38,83	29,40	37,80
<b>Bruntál</b>	<b>O</b>	34,85	48,98	36,79	42,57	37,55	42,78	36,45	46,30	35,20	44,68
	<b>P</b>	35,45	45,70	32,90	38,42	32,93	41,15	34,03	40,28	34,48	42,73
<b>Nový Jičín</b>	<b>O</b>	31,65	104,12	39,65	95,20	33,10	94,45	32,85	86,15	29,58	92,95
	<b>P</b>	32,85	94,62	37,89	90,61	34,38	96,15	33,23	91,40	32,80	96,93
<b>Frýdek Místek</b>	<b>O</b>	52,86	52,86	52,89	52,89	49,45	49,45	45,43	45,43	46,25	46,25
	<b>P</b>	43,34	43,34	48,27	48,27	44,13	44,13	40,48	40,48	39,30	39,30
<b>Ostrava</b>	<b>O</b>	37,70	37,70	40,27	40,27	41,58	41,58	39,65	39,65	39,40	39,40
	<b>P</b>	40,50	40,50	41,68	41,68	41,08	41,08	41,18	41,18	39,55	39,55
<b>Karviná</b>	<b>O</b>	36,30	36,30	32,23	32,23	32,60	32,60	29,95	29,95	31,25	31,25
	<b>P</b>	40,59	40,59	31,65	31,65	33,68	33,68	32,23	32,23	33,50	33,50
<b>Celkově</b>	<b>O</b>	29,33	104,12	27,24	95,20	29,53	94,45	27,58	86,15	27,93	92,95
	<b>P</b>	31,08	94,62	29,32	90,61	31,90	96,15	28,40	91,40	29,40	96,93



Obr. 25- vývoj koncentrace vanadu v ornici (mg/kg) v jednotlivých okresech Moravskoslezského kraje



Obr. 26- vývoj koncentrace vanadu v podorničí (mg/kg) v jednotlivých okresech Moravskoslezského kraje

### 3.10. Zinek

V **ornici** byly ve všech odběrových cyklech zjištěny nejnižší obsahy zinku v Oldřišově na Opavsku. Nejvyšší koncentrace pak byly v Dolních Marklovicích na Karvinsku, nejvyšší byla stanovena v roce 2001 a to 1208,00 mg/kg.

V **podorničí** byl zjištěn nejnižší obsahy zinku v Oldřišově (1995 a 2013) a Markvartovicích (2001, 2007 a 2019) na Opavsku. Nejvyšší koncentrace pak byly v Dolních Marklovicích na Karvinsku, nejvyšší koncentrace byla zjištěna v roce 2001, její hodnota činila 1190,00 mg/kg.

