

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

**Rizikové prvky v sedimentujícím prachu v oblasti
zatížené povrchovou těžbou hnědého uhlí
Diplomová práce**

**Bc. Veronika Ladecká
Rozvoj venkovského prostoru**

© 2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Rizikové prvky v sedimentujícím prachu v oblasti zatížené povrchovou těžbou hnědého uhlí" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 19.4.2021

Poděkování

Rada by som touto cestou poďakovala pani prof. Ing. Jiřině Szákové, CSc., za vedenie mojej diplomovej práce, cenné rady, pripomienky a jej ochotu pri konzultáciách. Ďalej by som chcela poďakovať pani Ing. Zuzaně Čadkové, za poskytnuté podklady a cenné informácie. Moje poďakovanie patrí aj pracovníkom Zdravotního ústavu v Ústí nad Labem, ktorí organizovali a vykonali jednotlivé odbery a analýzy vzorkov. V neposlednom rade chcem poďakovať manželovi Martinovi Ladeckému a rodine za neúnavnú podporu, dôveru a trpezlivosť.

Rizikové prvky v sedimentujícím prachu v oblasti zatížené povrchovou těžbou hnědého uhlí

Souhrn

Cílem této práce bylo vyhodnotit výskyt rizikových prvků (As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Sn, V a Zn) v prašném spádu ve vybraných lokalitách v Sokolovském a Mosteckém okrese. Oba okresy jsou součástí Severočeské uhelné pánve, významnou těžební lokalitou v České republice.

V úvodní, teoretické části, jsou popsány rizikové prvky ve vzduchu. Jejich výskyt, hladiny, zdroj vzniku kontaminace a vliv na zdraví lidí a zvířat. Následně je popsána oblast odběru vzorků, materiál a metody, příprava vzorků. Vzorky byly odebírány systematicky a pravidelně od dubna 2017 do února 2019.

Ve druhé, praktické části práce, jsou popsány získané výsledky z naměřených hodnot. Výsledky byly získány z deseti lokalit v těsné blízkosti lomů, ale i ze vzdálenějších oblastí. Ze vzorků získaného prachu byly v dalším kroku stanoveny obsahy sledovaných rizikových prvků metodou hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem. Hodnocena byla plošná a časová distribuce prvků v odebraném prašném spádu. Následně byly získány výsledky zpracovány a porovnány s dříve publikovanými obsahy sledovaných prvků v půdě.

Ze získaných výsledků rizikových prvků v prašném spádu a jejich následným porovnáním s rizikovými prvky v půdě, lze usoudit, že těžební doly nemusí být významnými zdroji rizikových prvků v prašném spádu.

Klíčová slova: těžké kovy, ovzduší, prašný spád, těžba, průmysl

Risk elements in particulate matter in the area affected by opencast mining of brown coal

Summary

The master thesis focuses on the evaluation the occurrence of hazardous elements (As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Sn, V and Zn) in the sedimented particulate matter in selected regions of the Sokolov and Most districts. Both districts are part of the North Bohemian Basin, an important mining area in the Czech Republic.

In the first part, the hazardous elements in the air are described. Their occurrence, levels, contamination source, and impact on human and animal health. Subsequently, the areas of sampling, materials, methods, and sample preparation are described. Samples were taken systematically and regularly from April 2017 to February 2019.

In the second part, the obtained results from the measured values are described. Results were obtained from ten localities in the near vicinity of the mines as well as from more distant areas. The contents of the monitored hazardous elements were determined from the samples of the obtained dust by inductively coupled plasma mass spectrometry. The spatial and time-dependent distribution of the elements in the collected dust fall was evaluated. Subsequently, the obtained results were processed and compared with previously published results of the monitored hazardous elements in the soil.

From the obtained results of risk elements in the sedimented particulate matter, and their subsequent comparison with risk elements in the soil, we concluded that mines may not be the most significant sources of hazardous elements in the sedimented particulate matter.

Keywords: heavy metals, air, sedimented particulate matter, mining, industry

Obsah

1 Úvod	8
2 Vedecká hypotéza a ciele práce.....	9
3 Literárna rešerš.....	10
3.1 Rizikové prvky v ovzduší.....	10
3.1.1 Arzén.....	11
3.1.2 Berýlium	12
3.1.3 Kadmium	12
3.1.4 Kobalt	13
3.1.5 Chróm	14
3.1.6 Meď	14
3.1.7 Mangán	15
3.1.8 Nikel	16
3.1.9 Olovo	17
3.1.10 Antimón	17
3.1.11 Selén	18
3.1.12 Cín.....	19
3.1.13 Vanád.....	20
3.1.14 Zinok.....	21
3.2 Severočeská uhoľná panva.....	21
3.2.1 Sokolovská panva	22
3.2.2 Mostecká panva	22
4 Materiál a metódy	24
4.1 Odber vzoriek.....	24
4.1.1 Príprava vzoriek.....	26
5 Výsledky.....	27
5.1.1 Arzén.....	28
5.1.2 Berýlium	29
5.1.3 Kadmium	30
5.1.4 Kobalt	31
5.1.5 Chróm	32
5.1.6 Meď	33
5.1.7 Mangán	34
5.1.8 Olovo	35
5.1.9 Vanád.....	36
5.1.10 Zinok.....	37
5.1.11 Nikel, antimón, selén, cín	38

5.2	Prašný spád verzus pôda	39
6	Diskusia	41
7	Záver.....	45
8	Použitá literatúra	46

1 Úvod

Kvalitné životné prostredie sa stalo akýmsi ideálom pre modernú spoločnosť. Ovzdušie je neodmysliteľnou zložkou životného prostredia pre život na Zemi. V súčasnosti je preto kladený veľký dôraz na kvalitu ovzdušia a zároveň ide o jeden z najzávažnejších problémov spoločnosti, pretože patrí medzi najohrozenejšie zložky životného prostredia. V minulosti nebola kvalite ovzdušia venovaná dostatočná pozornosť, keďže stav ovzdušia nebol tak alarmujúci ako dnes, keď ide už o globálne rozoberaný problém.

Vzduch je dôležitý pre dýchanie ľudí, zvierat, rastlín a ďalších organizmov. Svoju podstatnú úlohu zohráva aj pri tvorbe pôdy. Pre správnu funkciu všetkých súčastí životného prostredia, je vyžadované, aby ovzdušie bolo čisté a bez škodlivín. Citlivými oblasťami sú najmä mestá, priemyselné oblasti a oblasti v okolí ťažobných dolov. Pokiaľ nebude kvalite a zloženiu ovzdušia venovaná dostatočná pozornosť, znečistenie ovzdušia môže mať katastrofálne následky.

Kvalitu ovzdušia ovplyvňuje široká škála vplyvov. Veľký podiel na znečistení majú aj prachové častice. Prachové častice sa do ovzdušia môžu dostávať rôznymi procesmi. Rozlišujú sa veľkosťou, tvarom, materiálom a zložením, ktoré závisia od zdroja. Hlavnými zdrojmi aerosólových častíc je najmä ťažba, stavebná činnosť, priemysel, doprava, odnos pevných častíc z nespevnených plôch, poľnohospodárstvo ale aj prírodné zdroje ako požiare a výbuchy sopiek. Medzi významné zdroje aerosólových častíc radíme aj povrchovú ťažbu hnedého uhlia. Prachové častice z tohto zdroja môžu obsahovať rizikové prvky, ktoré sú kvôli svojim toxickým účinkom najviac sledované látky v životnom prostredí. Pre lepšie porozumenie vplyvu prachových častíc na človeka, je potrebné popísať jednotlivé zložky aerosólu, ich chemické zloženie, početnosť, veľkosť, a presun. Čím majú prachové častice menšiu veľkosť, tým sa jednoduchšie dostanú hlbšie do tela a sú pre človeka nebezpečnejšie. V hodnotení kvality ovzdušia je kľúčová aj koncentrácia aerosólových častíc. Zvýšené koncentrácie aerosólu nie sú len problémom veľkých miest. V zimných obdobiach sa objavujú vysoké koncentrácie prašného spádu aj v menších mestách. Hlavnou príčinou býva spaľovanie fosílnych palív a inverzný charakter počasia sústredený najmä v údoliach.

Diplomová práca ukazuje sledované obsahy rizikových prvkov nameraných v prašnom spáde. Vzorky boli odoberané v okolí ťažobných lomov, ľudských sídiel ale aj v odľahlejších lokalitách zasiahnutých ťažbou hnedého uhlia. Hodnotená bola plošná a časová distribúcia prvkov v odobratom prašnom spáde. Následne boli získané výsledky spracované a porovnané so skôr publikovanými obsahmi sledovaných prvkov v pôde.

2 Vedecká hypotéza a ciele práce

Cieľom tejto diplomovej práce je vyhodnotiť výskyt rizikových prvkov v prašnom spáde vo vybraných lokalitách v Sokolovskom a Mosteckom okrese. Oba okresy sú súčasťou Severočeskej uhoľnej panvy, významnou ťažobnou lokalitou v Českej Republike.

Hypotéza: Vzťah medzi mierou kontaminácie rizikovými prvkami ovzdušia a pôdy.

3 Literárna rešerš

3.1 Rizikové prvky v ovzduší

Pre prehľadné a výpovedné informácie ohľadom kvality ovzdušia je potrebné na ne prihliadať globálne, ale aj lokálne. Ovzdušie je pre človeka jednou z najdôležitejších zložiek životného prostredia, preto kvalite ovzdušia je venovaná pozornosť na celosvetovej úrovni.

V súčasnosti zavedené opatrenia smerujúce k zníženiu emisií, zlepšenie chodu ekonomiky, zavedenie či sprísnenie predpisov používania palív, sa spočiatku postarali o klesajúci trend koncentrácie znečisťujúcich látok v ovzduší. Avšak v súčasnosti sa zaznamenávajú pomerne výrazné výkyvy.

Bližšiu charakteristiku jednotlivých prvkov obsiahnutých v ovzduší a ovplyvňujúcich životné prostredie a ľudské zdravie, popisujeme v nasledujúcich podkapitolách. Tieto prvky sa v súčasnosti dostávajú do ovzdušia rôznymi zdrojmi. Či už majú prírodný pôvod, ako napríklad sopečná činnosť či spaľovanie biomasy alebo antropogénny pôvod, teda sa dostali do prostredia ľudskou činnosťou. Primárnymi zdrojmi antropogénneho pôvodu sú najmä chemický priemysel, kovovýroba, elektrárne, ťažba, doprava, poľnohospodárstvo, spaľovanie fosílnych palív, spaľovanie odpadu atď. (Gaudry et al. 2008).

Prvky sa rozptýlia do ovzdušia, akumulujú sa a vytvárajú častice, ktoré sú veľmi malé a preto v prostredí zotrávajú veľmi dlho. Svoju úlohu zohrávajú aj klimatické podmienky, ktoré môžu koncentráciu látok znečisťujúcich ovzdušie zväčšiť. Gaudry et al. (2008) uvádzajú, že ako referujúce hodnoty k monitorovaniu znečistenia sa využívajú monitorované plynné znečisťujúce látky ako SO₂, NO_x a O₃. Zároveň upozorňuje, že plynné látky nie sú jedinými látkami, ktoré znečisťujú prostredie a ovplyvňujú zdravie ľudí. V mnohých zdrojoch sú uvádzané aj synonymá ako: poletujúci prach, prašný aerosol, aerosolové častice, sedimentujúci prach, častice v atmosfére, suspendované častice či prachové častice. Pomenovanie prachové častice je odvodené z anglického „particulate matter” a označujúce sa skratkou PM. Je to zložitá zmes organických a anorganických častíc rôznych tvarov, veľkostí, povrchov, skupenstva, pôvodu, chemického zloženia a rozpustnosti. Rozlišujú sa aj primárne a sekundárne častice. Primárne častice sú priamo emitované priamo zo zdrojov, naopak sekundárne častice vznikajú v ovzduší v priebehu chemických a fyzikálnych procesov ako napríklad nukleácia a kondenzácia (Ministerstvo životného prostredia 2013 ; Arden & Dockery 2006; Palúchová 1997; Pope & Dockery 2006). Tieto častice majú širokú škálu veľkostí a práve veľkosť rozhoduje pri pravdepodobnosti ich vstupu do ľudského organizmu. Spravidla sú uvádzané dve veľkostné skupiny a to hrubé častice a jemné častice. Hrubé častice s aerodynamickým priemerom menším alebo rovnakým než 10 μm a väčším než 2,5 μm sa označujú ako PM₁₀. Vznikajú kumuláciou prachu, zemskej kôry, víchric, sopiek či iných materiálov. Koncentrácie častíc PM₁₀ v ovzduší kolíšu v závislosti od klimatických podmienok (Dongara et.al 2010). Jemné častice sú označované ako PM_{2,5} s aerodynamickým priemerom menším alebo rovnakým ako 2,5 μm. Ich zdrojom sú najmä emisie z vozidiel na benzín či naftu, spaľovanie fosílnych palív, oceliarní, cementární. Niektoré zdroje, ako Arden & Dockery (2006), uvádzajú ďalšiu veľkostnú skupinu, tzv. veľmi jemné častice označované PM_{0,1}. Uvádzajú však, že životnosť týchto častíc je veľmi krátka a spravidla sa stávajú súčasťou náhodných zoskupení častíc PM_{2,5}.

Szaková et al. (2018) zdôrazňujú, že zdravotné riziko predstavuje aj prach kumulujúci sa v podzemných priestoroch, či automobilových tuneloch. Ide o prach ukladajúci sa vo vetracích komorách a vírený vlakovým či automobilovým pohybom. Obsahujúci toxické prvky, ktoré dýchacou sústavou môžu preniknúť do ľudského tela, čo je nebezpečné pre ľudské zdravie.

3.1.1 Arzén

Označenie arzén pochádza od gréckeho slova „arsenicum”, v základnej forme bol pripravený ako jeden z najznámejších jedov okolo roku 1250. Napriek jeho toxicite bol v minulosti známy používaním sulfidov arzenu na liečbu vredov, či ako liečivo vo forme masť za čias Hippokrata pred 2,5 tisíc rokov. V súčasnej dobe je otrava arzénom vzácna, avšak predmetom výskumov sú jeho karcinogénne účinky.

Arzén, prvok zaradený do 15. skupiny periodickej sústavy prvkov, patriaci do skupiny polokovov, charakterizovaný ako krehký s malou elektrickou vodivosťou. Je uvádzaný ako jeden z ťažkých kovov znečisťujúci ovzdušie, pôdu, podzemné vody. Prirodzene sa vyskytuje najmä v zlúčeninách, čistý sa v prírode vyskytuje len zriedka, obvykle spolu s antimónom. (Cheng et al. 2009). Je dokázané, že arzén, ktorý je rozpustený v roztoku je toxickejší než nerozpustený. Primárne trojmocné (arsenité) zlúčeniny sú toxickejšie než päťmocné (arseničné) zlúčeniny (Marešová 2020).

V zemskej kôre sa arzén vyskytuje v množstve pod 0,001 % hmotnosti. Významným antropogénnym zdrojom arzenu je predovšetkým ľudská činnosť a to spaľovanie fosílnych palív, prevažne hnedého uhlia, kde sa arzén v niektorých druhoch severočeského hnedého uhlia vyskytuje v množstve 1,29 g na 1 kg. Obsah arzenu v hnedom uhlí môže byť až 1,5 g na 1 kg. Spaľovacím procesom vznikajú emisie, ktoré kontaminujú ovzdušie a následne aj pôdu. V okolí elektrární a závodov spaľujúcich hnedé uhlie sa obsah arzenu môže pohybovať až v desiatkach g/kg. Arzén bol do roku 1960 súčasťou mnohých pesticídov a herbicídov, ktoré boli aplikované v poľnohospodárstve ako prostriedky zamedzujúce poklesu produkcie (Kafka & Punčochářová 2002). Vácha et al. (2015) podotýkajú, že arzén spôsobuje environmentálne problémy a najmä najzávažnejší problém s kontamináciou pôdy v severných Čechách. Predovšetkým k vysokej hladine arzenu v miestnych poľnohospodárskych pôdach prispievajú emisie z elektrární, ktoré spaľujú hnedé uhlie s vysokým obsahom arzenu. Dodávajú, že podobnou príčinou je aj kontaminácia pôdy v okolí Krušných hôr. Vysoké karcinogénne riziko v oblasti severných Čiech bolo potvrdené zároveň aj zdravotným výskumom v regióne. Následne, vplyvom dažďových vôd, sa kovy z pôdy vymývajú a kontaminujú povrchové i podzemné vodné zdroje. Arzén má tendenciu sa usadiť v sedimentoch a pretrvávajú v pôdach či vodách dlhšiu dobu. Tým sa dostáva aj do potravinového reťazca. Pri spätnej analýze a hľadani zdroja znečistenia, je problematické identifikovať zdroj kontaminácie, či je spôsobená ľudskou činnosťou, či lúhovaním určitých typov hornín. Znečistenie podzemných vôd arzénom, má za následok jeho výskyt aj v jedle. Výskyt arzenu vo vode, v potrave a vo vzduchu má negatívny vplyv na organizmus a pripisuje si za následky rôzne typy ochorení. Ide predovšetkým o ochorenie kože, pľúc, priedušiek, rakoviny kože.

Halek et al. (2009) zmieňujú, že arzén znižuje obnovovaciu schopnosť DNA, a teda zvyšuje náchylnosť na rakoviny a na choroby, ktoré nie sú spojené s rakovinou. Tiež upozorňuje, že znečistenie arzénom môže byť vážnym problémom najmä u detí.

3.1.2 Berýlium

Objav berýlia v roku 1798 sa pripisuje francúzskemu chemikovi N.-L. Vauquelinovi, ktorý o ňom informoval v Národnom inštitúte vo Francúzsku. Avšak jeho farebné variácie boli známe oveľa skôr.

Berýlium je ľahký, tvrdý, vysoko karcinogénny kov, patriaci do II. A skupiny periodickej sústavy prvkov. Svojou schopnosťou reagovať s roztokmi alkalických hydroxidov sa odlišuje od ostatných prvkov patriacich do druhej skupiny, a podobá sa tým na hliník. V prírode berýlium v základnej forme nenájdeme, vyskytuje sa však v zlúčeninách a je súčasťou 127 minerálov (Hudson Institute of Mineralogy 2020). Najznámejším minerálom berýlia je beryl, kryštalizujúci v hexagonálnej sústave v rôznych druhoch ako napríklad smaragd, morganid, heliodor, akvamarín. Až 36% berýlia je súčasťou minerálu bromelit.

Vzhľadom k jedinečným vlastnostiam zlúčenín berýlia, je už dlhodobou súčasťou priemyslu. V metalurgii sa berýlium využíva v zliatinách, aby sa zvýšila ich pevnosť, tvrdosť a odolnosť voči korózií. Napríklad med' obsahujúca 2% berýlia sa charakteristickými znakmi, húževnatosťou a pevnosťou vyrovná najkvalitnejšej nemagnetickej oceli. Pridanie berýlia do zliatin niekoľkokrát predlžujú životnosť dielov. Zliatiny s berýliom sú veľmi ľahké a odolné, vďaka týmto vlastnostiam si našli miesto v leteckom a kozmickom priemysle. Značné zastúpenie má v elektronickom, jadrovom priemysle, tiež v elektro- a rádiotechnike či mnohých ďalších. V popole niektorých druhov uhlia a v popole pšeničných stebiel sa nachádza až 2% berýlia.

Dlhšie vdychovaný prach berýlia je následkom beryliózy, ktorá prerastie až do zápalu pľúc. Nebezpečné je najmä okolie priemyselných oblastí, ktoré produkujú a spracovávajú berýlium. Pôsobením berýlia dochádza k zmenám či poškodeniu DNA či RNA. Pri vdychovaní postihuje všetky časti dýchacieho ústrojenstva a vedie k nádorom pľúc. Poškodzuje tiež kostnú dreň, slezinu, lymfatické žľazy, ľadviny, srdce a spôsobuje pomalé hojenie rán (Strupp 2011).

