

# **\* ZEMPOLA \***

**RNDr. Miroslav KONEČNÝ, CSc.**  
739 53 **Hnojník** č. 136  
tel: 558 696 416, 603 825 875  
m.konecny@zempola.cz , www.zempola.cz

---

## **Průzkum znečištění zemědělských půd rizikovými prvky v k.ú. Koňákov, Mistřovice, Stanislavice a Mosty u Č.T. , města Českého Těšína**

**O d b o r n á   s t u d i e**

Zpracovali: **RNDr. Miroslav KONEČNÝ, CSc.**  
a kolektiv firmy  
**HNOJNÍK, prosinec 2018**

## O b s a h

### ČÁST I - Úvod

I. Úvod k problematice.....	1
II. Rizikové prvky v půdách a jejich vlastnosti .....	4

### ČÁST II - Typy půd a metodika měření

I. Úvod .....	11
II. Zájmové území .....	11
III. Mapové podklady .....	11
IV. Půdy v zájmové oblasti .....	12
V. Metodika odběru půdních vzorků .....	16
VI. Sledované ukazatele .....	17
VII. Analýza vzorků půdy .....	18

### ČÁST III - Výsledky a hodnocení

I. Úvod .....	19
II. Obsah rizikových prvků kovů v půdě	
2.1. Hodnocení vzorků půdy a obsahu rizik. prvků v půdním výluhu a po totálním rozkladu..	19
2.2. Hodnocení obsahu rizikových prvků ve vzorcích .....	20
2.3. Obsah rizikových prvků dle naměřených hodnot a překračování limitů .....	21
2.4. Přehled plošné distribuce rizikových prvků a hodnocení naměřených výsledků.....	21
III. Statistické vyhodnocení obsahu rizikových prvků v půdě .....	23
IV. Vyhodnocení půd dle půdní kyselosti a dle kódu BPEJ .....	23

V. Vyhodnocení naměřených hodnot rizikových prvků dle půdních typů .....	24
VI. Hodnocení znečištění půdy podle pozad'ových hodnot a čerpání limitní hodnoty.....	25
VII. Souhrnné hodnocení plošné kontaminace rizikových prvků na zájmovém území.....	26
VIII. Porovnání naměřených hodnot v minulosti a nyní i vyhodnocení trendu znečištění...	26
IX. Diskuse k výsledkům měření rizikových prvků v půdě .....	27
X. Závěry a doporučení .....	28
XI. Tabulky, grafy, mapky a přílohy.....	30

# ČÁST I

## I. Úvod k problematice

V posledních desetiletích i na počátku nového století dochází i nadále ke zvyšující kontaminaci všech složek životního prostředí a tak zde vyvstává potřeba trvalého monitoringu úrovně tohoto znečištění.

Úkolem tohoto monitoringu je získat co nejvíce informací o stavu znečištění i o dynamice kontaminujících látek v ekosystémech. Zaměření tohoto monitoringu je zejména se zřetelem na skutečnost, že tyto cizorodé látky mají toxický účinek na zdraví člověka. Jedním ze zásadních problémů je tedy zabezpečení nezávadné zemědělské produkce, které lze docílit pouze omezením vstupu kontaminujících látek do potravního řetězce. Rychlé a efektivní řešení problematiky vlivu průmyslových emisí a imisí na kvalitu a nezávadnost biomasy pro její vazbu na výživu a zdravotní stav obyvatel je stále vysoce naléhavým úkolem.

V popředí našeho zájmu je půda, která představuje složitý polydisperzní trojfázový systém. Vliv emisí na půdu je jev dlouhodobý a z hlediska působení velmi závažný. Pro těžké, rizikové kovy je půda médium, kde migrace kontaminantů probíhá relativně pomalu. Z tohoto důvodu jsou úrovně znečištění v okolí zdrojů antropogenního znečištění mnohem vyšší, než úroveň globální.

Problematice těžkých kovů je zvláště v posledních desetiletích věnována zvýšená pozornost, neboť vážně ohrožují při zvýšené koncentraci zdraví lidí a zvířat a to buď přímo, nebo prostřednictvím bioakumulace. Přitom některé z nich jsou pouze potencionálními kancerogeny, ale u některých byla kancerogenita prokázána. Rovněž jsou tyto kovy mutagenní a způsobují řadu nemocí, např. poškození ledvin, jater a centrálního nervstva. Nelze též opomenout, že mnohé z nich jsou též látkami esenciálními, jako např. Cu, Zn, Mn, Co a snad i Cr, a tyto jsou s biologickou funkcí především jako kofaktory v enzymatických systémech.

U některých jako např. u Cd, Pb, Hg a Ni nebyla jejich dosud jejich esencialita potvrzena. Přírodní obsahy potenciálně toxických prvků v půdách jsou podstatně rozdílné a závisí na řadě faktorů, jako například na půdním substrátu, fyzikálně-chemických vlastnostech půdy, klimatických a topografických podmínkách a také na vlastnostech sledovaného prvku.

Zatímco otázky zdrojů a hygienických rizik jsou velmi dobře definovány, na poli normativů není dosud v celosvětovém měřítku sjednocení a též i v otázce praktických opatření na dekontaminaci poškozených půd.

Termín biogenní prvky tedy uvažujeme pouze do určité hranice, dále pak hovoříme o cizorodých látkách či zjednodušeně o rizikových prvcích.

Hlavní zdroje těžkých kovů v půdách mají povahu přirozenou a antropogenní.

### A. Přirozené zdroje

- zvětrávání hornin
- atmosférické srážky a pevný spad
- podzemní vody

### B. Antropogenní zdroje    1. Přímé- úmyslné aplikace    2. Nepřímé -neúmyslné aplikace

- |                              |                                 |
|------------------------------|---------------------------------|
| a) moření osiva              | a) energetický průmysl          |
| b) ochrana kultur            | b) metalurgický a hutní průmysl |
| c) zlepšování půd. úrodnosti | c) chemický průmysl             |
| - přirozená hnojiva          | d) doprava                      |
| - průmyslová hnojiva         | e) městské a průmyslové         |
| - odpadní suroviny           | aglomerace                      |
| - průmyslové komposty        |                                 |
| - závlahové vody             |                                 |

Vliv a účinnost těchto zdrojů a stupeň jejich škodlivosti je však různý a závisí na délce působnosti a též na charakteru dodávaných kovů a množství aplikovaných dávek. Obsah těchto rizikových kovů v půdě je proto značně rozdílný a odvíjí se zejména od množství deponovaných prvků, uvolňovaných ze zdrojů znečištění.

Jelikož depozice těžkých kovů je jev dlouhodobý, je předpoklad, že nejvyšší hodnoty obsahu rizikových látek v půdách budou nalezeny zejména v centru měst a městských aglomerací.

Tato studie proto byla zpracována se záměrem opětovně po 17 letech zdokumentovat a též vyhodnotit úroveň znečištění těžkými kovy i mimo centrum antropogenního znečištění města Českého Těšína. V naší pozornosti jsou nyní opět plochy orné půdy v katastru Koňákov, Mistřovice, Stanislavice a Mosty u Č.T., kde je negativní vliv působení dopravy a též vliv průmyslu na zemědělskou produkci spíše menší.

Tento průzkum probíhal během let od 1997 - 2012 ve spolupráci s odborem životního prostředí Městského úřadu v Českého Těšína. V průběhu těchto let byla dokumentována a archivována řada výsledků měření obsahu rizikových prvků v zemědělské půdě.

Samotný průzkum byl časově rozdělen na několik částí. V I. části průzkumu byla vypracována v roce 1998 a 2011 závěrečná zpráva dílčí studie, která zahrnuje průzkum intravilánu Českého Těšína, a to severní části města od ulice Frýdecká. V roce 1999 jsme na tuto zprávu navázali a průzkum pokračoval v jižní části města, od ulice Frýdecká a Střelniční, v intravilánu Českého Těšína. Další část průzkumu byla zaměřena na okrajové části města. V roce 2000 byla zpracována závěrečná zpráva dílčí studie, která zahrnovala katastrální území Mosty u Českého Těšína, Dolní Žukov a Horní Žukov. V roce 2001 to byla zpracována závěrečná zpráva dílčí studie, která zahrnovala katastrální území Koňakov, Mistřovice a Stanislavice. V roce 2012 jsme navázali na průzkum provedený v roce 1999, v intravilánu města Český Těšín a na průzkum z roku 2000, v k.ú. Dolní a Horní Žukov. V letošním roce bude zpracována závěrečná zpráva dílčí studie z let 2000 a 2001, a to Koňakov, Mistřovice, Stanislavice a Mosty u ČT.

Stav znečištění půd v okolí města Český Těšín je tabulkově a graficky zpracován.

Textové vyhodnocení se opírá pro možnost srovnání o původní vyhlášku č. 13/94 Sb. z 24.1. 1994, která upravuje některé podrobnosti o ochraně zemědělského půdního fondu.

V příloze vyhlášky jsou stanoveny závazné limity pro obsahy těžkých kovů v půdě a dále též pro rizikové látky organického původu.

Nutno zde též upozornit, že od roku 2016 již platí novelizovaná vyhláška č.153/2016 Sb. o ochraně zemědělského půdního fondu. Metodika rozborů dle této vyhlášky je již ale jiná. Pro zachování kontinuity měření i pro srovnání v minulosti naměřených hodnot vycházíme i nyní z této původní vyhlášky č. 13/94 Sb. .

