

Univerzita Pardubice  
Fakulta chemicko-technologická

Vliv vybraných složek prostředí na kvalitu vody a potravin  
Leona Hofmeisterová

Bakalářská práce

2019

Univerzita Pardubice  
Fakulta chemicko-technologická  
Akademický rok: 2018/2019

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Leona Hofmeisterová**  
Osobní číslo: **C17245**  
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Hodnocení a analýza potravin**  
Název tématu: **Vliv vybraných složek prostředí na kvalitu vody a potravin**  
Zadávající katedra: **Katedra analytické chemie**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Zpracujte literární rešerši na oblast vlivu vybraných složek životního prostředí na kvalitu vody a potravin s ohledem na význam jejich sledování, hodnocení a zlepšování celkového stavu. Pozornost přitom zaměřte zvláště na vybrané těžké kovy ovlivňující nebo ohrožující lidské zdraví a kvalitu života.
2. Získané poznatky diskutujte a shrňte i ve vztahu k uplatňovaným opatřením ve směru systematického zlepšování životních podmínek. V rámci toho se zmiňte i o pozornosti, která je uvedené problematice věnována v České republice.
3. Bakalářskou práci zpracujte v souladu se Směrnicí UPa č. 9/2012 "Pravidla pro zveřejňování závěrečných prací a jejich základní jednotnou formální úpravu" v platném znění.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

**Podle pokynů vedoucího práce.**

Vedoucí bakalářské práce:

**doc. Dr. Ing. Ladislav Novotný, DrSc.**

Ústav environmentálního a chemického inženýrství

Konzultant bakalářské práce:

**Ing. Aneta Karásková**

Ústav environmentálního a chemického inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **5. února 2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **4. července 2019**



prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.  
děkan

L.S.



prof. Ing. Karel Ventura, CSc.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 20. února 2019

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 27. 6. 2019

Leona Hofmeisterová

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce doc. Dr. Ing. Ladislavu Novotnému, DrSc., za odborné vedení a cenné připomínky při vytváření bakalářské práce. Děkuji také Ing. Anetě Karáskové za poskytnutí důležitých rad, materiálů a za odborné konzultace. V neposlední řadě patří obrovské poděkování mé rodině za podporu po celou dobu studia.

## **ANOTACE**

Práce se zabývá vybranými vlivy podmínek prostředí na diskutovanou kvalitu vody a potravin, zejména s ohledem na těžké kovy – Hg, Pb, As, Zn, Fe, Cu. Zvláštní pozornost byla věnovaná vybraným aspektům jejich vlastností, toxicity a jejich role z hlediska ochrany životního prostředí a zdraví. V této souvislosti byly diskutovány některé pokročilé analytické techniky umožňující rychlé stanovení výše uvedených těžkých kovů, jakož i jejich toxikologické limity a příslušné předpisy.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

těžké kovy, rtuť, olovo, kadmium, arsen, zinek, železo, měď, potraviny, voda, kontaminace, legislativa

## **TITLE**

Effects of the selected components of environment on water and food quality.

## **ANNOTATION**

The work dealt with some effects of environmental conditions on the discussed water or food quality, especially with respect to heavy metals – Hg, Pb, Cd, As, Zn, Fe, Cu. Special attention was focused on selected aspects of their its behavior, toxicity and their role from the viewpoint of the environment and health protection. In this context, some advanced analytical techniques allowing a ready determination of the above mentioned heavy metals were discussed as well as their toxicological limits and related regulations.

## **KEYWORDS**

heavy metals, mercury, lead, cadmium, arsenic, zinc, iron, copper, food, water, contamination, regulations

# OBSAH

Seznam obrázků .....	9
Seznam tabulek .....	10
Seznam zkratk .....	11
ÚVOD.....	13
<b>1 VYBRANÉ PROBLEMATIKY .....</b>	<b>14</b>
1.1 Příklady z historie toxikologické tematiky .....	14
1.2 Potravinové kontaminanty .....	14
1.3 Kontaminanty vod.....	16
<b>2 TĚŽKÉ KOVY JAKO PODSKUPINA KOVŮ S VYMEZENÝMI FYZIKÁLNĚ – CHEMICKÝMI PARAMETRY .....</b>	<b>18</b>
2.1 Zdroje těžkých kovů .....	18
2.2 Problematika elektronického odpadu.....	21
2.3 Metody stanovení těžkých kovů .....	25
2.3.1 Atomová absorpční spektrometrie .....	25
2.3.2 Optická emisní spektrometrie s ionizací v indukčně vázaném plazmatu .....	26
2.3.3 Hmotnostní spektrometrie s ionizací v indukčně vázaném plazmatu.....	28
<b>3 RTUŤ .....</b>	<b>30</b>
3.1 Historie.....	30
3.2 Fyzikální a chemické vlastnosti .....	30
3.3 Produkce rtuti člověkem .....	31
3.4 Rtuť v životním prostředí.....	32
3.5 Potravinové zdroje rtuti .....	35
3.6 Toxicita rtuti .....	36
3.7 Historicky významné otravy .....	37
<b>4 OLOVO.....</b>	<b>40</b>
4.1 Historie.....	40
4.2 Fyzikální vlastnosti .....	40

4.3	Produkce olova člověkem .....	41
4.4	Olovo v životním prostředí .....	42
4.5	Potravinové zdroje olova .....	43
4.6	Toxicita olova .....	44
<b>5</b>	<b>DALŠÍ TĚŽKÉ KOVY .....</b>	<b>46</b>
5.1	Toxické kovy .....	46
5.1.1	Kadmium .....	46
5.1.2	Arsen .....	48
5.2	Nepostradatelné těžké kovy .....	48
5.2.1	Zinek .....	48
5.2.2	Železo .....	49
5.2.3	Měď .....	50
<b>6</b>	<b>LEGISLATIVA .....</b>	<b>52</b>
6.1	Zajištění bezpečnosti potravin .....	52
6.1.1	EFSA .....	52
6.1.2	Dozorové orgány .....	53
6.1.3	RASFF .....	54
6.2	Maximální limity těžkých kovů .....	57
<b>7</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>59</b>
<b>8</b>	<b>POUŽITÁ LITERATURA .....</b>	<b>60</b>
	<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>66</b>



## SEZNAM OBRÁZKŮ

<b>Obrázek 1:</b> Průměrné hodnoty kadmia, arsenu, olova a rtuti v krmivech [ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ] v letech 2007 – 2017 .....	16
<b>Obrázek 2:</b> Vliv intenzivní těžby na znečišťování těžkými kovy ve vodě a sedimentech v blízkosti dolů s prvky vzácných zemin, důlního železa a magnetických dolů V – Ti .....	17
<b>Obrázek 3:</b> Vývoj celkových emisí těžkých kovů mezi lety 1990 – 2016 .....	20
<b>Obrázek 4:</b> Celková produkce e - odpadu na světě .....	22
<b>Obrázek 5:</b> Nejnovější fotografie ze skládky Agbogbloshie v Ghaně.....	23
<b>Obrázek 6:</b> Schéma atomového absorpčního spektrometru .....	26
<b>Obrázek 7:</b> Schéma plazmové hlavice ICP .....	27
<b>Obrázek 8:</b> Schéma hmotnostního spektrometru s indukčně vázaným plazmatem.....	29
<b>Obrázek 9:</b> Mapa obsahů rtuti v lesním humusu na území České republiky v roce 1995..	33
<b>Obrázek 10:</b> Zdroje a přeměny rtuti .....	35
<b>Obrázek 11:</b> Pytel s mořeným osivem s varovnými nápisy a osivo ošetřené červeným barvivem.....	39
<b>Obrázek 12:</b> Podíl různých odvětví na obsahu emisí olova v roce 2016.....	42
<b>Obrázek 13:</b> Expozice olova z příjmu potravin, 1994 – 2016/2017.....	44
<b>Obrázek 14:</b> Obsah kadmia ve vzorcích jedlých hub v roce 2017 [ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ].....	47
<b>Obrázek 15:</b> Expozice kadmia z příjmu potravin, 1994 – 2016/2017 .....	47
<b>Obrázek 16:</b> Schéma molekuly ferritinu .....	50
<b>Obrázek 17:</b> Schéma systému zajištění bezpečnosti potravin v ČR.....	54
<b>Obrázek 18:</b> Schéma systému RASFF .....	55
<b>Obrázek 19:</b> Oznámení v ČR mezi lety 2013 – 2017 .....	56
<b>Obrázek 20:</b> Oznámení podané Českou republikou v roce 2017 .....	56
<b>Obrázek 21:</b> Četnost kontaminantů chemickými a jinými látkami a použití nepovolených složek v roce 2017.....	57

## SEZNAM TABULEK

<b>Tabulka 1:</b> Nejdůležitější zdroje kontaminace životního prostředí těžkými kovy .....	21
<b>Tabulka 2:</b> Průměrné koncentrace těžkých kovů v půdách na různých místech odběru vzorků v nemocnici Korle Bu v Ghaně.....	24
<b>Tabulka 3:</b> Porovnání detekčních limitů vybraných metod atomové spektroskopie.....	29
<b>Tabulka 4:</b> Vybrané vlastnosti rtuti .....	31
<b>Tabulka 5:</b> Vybrané vlastnosti olova.....	41

## SEZNAM ZKRATEK

př. n. l.	před naším letopočtem
mj.	mimo jiné
IUPAC	International Union for Pure and Applied Chemistry (Mezinárodní unie pro čistou a aplikovanou chemii)
POP	persistentní organické polutanty
BAN	Basel Action Network
IPEN	International POPs Elimination Network (Mezinárodní síť pro eliminaci perzistentních organických látek)
EU	Evropská unie
USEPA	U.S. Environmental Protection Agency (Agentura pro ochranu životního prostředí)
ppm	parts per million (částice na jeden milion)
AAS	atomová absorpční spektrometrie
ppb	parts per billion (částice na jeden bilion)
ET – AAS	atomová absorpční spektrometrie s elektrotermickou atomiací
FL – AAS	atomová absorpční spektrometrie s atomizací v plameni
CV – AAS	metoda studených par
ppt	parts per trillion (částice na jeden trilion)
ICP – OES	optická emisní spektrometrie s ionizací v indukčně vázaném plazmatu
ICP – MS	hmotnostní spektrometrie s ionizací v indukčně vázaném plazmatu
CNS	centrální nervová soustava
FAO	Food and Agriculture Organization (Organizace pro výživu a zemědělství)
WHO	World Health Organization (Světová zdravotnická organizace)
GIT	gastrointestinální trakt
EFSA	European Food Safety Authority (Evropský úřad pro kontrolu potravin)
SVS	Státní veterinární správa
SZPI	Státní zemědělská a potravinářská inspekce
OOVZ	Orgány ochrany veřejného zdraví

FCM	Food contact materials (materiály přicházející do styku s potravinami)
ÚKZÚZ	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
RASFF	Rapid Alert System for Food and Feed (Systém rychlého varování pro potraviny a krmiva)

## ÚVOD

Velký vliv životního prostředí na zdraví je známý lidem odjakživa. Snaha udržovat popřípadě i zlepšovat kvalitu životního prostředí, aby nezpůsobilo lidem zdravotní problémy, je však zejména produktem moderní doby a je v centru pozornosti ve většině států světa. Celkově jde o řešení rozsáhlého komplexu problémů, otázek a aktivit. Součástí toho je i dílčí problematika zaměřená na vliv těžkých kovů ohrožujících i lidské zdraví a kvalitu života.

Cílem této práce bylo pojednání o vlivu vybraných podmínek životního prostředí na kvalitu vody a potravin, zapadající do uvedené problematiky. Pozornost byla zaměřena popisu o vybraných aspektech týkajících se sedmi těžkých kovů – Hg, Pb, Cd, As, Zn, Fe, Cu. Šlo přitom zejména o příklady v rámci vybraných aspektů spojených i s problematikou toxikologie, potravinových kontaminantů, jejich zdrojů, výskytu, vlastností, metod analýzy, limitních koncentrací, příslušné legislativy i organizace jejího praktického uplatnění, především v České republice.

# 1 VYBRANÉ PROBLEMATIKY

Se sledováním, posuzováním a hodnocením vlivu těžkých kovů na živé organismy (zvláště na lidské zdraví) je spojena řada témat. Jako příklady lze uvést problematiku toxikologie, eliminace látek, expozice toxickým látkám a problematiku potravinových doplňků.

## 1.1 Příklady z historie toxikologické tematiky

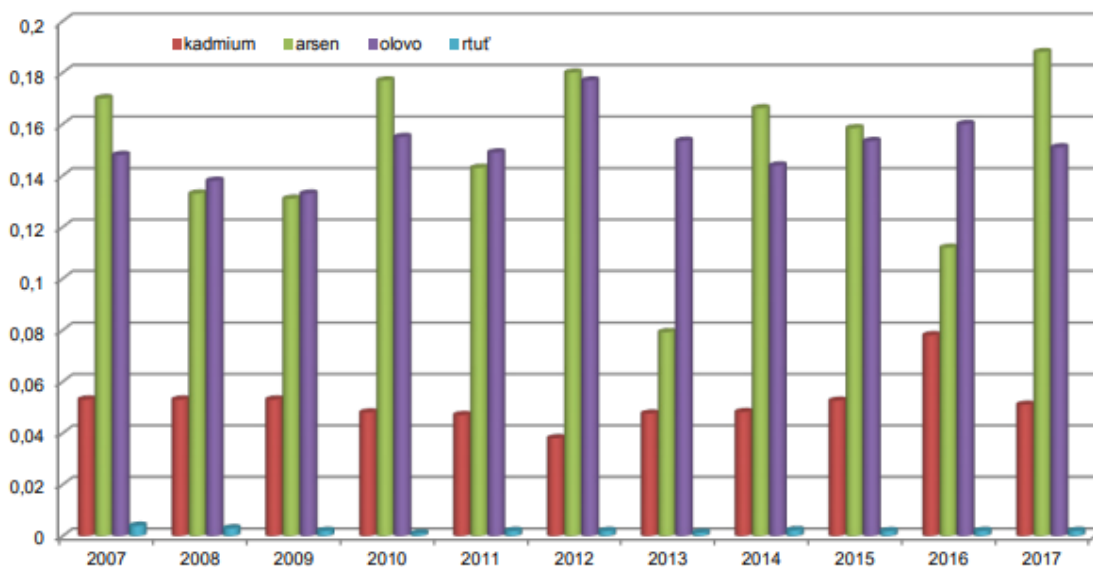
Toxikologie je obor na hranici mezi biologií, chemií a lékařstvím. Jedna z nejjednodušších, ale zároveň nejpřesnějších definic toxikologie říká, že je to věda o jedech. Historie toxikologie sahá daleko do minulosti, z archeologických záznamů víme, že už lidé v pravěku využívali toxické látky z rostlin, živočichů, ale i minerálů. Nejstarší dochovanou toxikologickou zmínkou je Eberův papyrus, který pochází z Egypta z období přibližně 1 500 př. n. l. Papyrus obsahuje první zmínky o jedech používaných při travičství, o antimonu, mědi nebo opiových alkaloidech. Základy novodobé toxikologie vznikly v období Hippokrata (450 př. n. l.), kdy se toxické látky používaly pro léčení různých onemocnění. Naopak v Římě nebyly toxické látky používány k léčbě, ale k řešení politických konfliktů. Podle dochovaných záznamů došlo k vědomému uštknutí egyptské královny Kleopatry egyptskou kobrou, dalším příkladem může být král Mithridates VI. Pontský, který se natolik obával, že ho některý z jeho protivníků otráví, že denně pojídal malé dávky několika jedů, aby si vytvořil imunitu. Další zmínka pochází už z dob našeho letopočtu, v 16. století Kateřina Medicejská zkoumala toxické látky a zapisovala své poznatky o účinnosti sloučenin a průběhu otrav. Nejznámějším toxikologem přelomu 15. a 16. století se stal Paracelsus, který je tak známý především díky myšlence, že neexistuje látka, která by nebyla jedovatá, záleží pouze na podané dávce, která odlišuje jed od léčiva. [1]