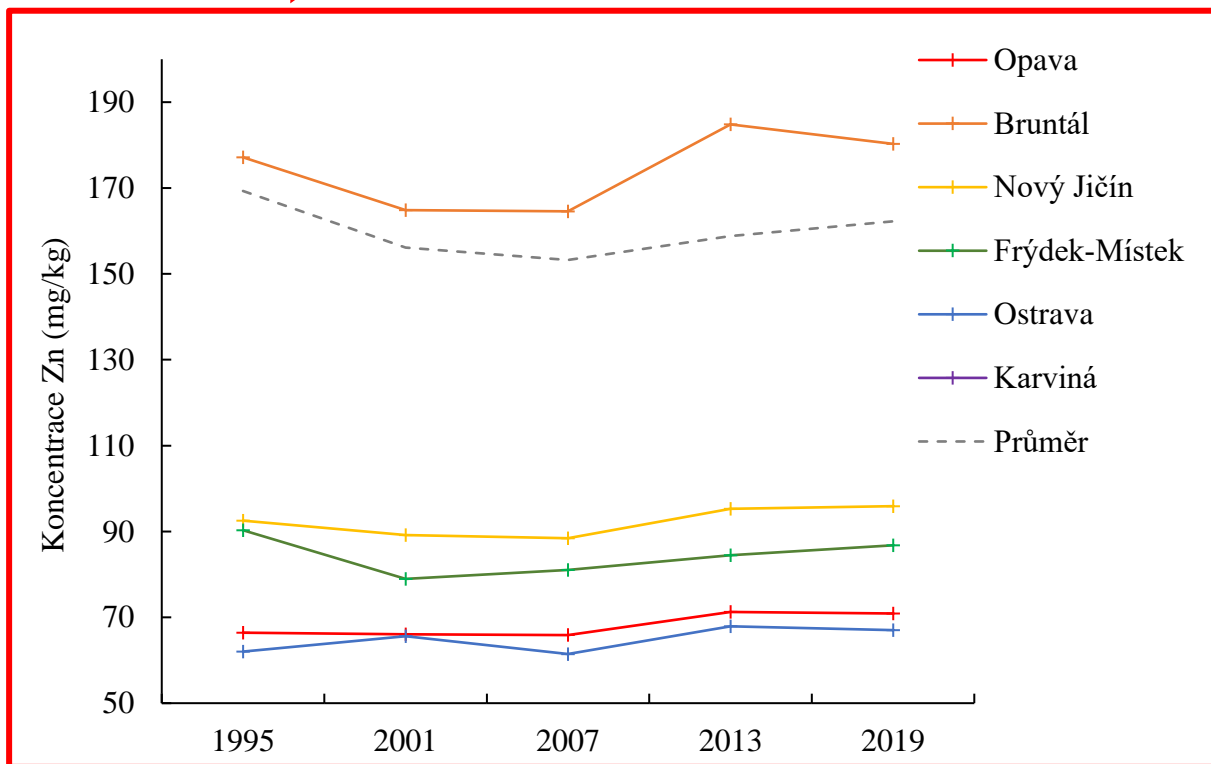
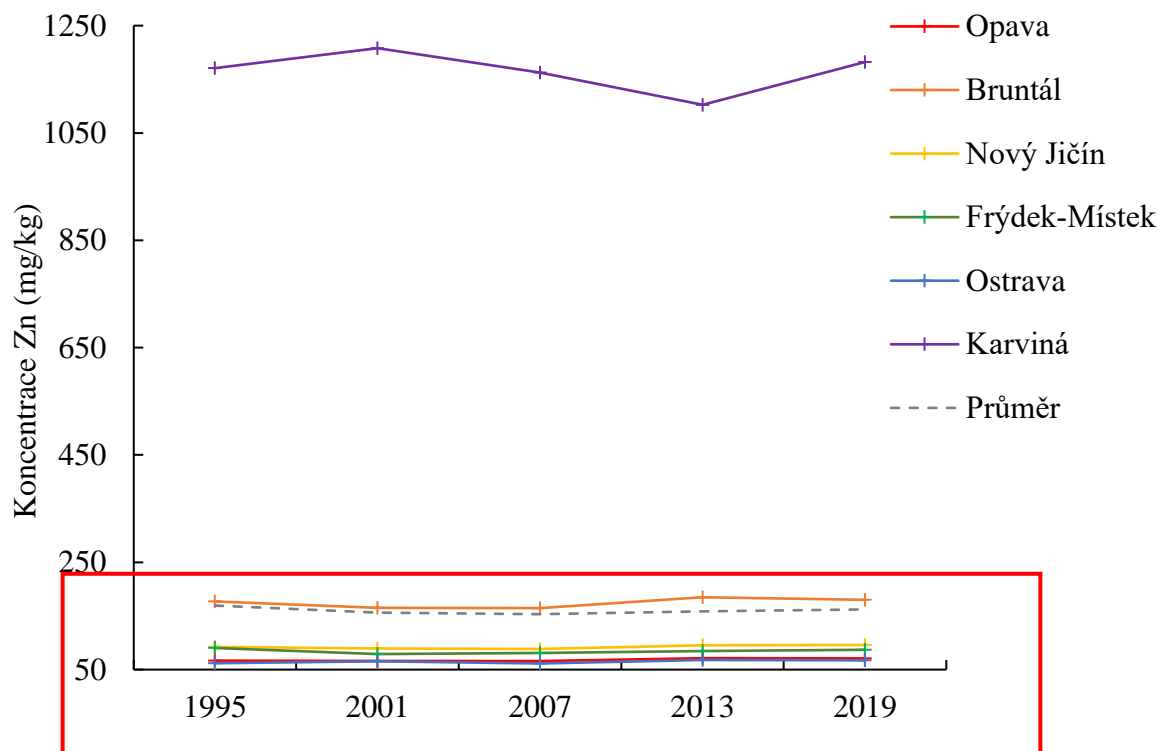
Vysoké koncentrace (okolo 400-500,00 mg/kg) také byly ve všech odběrových cyklech stanoveny v obou sledovaných horizontech ve Městě Albrechtice na Bruntálsku.

Dle Vyhlášky č. 156/2016 Sb. je preventivní hodnota obsahu zinku v zemědělských půdách 130,00 mg/kg, byla tedy překročena. Dle stejné vyhlášky je indikační hodnota<sup>2</sup> 400 mg/kg, došlo tedy k překročení i této hodnoty (viz. Tab. 8).