3.1.3 Kadmium

Kadmium je radený k ťažkým kovom. Svojimi vlastnosťami pripomína zinok, s tým rozdielom, že kadmium a jeho zlúčeniny sú jedovaté a je klasifikovaný ako ľudský karcinogén. Hlavnou zložkou na výrobu kadmia, sú odpadové produkty po výrobe zinku. Začiatkom minulého storočia bol primiešavaný ako protikorózna ochrana do železných konštrukcií, ako stabilizátor rôznych plastických materiálov. V súčasnosti sa využíva v metalurgickom priemysle, k pokovaniu iných kovov. Je hlavnou zložkou elektrických akumulátorov a zlúčeniny kadmia sa používajú na výrobu modrých a zelených luminorfov do obrazoviek (Tolcin 2013).

Toxicita kadmia znižuje možnosti jeho využitia. V prostredí je prítomné len výnimočne, prípadne v malých objemoch. Sústreďuje sa v ložiskách spoločne so zinkom, pri lokálnom zvetrávaní vznikajú samostatné minerály kadmia. Do životného prostredia sa dostáva hlavne ľudskou činnosťou a jeho spotreba v celosvetovom meradle stále vzrastá. Do prostredia sa dostáva najmä spaľovaním komunálneho odpadu, výrobou zinku, spaľovaním fosílnych palív, pohonných hmôt a olejov (Dadová 2013). V pôde je kadmium veľmi mobilný a jeho mobilita rastie so znižujúcou sa hodnotou pH (Száková et al. 2018).

Podľa zdravotníckej organizácie WHO, má kadmium dosah aj na deti a to najmä výrobou hračiek a šperkov z recyklovaných materiálov, v ktorých je kadmium prítomné. Ako ďalším možným zdrojom kadmia v prostredí, sú uvádzané odpadové kaly a banský priemysel (Šejbl 1990a). Do ľudského organizmu sa dostáva cez dýchaciu sústavu a tráviacu sústavu. Vysoký obsah kadmia je súčasťou tabakových výrobkov (Valenta 1980). V organizme kadmium narúša bilanciu vápnika a podporuje jeho zvýšené vylučovanie, čo sa prejavuje osteoporózou (Šejbl 1990a; Uhrínová & Buchancová 2007).

3.1.4 Kobalt

Kobalt, pomerne vzácny chemický prvok, sa prirodzene vyskytuje v horninách, pôde, vode, v rastlinách a v živočíchoch (National Library of Medicine 2020). Tvorí základnú zložku potravy pre cicavce vo forme kobalamínu (vitamín B12). Dospelý ľudský organizmus obsahuje asi 1mg kobaltu a 85% je vo forme vitamínu B12 (Gad 2014).

Ročne sa vyťaží zhruba 60 000 ton kobaltu. Ďalších 10 000 - 15 000 ton sa vyrába recykláciou po ukončení používania, ide hlavne o recykláciu zliatin. Približne polovica vyťaženého kobaltu pochádza z rúd medi a kobaltu vyťaženého v Zambii a tiež z sulfidových a lateritických rúd (Crundwell et al. 2011). Celkovo sa kobalt získava ako sekundárny produkt pri ťažbe medi, zinku a niklu. Do životného prostredia sa ľudskou činnosťou dostáva nielen ťažbou rúd, ale aj spaľovaním fosílnych palív vrátane dopravy. Prirodzeným zdrojom sú erózie, vulkanické činnosti a požiare.

Zlúčeniny kobaltu majú širokú škálu využitia, či už ako chemikálie na nabíjanie batérií, alebo pri výrobe zliatin. Chlorid kobaltnatý ako katalyzátor, či vysušadlo. Síran kobaltnatý ako výživový doplnok do krmiva pre dobytok (Environment and Climate Change Canada 2020). Ďalšie zlúčeniny sa používajú na farbenie skla, keramiky a tiež ako sušičky pri smalte. Využitie ho možno aj pri výrobe farieb, náterov, lepidiel, tmelov, či plastových a potravinových obalov. Z legovaného kobaltu niklom a hliníkom, možno vyrábať výkonné magnety. Jeho pevnosť za vysokých teplôt využívajú pri výrobe prúdových a plynových turbínach. Pre atraktívny vzhľad, odolnosť voči korózií aj pri galvanickom pokovovaní. Rádioaktívny kobalt sa používa na lekárske účely, na sterilizáciu lekárskeho vybavenia, liečbu rakoviny či ožarovanie potravín. (Royal Society of Chemistry 2020).

Vystavenie človeka vysokým koncentráciám kobaltu môže spôsobiť pľúcne problémy, astmu a pneumóniu. Vedci sa domnievajú, že kobalt je aspoň čiastočne zodpovedný aj za pľúcne ochorenia podobné astme, označované ako „choroba tvrdých kovov”. Bol preukázaný aj vplyv na štítnu žľazu či na srdce, ako aj zvýšený počet červených krviniek. Tvorba červených

krviniek pomocou prídavku kobaltu je využívaná pri anémii u tehotných žien (Boreiko 2009). Tiež boli spozorované problémy s vývojom plodu pri podávaní určitej dávky kobaltu. Na druhej strane pri jeho nedostatku bola spozorovaná u oviec, hovädzieho dobytku a jeleňovitej zveri anémia, strata hmotnosti až smrť (Szakmary et al. 2001; Chatterjee 2007).

3.1.5 Chróm

Chróm, ako prechodný prvok, nemá úplne obsadený orbitál d čo má vplyv aj na jeho fyzikálne a chemické vlastnosti. Je súčasťou VI. B skupiny a je známy v rôznych oxidačných číslach od čoho sa odvíja aj farebnosť jeho zlúčenín. Je charakterizovaný ako šedý kovovo lesklý prvok, vyznačujúci sa tvrdosťou a zároveň krehkosťou. Pridáva sa k zvýšeniu kvality ocele, či odolnosti voči korózií. Používa sa tiež pri spracovávaní ocele, pieskovaní a brúsení, Priemyselné činnosti ako výroba farieb v textilnom priemysle, výroba plastov, nehrdzavejúcej ocele predstavujú hlavné zdroje znečistenia Cr. Primárne je dôležité vedieť stanoviť chróm v týchto dvoch odlišných stavoch, aby sa vedeli vyhodnotiť potenciálne riziká (Vitale et al. 1997).

Hanousková (2019) uvádza, že ku intoxikáciám organizmu chrómom môže dôjsť pri inhalácií kontaminovaného vzduchu, konzumáciou znečistenej vody či potravín, alebo dermálnym kontaktom v pracovnom prostredí s produktom obsahujúcim chróm. Toxickosť chrómu môže viesť k chorobám vyvolaným chrómom ako je ochorenie obličiek, pečene, môžu sa vyskytnúť problémy s dýchaním a problémy s imunitným systémom. (Magnuson & Shengqian 2019) uvádza, že u osôb pracujúcich napríklad so zváraním nehrdzavejúcej ocele sa môžu tvoriť častice, ktoré vedú ku karcinómom pľúc, astme či poškodeniu nosného epitelu a kože. (Hanousková 2019) spomína, že u exponovaných ľudí boli identifikované zdravotné komplikácie ako: 1) zápaly pokožky, 2) astmatické záchvaty a 3) rakovinu pľúc.

Chróm je kov, ktorý sa prirodzene nachádza v prostredí. Vyskytuje sa v dvoch dôležitých formách, týkajúcich sa najmä životného prostredia a ľudského zdravia, ako trojmocný chróm a šesťmocný chróm (Magnuson & Shengqian 2019). Chróm v trojmocnom stave predstavuje základnú stopovú látku, teda nevyhnutnú pre živé organizmy a rastliny. Je relatívne netoxický a charakterizovaný ako mikroživina. Pomáha inzulínu metabolizovať tuky, ovplyvňuje hladinu cukru v krvi a udržiava zdravý cholesterol (Zafra-Stone et al. 2007). Zlúčeniny šesťmocného chrómu majú takmer stokrát vyššiu toxicitu ako trojmocný chróm a sú popisované ako karcinogén (Hussain & Rüstem 2020). Kontaminácia prostredia šesťmocným chrómom vzniká obvykle pri priemyselnej výrobe, ktorá môže byť pre ľudí a zvieratá nebezpečná.

3.1.6 Med'

Med', najmä v podobe rôznych typov zliatin, predstavuje základný a najrozšírejší farebný kov v dávnej pravekej a historickej minulosti. Podľa amerického geologického prieskumu (USGS), sa asi jedna štvrtina medi nachádza v sedimentálnych horninách a dve tretiny vo vulkanických horninách. Zároveň radia med' ku hliníku a železu, ako tretí najpoužívanej priemyselný kov na svete.

Vlastnosti čistej medi ako kujnosť, ťažnosť a tvárnosť, výborná tepelná a elektrická vodivosť sú obzvlášť s obľubou využívané v priemysle. Červené sfarbenie medi, je špecifické, tak ako sfarbenie zlata ako jediných prvkov z periodickej sústavy, ktoré nie sú kovovej či striebornej farby. Med' je ľahko opracovateľná, ale zato nemá príliš priaznivé mechanické vlastnosti. Tento deficit býva vyvážený pri precipitačnom spevnení či spevnení za studena. Hanousková (2019) uvádza, že ako základný prvok je v prírode veľmi vzácny a prevažne sa vyskytuje v zlúčeninách ako sulfidy (chalkopyrit, oxidy (tenorit), a uhličitan (azurit). Med' je nevyhnutným stopovým prvkom, prítomným vo všetkých bunkách a v orgánoch. Podieľa sa na mnohých biologických procesoch ako napríklad antioxidačná ochrana, tvorba spojivového tkaniva, pigmentáciu, biosyntézu a tiež je rozhodujúci pri tvorbe červených krviniek (Live science 2020). Do tela sa med' dostáva prostredníctvom potravy. Vstrebanie závisí nielen od množstva, ale aj zloženia a jeho chemickej formy, či ďalších častí potravy. Úlohu v príjme medi do organizmu zohráva aj pitná voda, obohatená o tento prvok z dôsledku rozsiahleho používania medených trubiek (Ellingsen et al. 2015).

Med' s inými kovmi tvorí nespočetnú radu zliatin, mnohé z nich majú oveľa lepšie vlastnosti než samotná med'. Môžu mať lepšie mechanické vlastnosti, byť odolnejšie. Takéto materiály sú obľúbené v elektrotechnike ako podložky, pružiny, kontakty, magnetické zliatiny (Drápala & Kursá 2012). Typická pre med' je aj jej odolnosť voči korózií, kedy za pôsobenia vzdušnej vlhkosti a oxidu uhličitého vznikne na povrchu povlak „medenka“, ktorá zamedzí korózie.

Med' je pre živé organizmy dôležitý prvok, ale tak ako v malom množstve, tak aj vo vysokej koncentrácii môže viesť k vážnym zdravotným komplikáciám. Hanousková (2019) spomína, že nedostatok medi môže viesť ku komplikáciám v centrálnej nervovej sústave, v srdcovom, imunitnom a kostnom systéme. Tiež uvádza, že nadmerný, jednorazový príjem narušuje gastrointestinálny trakt, čo sa prejavuje nevoľnosťami a zvracaním, dokonca môže dôjsť k pečenej toxicite. Vo vzácnych prípadoch sa môže u ľudí objaviť genetická Menkeho choroba, prejavujúca sa zníženou absorpciou medi či Wilsonova choroba so zníženou schopnosťou medi vylučovať (Dag et al. 2015).

3.1.7 Mangán

Mangán sa po železe a titáne popisuje ako najrozšírenejší kov. Všade prítomná zložka životného prostredia, nachádza sa v pôde, vode a v rastlinách. Je 12. najviac vyskytujúcim sa prvkom na Zemi. Prirodzene je súčasťou zlúčenín a viac ako 300 druhov v prírode sa vyskytujúcich minerálov. Je známe, že najväčšie zásoby ležia na rozsiahlych plochách oceánskeho dna, ktoré sú pokryté uzlami mangánu s obsahom železa, kremíka a hliníka. Diskutuje sa, že spomínané oceánske zásoby sú oveľa väčšie ako pozemné rezervy (Adam Augustyn, Britannica 2020). Je súčasťou väčšiny železných rúd. Určité množstvo je obsiahnuté aj v rope, pieskovcoch a bridliciach.

Je jedným zo striebisto bielych, tvrdých a zároveň krehkých kovov skupiny VII periodickej tabuľky prvkov. Fyzikálnymi vlastnosťami sa veľmi podobá železu, avšak je krehkejší a tvrdší. Mangán reaguje s vodou a v zriedených kyselinách sa rozpúšťa za vzniku mangánatých solí (Housecroft et al. 2005).

V prostredí sa mangán vyskytuje v organickej a anorganickej forme. Anorganické zlúčeniny sa využívajú pravidelne pri výrobe oceli, kde slúži k odstráneniu síry a kyslíku. Zliatiny mangánu s meďou (mangánové bronzy) slúžia ako detoxičná prísada (Greenwood 1993). Tiež sú využívané pri výrobe batérií, doplnkov výživy či keramiky. Tieto zlúčeniny sú tiež generované zo spaľovacích motorov a tiež zo spaľovania uhlia. Organické zlúčeniny mangánu sa používajú ako pesticídy, hnojivá a benzínové prísady (Gad 2014).

Mangán je esenciálny stopový prvok, bežná súčasť ľudskej stravy. Do organizmu sa dostáva predovšetkým gastrovaskulárnou sústavou, kde je následne distribuovaný do všetkých orgánov, metabolizovaný a vylučovaný je spravidla v žlči (Avila et al. 2016). Podieľa sa na krvotvorbe, správnom vývoji kostí, chrupaviek, medzibunkových stien a koriguje cholesterol v krvi. Strnad (2006) uvádza, že dôležitú rolu vo vstrebávaní mangánu zohráva vek. Najviac vstrebávajú mangán práve deti, novorodenci a embryá a zároveň je u týchto rizikových skupín, v porovnaní s dospelými, nedostatočné vylučovanie mangánu z dôvodu obmedzenej tvorby žlče. Toxicita mangánu závisí od oxidačného stavu. Dlhodobé vystavenie mangánu má vplyv predovšetkým na dýchaciu sústavu. Je známe aj ochorenie mangatizmus (nechutenstvo, strnulosť, únava, nepokoj, závrate) u pracovníkov dlhodobo pracujúcich s mangánom, feromangánom, oxidom manganičitým, chloridom mangánatým (Paleček et al. 1999).

3.1.8 Nikel

Je opisovaný ako tvrdý, strieborno biely, lesklý, kujný, ťažký a feromagnetický kov. Na vzduchu je stály, odolný voči vode a atmosférickým vplyvom. V okolí sa vyskytuje prevažne v kombináciách so sírou a s železom. Je súčasťou rastlín a živých organizmov.

Nikel je jedným zo stopových prvkov uvoľňovaný z prírodných aj antropogénnych zdrojov. Je prítomný vo vode, v pôde a vo vzduchu. V atmosfére sa nachádza z dôsledku lesných požiarov, meteorického prachu, morskej soli a sopečného popola. Na jeho prítomnosť v prostredí má vplyv aj doprava, priemysel, zvyšovanie kvapalných a tuhých palív ako aj komunálny odpad. V súčasnosti až 90 % emisií niklu pochádza zo spaľovania ropy (Harasim & Filipek 2015).

Väčšina niklu sa spotrebuje pri výrobe nespočetných druhov zliatin, viac ako 60% je použitá na výrobu zliatinových ocelí. Nikel vylepšuje vlastnosti jednotlivých zliatin, stávajú sa odolné voči korózií, húževnatejšie, tvrdšie s vysokým elektrickým odporom. Ich vlastnosti majú široké priemyslové využitie a sú prispôbené charakteru použitia (Ptáček 2002). Hanousková (2019) uvádza, že sa tiež využíva pri metalurgických procesoch ako galvanizácia či nikel-kadmiových batériách. Našiel uplatnenie aj pri výrobe šperkov, keramiky, magnetov, či mincí. V potravinárskom priemysle sa využíva ako katalyzátor chemických reakcií ako napríklad stužovač tuku.

Ako ukázali štúdie na zvieratách a bunkových kultúrach, zlúčeniny niklu predstavujú riziko - sú toxické a karcinogénne. Nikel má vplyv na vznik rôznych typov chorôb ako rakovina, kardiovaskulárne a pľúcne choroby, cukrovku, obezitu a neurologické ochorenia (Arita & Costa 2011). Nikel je známy ako pôvodca alergií, medzi zasiahnuté miesta patria pokožka hlavy, ramená, krk, prsia, ruky alebo nohy. Medzi ďalšie symptómy patria žalúdočné problémy, vypadávanie vlasov, únava, migréna, bolesti kĺbov, či zápal d'asien (Bezpečnosť potravín 2020).

3.1.9 Olovo

Olovo bolo jedným z prvých známych kovov. Pravdepodobne bolo využívané už v roku 5000 pred našim letopočtom. Obzvlášť ho preslávilo olovené vodovodné potrubie v Ríme. Našiel využitie aj pri odlievaní umeleckých diel, či ako nástroj mučenia.

Je to hustý, mäkký, modrošedý tvárny kov, pevný v ťahu a zlý vodič elektrickej energie. Charakteristické preň je, že po čerstvom reze má jasný strieborný lesk, ktorý hneď zmatnie a sfarbí sa na modrošedo (Ghazi & Millette 1964). Je to kov, prítomný vo všetkých zložkách prírody a známy už tisícletia. V základnom tvare je výskyt olova vzácny, získať ho možno zo zlúčenín ako napríklad galenit, cerussit a pyromorfit (Greenwood 1993). Voči atmosférickým vplyvom je olovo veľmi odolné a stále. Je to toxický kov, nie je biologicky odbúrateľný a má tendenciu hromadiť sa. Uvádza sa, že v oblastiach neznečistených ľudskou činnosťou by olovo v ovzduší nemalo presiahnuť 1 ng/m^3 , čo potvrdili niektoré merania napríklad v Grónsku. Jeho dlhodobé používanie, a hlavne prudký nárast spracovávania tohto kovu počas priemyselnej revolúcie dosvedčili nálezy tohto kovu v snehu, v ľadovcoch či sladkovodných sedimentoch (Bencko et al. 1995).

Ako už bolo naznačené, do prostredia sa dostáva predovšetkým antropogénnou činnosťou. Najväčším zdrojom kontaminácie prostredia olovom, je spaľovanie olovnatého benzínu. Odkiaľ sa uvoľňuje vo veľmi malých časticiach a usádza sa prevažne po okrajoch ciest. V súčasnosti je snaha nahradiť pohonné hmoty bezolovnatým palivom. Ku kontaminácií prostredia olovom prispelo hutníctvo, spracovávanie olovene rudy, výroba olovnatého skla, akumulátorov a tiež polygrafický priemysel. Využíva sa aj ako ochranný prostriedok pri práci s elektromagnetickým žiarením, kde sa uplatní jeho vlastnosť pohltiť röntgenové žiarenie. Aj keď vzhľadom k toxicite je v súčasnosti tendencia eliminovať používanie olova a jeho zliatin, naďalej sa používajú pri výrobe akumulátorov. Spoločnosti vyrábajúce tieto akumulátory, prevažne siahajú po recyklácii tohto kovu, nakoľko je olovo veľmi dobre recyklovateľné. Dokonca až 50% olova vo svete je recyklované (Integrovaný registr znečisťovanií 2020).

Vplyv olova na zdravie je predmetom dlhodobého skúmania. Odhaduje sa, že priamy kontakt s pokožkou nie je nebezpečný. Považuje sa za silný toxín, ktorý nie je biologicky odbúrateľný. Uvádza sa, že spôsobuje respiračné, neurologické, tráviace, kardiovaskulárne problémy. Usádza sa v kostiach a v zuboch (Ghazi & Millette 1964). Pripisujú sa mu aj zvýšené zápaly, zhoršené kognitívne, motorické schopnosti, zvýšenie cholesterolu, zvýšenie rizika trombózy, zvýšenie hmotnosti obličiek, nefropatia (Boskabady et al. 2018).