## 1.2 Potravinové kontaminanty

Za kontaminanty se považují látky, které jakkoliv znečišťují potraviny a přirozeně se v nich nevyskytují. Potravina může být kontaminována mj. v průběhu celého výrobního procesu. Tyto znečišťující látky mohou být primárního původu (exogenní) nebo sekundárního (endogenní). Exogenní kontaminanty pocházejí z okolního prostředí např. při výrobě, zatímco endogenní vznikají chemickými reakcemi a vlivem dalších fyzikálních nebo biologických faktorů uvnitř výrobku při jeho výrobě. Při výrobě se kontaminanty mohou dostat do výrobku už při zemědělské produkci (hnojiva, rezidua pesticidů, rezidua veterinárních léčiv v surovinách živočišného původu) nebo až v potravinářských podnicích (zpracování, obalový materiál,

nevhodné skladování a transport). Množství veškerých kontaminantů je hlídáno příslušnými státními orgány, které dbají na dodržování minimálních limitů, které mohou být v potravinách obsaženy. Mezi nejznámější kontaminanty patří rezidua antibiotik, která se nelegálně podávají hospodářským zvířatům za účelem zvýšení váhy. Tato rezidua se objevují v mléce, masě a mohou vyvolat alergické reakce. Dalším syntetickým kontaminantem mohou být hormony, které se využívají jako regulátory růstu. Bílkovinné a peptidické hormony se v organismu rozkládají, proto jsou z pohledu kontaminace více uváděny hormony steroidní. Legislativa EU a tedy i České republiky neumožňuje přidávky takovýchto hormonů do krmiv, jejich výskyt je tedy minimální. Bakteriální patogeny také mohou kontaminovat potraviny, nárůst patogenních bakterií je způsoben nedodržováním hygienických pravidel při výrobě a způsobují další alimentární nákazy. Mykotoxiny jsou produkovány plísněmi a jsou významnou částí kontaminantů. Vyskytují se převážně v obilovinách, kukuřici, rýži a výrobcích z nich. Kontaminanty endogenního původu mohou být různé organické sloučeniny, které jsou často karcinogenní a mají spíše chronický účinek. Mezi organické kontaminanty se řadí dioxiny, polychlorované bifenyly (PCB) nebo polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU), které vznikají nedostatečným spálením organické hmoty při uzení nebo grilování a jiném tepelném zpracování potravin živočišného původu. Nejenom rezidua veterinárních léčiv, ale i rezidua pesticidů mohou potraviny obsahovat. Pesticidy jsou veškeré směsi látek, které slouží ke zničení, odpuzení nebo potlačení škodlivých organismů. Dnes existují ale pesticidy mnohem účinnější než dříve, proto nám dnes stačí použití malých dávek a tím se minimalizují i možné vedlejší toxické účinky. Pokud se v potravinách najde překročený limit, často je to způsobeno lidským faktorem, nesprávná příprava pesticidů, vyšší dávka než je povolena nebo nedodržení ochranné lhůty. Mezi anorganické kontaminanty se řadí dusičnany a dusitanů. Ačkoliv jsou tyto dusíkaté sloučeniny přirozenou součástí životního prostředí a mají vliv na koloběhu dusíku, ukládají se v rostlinách, které dusík přijímají z půdy, tím poté přecházejí do lidské potravy a krmiv. Dusík se v rostlinách ukládá, ale pouze tehdy, když není rostlinou efektivně využíván. Neustálým hnojením dochází ke zvyšování množství dusičnanů a dusitanů v půdě, potažmo v rostlinách. Mezi nejvýznamnější potravinové zdroje dusičnanů a dusitanů patří zelenina a brambory. Mimo zemědělskou produkci se dusičnany přidávají do masných výrobků a masa za účelem zachování intenzity barvy a zabránění růstu bakterií rodu *Clostridium botulinum*, které produkují velmi toxický neurotoxin zvaný botulotoxin. Do plejády těchto významných a sledovaných kontaminantů patří i množství minerálních látek, prvků a především toxické těžké kovy. Jejich výskyt v potravinách je důsledkem jejich přítomnosti v produkčním cyklu.

Pro ilustraci je na obr. 1 uveden diagram průměrných hodnot Cd, As, Pb a Hg v krmivech, které jsou součástí zmíněného produkčního cyklu. [2]



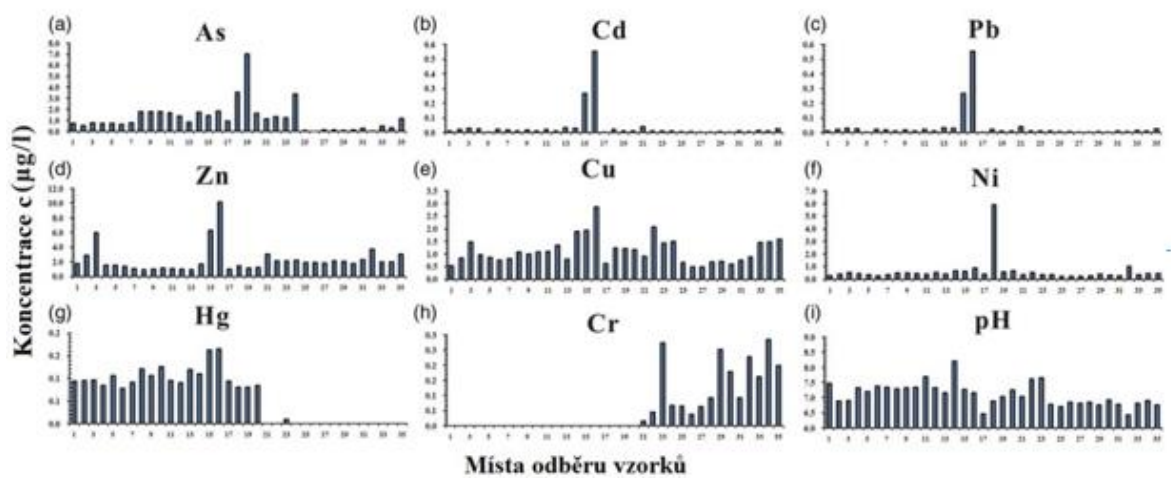
**Obrázek 1:** Průměrné hodnoty kadmia, arsenu, olova a rtuti v krmivech [mg.kg<sup>-1</sup>] v letech 2007 – 2017 [3]

### 1.3 Kontaminanty vod

Kvalita a jakost vody se dříve hodnotila tzv. tvrdostí vody, dnes už se používají jednotky mmol/l vody. V největší míře je kontaminace vod ovlivněna lidským faktorem. Díky koloběhu vody na Zemi se vodní kontaminanty dostávají do spodních vod, které ve velkém množství používají lidé ke své spotřebě. Znečištění spodních vod může být způsobené prosakováním toxických látek ze skládek nebo uložišť nebezpečných odpadů. Voda z kohoutku, stolní voda musí odpovídat příslušným normám, ale často se ve vodovodním řádu vyskytuje voda, která nemá optimální složení a může negativně ovlivnit lidské zdraví. Kvalita vod je ovlivňována v úpravkách vod a při jejím transportu. Během přepravy se mohou do vody dostávat různé toxické látky. Tyto látky mohou být přítomny ve starých vodovodních trubkách a díky vysokému průtoku vody ji mohou kontaminovat. Mezi takovéto kontaminanty patří například azbest nebo olovo. Hlavním ukazatelem znečištění povrchových vod je obsah těžkých kovů ve vodních sedimentech. Povrchovou vodu mohou dále kontaminovat různá léčiva nebo jejich metabolity přeměněné v organismu. Další toxické látky se mohou do povrchové i podzemní vody dostávat kyselými dešti, zemědělstvím a používáním agrochemikálií, průmyslovými emisemi a úniky z průmyslových podniků nebo odpadními vodami. Největší zdravotní rizika plynou z odpadních vod. Pokud odpadní splaškové vody neprocházejí čističkou nebo nejsou



dostatečně naředěny, mohou způsobit značné problémy. Odpadní splaškové vody jsou velmi často kontaminovány různými druhy mikroorganismů, které mohou být přinejlepším původci střevních onemocnění. V horších případech mohou mikroorganismy způsobovat onemocnění jako břišní tyfus, hnisavá kožní onemocnění, tuberkulózu a další nepříjemné onemocnění. Kromě mikroorganismů mohou odpadní vody obsahovat i větší parazity – škrkavky, motolice nebo červy. Na rozdíl od odpadních vod splaškových obsahují odpadní vody průmyslové větší množství chemických kontaminantů. Průmyslové odpadní vody zhoršují kvalitu povrchových i spodních vod a v některých případech znemožňují jejich další využívání. Mimo sladkou vodu může být kontaminována i voda mořská. Nejčastějšími kontaminanty mořské vody jsou ropné látky a těžké kovy, které se srážejí z tzv. manganových konkrecí na dně moří. Ropné látky se do vody mohou dostat při těžbě ropy z mořského dna nebo při haváriích ropných tankerů. Ropou jsou nevíce znečištěná pobřeží Evropy v Irském a Severním moři, dále pak v oblastech USA, Číny a Japonska. Mořskou vodu mohou kontaminovat také stavební práce a zemědělství na pobřeží. Na obr. 2 je znázorněn obsah těžkých kovů ve vodě a sedimentu řeky Anning v jihozápadní Číně v blízkosti těžby prvků vzácných zemin, důlního železa a magnetického dolu V-Ti [4], [5]



**Obrázek 2:** Vliv intenzivní těžby na znečišťování těžkými kovy ve vodě a sedimentech v blízkosti dolů s prvky vzácných zemin, důlního železa a magnetických dolů V – Ti [5]

## **2 TĚŽKÉ KOVY JAKO PODSKUPINA KOVŮ S VYMEZENÝMI FYZIKÁLNĚ – CHEMICKÝMI PARAMETRY**

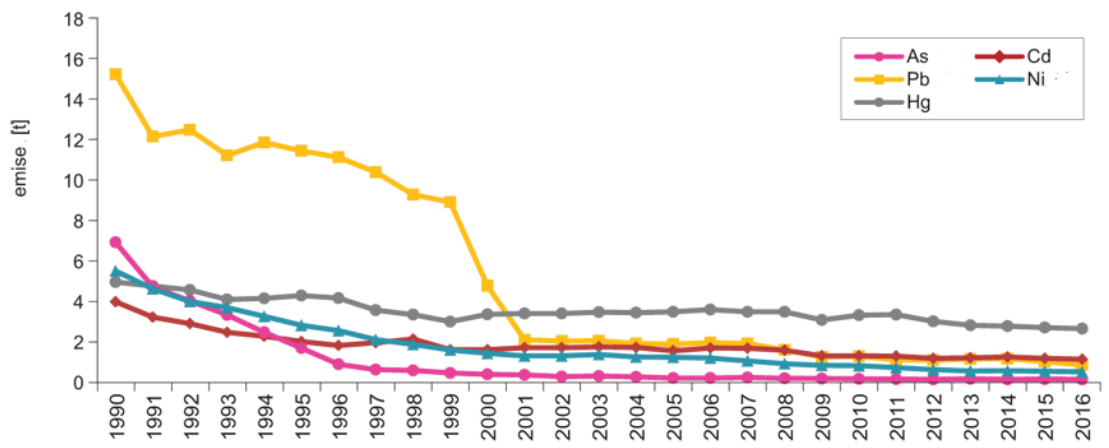
Těžké kovy jsou významné látky znečišťující životní prostředí, jejich postupující rozšiřování (např. v důsledku antropogenních vlivů) v kombinaci s jejich toxicitou je stále vzrůstajícím problémem ekologického i evolučního významu. S touto problematikou jde ruku v ruce i stoupající zájem veřejnosti o znečištěné životní prostředí a o možnosti, kterými mohou být potraviny kontaminovány. [6]

Těžké kovy jsou obvykle zařazovány do volně vytvořené skupiny sloučenin, které mají kovové vlastnosti a jsou schopny vést elektrický proud. Existuje řada různých definic těžkých kovů. Některé z těchto definic jsou založeny např. na hodnotě hustoty a označují za těžký kov prvek, který má hustotu  $> 5,0 \text{ g/cm}^3$ , další uvádí hodnotu  $3,5 - 5 \text{ g/cm}^3$ . Další definice se opírají o atomové hmotnosti prvků a těžké kovy definují např. jako prvky, které mají atomovou hmotnost vyšší než sodík nebo pouze „vyšší“ atomovou hmotnost. Pojem „vyšší“ je v tomto případě velmi nepřesný a nespecifikovaný. Některé tvrdí, že vyšší atomovou hmotnost má rtuť, olovo nebo kadmium, jiné do této definice zařazují i chrom nebo arsen. Mnoho jiných definic těžkých kovů se zaměřuje na jejich fyzikálně – chemické vlastnosti i atomové číslo. Nejčastěji se těžké kovy definují právě jako prvky s větší specifickou hustotou než je  $5,0 \text{ g/cm}^3$  a toxické i při nízké koncentraci. Podle organizace IUPAC ale neexistuje žádná přesná a správná definice, a termín „těžký kov“ je tedy nepřesný a proto dává přednost termínu „toxický kov“. Mezi těžké kovy patří téměř všechny prvky skupiny přechodných kovů (I – VIII. B) a některé další mimo tuto skupinu. [7]