Při stanovení stupně kontaminace půdy je vhodné přihlížet k výchozímu geochemickému pozadí. Proto je vhodné používat jako srovnávací kritérium pro technogenní znečištění v půdě též hodnoty lokální úrovně tohoto pozadí, které bylo pro ČR zjištěno v minulosti. Tyto hodnoty lze získat též empiricky a jsou pro srovnání jako přirozené obsahy chemických prvků prvků v půdách. Hodnoty vyšší než požadové pak signalizují určitou kontaminaci vzorku.

Hodnocení bylo provedeno jednak dle úrovně pozad'ových hodnot, jednak též dle závazných limitů hodnot, které stanoví vyhláška č.13/94 Sb. o ochraně zemědělského půdního fondu. Výsledky měření byly statisticky vyhodnoceny a porovnány dle úrovně hodnot, získaných dle jednotlivých lokalit, půdní kyselosti, jednotek BPEJ a též dle kultury půdy. Získané hodnoty výsledků měření byly sestaveny do tabulek, histogramů a diagramů.

Vlastní studii tvoří 1 svazek, který je rozdělen na několik částí. Ty tvoří obsahově úvod, metodiku a charakteristiku půd v zájmové oblasti. Dále je složena z výsledků měření, včetně tabulek, grafů, mapek a závěrečného hodnocení.

## II. Rizikové prvky v půdách a jejich vlastnosti

Všechny prvky, které byly sledovány v této studii se vyznačují různým stupněm toxicity či kancerogenity a vážně tak ohrožují při zvýšených koncentracích zdraví lidí i zvířat. Mezi sledované rizikové prvky v prostředí patří zejména tyto kovy :

### 2.1. K a d m i u m

Kadmium náleží k nejnebezpečnějším toxickým prvkům, které velmi snadno vstupuje prostřednictvím rostlin do potravního řetězce. Na člověka působí kadmium z ovzduší, vody, půdy a potravin. V půdě se nachází v množství cca do 1,- mg.kg<sup>-1</sup>. Pro obsah v půdě je významný vnos používáním hnojiv, které jej obsahují často i relativně větší množství.

V biosféře se vyskytuje podstatně méně, než jiné těžké kovy. Kadmium se uvolňuje z oceláren a rovněž továren na výrobu a zpracování zinku, jehož kadmium přirozeně v rudě provází.

Sloučeniny kadmia se v půdách vyskytují převážně ve formě dvojmocného kationtu Cd<sup>2+</sup>. Příjem kadmia jakož i aktivitu a rozpouštění silně ovlivňuje hodnota půdní kyselosti, kdy s rostoucí hodnotou pH rozpustnost kadmia klesá. Rostliny proto přijímají kadmium z půd, které mají hodnotu pH nižší než 5. Pod tuto hodnotu pH je migrace kadmia až 80%ní. Pohyblivost kadmia v půdě též ovlivňuje množství látek jílovitého charakteru a je závislá též na obsahu organické hmoty. Snížení rozpustnosti a asimilovatelnosti kadmia výrazně snižuje vápnění půdy. Kadmium se chová v půdě obdobně jako zinek.

Pro půdy na půdotvorných substrátech metamorfozovaných hornin se uvádí 0,1 - 1 mg.kg<sup>-1</sup>. U půd na sedimentovaných horninách mohou hodnoty dosahovat od 0,3 - 11 mg.kg<sup>-1</sup>.

## 2.2. O l o v o

V životním prostředí jsou zdrojem tohoto prvku zejména exhaláty z průmyslového použití olova, zejména používaného kdysi jako aditiva do benzínu. Při celkové bilanci transportu olova a jeho vnosu do potravinového řetězce má rozhodující význam ovzduší. V biosféře ČR je zaznamenáván značný nárůst a to s rozvojem automobilismu v posledních letech.

V půdním roztoku se při pH menším než 8 olovo vyskytuje hlavně ve formě Pb<sup>2+</sup> kationtů a v půdě patří mezi nejméně pohyblivé prvky, zejména ve formě síranové, či uhličitanové. Při zásadité reakci půdy se příjem olova rostlinami snižuje, zvýšená pohyblivost je v kyselém prostředí. Olovo se v půdě hromadí zejména v jílovité frakci a váže se s organickou hmotou. Charakteristická je i jeho akumulace v humusových horizontech, zvláště u lesních půd. Zvýšený obsah je uváděn též u rekultivovaných půd. Celkový obsah olova v půdách je v závislosti na geologickém podkladu a může dosahovat hodnot v rozpětí 25 - 92 mg.kg<sup>-1</sup>.

## 2.3. Z i n e k

Tento prvek patří mezi velmi významné v ekosystému a rovněž v půdě, kde může být přítomen v relativně značných koncentracích. Nejběžnější formou zinku je v půdách kationt Zn<sup>2+</sup>, který převládá v půdním roztoku do pH 7,7.

Mobilita zinku v půdě je v závislosti na půdní kyselosti, kdy v půdách kyselých a neutrálních převládá Zn<sup>2+</sup>, který je značně pohyblivý, kdežto v alkalických půdách je ve formě hydroxidu Zn(OH)<sup>+</sup>, který je pro rostliny přístupný méně. Při vyšší alkalitě půdy a nebo vyšším obsahu vápníku v půdě se rozpustnost i přijatelnost pro rostliny snižuje.

Obsah zinku v půdě je v závislosti na obsahu jílu, na něž je zinek vázán a též na obsahu humusu v půdě. Nejvyšší obsah zinku nacházíme v půdních horizontech s vysokým obsahem humusu. Významný je i vztah mezi obsahem zinku ve výluhu a sorpční kapacitou.



Celkový obsah v půdě je závislý na horninách z nichž byla půda vytvořena. Interval celkového obsahu zinku může být v rozmezí 29 - 196 mg.kg<sup>-1</sup> pro různé půdotvorné substráty.

## 2.4. **C h r o m**

Je to těžký kov, jehož zdroj lze nalézt v hutích a těžkém průmyslu. Chrom je kov, který je ve své trojmocné formě Cr<sup>3+</sup> netoxický. Toxicitou vyniká šestimocná forma Cr<sup>6+</sup>, která je v silně kyselých či zásaditých půdách velmi nestabilní a mobilní.

Chování chromu je proto silně ovlivněno hodnotou pH a redox potenciálem. Půdní pH hodnota ovlivňuje i jeho adsorpci jíly.

Adsorpce šestimocného chromu se snižuje s nárůstem pH hodnoty. Mobilnost trojmocného chromu je značná zejména v kyselém prostředí.

Chrom je snadno adsorbován jílovitými nerosty a hromadí se v nich. Slabé uvolňování chromu je zřejmě způsobeno silnou vazbou na jíly nebo i organickou hmotu.

Přestože je chrom v půdách poměrně slabě rozpustný, rostliny jej přijímají poměrně snadno. Chrom obdobně jako železo tvoří podobné komplexní sloučeniny. Obsah chromu v půdách závisí na matečné hornině a pohybuje se od 20 do 443 mg, při průměrné hodnotě cca 90 mg v 1 kg zeminy.

## 2.5. **M ě ě**

Tato patří mezi stopové prvky, které jsou důležité pro organismus člověka. V půdě se vyskytuje ve formě dvojmocných kationtů a ve formě komplexů. Sloučeniny mědi jsou různě pohyblivé. Snadno pohyblivé jsou soli minerálních kyselin a některých organických kyselin. Hlavní část mědi je vázána na organické a minerální látky. Nejpohyblivější je měď ve formě Cu<sup>2+</sup>, přitom příjem mědi rostlinami není tak závislý na pH půdního roztoku, jako u ostatních kovů. Zvyšující se pH půdy má za následek mírné zvýšení půdní sorpce mědi jílovitými a organickými látkami a tím i sníženou pohyblivost v půdě. Mezi hlavní sorbenty v půdě patří organická hmota a to zejména v lehkých půdách. Složení a množství organické půdní hmoty významně ovlivňuje vazbu mědi s tvorbou komplexů a její přijatelnost rostlinami. Pohyblivost mědi v půdě je snížena pravidelným vápněním a též přidáváním fosforečnanu vápenatého.

Kyselá hnojiva zvyšují kyselost půdy a tím i příjem mědi rostlinami. Při příjmu mědi a zinku se projevuje silný antagonismus. Vysoké obsahy mědi mohou způsobit nedostatek manganu a molybdenu, měď však patří k málo pohyblivým kovům v půdě. Nejvíce mědi obsahují ve výluhu černozemě cca 8,35 mg a nejméně rašeliny cca 0,47 mg.kg<sup>-1</sup>.

## 2.6. N i k l

Tento kov se dostává do atmosféry spalováním paliv, obsahující organické sloučeniny niklu. Další zdroje niklu jsou často v odpadních vodách z galvanizoven. Toxicita niklu je však poměrně nízká, ale významný je jeho nebezpečný účinek kancerogenní, hlavně v asbestovém prachu. Nikl je v půdě ve velké míře adsorbován na organickou hmotu a v ornici se vyskytuje v organicky vázaných formách, které jsou zvláště silné. Rozpustnost niklu je nepřímo úměrná hodnotě pH. Nejvíce je nikl přístupný v půdách s hodnotou půdní kyselosti pH od 6,5 až 7,0. Adsorpce niklu je významná zejména na jílovité nerosty, méně pak na organické látky. Nikl je přístupný zejména na zamokřených půdách.