3.1.10 Antimón

Zaujímavosťou antimónu je, že sa vyskytuje v kovových aj nekovových modifikáciách. Ako kovovú modifikáciu myslíme šedý antimón, ktorý je na vzduchu za normálnych teplôt stály. Inak sa vyznačuje tvrdosťou a krehkosťou. Medzi nekovové modifikácie patrí žltý a čierny antimón. Žltý je nestály a nad teplotou -80°C mení svoj charakter na čiernu modifikáciu. Čierny antimón vzniká zo žltého pri teplote nad -80°C , je reaktívnejší než šedý antimón a reaguje so vzdušným kyslíkom.

Je to mäkký kov strieborno-lesklého sfarbenia, ktorý sa vyskytuje hlavne ako sulfidový minerál stibnit v usadeninách gratinoch a vápencoch (Feary & Cullinan 2019). Antimón je označovaný aj ako metalloïd-polokov, teda prvok s kovovými aj nekovovými vlastnosťami. Antimón je prirodzene prítomný v zemskej kôre, môže byť uvoľňovaný do životného prostredia ako prach rozfúkaný vetrom, zo sopečných erupcií či lesných požiarov. Expozícia antimónu do prostredia je však prevažne antropogénnou činnosťou. Či už spaľovaním uhlia sa emituje popolčekom a horením oxid amonitý.

Antimón sa využíva ako zliatina s olovom, na fólie, plechy, potrubie, polovodičovú techniku a pyrotechniku. Tiež je používaný ako ohňovzdorná látka, využitie našiel aj v chladničkách, klimatizáciách, sprejoch a farbách. V textilnom či v sklárskom priemysle, ako polovodič v elektronickom priemysle, na výrobu termoplastického polyméru a bezpečnostných zápaliiek. Antimón sa využíva aj pri výrobe antiprotozoálnych veterinárnych liečiv (Feary & Cullinan 2019).

Gad (2014) uvádza, že vplyv antimónu na človeka zo vzduchu, vody a z potravín z kontaminovanej pôdy antimónom nie je rizikový. Ľudia sú vystavení malému vplyvu tohoto prvku v porovnaní s expozíciou antimónu na pracovisku, alebo jeho priamym podávaním kvôli terapeutickým účinkom, kedy môže mať toxické účinky. Príznaky otravy antimónom sú veľmi podobné ako otrava arzénom, aj keď je menej toxický. Sú známe príznaky ako hnačky, zvracanie, koliky či kovová chuť.

3.1.11 Selén

Prirodzene sa vyskytuje v štyroch oxidačných stavoch (-2, 0, +4, +6) a v mnohých chemických formách v prírode. V zemskej kôre je prítomný ako seleničitan, seleničnan či ako selenidy spojené so sulfidovými minerálmi (Davis & Hall 2017). V zemskej kôre sa vyskytuje približne v množstve 0,09 mg na 1 kg zeminy. Najrozšírenejší je najmä na povrchu zeme. Usmani et al. (2019) uvádza, že selén je metalloïd a vyskytuje sa prevažne v usadeninách hornín a v suchších zónach biosféry. S kovmi a nekovmi vytvára anorganické a organické zlúčeniny v pôde. Zastúpenie selénu v pôde sa líši v závislosti od oblasti ktoré sú rozdelené do kategórií: vzácny výskyt, nízky výskyt selénu a početné zastúpenie selénu (Usmani et al. 2019). V závislosti od jeho obsahu v pôde, prebieha akumulácia selénu rastlinami. Rastlina spracuje selén z anorganickej formy na organickú, a tým sa stane využiteľným aj pre ľudský organizmus, avšak môže byť aj pre svojich spotrebiteľov toxický. Konzumáciou rastlín živočíchmi, sa selén ukladá prevažne vo vnútorných orgánoch živočíchov. Ešlerová (2010) cituje článok M. Pola (Dastych 2004) kde sa zmieňujú, že niektoré druhy rebarbory sú primárne akumulátory selénu a akumulujú ho do vysokých koncentrácií. Neskôr sa selén dostáva do živočíchov, ktorým spôsobuje zmeny na srsti či kopytách. Davis & Hall (2017) dodáva, že koncentrácia selénu v pôde nie je indikátorom pri akumulácii selénu rastlinami. Uvádza príklad Portorika a Havaja, kde sa nachádzajú oblasti s vysokým výskytom selénu, ibaže kyslý typ pôdy spôsobuje, že ho rastliny zle absorbujú.

Selén sa využíva pri výrobe solárnych panelov, je prítomný v svetelných čidlách. Bol využívaný aj ako polovodič, ale aktuálne je už nahradzovaný kremíkom. Využitie našiel najmä

v sklárskom priemysle, pri výrobe plastov a keramiky. Tiež je súčasťou zliatín, doplnkov stravy, farmaceutických výrobkov a kozmetiky.

Prvok selén je opisovaný ako základná živina, či mikroživina pre väčšinu organizmov a klasifikovaný ako esenciálny stopový prvok. Ako biogénny esenciálny prvok sa nachádza vo všetkých bunkách, tkanivách a v tekutinách živočíchov. Ľudský organizmus je ohrozený ako nedostatkom stopových prvkov, tak aj ich nadbytkom. Aký vplyv bude mať selén na zdravie, záleží od špecifikácie pôdy, vzťah medzi koncentráciou selénu v potrave a denným príjmom selénu. O seléne je známe, že je prvkom „dvojsečného meča“, teda má jeden z najužších rozsahov a to medzi nedostatkom (<40 µg na deň) a toxickej hladiny (> 400 µg na deň). Choroba spôsobená nedostatkom selénu je Keshanova choroba, ktorá zasahuje prevažne deti, mladistvých a tehotné ženy. Vyskytuje sa v horských oblastiach Číny a prejavuje sa srdcovými problémami, či zlyhaniami. Postihuje aj pľúca či spôsobuje opuchy tváre. Ďalšia choroba je Kashin-Beckova, ktorá spôsobuje nekrózu chrupaviek. Nedostatok selénu má vplyv aj na predčasné starnutie, poruchu rastu, vyčerpanie, neplodnosti, hladinu cholesterolu. Intoxikácia selénom, teda toxická dávka, alebo selenóza sa prejavuje v gastrointestinálnom trakte, v nervovej sústave a môže skončiť smrťou. Prejavmi sú lámavosť až strata vlasov, nechťov, podráždenosť, bledosť, zápaly kĺbov, kovová chuť. Nadmerné požitie selénu má za následok horúčku, cirhózu pečene, žltacku, môže sa vyskytnúť myelitída a viesť až k smrti (Velíšek 1999; Bankhofer 1996; Dhillon et al. 2019).

3.1.12 Cín

História cínu siaha až do doby bronzovej, keď remeselníci roztavili cín s meďou a vyrobili tak tvrdý a silný kov bronz. Využíval sa obzvlášť na výrobu bojových zbraní, ako oštepov, šípov, mečov a zároveň ľudia verili, že pitie z cínových šálok pomáhalo predchádzať únave a depresiám (Gad 2014).

Cín je mäkký, veľmi tvarovateľný, tvárny, strieborno-biely lesklý kov. Pri ohýbaní vydáva praskajúci zvuk „cínový plač“. Prirodzene je súčasťou zemskej kôry v organickej aj anorganickej forme, avšak je pomerne vzácny. Jeho kvalita a dostupnosť sa líši v závislosti od rôznych klimatických a geologických podmienkach, čo má vplyv aj na jeho následné spracovanie a využitie. Pre komerčné účely je najvýznamnejšie zastúpenie cínu v anorganickej forme ako minerál kasiterit alebo cínovec, ktorý je obvykle súčasťou iných hornín a teoreticky obsahuje 78,6% cínu (Lenntech 2020). Cín sa využíva hlavne v rôznych organických látkach, ktoré predstavujú pre človeka najnebezpečnejšie formy cínu. Organické zlúčeniny cínu sa v minulosti uplatňovali aj v medicíne ako liek proti streptokokovým infekciám (Rüdel 2003). Neskôr sa pripravovali organické zlúčeniny vo forme prípravku proti riasám a mäkkýšom ako antifoulingová farba na dno lodí a člnov. Medzi vodnými organizmami, či už morskými, sladkovodnými rastlinami, bezstavovcami a rybami, a cínovými organickými zlúčeninami prebieha významná biokoncentrácia, teda akumulácia chemickej látky z vonkajšieho prostredia do organizmu. Spôsobujú veľké škody vodným ekosystémom, sú toxické pre riasy, huby a fytoplanktón, ktorý je súčasťou potravinového reťazca a tiež dodávateľ kyslíka pre vodné organizmy (Lenntech 2020). Ako už bolo naznačené, organické zlúčeniny cínu sú toxické ako pre organizmy tak aj pre človeka. Nie sú biologicky

odbúrateľné a dlhodobo sa udržiavajú v životnom prostredí, a teda koncentrácia organického cínu stále rastie.

Zlúčeniny cínu majú bohaté využitie, či ako ochranné potahey, plechy, plechovky, výroba plastov, ako prímies do spájok, farbivá, keramika, spomaľovače horenia a pigmenty. Používa sa aj v zubnej paste ako fluorid cínatý (Gad 2014). Cín sa do životného prostredia dostáva predovšetkým antropogénnou činnosťou. Aj napriek známym nebezpečenstvám, je cín súčasťou mnohých priemyselných odvetví. Vdýchnutím, dermálnym kontaktom či hlavne požitím najmä konzervovaných potravinárskych výrobkov je človek vystavený tomuto prvku. Prejavy intoxikácie cínom závisia od spôsobu, akým sa cín do tela dostal. Môže ísť o podráždenie horných dýchacích ciest, podráždenie, popáleniny, zápaly kože. Pri dlhodobom pôsobení sa prejavuje malátnosť, únava, migréna, zvracanie či zrakové komplikácie (Fait et al. 1994; Muck 2006).

3.1.13 Vanád

Vanád bol objavený v roku 1830 Andreasom Manuelom del Rio v Mexiku. V zlúčeninách sa vyskytuje v oxidačných stavoch +2, +3, +4, ale najmä v oxidačnom stave +5. Pre zaujímavosť je možné zobrazit' farebnú škálu spomenutých oxidačných stavov redukciou bezfarebného vanadičnanu amónneho kovovým zinkom (Cibulka 1991).

Elementárny vanád je mäkký, nehrdzavejúci, ocel'ovošedý, nemagnetický, kujný, pevný a zriedkavý prechodný kov (Assem & Oskarsson 2015). V množstve 0,01% sa nachádza v zemskej kôre a je súčasťou až 192 platných druhov minerálov (Hudson Institute of Mineralogy 2020). Nriagu (1988) uvádza, že vanád vzniká ako vedľajší produkt pri získavaní prvkov ako železo, urán a fosfor a je prítomný aj vo fosílnych palivách. Panichev et al. (2006) dodávajú, že je súčasťou všetkých hornín, ale najmä nerastu roscoelitu a tiež v železných, olovených a medených rudách. Technicky dôležité nerasty sa uvádzajú vanadinit-vanadičnan olovnatý a karnolit, ktorých najväčšie ložiská sú v Peru a Colorade. Tkáčová (2018) vo svojej práci dopĺňa informáciou, že vanád sa vyskytuje najmä v kanadskej a venezuelskej rope a teda sa získava destiláciou ropy.

Vanád sa využíva najmä v oceliarskom priemysle a tiež sa využíva ako legujúca prísada do ocele, železa, titánu, medi a hliníka, pretože zlepšuje ich mechanické vlastnosti. Používa sa ako cieľový materiál pre röntgenové lúče. Zároveň našiel využitie ako katalyzátor syntetických kaučukov, plastov, chemikálií a v keramike. Vanád je zároveň prvkom s farmakologickými a výživovými vlastnosťami. Využíva sa ako antikarcinogénne činidlo a tiež má čoraz väčšie zastúpenie v terapeuticknej liečbe pri cukrovke (Gad 2014). Assem & Oskarsson (2015) dopĺňajú, že sa využíva v stavebníctve, doprave a energetických sektoroch. Upresňuje, že oxid vanadičný a metavanády sa využívajú v anorganickom a organickom chemickom priemysle (napr. kyselina sírová a výroba plastov) a tiež našiel využitie v skle a v batériách. Zvyšujúcu sa koncentráciu vanádu v ovzduší je možno odôvodniť zvyšujúcim sa množstvom motorových vozidiel (Gad 2014).

Toxicita vanádu sa zvyšuje zároveň s jeho valenčným stavom. Jeho výpary sú pre človeka toxickéjšie ako jeho prach. Pri inhalácii vanádu dochádza k podráždeniu pľúc, objavuje sa kašeľ, sipot, bolesť na hrudníku, krvácanie z nosa či ochorenia podobné astme, tiež podráždenie očí a kovová príchuť v ústach. Pri orálnej expozícii sa môžu vyskytnúť brušné

ťažkosti, krče, hnačky, čierna stolica a zeleno-čierny povlak na jazyku. Pri kontakte s pokožkou môže mať za následok alergickú dermatitídu, kožné lézie a zelené sfarbenie kože. Assem & Oskarsson (2015) ale uvádzajú, že koža sa považuje za len omezenú cestu absorpcie vanádu u ľudí. Smrteľná dávka vanádu môže spôsobiť zrušenie nervového systému (Gad 2014).

3.1.14 Zinok

Zinok, spoločne s meďou tvorí najznámejšiu zliatinu mosadz. Zároveň patrí medzi najviac využívané kovy. Čistý zinok bol izolovaný v 13. Storočí v Indii a až v 18. Storočí v Európe.

Je to strieborný, lesklý a mäkký kov. Pri laboratórnej teplote je krehký, pri teplote 150° kujný a ťažný. Pri teplote nad 200° sa stáva krehkým, až ho možno pomlieť na prášok. Vo voľnej prírode sa vyskytuje v sulfidových rudách, v mineráloch ako sfalerit, smithsonit a hemimorfit. Jeho výroba spočíva v pražení sfaleritu a následnou redukciou oxidu zinočnatého koksom (<http://e-chembook.eu/zinek-kadmium-a-rtut>). Do ovzdušia, pôdy a vody sa dostáva predovšetkým antropogénnou činnosťou. Hlavne ťažobnou činnosťou, rafináciou zinku a olova, spaľovaním uhlia a odpadov.

Viac ako polovica svetovej produkcie zinku je určená na pozinkovanie plechov a drôtov na laná. Je súčasťou významných zliatin, ako už spomenutej mosadze a zliatiny s meďou a striebrom. Veľké množstvo zinku je smerované k výrobe suchých článkov (Stehlík 2005). Je to biogénny prvok, radený medzi esenciálne stopové prvky. Znamená to, že musí byť prijímaný stravou, nakoľko si ho organizmus nedokáže vytvoriť.

3.2 Severočeská uhoľná panva

Jej súčasťou je geomorfologická oblasť v severozápadných Čechách, podkrušnohorská sústava. Jej dĺžka je približne 175 km a tiahne sa od Chebu až k České Lípě a je rozdelená do dvoch častí: Chebskou a Sokolovskou pánev, Mosteckou a Žatecká pánev. Tieto časti predeľuje pohorie Doupovských hor. Oblasť je silno zasiahnutá ťažbou uhlia najmä v panvách Podkrušnohorkej oblasti. Ťažba štrku, piesku, ílu či iných nerastných surovín, tieto plochy tvoria cca 30 % pozemkov v katastri nehnuteľností. Ťažba nerastných surovín má zároveň aj vplyv na zalesnenie oblasti, ktorá je pomerne nízka. V súčasnosti je snaha zahľadiť nežiadúce produkty antropogénnych zásahov do krajiny rekultiváciou. Výsypky spravidla osádzajú lesnými drevinami a povrchové doly sa zaplavujú vodou. Pomerne rovinatý reliéf a dobré podmienky v Podkrušnohorskej oblasti sú poľnohospodársky využívané, orná pôda pokrýva cca 40% plochy oblasti.

Vlastníkom lesných pozemkov v Podkrušnohorskej oblasti je najmä štát, ktorý hospodári na 62% rozlohy lesa v rámci Prírodných lesných oblastí. Naproti tomu, v oblastiach povrchovej ťažby uhlia, najmä v Sokolovskej a Mostevskej panve, patria k vlastníkom lesov právnické osoby ťažobných spoločností.

V západnej časti oblasti pozdĺž zlomových línií vyvierajú minerálne pramene známe ako Františkové Lázně či Karlovy Vary. Vďaka ťažbe uhlia, kúpeľom a priemyslu je oblasť pomerne husto osídlená najmä v panvách (Ústav pro hospodársku úpravu lesu Brandýs nad Labem 2020).

3.2.1 Sokolovská panva

Okres Sokolov je súčasťou Karlovarského kraja. S rozlohou 754 m² patrí medzi najmenšie okresy v kraji a tvorí celkom 22,75% územia kraja. Okres má prevažne členitý terén s vysokým zastúpením trvalých trávnatých porastov a nepoľnohospodárskej pôdy. Oblasti s rozsiahlymi plochami po ťažobnej činnosti a výsypky sa snažia postupne rekultivovať (Karlovarský kraj 2012). Súčasťou okresu je aj chránená krajinná oblasť Slavkovský les v južnej časti okresu, ktorý v minulosti slúžil ako vojenský priestor. V súčasnej dobe, podľa Českého štatistického úradu, ešte nie je plne dobudovaný pre poľnohospodársku a lesnú činnosť. Na severnej strane okresu ja zalesnená oblasť Krušnohoria, ktorá je tiež riedko osídlená.

Okres Sokolov v porovnaní s ostatnými okresmi v kraji, je známy svojím priemyselným zameraním. Sústreďuje sa najmä na ťažbu hnedého uhlia, strojársky a chemický priemysel, výrobu energií. Rozsiahla ťažobná činnosť v okrese zaberá veľké časti územia. Kvôli rozsiahlej ťažobnej činnosti, pôdny fond nie je vhodný na poľnohospodársku činnosť a teda poľnohospodárstvo tu rozvinuté nie je. Rozsiahla ťažobná činnosť je sústredená medzi Krušnými horami a Sokolovským lesom, zároveň je to aj najhustejšie obývaná oblasť z celého okresu.

Sokolovská panva patrí do klimaticky mierne teplej oblasti. Český štatistický úrad uvádza, že životné prostredie ja v Sokolove najhoršie z kraja. Na kvalitu životného prostredia má negatívny dopad predovšetkým ťažobná činnosť, spracovanie hnedého uhlia a priemyselná výroba. Toxické látky sa dostávajú do ovzdušia mnohokrát prekračujúce hranicu prípustnej koncentrácie. Český štatistický úrad uvádza, že v rámci Karlovarského kraja možno skonštatovať, že pokiaľ ide o znečistenie emisiami, najhoršie výsledky vykazuje práve okres Sokolov. Rozdiely boli predovšetkým zaznamenané u SO₂, menšie u NO_x, u oxidu uhoľnatého (CO) a uhl'ovodíkov (C_xH_y). V rámci celorepublikového porovnania sa okres Sokolov radí medzi prvých desať miest najviac znečistených tuhými látkami ako poletujúci prach a popolček. Karlovarský kraj (2012) uvádza, že kraj patrí medzi 4 najväčších producentov emisií. Zároveň zaostáva aj so spôsobom spracovania odpadu, ktorý sa netriedený ukladá na skládky a len 15% odpadu sa recykluje. Problém, ktorý tiež prispieva k emisiám je vyššia energetická náročnosť budov v kraji.

3.2.2 Mostecká panva

Okres Most, a teda Mostecká panva, je súčasťou Ústeckého kraja. V kraji je okres Most s rozlohou 467 m² druhým najmenším okresom a zaberá 8,7% výmery kraja a zároveň bol v

roku 2019 tretím najhustejším okresom v kraji. Územie okresu je z 35% zalesnené a teda je v kraji štvrtým najlesnatejším okresom. Zároveň má okres najmenší podiel poľnohospodárskej pôdy v kraji.