### **2.1 Zdroje těžkých kovů**

Jediným přirozeným zdrojem těžkých kovů je zemská kůra, kde vznikají a prostupují odtud dál zvětráváním. Rychlost zvětrávání závisí na druhu horniny. Sloučeniny a horniny ve skalních útvech vzniklých z matečné horniny obsahují často vysoké koncentrace těchto toxických kovů. Ale protože tvorba půdy ze sedimentárních hornin je velmi zdlouhavý a náročný proces jsou konečné koncentrace těžkých kovů velmi nízké. Z matečné horniny se mnohem rychlejší cestou mohou těžké kovy dostat erupcí sopek, tato skutečnost je ale v České republice málo pravděpodobná. Nejvíce dostupné jsou zde z vodních zdrojů a půd. Relativně malé množství jich je v atmosféře ve formě mikro- až submikročásteček, v prachu, v popílcích atd. Právě z vodních toků a půd je svými kořeny absorbují rostliny, které mohou dále sloužit

jako potrava pro vyšší druhy živočichů. Do těchto částí životního prostředí se dostávají z různých zdrojů, mohou to být zemědělské zdroje, průmyslové, odpadní vody z domácností a podniků. Nejčastější činností nejvíce kontaminující životní prostředí potažmo potraviny, je těžba nebo přímo zemědělství. Kontaminace právě těmito dvěma činnostmi je nejrozsáhlejší v asijských zemích, v Japonsku, Indonésii nebo Číně. Zemědělskými zdroji těžkých kovů jsou anorganická i organická hnojiva, která se přidávají do půd za účelem vyšších výnosů pramenících z lepšího růstu kulturních rostlin. Protože na kyselé půdě rostliny nerostou, dochází k jejímu vápnění mletým vápencem, čímž se dostávají další těžké kovy do půdy. Dalším zdrojem je zavlažování plodin odpadní vodou. Přímo kadmii je půda nejčastěji kontaminována hnojivy, pesticidy i odpadními čistírenskými kaly. Největší problém kadmia je, že se akumuluje v listech rostlin, které spásají živočichové. I přestože jsou hladiny těžkých kovů v těchto zdrojích velmi malé, při opakovaném požívání dochází k akumulaci a nárůstu koncentrace nebezpečných kovů. Mezi průmyslové zdroje těžkých kovů patří těžba rud, tavení, zušlechťování a konečné úpravy kovů. V závislosti na typu těžby poskytují důlní činnosti různé druhy toxických kovů. Významným zdrojem rtuti jsou např. doly, ve kterých se v minulosti rtuť používala při těžbě zlata. Tato metoda se u nás přestala používat v roce 1960, ale v zemích Latinské Ameriky a v Asii se používá dodnes. Při vysokotepelem zpracování kovů jako je tavení dochází k uvolňování těžkých kovů ve formě par a částic, které s vodou v atmosféře tvoří aerosoly. Ty se pohybují pomocí větru nebo se vysrážejí v dešti a způsobují kontaminaci vod a půd. Ke kontaminaci vod může dojít i odtokem důlních odpadů. K dalším průmyslovým zdrojům patří výroba plastů, textilií, mikroelektroniky nebo zpracování dřeva a výroba papíru. Nejen při výrobě těchto materiálů a výrobků, ale i při spalování odpadů se mohou těžké kovy dostat do ovzduší a dále do půdy a organismů. Spalování uhlí nebo přeprava některými typy vozidel jsou dalším zdrojem. V tab. 1 jsou sepsány nejdůležitější zdroje kontaminace životního prostředí vybranými těžkými kovy. Většina dopravních prostředků by už měla obsahovat složky, které eliminují množství vypouštěných toxických látek. V minulosti bylo velkým zdrojem olova spalování olovnatého benzínu. [6]



**Obrázek 3:** Vývoj celkových emisí těžkých kovů mezi lety 1990 – 2016 [8]

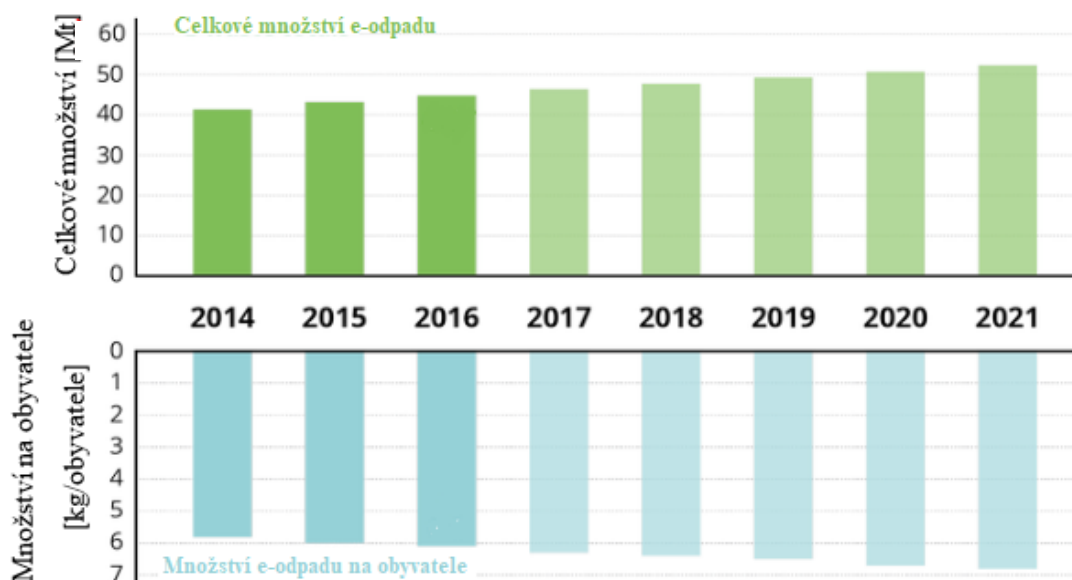
**Tabulka 1:** Nejdůležitější zdroje kontaminace životního prostředí těžkými kovy [9]

<b>Těžký kov</b>	<b>Zdroje kontaminace</b>
olovo	zpracování rud, hutě, rafinerie, chemický průmysl, akumulátory, pigmenty do barev, olovnaté sklo, přídavky do glazur, zemědělství (hnojiva, insekticidy), spalování fosilních paliv, automobilový provoz (olovnatý benzín)
arsen	zpracování rud, aditiva do skla, zemědělství (hnojiva, insekticidy), kouření, léčiva pro veterinární medicínu, ochranné prostředky na dřevo
měď	elektrotechnický materiál, slitiny (mosazi, bronzu), komunální odpad, chemický průmysl, zemědělství (fungicidy), měděné dráty a plechy
zinek	galvanizace, pigmenty do barev a keramických glazur, slitiny (mosazi, bronzu), zemědělství, komunální odpad, kouření
kadmium	doprovodný kov v zinkových a olovených rudách, zemědělství (fosfátová hnojiva), pigmenty do barev a plastů, baterie, spalování fosilních paliv, kouření
rtuť	zpracování rud, zemědělství (herbicidy, fungicidy), elektrochemie, katalytické procesy, baterie, lékařství (teploměry, zubní amalgamy), spalování fosilních paliv

## 2.2 Problematika elektronického odpadu

Celosvětovým velkým problémem je odpad obsahující elektroniku a vyřazené elektrospotřebiče. Tento odpad neobsahuje jenom těžké kovy, ale také perzistentní organické polutanty, tzv. POP. Veškeré tyto látky včetně těžkých kovů se v elektronickém odpadu objevují na velmi vysokých úrovních. V rozvojových částech světa se tento elektronický odpad spaluje a taví, což má za následek vypouštění do ovzduší velkého množství těžkých kovů a dalších toxických látek. V dnešní době se elektronický odpad skladuje nejčastěji

v rozvojových částech světa. Nejznámější skládky elektronického odpadu jsou v afrických státech, jako je Ghana, Nigerie nebo Tanzanie. Naopak největšími evropskými vývozci odpadu je Spojené království, Německo, Itálie, Španělsko nebo Polsko. Neméně odpadu je produkováno ve Spojených státech Amerických, Kanadě nebo Asii. Podle nejnovějších studií organizací BAN a IPEN se ročně z EU odveze 352 474 tun vyřazené elektroniky do rozvojových zemí. Každým rokem toto ohromné číslo roste o dalších 4 – 5 %. [10], [11]



**Obrázek 4:** Celková produkce e - odpadu na světě [12]

Nejtypičtějším příkladem skládky a „recyklace“ elektronického odpadu je velké šrotiště Agbogbloshie ležící blízko hlavního města Accara v Ghaně. Oblast Agbogbloshie obydluje zhruba 400 000 obyvatelů Ghany. Ve vyspělých zemích dochází k recyklaci e - odpadu podle příslušných zákonů o ochraně životního prostředí, pracovníci jsou vyškoleni, mají ochranné pomůcky a recyklace se provádí ve speciálních, k tomu určených zařízeních. Realita v africkém Agbogbloshie a dalších šrotovnách e – odpadu je úplně jiná. Počítače, elektrotechniku, automobilové elektrodíly nebo televize tam rozbíjí kladivy nebo kovovými hroty. Veškeré součástky, které jsou snadno odstranitelné, se odeberou, aby místní obyvatelé získali lepší přístup ke kabelům obsahujícím měď a další cenné kovy, kterou mohou poté zpeněžit. Měděné dráty jsou ale pokryté vrstvou plastu, kterou jednoduše spálí. Plastové povlaky jsou spáleny v otevřené krajině nejčastěji dospívajícími chlapci, zatímco dívky stojí opodál s plastovou nádobou s vodou připravenou k hašení případných požárů. Pracovníci nemají žádné ochranné masky, respirátory nebo oblečení. Jsou tak vystavováni přímým toxickým výparům, kouři a prachu, který obsahuje těžké kovy a další toxické látky. Veškeré místní obyvatelstvo žije a jí prakticky na šrotišti e – odpadu, čímž se ještě zvyšuje expozice toxickým látkám. Jeden

z největších trhů v Accaře se nachází hned vedle šrotiště. To má za následek kontaminaci potravního řetězce, potravin, které dennodenně konzumují místní obyvatelé, jedná se zejména o manga, cibuli nebo banány. Kuřata a jejich vejce, která se tu konzumují ve velkém, se chovají na krajích šrotiště, podobně jako dobytek produkující mléko. I tato zvířata znamenají významnou expoziční cestu mezi půdou, ovzduším, potravním řetězcem a lidmi. Veškeré tyto potraviny jsou velmi pravděpodobně kontaminované různými toxickými látkami včetně těžkých kovů. Obyvatelé Agbogbloshie trpí chronickými dýchacími potížemi, neustálými nevolnostmi nebo bolestmi hlavy a hrudníku. Dalším problémem je to, že Agbogbloshie leží na mokřadech. V období silných dešťů se většina šrotiště zaplaví a je pravděpodobné, že se rozpustné toxické látky vsakují do podzemních vod, odkud se dále dostávají do řek, lagun a oceánu. [10], [11]



**Obrázek 5:** Nejnovější fotografie ze skládky Agbogbloshie v Ghaně [10]

Kromě e – odpadu je v rozvojových zemích problematický nemocniční odpad (teploměry, stříkačky, chemikálie, manžety k tlakoměrům, plasty). Ve vyspělých státech se v této době

k ničení nemocničního odpadu používají autoklávy nebo mikrovlnné trouby. Rozvojové státy včetně Ghany mají jednu jedinou strategii a tou je spalování odpadu vzniklého v nemocnicích. Jedinou výhodou tohoto spalování je usmrcení patogenních mikroorganismů žijících v těchto odpadech. Při spalování do ovzduší uniká další množství toxických emisí, nejčastěji těžkých kovů. Je známo, že spalování těžké kovy koncentruje, nikoliv ničí. Veškeré tyto emise nebo popel mají vliv na zdravotní stav obyvatel a na životní prostředí. Podle příslušné směrnice je v Ghaně povoleno spalování nemocničního odpadu pouze za předpokladu, že vzniklý popel bude správně likvidován a nebude roznášen dále. Neřízená likvidace popela je v rozvojových zemích běžnou praxí. Vědci z Ghanské univerzity se v roce 2016 zaměřili na spalovnu v nemocnici Korle Bu v hlavním městě Ghany zvaném Accara. Malá spalovna odpadu byla dříve (už je 10 let mimo provoz) schopna spálit až 5 tun odpadu během 3 hodin. Největším problémem je však ukládání popela na otevřenou, nijak nechráněnou hromadu nedaleko spalovny. Vědci mezi lety 2012 a 2013 odebírali vzorky v různých vzdálenostech od spalovny odpadů, aby zjistili, zda se kontaminace těžkými kovy se vzdáleností snižuje. Studie ukázala, že se hodnoty koncentrací těžkých kovů v půdě se vzdáleností měnily. Dokázáno bylo, že kontaminace do vzdálenosti 100 m od spalovny byla velká (tab. 2). Stanovená hladina Pb, Hg, Cd i Zn v půdě byla nadlimitní v porovnání s limity danými USEPA. Studie také dokázala, že veškeré tyto těžké kovy mohou pronikat do spodních vod a dále se akumulovat ve zvířatech nebo rostlinách. [13]

**Tabulka 2:** Průměrné koncentrace těžkých kovů v půdách na různých místech odběru vzorků v nemocnici Korle Bu v Ghaně. [13]

Vzdálenost od spalovny [m]	Průměrná koncentrace těžkých kovů [mg/kg]					
	Hg	Pb	Zn	Ag	Cr	Cd
20	8,41 ± 0,01	334,83 ± 0,06	910,33 ± 0,48	20,30 ± 0,00	42,24 ± 0,01	4,50 ± 0,02
40	7,51 ± 0,02	208,3 ± 0,58	848,97 ± 0,06	16,47 ± 0,06	40,30 ± 0,10	3,53 ± 0,06
60	4,27 ± 0,03	101,33 ± 0,59	502,33 ± 0,58	5,53 ± 0,06	53,67 ± 0,29	2,03 ± 0,06
80	1,74 ± 0,01	32,83 ± 0,06	245,33 ± 0,59	<0,5 ± 0,00	42,33 ± 0,58	1,24 ± 0,01
100	<0,5 ± 0,0	15,53 ± 0,04	17,00 ± 0,00	<0,5 ± 0,00	14,63 ± 0,23	0,25 ± 0,01
1 200	0,50 ± 0,02	4,85 ± 0,10	15,00 ± 0,50	<0,5 ± 0,00	2,32 ± 0,12	0,5 ± 0,01
<b>Přípustné limity</b>	0,3	100	70	není dostupné	75,0	3,0



## 2.3 Metody stanovení těžkých kovů

### 2.3.1 Atomová absorpční spektrometrie

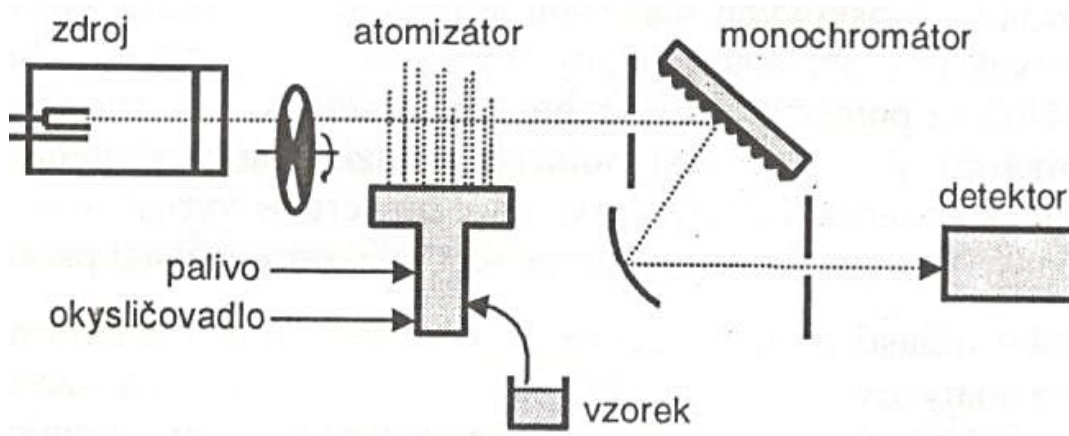
Metoda atomové absorpční spektrometrie je nejčastěji využívanou metodou při kvantitativním stanovení těžkých kovů v potravinách, především pro své vcelku nenáročné a efektivní použití. Tato technika je schopná stanovit koncentrace v řádech ppm při použití AAS s atomizací v plameni. Pokud je nutné stanovit koncentrace ještě nižší, v řádech ppb, používá se AAS s elektrotermickým atomizátorem. Speciálně pro analýzu látek obsahujících rtuť se používá bezplamenová metoda studených par. Metodou AAS se měří úbytek elektromagnetického záření vycházejícího ze zdroje, který je způsoben absorpcí záření volnými plynnými atomy stanovované látky. Volné atomy jsou podle Kirchhoffova zákona schopny absorbovat takové záření, které by samy vyzařovaly, pokud by byly excitovány. Základní součástí atomového absorpčního spektrometru je zdroj záření, nejčastěji výbojka s dutou katodou, která je vyrobena ze stejného kovu, který se stanovuje. V dnešní době se často používají multikatodové výbojky, které jsou schopné stanovit kovů více najednou. Další důležitou částí atomového absorpčního spektrofotometru je atomizátor, kde se kapalný vzorek převádí na plyn, odpaří se rozpouštědlo a vznikají atomy schopné absorpce záření. Poté následuje monochromátor sloužící k izolaci analyzované čáry, na které se sleduje absorpce od ostatních čar proudících ze zdroje záření. Poslední částí je detektor - fotonásobič, ze kterého jsou data posílána do počítače. [14], [15]