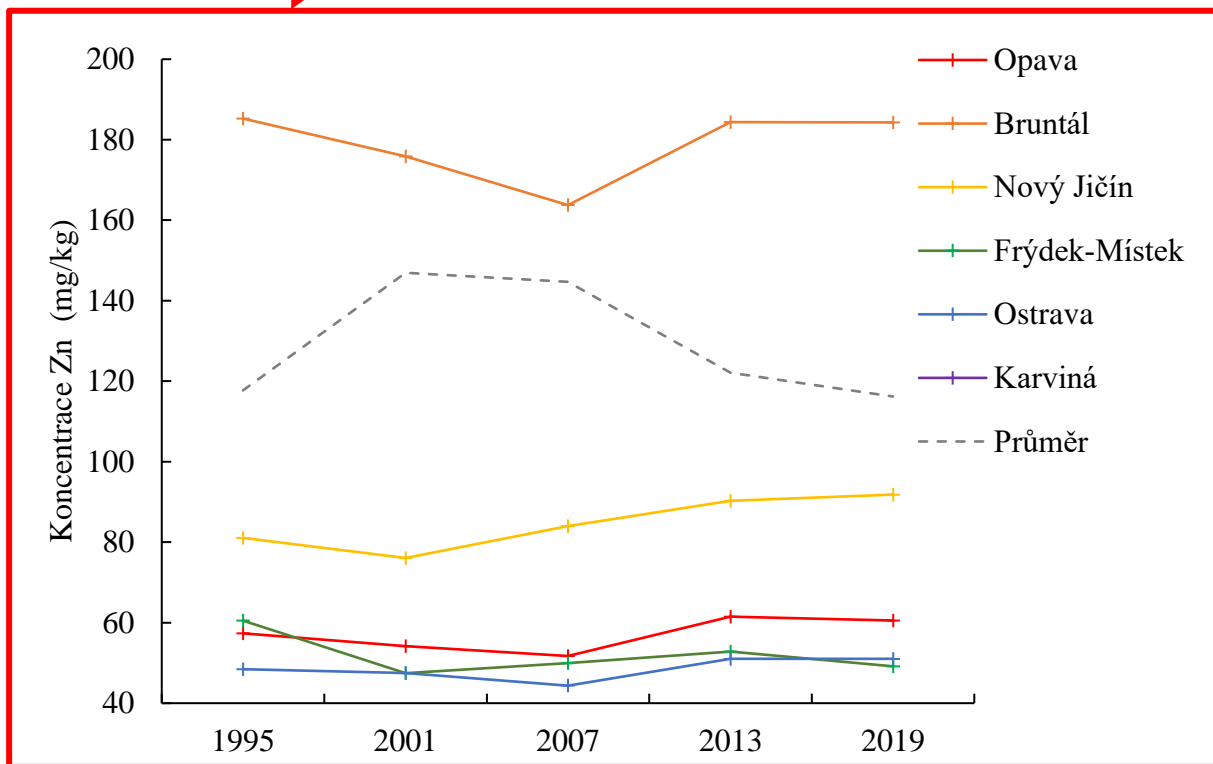
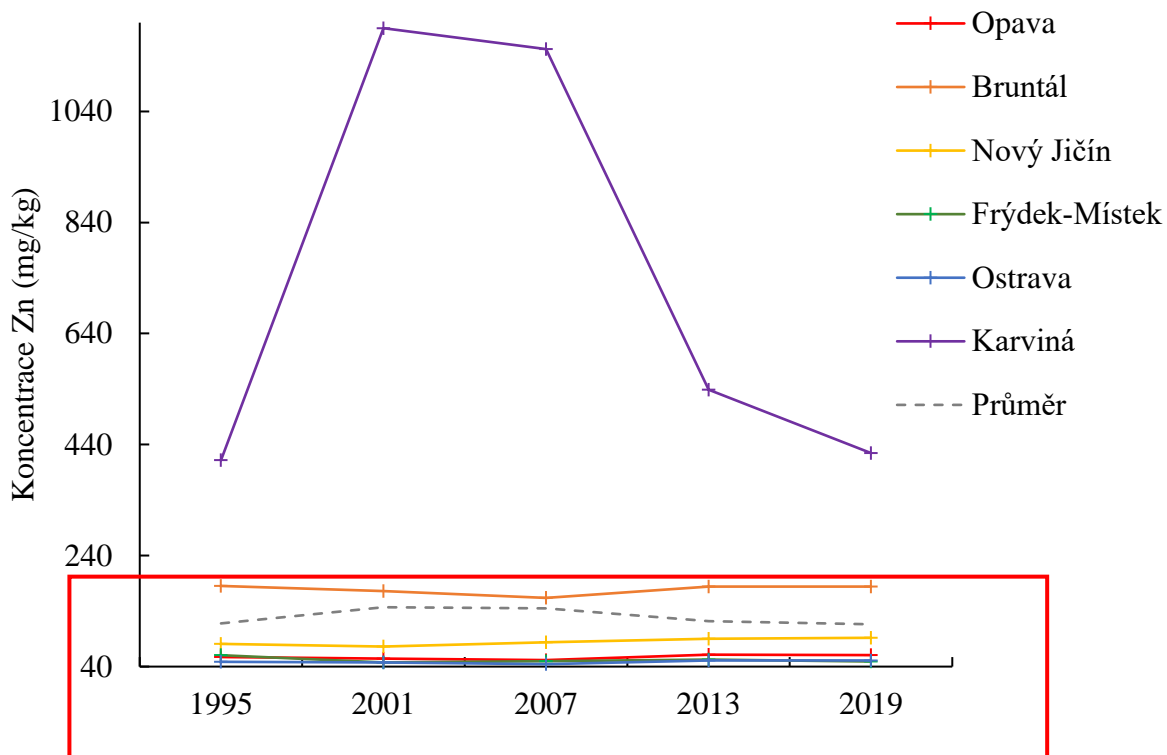
Vývoj obsahu zinku v půdách v jednotlivých letech je znázorněn pro ornici na Obr. 27a pro podorničí na Obr. 28. Z grafů je patrné, že výrazně nejvíce je zatížen kontaminací zinkem okres Karviná a poté Bruntál, mimo tato území se koncentrace zdají konstantní. Celkový přehled minimálních a maximálních hodnot koncentrace zinku stanovených v jednotlivých okresech v ornici (O) a podorničí (P) pro jednotlivé odběrové cykly je uveden v Tab. 20