Veľká časť územia okresu je súčasťou Severočeské uhoľné panvy, ktorá je zdrojom kvalitného hnedého uhlia. Priemyselná a ťažobná činnosť značne poznačila prirodzený ráz krajiny a tiež mala/má nepriaznivý dopad na životné prostredie. Aj napriek tomu, že v posledných rokoch sa množstvo emisií darí znižovať, stále je táto oblasť vnímaná ako oblasť s najpoškodenejším životným prostredím. V posledných rokoch sa stáva vinárskou oblasťou. Vinná réva sa pestuje na zrekultivovaných pozemkoch po ťažbe hnedého uhlia.

Ústecký kraj, kam patrí Mostecká panva, sa radila ku koncu roku 2019 na štvrté miesto ako najzafundnenejšia oblasť. Zaujímavosťou je mladá populácia, priemerný vek je 42 rokov. Zároveň sa kraj radí na tretie najnižšie miesto v živo narodených detí na 1000 obyvateľov a s počtom potratov na 100 narodených detí, sa radí na prvé miesto v celočeskom porovnaní. Zároveň je tu vysoká úmrtnosť obyvateľstva až 11,2 úmrtí na 1000 obyvateľov (Český štatistický úrad 2019).

Významnými zamestnávateľmi Ústeckého kraja je Mostecká uhoľná spoločnosť, Severočeské doly, ktoré v súčasnosti realizujú ťažbu uhlia, Chemopetrol a Krajská zdravotní a.s.. Farský & Zahálka (2018) vo svojej publikácii zmieňujú, že pokiaľ budú rešpektované územné ekologické limity, lom ČSA (Mostecká uhoľná spoločnosť) ukončí ťažbu v roku 2017. Vokurka (2020) uvádza, že ťažba lomu sa postupne od roku 2015 utlmovala a v roku 2016 bola ukončená povrchová ťažba. Na jar roku 2021 by mala byť ukončená hlbinná ťažba lomu ČSA.

Kraj je zároveň súčasťou dôležitej dopravnej križovatky. Prechádza tadiaľ trasa E55 spájajúca sever a juh Európy, cez Krušné hory vedie diaľnica D8 s napojením na nemeckú diaľnicu A17. Významná je aj železničná trať vedúca zo Spolkovej republiky Nemecko do Prahy.

4 Materiál a metódy

Prachové častice, či prašný spád bol odoberaný v 30 dňových intervaloch od apríla 2017 do februára 2019. Vzorky boli odoberané z desiatich odberných miest. Miesta odberu vzoriek boli zvolené tak aby načrtli reálnu predstavu dosahu znečisťujúcich látok. Vzorky boli odoberané z bezprostrednej blízkosti ťažobných lomov a priemyslu, ale aj zo vzdialenejších sídiel.

4.1 Odber vzoriek

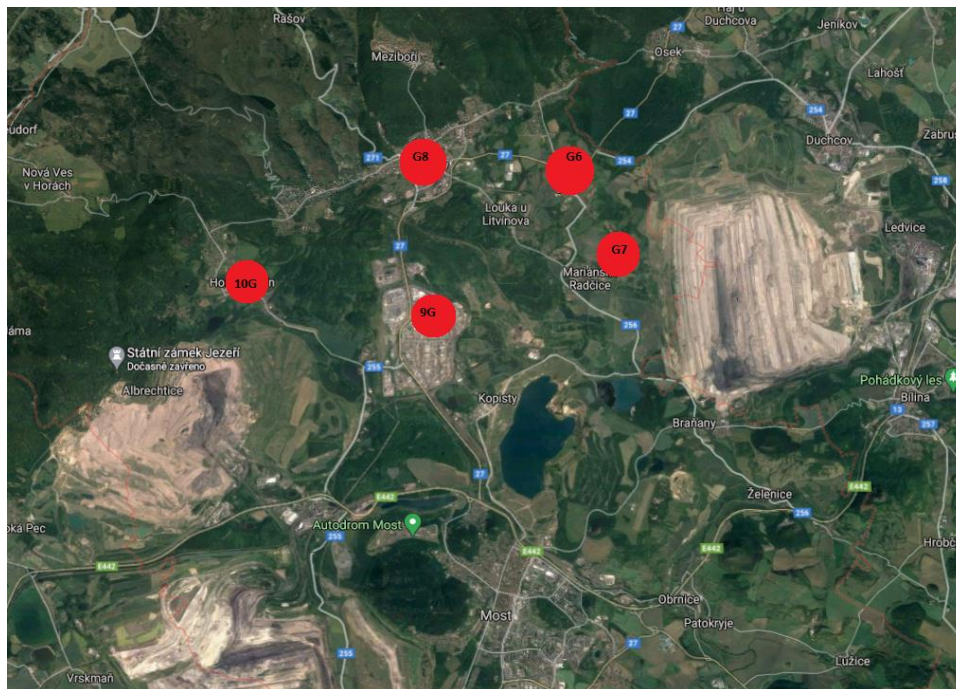
V oblasti pod Krušnými horami boli odoberané vzorky prašného spádu, presnejšie v okresoch Sokolovské a Mostecké panve. Vzorky sa odoberali na desiatich miestach v období od apríla 2017 do februára 2019. Jednotlivým miestam odberu je priradené označenie pre prehľadnejšie znázornenie interpretovaných výsledkov.



Obr. č. 1: Miesta merania 1G, 2G, 3G, 4G a 5G v okrese Sokolov

Merania vykonané v Sokolovskom okrese sú pre predstavu znázornené na Obr.č. 1. Na obrázku sú miesta merania označené: 1G, 2G, 3G, 4G a 5G. Miesto merania 1G je konkrétne križovatka ulíc Lúčni a Šlikova. Dáta boli zbierané na stĺpe osvetlenia č. 918. Zber dát na mieste označenom 2G bol na ulici Školní na stĺpe osvetlenia č. 278. V blízkosti lokality merania je umiestnená Základná škola Lomnice. Miesto merania označené 3G bolo merané pred detským ihriskom v Kráľovskom Poříčí na stĺpe osvetlenia

s ceduľou Hard-pipe. Miesto merania označené 4G sa nachádza v obci Vintířov a nachádzalo sa na stĺpe osvetlenia č. 58. Posledným miestom merania v okrese Sokolov bolo miesto označené 5G a umiestnené na stĺpe pri vrátnici do spoločnosti Sokolovská uhelná.



Obr. č. 2: Miesta merania 6G, 7G, 8G, 9G a 10G v okrese Most

Miesta odberu vzoriek v okrese Most sú znázornené na Obr. č. 1. Na Obr. č. 2 možno vidieť miesta merania označené: 6G, 7G, 8G, 9G a 10G. Meranie označené 6G bolo vykonané v obci Lom u Mostu na stĺpe LM 00073. Lokalita merania označená 7G bola umiestnená tiež v obci Lom u Mostu, ale presnejšie v oblasti Libkovic umiestnený pri Automatizovaný merací program CHLM Českého Hydrometeorologického ústavu. Meranie označené 8G bolo vykonané v meste Litvínov na námestí Míru. Dáta z miesta označeného 9G, konkrétne Janov pri pekárstve, boli tiež merané v meste Litvínov. Miesto merania 10G bolo lokalizované v na úpätí Krušných hôr, v Hornom Jiřetíně.

Odbery prашného spádu boli vykonávané podľa Nariadení vlády č. 350/2002 Sb., na základe ktorých sú stanovené podmienky, pozorovanie, hodnotenie, vyhodnotenie výsledkov a riadenie kvality ovzdušia. Odbery vzoriek a následné analýzy zabezpečovali pracovníci Zdravotního ústavu so sídlom v Ústí nad Labem. Na zachytávanie prашného aerosólu boli použité PVC nádoby s priemerom 90 mm, výškou 145 mm, tesnením a plechovými uzávermi. Nádoby o objeme 1 liter boli umiestnené na držiakoch, a boli upevnené na stĺpoch vo výške približne 2,5 - 3 m. Pre presnejšie výsledky sa na stĺp umiestnili vždy po 2 odberné nádoby z dôvodu vplyvu veterných podmienok. Upevnená nádoba bola naplnená zhruba 250 ml destilovanou vodou. V destilovanej vode bol primiešaný v množstve 25 ml propanol alebo izopropanol. Odkryté nádoby boli exponované vždy 30 dní. Obsah z nádoby sa následne preniesol do odparovacej misky, kde sa tekutina odparí a zväži sa hmotnosť sedimentu.

Z takejto vzorky bolo možné stanoviť hmotnosť sedimentu v každej nádobe zvlášť (Nařízení vlády č. 350/2002 Sb.).

Hodnota prašného spádu, vyjadrená v gramoch na meter štvorcový za 30 dní, sa vypočíta nasledujúco:

$$\text{Prašný spad} = \frac{382000 \times a}{d^2 \times e}$$

Kde a je hmotnosť zachyteného sedimentu v g;

e je dĺžka expozície v dňoch;

d je priemer sedimentačnej nádoby v cm;

382 000 je prepočtový koeficient, ktorý zohľadňuje rôzne vstupné parametre.

4.1.1 Príprava vzoriek

Pred vlastnou analýzou boli vzorky zachytených prachov najskôr rozložené mokrou cestou za zvýšeného tlaku v mikrovlnnom rozkladnom zariadení Ethos (Milestone, Nemecko) v zmesi kyselín ($\text{HNO}_3 + \text{HCl}$) a následne vhodne nariadené deionizovanou vodou. Koncentrácie prvkov boli merané na hmotnostnom spektrometri s indukčne viazanou plazmou (ICP – MS, Agilent 7700, Agilent, USA) s argonovou plazmovou hlavicou, iontovou optikou, koliznou reakčnou celou ORS 3 (3 rd generation Octopole Reaction System), hyperbolickým quadrupolom a elektrónovým multiplikátorovým detektorom. Pred vlastným meraním prebehlo ladenie prístroja (ladiaci roztok: Li, Co, Y, Ce, Tl). Behom merania bol pridávaný ku vzorku vnútorný štandard yttria, ytterbia a india o koncentrácií 20 $\mu\text{g/L}$ pre kontrolu stability signálu. Kontrolné štandardy boli premeriavané vždy po zmeraní dvanástich vzoriek.

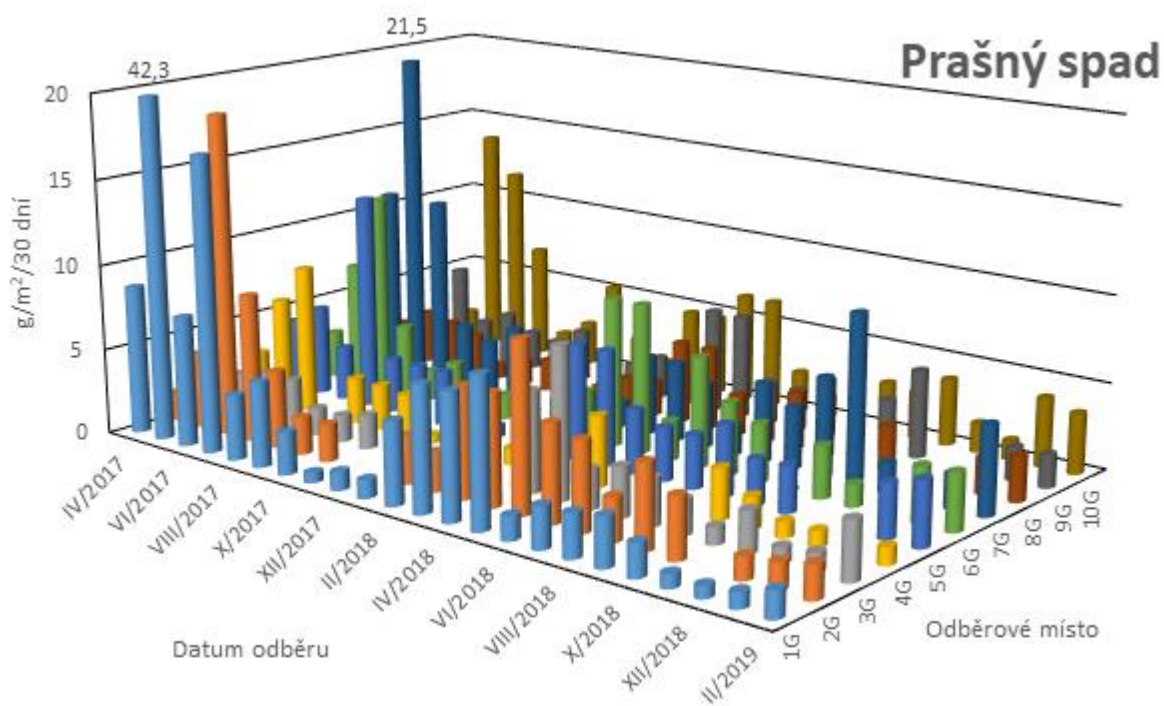
Výsledné hodnoty koncentrácií kovov stanovené v $\mu\text{g/L}$, boli následne prepočítané na $\text{mg/m}^2/30$ dní.

5 Výsledky

Jednotlivé vzorky ťažkých kovov z desiatich lokalít v okresoch Sokolov a Most, boli každý mesiac spracované a vážené v období od apríla 2017 do februára 2019. Odbery vzoriek boli vykonávané dlhodobo a systematicky, množstvo prašného spádu na jednotlivých odberových miestach zobrazuje Obr. č. 3. Následne bol porovnaný výskyt jednotlivých prvkov na daných lokalitách.

V nasledujúcich obrázkoch, znázorňujúcich grafy, možno vidieť výskyt jednotlivých prvkov na skúmaných lokalitách. Lokality 1G, 2G, 3G, 4G a 5G sa nachádzajú v Sokolovskej panve a lokality označené 6G, 7G, 8G, 9G a 10G patria do Mosteckej panvy. Podľa obrázka č. 1 a č. 2 možno vidieť približné rozmiestnenie zberných nádob.

Český hydrometeorologický ústav uvádza ročné imisné hodnoty prašného spádu a niektorých ťažkých kovov v jednotkách nanogram na meter kubický ($\text{ng}/\text{m}^3/\text{rok}$). Nazbierané a namerané hmotnosti jednotlivých prvkov v tejto práci sú v mesačných intervaloch v mg na meter štvorcový ($\text{mg}/\text{m}^2/30 \text{ dní}$).



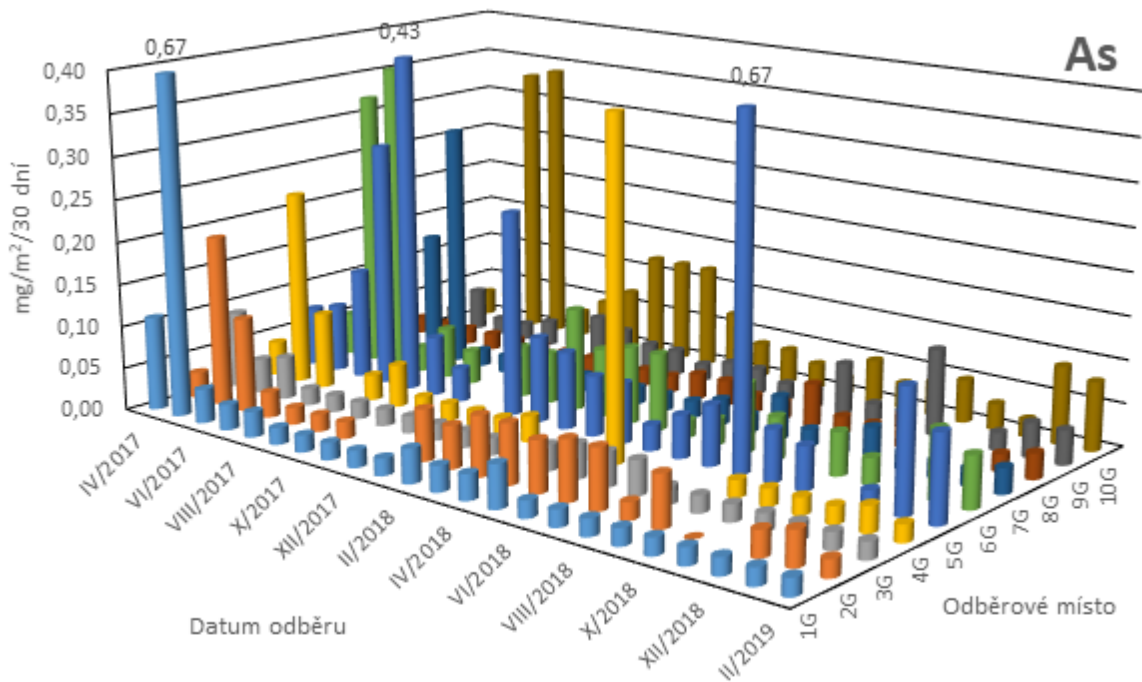
Obr. č. 3: Množstvo prašného spádu zhromaždeného v jednotlivých odberových intervaloch. Chýbajúce dáta sa objavujú v prípadoch, kedy boli v danom období odberové nádoby poškodené, alebo odcudzené.

5.1.1 Arzén

Obsahy As stanovené v prašnom spáde zachytáva Obr. č. 4. Pri porovnaní výskytu arzénu v prašnom spáde v sokolovskej oblasti (1G až 5G). V lokalite 1G, na križovatke ulíc Lúční a Šlikova, bolo namerané väčšie množstvo arzénu ($0,67 \text{ mg/m}^2/30 \text{ dní}$) v máji 2017. Zaujímavosťou je tiež namerané väčšie množstvo arzénu práve vo vzdialenejšej oblasti od lomu Jíří, presnejšie lokalita 5G (vrátnica spoločnosti Sokolovská uhelná). Výraznejšie množstvo arzénu bolo namerané v auguste 2017 ($0,43 \text{ mg/m}^2/30 \text{ dní}$) a v auguste 2018 ($0,67 \text{ mg/m}^2/30 \text{ dní}$). Pravdepodobne to je z dôsledku merania hodnôt blízko Smolnickej výsypky, ktorá sa rozkladá na rozlohe 616 ha. Na výsypke prebiehalo sypanie materiálu z neďalekého lomu Jíří a Družba. V lete, v roku 2019 bola činnosť výsypky ukončená a naplánované sú už len rekultivačné práce (Sokolovská uhelná 2019). Podiel na zvýšených hodnotách arzénu mala určite aj spoločnosť Sokolovská uhelná, ktorá bola v aktívnej prevádzke do leta 2020 a spracovávala hnedé uhlie na energetický plyn, či štiepila vedľajšie karbochemické produkty (pHmedia Czech Republic, s.r.o. 2020).

V oblasti okresu Most (6G až 10G) možno z Obr. č. 3 vyčítať zvýšené hodnoty arzénu prevažne v prvej polovici roku 2017. Zvýšený obsah rizikového prvku arzén ($0,37 \text{ mg/m}^2/30 \text{ dní}$) v júni 2017 bol nameraný v lokalite Lom u Mostu (6G), v lokalite Horní Jiřetín (10G) v júli 2017 bol nameraný obsah arzénu $0,34 \text{ mg/m}^2/30 \text{ dní}$. Lokalita merania (10G) je situovaná blízko lomu ČSA, kde sa na konci roku 2016 ukončila ťažba skrývky. Činnosť lomu ČSA sa postupne utlmuje z dôvodu stanovených ťažobných limitov, celkom by ťažba mala byť ukončená pravdepodobne v roku 2024. Blízko mesta Horní Jiřetín dochádza k zosuvu pôdy z dôsledku ťažby, zároveň mesto a jeho časť Černice sú atraktívnymi pre zásoby uhlia pod svojim územím. Sú ohrozené prípadným prelomením ťažobných limitov lomu ČSA, kedy by sa muselo obyvateľstvo oboch lokalít vysťahovať. V lokalite Lom u Mostu (7G) bol nameraný obsah arzénu vo výške $0,29 \text{ mg/m}^2/30 \text{ dní}$. Miesta merania 6G a 7G sa nachádzajú v blízkosti aktívneho povrchového lomu Bílina, kde bude ťažba prebiehať pravdepodobne podľa niektorých odhadov až do roku 2047. V blízkosti týchto lokalít merania (6G a 7G), sa tiež nachádza bývalé odkalisko Fučík a Duchcov, kde v polovici roku 2017 ukončila spoločnosť ČEZ, a.s. plavenie popolku a zahájila záverečné rekultivačné práce (Environmentální a ekologické služby s.r.o. 2018). Na mieste odkaliska sa buduje vodné dielo, ktoré bude verejnosti prístupné pravdepodobne v roku 2025. V Obr. č. 4, miesto merania Horní Jiřetín, vidieť zvýšený výskyt arzénu v letných mesiacoch 2017. Zaujímavé výsledky by mohli byť z merania v okolí lomu Bílina a radovesické výsypky a pokrokské výsypky lokalizované medzi obcami Bílina, Kostomlaty pod Milešovkou a Štěpánov, kde sú ukladané nadložné zeminy z lomu Bílina (Mach 2010).