V případě plamenové AAS je vzorek pomocí pneumatického zmlžovače převeden na aerosol, který putuje dále do atomizátoru, kterým je v tomto případě plamen. Kde dochází k odpaření přebytečné kapaliny a disociaci sloučeniny na atomy. Nejčastěji se jako plamen využívá směs „acetylen – vzduch“ nebo „oxid dusný – vzduch“, teplota plamene bývá různá, liší se podle druhu směsi, ale vždy bývá větší než 2 200 °C. [14], [15]

Metoda elektrotermické atomizace AAS je velmi citlivá, ale náročná na čistotu a obsluhu. Při AAS s elektrotermickou atomizací je velmi malé množství, v řádech desítek mikrolitrů, kapalného vzorku uloženo v grafitové peci, která je vytápěna a vzorek se zvyšující se teplotou stále zahřívá, dokud nedojde k odpaření veškerého rozpouštědla. Zahřívání se provádí ve čtyřech teplotních fázích a krocích. V první fázi dochází k velmi pomalému vysušení vzorku. Druhou fází je termická úprava, kde se vzorek spálí, zuhelnatí a odstraní se látky, které by mohly rušit stanovení. Poté dochází k samotnému vypaření, atomizaci sledovaného prvku, kdy se pec rozžhaví velmi rychle a na velmi vysokou teplotu. V poslední fázi se grafitová pec

teplotou čistí tak, aby byla použita k dalšímu stanovení. Detekční limit u ET – AAS je až o tři řády nižší než v případě FL – AAS. [14], [15]

Poslední metodou AAS, nejvíce používanou pro detekci sloučenin rtuti, je metoda studených par CV – AAS. Tato metoda je založena na kapalném skupenství rtuti za běžné laboratorní teploty, ze kterého lze přímo měřit absorpci, která odpovídá koncentraci volných atomů rtuti. V tomto případě se vždy měří jedna izolovaná čára Hg při vlnové délce 253,7 nm. Nevýhodou metody studených par je nutná mineralizace vzorku do kapalného stavu a oxidace na dvojmocnou rtuťnatou sloučeninu  $Hg^{2+}$  (nejčastěji manganistanem, kyselinou dusičnou, kyselinou sírovou nebo dichromanem). Takto připravený vzorek je poté redukován chloridem cínatým nebo tetrahydridoboritanem sodným na elementární rtuť  $Hg^0$ . Páry rtuti jsou inertním plynem přenášeny do cely, kde je vzorek spálen v proudu kyslíku. Všechny spaliny jsou unášeny do křemelinové pece, amalgamátoru, kde se oddělí složky rtuti od ostatních. Po nahromadění většího množství rtuti v amalgamátoru je rtuť vypuzena rychlým ohřevem do kyvet, kde se měří absorpce rtuťových par. Tato technika je velmi citlivá, detekční limity dosahují řádů ppb, někdy až ppt v závislosti na typu vzorku a laboratorním prostředí. [14], [15]



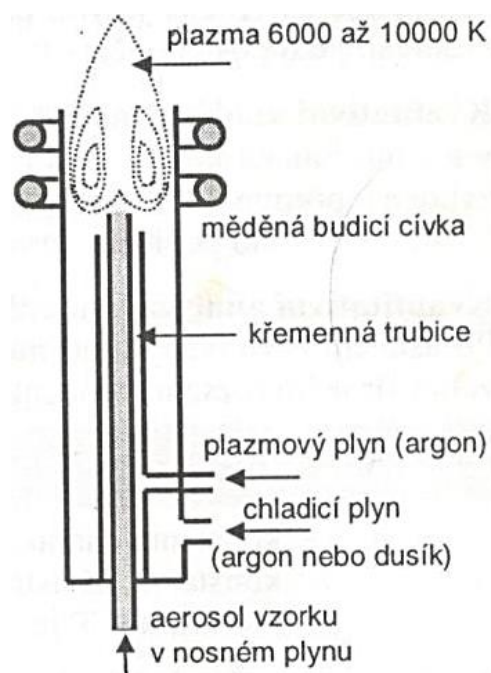
**Obrázek 6:** Schéma atomového absorpčního spektrometru [16]

### 2.3.2 Optická emisní spektrometrie s ionizací v indukčně vázaném plazmatu

Optická emisní spektrometrie s použitím indukčně vázané plazmy jako zdroje excitace je často využívanou, rychlou a přesnou metodou multielementární prvkové analýzy. Tato technika umožňuje stanovit koncentrace až 70 chemických prvků například Ag, As, Bi, Cd, Cu, Hg, Mo, Pb, Sb, Sn a i všech prvků, které se dají stanovit pomocí AAS (Ca, Ba, Na, K, Li, Mn a Fe). Vzorky používané metodou ICP – OES mohou být pevné, kapalně i plynné. ICP – OES využívá indukčně vázané plazma k ionizaci a excitaci prvků z původního stavu do stavu, kdy jsou

schopny emitovat fotony světla specifické pro vlnovou délku charakteristickou pro daný prvek. Detekční limity ICP – OES jsou často velmi podobné a srovnatelné s FL – AAS. [17]

Plazma je specifický stav, který lze považovat za čtvrté skupenství. Existuje pouze za nízkého tlaku a v atmosféře inertního plynu (argonu). Indukčně vázaná plazma je tvořena v křemenném hořáku, tzv. torch, který je složen ze třech trubice, vnější trubice, střední trubice a trubice se vstřikovačem vzorků. Tangenciální proud argonu protéká vnějšími i středními trubicemi. Druhý proud spolu se vzorkem protéká mezi střední trubkou a vstřikovačem. Vrchní část hořáku je obklopena nejčastěji měděnou cívkou, která je spojena s vysokofrekvenčním generátorem. Pokud se na cívku aplikuje vysokofrekvenční napětí, začne proud uvnitř cívky oscilovat frekvencí 27 – 40 MHz. Toto kmitání způsobí vznik elektromagnetického pole v horní části hořáku. Do argonem protékaného hořáku se aplikuje vysokonapěťová jiskra, tím se plynný argon rozkládá na ionty, elektrony a atomy a tak vzniká ICP výboj. Fotony emitované díky plazmovému výboji jsou dále vedeny na monochromátor typu např. Czerny-Turner nebo Echelle, který izoluje vhodnou vlnovou délku ke stanovení. Po této izolaci dopadají fotony na detektor, nejčastěji fotonásobič. Signál vedený detektorem do počítače je přímoúměrný koncentraci stanovené látky. [17]



**Obrázek 7:** Schéma plazmové hlavice ICP [16]

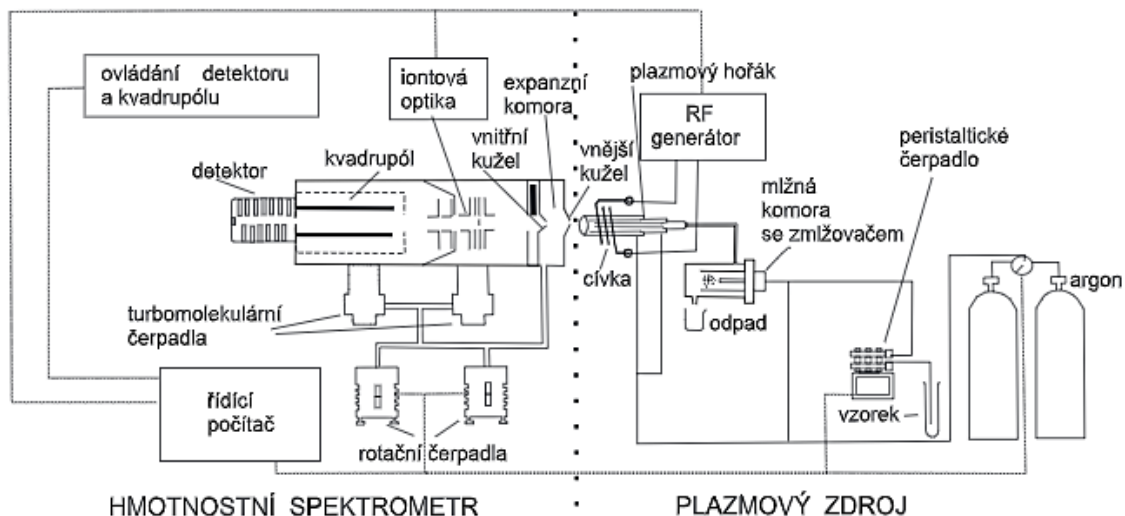
### 2.3.3 Hmotnostní spektrometrie s ionizací v indukčně vázaném plazmatu

Další metodou využívanou pro detekci těžkých kovů je ICP – MS. Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem neboli ICP – MS kombinuje vysokofrekvenční zdroj ICP jako zdroj kladně nabitých iontů s hmotnostním detektorem MS. Tato metoda byla vyvinuta v 80. letech 20. století a je stále používanější. Je schopna detekovat i prvky o stopových až ultrastopových koncentracích, až ppt. Další její velkou výhodou je vysoká rychlost stanovení, možnost víceprvkové analýzy a lze analyzovat jak kapalné tak i pevné vzorky. Vzhledem k její vysoké citlivosti a přesnosti jsme schopni metodou ICP – MS zjišťovat geografický původ biologických vzorků, jako je zelenina, oříšky, čaj nebo víno podle různého minerálního složení půd, kde tyto plodiny rostou. [18]

Stejně jako u ICP – OES se u této metody používá indukčně vázané plazma, které se vytváří podobným způsobem, ale má jiné uplatnění. Plazma je elektricky vodivý plyn obsahující dostatečné, avšak stejné množství kladně a záporně nabitých iontů. Vhání se do přístroje pomocí trysky vysokou rychlostí a má stálou teplotu přibližně 5 000 – 10 000 K. U ICP – MS se plazma používá k vytvoření kladných iontů. Produkce a detekce kationtů je rozhodující právě pro nízké detekční schopnosti, až o tři řády nižší než u ICP – OES. [18]

Při použití ICP – MS se vzorky nejprve přivedou do zmlžovací komory, kde se po interakci vzorků s nosným plynem převedou na aerosol a poté se přes vstřikovací komoru dostávají do vysokofrekvenční argonové plazmy, kde se nejdříve atomizují a hned poté ionizují. Odtud jsou vedeny do dvou kuželů, kde se efektivně oddělí proud argonu od stanovovaných iontů. Po projití optickým systémem se ionty dostávají do hmotnostního analyzátoru, kde se rozdělují na základě poměru jejich hmotnosti a náboje ( $m/z$ ). Hmotnostních analyzátorů je několik typů – kvadrupólový, pulzní hmotnostní nebo například sektorový či průletový. Nejčastěji používaný je právě kvadrupólový hmotnostní spektrometr, který se skládá ze čtyř rovnoběžných vodivostních tyčí, na které jsou vloženy potenciály. Změnou těchto potenciálů spektrometr snímá celý rozsah poměru hmotnosti a náboje a lze takto ovlivňovat oscilaci iontů a to, které ionty projdou na detektor. Detektorem je nejčastěji iontový násobič, který detekuje ionty

vytříděné na hmotnostním spektrometru. Konečnou částí ICP – MS je počítač, který sbírá veškerá analyzovaná data. [17], [18], [19]



**Obrázek 8:** Schéma hmotnostního spektrometru s indukčně vázaným plazmatem [19]

**Tabulka 3:** Porovnání detekčních limitů vybraných metod atomové spektroskopie [17]

Těžký kov	FL – AAS [µg/l]	ET – AAS [µg/l]	ICP – OES [µg/l]	ICP – MS [µg/l]
<b>Rtuť</b>	300	0,6	1	0,001
<b>Olovo</b>	15	0,05	1	0,00004
<b>Kadmium</b>	0,8	0,002	0,1	0,00007

## 3 RTUŤ

Rtuť je kov, jehož chemická značka je Hg, která pochází z latinského slova *Hydrargyrum*. Dnes je rtuť známá pro její nedávné využití při měření teploty, díky amalgámovým plombám používaných v zubním lékařství, nebo jako jeden z možných kontaminantů potravin. Existuje ve velkém množství sloučenin, z toxikologického hlediska jsou nejznámější elementární, dvojmocná, jednomocná rtuť a její organokovové formy. [20]

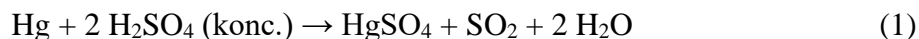
### 3.1 Historie

Historie využívání Hg nebo jejích sloučenin sahá až do doby před našim letopočtem. V době starého Řecka, přibližně kolem 13. století př. n. l. byla rtuť nazývána jako „tekuté stříbro“ pro její vzájemnou podobu s roztaveným stříbrem. V jiných dochovaných knihách byla rtuť také označována jako Merkur. Už ve staré Číně (2 000 let př. n. l.) bylo známé, že z minerálu zvaného rumělka neboli cinabarit (HgS) lze vyrobit samotnou rtuť. Středověcí alchymisté také věděli, že rtuť velmi dobře rozpouští zlato, které se zpátky získá odpařením rtuti ve formě tenké vrstvy zlata. Této informace začali využívat při pozlacování drobných předmětů, které snesly vyšší teploty nutné k odpaření rtuti. Další vlastnost objevili záhy. Rtuť byla schopna potlačovat růst mikroorganismů, dnes je tato vlastnost známá pod pojmem baktericidní účinek. Starověcí i středověcí lékaři také používali tzv. šedou mast vyrobenou z tuku a rtuti k léčení nejrůznějších chorob (syfilis, vředová a zánětlivá onemocnění). V té době převládaly na první pohled viditelné kladné účinky rtuti nad těmi negativními, které se ale projeví až po dlouhodobé expozici a v dochovaných dokumentech o nich není tak velké množství záznamů. Se stále zvětšujícím se využitím rtuti docházelo k nárůstu otrav. Během druhé světové války byly vyvinuty různé metody pro regeneraci kovů amalgámovou cestou, používaly se například ke znovuzískání hliníku ze sestřelených letadel. Většina z metod se časem přestala používat a produkce rtuti se v 80. letech výrazně snížila. V dnešní době je nejběžnějším rizikem vystavení se rtuti požitím kontaminovaného masa mořských živočichů, převážně ryb a uvolňování rtuti ze zubních amalgámů. [20], [21]

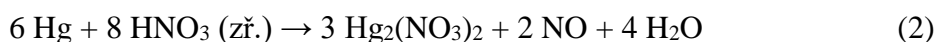
### 3.2 Fyzikální a chemické vlastnosti

Rtuť je prvkem patřícím mezi přechodné kovy s atomovým číslem 80. Je to stříbrno - bílý lesklý těžký kov. Jako jediný z kovů je při pokojové teplotě tekutý a po rozliti se vlivem velmi vysokého povrchového napětí rozpadá na malé lesklé kapičky. Rtuť je špatným vodičem tepla,

ale dobře vede elektrický proud. Rtuť je stabilní na vzduchu i ve vodě. Nereaguje s většinou kyselin, reaguje pouze se silnými kyselinami s oxidačními vlastnostmi, ve kterých se velmi dobře rozpouští. Příkladem takové reakce může být reakce rtuti s koncentrovanou kyselinou sírovou, viz rovnice (1).