Hodnoty celkového niklu v našich půdách jsou odvislé zejména od horninového podkladu. Jsou převážně v rozpětí od 11 do 117 mg.kg<sup>-1</sup>, přičemž nejvyšší koncentrace jsou získány na sprašových sedimentech.

## 2.7. B e r y l i u m

Tento těžký kov je závažnou znečišťující látkou, která se uvolňuje do ovzduší zejména při spalování uhlí, v okolí metalurgických závodů a z produkce jaderného průmyslu. Berylium je toxické a způsobuje choroby ve formě tzv. beryliozy, která se může vyskytovat u lidí v okolí výrobních závodů.

Jeho koncentrace jsou vyšší zejména v centrech imisního znečištění průmyslových oblastí. Sledování koncentrací berylia v půdě a ovzduší nebylo v minulosti systematicky prováděno, neboť jde většinou o lokální znečištění, takže o obecnějších hodnotách v půdě není zatím podrobnějších informací.

## 2.8. Arzén

Arzén patří mezi stopové prvky bez prokázané biologické potřeby pro člověka. Nachází se v prostředí jak ve formě přirozeného pozadí a jednak jako znečišťující látka v okolí závodů, zejména hutí a elektráren, kde se používá ke spalování uhlí, ze kterého se uvolňuje. V půdě je arzén nejčastěji obsažen do  $5 \text{ mg.kg}^{-1}$  a v rostlinách do  $0,3 \text{ mg.kg}^{-1}$  hmoty. V některých organismech se arzén kumuluje a to například v ústřicích.

Je to vysoce toxický prvek a i ve velmi malém množství se projevuje jako kumulativní protoplazmatický jed, který snižuje aktivitu enzymů. Významný je i jeho účinek kancerogenní, který se projevuje při dlouhodobé expozici, kterému jsou lidé vystaveni. V současnosti je registrováno vyšší množství arzenu zejména v okolí průmyslových závodů. Měření obsahu arzenu se v nedávné době systematicky neprovádělo a k dispozici byla donedávna převážně bodová měření.

Vzhledem k tomu, že jde o látku, která způsobuje rakovinu, je žádoucí jeho expozici snížit.

## 2.9. Rtuť

Patří mezi stopové prvky, které se vyskytují v přírodě relativně často. Rtuť je též často používaná v průmyslu, zemědělství a zdravotnictví. Jejím zdrojem v biosféře jsou emise ze spalování z výtopen a průmyslových závodů.

Rtuť je pro člověka z těžkých kovů nejedovatější, což je také dáno nejnižší přijatelnou koncentrací. Její příjem rostlinami z půdy je malý a uvádí se, že sloučeniny rtuti jsou ukládány na povrchu rostliny a přes list jsou translokovány do ostatních částí.

Rtuť se v půdě vedle běžné tuhé fáze nachází i v rozpuštěné v těkavé formě včetně anorganických rtuťových par, které mohou tvořit v půdě až  $1/3$  z celkového množství. Známá je tvorba metylртуťových sloučenin biologickým působením, rostlinami snadno přijímanými. Hlavním zdrojem organické sloučeniny metylrtuti jsou ryby. Organická hmota se významně podílí na vazbě rtuti a tím přispívá ke snížení migrace rtuti v půdě. Ke zvýšení její pohyblivosti je nutný biologický rozklad organických komplexů rtuti.

Při nízké hodnotě půdního pH se rtuť sorbuje na humus, při vyšší hodnotě pH se váže na půdní jílovité nerosty.

Významný je vliv mikroorganismů, které se mohou podílet na mikrobiální metylaci i na redukci na elementární rtuť. Ta se pak projevuje hlavně těkáním rtuti z prostředí. Vyšší obsahy rtuti se vyskytují v humózních a iluviálních horizontech.

## 2.10. K o b a l t

Kobalt je prvek, který se používá jako katalyzátor v chemickém průmyslu a při výrobě polymerů. Jeho použití jako sloučenin at' organických či anorganických nese sebou znečištění životního prostředí, protože všechny jsou značně toxické. Jeho zvýšený výskyt je možný registrovat v okolí metalurgických závodů. V půdě jsou minerály s kobaltem ve vázané formě, pro rostliny nepřístupné. Přijatelnost iontů kobaltu se výrazně snižuje s vyšší hodnotou pH půdy v zásaditém prostředí. Rostliny přijímají kobalt zejména ve formě kationtu  $\text{Co}^{2+}$  v prostředí kyselém. Obsah celkového kobaltu v půdě může nabývat hodnot od 0,2 do 6,-  $\text{mg.kg}^{-1}$  a průměrný celkový obsah je uváděn kolem 3 mg, s vyššími hodnotami zejména u písčitohlinitých půd a s vyšším obsahem  $\text{CaCO}_3$ .

## 2.11. M o l y b d e n

Tento prvek se vyskytuje v půdách zejména jako anionty  $\text{MoO}_4^{2-}$  a  $\text{HMoO}_4$ . V půdách se vyskytuje se ve formě organominerálního komplexu s organickou hmotou nebo ve spojení s jílnatými částicemi a s oxidy železa. Přijatelnost molybdenu rostlinami ovlivňuje půdní kyselost, nejméně je rozpustný v půdách kyselých, velmi dobře pohyblivý i v půdách s vysokou hodnotou pH. Nedostatek molybdenu pro rostliny jako stopového prvku můžeme zvýšit vápněním půdy. Chování molybdenu je nejvíce ovlivněno vápníkem a též fosforem, jehož zvýšení ovlivňuje přístupnost molybdenu v půdě. V půdě může být též molybden nahrazen vanadem.

Průměrné hodnoty celkového molybdenu v půdě se pohybují přibližně od 0,22 do 2,80  $\text{mg/kg}$  se střední hodnotou 0,95 mg. Vysoké obsahy jsou zjištěny na půdách nivních a jílovitých.

## 2.12. Vanad

Vanad se vyskytuje v ovzduší ve formě oxidů, které vznikají při spalování uhlí a olejů. Působí toxicky tím, že způsobuje vážná onemocnění lidí.

Vanad se vyskytuje i v půdě a to ve formě kationtů  $(VO)^{2+}$  a aniontů  $(VO_3)^-$ . Chování vanadu je závislé na oxidačním stavu a kyselosti prostředí. Má rovněž úzký vztah k organické hmotě. Významná je i sorpce jílovitými nerosty, která patří mezi významné formy vazby. Vanad však nebyl zaznamenán ve vyšších koncentracích ve svrchních půdních horizontech, v půdě je distribuován poměrně rovnoměrně.

Obsah celkového vanadu je dle získaných hodnot v našich půdách od 10 do 280  $mg \cdot kg^{-1}$ . Nejnížší hodnoty byly získány v lehkých sedimentech 10 - 30 mg, v neutrálních a bazických sedimentech to bylo až 150 mg.

## ČÁST II. TYPY PŮD A METODIKA MĚŘENÍ

### I. Ú v o d

Obsahem této části je vymezení zájmového území, informace o mapových výchozích podkladech, použitých pro studii, přehledy o odběrných místech a půdních vzorcích.

### II. Zájmové území

Vymezená zájmová plocha, která je předmětem této studie, vychází mimo zastavěné území města Český Těšín, v okrese Karviná.

Do sledování byla zařazena zájmová plocha katastrálního území Koňákov, Mistrovice , Stanislavice a Mosty u Č. Těšína. Hranice zájmové plochy i jednotlivých odběrných míst jsou zakresleny na mapce č. 1, 2 , 3 a 4 . Na této mapě jsou vyznačeny i čísla odběrů jednotlivých půdních vzorků. V mapě č. 5 jsou vyznačeny i hranice 4 katastrálních území.

Zájmové území spadá z hlediska ochrany zemědělského půdního fondu do působnosti Městského úřadu Českého Těšína, který je též zadavatelem této studie.

### III. Mapové podklady

Při zpracovávání studie byly použity mapové podklady Katastrálního úřadu v Opavě. Jde o základní mapy v měřítku 1 : 10 000 a mapy BPEJ v měřítku 1 : 5 000.

Zájmové území se nachází na 3 mapových listech základní mapy **1 : 10 000**, přičemž listy jsou dotčeny jen zčásti. Jde celkem o tyto listy:

1. k.ú. Koňákov list 15 - 44 - 19 a 15 - 44 - 24
2. k.ú. Mistrovice list 15 - 44 - 19 a 15 - 44 - 24
3. k.ú. Stanislavice list 15 - 44 - 18 a 15 - 44 - 19
4. k.ú. Mosty u Č. T. list 15 - 44 - 19

Základní bonitační mapa v měřítku 1 : 25 000, znázorňuje hranice bonit BPEJ a byla použita pro terénní práce při odběrech vzorků pro zakreslení míst odebraných půdních vzorků. Tato mapa byla pro 4 vzorkované katastry označena čísly 1, 2, 3 a 4 a je součástí této studie.

Pro posouzení vlastností analyzovaných půd byly v původní studii použity mapy bonitovaných půdně - ekologických jednotek BPEJ v měřítku 1 : 5 000. Mapy byly použity od správce, VÚMOP Praha a Pozemkového úřadu Karviná.