Tab. 20-minimální a maximální hodnoty koncentrace (mg/kg) zinku v ornici a podorničí v jednotlivých okresech MS kraje

		1995		2001		2007		2013		2019	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Opava	O	46,68	85,30	46,60	96,37	45,53	96,48	49,43	102,93	48,10	105,75
	P	42,18	86,95	39,54	78,55	38,75	78,43	43,28	85,98	44,05	86,20
Bruntál	O	61,63	446,66	64,22	399,50	66,70	402,00	69,75	455,00	64,70	450,00
	P	53,68	503,55	57,18	472,15	63,95	420,75	68,30	484,25	64,10	479,50
Nový Jičín	O	54,28	140,75	54,00	129,40	53,48	131,75	61,48	144,25	56,05	151,75
	P	43,50	139,25	44,68	126,05	47,00	128,25	48,28	142,75	47,63	148,00
Frýdek Místek	O	90,29	90,29	78,95	78,95	81,00	81,00	84,48	84,48	86,75	86,75
	P	60,51	60,51	47,45	47,45	49,95	49,95	52,85	52,85	49,13	49,13
Ostrava	O	62,03	62,03	65,63	65,63	61,45	61,45	67,90	67,90	67,00	67,00
	P	48,43	48,43	47,51	47,51	44,35	44,35	51,03	51,03	51,03	51,03
Karviná	O	1170,75	1170,75	1208,00	1208,00	1162,50	1162,50	1102,50	1102,50	1182,50	1182,50
	P	411,85	411,85	1190,00	1190,00	1152,50	1152,50	539,00	539,00	424,75	424,75
Celkově	O	46,68	1170,75	46,60	1208,00	45,53	1162,50	49,43	1102,50	48,10	1182,50
	P	42,18	503,55	39,54	1190,00	38,75	1152,50	43,28	539,00	44,05	479,50
		Překročena preventivní hodnota									
		Překročena indikační hodnota									



Obr. 27 - vývoj koncentrace zinku v ornici (mg/kg) v jednotlivých okresech Moravskoslezského kraje



Obr. 28- vývoj koncentrace zinku v ornici (mg/kg) v jednotlivých okresech Moravskoslezského kraje

#### 4. ZÁVĚR

Nejméně postiženými lokalitami byly obce Oldřišov, Markvartovice a Nové Sedlice. Všechna tato katastrální území se nacházejí v okrese Opava a jsou poměrně blízko u sebe. V těchto lokalitách se nenachází téměř žádné průmyslové objekty a nenachází se ani v blízkosti velkých dopravních komunikací, což je zřejmě důvodem nízkých koncentrací rizikových prvků v těchto místech.

Nejvíce zasaženým odběrným místem bylo Město Albrechtice, které se nachází v okrese Bruntál, blízko polských hranic. Byly zde nejvyšší koncentrace arsenu, kadmia, mědi, olova a velmi vysoké koncentrace zinku. V případě arsenu nedošlo překročení preventivní hodnoty dle Vyhlášky č.156/2016 Sb. Celkem tedy ve Městě Albrechtice byly překročeny preventivní hodnoty čtyř rizikových prvků (kadmia, mědi, olova a zinku) a u dvou z nich pak byly překročeny i hodnoty indikační (kadmium a zinek). Překročené indikační hodnoty se týkaly zdravotní nezávadnosti potravin, schopnosti růstu rostlin a produkční funkce půdy, nejednalo se o hodnoty přímo ohrožující zdraví zvířat a lidí.

Nejvyšší koncentrace kobaltu, chromu, niklu a vanadu byly zjištěny v městské části Žilina v Novém Jičíně (katastrální území Žilina u Nového Jičína). V případě kobaltu a vanadu nedošlo překročení preventivní hodnoty dle Vyhlášky č.156/2016 Sb. Na tomto odběrném místě tedy byly překročeny preventivní hodnoty koncentrace chromu a niklu, k překročení indikačních hodnot nedošlo.

V Dolních Marklovicích, části obce Petrovice u Karviné, na Karvinsku, které přímo sousedí s polskými Horními Marklovicemi, byly zjištěny nejvyšší koncentrace zinku. Došlo zde k téměř trojnásobnému překročení indikační hodnoty, při jejímž překročení může být podezření z ohrožení růstu rostlin a produkční funkce půdy. Indikační hodnota, při jejímž překročení může být ohroženo zdraví a zvířat stanovena není. V obci Petrovice u Karviné se nachází několik průmyslových objektů, kontaminace zinkem může být tedy spojena s nimi.