Při reakcích s kyselinou dusičnou záleží na koncentraci kyseliny. Se zředěnou kyselinou dusičnou dává rtuť vznik oxidu dusnému podle následující rovnice (2).



Oproti tomu s koncentrovanou kyselinou vzniká oxid dusičitý, rovnice (3).



S dalšími rozpuštěnými kovovými prvky (zinek, stříbro, zlato) je poté schopna tvořit stabilní sloučeniny zvané amalgámy, které nejsou toxické. Ostatní sloučeniny rtuti většinou toxické jsou. Látky jako dusičnany, sírany nebo chloridy mohou se sloučeninami rtuti tvořit komplexy. Nejdůležitější pro biochemické vlastnosti rtuti je afinita k síře a jejím SH – skupinám, které se vyskytují v bílkovinách (methionin, cystein), membránách nebo enzimech a tím je schopná poškozovat funkci membrán a enzymů. [20], [22]

**Tabulka 4:** Vybrané vlastnosti rtuti [22]

<b>Atomové číslo</b>	80
<b>Značka</b>	Hg
<b>Barva</b>	stříbrno - bílá
<b>Skupenství</b>	kapalné
<b>Relativní molekulová hmotnost</b>	200,59
<b>Bod tání</b>	- 38,87 °C
<b>Bod varu</b>	356,72 °C
<b>Hustota při 20 °C</b>	13,543 g/cm <sup>3</sup>

### 3.3 Produkce rtuti člověkem

Ačkoliv se výše zmíněný historický postup výroby zlata za pomoci rtuti v civilizovaných státech nepoužívá, existují země, ve kterých je toto jedním z rizikových zdrojů expozice rtuti. Produkce zlata souvisí s nejvyšší hodnotou průměrných ročních emisí par rtuti. V zemích jako je Čína, Kolumbie, Bolívie, Ghana, Peru, Indonésie nebo Filipíny se ročně nevědomky vyprodukuje stovky tun rtuti, která utíká do okolí v podobě emisí. Uvedené země jsou

největšími producenty, ale touto metodou se vyrábí zlato ve více než 70 státech světa, podílí se na ní miliony lidí mezi nimiž jsou i děti. Ačkoliv metoda ročně poskytne kolem 330 t zlata (12 % z celkové roční produkce), toxická rizika a dopady na životní prostředí, potažmo rostliny existující jako budoucí zdroje obživy, jsou veliká. Těžba zlata pokrývá jen 17 % z celkového množství emisí rtuti na zeměkouli. Nejvýznamnějšími zdroji emisí jsou oceány (až 51 %), lesní požáry, emise z rudných ložisek a vulkanická činnost (dohromady tvoří asi 25 %). Všechny tyto emise jsou přirozené, způsobené samovolně přírodou. Emise způsobené lidskou činností mají větší procentuální zastoupení. Jedná se především o procesy, při kterých lze zjednodušeně říci, že „něco hoří“, kde se všechny suroviny, obsahující i stopová množství rtuti tepelně upravují v plameni. K těmto zdrojům patří spalování fosilních paliv (36 %), nejvýznamnější antropogenní zdroj, již výše zmíněná těžba zlata, výroba cementu, neželezných kovů, spalování kovů nebo chemická výroba louhů (vše kolem 12 %). Druhým typem emisních lidských zdrojů rtuti jsou ty, kde se v průmyslových procesích využívá rtuť a její sloučeniny, přičemž dochází k emisím vlivem technologických nedůsledností, nedokonalostí a chyb. Stejně tak může být vina přisuzována nezodpovědnému jednání pracovníka. [21], [23]

V České republice jsou největšími producenty emisí rtuti dvě firmy. Spolana v Neratovicích a Spolchemie v Ústí nad Labem, které elektrolyticky produkují alkalické louhy a chlor. Oficiální celkové roční emise jsou přibližně 100 kg. Ale celkové množství rtuťových ztrát dosahuje mnohem vyšších hodnot, značná část odpadů je vypouštěna do odpadních vod. V roce 2013 obsadila Česká republika v rámci EU 9. místo v hodnocení množství emisí rtuti v ovzduší, avšak od roku 1990 se České republice povedlo snížit hodnotu emisí o 4,7 tuny ročně. Větší množství emisí měli například v Polsku či Německu. [21], [23]

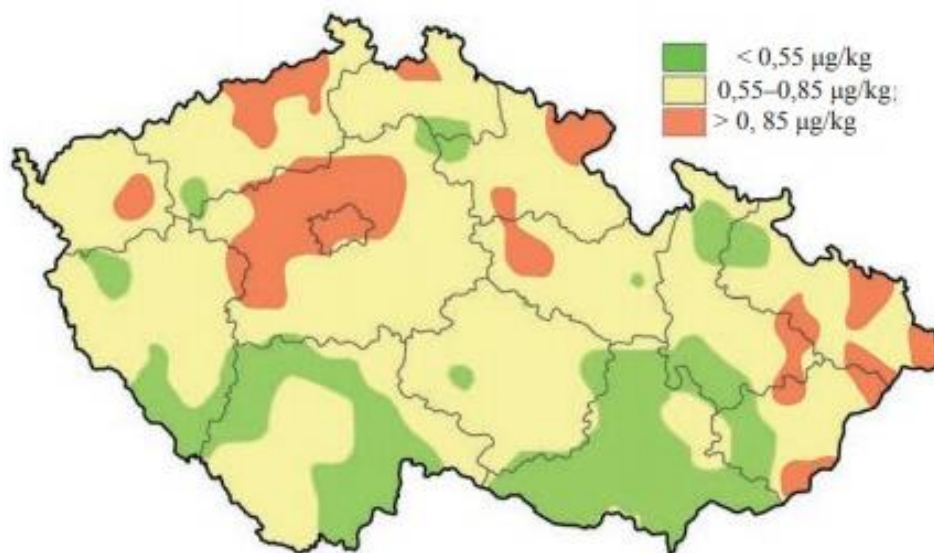
### **3.4 Rtuť v životním prostředí**

V atmosféře se rtuť vyskytuje ve třech formách. Plynná elementární rtuť má v atmosféře až 90 % zastoupení, a také má velmi nízkou reaktivitu. Elementární rtuť může zůstat v atmosféře až rok či dva. Tato dlouhá doba je způsobena její nízkou reaktivitou, naopak způsobuje putování plynných částic rtuti na velmi dlouhé distance. Mnohem reaktivnější je plynná forma v podobě sloučenin ( $\text{HgCl}_2$ ), chlorid zastupuje 3 % celkové koncentrace. Tato reaktivnější forma setrvává v atmosféře mnohem kratší časový interval (dny, týdny). Nejmenší množství potom představuje rtuť, která je absorbovaná na povrch pevných částic aerosolu (v průmyslově znečištěných regionech může být koncentrace tohoto atmosférického typu mnohonásobně vyšší). Vázaná rtuť se objevuje poměrně blízko svého zdroje, má nejkratší



časový interval pobytu v atmosféře. Z atmosféry se rtuť na rostliny může dostávat mokrou cestou, při dešti. K mokrému spadu, který je méně častý, se přidává tzv. spad suchý, kdy se plynná rtuť zachytává na listech nebo jehlicích stromů a rostlin vlivem jejich dýchání. Suchá depozice se liší v závislosti na druhu porostu. Bukové oblasti jsou rtuťí více zasažené než oblasti smrkových lesů. [21], [24]

Rtuť se velmi dobře váže na organické složky půdy. Největší množství rtuti je ve vrchních částech půdy v lesích, kde je hojně obsažena organická hmota. Organická hmota exponovaná rtuťí může být humifikována (rozpad na huminové látky). Podle množství rtuti ve vzniklém humusu lze usuzovat o depozici rtuti za delší časový úsek, protože lesní humus se v chladných oblastech uchovává až stovky let. K uvolnění rtuti může dojít v důsledku lesních požárů. K monitoringu obsahu rtuti v lesích došlo v roce 1995. V okolí středních Čech byla nalezena místa s největší koncentrací rtuti, konkrétně to byla území mezi Prahou, Mladou Boleslaví, Českým Brodem, Příbramí, Mělníkem, Rakovníkem, Rokycany a úpatím Krušných hor. Právě v těchto regionech je několik průmyslových podniků, které pravděpodobně způsobují zvýšené množství emisí (metalurgie – Plzeňsko, Rokycansko, zpracování rudy – Příbramsko, výroba cementu – území Českého krasu, elektrochemická výroba louhů na rtuťové elektrodě – Neratovice, výroba elektrické energie spalováním hnědého uhlí – Krušnohorsko). Dalším místem zvýšeného výskytu rtuti je okolí Ostravska, které je kontaminováno ocelářským a hutnickým průmyslem. [21]

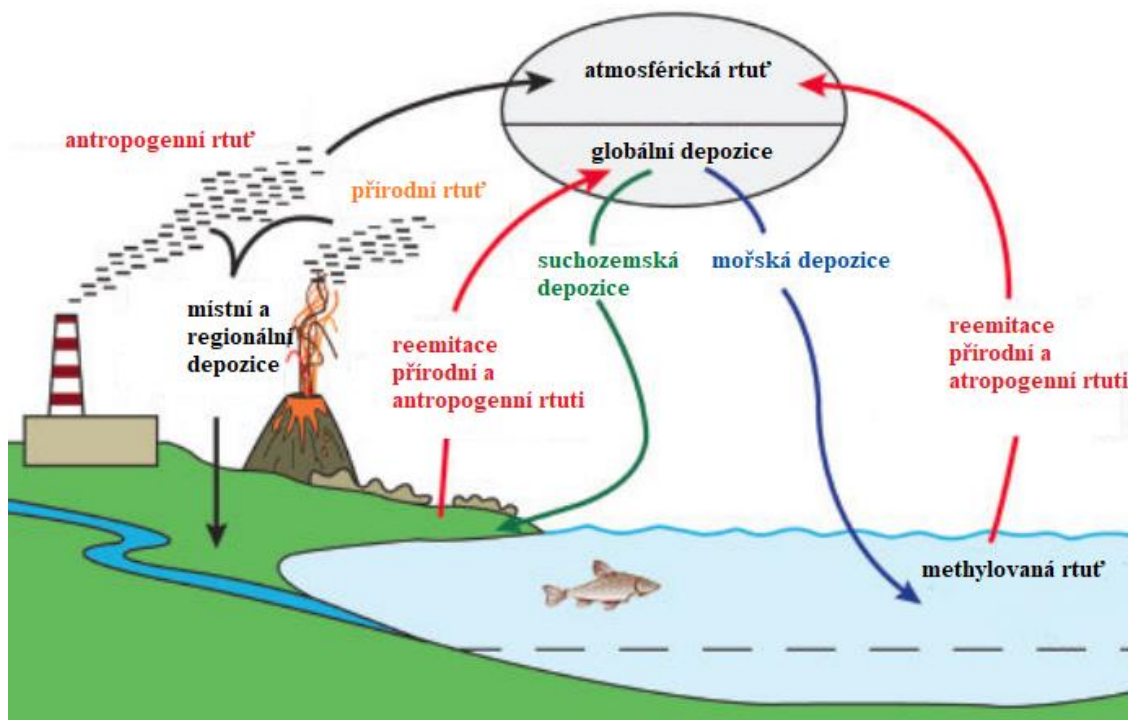


**Obrázek 9:** Mapa obsahů rtuti v lesním humusu na území České republiky v roce 1995 [21]

Rtuť je v běžné vodě zastoupena v minimálním množství (řádově v ng/l). V porovnání s ostatními těžkými kovy jako jsou kadmium a olovo je rtuti asi o 2 – 3 řády méně. Ve vodě má

rtuť podobnou vlastnost jako v půdě, a to afinitu k organickým látkám. Ve sladké vodě se váže výlučně s organickými částicemi. V mořské vodě, kde je nižší množství organických sloučenin, je schopna vazby s chloridy, nachází se v podobě chlorokomplexů. Zvýšené množství rtuti ve sladkovodních tocích se objevuje zpravidla dvakrát do roka (v době tání sněhu a při letních přeháňkách), kdy voda dosahuje mnohem vyšších průtoků a touto silou se na dně řek zvrší sediment obsahující částičky rtuti, které obsah zvyšují. V dalších částech roku je hladina rtuti nízká. Jedním z mála míst, kde je hladina rtuti vyšší, jsou odtoky v místech s vysokým obsahem organických látek, např. rašeliniště. Hladina rtuti může být trvale vyšší v okolí průmyslových podniků, kde může dojít k haváriím, únikům chemických látek nebo vypouštěním odpadů. Toxické kovy, tedy i rtuť, mohou šířit benzínové motory rybářských člunů. [24]

Přestože je hladina rtuti ve vodách nízká dochází k její tzv. bioakumulaci. Bioakumulace je proces, při kterém se sloučeniny a prvky dostávají z životního prostředí do tukových tkání těl živých organismů. Na dně řek a jezer kontaminovaných rtutí, která je usazena spolu s částicemi, na které je absorbovaná, žijí anaerobní bakterie, které redukcí uvolňují rtuť ze sedimentů, a ta se následně zachytává na mikroorganismech. Stejně tak se na mikroorganismech může zachytávat rtuť rozptýlená ve vodě. Syntéza methylrtuti z anorganických rtuťnatých sloučenin se nazývá jako proces reduktivní metylace, je to neenzymatický přenos anorganické rtuťnaté skupiny na methylkobalamin v přítomnosti různých bakteriálních rodů přítomných v kontaminovaných sedimentech. Touto reakcí vzniká extrémně toxická sloučenina methylrtuť,  $\text{CH}_3\text{Hg}$ . Methylrtuť se váže na sloučeniny šestimocné síry a má zvýšenou schopnost akumulace v tukové tkáni. Mikroorganismy, které jsou kontaminovány rtutí, jsou potravou pro větší organismy a kontaminace rtutí tak hierarchicky putuje potravní pyramidou až k velkým rybám, které loví a konzumují lidé. [21]



Obrázek 10: Zdroje a přeměny rtuti [24]

### 3.5 Potravinové zdroje rtuti

Nejčastějším potravinovým zdrojem rtuti jsou ryby, měkkýši a korýši. Rybí maso, zádové a boční svaly jsou zdrojem dobře stravitelné suroviny bohaté na bílkoviny, minerály a vitamíny (A, D). Rybí tuk obsahuje velké množství nenasycených mastných kyselin a jodu. Podle „tabulek“ správné výživy by měly být ryby konzumovány dvakrát týdně. Největší zdravotní riziko představuje organická forma rtuti, methylrtuť, která představuje až 90 % rtuti vyskytující se v rybách. Rtuť se může do těl ryb dostat několika způsoby, a to žábami, povrchem těla nebo trávicím traktem po pozření menší kontaminované potraviny. V tělech ryb se rtuť akumuluje ve svalové tkáni, v játrech, pohlavních orgánech a šupinách. Koncentrace rtuti se snižuje v tomto pořadí, nejvíce je jí ve svalové tkáni, u ryb lovených z méně kontaminovaného prostředí. Ryby lovené z kontaminovanějšího prostředí akumuluji rtuť primárně v játrech. Podle toho, zda je více rtuti stanovené v játrech nebo ve svalectech lze určit, jestli je místo lovu kontaminované více či méně. Množství rtuti obsažené v rybách se odvíjí od oblasti jejich výskytu a jejich věku, se stoupajícím věkem stoupá i koncentrace rtuti v organismu. [25]