Český hydrometeorologický ústav uvádza ročný imisný limit arzénu 6 ng/m^3 . Dodáva, že obsah arzénu má klesajúcu tendenciu a najviac zaťažený arzénom je okres Kladno a hl. m. Praha.

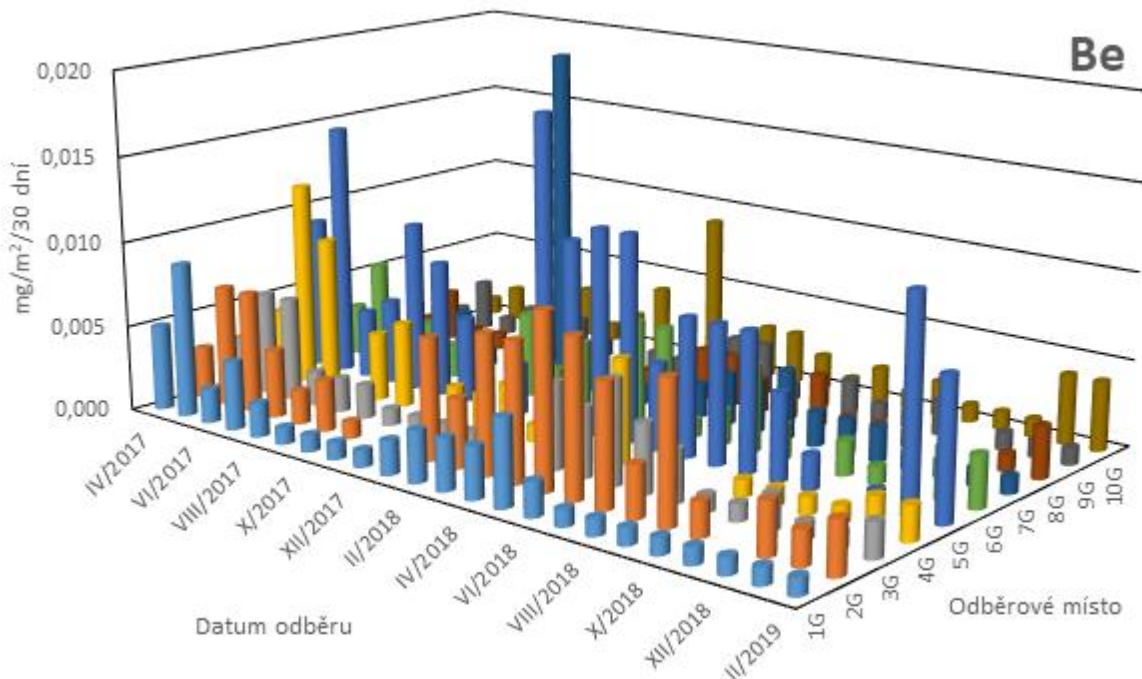


Obr. č. 4: Obsah arzenu stanovený v prašnom spáde nazhromaždenom v jednotlivých odberových intervaloch. Dáta pod mezou detekcie stanovene, boli nahradené hodnotou mezou detekcie (0,02 mg/m²/30 dní). Chýbajúce dáta sa objavujú v prípadoch, kedy boli v danom období odberové nádoby poškodené alebo odcudzené.

5.1.2 Berýlium

Obsahy berýlia stanovené v prašnom spáde zachytáva Obrázok č. 5. V Sokolovskom okrese boli vyššie hodnoty berýlia namerané v lokalite merania 2G (ulica Školná) a to vo výške 0,01 mg/m²/30 dní, v bezprostrednej vzdialenosti lomu Jíří. Zvýšený výskyt berýlia bol nameraný hlavne v blízkosti Smolnickej výsypky, v obci Vřesová (5G - vrátnica Sokolovskej uhelnej) vo výške 0,018 mg/m²/30 dní.

V Mosteckom okrese bolo berýlium namerané najmä v lokalitách 6G (Lom u Mostu) vo výške 0,006 mg/m²/30 dní a v lokalite 10G (Horní Jiřetín) vo výške 0,009 mg/m²/30 dní. V lokalite 7G (Lom u Mostu - Libkovice), bola v novembri 2017 nameraná výrazne vyššia hodnota berýlia (0,02 mg/m²/30 dní) v porovnaní s ostatnými lokalitami v okrese. Extrémne hodnoty, ktoré sa vyskytujú i u ďalších prvkov, sú dané heterogenitou materiálom. Materiál, zachytený na jednotlivých odberových miestach, spravidla nereprezentuje dlhodobú situáciu na danom mieste.



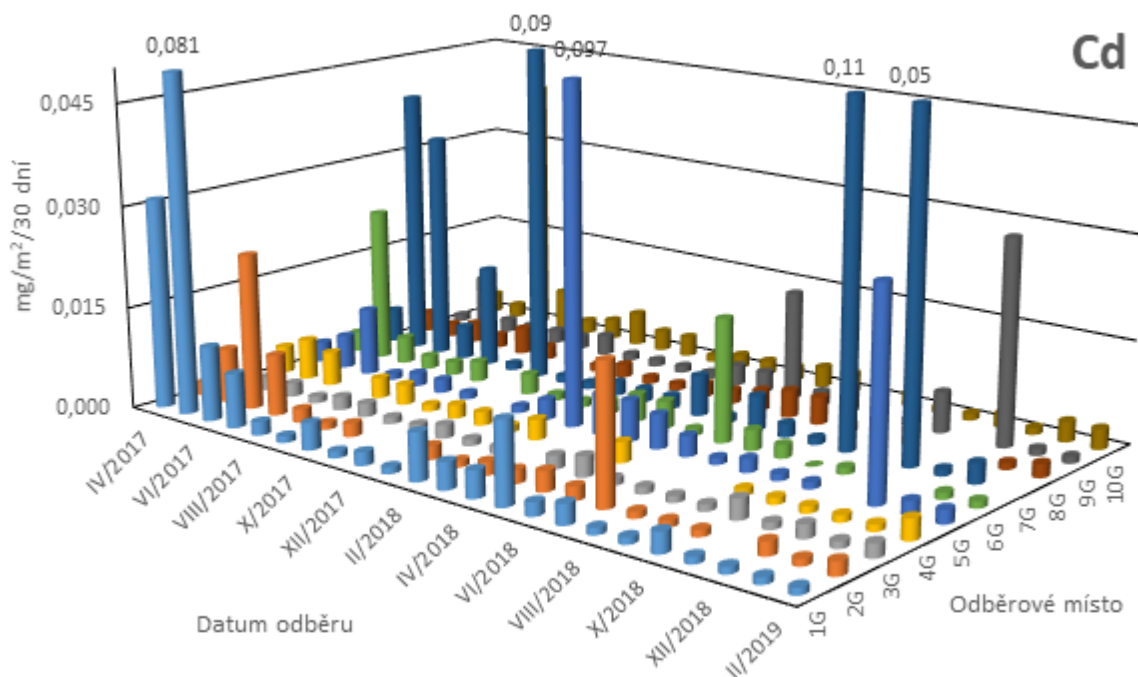
Obr. č. 5: Obsah berýlia v prašnom spáde nazhromaždenom v jednotlivých odberových intervaloch. Dáta pod mezou detekcie stanovenia boli nahradené hodnotou meze detekcie (0,001 mg/m²/30 dní).

5.1.3 Kadmium

Obsahy kadmia stanovené v prašnom spáde zachytáva Obr. č. 6. Kadmium sa v Sokolovskom okrese prejavil len na mieste merania 1G (ul. Luční a Šlikova) vo výške 0,081 mg/m²/30 dní), mierne v 2G (ul. Školní) vo výške 0,23 mg/m²/30 dní) a v lokalite 5G (Vřesová - vrátnica Sokolovské uhelné) hodnota kadmia (0,097 mg/m²/30 dní) vyskočila vo februári roku 2018. V Mosteckom okrese sa koncentrácia kadmia prejavila v lokalite 7G (Lom u Mostu - Libkovice), blízko aktívneho povrchového lomu Bílina vo výške 0,04 mg/m²/30 dní.

V Grafickej ročenke 2019 uvádza Český hydrometeorologický ústav, že ročný imisný limit kadmia nebol prekročený na žiadnej z meraných lokalít. Zároveň dodáva, že hodnoty kadmia sú dlhodobo podlimitné s výnimkou Jablonce nad Nisou. Tiež uvádza, že koncentrácia kadmia sa zvýšila na 13 staniách a znížila na 11 staniách z celkom 39 staníc, hodnoty na zvyšných staniách ostali nezmenené (ČHMÚ Informačný systém kvality ovzduší 2018).

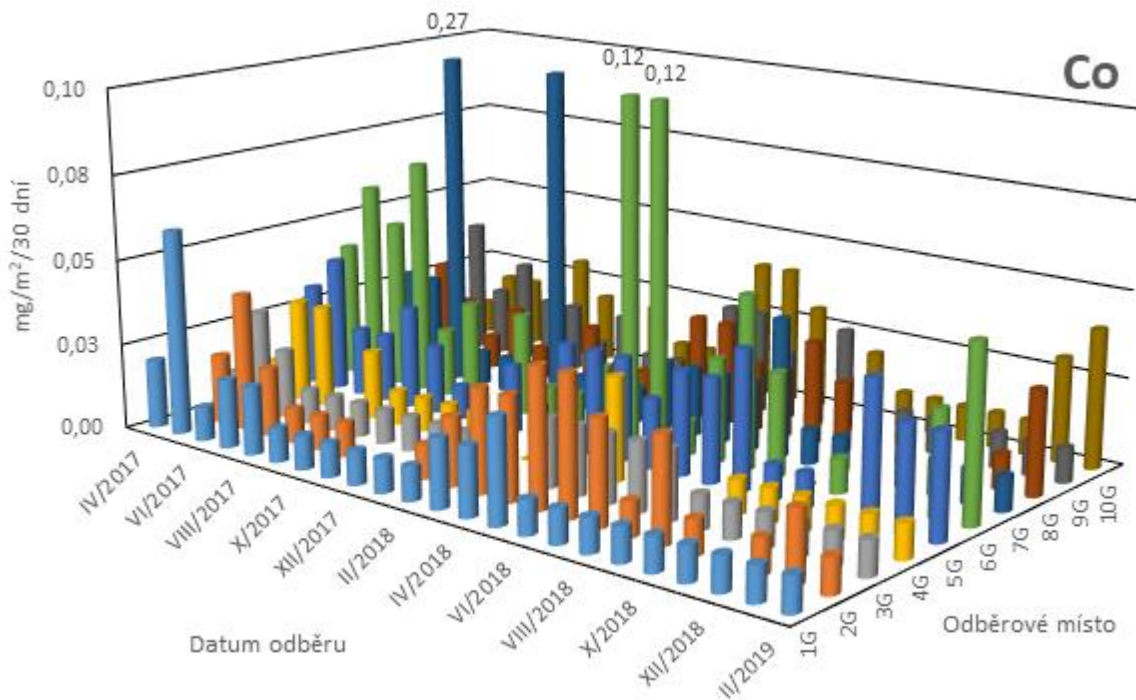
Český hydrometeorologický ústav uvádza ročný imisný limit kadmia 5 ng/m³. Najvyššie ročné koncentrácie boli namerané v oblasti Ostrava a Jablonec nad Nisou (v rozsahu 3 – 5 ng/m³). Najväčšími zdrojmi kadmia sú uvádzané odpadové kaly a banský priemysel.



Obr. č. 6: Obsah kadmia v prašnom spáde nazhromaždenom v jednotlivých odberových intervaloch. Dáta pod medzou detekcie stanovenia boli nahradené hodnotou medze detekcie (0,001 mg/m²/30 dní). Chýbajúce dáta sa objavujú v prípadoch, kedy boli v danom období odberové nádoby poškodené alebo odcudzené.

5.1.4 Kobalt

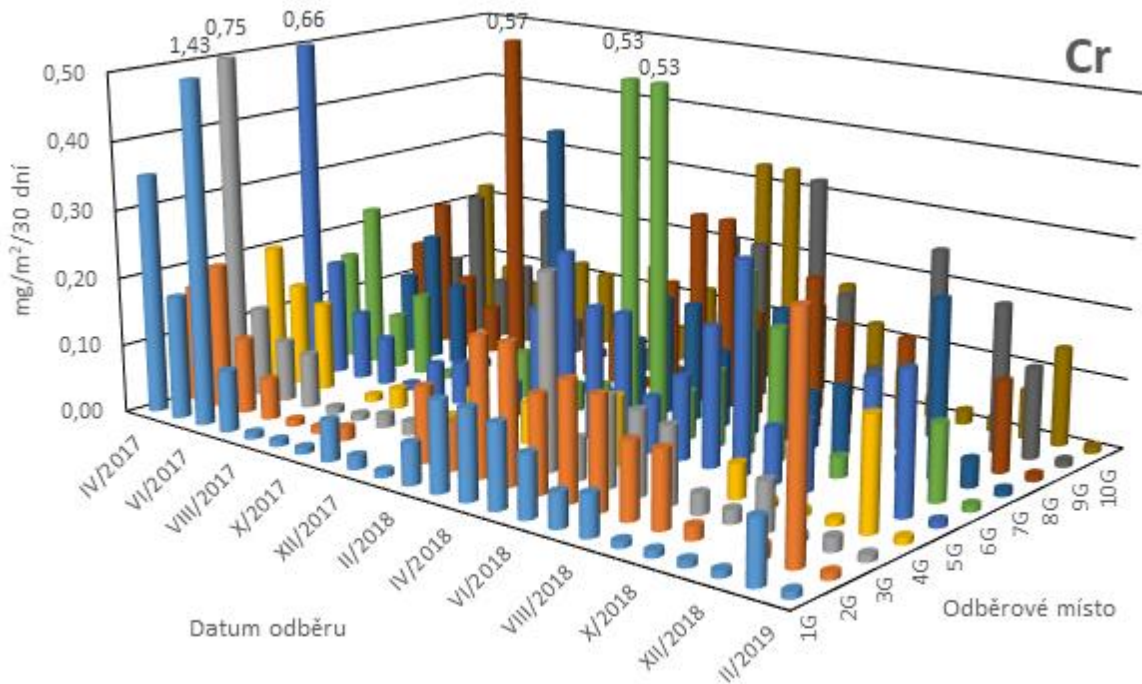
Obsah kobaltu zachyteného v prašnom spáde znázorňuje Obr. č. 7. Kobalt bol v Sokolovskom okrese nameraný v malých koncentráciách, tesne nad medzným limitom. V množstve 0,04 mg/m²/30 dní bol nameraný v lokalite 2G (ul. Školní) v a rovnako aj v lokalite 5G (Vřesová - vrátnica Sokolovské uhelné). V Mosteckom okrese bol výraznejšie nameraný práve v blízkosti lomu Bílina v lokalitách merania 6G (Lom u Mostu) vo výške 0,12 mg/m²/30 dní a 7G (Lom u Mostu - Libkovice) vo výške 0,27 mg/m²/30 dní.



Obr. č. 7: Obsah kobaltu v prašnom spáde nazhromaždenom v jednotlivých odberových intervaloch. Dáta pod medzou detekcie stanovenia boli nahradené hodnotou medze detekcie ($0,01 \text{ mg/m}^2/30 \text{ dní}$). Chýbajúce dáta sa objavujú v prípadoch, kedy boli v danom období odberové nádoby poškodené alebo odcudzené.

5.1.5 Chróm

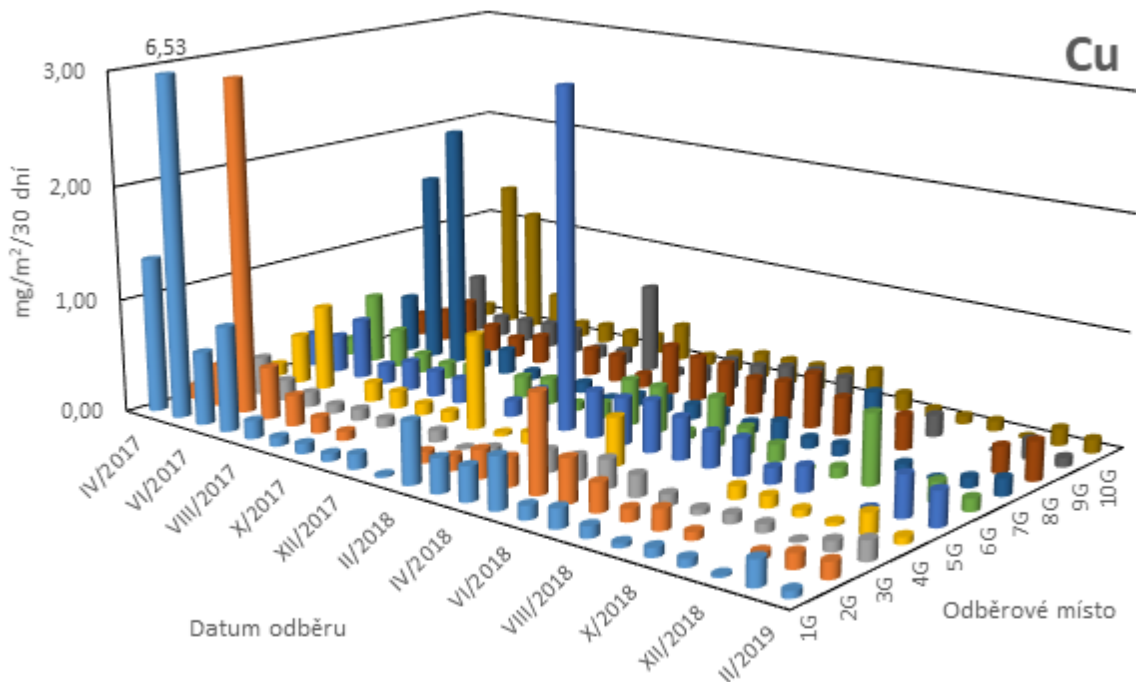
Obsah chrómu zachyteného v prašnom spáde znázorňuje Obr. č. 8. Hodnoty nameraného chrómu sa výraznejšie odrazili najmä na jar v roku 2017 a v lete 2018. V Sokolovskom okrese bol najvyšší obsah chrómu v prašnom spáde nameraný v lokalite 1G (ul. Luční a Šlikova) vo výške $1,43 \text{ mg/m}^2/30 \text{ dní}$. V lokalite merania 2G (ul Školní) bol nameraný chróm vo výške $0,75 \text{ mg/m}^2/30 \text{ dní}$ a v lokalite 5G (Vřesová - vrátnica Sokolovské uhelné) vo výške $0,66 \text{ mg/m}^2/30 \text{ dní}$. V Mosteckom okrese bol nameraný najvyšší obsah chrómu ($0,57 \text{ mg/m}^2/30 \text{ dní}$) v lokalite merania 8G (Litvínov). V množstve $0,53 \text{ mg/m}^2/30 \text{ dní}$ bol nameraný v lokalite 6G (Lom u Mostu).



Obr. č. 8: Obsah chrómu v prašnom spáde nazhromaždenom v jednotlivých odberových intervaloch. Dáta pod medzou detekcie stanovenia boli nahradené hodnotou medze detekcie (0,01 mg/m²/30 dní). Chýbajúce dáta sa objavujú v prípadoch, kedy boli v danom období odberové nádoby poškodené alebo odcudzené.