K překročení indikační hodnoty koncentrace kadmia, při jejímž překročení může být ohrožena zdravotní nezávadnost potravin došlo i v obci Raškovice na Frýdeckomístecku. Byly zde zjištěny nejvyšší koncentrace kadmia v ornici. V obci se nachází výrobní závod na výrobu nikl-kadmiových akumulátorů, čímž bude zřejmě kontaminace způsobena.

Z výsledků této bakalářské práce byly vyvozeny následující závěry – nelze jednoznačně říct, zda celkový obsah vybraných rizikových prvků v zemědělských půdách Moravskoslezského kraje v průběhu let klesá či stoupá. Většinou zůstávaly obsahy na jednotlivých místech v podobných hodnotách. Na několika odběrných místech byly překročeny preventivní i indikační hodnoty obsahu daných prvků, dle Vyhlášky 156/2016 Sb. Nejméně zasaženými obcemi byly obce Oldřišov, Markvartovice a Nové Sedlice na Opavsku. Nejvíce zasaženou oblastí pak bylo Město Albrechtice v okrese Bruntál. Poměrně vysoké koncentrace rizikových prvků se nacházely i v Žilině u Nového Jičína a nejvyšší koncentrace zinku byly zjištěny v Dolních Marklovicích na Karvinsku.

## 5. LITERATURA

- [1] SMOLÍKOVÁ, Libuše. *Pedologie I a II*. Praha, 1982. Skriptum. UK v Praze.
- [2] TOMÁŠEK, Milan. *Půdy České republiky*. 2. dopl. vyd. Praha: Český geologický ústav, 2000. ISBN 80-707-5403-6.
- [3] HLÁDEK, Jan. O vzniku půdy. *Příroda.cz* [online]. 2022 [cit. 2022-11-06]. ISSN 1801-2787. Dostupné z: <https://www.priroda.cz/clanky.php?detail=1728>
- [4] *SDĚLENÍ KOMISE RADĚ, EVROPSKÉMU PARLAMENTU, EVROPSKÉMU HOSPODÁŘSKÉMU A SOCIÁLNÍMU VÝBORU A VÝBORU REGIONŮ: Tematická strategie pro ochranu půdy* [online]. In: . Brusel [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:52006DC0231&from=EN>
- [5] Definice půdy. In: *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, © 2008–2022 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/definice\\_pudy/\\$FILE/OOHPP-Definice\\_pudy-20080820.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/definice_pudy/$FILE/OOHPP-Definice_pudy-20080820.pdf)
- [6] VLČEK, Vítězslav, Lubica POSPÍŠILOVÁ, Jana ŠIMEČKOVÁ, Helena DVOŘÁČKOVÁ a Jiří JANDÁK. *Půdoznalství*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2020. ISBN 978-80-7509-738-5.
- [7] SCHLAGHAMERSKÝ, Jiří. *Úvod do půdní biologie*. Brno, 2013. Skriptum. Masarykova univerzita.
- [8] BUOL, Stanley, Randal SOUTHARD, Robert GRAHAM a Paul MCDANIEL. *Soil Genesis and Classification*. 6. Wiley-Blackwell, 2011. ISBN 9780470960622.
- [9] *Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR* [online]. Praha 10: Ministerstvo životního prostředí, 2004, [cit. 2023-01-04]. ISSN 1213-3393. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/CEFFC9BDDD360E2EC1256FAF0040EEF6/%24file/indikatory\\_el.pdf](https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/CEFFC9BDDD360E2EC1256FAF0040EEF6/%24file/indikatory_el.pdf)
- [10] Vyhláška č. 275/1998 Sb.: Vyhláška Ministerstva zemědělství o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků. In: *Zákony pro lidi: Sbírka zákonů ČR* [online]. © AION CS, s.r.o., 2010-2023 [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1998-275>
- [11] *Elektronický taxonomický klasifikační systém půd ČR* [online]. ČZÚ v Praze: ÚVT, s.r.o. a BENETA.cz, s.r.o., 2004 [cit. 2022-11-19]. Dostupné z: <https://klasifikace.pedologie.czu.cz/>