Pro účely naší studie byly původně použity tyto následující mapy BPEJ :

**ČT 8 - 6    ČT 8 - 7    ČT 9 - 6    ČT 9 - 7    ČT 9 - 8    OV 0 - 7    OV 0 - 8**

V současné době již tyto bonitační mapy nejsou přístupné a jsou nyní vedeny na serveru Státního pozemkového úřadu, [www.spucr.cz/](http://www.spucr.cz/), v kterých jsou též i zakresleny aktuální hranice BPEJ zájmového území u všech 4 katastrálních území.

Mapy č. 1, 2, 3 a 4 jsou součástí studie.

#### **IV. Půdy v zájmové oblasti**

Zájmové území spadá do klimatické oblasti 7, tj. MT - 4, mírně teplý, vlhký. Průměrná teplota činí 6 - 7°C. Vývoj atmosférických srážek je v celku normální. Dle srážkoměrné stanice Český Těšín je dlouhodobý roční úhrn srážek 1027 mm . Maximum srážek spadne v červenci a další nevýrazné minimum je v únoru.

Zájmové území z hlediska geomorfologie spadá do Alpsko-himalájského systému, subsystemu Karpaty, provincie Západní Karpaty III, subprovincie Vnější Západní Karpaty III<sub>2</sub>, oblasti Západobeskydské podhůří III<sub>2</sub>D, celku Podbeskydská pahorkatina III<sub>2</sub>D-1, podcelku Těšínská pahorkatina a okrsku Hornožukovská pahorkatina.

Území je tvořeno zvlněnou pahorkatinou, kolem toku Olše údolní rovinou. Nejvyšší bod terénu je s nadmořskou výškou 427 m n.m. na ulici Hradišťská, nejnižší je až v nivě řeky 274 m n.m.

Území leží v oblasti tvořené horninami flyšového původu. Ty jsou zastoupeny karpatským flyšem v typickém střídání pískovců a břidlic, slabě vápnitých. Na těchto substrátech se vytvořily hnědé půdy , často i oglejené, (kambizem), které tvoří matečný půdotvorný substrát většiny zdejších půd.

Kvartérní sedimenty zde tvoří též i sprašové hlíny a u řeky Olše pak jde o půdy nivní .

Na terase z převážně kyselého materiálu - hrubozrnného písku, vznikly hnědé půdy, které jsou vodopropustnější a z hlediska zrnitosti lehčí. Na zájmové ploše jsou přítomny pouze okrsky. Oproti minulosti byla na zájmové lokalitě provedena aktualizace bonit, které doznaly změny.

Na zájmovém území se nyní nachází dle kódu BPEJ tyto půdní typy :

<b>7.20.24</b>	<b>7.21.12</b>	<b>7.23.10</b>	<b>7.24.41</b>	<b>7.24.44</b>	<b>7.24.51</b>	<b>7.27.14</b>	<b>7.27.44</b>
<b>7.27.51</b>	<b>7.43.00</b>	<b>7.43.10</b>	<b>7.46.10</b>	<b>7.47.42</b>	<b>7.48.11</b>	<b>7.49.11</b>	<b>7.49.41</b>

### **RENDZINA RZ HPJ 20**

Tato HPJ se vyskytuje na půdotvorném substrátě flyši s bazickými horninami, s flyšovými písčivci, které jsou slabě vápnité.

Hlavní půdotvorným procesem těchto půd je proces zvětrávání zásaditých hornin a nasycením povrchovou vodou, jejíž hladina i obsah v profilu během roku kolísá v cyklech střídavého dočasného zamokřování, z důvodu malé vodopropustnosti má nepříznivý vodní režim. Jde z hlediska zrnitosti o půdu, která je velmi těžká, jílovitá, ale méně šterkovitá. Z hlediska půdní úrodnosti jde o půdu horší kvality.

### **KAMBIZEM KA (HNĚDÁ PŮDA) HPJ 21, HPJ 23, HPJ 24, HPJ 27**

Tato HPJ - Kambizem se vyskytuje na půdotvorném substrátě nezahliněných pískách a šterkách - HPJ 21 nebo karpatském flyši HPJ 24 v přirozeném procesu zvětrávání. Typické je, že půda u HPJ 21 je písčitohlinitá, (lehká), až u HPJ 24 středně těžká, hlinitá. Jde o slabě skeletovitou půdu, v podorničí až středně skeletovitou. Jde o půdu středně zásobenou vláhou, s velmi dobrou propustností ve spodině, u některých - HPJ 23, je místy propustnost i snížena. Humusový horizont je barvy hnědošedé, porušené struktury, v podorničí i značně šterkovitý. Půda je z hlediska půdní úrodnosti střední kvality, se středním stupněm erozní ohroženosti.



### **HNĚDOZEM ILLIMERIZOVANÁ OGLEJENÁ HMig , ( LUVIZEM ) HPJ 43 a 46**

Tato HPJ se vyskytuje na půdotvorném substrátě sprašových hlínách, až svahovinách z převážně kyselého materiálu. Hlavním půdotvorným procesem je zde illimerizace, tj. eluviování - posun minerálních částic koloidů do spodních iluviálních horizontů. Dochází k vyloužení kationtů  $II^{+}$  do spodních vrstev půdy a k dalšímu okyselení.

Půdní profil se dělí na vybělený ochuzený eluviální horizont a obohacený iluviální horizont. V důsledku eroze místy došlo ke smyvu ornice a ta se vytvořila z eluviálního horizontu. Jde o půdu středně těžkou, hlinitou, bez skeletu, ale místy se sklonem k dočasnému zamokření. To je způsobeno vlivem stagnující vody nad méně propustnou spodinou. V půdním profilu je proto patrné oglejení, kromě orníční vrstvy. Jde o kvalitní půdu, která se v dané oblasti jeví jako relativně nejúrodnější.

### **PSEUDOGLEJ PG ( OGLEJENÁ PŮDA ) HPJ 47**

Tato HPJ se vyskytuje na půdotvorném substrátě svahových hlínách, které překrývají flyšové pískovce. Jde o místy zahliněné terasy z převážně kyselého materiálu. Hlavním půdotvorným procesem je zde proces oglejení povrchovou vodou. To se střídá s periodami prosýchání půdy.

Jde o zemědělskou půdu středně těžkou, hlinitou, bez skeletu, se sklonem k dočasnému zamokření. V celém půdním profilu je patrné výrazné oglejení. Půda hluboká, střední kvality.

### **PSEUDOGLEJ PG ( OGLEJENÁ PŮDA ) HPJ 48**

Tato HPJ se vyskytuje na půdotvorném substrátě jílovitých břidlicích, které překrývají flyšové pískovce. Hlavním půdotvorným procesem je zde proces oglejení povrchovou vodou. To se střídá s periodami prosýchání půdy.

Jde o zemědělskou půdu středně těžkou, hlinitou, až středně šterkovitou, se sklonem k dočasnému zamokření. V půdním profilu je patrné výrazné oglejení, je náchylná na dočasné zamokření. Půda je až hluboká, střední kvality.

**PSEUDOGLEJ PG (OGLEJENÁ PŮDA) HPJ 49**

Tato HPJ se vyskytuje na půdotvorném substrátě , který zde tvoří flyšové pískovce. Hlavním půdotvorným procesem těchto půd je proces oglejení povrchovou vodou, jejíž hladina i obsah v profilu během roku kolísá v cyklech střídavého dočasného zamokřování. Tato HPJ je z hlediska zrnitosti jako půda velmi těžká, jílovitohlinitá, až jílovitá, téměř bez štěrku. Z hlediska půdní úrodnosti jde o půdu střední kvality.

Tyto uváděné půdní typy jsou z hlediska četnosti v jednotlivých půdních vzorcích různě zastoupeny. Výskyt jednotlivých vzorků dle bonitovaných půdně - ekologických jednotek BPEJ je uveden v tabulce č. 1.

V odběrných místech bylo provedeno pedologické šetření a posouzení z hlediska zrnitosti půdy. Dle laboratorních rozborů následovalo její zařazení dle Nováka - tj. na půdy lehké a půdy ostatní. Výsledky měření ukázaly, že jde vesměs u všech vzorků **o půdy ostatní**. Lehké půdy jsou pouze u HPJ 21 a zde byla vzorkována pouze jedna lokalita v Koňakově .

## V. Metodika odběru půdních vzorků

V rámci studie kontaminace půd těžkými kovy v okolí města Českého Těšína byly odebírány vzorky půdy pro analytické zpracování.

Odběry vzorků půdy byly původně prováděny podle systému na základě monitorizační čtvercové sítě. Jelikož však šlo o zájmovou plochu mimo zastavěné území města, kde se zemědělské půdy místy vůbec nenalézají (lesní pozemky), bylo od této sítě upuštěno a pro odběry byly vybrány hlavně jednotlivé hony zemědělské půdy. Šlo zejména o pozemky, které jsou součástí zemědělského půdního fondu a jsou i dnes zemědělsky využívány. Četnost vzorků půdy odebíraných z jednotky plochy je různá, dle členitosti a různorodosti kultur pozemků v okolí města. Z celé zájmové plochy mimo intravilán města ze 4 katastrů bylo nyní odebráno celkem 31 směsných vzorků. Vzhledem k faktu, že jeden vzorek je směsným půdním vzorkem z 5-ti míst, jde o maximální počet 155 odběrných míst z celé zájmové plochy.