5.1.6 Meď

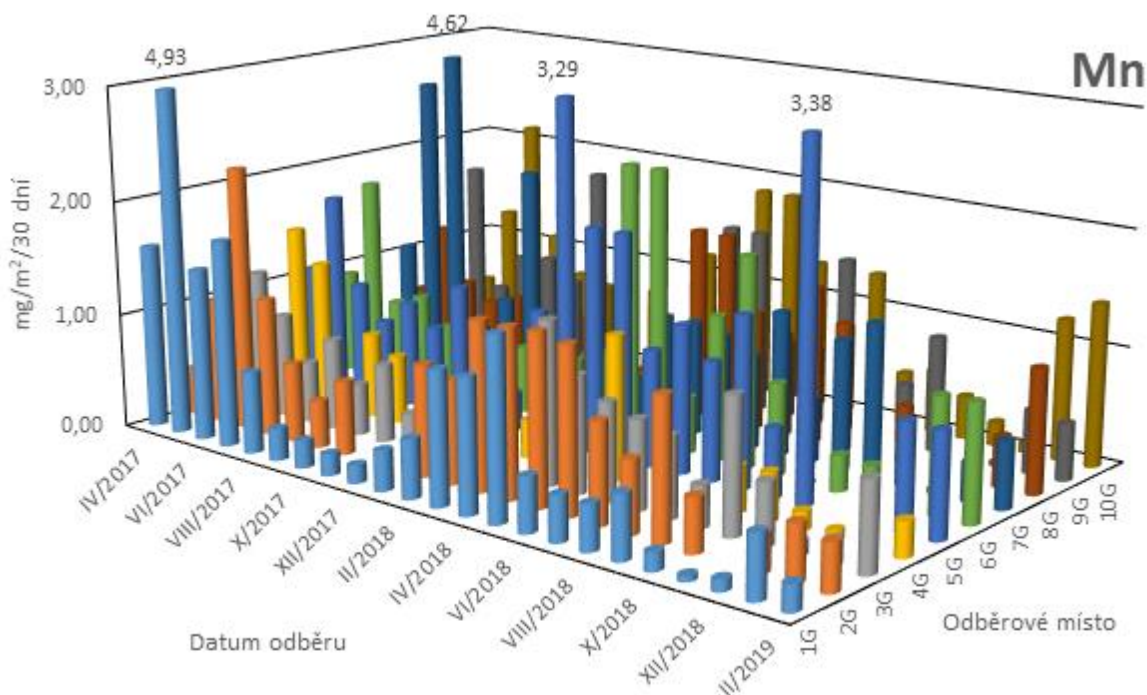
Obsahy medi stanovené v prašnom spáde zachytáva Obr. č. 9. Meď sa v Sokolovskom okrese výrazne prejavila v lokalite merania 1G (ul. Luční a Šlikova) v máji 2017 vo výške 6,53 mg/m²/30 dní, v júni 2017 v lokalite 2G (ul. Školní) vo výške 2,94 mg/m²/30 dní a v lokalite 5G (Vřesová - vrátnica Sokolovské uhelné) vo februári 2018 vo výške 2,97 mg/m²/30 dní. V Mosteckom okrese sa namerané hodnoty medi pohybovali zvyčajne tesne nad medzným limitom. Výraznejšie hodnoty boli namerané v roku 2017 v lokalite merania 7G (Lom u Mostu - Libkovice) vo výške 2,17 mg/m²/30 dní a v lokalite 10G (Horní Jiřetín) vo výške 1,33 mg/m²/30 dní.



Obr. č. 9: Obsah medi v prašnom spáde nazhromaždenom v jednotlivých odberových intervaloch. Dáta pod medzou detekcie stanovenia boli nahradené hodnotou medze detekcie (0,01 mg/m²/30 dní). Chýbajúce dáta sa objavujú v prípadoch, kedy boli v danom období odberové nádoby poškodené alebo odcudzené.

5.1.7 Mangán

Obsah mangánu zachyteného v prašnom spáde znázorňuje Obr. č. 10. V Sokolovskom okrese boli najvyššie hodnoty mangánu namerané v lokalite 1G (ul. Luční a Šlikova) vo výške 4,93 mg/m²/30 dní a v lokalite merania 5G (Vřesová - vrátnica Sokolovské uhelné) vo výške 3,38 mg/m²/30 dní. V Mosteckom okrese bol najväčší obsah mangánu nameraný v lokalite merania 7G (Lom u Mostu - Libkovice) vo výške 4,62 mg/m²/30 dní. Z Obr.č.10 si možno všimnúť, že namerané hodnoty dominovali prevažne v letných mesiacoch roku 2017 a približne od marca až do leta v roku 2018. Mangán je radený medzi 3 najčastejšie sa vyskytujúce kovy.

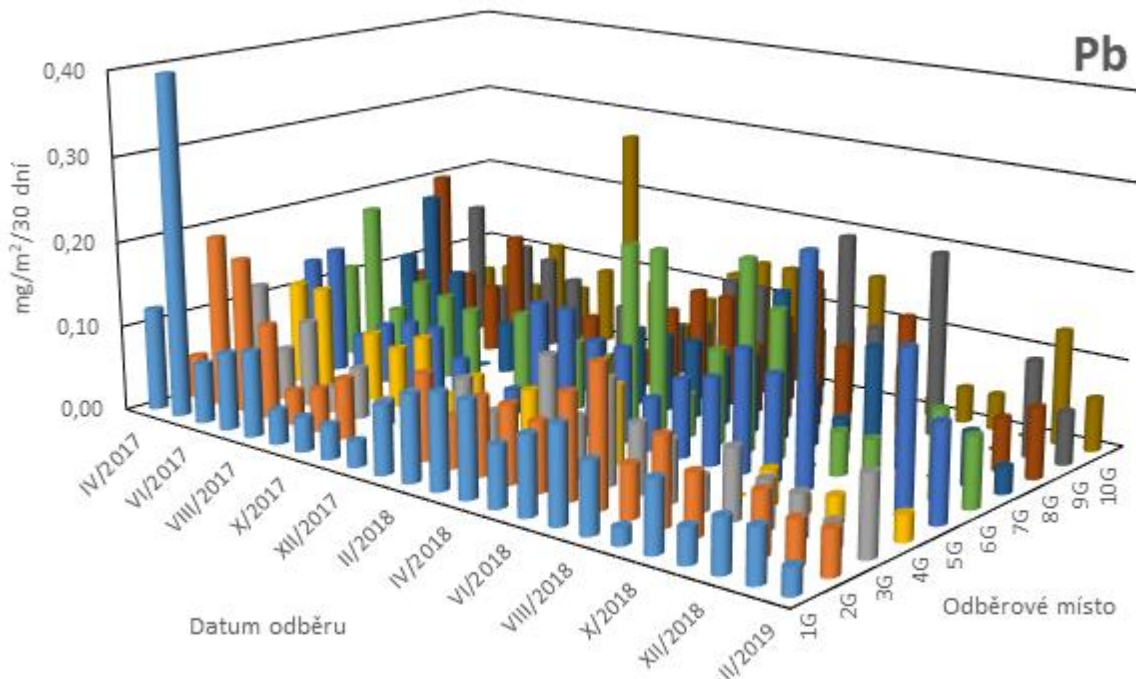


Obr. č. 10: Obsah mangánu v prašnom spáde nazhromaždenom v jednotlivých odberových intervaloch. Dáta pod medzou detekcie stanovenia boli nahradené hodnotou medze detekcie ($0,05 \text{ mg/m}^2/30 \text{ dní}$). Chýbajúce dáta sa objavujú v prípadoch, kedy boli v danom období odberové nádoby poškodené alebo odcudzené.

5.1.8 Olovo

Obsah olova zachyteného v prašnom spáde znázorňuje Obr. č. 11. V Sokolovskom okrese bolo nameraný najvyšší obsah olova v lokalite 1G (ul. Luční a Šlikova) vo výške $0,4 \text{ mg/m}^2/30 \text{ dní}$. V Mosteckom okrese bol najvyšší obsah olova nameraný v lokalite 10G (Horní Jiřetín) vo výške $0,27 \text{ mg/m}^2/30 \text{ dní}$.

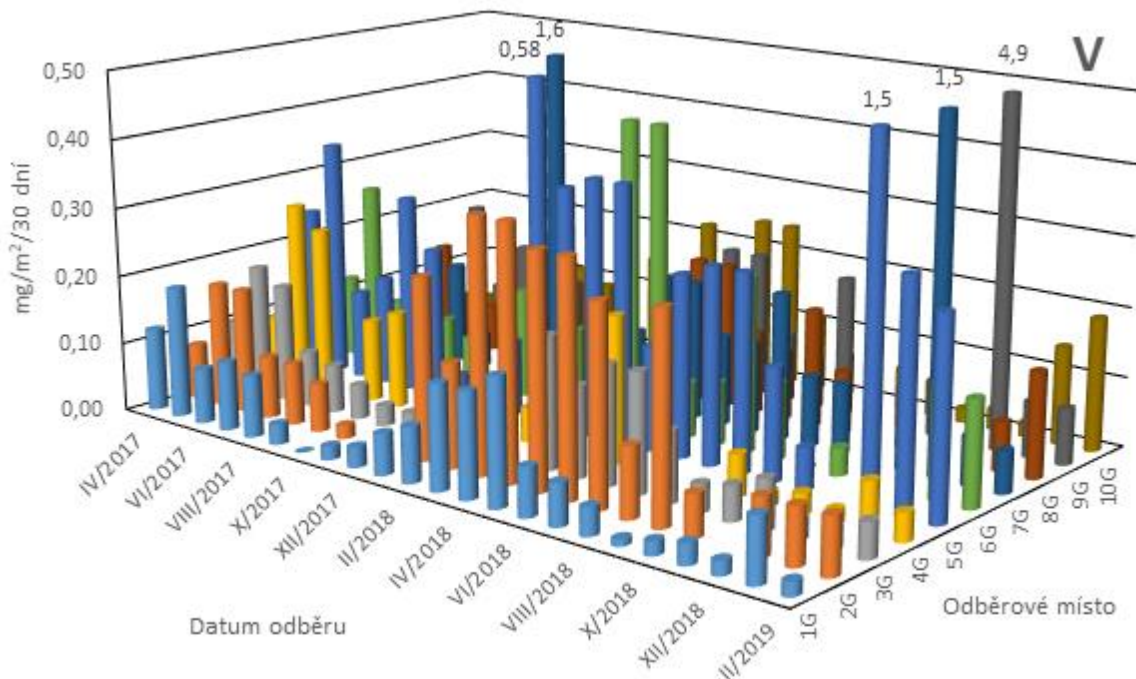
V Grafickej ročenke uvádza Český hydrometeorologický ústav ročný imisný limit olova 500 ng/m^3 . Dodáva, že na území ČR sú hodnoty olova nízke a priemerné ročné koncentrácie z roku 2018 na rok 2019 klesli na 37 staniciach.



Obr. č. 11: Obsah olova v prašnom spáde nazhromaždenom v jednotlivých odberových intervaloch. Dáta pod medzou detekcie stanovenia boli nahradené hodnotou medze detekcie ($0,02 \text{ mg/m}^2/30 \text{ dní}$). Chýbajúce dáta sa objavujú v prípadoch, kedy boli v danom období odberové nádoby poškodené alebo odcudzené.

5.1.9 Vanád

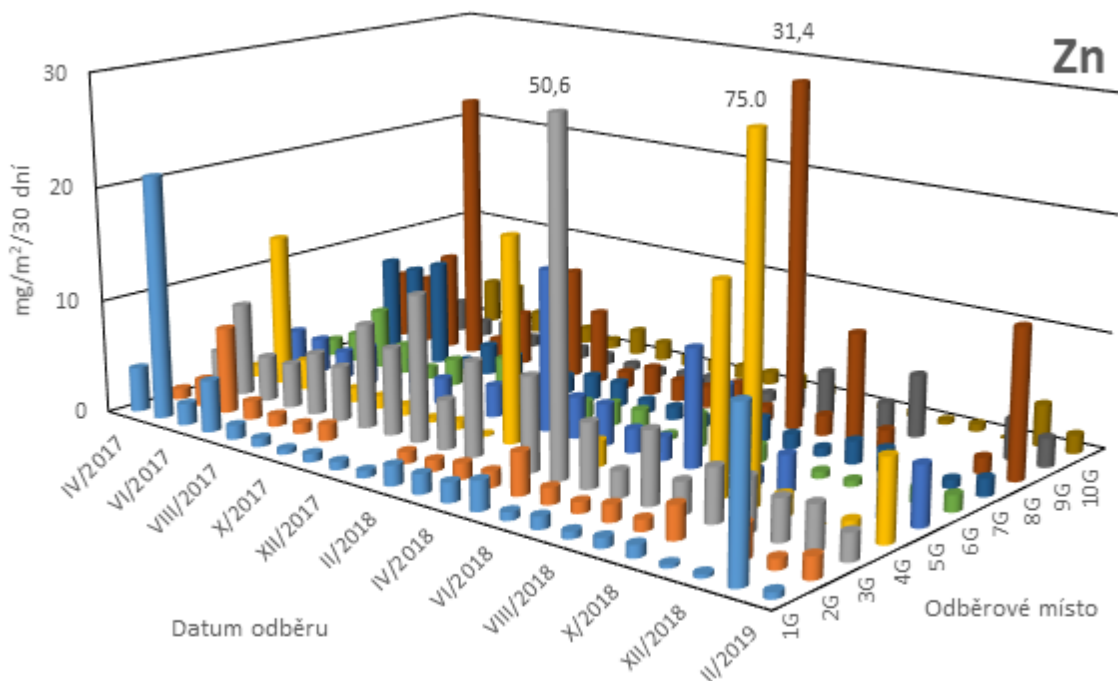
Obsah vanádu zachyteného v prašnom spáde znázorňuje Obr. č. 12. V Sokolovskom okrese boli výraznejšie namerané hodnoty vanádu v lokalite 2G (ul. Školní) vo výške $0,36 \text{ mg/m}^2/30 \text{ dní}$ a 5G (Vřesová - vrátnica Sokolovské uhelné) vo výške $0,58 \text{ mg/m}^2/30 \text{ dní}$. V Mosteckom okrese boli výraznejšie hodnoty vanádu namerané v lokalite merania 7G (Lom u Mostu - Libkovice) vo výške $1,6 \text{ mg/m}^2/30 \text{ dní}$ a v lokalite merania 9G (Litvínov) bol nameraný vanád vo výške $4,9 \text{ mg/m}^2/30 \text{ dní}$.



Obr. č. 12: Obsah vanádu v prašnom spáde nazhromaždenom v jednotlivých odberových intervaloch. Dáta pod medzou detekcie stanovenia boli nahradené hodnotou medze detekcie (0,01 mg/m²/30 dní). Chýbajúce dáta sa objavujú v prípadoch, kedy boli v danom období odberové nádoby poškodené alebo odcudzené.

5.1.10 Zinok

Obsah zinku zachyteného v prašnom spáde zachytáva Obr. č. 13. V Sokolovskom okrese bolo namerané najvyššie množstvo zinku v lokalite 3G (Kráľovské Poříčí) vo výške 50,6 mg/m²/30 dní a v lokalite 4G (Vintířov) vo výške 75,0 mg/m²/30 dní. V Mosteckom okrese bolo najvyššie množstvo namerané v lokalite merania 8G (Litvínov) vo výške 31,4 mg/m²/30 dní.



Obr. č. 13: Obsah zinku v prašnom spáde nazhromaždenom v jednotlivých odberových intervaloch. Dáta pod medzou detekcie stanovenia boli nahradené hodnotou medze detekcie ($0,02 \text{ mg}/\text{m}^2/30 \text{ dní}$). Chýbajúce dáta sa objavujú v prípadoch, kedy boli v danom období odberové nádoby poškodené alebo odcudzené.

5.1.11 Nikel, antimón, selén, cín

Obsahy týchto prvkov boli vo viac než 80% prípadov pod medzou detekcie stanovenia s občasným výskytom extrémnych hodnôt, ktoré nereprezentujú dlhodobý stav. Medze detekcie stanovenia pre jednotlivé prvky boli: $0,02 \text{ mg}/\text{m}^2/30 \text{ dní}$ pre antimón a selén, $0,05 \text{ mg}/\text{m}^2/30 \text{ dní}$ pre cín a $0,2 \text{ mg}/\text{m}^2/30 \text{ dní}$ pre nikel. Grafické zobrazenie u týchto prvkov stráca zmysel a sú teda hodnotené slovné.

Nikel sa v Sokolovskom okrese namerál len v lokalitách 1G, 2G a 4G. V Mosteckom okrese mierne v každej lokalite okrem 6G, kde prístroj hodnoty niklu nezaznamenal. Český hydrometeorologický ústav uvádza ročný imisný limit niklu $20 \text{ ng}/\text{m}^3$. Zároveň dodáva, že koncentrácie niklu sú na území ČR veľmi nízke a nedosahujú ani do polovice imisného limitu. Dokonca z roku 2018 na rok 2019 došlo k poklesu nameranej hodnoty niklu na 82 stanicích (Český hydrometeorologický ústav 2019).

Antimón sa v Sokolovskom okrese skoro vôbec neprejavil. Spravidla boli namerané hodnoty približne na úrovni medzného limitu. V Mosteckom okrese boli namerané hodnoty antimónu jedine v lokalite merania 8G (Litvínov) vo výške $0,04 \text{ mg}/\text{m}^2/30 \text{ dní}$ a v lokalite 9G (Litvínov) vo výške $0,03 \text{ mg}/\text{m}^2/30 \text{ dní}$.

Selén bol v Sokolovskom okrese nameraný v 1G (ul Luční a Šlikova) vo výške $0,14 \text{ mg}/\text{m}^2/30 \text{ dní}$. V Mosteckom okrese bol nameraný maximálny obsah selánu v lokalite merania

6G (Lom u Mostu) vo výške 0,05 mg/m²/30 dní. Ťažba uhlia je hlavným zdrojom selénu, ktorý sa vďaka prírodným živlom transformuje na rôzne druhy, oxiduje, rozpúšťa či suspenduje.

Cín bol v Sokolovskom okrese nameraný v lokalite 1G (ul. Luční a Šlikova) vo výške 0,24 mg/m²/30 dní. V Mosteckom okrese bol nameraný v 6G (Lom u Mostu) vo výške 0,29 mg/m²/30 dní a v lokalite merania 10G (Horný Jiřetín) vo výške 0,35 mg/m²/30 dní. V oblasti Krušných hôr sú významné miesta známe ťažbou cínu.

5.2 Prašný spád verzus pôda

V tejto časti práce sú získané namerané výsledky porovnané s obsahom sledovaných prvkov v pôdach. Informácie k obsahom prvkov v pôdach sme čerpali z Diplomovej práce Barbory Hanouskovej (Hanousková 2019), ktorá odoberala vzorky pôdy v blízkej vzdialenosti odberových miest Mosteckého okresu. Informácie o obsahoch rizikových prvkov boli čerpané z lokalít merania: 6G (Lom u Mostu), 7G (Lom u Mostu – Libkovice), 8G (Litvínov), 9G (Litvínov) a 10G (Horní Jiřetín). Množstvá antimónu, selénu a cínu nie sú v Tab. č. 1 zanesené, nakoľko väčšina hodnôt bola pod medzou detekcie stanovenia a tie, ktoré bolo možné stanoviť, obsahovali veľmi malé množstvo týchto prvkov. Zároveň v Tab. č. 1 chýbajú hodnoty niklu v prašnom spáde, ktoré podobne ako hodnoty antimónu, selénu a cínu boli pod medzou detekcie stanovenia.

Aby bolo možné porovnať namerané hodnoty z ovzdušia s hodnotami z pôdy, bolo potrebné hodnoty prašného spadu prepočítať na rovnaké jednotky. Do hodnotenia boli zahrnuté všetky výsledky nad medzou detekcie stanovenia bez ohľadu na dátum odberu.

Obsahy sledovaných prvkov v prašnom spáde a v pôde, podľa Barbory Hanouskovej (Hanousková 2019) sú zhrnuté v Tab. č.1.