- [12] Půdní druhy - klasifikace půd podle textury (zrnitosti). In: *Odtokové procesy: České vydání* [online]. University Corporation for Atmospheric Research, 2010 [cit. 2023-01-05]. Dostupné z: [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/runoff\\_cz/navmenu.php\\_tab\\_1\\_page\\_4.1.0.htm](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/runoff_cz/navmenu.php_tab_1_page_4.1.0.htm)
- [13] VAVŘÍČEK, D a A KUČERA. *Lesnická pedologie pro posluchače LDF Mendelu v Brně* [online]. Brno [cit. 2022-11-23]. Dostupné z: [https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/skripta/Zaklady\\_lesnicke\\_pedologie\\_old.pdf](https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/skripta/Zaklady_lesnicke_pedologie_old.pdf). Skriptum. Ústav geologie a pedologie, Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta.
- [14] NĚMEČEK, Jan a kol. *PŘÍRUČKA PRO PRŮZKUM LESNÍCH PŮD: Taxonomický klasifikační systém půd ČR (Jan Němeček a kol.) v lesnické praxi* [online]. Brandýs nad Labem, 2002 [cit. 2022-11-23]. Dostupné z: [https://ugp.ldf.mendelu.cz/wcd/w-ldf-ugp/soubory/pudni-taxonomie/prirucka\\_pro\\_puzkum\\_lesnich\\_pud.pdf](https://ugp.ldf.mendelu.cz/wcd/w-ldf-ugp/soubory/pudni-taxonomie/prirucka_pro_puzkum_lesnich_pud.pdf). Ústav pro hospodářskou úpravu lesů.
- [15] HRUBAN, Robert. Fluvisoly (Fluvizem, Koluvizem). In: *Moravské-Karpaty.cz* [online]. Halenkovice [cit. 2022-12-04]. Dostupné z: <http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/pedologie/fluvisoly/>
- [16] HRUBAN, Robert. Luvisoly (Šedozem, Hnědozem, Luvizem). In: *Moravské-Karpaty.cz* [online]. Halenkovice [cit. 2022-12-04]. Dostupné z: <http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/pedologie/luvisoly/>
- [17] HRUBAN, Robert. Půdotvorné procesy lesních půd. In: *Moravské-Karpaty.cz* [online]. Halenkovice [cit. 2022-12-06]. Dostupné z: <http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/pedologie/pudotvorne-procesy-lesnich-pud/#ilimerizace>
- [18] HRUBAN, Robert. Kambisoly (Kambizem, Pelozem). In: *Moravské-Karpaty.cz* [online]. Halenkovice [cit. 2022-12-04]. Dostupné z: <http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/pedologie/luvisoly/>
- [19] HRUBAN, Robert. Stagnosoly (Pseudoglej, Stagnoglej). In: *Moravské-Karpaty.cz* [online]. Halenkovice [cit. 2022-12-04]. Dostupné z: <http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/pedologie/stagnosoly/>
- [20] HRUBAN, Robert. Glejsoly (Glej). In: *Moravské-Karpaty.cz* [online]. Halenkovice [cit. 2022-12-04]. Dostupné z: <http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/pedologie/glejsoly/>
- [21] Půdní typy - Fluvizem. In: *Mendelova univerzita v Brně* [online]. [cit. 2023-03-16]. Dostupné z: [https://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/print.php?page=5243&typ=html](https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=5243&typ=html)
- [22] Půdní typy - Hnědozem. In: *Mendelova univerzita v Brně* [online]. [cit. 2023-03-16].

- Dostupné z:  
[https://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/print.php?page=5259&typ=html&fbclid=IwAR38ZA3k4fyRd0hEv66pnM\\_ggP90DjCB4MukfuA11zIQuzs63WbNLVdXl1A](https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=5259&typ=html&fbclid=IwAR38ZA3k4fyRd0hEv66pnM_ggP90DjCB4MukfuA11zIQuzs63WbNLVdXl1A)
- [23] Půdní typy - Luvizem. In: *Mendelova univerzita v Brně* [online]. [cit. 2023-03-16]. Dostupné z:  
[https://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/print.php?page=5260&typ=html](https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=5260&typ=html)
- [24] Půdní typy - Pseudoglej. In: *Mendelova univerzita v Brně* [online]. [cit. 2023-03-16]. Dostupné z:  
[https://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/print.php?page=5270&typ=html](https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=5270&typ=html)
- [25] Půdní typy - Glej. In: *Mendelova univerzita v Brně* [online]. [cit. 2023-03-16]. Dostupné z: [https://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/print.php?page=5280&typ=html](https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=5280&typ=html)
- [26] Půdní typy - Kambizem. In: *Mendelova univerzita v Brně* [online]. [cit. 2023-03-16]. Dostupné z:  
[https://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/print.php?page=5262&typ=html](https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=5262&typ=html)
- [27] Půdní mapy: Mapy půdních typů v jednotlivých krajích ČR. In: *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, © 2008–2022 [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/pudni\\_mapy](https://www.mzp.cz/cz/pudni_mapy)
- [28] HRUBAN, Robert. Leptosoly (Litozem, Ranker, Rendzina, Pararendzina). In: *Moravské-Karpaty.cz* [online]. Halenkovice [cit. 2022-12-04]. Dostupné z: <http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/pedologie/leptosoly/>
- [29] POLÁKOVÁ, Šárka, Ladislav KUBÍK, Lenka PRÁŠKOVÁ, Stanislav MALÝ, Pavel NĚMEC a Jaroslav STAŇA. *Monitoring zemědělských půd v České republice 1992-2013: Monitoring of agricultural soils in the Czech Republic 1992-2013*. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 2017. ISBN 978-80-7401-136-8.
- [30] HRUBAN, Robert. Regosoly (Regozem). In: *Moravské-Karpaty.cz* [online]. Halenkovice [cit. 2022-12-04]. Dostupné z: <http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/pedologie/regosoly/>
- [31] HRUBAN, Robert. Vertisoly (Smonice). In: *Moravské-Karpaty.cz* [online]. Halenkovice [cit. 2022-12-04]. Dostupné z: <http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/pedologie/vertisoly/>
- [32] HRUBAN, Robert. Černosoly (Černozem, Černice) [online]. In: . 2020 [cit. 2023-01-03]. Dostupné z: <http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/pedologie/cernosoly/>
- [33] HRUBAN, Robert. Andosoly (Andozem). In: *Moravské-Karpaty.cz* [online]. Halenkovice [cit. 2022-12-04]. Dostupné z: <http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/pedologie/andosoly/>