V České republice jsou hodnoty rtuti, ve sladkovodních rybách žijících ve vodách určených k výlovu, velmi přísně hlídány a kontrolovány. Nejvíce kontaminované jsou dravé ryby,

například bolen dravý, úhoř říční, štika obecná a okoun říční. Nejnižší koncentrace jsou zaznamenávány u nedravých ryb a u ryb z volných toků, u kapra obecného a lína obecného, toto jsou druhy, které bývají ve věku dvou let z kontaminovaných vod přesunuty do chovných nádrží, kde je hladina koncentrace rtuti minimální. Pstruh potoční a lipan podhorní obsahují větší množství rtuti než siven americký a pstruh duhový. Poslední dva uvedené druhy jsou ve věku 15 – 20 měsíců přesunuty do nekontaminovaných rybích farem, aby nedocházelo ke kontaminacím a mohli se využívat jako potrava. [21], [25]

Mnohem větší koncentrace rtuti než v rybách sladkovodních je v dravých rybách mořských. Nejčastěji to jsou velké dravé ryby jako tuňák žlutoploutvý, mečoun obecný nebo žralok, kteří se živí menšími rybami, které už v sobě určitou hladinu rtuti měli. Vlivem schopnosti bioakumulace rtuti a neustálým požíváním menších ryb se zvyšuje koncentrace rtuti ve velkých mořských rybách. Potravní pyramidu poté uzavírá člověk, který je po ulovení některé z takto kontaminovaných ryb vystaven velké toxické dávce. [25]

Hladinu methylrtuti v rybách ovlivňuje řada faktorů například salinita, pH, místo výskytu a s tím související množství rtuti v sedimentech a velikosti ryb. Hladinu methylrtuti ve sladkovodních rybách ještě navíc ovlivňuje roční období a záplavy, které mohou do vod dostat větší množství toxických látek než při normální výšce vodní hladiny. [24]

Dalším potravinovým zdrojem, který je schopen velmi dobré akumulace anorganické rtuti jsou houby, konkrétně jejich plodnice. Nejvíce akumuluje rtuť bedla vysoká, špička obecná, pýchavka obecná a některé druhy hřibovitých hub. V zamořených regionech může její obsah dosahovat hodnot až 50 000 µg/kg sušiny. Na zemědělských pozemcích je rtuti poměrně málo, v porovnání s množstvím v lesích a houbách, průměrně je to asi 60 µg/kg. Orbou totiž dochází k provzdušňování půdy a organická hmota se rychleji rozkládá a rtuť se v plynné formě vrací zpátky do atmosféry. [21], [23], [25]

### **3.6 Toxicita rtuti**

S ohledem na toxicitu je rtuť podstatným prvkem. Její toxické účinky jsou přímoúměrně závislé na době expozice. Tento prvek inhibuje funkci bílkovin a enzymů. Rtuť se nejčastěji váže na –SH skupiny, navázáním na buněčné membrány může bránit transportu důležitých látek do buňky a z buňky. Pokud nedochází k přenosu sacharidů do mozku, může docházet k energetickým ztrátám a poškozením mozku. Na druhou stranu se buněčná membrána může stát propustnější pro draslíkové ionty, čímž dojde k porušení přenosu nervového signálu do mozku. Cílovým orgánem, který postihují toxické účinky rtuti je tedy mozek. [23], [26]

Horníci, výrobci rozbušek, teploměrů a barometrů, výrobci klobouků (odtud pochází fráze „šílený jako kloboučník“), to jsou zaměstnání, která byla v minulosti nejvíce vystavená působení anorganické rtuti, jejich práce často vedla k otravám rtutí. Dochované dokumenty uvádí, že tito pracovníci trpěli depresemi, nespavostí, třesem a byli náladoví, zmatení. Expozice anorganickým solím rtuti vyvolává bolesti břicha a průjmy. Elementární rtuť se do organismu dostává inhalací jejich par a je vstřebávána v plicích. Chronická inhalace nižších dávek vede k bolestem hlavy, únavě, ztrátě paměti nebo k depresím. Kromě účinků na nervový systém má rtuť i nefrotoxické účinky při inhalaci. [2], [23], [26]

Při orální expozici závisí toxické účinky na formě přijímané rtuti. Anorganické sloučeniny jsou méně toxické než organické. Organická forma rtuti, methylrtuť se z 90 – 95 % absorbuje v gastrointestinálním traktu. Do tkání se dostane za pouhé 4 dny, do mozku za 5 – 6 dní, jelikož jsou organické látky dobře rozpustné v lipidech. Proto i methylrtuť snadno překonává hematoencefalickou bariéru a dostává se tak do CNS a mozku. Vzhledem k tomu, že rtuť primárně působí na mozek, především na jeho část mozeček, a celý nervový systém, nejdříve narušuje koordinaci svalů, vede k rozmazanému vidění, malátnosti a parestézii. Následně se objevují příznaky jako ataxie, úplná ztráta schopnosti kontroly a koordinace svalů a dále slepota. V nejhorších případech může postižený jedinec upadnout do kómatu a zemřít. Klinické a epidemiologické studie dokazují, že prenatální vývoj jedinců je ještě náchylnější na toxické účinky rtuti než běžný dospělý jedinec. Rtuť přechází i přes placentu, tudíž při chronické expozici se toxické účinky často nemusí projevit na matce, ale na jejím plodu. Podle některých studií byla koncentrace po dvoudenní expozici u plodu třikrát větší než u matky. Při vývoji plodu a malých dětí může nadměrná expozice rtuti způsobovat abnormální vývoj neuronů, což vede k neuropatii nebo až k mentální retardaci a paralýze. Otravy methylrtutí mají několik důležitých příznaků a rysů. Prvním z nich je dlouhá latentní doba až v řádech měsíců, poškození téměř výhradě nervového systému. Oblasti poškození jsou v celku dobře lokalizované – mozeček nebo zrková kůra. V závažných případech jsou účinky nevratné. Nejčastějšími prvotními účinky je parestézie, rozmazané vidění a nevolnosti. [2], [23], [26]

### **3.7 Historicky významné otravy**

Historicky nejvýznamnější a největší otravy rtutí, které by se daly považovat až za epidemie, byly dvě. První z nich byla v japonských městech Minamata a Niigata, druhá byla na Iráckém venkově.

První hromadná otrava rtutí se objevila v okolí zálivu Minamata na japonském ostrově Kjúšú v roce 1953. Nejprve tuto „nemoc“ místní obyvatelé nazývali nemocí tančících koček, protože ji prvně pozorovali právě u koček, které ztrácely schopnost koordinace a bezhlavě se vrhaly do moře. Dalšími nápadně postiženými byli ptáci, kteří bez příčin padali na zem, naráželi do objektů a ztratili jakoukoliv orientaci. Obě tato zvířata se živila rybami. Nezvyklé nervové příznaky se poté začaly projevovat na vesničanech, rybářích a jejich rodinách, kteří na pobřeží zálivu Minamata žili a velkou část jejich potravy tvořilo ulovené rybí maso. Všichni otrávení měli příznaky týkající se postižení centrálního nervového systému. Jednalo se o třes rukou, znecitlivění končetin, poruchy zraku, řeči a pohybu, společným znakem postižených jedinců byla parestézie. Těhotné budoucí matky, které byly jen mírně otrávené, později rodily děti s těžkou mozkovou obrnou. Postiženo bylo asi 700 lidí, z toho 40 % zemřelo. Zdrojem rtuti byl v té době odpad vypouštěný z nedaleké továrny, vyrábějící vinylchlorid za použití chloridu rtuťnatého jako katalyzátoru, do zálivu. Ačkoliv poznatky z hromadné otravy v Minamatě byly publikovány, došlo v roce 1965 k další hromadné otravě rtutí, tentokrát v městečku Niigata u řeky Agano. Příznaky byly stejné jako u otrav v Minamatě, zdrojem kontaminace byl také průmyslový podnik vypouštějící své odpady, tentokrát do řeky. [23]

Druhou epidemií byla v letech 1971 – 1972 otrava obilím v Iráku. Na jaře byla do Iráku dodána velká zásilka obilí z Mexika a Spojených států, která byla ošetřena fungicidem obsahujícím methylrtuť, aby se osivo dlouhou cestou nezkazilo. Tato zásilka byla poté distribuována především na venkov. Distribuci pytle s ošetřeným osivem k venkovskému obyvatelstvu doprovázela varování, že se nejedná o zrna určená ke konzumaci a k obživě obyvatelstva. Na pytlích byly dokonce výstražné štítky, ale byly jen v anglickém a španělském jazyce, nikoliv v jazyce místním. Mořené semeno bylo ještě navíc ošetřeno červeným barvivem, aby se dostatečně odlišilo od zrna jedlého. Místí zemědělci, zjistili, že barvivo lze omýt a domnívali se, že omytím odstranili jedovatou část a dodané obilí použili ke konzumaci. Vzhledem k akutnímu nedostatku potravin začali zrna v listopadu 1971 používat k výrobě chleba, místo toho aby obilí zaseli. Toxickou nezávadnost zrn testovali na domácích zvířatech, protože účinky rtuti se neobjevují okamžitě, začali chléb konzumovat i obyvatelé. První příznaky otravy (špatná koordinace, ataxie, zhoršené vidění až slepota) se objevily už v prosinci téhož roku. V lednu roku 1972 vláda nařídila veškeré obilí zlikvidovat a hrozila trestem smrti pro každého, kdo by ho prodával. Zemědělci obilí zlikvidovali, tak že své zásoby odložili tam, kde to bylo možné, čímž způsobili kontaminaci spodních vod a otrav stále přibývalo. Prvními příznaky byla parestézie a malátnost, následovala ataxie, zúžení zorného pole a ztráta sluchu. Na konci března 1972 už bylo hospitalizováno 6 530 osob a 7 % z nich otravě podlehl, zemřeli

na celkové selhání centrální nervové soustavy. Podle zaznamenaných údajů podleho 459 obyvatel, mluví se ale i o číslech desetkrát vyšších, která nejsou podložena úředními záznamy. V roce 1974 učinila Organizace pro výživu a zemědělství (FAO) a Světová zdravotnická organizace (WHO) kroky, aby dalším podobným případům otrav zabránila. Mezi tyto kroky patřilo sjednocení označování obalů místním jazykem a veřejně známými výstražnými symboly. Byly také zkoumány možné přísady, které by způsobovaly hořkou chuť. Mnohé vlády omezily nebo úplně zakázaly používání prostředků obsahující rtuť na jakékoliv procesy související s potravinami. [23], [27]



**Obrázek 11:** Pytel s mořeným osivem s varovnými nápisy a osivo ošetřené červeným barvivem

[28]

## 4 OLOVO

Olovo je dalším zástupce těžkých kovů často kontaminujících potraviny. Chemická značka olova je Pb, odvozená z latinského názvu *Plumbum*. Olovo je důležitou průmyslovou položkou, která má velké množství využití, ale také negativně ovlivňuje zdraví člověka. a to i při nízkých úrovních expozice. [29]

### 4.1 Historie

Už ve Starém zákoně je uvedeno, že těžba rud obsahující olovo začala v době starověku. Ve starověkém Egyptě se platilo olověnými mincemi, používalo se ve vahách, kosmetice, v ozdobách, v keramice nebo se přidávalo do barevných glazur. Římané našli pro olovo další různá využití, využívali ho například k vedení pitné vody, ke stavbě akvaduktů nebo při stavbě lodí jako těsnicí materiál. Použití ve velkých vodních stavbách vyneslo olovo název Plumbum, což v latině znamená vodní dílo. Z tohoto starověkého názvu plyne i používaná značka Pb. Toto využívání zřejmě vedlo k nadměrné olověné expozici populace. Toxické účinky byly objeveny velmi brzy, avšak jejich popis vlivu na lidské zdraví, použití v průmyslu a dalších odvětvích trval dlouho. Mechanismy účinků byly pochopeny ve 20. století, kdy se nejvíce rozvíjelo chápání lidské biologie a lékařství. [30]

### 4.2 Fyzikální vlastnosti

Olovo je stříbrný, lesklý, měkký kov, který je za normálních podmínek velmi stálý a stabilní. Na vzduchu vytváří na svém povrchu tmavomodrou až šedou matnou vrstvičku oxidů a hydroxidů. Tato vrstva umožňuje velkou odolnost olova vůči korozi. Nejčastějším oxidačním stavem je  $Pb^{2+}$ , méně častým  $Pb^{4+}$ . Olovo tvoří poměrně stabilní sloučeniny a čtyři stabilní izotopy ( $^{208}Pb$ ,  $^{206}Pb$ ,  $^{207}Pb$  a  $^{204}Pb$  – seřazené podle množství jejich výskytu). Olovo vytěžené v různých místech má různé poměry těchto izotopů, toho se v dnešní době využívá jako indikátoru ve studiích znečištění životního prostředí a metabolismu. Další jeho využití se najde v lékařství, protože velmi dobře pohlcuje rentgenové záření. Většina anorganických olovnatých sloučenin je nerozpustná. Nejznámějšími sloučeninami olova je tetramethyl a tetraethyl olovo, což jsou bezbarvé kapaliny o teplotě varu 110 °C. [30], [29]



**Tabulka 5:** Vybrané vlastnosti olova [30]

<b>Atomové číslo</b>	82
<b>Značka</b>	Pb
<b>Barva</b>	stříbrno - šedá
<b>Skupenství</b>	pevné
<b>Relativní molekulová hmotnost</b>	207,19
<b>Bod tání</b>	327,5 °C
<b>Bod varu</b>	1 740 °C
<b>Hustota při 20 °C</b>	11,340 g/cm <sup>3</sup>

### 4.3 Produkce olova člověkem

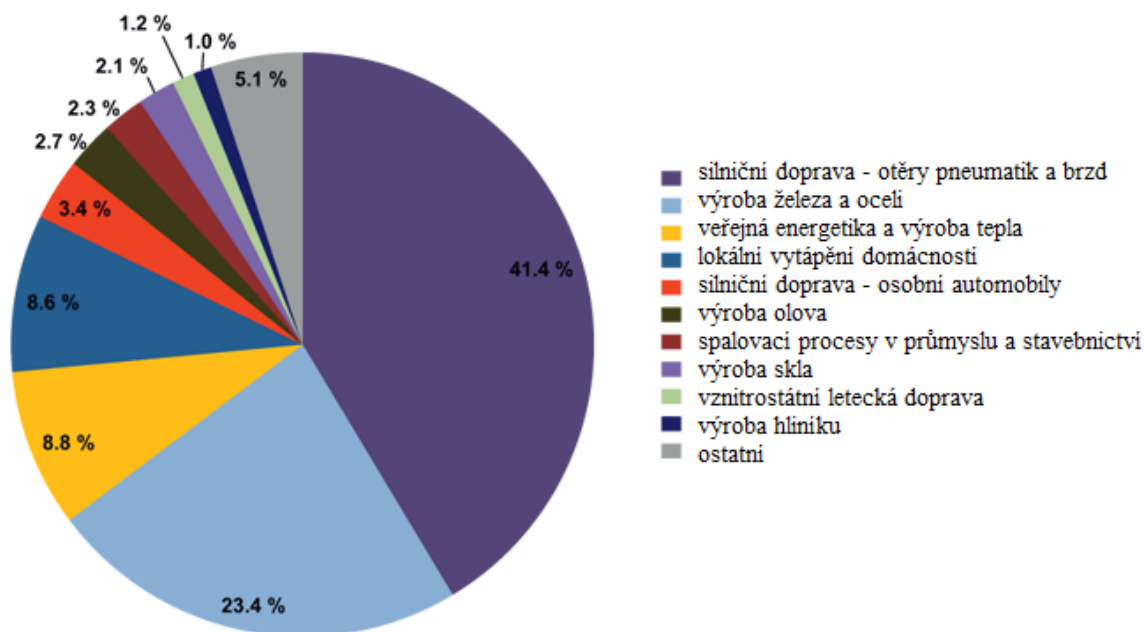
Mezi světově největší producenty olova patří Austrálie, Kanada, Mexiko, Chile, kde se olovo těží z rud sulfidu olovnatého. Těžba v těchto zemích zajišťuje asi 70 % celkové produkce olova. [31]