	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Pôda (Hanousková 2019)										
Minimum	20,8	1,27	0,325	6,47	35,6	16,2	14,3	24,6	49,6	86,2
Maximum	48,3	1,95	0,563	11,3	41,6	93,5	26,6	45,6	62,7	168
Medián	39,6	1,64	0,353	10,5	39,6	23,9	22,1	42,5	55,4	112
Prašný spád (táto práca)										
Minimum	2,04	0,087	0,102	1,02	0,98	1,02	*	2,50	6,09	0,46
Maximum	150	5,00	6,67	23,6	633	575	*	167	111	31,4
Medián	10,3	0,541	0,690	5,26	33,8	60,3	*	27,8	36,4	1,24

Tab. č. 1: Porovnanie koncentrácií prvkov v pôde a v prašnom spáde na odberových miestach z oblasti Mostecka

*dáta bola prevažne pod medzou detekcie stanovenia

Najvyšší obsah **arzénu** v prašnom bol nameraný v množstve 150 mg/kg a v pôde 48,3 mg/kg. Obe maximálne hodnoty arzénu boli namerané v lokalite Lom u Mostu (6G). Najnižší obsah arzénu bol nameraný v prašnom spáde v Litvínove (9G) a v pôde v lokalite Lom u Mostu – Libkovice (7G). Najvyšší obsah **berýlia** v prašnom spáde aj v pôde, bol nameraný, ako aj prvok arzén, v lokalite Lom u Mostu (6G). Najvyššia hodnota **kadmia** bola nameraná v prašnom spáde v lokalite Litvínov, pri pekárni. V pôde bol najvyšší obsah kadmia nameraný v lokalite Lom u Mostu . Najvyšší obsah **kobaltu** v prašnom spáde a zároveň ajv pôde, bol nameraný v lokalite Lom u Mostu – Libkovice (7G) . Maximálny obsah **chrómu** v prašnom spáde bol nameraný v Litvínove (8G) a v pôde bola maximálna hodnota chrómu nameraná v Libkovicách pri pekárni (9G). Najvyššia hodnota **medi** v prašnom spáde a ajv pôde, bola nameraná v lokalite Lom u Mostu (6G). Hodnoty **niklu** boli v prípade analýzy prašného spádu z 80% pod medzou detekcie stanovenia, teda pod 0.2 mg/m²/30 dní. Maximálne množstvo niklu v pôde bolo namerané v lokalite Lom u Mostu – Libkovice (7G). Najvyšší obsah **olova** v prašnom spáde bol nameraný v lokalite Litvínov (8G) vo výške 167 mg/kg. a v pôde bol najvyšší obsah nameraný v Lom u Mostu (6G). Maximálny obsah vanádu v prašnom spáde a aj v pôde, bol nameraný v lokalite Litvínov (8G). Najvyšší obsah **zinku** v prašnom spáde bol nameraný v lokalite Litvínov (8G). V pôde bol najvyšší obsah zinku nameraný v lokalite Lom u Mostu (6G).

Z mediánov nameraných hodnôt je vidieť, že obsahy prvkov v pôde a prašnom spáde sú vo väčšine prípadov veľmi podobné, čo naznačuje, že významnou zložkou prašného spádu budú pravdepodobne drobné pôdne častice. Z čoho možno usúdiť, že rozhodujúcim zdrojom zaťaženia jednotlivých lokalít prachom bude frekvencia dopravy v danej lokalite. V prípade zinku boli obsahy tohto prvku v prachu vo všetkých prípadoch nižšie než v pôde, u ostatných prvkov zas maximálne hodnoty, ktoré sa vyskytovali v ojedinelých prípadoch obsahy prvkov v pôde významne prevyšujú. Zdá sa teda, že prašný spád nie je významným dlhodobým zdrojom kontaminácie pôdy, ale výskyt zvýšených hodnôt naznačuje, že prípadný vplyv prašného spádu na kontamináciu pôdy by mal byť pravidelne monitorovaný.

6 Diskusia

Hlavným poslaním tejto diplomovej práce je vyhodnotenie výskytu rizikových prvkov v sedimentujúcom prachu v oblastiach zaťažených ťažbou hnedého uhlia. Následne overiť základnú hypotézu tejto práce: popísať súvislosť medzi mierou kontaminácie ovzdušia a pôdy.

Imisné limity a maximálne obsahy vybraných rizikových prvkov v ovzduší sú stanovené podľa zákona o ochrane ovzdušia 201/2012 Sb. v aktuálnom znení a vyhláškou o spôsobe posudzovania a vyhodnotenia úrovne znečistenia, rozsahu informovania verejnosti o úrovni znečistenia a pri smogových situáciách 330/2012 Sb. v aktuálnom znení vydanou Ministerstvom vnútra. Stanovené imisné limity u rizikových prvkov, po prekročení ktorých dochádza k ohrozeniu zdravia, vegetácie a ekosystémov, sú pre arzén $6 \text{ ng/m}^3/\text{rok}$, pre kadmium $5 \text{ ng/m}^3/\text{rok}$, pre nikel $20 \text{ ng/m}^3/\text{rok}$ a pre olovo $500 \text{ ng/m}^3/\text{rok}$. Zákon o imisných limitoch uvádza aj limit pre prachové častice vo veľkosti PM_{10} a to $40 \text{ } \mu\text{g/m}^3/\text{rok}$ a u $\text{PM}_{2,5}$ limit $20 \text{ } \mu\text{g/m}^3/\text{rok}$. Norma ale nestanovuje, aké riziko predstavujú prašné častice v prípade, že dopadnú na zemský povrch, teda napríklad na pôdu. My sme sa pokúsili porovnať obsahy prvkov v sedimentujúcom prachu a v pôde, aby sme aspoň približne odhadli, či prašný spád môže viesť k významnému navýšeniu obsahu sledovaných prvkov v pôde.

Maximálne obsahy rizikových prvkov v pôde sú stanovené vyhláškou č. 153/2016 Sb. o stanovení podrobností ochrany kvality poľnohospodárskej pôdy vydanou Ministerstvom životného prostredia. Indikačné hodnoty pôdy, po prekročení ktorých je ohrozená zdravotná nezávažnosť potravín, sú pre arzén 40 mg/kg , pre kadmium $2,0 \text{ mg/kg}$ u pôd bežných aj ľahkých, pre nikel 150 mg/kg , pre olovo 300 mg/kg pre zinok 400 mg/kg .

Imisné limity vybraných rizikových prvkov ako arzén, kadmium, nikel a olovo v prašnom spáde neboli prekročené ani v jednej lokalite merania. Pre ostatné sledované prvky nie sú v zákone o ochrane ovzdušia uvedené imisné limity. Na základe spracovaných údajov o rizikových prvkov v pôde, ktoré prezentovala Hanousková (2019), môžeme vyhodnotiť, že v Mosteckej oblasti boli v pôde prekročené indikačné hodnoty u prvku arzén ($48,3 \text{ mg/kg}$). Vácha et al. (2015) uvádzajú, že zvýšený obsah arzénu, prekračujúci indikačné limity, môže mať karcinogénny vplyv na ľudské zdravie. Dodávajú, že tieto zistenia sú zároveň podporené zdravotnými hodnoteniami v regióne (Zimová et al. 2001).

V Sokolovskej oblasti boli namerané maximálne hodnoty **arzénu** ($342,86 \text{ mg/kg}$) v prašnom spáde v lokalite merania 5G (vrátnica spoločnosti Sokolovská uhelná). Vzhľadom na zameranie spoločnosti, ktorá do roku 2020 spracovávala hnedé uhlie na energetický plyn, nie je zvýšená hodnota arzénu až tak prekvapujúca. Určite však k zvýšenej hodnote tohto prvku prispela aj neďaleká Smolnická výsypka, kam prebiehalo sypanie materiálu z neďalekých lomov. Hromady nespevneného, sypkého materiálu sa jednoducho vplyvom meteorologických prvkov dostávajú do ovzdušia, pôdy, podzemných vôd, ekosystémov a živých organizmov. Pravdepodobne aj to bude hlavnou príčinou kontaminácie pôdy arzénom v oblasti Krušných hôr ako uvádzajú Vácha et al. (2015). V Mosteckej oblasti, cieľovej porovnávacjej oblasti, boli namerané zvýšené hodnoty arzénu v prašnom spáde (150 mg/kg) a v pôde ($48,3 \text{ mg/kg}$), konkrétne z lokality merania Lom u Mostu (6G) za december 2017. Lokalita merania je situovaná blízko aktívneho povrchového lomu Bílina a bývalého odkališťa Fučík a Duchcov.

Zároveň treba brať v úvahu inverzný charakter počasia, ročné obdobie a teda aj spaľovanie fosílnych palív domácnosťami.

Najvyššie množstvo **berýlia** v prašnom spáde (5,00 mg/kg) ale aj v pôde (1,95 mg/kg) bolo namerané v lokalite Lom u Mostu (6G). Vzhľadom na to, že berýlium je dlhodobou súčasťou priemyslu a tiež súčasťou hnedého uhlia. Môžeme predpokladať, že jeho pôvod je najmä v rozvinutom energeticky náročnom priemysle, kde sa uhlie stalo podstatnou zložkou palivo energetickej základne (Český štatistický úrad 2021).

Maximálne namerané hodnoty **kadmia** v prašnom spáde boli namerané v oblasti Litvínov (9G) (6,67 mg/kg) a v pôde v lokalite Lom u Mostu – Libkovice (7G) (0,563 mg/kg). Zvýšené koncentrácie kadmia Dadová (2013) odôvodňuje ako vedľajší produkt spaľovania fosílnych palív, pohonných hmôt a olejov. Vácha et al. (2015) tiež zmieňujú, že pôvod kadmia súvisí s emisiami zo spaľovania uhlia a tiež z hutníctva. Zároveň však dodávajú, že pokiaľ namerané hodnoty kadmia v pôde neprekračujú indikačné limity, sú poľnohospodárske pôdy vhodné na rastlinnú výrobu. V prípade, že by hodnoty presahovali limity, navrhujú zatrávňovanie ornej pôdy, aby sa predišlo veternej erózií a tým kontaminácia okolitých pôd a aj ovzdušia. Tlustoň et al. (1998) zmieňuje, že koncentrácie sledovaných prvkov v rastlinách boli rozdielne v porovnaní s koncentraciami daných prvkov v pôde, preto obsah prvkov v rastlinách nereprezentuje obsah prvkov v pôde.

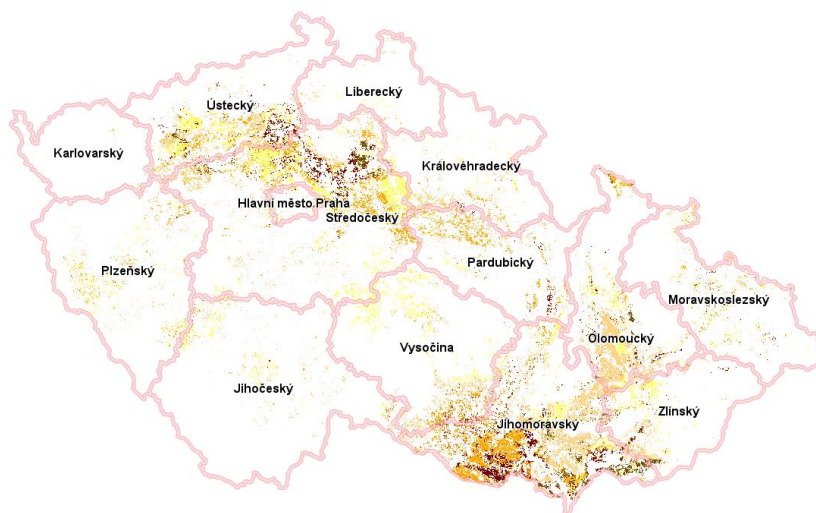
Maximálne namerané hodnoty **kobaltu** v prašnom spáde (23,6 mg/kg) a v pôde (11,3 mg/kg) boli namerané v lokalite Lom u Mostu – Libkovice (7G). Maximálna nameraná koncentrácia **chrómu** v prašnom spáde (633,0 mg/kg) a aj v pôde (41,6 mg/kg), bola v lokalite Litvínov (8G). Európska únia navrhla Limit expozície na pracovisku (OEL = Occupational exposure limit) pre chróm $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Maximálna prípustná koncentrácia chrómu v pôde je 200 mg/kg (mg/kg) podľa vyhlášky MŽP č. 13/1994 Sb, imisné limity v ovzduší zákon nestanovuje. Maximálna nameraná hodnota **medi** v prašnom spáde (575,0 mg/kg) a v pôde (93,5 mg/kg) bola nameraná v lokalite Lom u Mostu (6G). Najvyššia hodnota **olova** bola nameraná v prašnom spáde (167,0 mg/kg) v lokalite Litvínov (8G) a v pôde (45,6 mg/kg) v lokalite Lom u Mostu (6G). Najvyššia nameraná hodnota **vanádu** v prašnom spáde (111,0 mg/kg) a v pôde (62,7 mg/kg) bola namerná v lokalite Litvínov (8G). Najvyššia hodnota **zinku** bola nameraná v prašnom spáde (31,4 mg/kg) a v pôde (168,0 mg/kg) v lokalite Lom u Mostu (6G).

Výsledné hodnoty koncentrácií rizikových prvkov v prašnom spáde boli stanovené v $\mu\text{g}/\text{L}$ a následne boli prepočítané na $\text{mg}/\text{m}^2/30$ dní. Obsahy rizikových prvkov v pôde sú stanovené v mg/kg. Jedným z našich cieľov bolo porovnanie výskytu rizikových prvkov v prašnom spáde a v pôde, z toho dôvodu boli prepočítané koncentrácie rizikových prvkov v prašnom spáde na mg/kg, aby ich bolo možné vzájomne porovnať a vyhodnotiť. Český hydrometeorologický ústav uvádza ročné imisné hodnoty prašného spadu a niektorých ťažkých kovov, a to u olova, kadmia, arzenu a niklu v jednotkách $\text{ng}/\text{m}^3/\text{rok}$. U zvyšných sledovaných rizikových prvkov imisný limit stanovený nie je. Lokality merania v Sokolovskej a Mosteckej oblasti približne znázorňujú Obr. č. 1 a Obr. č. 2.

V Mosteckom okrese boli namerané maximálne množstvá rizikových prvkov ako arzenu (6G), berýlia (6G), kobaltu (7G), medi (6G) a zinku (6G) v prašnom spáde v lokalite Lom u Mostu. Podľa Hanouskovej (Hanousková 2019) v lokalite Lom u Mostu boli v pôde v najvyšších koncentráciách namerané rizikové prvky ako: arzén (6G), berýlium (6G), kadmium (7G), kobalt (7G), meď (6G), olovo (6G), zinok (6G). V prašnom spáde bolo maximálne

množstvo kadmia namerané v lokalite Litvínov (9G) a maximálne množstvo olova v lokalite Litvínov (8G). Najvyšší obsah chrómu v prašnom spáde aj v pôde bol nameraný v lokalite Litvínov (8G). Lokalita Lom u Mostu (6G) a Lom u Mostu – Libkovice (7G) je situovaná v tesnej blízkosti povrchového lomu Bílina. Lokalita Litvínov (8G), kde bolo namerané maximálne množstvo olova a chrómu v prašnom spáde, je umiestnená v blízkosti Chemparku Záluží, najväčšieho chemického areálu na území Českej republiky. Súčasťou areálu je 1150 budov, 110 km železníc, 39.5 km ciest, rozsiahla sieť potrubí pre dopravu technických plynov, odpadov a vody. Skupinu firiem sídliačich v areáli tvorí predovšetkým Česká rafinárska, ktorá ako jediná v Českej republike spracováva ropu a zároveň vyrába ropné produkty (ORLEN Unipetrol a.s 2021).

Zádrapová (2019) vo svojej záverečnej práci spomína, že na uhlie treba prihliadať ako na heterogénnu látku, ktorá obsahuje prímеси uvoľňujúce sa z uhlia. Zároveň pri ťažbe uhlia môže dôjsť k uvoľňovaniu prvkov z minerálov, ktoré sú zväčša lokalizované s ložiskami uhlia a tiež sú obvykle spoločne ťažené. Pri kontakte s atmosférickými podmienkami dochádza k ich zvetrávaniu a k následnej distribúcie rizikových prvkov do okolia. Janeček (2012) uvádza: „Rozhodujúci složkou větrné eroze je vítr, jeho unášecí síla je závislá na rychlosti větrného proudu, době trvání a četnosti i výskytu větrů. K pohybu půdních částic stačí někdy i malé rychlosti větru, ale nejsilnější erozní účinky nastávají při silných výsušných a dlouhotrvajících větrech na holých plochách. Z dalších klimatických činitelů jsou pro větrnou erozi významné srážky a teplota vzduchu.“ Zároveň doplní, že kľúčovú úlohu zohráva aj dĺžka erodovateľného územia, či ide o rovinatú alebo hornatú oblasť. Na Obr. č. 14 možno vidieť mapu Českej republiky a oblasti najviac zasiahnuté veternou eróziou.



Obr. č. 14: Oblasti v Českej republike zasiahnuté veternou eróziou

Vácha et al. (2015) uvádzajú, že na severnej Morave narastá znečistenie antropogénneho pôvodu a to najmä spaľovaním uhlia a hutníctvom. Zároveň dodáva, že bola rozbehnutá modernizácia, ktorá mala redukovať emisné výstupy. Modernizácia a technologická adaptácia elektrární spaľujúcich uhlie mala byť dokončená v roku 2020. Seshadri et al (2010) uvádzajú,

že priemyselne silné krajiny boli oslovené s investíciou do technológií čistého uhlia, ktoré by mohli zabezpečiť efektívne zachytávanie, likvidáciu a prospešné využitie produktov spaľovania.

Fröhlichová et al. (2018) upozorňujú na nárast rizikových prvkov v pôde z dopravy, najmä z diaľničnej a železničnej siete. Dodávajú, že Česká republika sa vyznačuje hustou železničnou sieťou a tiež, že doposiaľ sa v Českej republike neurobila žiadna kontrola pôdy v okolí železníc. Dodávajú, že priemyselná činnosť môže spôsobiť zvýšený obsah prvkov ako sú arzén, olovo, nikel a zinok v rekreačných zónach miest ako sú ihriská a parky.

Gaudry et al. (2008) sa zamerali na výskyt prašného spádu v 3 lokalitách, jednou z nich bolo mesto Saclay vo Francúzsku, kde monitorovali vplyv premávky na životné prostredie. Zbierali množstvo prašného spádu 100 m od diaľnice. Namerané hodnoty rizikových prvkov porovnávali s výsledkami, ktoré publikovali Harrison et al. (2003). Títo autori monitorovali rizikové prvky v Birminghame. Uvádzali, že koncentrácie prvkov Mn, Fe, Cu a Zn boli podobné.

Xia & Gao (2011) uvádzajú, že do 150 m od diaľnice ročné priemerné koncentrácie prvkov ako Al, Cr, Co, Cu, Fe a Pb so vzdialenosťou smerom od diaľnice klesali. Zatiaľ čo koncentrácie prvkov ako Co, Mn, Ni, Sb, Sc, V a Zn vykazovali opačný smer. Zároveň dodávajú, že v zime, na jar a v lete väčšina prvkov znižovala svoje koncentrácie, zatiaľ čo na jeseň ich zvyšovala. Uvádzajú, že všetky koncentrácie stopových prvkov boli vyššie vo všedné dni než cez víkendy, čím naznačujú dopad dopravy na znečistenie ovzdušia. Tiež uvádzajú rozdielne koncentrácie určitých prvkov v dennej či nočnej dobe, čo vysvetľujú nielen hustejšou premávkou ale aj vplyvom rýchlosti vetra, ktorý má vplyv na vyššie koncentrácie niektorých stopových prvkov. Zároveň dodávajú, že neboli významné rozdiely v koncentráciách prvkov v prašnom spáde PM_{2,5} v cieľovej vzdialenosti, čím naznačujú, že vplyvom meteorologických podmienok boli sledované prvky prenášané za diaľničné zóny a tým mali dopad na väčšiu plochu.