- [34] HRUBAN, Robert. Podzosoly (Kryptopodzol, Podzol). In: *Moravské-Karpaty.cz* [online]. Halenkovice [cit. 2022-12-04]. Dostupné z: <http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/pedologie/podzosity/>
- [35] HRUBAN, Robert. Natrisoly (Slanec). In: *Moravské-Karpaty.cz* [online]. Halenkovice [cit. 2022-12-04]. Dostupné z: <http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/pedologie/natrisoly/>
- [36] HRUBAN, Robert. Salisoly (Solončak). In: *Moravské-Karpaty.cz* [online]. Halenkovice [cit. 2022-12-04]. Dostupné z: <http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/pedologie/salisoly/>
- [37] HRUBAN, Robert. Organosoly (Organozem). In: *Moravské-Karpaty.cz* [online]. Halenkovice [cit. 2022-12-04]. Dostupné z: <http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/pedologie/organosoly/>
- [38] HRUBAN, Robert. Antroposoly (Kultizem, Antrozem). In: *Moravské-Karpaty.cz* [online]. Halenkovice [cit. 2022-12-04]. Dostupné z: <http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/pedologie/antroposoly/>
- [39] Zákon č. 334/1992 Sb.: Zákon České národní rady o ochraně zemědělského půdního fondu. In: *Zákony pro lidi* [online]. AION CS, s.r.o., © 2010-2023 [cit. 2023-01-07]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-334>
- [40] Arsenic: COMPOUND SUMMARY. In: *Pubchem* [online]. National Library of Medicine [cit. 2023-01-14]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5359596>
- [41] Beryllium. In: *Pubchem* [online]. National Library of Medicine [cit. 2023-01-14]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5460467>
- [42] Cadmium: COMPOUND SUMMARY. In: *Pubchem* [online]. National Library of Medicine [cit. 2023-01-14]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/23973>
- [43] Kobalt. In: *Periodická tabulka: Chemické prvky* [online]. © 2009-2021 [cit. 2023-01-15]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/27.html>
- [44] Cobalt: COMPOUND SUMMARY. In: *Pubchem* [online]. National Library of Medicine [cit. 2023-01-15]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/104730#section=Evidence-for-Carcinogenicity>
- [45] Kobalt. In: *ARNIKA* [online]. Praha [cit. 2023-01-15]. Dostupné z: <https://arnika.org/toxicke-latky/databaze-latek/kobalt>
- [46] Chrom. In: *ARNIKA* [online]. Praha [cit. 2023-01-15]. Dostupné z:

<https://arnika.org/toxicke-latky/databaze-latek/tezke-kovy/chrom>

- [47] Chromium: COMPOUND SUMMARY. In: *Pubchem* [online]. National Library of Medicine [cit. 2023-01-15]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/23976>
- [48] Copper. In: *Pubchem* [online]. National Library of Medicine [cit. 2023-01-15]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/23978>
- [49] Měď. In: *ARNIKA* [online]. Praha [cit. 2023-01-15]. Dostupné z: <https://arnika.org/toxicke-latky/databaze-latek/tezke-kovy/med>
- [50] Nikl. In: *ARNIKA* [online]. Praha [cit. 2023-01-15]. Dostupné z: <https://arnika.org/toxicke-latky/databaze-latek/tezke-kovy/nikl>
- [51] Nickel. In: *Pubchem* [online]. National Library of Medicine [cit. 2023-01-15]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/935>
- [52] Olovo. In: *ARNIKA* [online]. Praha [cit. 2023-01-15]. Dostupné z: <https://arnika.org/toxicke-latky/databaze-latek/tezke-kovy/olovo>
- [53] Vanadium: COMPOUND SUMMARY. In: *Pubchem* [online]. National Library of Medicine [cit. 2023-01-15]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/23990>
- [54] Zinek. In: *ARNIKA* [online]. Praha [cit. 2023-01-15]. Dostupné z: <https://arnika.org/toxicke-latky/databaze-latek/tezke-kovy/zinek>
- [55] PACHANA, Katavut, Amnuay WATTANAKORNSIRI a Jakkaphun NANUAM. Heavy Metal Transport and Fate in the Environmental Compartments. *NU Science Journal* [online]. 2010, 7(1), 1-11 [cit. 2023-02-16]. Dostupné z: <https://www.sci.nu.ac.th/sciencejournal/index.php/journal/article/view/152>
- [56] KALÁČ, Pavel. *Chemie životního prostředí*. 2., dopl. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2010. ISBN 978-80-7394-232-8.
- [57] VOJTĚŠEK, Martin, Pavel MIKUŠKA a Zbyněk VEČEŘA. VÝSKYT, ZDROJE A STANOVENÍ KOVŮ V OVZDUŠÍ. *Chemické listy* [online]. 2009, (103), 136-144 [cit. 2023-02-16]. Dostupné z: <http://www.chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/view/1571/1571>
- [58] BENEŠ, Stanislav. *Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí*. Praha: Agrospoj, 1994. ISBN 80-708-4090-0.
- [59] WANG, K. L., J.P. CHEN a Y HUNG. *Heavy metals in the environment*. CRC PRESS, 2009. ISBN 978-1-4200-7316-4.