Olovo je druhým prvkem, po železe, které se nejčastěji používá do slitin. Olověné slitiny jsou důležité pro svou tvrdost a odolávání působení kyselin. Dnešním největším průmyslovým využitím olova je výroba akumulátorů do aut. V roce 1960 představovala výroba automobilových akumulátorů pouhých 30 % z celkové výroby olova. V roce 2013 už tato činnost představuje 80 % celkové výroby. Dalším místem využití olova jsou barevné pigmenty, pláště kabelů, střelivo nebo závaží. Vzhledem ke své odolnosti je olovo využíváno ve stavebnictví a v chemickém průmyslu. Olovo se přidává také do barevných pigmentů, bohužel čím dál častěji se tyto pigmenty dostávají do dětských a spotřebních produktů po celém světě. Ačkoliv ve Spojených státech a dalších rozvojově vyšších zemích bylo používání olověných barev zakázáno v roce 1978, státy jako Čína, Indie nebo Malajsie používají do svých výrobků tyto barvy stále. [30]

Největšími zdroji expozice jsou různá pracovní odvětví například stavebnictví, výroba kabelů, barviv a slitin, výroba šperků, leštění a malování barevného skla. Nejčastěji k otravám docházelo v 30. – 50. letech 20. století. Dnes se potenciální množství kontaminovaných míst stále zmenšuje a výskyt otrav se tím potlačuje. Zmenšení množství otrav je způsobeno lepšími technologickými postupy, lepším proškolením a hygienou pracovníků. Zdrojem olova mohou být tavírny, spalovny uhlí a odpadů, emise z vozidel, průmyslové podniky vyrábějící své výrobky za použití olovnatých sloučenin, demolice starých budov nebo venkovní nátěry

aplikované na konstrukční materiály. Antropogenní aktivity v minulém století vedly k větší kontaminaci vod a půd. Nejkontaminovanější jsou města a oblasti v jejich blízkém okolí, ke kontaminaci došlo rozsáhlým využíváním alkyl – sloučenin (tetraethyl olovo a tetramethyl olovo) v přísadách do benzínů. V 70. letech 20. století bylo přidávání těchto syntetických sloučenin zakázáno. Obě dvě látky jsou velmi toxické a přidávaly se do benzínových směsí za účelem zvýšení účinnosti a tím i snížení „klepání“ motoru a snížení spotřeby benzínu v automobilech. I když je v běžných autech používání tohoto benzínu zakázáno, jsou stále místa, kde se používat může. Letecký benzín obsahuje tyto sloučeniny a olovený benzín se stále hojně používá v závodních autech. [30], [32]

Ačkoliv bylo použití olova do benzínu zakázáno, existuje celá řada dalších produktů, které olovo obsahují (olověné baterie, akumulátory, broky). Veškerou touto lidskou činností dochází ke kontaminaci olovem životního prostředí, potažmo kontaminaci potravin.



Obrázek 12: Podíl různých odvětví na obsahu emisí olova v roce 2016 [8]

#### 4.4 Olovo v životním prostředí

Odhaduje se, že v zemské kůře je koncentrace olova asi 16 mg/kg. Přírodními zdroji olova jsou převážně rudy, ze kterých bylo olovo poprvé extrahováno. Celosvětově nejrozšířenější olovnatou rudou je galenit (PbS). Olovené rudy se nejčastěji vyskytují v přítomnosti stříbra a zinku, méně často s mědí, antimonem nebo bismutem. Rudy obvykle obsahují přibližně 10 % olova. Mimo rudy se olovo vyskytuje v různých minerálech, oxidech, uhličitanech (cerusit)

a síranech (anglesit), které nejsou tak běžné. Obecně platí, že půdy podložené žulovými horninami obsahují více olova než půdy s čedičovým podkladem. [31], [30]

Atmosférou mohou být částice olova vzniklé lidskou činností přepravovány na dlouhé vzdálenosti, dokud se suchou nebo mokrou depozicí nedostanou do životního prostředí. Vzdálenost závisí na velikosti přepravovaných částic. Větší částice, které představují asi 95 % emisí, se po určité době usadí, zatímco malé částičky mohou za pomoci vzduchu putovat stovky kilometrů. [30]

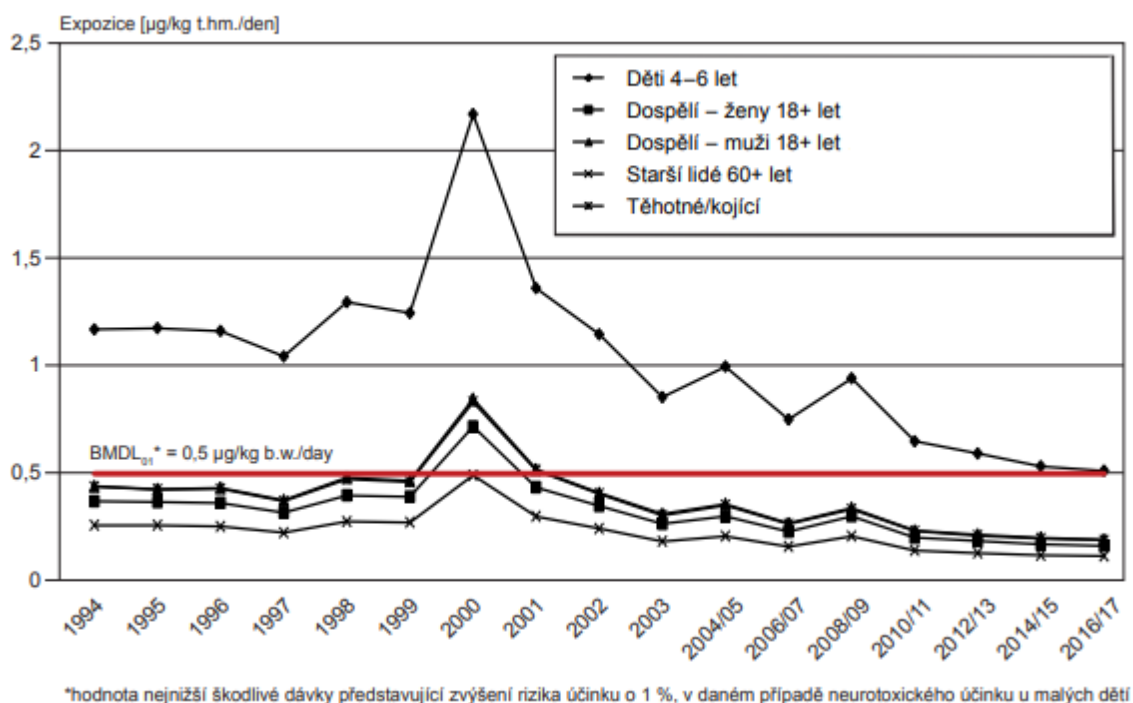
V půdě je olovo vcelku nedostupné, běžně reaguje se složkami půdy za vzniku nerozpustných solí. Tuto nedostupnost ještě zvyšuje reakce s organickou huminovou kyselinou, které jsou součástí půd. Do vod se z půd dostává olovo špatně. Může být ale přijaté hospodářskými zvířaty a stát se tak součástí potravního řetězce. [32]

Koncentrace olova ve vodách je závislá na místě jeho vstupu do vodního toku a pochází z odtoků, olovo může být přinášeno erozí nebo se do vod dostává přímým spadem z atmosféry. Ke zvýšení kontaminace vod mohou přispět olověné náboje používané pro lov a rybolov. Zvýšením koncentrace ve vodách se nakonec přispěje ke zvýšení koncentrace olova v sedimentech. Sladká voda obvykle obsahuje větší množství anorganických i organických látek schopných větší absorpce rozpuštěného olova. Proto je ve sladkých vodách větší koncentrace olova než ve vodách mořských. Za kontaminaci oceánů z větší části může spad z atmosféry než přítok olova z řek. Ve vodních rostlinách se potom akumuluje olovo nejvíce v kořenech, následně ve stoncích a nakonec až v listech. [30], [32]

## 4.5 Potravinové zdroje olova

Množství a koncentrace olova v potravinách je v dnešní době menší než v dobách, kdy se do benzinů přidávalo tetraethylolovo. V potravinách živočišného původu se může olovo vyskytovat v některých mořských rybách. V nejvyšších koncentracích se ale vyskytuje ve vnitřnostech, konkrétně v játrech a ledvinách. Se zvyšujícím se věkem se zvyšuje i koncentrace olova ve zvířatech, to je způsobeno akumulací olova v tukové tkáni zvířat. U potravin rostlinného původu obsah olova závisí na jeho obsahu v půdě, potažmo ve vodě. Vyšší koncentrace olova byly prokázány u hlávkového salátu, špenátu nebo mrkve, dále pak v plodnicích hub (žampion, špička obecná) a olejnatých semenech. Obecně platí, že vyšší hladina koncentrace olova je v ovoci a zelenině (v plodech a listech), které se pěstují v okolí jeho významných zdrojů (dříve kolem cest a silnic). Tedy rostliny vystavené účinkům kontaminovaného ovzduší. Malou výhodou této povrchové kontaminace je možnost odstranění

kontaminantu omytím. I tak ale může konzumace kontaminovaného ovoce a zeleniny výrazně zvýšit expozici lidí. Podle studií z minulého století je možné snížit koncentraci olova o 30 – 70 %. Uvádí se, že při deštivém počasí se může množství olova snížit i o 16 %. Ke zvýšení účinnosti omývání bylo doporučováno použití 1 % roztoku kyseliny octové. Mimo povrchové expozice může být potravina také kontaminována vsřebáváním olova kořenovým systémem z půdy. Nepřímo se mohou zdrojem olova stát potraviny omyté vodou z vodovodu, který je ve starých budovách stále tvořen olověným potrubím. Vyšší obsahy olova mohou obsahovat potraviny v konzervách a plechovkách. Tuto kontaminaci může způsobit olovo obsažené ve slitině cínu, kterou se zatajují švy konzervy. U dětské výživy jsou kladeny mnohem větší nároky na zdravotní nezávadnost, proto se nejčastěji balí do skla. [31], [4], [33]



Obrázek 13: Expozice olova z příjmu potravin, 1994 – 2016/2017 [34]

## 4.6 Toxicita olova

Po absorpci se olovo distribuuje krví (z 99 % se váže na erytrocyty). Olovo je kumulativním jedem, protože má tendenci hromadit se na místech s vyšším obsahem vápníků, tedy v kostech člověka. Odtud se uvolňuje velmi pomalu, eliminační poločas olova je 5 – 10 let. U dospělého člověka je až 95 % veškerého absorbovaného olova uloženo v kostech. Absorpce závisí na formě přijímaného olova, na zdravotním stavu i věku jedince, z potravy je běžná absorpce asi 14 %. U malých dětí byla prokázána mnohem větší absorpce, až 42 %,

v závislosti na jejich vývoji GIT. Vliv na vstřebávání olova trávicím traktem mají i dietní faktory, nízký obsah vápníku, vitamínu D, deficit železa nebo hladovění mohou vstřebávání zvyšovat. Studie na zvířatech prokázaly velké množství toxických účinků olova, mezi ně patří kardiovaskulární, hematologické, neurologické účinky nebo i účinky na vývoj plodu. Akutní expozice olovem zahrnuje příznaky jako koliky, zvracení nebo průjmy. Podle některých vědců inhibuje nebo napodobuje olovo funkci vápníku v organismu. Vápenaté ionty mají velký vliv na nervový systém. Proto se toxické účinky olova mohou projevat zpožděným vývojem nervového systému, agresivitou, hyperaktivitou nebo naopak hypoaktivitou. Na mozek a nervovou soustavu dětí působí toxický účinek mnohem více než na dospělé, tento fakt je způsoben nedokonale vyvinutou hematoencefalickou bariérou. U dětí může expozice olovem způsobovat zjevné příznaky jako encefalomatii, až paralýzu, bolesti hlavy, křeče nebo kóma. V menší míře to mohou být poruchy učení nebo hyperaktivita. Působení olova může mít vliv na mužský pohlavní systém, na spermatogenezi. Dlouhodobá expozice může mít za následek snížení počtu, koncentrace a pohyblivosti spermií. V těhotenství může expozice olovem způsobit předčasný porod nebo sníženou porodní váhu dítěte. Olovo přestupuje placentou přímo k plodu, který může postihnout toxickými účinky více než samotnou matku. Vzhledem k tomu, že metabolismus vitamínu D souvisí s koncentrací vápníků v těle, má olovo nepřímý negativní vliv na vitamin D. Zhoršuje se tedy růst a vývoj kostí a zubů. [29] [32]

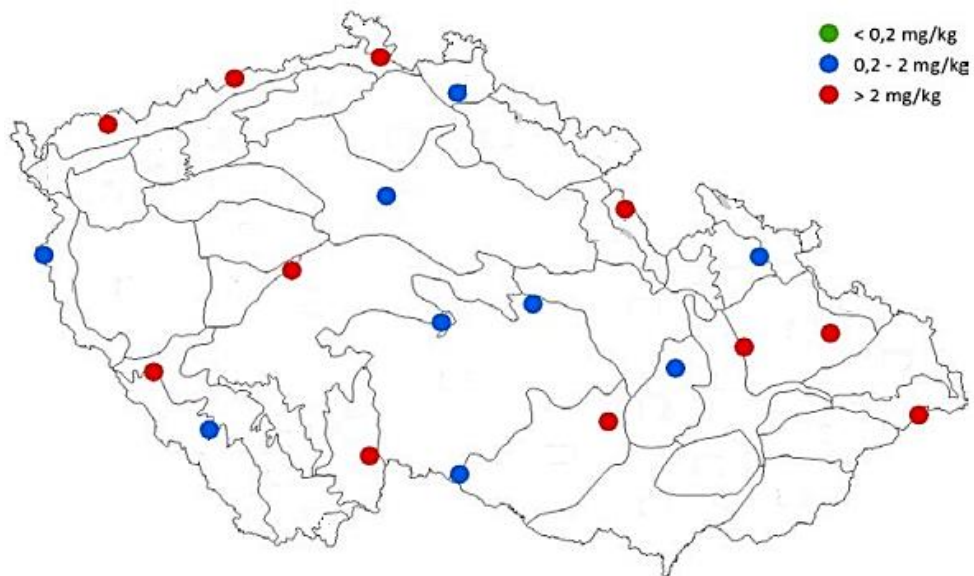
## 5 DALŠÍ TĚŽKÉ KOVY

Mezi další popisované těžké kovy v této bakalářské práci patří jak kovy toxické pro lidský organismus, tak i kovy nepostradatelné. Dalšími příklady toxických kovů jsou kadmium a arsen. Naopak mezi nepostradatelné kovy patří zinek, železo nebo měď.