Bazální systém půdního monitoringu je založen na systému analýz půdních vzorků z honů či pozemků, které představují reprezentativního půdního představitele v zájmovém území. Indikace úrovně kontaminace zemědělské půdy námi navržená v podobě směsných vzorků dostatečně reprezentuje úroveň znečištění v oblasti a vychází příznivě z hlediska finanční únosnosti při nutném počtu analýz.

Odběry byly prováděny v průběhu roku 4. čtvrtletí 2018 v průběhu jednoho týdne. Jde o odběry do hloubky 0 - 25 cm, tj. z orniční či drnové vrstvy půdy.

Přehledy o počtu odebraných vzorků půdy a z jednotlivých ploch, z hlediska půdní kultury, bonity půdy, půdní kyselosti aktivní i výměnné jsou uvedeny v tabulce č. 1.

## VI. Sledované ukazatele

Předmětem sledování je zejména stanovení a vyhodnocení obsahu těžkých kovů v půdě. U vzorků č. 7, ( k.ú.Koňákov ) č. 13, (k.ú. Místřovice ), č. 22 (k.ú.Stanislavice .), č. 4a a č. 6a ( k.ú. Mosty u Č.Těšína) byly stanovovány tyto prvky : arzén, berylium, kadmium, kobalt, chrom, měď, molybden, nikl, olovo, vanad a zinek ve výluhu 2 M HNO<sub>3</sub>. U půdních vzorků č. 1, 2, 3, 4, 5, a 6 (k.ú. Koňákov ), č. 8, 9, 10, 11, 12 a 14 ( k.ú.Místřovice ), č. 15, 16, 17, 18, 19, 20 a 21 ( k.ú. Stanislavice ), a č. 1a, 2a, 3a 5a, 7a, 8a a 9a ( k.ú. Mosty u Č. Těšína) byl ve výluhu 2M HNO<sub>3</sub> stanoven pouze arzén, kadmium, olovo a zinek. Tedy prvky, u nichž se v oblasti předpokládal vyšší obsah v půdě. Jejich přehled je uveden v tabulce č. 2. U třetí skupiny vzorků vzorků č. 7, ( k.ú. Koňákov ) č. 13, (k.ú. Místřovice ) , č. 22 (k.ú.Stanislavice .), č. 4a a č. 6a ( k.ú. Mosty u Č.Těšína) byly stanoveny po totálním rozkladu lučavkou královskou všechny sledované prvky dle vyhlášky č. 13/94 Sb. , tedy jde celkem o 11 + 1 prvků včetně rtuti a uvedených výše. Přehled analyzovaných vzorků po totálním rozkladu v přehledu uvádí tabulka č. 3. Celkem bylo takto analyzováno v této studii 31 vzorků.

Pozn.Vzorky jsou číselně označeny tak, jak byly uváděny v předchozích studiích v minulosti.

Toto selektivní omezení počtu prvků pro analýzu je ekonomicky úsporné a jeví se výhodné zejména pro zachování vysokého počtu měřených vzorků s omezenými náklady na analýzy. Odběrná místa byla volena i z pohledu, zda se jedná o původní kulturu v zemědělském půdním fondu nebo zda jde o rekultivovanou plochu. Přednostně byly odebírány vzorky z pozemků, které jsou součástí ZPF v kultuře orná půda nebo trvalý travní porost.

V tabulkách jsou proto půdy uváděny jen jako kultura orná půda a trvalý travní porost - TTP. Vzorky byly vybírány též dle příslušnosti BPEJ a to ve vztahu k HPJ - hlavní půdní jednotce i s ohledem na rovnoměrné plošné zastoupení jednotlivých vzorků v terénu.

## VII. Analýza vzorků půdy

Odebrané směsné půdní vzorky byly v laboratoři ponechány volně, až zcela proschly při laboratorní teplotě. Takto usušená zemina se prosévala přes síto o velikosti ok 2 mm. Vzniklá jemnozem byla podrobena 6-ti hodinové extrakci na laboratorní třepačce ve výluhu 2 M HNO<sub>3</sub> v předepsaném poměru vzorku ku kyselině 1 : 10.

Hodnoty celkového obsahu byly získány po totálním rozkladu půdního vzorku v lučavce královské zatepla. Všechny analýzy byly provedeny dle doporučené metodiky MZe a Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy v Praze, i vyhlášky č. 13/94 Sb. a metodického pokynu - Jednotné pracovní postupy ÚKZÚZ - OAPVR (Zbiral, 1996).

Analýzy na zjištění obsahu těžkých kovů v půdě byly provedeny ve zkušební akreditované laboratoři - Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě na podzim roku 2018.

Analýzy byly provedeny dle metodiky z původní vyhlášky č. 13/94 Sb. která upravuje některé podrobnosti o ochraně zemědělského půdního fondu a stanovuje závazné limity pro kontaminaci zemědělské půdy.

Chemické analýzy byly provedeny na obsah rizikových prvků metodou OES - optické emisní spektrofotometrie a metodou plamenové atomové spektrofotometrie AAS. Obsah rtuti byl stanoven pomocí rtuťového analyzátoru AMA - 254 po rozkladu vzorku.

Vzorky vyšetřované na půdní kyselost byly analyzovány v půdní laboratoři firmy ZEMPOLA metodou potenciometrickou se skleněnou elektrodou ve vodném výluhu jako aktivní půdní kyselost. Výměnná půdní kyselost byla stanovena v půdním výluhu po 24-hodinové extrakci v roztoku 1M KCl.

## ČÁST III. VÝSLEDKY A HODNOCENÍ

### I. Úvod

V této části jsou uvedeny výsledky analýz těžkých kovů ve výluhu i totálním obsahu, včetně jejich vyhodnocení. Zohledněny jsou i půdní typy, umístění odběrných míst vzorků v katastrálním území, dle BPEJ a též půdní kyselosti. Výsledky byly shrnuty do tabulek, histogramů a kruhových diagramů.

Pro statistické zhodnocení byly použity běžné softwarové prostředky. Pro sledování plošných distribucí jednotlivých prvků bylo použito počítačové vyhodnocení.

Výstupem jsou též závěry a doporučení, vymezující kontaminované plochy těžkými kovy. Výsledky měření byly již v minulosti konzultovány s útvarem ochrany půdy Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy v Praze a formulovány závěry jako realizační výstup studie.

### II. Obsah rizikových prvků v půdě

#### 2.1. Hodnocení vzorků půdy a obsahu rizikových prvků ve výluhu a po totálním rozkladu

Vzorky půdy byly odebírány ze zájmového území dle čísel č. 1 – 7, ( k.ú. Koňákov ) č. 8 – 14, (k.ú. Místřovice ), č. 15 – 22 (k.ú. Stanislavice .), a č. 1a - 9a ( k.ú. Mosty u Č.Těšína ). Pro rozborů byly odebírány 3 typy vzorků půdy, dle počtu jednotlivých analyzovaných prvků. Přehled čísel odběrů a odběrná místa na zájmové ploše jsou uvedena v mapce č. 1, 2, 3 a 4 .

Vzorky označené modře byly analyzovány na obsah čtyř rizikových prvků - kadmia, arzenu, olova a zinku, v počtu 26-ti vzorků. Celkem zde bylo takto analyzováno 5 směsných vzorků pro výluh 2 M HNO<sub>3</sub>. Vzorky v mapách označené červeně označené byly analyzovány na 11 prvků dle vyhlášky č. 13/94 Sb. Jde o prvky - arzén, berylium, kadmium, kobalt, chrom, měď, molybden, nikl, olovo, vanad a zinek .

Vzorky takto označené byly analyzovány jak na obsah 11-ti prvků ve výluhu  $2\text{MHNO}_3$ , tak i na 11 + 1 prvků včetně rtuti (tj. celkem 23 prvků) pro celkový obsah prvku po totálním rozkladu vzorku lučavkou královskou .

Celkem tedy bylo analyzováno 5 směsných vzorků z mapě vyznačených odběrných míst. Obsah rizikových prvků v půdě byl hodnocen dle limitů přílohy č. 1 vyhlášky č. 13/94 Sb. o ochraně zemědělského půdního fondu.

Příloha č. 1 vyhlášky č. 13/94 Sb. je uvedena v příloze této studie.

## **2.2. Hodnocení obsahu rizikových prvků ve vzorcích**

Přehled naměřených hodnot ve výluhu a po totálním rozkladu, včetně statistického vyhodnocení měřeného souboru dat, uvádí tabulka č. 2 a č. 3. Jednotlivé vzorky jsou odvozeny číselně od čísla vzorku, které jim bylo přiřazeno v minulých analýzách . Jsou zde v přehledu uvedeny naměřené hodnoty ze vzorků odebraných podle mapky č. 1, 2, 3 a 4. Jde však pouze o tabulkový přehled získaných hodnot výsledků analýz .

Tabulka č. 1 uvádí aktivní a výměnou kyselost půdy , půdní typ , bonitu dle kódu BPEJ a též i kulturu pozemku .

Podrobné vyhodnocení obsahu těžkých kovů ve výluhu a též i celkového obsahu je předmětem dalších tabulek a grafů.