- [60] JAVED, M.T. a kol. *Phytoremediation of Cadmium-Polluted Water/Sediment by Aquatic Macrophytes: Role of Plant-Induced pH Changes Cadmium Toxicity and Tolerance in Plants* [online]. In: . [cit. 2023-02-16]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/329990770\\_Phytoremediation\\_of\\_Cadmium-Polluted\\_WaterSediment\\_by\\_Aquatic\\_Macrophytes\\_Role\\_of\\_Plant-Induced\\_pH\\_Changes\\_Cadmium\\_Toxicity\\_and\\_Tolerance\\_in\\_Plants](https://www.researchgate.net/publication/329990770_Phytoremediation_of_Cadmium-Polluted_WaterSediment_by_Aquatic_Macrophytes_Role_of_Plant-Induced_pH_Changes_Cadmium_Toxicity_and_Tolerance_in_Plants)
- [61] PUNČOCHÁŘOVÁ, Jana a Zdeněk KAFKA. TĚŽKÉ KOVY V PŘÍRODĚ A JEJICH TOXICITA. *Chemické listy* [online]. 2002, (96), 611-617 [cit. 2023-02-16]. Dostupné z: <http://www.chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/view/2316/2316>
- [62] Vyhláška č. 153/2016 Sb.: Vyhláška o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy a o změně vyhlášky č. 13/1994 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu. In: *Zákony pro lidi: Sbírka zákonů ČR* [online]. AION CS, s.r.o., 2010-2023 [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-153>
- [63] Zákon č. 183/2006 Sb.: Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon). In: *Zákony pro lidi: Sbírka zákonů ČR* [online]. AION CS, s.r.o., 2010-2023 [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-183>
- [64] Zákon č. 17/1992 Sb.: Zákon o životním prostředí. In: *Zákony pro lidi: Sbírka zákonů ČR* [online]. AION CS, s.r.o., 2010-2023 [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-17>
- [65] Zákon č. 289/1995 Sb.: Zákon o lesích a o změně některých zákonů (lesní zákon). In: *Zákony pro lidi: Sbírka zákonů ČR* [online]. AION CS, s.r.o., 2010-2023 [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1995-289>
- [66] Zákon č. 541/2020 Sb.: Zákon o odpadech. In: *Zákony pro lidi* [online]. AION CS, s.r.o., 2010-2023 [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-541>
- [67] Zákon č. 156/1998 Sb.: Zákon o hnojivech, pomocných půdních látkách, rostlinných biostimulantech a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech). In: *Zákony pro lidi: Sbírka zákonů ČR* [online]. AION CS, s.r.o., 2010-2023 [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1998-156>
- [68] Zákon č. 252/1997 Sb.: Zákon o zemědělství. In: *Zákony pro lidi: Sbírka zákonů ČR* [online]. AION CS, s.r.o., 2010-2023 [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-252>
- [69] SKOOG, Douglas A., Donald M. WEST, F. James HOLLER a Stanley R. CROUCH. *Analytická chemie*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2019. ISBN 978-80-7592-043-0.
- [70] ZBÍRAL, Jiří. 30350.2 – *Rozklad lučavkou královskou: Jednotné pracovní postupy* –

*Analýza půd II. 4. Národní referenční laboratoř, ÚKZÚZ, 2022.*

- [71] ZBÍRAL, Jiří. 20070.3 - *Stanovení obsahu Al, As, B, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, V a Zn metodou ICP-OES: Jednotné pracovní postupy – zkoušení hnojiv*. 1. Národní referenční laboratoř, ÚKZÚZ, 2022.
- [72] ICP-OES SPECTRO ARCOS. In: *SPECTRO CS* [online]. Ostrava - Zábřeh: SPECTRO CS, spol. s r.o., © 2011-2023 [cit. 2023-04-03]. Dostupné z: <https://www.spectro.cz/icp-oes-spektrometr-spectro-arcos/?fbclid=IwAR1hrD8WVY441oPUUWi4FQ73emHiHE0im7Utp5Nb-TSTR37P2Tt651btIKI>

## 6. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ÚKZÚZ	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
ZPF	Zemědělský půdní fond
RP	Rizikové prvky
RL	Rizikové látky
OES	Optická emisní spektrometrie
ICP	Inductively Coupled Plasma
O	Ornice
P	Podorničí
KÚ	Katastrální území
NJ	Nový Jičín
CCD	Charge-coupled device

## 7. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – schéma odběru vzorků