Zo získaných výsledkov možno usúdiť, že na koncentrácie rizikových prvkov v ovzduší má nemalý vplyv blízkosť povrchových lomov, výsypky a odkališťa. Zároveň však treba poznamenať, že výskyt ťažkých kovov a ostatných stopových prvkov v odľahlejších lokalitách merania, predpokladá vplyv meteorologických podmienok. Z čoho možno usúdiť, že súčasťou prašného spádu sú aj drobné pôdne častice a častice spôsobené cestnou premávkou, ktoré majú nemalý vplyv na životné prostredie.

7 Záver

Cieľom práce bolo analyzovať výsledky meraní prvkov v prašnom spáde. Monitoring rizikových prvkov bol vykonaný celkom v 10 lokalitách v Sokolovskej a v Mosteckej oblasti. Bol sledovaný výskyt rizikových prvkov v prašnom spáde v 30 dňových intervaloch v časovom rozpätí od apríla 2017 do februára 2019. Laboratórnou analýzou bol stanovený obsah rizikových prvkov v odobratom prašnom spáde stanovené v $\mu\text{g/L}$, ktoré boli následne prepočítané na $\text{mg/m}^2/30$ dní. Získané hodnoty rizikových prvkov boli porovnané s nameranými hodnotami rizikových prvkov v pôde. Hodnoty rizikových prvkov v pôde boli čerpané z diplomovej práce Barbory Hanouskovej (Hanousková 2019). Výsledky analýzy môžeme zhrnúť do nasledujúcich bodov:

- Analýza obsahov rizikových prvkov v prašnom spáde a v pôde (Hanousková 2019) ukázala najväčšie koncentrácie rizikových prvkov v lokalite merania Lom u Mostu (6G a 7G) a v lokalite Litvínov (8G a 9G) v Mosteckej oblasti.
- Z meraní sa ukázalo, že obsahy prvkov v pôde a prašnom spáde sú vo väčšine prípadov veľmi podobné. To naznačuje, že významnou zložkou prašného spádu budú pravdepodobne drobné pôdne častice. Z čoho možno usúdiť, že rozhodujúcim zdrojom zaťaženia jednotlivých lokalít prachom bude frekvencia dopravy v danej lokalite.
- Možno teda zhrnúť, že prašný spád nie je významným dlhodobým zdrojom kontaminácie pôdy, ale výskyt zvýšených hodnôt naznačuje, že prípadný vplyv prašného spádu na kontamináciu pôdy by mal byť pravidelne monitorovaný.

8 Použitá literatura

- Arita A, Costa M. 2011. Chapter 28 - Environmental Agents and Epigenetics. Pages 459-476 in Tollefsbol TO, editor. Handbook of Epigenetics. Academic Press, San Diego.
- Assem FL, Oskarsson A. 2015. Chapter 60 – Vanadium. Handbook on the Toxicology of Metals (Fourth Edition). Elsevier. Pages 1347-1367.
DOI: 10.1016/B978-0-444-59453-2.00060-3.
- Avila DS, Gubert P, Roos DH, Puntel R, Aschner M. 2016 Manganese. Encyclopedia of Food and Health. Elsevier. s. 637-640.
DOI:10.1016/B978-0-12-384947-2.00441-4.
- Bankhofer H. 1996. Bio-selen: přirozená obrana vašeho imunitního systému. Fin. Olomouc.
- Bencko V, Cikrt M, Lenert J. 1995. Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka . 2. přepracované a doplněné vyd. Grada Publishing 1. vyd.. Praha.
- Boskabady M, Marefati N, Farkhondeh T, Shakeri F, Farshbaf A, Boskabady MH. 2018. The effect of environmental lead exposure on human health and the contribution of inflammatory mechanisms, a review. Environment International **120**:404-420.
DOI:10.1016/j.envint.2018.08.013.
- Boreiko CJ. 2009. SAFETY | Materials Toxicity. Encyclopedia of Electrochemical Power Sources. Elsevier s. 233-240.
DOI:10.1016/B978-044452745-5.00393-2.
- Cibulka J. 1991. Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosféře. 1. vyd. Academia. Praha.
- Crundwell KF, Moats MS, Ramachandran V, Robinson TG, Davenport WG. 2011. Chapter 28 - Cobalt – Occurrence, Production, Use and Price. Extractive Metallurgy of Nickel, Cobalt and Platinum, Group Metals. Elsevier. Pages 357-363.
DOI: 10.1016/B978-0-08-096809-4.10028-0.
- Crundwell KF, Moats MS, Ramachandran V, Robinson TG, Davenport WG. 2011. Chapter 12 - Precipitation Of Nickel–Cobalt Sulfide. Extractive Metallurgy of Nickel, Cobalt and Platinum Group Metals. Elsevier. Pages 135-145.
DOI: 10.1016/B978-0-08-096809-4.10012-7.
- Dadová J. 2013. Kadmium ako toxický prvok, roč. XV., č. 1. Univerzita Mateja Bela. Banská Bystrica.

- Dag EG, Møller LB, Aaseth J. 2015. Chapter 35 – Copper. Handbook on the Toxicology of Metals (Fourth Edition). Elsevier. Pages 765-786.
DOI: 10.1016/B978-0-444-59453-2.00035-4.
- Davis TZ, Hall JO. 2017. Chapter 34 – Selenium. Reproductive and Developmental Toxicology (Second Edition). Elsevier. Pages 596-605.
DOI: 10.1016/B978-0-12-804239-7.00034-2.
- Dhillon KS, Dhillon SK, Singh B. 2019. Chapter One - Genesis of seleniferous soils and associated animal and human health problems. Advances in Agronomy. Pages 1-80.
DOI: 10.1016/bs.agron.2018.11.001.
- Dongara G, Manno E, Varrica D, Lombardo M, Vultaggio M. 2010. Study on ambient concentrations of PM10, PM10-2.5, PM2.5 and gaseous pollutants. Trace elements and chemical speciation of atmospheric particulates. Atmospheric Environment 44(39):5244–5257.
DOI: 10.1016/j.atmosenv.2010.08.041.
- Drápala J, Kursá M. 2012. Elektrotechnické materiály, učební texty. 1.Vyd. VŠB-Technická univerzita Ostrava. Ostrava.
- Ešlerová D. 2010. Sledování výživových parametrů u kriticky nemocných pacientů s vysokou substitucí selenem [BSc. Thesis]. Univerzita Karlova, Praha.
- Fait A, Ferioli A, Barbieri F. 1994. Chapter 9 Substitutes ureas. Toxicology. Elsevier (91) 1:63-69.
DOI: 10.1016/0300-483X(94)90242-9.
- Farský M, Zahálka J. 2008. North Bohemian Brown Coal Field: the Determination and the Disparities of Landscape Development. Život. Prostr. 42:212 – 216.
- Feary J, Cullinan P. 2019. Heavy Metals. Reference Module in Biomedical Sciences. Elsevier.
DOI:10.1016/B978-0-12-801238-3.11496-5.
- Gad SC. 2014. Antimony. Encyclopedia of Toxicology (Third Edition). Elsevier. Pages 274-276.
DOI:10.1016/B978-0-12-386454-3.00815-0.
- Gad SC. 2014. Cobalt. Encyclopedia of Toxicology (Third Edition). Elsevier. Pages 996-998.
DOI:10.1016/B978-0-12-386454-3.00832-0.

- Gad SC, Pham T. 2014. Manganese. *Encyclopedia of Toxicology (Third Edition)*. Elsevier. Pages 150-152.
DOI:10.1016/b978-0-12-386454-3.00873-3.
- Gad S.C., Pham T. 2014. Tin. *Encyclopedia of Toxicology (Third Edition)*. Elsevier. Pages 574-576.
DOI: 10.1016/B978-0-12-386454-3.00941-6.
- Gaudry A, Moskura M, Mariet C, Ayrault S, Denayer F, Bernard N. 2008. Inorganic Pollution in PM10 Particles Collected Over Three French Sites Under Various Influences: Rural Conditions, Traffic and Industry. *Water, Air, and Soil Pollution*. **193**:91–106.
DOI: 10.1007/s11270-008-9670-7.
- Ghazi AM, Millette JR. 1964. 4 – Lead. *Environmental Forensics*. Elsevier. Pages 55-79.
DOI: doi:10.1016/B978-012507751-4/50026-4.
- Greenwood NN. 1993. *Chemie prvků: Svazek II. 1. vyd.* Pages 794-1635. Informatorium. Praha.
- Halek F, Rad MK, Darbani RM, Kavousirahim A. 2009. Concentrations and Source Assessment of Some Atmospheric Trace Elements in Northwestern Region of Tehran, Iran. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **84(2)**:185–190
DOI: 10.1007/s00128-009-9902-6.
- Hanousková B. 2019. *Kontaminace městské vegetace jako potenciální riziko pro volně žijící býložravce [MSc. Thesis]*. Česká zemědělská univerzita, Praha.
- Harasim P, Filipek T. 2015. Nickel in the environment. *Journal of Elementology*. Pages 525–534.
DOI: 10.5601/jelem.2014.19.3.651.
- Harrison RM, Tilling R, Callén R, M. S, Harrad S, Jarvis K. 2003. A study of trace metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in the roadside environment. *Atmospheric Environment* **37**:2391–2402.
DOI: 10.1016/S1352-2310(03)00122-5.
- Housecroft CE, Sharpe AG, Housecroft CE. 2007. *Inorganic chemistry. Second Edition* Harlow. Prentice Hall.
- Hussain CM, Rüstem K. 2020. Chapter 1 - Environmental pollution and environmental analysis. *Modern Environmental Analysis Techniques for Pollutants*. Elsevier. Pages 1-36.
DOI: 10.1016/B978-0-12-816934-6.00001-1.

- Chatterjee KK. 2007. Uses of Metals and Mettalic Minerals. New Age International Publishers, New Delhi.
- Cheng H, Yuanan H, Jian L, Bin X, Jianfu Z. 2009. Geochemical processes controlling fate and transport of arsenic in acid mine drainage (AMD) and natural systems. *Journal of Hazardous Materials* **165**(1-3):13-26.
DOI: 10.1016/j.jhazmat.2008.10.070.
- Janeček M. 2012. Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika. Powerprint. Praha.
- Kafka Z, Punčochářová J. 2002. Těžké kovy v přírodě a jejich toxicita. *Chemické listy*. Roč. **96**:11-617.
- Magnuson ZL, Shengqian M. 2019. Sensing and sequestration of inorganic cationic pollutants by metal-organic frameworks. *Metal-Organic Frameworks (MOFs) for Environmental Applications*. Elsevier. Pages 63-93.
DOI: 10.1016/B978-0-12-814633-0.00005-3.
- Ministerstvo životního prostředí. 2013. Příručka ochrany kvality ovzduší. Česká republika.
- Muck A. 2006. Základy strukturní anorganické chemie. Academia. Praha.
- Nriagu JO. 1988. Production and Uses of Chromium. – In: *Chromium in the Natural and Human Environments*. John Wiley & Sons. United States of America.
- Paleček J, Linhart I, Horák J. 1999. *Toxikologie a bezpečnost práce v chemii*. 1. vydání. Praha.
- Palúchová K. 1997. Vplyv kovov na ekosystém. *Enviromagazín*, roč. **2**:20-21.
- Panichev N, Mandiwana K, Moema D, Molatlhegi R, Ngobeni P. 2006. Distribution of vanadium(V) species between soil and plants in the vicinity of vanadium mine. *Journal of Hazardous Materials* **137**(2):649-53.
DOI: 10.1016/j.jhazmat.2006.03.006.
- Pope CA, Dockery DW. 2006. Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect. *Journal of the Air & Waste Management Association* **56**: 709–742.
DOI: 10.1080/10473289.2006.10464485.
- Ptáček L. 2002. *Nauka o materiálu II*. 2. opr. a rozš. vyd. Brno: CERM.
- Rüdel H. 2003. Case study: bioavailability of tin and tin compounds. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. **56**:180-189.
DOI:10.1016/S0147-6513(03)00061-7.

- Seshadri B, Bolan NS, Naidu R, Brodie K. 2010. The role of coal combustion products in managing the bioavailability of nutrients and heavy metals in soils. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. **10**(3):378-398.
DOI:10.4067/S0718-95162010000100011.
- Strnad M. 2006. Učinky manganu na organizkus savcu [MSc. Thesis]. Univerzita Karlova, Praha.
- Strupp C. 2011. Beryllium metal II. a review of the available toxicity data. *Annals of Occupational Hygiene*. **55**(1):43-56.
DOI: 10.1093/annhyg/meq073.
- Szakmary E, Ungvary G, Hudak A, Tatrai E, Naray M, Morvai V. 2001. Effects of cobaltsulfate on prenatal development of mice, rats and rabbits and on early postnatal development of rats. *Journal of Toxicology and Environmental Health* **62**(5): 367-386.
DOI: 10.1080/152873901300018110.
- Száková J, Sysalová J, Tlustoš P. 2011. Particular aspects of environmental impact of potentially risk elements from airborne particulate matter. *Plant Soil and Environment* **51**(8): 376-383.
DOI:10.17221/3613-PSE.
- Šejbl, J. 1990a. Poškození zdraví kadmíem. II. Kadmium v pracovním a životním prostředí. *Rudy* **38**:87- 92.
- Tkáčová P. 2018. Výskyt vybraných toxických kovů v půdě a zelené hmotě na odvalu Ema [MSc. Thesis]. Vysoká škola Báňská - Technická Univerzita Ostrava.
- Tlustoš P, Pavlíková D, Balík J, Száková J, Hanč A, Balíková M. 2002. The accumulation of arsenic and cadmium by different species of vegetables. *Acta Horticulturae*. **571**:217-224.
DOI: 10.17660/ActaHortic.2002.571.26.
- Tolcin A. 2013. Cadmium. In U.S. Geological Survey. *Mineral Commodity Summaries*. Pages 36-37.
- Uhrínová K, Buchancová J. 2007. Kadmium, čo o ňom (ne)vieme. *Slovenský lekár*. Pages 268-274.
- Usmani Zeba, Adarsh Kumar, Tripti, Jitendra Ahirwal, Majeti Narasimha Vara Prasad. 2019. Chapter 20 - Scope for Applying Transgenic Plant Technology for Remediation and

Fortification of Selenium. Transgenic Plant Technology for Remediation of Toxic Metals and Metalloids. Elsevier. Pages 429-461.
DOI: 10.1016/B978-0-12-814389-6.00020-1.

Vácha R, Skála J, Čechmánková J, Horváthová V, Hladík J. 2015. Toxic elements and persistent organic pollutants derived from industrial emissions in agricultural soils of the Northern Czech Republic. *Journal of Soils and Sediments* **15**(8):1813-1824.
DOI: 10.1007/s11368-015-1120-8.

Valenta V. 1980. Toxické kovy a my – Cd. Uhlíe – Rudy, 4, s. 168-169.

Velíšek Jan. 1999. *Chemie potravin I. Osis. Tábor.*

Vitale RJ, Mussoline GR, Rinehimer KA. 1997. Environmental Monitoring of Chromium in Air, Soil, and Water. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* **26**:S80-S85.
DOI: 10.1006/rtph.1997.1144.

Xia L, Gao Y. 2011. Characterization of trace elements in PM_{2.5} aerosols in the vicinity Of highways in northeast New Jersey in the U.S. east coast. *Atmospheric Pollution Research* **2**:34-44.
DOI: 10.5094/APR.2011.005.

Zafra SS, Bagchi M, Preuss HG, Bagchi D. 2007. Benefits of chromium(III) complexes in animal and human health. *The Nutritional Biochemistry of Chromium (III)*. Elsevier. Pages 183-206.
DOI:10.1016/B978-044453071-4/50010-2.

Zimová M, Ďuriš M, Čurdová E, Melicherčík J. 2001. Health risk of urban soils contaminated by heavy metals. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health* **14**(3):231-4.

Internetové zdroje:

- Augustyn A, Britannica. Available from <https://www.britannica.com/science/manganese> (accessed Oktober 2020).
- Bezpečnost potravin. Available from <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92068.aspx> (accessed December 2020).
- Český hydrometeorologický ústav. 2019. Těžké kovy. Available from: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/19groc/gr19cz/04_6_tezke_kovy_v3.pdf (accessed March 2021).
- Český statistický úrad. 2019. Štatistická ročenka Ústeckého kraje. Available from <https://www.czso.cz/documents/10180/91195091/33008519.pdf/e6a27c6a-7b81-4665-b61b-d01d269102d9?version=1.15> (accessed January 2021).
- ČHMÚ Informační systém kvality ovzduší. 2018. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2018. Available from: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/18groc/gr18cz/IV.6.TK_CHMU2018.pdf (accessed March 2021)
- Dastych M. 2004. Selen - esenciální stopový prvek. Labor Aktuell. Available from <https://diagnostics.roche.com/download/la/0304/selen.pdf> (accessed January 2021).
- Environment and Climate Change Canada - Evaluating Existing Substances. Available from <https://www.ec.gc.ca/ese-ees/default.asp?lang=En&n=92F47C5D-1>
- Enviromentální a ekologické služby s.r.o.. 2018. Pokračování hornické činnosti - I. etapa Doly Bílina 2019 – 2035. Available from: https://portal.cenia.cz/eiasea/download/RUIBX01aUDQ3MV9kb2t1bWVudGFjZURPQ18xOTEyNzY3MDQxOTY0NzU3NTY2LnBkZg/MZP471_dokumentace.pdf (accessed March 2021).
- Hudson Institute of Mineralogy 2020. Available from <https://www.mindat.org/element/Beryllium> (accessed December 2020).
- Integrovaný registr znečišťování. Available from: <http://www.irz.cz> (accessed March 2021).
- Karlovarský kraj. 2012. Program rozvoje karlovarského kraje pro období 2014-2020. Available from: https://www.kr-karlovarsky.cz/region/Documents/P2_PRKK_2014_2020_strategie_3.pdf (accessed November 2020).

- Lenntech B.V. [online]. Available from:
<https://www.lenntech.com/periodic/elements/> (accessed January 2021).
- Live science. Available from:
<https://www.livescience.com/29377-copper.html> (accessed February 2021).
- Mach K. 2010. Bílinská přírodovědná společnost. Available from:
<http://priroda.sdascz/lokality/DB.htm> (accessed March 2021).
- Marešová, V. Ekotoxikologie. Kovy. Průmyslové látky. Available from
https://soudni.lf1.cuni.cz/file/5684/04_NT_Ekotoxikologie.pdf (accessed December 2020).
- National Library of Medicine, National Center for Biotechnology Information. Available from:
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Cobalt> (accessed December 2020).
- ORLEN Unipetrol a.s. Chempark Záluží. Available from
<https://www.unipetrolrpa.cz/CS/sluzby-areal/chempark-zaluzi/Stranky/default.aspx>
(accessed March 2021).
- pHmedia Czech Republic, s.r.o.. 2020. Tlaková plynárna Vřesová skončila.
Available from: <https://iuhli.cz/tlakova-plynarna-vresova-skoncila/> (accessed March 2021).
- Royal Society of Chemistry. Available from:
<https://www.rsc.org/periodic-table/element/27/cobalt>
- Sokolovská uhelná, právní zástupce a.s. 2019. Smolnická výsypka končí.
Available from: <https://www.suas.cz/aktuality/10-suas/aktuality/906-smolnicka-vysypka-konci> (accessed January 2021).
- Stehlik. 2005. Anorganická chemie 1. Available from:
<https://is.muni.cz/el/sci/podzim2004/C1441/skripta/> (accessed January 2021).
- Ústav pro hospodársku úpravu lesu Brandýs nad Labem. 2020. Oblastní plán rozvoje lesu. Souhrnná zpráva. Available from:
http://www.uhul.cz/images/oprl/plo_2/nove2/2019_SZ_PLO_2.pdf (accessed February 2021).
- Vokurka M. 2020. Útlum těžby uhlí u Horního Jiřetína: Lom ČSA zruší stovky pracovních míst
Available from: <https://www.denik.cz/ekonomika/tezba-uhli-horni-jiretin-csa-20201109.html> (accessed December 2020).

Zákony pro lidi. 2010. Nařízení vlády č. 350/2002 Sb. Nařízení vlády, kterým se stanoví imisní limity a podmínky a způsob sledování, posuzování, hodnocení a řízení kvality ovzduší. Available from: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2002-350> (accessed March 2021).