Pro vyhodnocení obsahu prvků dle závazných limitů dle vyhlášky č. 13/94 Sb. jsme určovali zrnitost půdy v laboratoři. Ve všech případech šlo o půdy v rozmezí: písčitohlinité, hlinité, až jílovitohlinité (- zařazení dle Nováka). Jedná se tedy o půdy vesměs středně těžké, s dobrou zásobou humusu a živin, neboť šlo převážně o ornici ze zemědělsky obdělávaných ploch .

Lehké půdy, tj. písčité a hlinitopísčité, byly zastoupeny v jen u jednoho vzorku analyzovaných půd a ve směsném vzorku nehrají z hlediska průměrného zařazení dle zrnitosti rozhodující roli. Při vyhodnocování jsme proto vycházeli vesměs dle závazných limitů vyhlášky č. 13/94 Sb. pro **půdy ostatní**.

### 2.3. Obsah rizikových prvků podle naměřených hodnot a překračování limitů

Přehled měřených lokalit podle jednotlivých odebíraných vzorků a získaných nadlimitních hodnot uvádí tabulka č. 2 a č. 3. Jde o porovnání výsledků měření pro všechny měřené lokality a vzorky v počtu 26-ti jen z půdního výluhu 2M HNO<sub>3</sub> a u 5-ti vzorků po výluhu i totálním rozkladu v lučavce. Jak je patrné z tabulky č. 2 a č. 3, v současnosti nebyl překročen limit vyhlášky č. 13/94 Sb. u žádného z 31 směsných vzorků ze všech 4 měřených lokalit.

### 2.4. Přehled plošné distribuce rizikových prvků a hodnocení naměřených hodnot

Vzhledem k tomu, že žádný měřený prvek v současné době nepřekračuje limity daný vyhláškou, upustili jsme nyní od dalšího znázornění plošné distribuce prvků.

Komentář k výsledkům měření dle jednotlivých prvků :

U všech naměřených 31 směsných vzorků jak ve výluhu, tak i po celkovém rozkladu nebyl u žádného prvku překročen závazný limit, daný vyhláškou.

U arzenu jsou výsledky všude podlimitní a nejvyšší obsah 3,37 mg/kg byl získán u č. 6 na velkém honu půd v Koňákově.

Jde o dlouhodobou depozici tohoto rizikového prvku uvolňujícího se při spalování tuhých paliv. Ten je toxický a s prokázanou kancerogenitou. Limit pro ostatní půdy je 4,5 mg/kg.

Obsah berylia dle tabulky je u zjištěných hodnot hluboce podlimitní. Nejvyšší hodnota i když podlimitní 0,497 mg/kg byla zjištěna v půdě vzorku č. 22 na velkém honu v k.ú. Stanislavice.

Limit pro ostatní půdy je 2 mg/kg.

Hodnoty plošného rozšíření kadmia z výluhu v půdě jsou nyní všude podlimitní. Tento významný rizikový prvek, s nízkou přijatelnou limitní hodnotou jen 1 mg/kg, vykazuje nejvyšší hodnotu 0,891 mg/kg u vzorku č. 2 ve velké honu v údolí v k.ú. Koňákov.



Dle výsledků měření kobaltu je zřejmé, že obsah tohoto rizikového prvku v půdách je velmi nízký, cca 2,5 - 6,5 mg, takže nedosahuje ani v jednom případě limitu, který činí pro ostatní půdy 25 mg.kg<sup>-1</sup>. Nejvyšší naměřená hodnota 7,92 mg/kg byla zjištěna v k.ú. Stanislavice .

Hodnoty získané u chromu jsou nejvyšší ve vzorku č. 6a , a to 11,5 mg/kg v k.ú. Mosty u Č.Těšína . Maximální přípustná hodnota pro ostatní půdy je 40 mg/kg, takže i naměřené hodnoty jsou značně podlimitní.

Hodnoty plošného znečištění mědí v zájmovém území jsou podlimitní, max. byla zjištěna 13.2 mg/kg u jednoho vzorku č. č. 6a v k.ú. Mosty u Českého Těšína . Limitní hodnota pro měď ve výluhu je 50 mg/kg.

Hodnoty molybdenu jsou ve výluhu vzhledem k limitu, který činí 5 mg/kg, velmi nízké. Všechny zjištěné výsledky měření ale byly nižší než 0,1 mg, což je pod prahem detekce analytického přístroje.

Další rizikový prvek je nikl měřený ve výluhu. Jak je z přehledu zřejmé, naměřené hodnoty jsou nízké a nedosahují limitu pro ostatní půdy 25 mg/kg ani v jednom případě. Nejvyšší hodnota 9,91 mg/kg byla získána ve vzorku č. 22 z velkého honu k.ú. Stanislavice .

Mezi nejvýznamnější rizikové prvky z hlediska plošné distribuce patří olovo. Limit 70 mg/kg ale na celé zájmové ploše nebyl nikde překročen. Nejvyšší obsah olova byl zjištěn ve vzorku č. 1 , až 66,5 mg v kg zeminy. Jde o vzorek odebraný z honu v k.ú. Koňákov .

Dalším měřených prvkem je vanad v půdě ve výluhu 2 M HNO<sub>3</sub> a výsledky jsou na celé ploše nízké . Nejvyšší hodnota byla nalezena ve vzorku č. 22 v k.ú. Stanislavice . Nikde však nejde o nadlimitní hodnotu, která pro vanad ve výluhu činí 50 mg/kg.

Poslední měřený prvek je zinek v půdě ve výluhu. Limit 100 mg nebyl překročen na zájmové ploše nikde . Nejvyšší hodnota 82,2 mg/kg, byla naměřena ve vzorku č. 6 v k.ú. Koňákov .

### III. Statistické vyhodnocení obsahů rizikových prvků v půdě

V dolní části tabulky č. 2 a č. 3 je uvedeno v přehledu statistické vyhodnocení souboru naměřených hodnot. V těchto tabulkách jsme uvedli základní statistické ukazatele, tj. aritmetický průměr, medián, směrodatnou odchylku, variační koeficient, maximální a minimální hodnotu, variační rozpětí a počet měřených vzorků.

### IV. Vyhodnocení půd dle půdní kyselosti a dle kódu BPEJ

V následující kapitole jsme se zaměřili na vyhodnocení půd z hlediska půdní kyselosti i příslušnosti k bonitované půdně-ekologické jednotce a bonitě půdy.

Zjišťování půdní kyselosti má velký význam pro posouzení schopnosti uvolňování rizikových prvků do půdního roztoku a tím jeho možného vnosu do potravního řetězce. Souhrnný přehled všech sledovaných vzorků v počtu 31 uvádí přehledná tabulka č. 1. V tabulce je uvedeno pořadové číslo vzorku, tak jak je uvedeno v mapce č. 1 - 4. Následují pak hodnoty půdní kyselosti aktivní, dané hodnotou  $pH_{H_2O}$ , následně je uvedena hodnota  $pH_{KCl}$ , tj. půdní kyselosti výměnné. V tabulce je též uvedena kultura, zjištěná dle mapy a zejména dle skutečného stavu v terénu při odběru vzorků půdy pro analýzy. V následujícím sloupci je ke každému vzorku přiřazena bonitovaná půdně-ekologická jednotka, ze které jsme k vyhodnocení použili hodnotu hlavní půdní jednotky HPJ, která je uvedena v prvním dvojčíslí kódu BPEJ.

Následující tabulky a grafy jsme zaměřili na detailní vyhodnocení výsledků dle tabulky č. 1. Tabulka č. 4 uvádí průměrné hodnoty aktivní  $pH_{H_2O}$  a výměnné půdní kyselosti  $pH_{KCl}$  podle všech 4 měřených katastrů. Totéž pak znázorňuje v přehledu i sloupcový graf č. 29. Průměrný obsah rizikových prvků dle katastrů ve výluhu a po totálním rozkladu uvádí názorně též i graf č. 27 a č. 28.

Tabulka č. 5 uvádí intervaly výskytu hodnot rizikových prvků arzénu, kadmia, olova a zinku v  $mg \cdot kg^{-1}$  ve vzorcích, které byly nalezeny v určitých koncentracích a to dle příslušných rozpětí půdní kyselosti aktivní  $pH_{H_2O}$ . Obdobně byla zpracována tabulka č. 6, znázorňující interval výskytu uvedených rizikových prvků pro kyselost výměnnou  $pH_{KCl}$ .

Jak je z tabulek zřejmé, většina hodnot byla nalezena u půd od slabě kyselých a s neutrální až slabě zásaditou reakcí půdních vzorků.

Z těchto hodnot je zřejmé, že riziko uvolňování rizikových prvků do půdního roztoku je relativně malé a to z důvodu, že se jedná převážně o půdy neutrální či slabě zásadité. Jak je známo, v půdách s neutrální půdní reakcí dochází k vyplavování rizikových látek do půdního roztoku jen ve velmi malé míře.

Sloupcový graf č. 24 uvádí rozpětí půdní kyselosti aktivní dle stupnice půdní kyselosti podle počtu jednotlivých vzorků. Tento počet vzorků je uveden nad každým sloupcem. Následující graf č. 25 uvádí rozpětí půdní kyselosti výměnné  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  dle stupnice půdní kyselosti podle počtu jednotlivých vzorků. Hodnoty  $\text{pH}$  jsou rozděleny dle intervalů půdní kyselosti, podle počtu vzorků a to jak pro půdní kyselost aktivní, tak i výměnnou. Z tabulek je patrné, že aktivní  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  se pohybuje v intervalu  $\text{pH}$  5,6 - 7,7 . Výměnná půdní kyselost  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  se pohybuje převážně v intervalu hodnot  $\text{pH}$  5,1 - 7,2. Jde tedy o půdy slabě kyselé, neutrální až slabě bazické. Hodnoty výměnné kyselosti jsou asi o 0,4 - 1 stupně  $\text{pH}$  nižší, než hodnoty aktivní půdní kyselosti, což lze hodnotit jako v souladu s běžnou praxí.

Ve sloupcovém grafu č. 26 byla sumárně v přehledu znázorněna aktivní a výměnná půdní kyselost dle jednotlivých půdních vzorků označených čísly.

## V. Vyhodnocení naměřených hodnot rizikových prvků dle půdních typů

Následující hodnocení se týká průměrných hodnot rizikových prvků v půdě v miligramech, dle jednotlivých půdních typů. Přehled zjištěných hodnot uvádí tabulka č. 7. V tabulce je uvedeno pět půdní typů v zájmové oblasti - Hnědozem (Luvizem), Kambizem (Hnědá půda), Pseudoglej (Oglejená půda) a Rendzina (RZ). Naměřené hodnoty jsou uvedeny jak pro výluh 2 M  $\text{HNO}_3$ , tak pro celkový obsah prvku. Názorně jen to pak uvedeno i v sloupcovém grafu č. 30 ve výluhu a pak grafu č. 31 pro vzorky po totální rozkladu.

Dle hodnocení výsledků v porovnání z jednotlivých půdních typů možno říci, že byly nalezeny rozdíly hodnot rizikových prvků v půdě velmi malé a pro vyhodnocení zanedbatelné.

## **VI. Hodnocení znečištění půdy dle pozad'ových hodnot a čerpání limitní hodnoty**

Toto hodnocení vychází z limitů, které byly v minulosti stanoveny ve Výzkumném ústavu meliorací a ochrany půdy v Praze - Zbraslav. Ke stanovení limitů pozadí bylo použito archivovaných vzorků půdy z Komplexního průzkumu zemědělských půd z let 1960 - 1972. Získané hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 8.

Hodnoty rizikových prvků v půdě získané z monitoringu znečištění, které dosahují vyšších hodnot než hodnoty pozad'ové, indikují antropogenní znečištění půdy.

Celkový přehled antropogenně ovlivněných půd v půdním výluhu znázorňuje sloupcový graf č. 32. Z grafu je zřejmé, že překročení hodnot přirozeného pozadí vykazuje kadmium - 100% případů, olovo 6,5% - případů, zinek - 12,9 % případů, arzén - 3,2 % případů a vanad - 20 % případů.

Sloupcový graf č. 33 uvádí v přehledu překročení pozad'ových hodnot u celkového obsahu rizikových prvků. Zde dochází k překročení hodnot pozadí jen u kadmia - 80% případů .

Ostatní prvky se na podílu znečištění ve sledovaném zájmovém území podílejí méně a nejsou nikde nad úroveň přirozeného pozadí.

Sloupcové grafy č. 1 - č. 11 demonstrují čerpání limitní hodnoty dle vyhlášky č. 13/94 Sb. pro jednotlivé rizikové prvky. Jde o hodnocení výsledků pro výluh 2 M HNO<sub>3</sub> .

Sloupcové grafy č. 12 - č. 23 demonstrují čerpání limitní hodnoty dle vyhlášky č. 13/94 Sb. prvků po totálním rozkladu vzorku.

Jde vesměs o čerpání limitní hodnoty jen v dolní části závazného limitu dle vyhlášky. Výjimku však zde tvoří kadmium, které bylo analyzováno téměř všude v rozmezí až do 100% limitu vyhlášky.

## **VII. Souhrnné hodnocení kontaminace rizikovými prvky v území**

Dominantní hodnoty znečištění půdy byly zaznamenány v minulosti v oblastech nejhustší městské zástavby k.ú. Český Těšín. V okrajových částech města nebylo znečištění jak v minulosti a ani nyní v současnosti tak výrazné.

Z našich současných měření je zřejmé, že nebylo již zjištěno žádné překročení limitu rizikových prvků v půdě. U vyhodnocených 4 rizikových prvků jde nyní o nižší nebo přibližně stejné hodnoty, jaké byly získány v minulosti. Pokud jsou nyní hodnoty vyšší, je to hlavně u vzorků s nejnižšími výsledky, získanými v minulosti. Dominantní úlohu zde hrál arzen, kadmium, olovo, zinek. Ostatní prvky se na podílu znečištění ve sledovaném zájmovém území podílely méně a nedosahují významnějších hodnot. Většinou z nich jsou kromě kadmia téměř na úrovni přirozeného pozadí.

## **VIII. Porovnání naměřených hodnot v minulosti a nyní i vyhodnocení trendu znečištění**

Pro zjištění posunu v míře znečištění jsme zpracovali tabulky č. 9 a č. 10, které porovnávají míru znečištění na zájmovém území v roce 2000 a 2001 a nyní v roce 2018.

Sloupcové grafy č. 34 - č. 37 uvádějí přehled vzorků arzénu, kadmia, olova a zinku analyzované ve výluhu v roce 2000 a 2001 a souběžně výsledky rozborů, získané v letošním roce 2018.

Sloupcové grafy č. 38 - č. 43 uvádějí přehled vzorků dalších prvků berylia, kobaltu, chromu, mědi, niklu a vanadu, analyzované ve výluhu v roce 2000 a 2001 a souběžně výsledky rozborů v letošním roce 2018.

Sloupcové grafy č. 44 - č. 53 uvádějí přehled vzorků všech prvků, analyzovaných po totálním rozkladu prvků v roce 2000 a 2001 a souběžně výsledky rozborů v letošním roce 2018.

U souboru řady vzorků jsou v současnosti spíše hodnoty podobné, jako kdysi, někde jsou nyní hodnoty rizikových prvků v půdách jen mírně vyšší.

Z dalších srovnávacích grafů č. 54 - č. 63 lze vyčíst trendy změn mezi jednotlivými vzorky, analyzovaných ve výluhu z let 2000 a 2001 a nyní z roku 2018.

Z dalších srovnávacích grafů č. 64 - č. 73 lze vyčíst trendy změn mezi jednotlivými vzorky, analyzovaných po totálním rozkladu z let 2000 a 2001 a nyní z roku 2018.

Grafy č. 74 - č. 93 zobrazují procentuálně počet zvýšení a snížení koncentrací rizikových prvků, analyzovaných ve výluhu v roce 2000 a 2001, vzhledem k roku 2018.

Grafy č. 94 - č. 103 zobrazují procentuálně počet zvýšení a snížení koncentrací rizikových prvků, analyzovaných po totálním rozkladu v roce 2000 a 2001, vzhledem k roku 2018.

V posledních grafech č. 104 a č. 105 jsou porovnány počty nadlimitních hodnot v letech 2000, 2001 a nyní v roce 2018. Je zde patrný i trend znečištění půdy, který jsme naším monitoringem zjistili, a to u arzenu, který zde již není nadlimitním prvkem.

## **IX. Diskuse k výsledkům měření rizikových prvků v půdě**

Aby bylo možno výsledky měření porovnat, bylo nutné přesně vytýčit lokality a odběrná místa z roku 2000 a 2001. To bylo v některých případech dosti obtížné, ale byly vytvořeny směsné vzorky z několika, převážně 5-ti bodových vpichů, takže chyba náhodné lokální kontaminace byla částečně eliminována.

Obecně možno říci, že dochází ke stagnaci úrovně znečištění půdy a nadlimitní hodnoty sledovaných prvků, získaných v minulosti v půdě v nadlimitním množství zde již nejsou. Nyní došlo jen k mírnému navýšení hodnot u většiny počtu naměřených vzorků (celkem u **109** výsledků), ve výluhu 2 M HNO<sub>3</sub>.

U menšího počtu vzorků došlo ke snížení hodnot (celkem u **54** výsledků), získaných ve výluhu 2 M HNO<sub>3</sub> dle limitů vyhlášky č. 13/94 Sb.

Viz tabulku č. 9 a kruhové diagramy č. 74 až č. 93.

U hodnot vzorků získaných po celkovém rozkladu vzorku je ale trend opačný .

Nyní u nich došlo jen k mírnému navýšení hodnot a jen u menšího počtu naměřených vzorků ( celkem u **19** výsledků ).

U většího počtu vzorků došlo naopak ke snížení hodnot (celkem u **27** výsledků) získaných ve vzorcích po totálním rozkladu vzorku , dle limitů vyhlášky č. 13/94 Sb.

Viz tabulku č. 10 a grafy č. 94 až č. 103.

Je obtížné určit, do jaké míry jde o trvalý stav nebo jak se zde podílí přirozený rozptyl hodnot měření, kdy nejistota u analýz činí min. 15%. Též možná chyba při vzorkování, že nedojde k opakovanému odběru na stejném místě je dosti značná.

Obecně lze proto současnou situaci získaných výsledků měření hodnotit jako příznivý stav.

## **X. Závěry a doporučení**

Výsledky získané analýzami půdních vzorků a uvedené v tabulkách, grafech a mapkách je možno shrnout do těchto závěrů:

Zemědělské půdy v zájmovém území mimo centrum města Českého Těšína , tj. v katastrech Koňákov, Mistřovice , Stanislavice a Mosty u Č. Těšína nevykazují žádný nadlimitní obsah některého z měřených prvků.

Za posledních 17 let došlo v půdách ke stagnaci znečištění , tj. u některých jen k mírnému poklesu či navýšení prvků , ale výraznější nárůst jejich obsahu v půdě nebyl nyní nikde indikován.

Hodnoty přirozeného pozadí prvků překračují v současnosti pouze kadmium, arzen, olovo, vanad a zinek , a to ve výluhu. U celkového obsahu prvků byly překročeny požadované hodnoty pouze u kadmia .

Na měřených lokalitách tedy dochází ke stagnaci hodnot rizikových prvků, vzhledem ke stanoveným limitům. Je zde proto možné udržení příznivých vlastností sorpčního komplexu, tj. přirozeného stavu půdy. Znamená to tedy i to, že při udržení těchto hodnot obsahu jednotlivých těžkých kovů v půdě, je i riziko dalšího ohrožení životního prostředí a možného přenosu rizikových látek do potravinového řetězce minimalizováno.

Doporučujeme proto případný další monitoring obsahu rizikových prvků v půdě provádět v intervalu nejdříve až po dalších 15-ti a více letech .

Prosinec 2018

**Zpracoval : RNDr. Miroslav KONEČNÝ, CSc.**

soudní znalec - zemědělství, rostlinná výroba, spec. bonitace a hygiena půd , ochrana ZPF



## **XI. Tabulky, grafy, mapky a přílohy (stará !!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!)**

Tabulka č. 1: Rozdělení vzorků dle půdní kultury, bonity půdy a půdní kyselosti  
Tabulka č. 2: Obsah těžkých kovů ve výluhu 2 M HNO<sub>3</sub>  
Tabulka č. 3: Obsah těžkých kovů po totálním rozkladu v lučavce královské  
Tabulka č. 4: Překročení obsahu těžkých kovů maximální přípustné hodnoty  
Tabulka č. 5: Výčet vzorků s nadlimitními hodnotami  
Tabulka č. 6: Průměrné hodnoty půdní kyselosti dle katastrů  
Tabulka č. 7: Rozpětí naměřených hodnot dle půdní kyselosti aktivní  
Tabulka č. 8: Rozpětí naměřených hodnot dle půdní kyselosti výměnné  
Tabulka č. 9: Průměrný obsah rizikových prvků dle půdního typu  
Tabulka č. 10: Obsah rizikových prvků v půdách - hranice požadovaných hodnot  
Tabulka č. 11: Srovnání koncentrací těžkých kovů v půdách ve výluhu v letech 1999 (2000) a 2012  
Tabulka č. 12: Srovnání koncentrací těžkých kovů v půdách po totálním rozkladu v letech 1999 (2000) a 2012

Grafy č. 1 - 5: Počet vzorků ve výluhu s nadlimitními hodnotami  
Grafy č. 6 - 7: Počet vzorků po totálním rozkladu s nadlimitními hodnotami  
Grafy č. 8 - 13: Rozpětí čerpání limitní hodnoty koncentrace těžkých kovů v půdách ve výluhu  
Grafy č. 14 - 30: Rozpětí čerpání limitní hodnoty koncentrace těžkých kovů v půdách po totálním rozkladu

Graf č. 31: Počet vzorků dle půdní kyselosti aktivní  
Graf č. 32: Počet vzorků dle půdní kyselosti výměnné  
Graf č. 33: Souhrnné rozdělení vzorků dle půdní kyselosti  
Graf č. 34: Průměrný obsah těžkých kovů ve výluhu dle katastrů  
Graf č. 35: Průměrný obsah těžkých kovů po totálním rozkladu dle půdního typu  
Graf č. 36: Průměrné hodnoty pH/H<sub>2</sub>O a pH/KCl dle katastrů  
Graf č. 37: Průměrný obsah těžkých kovů ve výluhu dle půdního typu  
Graf č. 38: Průměrný obsah těžkých kovů po totálním rozkladu dle půdního typu  
Graf č. 39: Překročení požadovaných hodnot ve výluhu  
Graf č. 40: Překročení požadovaných hodnot po totálním rozkladu  
Graf č. 41 - 50: Srovnání koncentrací těžkých kovů v půdách ve výluhu v letech 1999 (2000) a 2012  
Graf č. 51 - 61: Srovnání koncentrací těžkých kovů v půdách po totálním rozkladu v letech 1999 (2000) a 2012  
Grafy č. 62 - 79: Srovnání koncentrací těžkých kovů v půdách ve výluhu v letech 1999 (2000) a 2012, trendy změn mezi jednotlivými vzorky  
Grafy č. 80 - 90: Srovnání koncentrací těžkých kovů v půdách po totálním rozkladu v letech 1999 (2000) a 2012, trendy změn mezi jednotlivými vzorky  
Grafy č. 91 - 100: Srovnání počtu zvýšení a snížení koncentrací těžkých kovů v půdách ve výluhu v roce 2012 vzhledem k roku 1999 (2000)  
Grafy č. 101 - 111: Srovnání počtu zvýšení a snížení koncentrací těžkých kovů v půdách po totálním rozkladu v roce 2012 vzhledem k roku 1999 (2000)  
Grafy č. 112: Srovnání počtu nadlimitních hodnot ve výluhu v letech 1999 (2000) a 2012  
Grafy č. 113: Srovnání počtu nadlimitních hodnot po totálním rozkladu v letech 1999 (2000) a 2012

Mapa č. 1: Rozmístění odběrných míst na zájmové ploše  
Mapa č. 2: Plošná distribuce arzenu ve výluhu na zájmovém území  
Mapa č. 3: Plošná distribuce berylia ve výluhu na zájmovém území

Mapa č. 4: Plošná distribuce kadmia ve výluhu na zájmovém území  
Mapa č. 5: Plošná distribuce kobaltu ve výluhu na zájmovém území  
Mapa č. 6: Plošná distribuce chromu ve výluhu na zájmovém území  
Mapa č. 7: Plošná distribuce mědi ve výluhu na zájmovém území  
Mapa č. 8: Plošná distribuce molybdenu ve výluhu na zájmovém území  
Mapa č. 9: Plošná distribuce niklu ve výluhu na zájmovém území  
Mapa č. 10: Plošná distribuce olova ve výluhu na zájmovém území  
Mapa č. 11: Plošná distribuce vanadu ve výluhu na zájmovém území  
Mapa č. 12: Plošná distribuce zinku ve výluhu na zájmovém území  
Mapa č. 13: Plošná distribuce aktivní kyselosti na zájmovém území  
Mapa č. 14: Plošná distribuce výměnné kyselosti na zájmovém území

Příloha č. 1: Limitní hodnoty rizikových prvků v půdách (Příloha č. 1 k vyhlášce č. 13/1994 Sb.)

### **Příloha č. 1: Limitní hodnoty rizikových prvků v půdách**

(Příloha č. 1 k vyhlášce č. 13/1994 Sb.)

**RIZIKOVÉ PRVKY**  
v půdách náležejících do zemědělského půdního fondu

Tabulka č. 1

Tabulka č. 2

Obsah rizikových prvků v půdách (mg.kg <sup>-1</sup> ) Výluh 2 M HNO <sub>3</sub> (výluh roztokem 2 M HNO <sub>3</sub> při poměru půdy k vyluhovaadlu 1 : 10)			Obsah rizikových prvků v půdách (mg.kg <sup>-1</sup> ) Celkový obsah (rozklad lučavkou královskou)		
Prvky	Maximálně přípustné hodnoty		Prvky	Maximálně přípustné hodnoty	
	lehké půdy	ostatní půdy		lehké půdy	ostatní půdy
As	4,5	4,5	As	30,0	30,0
Be	2,0	2,0	Be	7,0	7,0
Cd	0,4	1,0	Cd	0,4	1,0
Co	10,0	25,0	Co	25,0	50,0
Cr	40,0	40,0	Cr	100,0	200,0
Cu	30,0	50,0	Cu	60,0	100,0
Hg	–	–	Hg	0,6	0,8
Mo	5,0	5,0	Mo	5,0	5,0
Ni	15,0	25,0	Ni	60,0	80,0
Pb	50,0	70,0	Pb	100,0	140,0
V	20,0	50,0	V	150,0	220,0
Zn	50,0	100,0	Zn	130,0	200,0

## Vysvětlivky k tabulkám č. 1 a 2

- Údaje o obsahu rizikových prvků neplatí pro organické půdy.
- Lehkými půdami se rozumí písčité a hlinitopísčité půdy podle analytické metody prof. Nováka (Komplexní metodika výživy rostlin č. 1/1990, vydaná Ústavem vědeckotechnických informací v zemědělství Praha).
- K obsahu rizikových prvků v půdách (mg.kg<sup>-1</sup>): Uvedené údaje platí pro směsné vzorky získané z horní vrstvy vyšetřovaných minerálních půd v tloušťce 0,25 m, vysušené na vzduchu do konstantní hmotnosti.

**Průzkum plošného znečištění zemědělských půd rizikovými prvky v k.ú.  
Koňákov, Mistřovice , Stanislavice a Mosty u Č. Těšína města Českého Těšína -  
odborná studie , ZEMPOLA Hnojník, prosinec 2018.**  
29 (+ 3) stran textu , 10 tabulek, 105 grafů, 5 mapek, 1 příloha