### 5.1 Toxické kovy

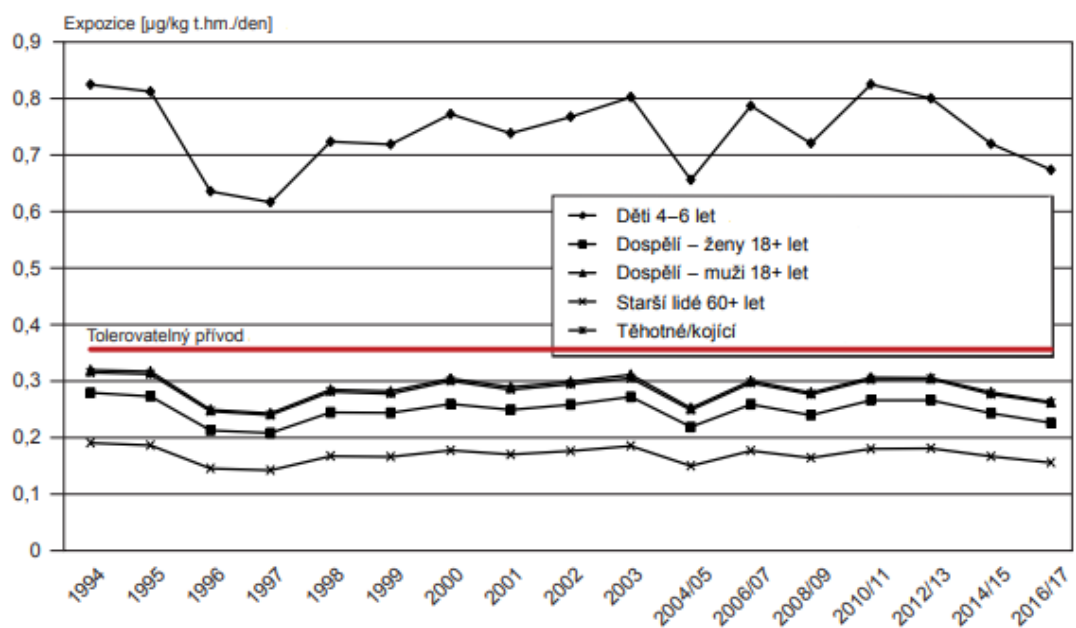
#### 5.1.1 Kadmium

Do řady těžkých kovů dále patří kadmium. Chemická značka Cd pochází z latinského slova *Cadmium*, jeho atomové číslo je 48. Kadmium se vyskytuje ve sloučeninách jako dvoumocný kationt. Lze ho nalézt v horninách po boku s olovem a zinkem a také v sulfidických rudách. V minulosti se často používalo při výrobě plechů v leteckém a automobilovém průmyslu (chrání železo před korozi). Kadmium je v dnešní době obvyklou součástí barviv a pigmentů. Do životního prostředí se kadmium může dostávat spalováním pohonných hmot v automobilech, v zemědělství používáním pesticidů, čistírenských kalů a fosfátů, při výrobě plastů, akumulátorů nebo při výrobě barviv a v dalších průmyslových odvětvích. Nejčastějším zdrojem expozice kadmii jsou potraviny a voda. Kontaminovanou se voda stává po projití pozinkovaným potrubím. Obsah kadmia v potravinách je stejně jako u olova závislý na obsahu kadmia v půdě. Z rostlinných produktů obsahují největší množství kadmia kořeny a následně listy. Největším rostlinným zdrojem kadmia je špenát, listová zelenina, brambory, a obiloviny. Udává se, že obsah kadmia v zelenině je pětikrát větší než v plodech ovoce. Stejně jako u ostatních těžkých kovů se kadmium často nachází v plodnicích hub (žampiony, čirůvky). [31], [4], [33]



**Obrázek 14:** Obsah kadmia ve vzorcích jedlých hub v roce 2017 [ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ] [3]

Hospodářská zvířata mohou být nejčastěji kontaminována požitím krmiva obsahující kadmium. Kadmium se akumuluje v ledvinách a játrech přežvýkavců i domácích prasat. Naopak ve vejcích a mléčných výrobních se kadmium objevuje minimálně. Do potravin se často přidávají koření směsi, barviva nebo konzervační látky, které mohou způsobovat kontaminaci potravin. Pokud se soli kadmia dostanou do moře, mohou se akumulovat v živočiších, zejména v planktonu, měkkýších a korýších. Požití kontaminované potravy vyvolává u lidí akutní trávicí problémy. Poprvé se otrava kadmiiem vyskytla v roce 1950 v Japonsku, byla nazvána jako Itai - Itai, neboli nemoc bolí – bolí. [31], [4], [33]



**Obrázek 15:** Expozice kadmia z příjmu potravin, 1994 – 2016/2017 [37]

### 5.1.2 Arsen

Stejně toxickým těžkým kovem jako kadmium může být i arsen, jehož chemická značka je As a atomové číslo 33. Účinky arsenu jsou lidem známy již dávno. Ve 13. století byl např. užíván k léčbě vředů. V nedávné minulosti se často používal jako přídavek do pesticidních přípravků. V dnešní době se získává při těžbě a zpracování rud obsahující olovo, stříbro, nikl nebo měď. V půdě se mohou koncentrace arsenu pohybovat kolem stovek mg/kg vlivem dřívějšího využívání pesticidů obsahujících arsen, stejně tak mohou být vyšší koncentrace v okolí průmyslových podniků zpracovávajících rudy. Čím větší je koncentrace arsenu v půdě, tím více ubývá dusíku. V okolí dolů a hutí často bývají kontaminované podzemní vody. Příkladem problémového místa nadměrné koncentrace arsenu může být prameník v Náchodě – Bělovsí. Ten musel být v roce 2015 uzavřený z důvodu nadlimitní koncentrace arsenu v minerální vodě. V mořských vodách kolem odtoků průmyslových odpadů také často bývá zvýšená hladina arsenu. Vlivem kontaminace mořských vod mohou být kontaminované i lovené ryby. Mezi potraviny akumulující větší množství arsenu se řadí oves, jako zástupce domácích rostlin. Zástupci exotičtějších potravin obsahující vyšší množství arsenu mohou být mořští měkkýši. Prudká otrava arsenem zasahuje zvláště GIT. Změny na kůži, na sliznicích nebo neurologické změny jsou důsledkem otravy chronické. [4]

## 5.2 Nepostradatelné těžké kovy

Ne všechny těžké kovy působí na lidský organismus toxicky. Existují zástupci kategorie těžkých kovů, které jsou pro organismus naopak nepostradatelné. Nedostatek těchto esenciálních kovů, minerálů může mít za následek různé nemoci a fatální následky.

### 5.2.1 Zinek

Jedním z těchto esenciálních těžkých kovů je zinek. Zinek má chemickou značku Zn a atomové číslo 30. Tento stopový prvek byl poprvé jako čistý připraven až v roce 1746. [35]

Zinek je jedním z nejvíce nepostradatelných stopových prvků v organismu. Je důležitý především pro růst a vývoj. V těle se nachází proto ve velmi vysokých množstvích (až 2,3 g) a je nutné ho přijímat potravou. 85 % z celkového množství zinku se nachází v kostech a svalech, 11 % se nachází v játrech a zbývající množství je poté uloženo v ostatních tkáních. V organismu se zinek vyskytuje ve všech šesti řadách enzymů a i v proteinech. Metalothioneiny, proteiny, které ho vážou, hrají důležitou roli při působení zinku na imunitní



system. Ovlivňují odolnost vůči stresu a zpomalují stárnutí. V lidském těle má zinek důležitou strukturní i katalytickou funkci, jeho sloučeniny slouží k převodu signálů v různých kaskádovitých reakcích. Lze říci, že zinečnaté ionty jsou důležitou součástí mnohých buněčných procesů a mechanismů, jsou podstatnými součástmi procesů genové exprese. Nejenže je zinek součástí kofaktorů enzymů energetického metabolismu, podílí se i na tvorbě inzulínu a rozvoji druhotných pohlavních znaků nebo se účastní hojení ran. [35], [36]

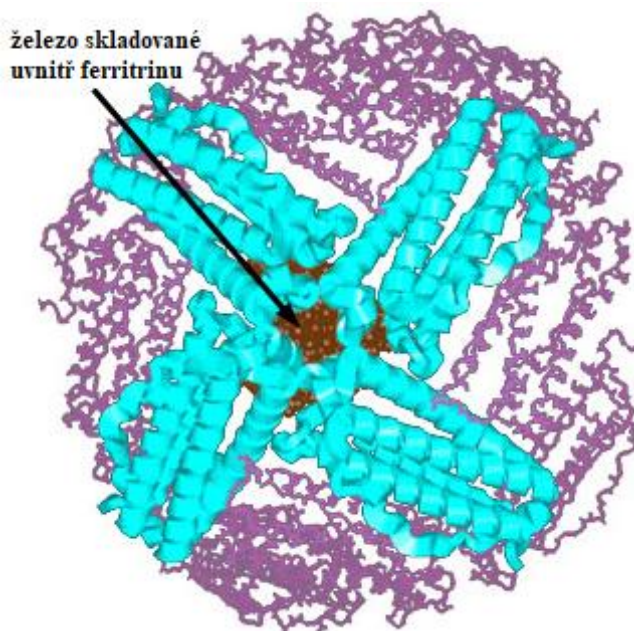
Zinek je hojně zastoupen v pitné vodě, která může být jedním z důležitých zdrojů tohoto stopového prvku. Z živočišných produktů obsahují nejvíce zinku ústřice, až 79 mg/100 g. 6,4 mg/100 g zinku může obsahovat hovězí maso. Syrový hrách, další luštěniny, cereálie a ořechy jsou zástupci z rostlinné říše obsahující zinek, avšak varem se jeho množství značně zmenšuje. Využitelnost zinku je ale lepší z živočišných produktů. [35]

Zinek není pro lidský organismus prakticky toxický. V těle se nenachází v nadbytečném množství, ale nadměrný příjem může vést ke zvýšené exkreci a snížené absorpci. Akutní toxické účinky nejsou časté, můžou se vyskytnout v případě špatného skladování potravin v pozinkovaných nádobách. Mírný deficit nejprve vyvolává nechutenství a vypadávání vlasů. Vážný nedostatek zinku způsobuje nebezpečné, život ohrožující stavy nebo poruchy pohlavního dozrávání. Má za následek vývojové vady nebo retardace růstu. [35], [36]

### 5.2.2 Železo

Dalším zástupcem těžkých kovů, které jsou v organismu nepostradatelné, je železo. Železo je biogenní prvek obsažený především v hemu, v krevním barvivu, v hemoglobinu nebo myoglobinu. Vyskytuje se v dalších enzymech a ve sloučeninách, kde je železo vázané na atom síry. Podílí se na regulaci genové exprese nebo v mnohých funkcích imunitního systému. Je součástí NADPH – oxidázy potřebné k odolnosti vůči mikrobům. Nejdůležitější funkcí je přenos elektronů kyslíku v krvi v dýchacím řetězci. V těle se železo ukládá v proteinu zvaném ferritin (viz obrázek 16), největší množství železa je uloženo v játrech, odkud se uvolňuje při jeho vysoké spotřebě. Z potravin se železo vstřebává kartáčovým lemlem v horní části duodena tenkého střeva do erytrocytů. Existují dvě přijímané formy železa – hemové a nehemové železo. Nehemové železo ( $\text{Fe}^{3+}$ ) nejčastěji pochází z rostlinné potravy a je v tenkém střevě redukováno na  $\text{Fe}^{2+}$ . Redukčním činidlem může být kyselina askorbová (neboli vitamin C) nebo aminokyseliny cystein a histidin. Vitamin C tedy zlepšuje absorpci železa z rostlinných zdrojů. Hemové železo pochází především z živočišných produktů a má výrazně vyšší vstřebatelnost. Celkem obsahuje tělo necelých 5 g železa, z toho až 70 % ve formě

hemoglobinu a zbylých necelých 30 % uložených ve ferritinu. Proto je největší deficit železa spojený se ztrátami krve.



**Obrázek 16:** Schéma molekuly ferritinu [37]

Nedostatkem železa v dnešní době trpí asi 10 % obyvatelstva vyspělých států. Prvotními příznaky deficitu jsou únava a bledost. Se zvyšujícím se deficitem železa se snižuje možnost transportu kyslíku a to způsobuje dušnost a ospalost. Druhotnými znaky deficitu železa je praskání koutků úst, lomivost nehtů a zvýšená náchylnost k infekčním onemocněním. Dlouhodobý nedostatek železa způsobuje anémii. [38], [39]

Za nejlepší zdroj železa jsou považována játra, srdce a obecně červené maso. Z rostlinných produktů jsou to potom luštěniny (fazole), listová zelenina a ořechy. [39]

### 5.2.3 Měď

Neméně významným zástupcem esenciálních kovů je měď. Měď patří mezi historicky velmi významný kov. Používala se už 3 tisíce let př. n. l. do slitiny mědi a cínu zvané bronz. Chemická značka mědi je Cu, který pochází z doby Římské. Tento prvek se značí atomovým číslem 29, má velmi dobré vodivé vlastnosti a je dobře kujný a tažný. [2]

V přírodě se vyskytuje v jednomocném a častěji ve dvoumocném stavu. Jejím nejčastějším zdrojem jsou minerály kuprit, malachit nebo chalkopyrit. Z velké části se měď vyskytuje v rudách v podobě sulfidů. Malé množství mědi se ale vyskytuje i v ryzí formě. Nejčastěji se produkovaná měď používá v elektrotechnickém průmyslu, dále pak ve stavebnictví

a strojírenství. Měď je důležitou součástí mnohých slitin. Stejně tak je nepostradatelná v zemědělství, kde se jako pesticidy používají sloučeniny mědi. [2]

V organismu se nejvíce vstřebává v duodenu tenkého střeva. A naopak vylučována je převážně žlučí. V cytoplazmě se vyskytuje měď ve třech formách, může být vázána na ceruloplazmin (až 95 %), na albuminy nebo na aminokyseliny. V lidském těle je schopná vázat aminy a s nimi vytvářet komplexy. Měď také souvisí s metabolismem železa, její nedostatek může způsobovat zhoršení syntézy hemoglobinu a až následnou anémii. Je součástí celé řady metaloenzymů, například oxidáz a hydroláz. Většina těchto měďnatých enzymů katalyzuje důležité metabolické pochody včetně dýchání a fotosyntézy, u rostlin.

Avšak stejně jako další těžké kovy má měď schopnost bioakumulace, hromadí se v kostní dřeni a játrech. Chronická otrava způsobená akumulací mědi v mozku, játrech, oční rohovce nebo ledvinách se nazývá Wilsonova nemoc. Časté problémy mohou souviset s požíváním ohřáté vody v měděných zásobnících. Měď se v tomto případě může uvolňovat do vody ve vysokých koncentracích a způsobovat nevolnosti nebo závratě. Měď je přítomna ve všech potravinách, i když v některých jen v malých koncentracích. Nejvyšší koncentrace jsou ve vnitřnostech a jádrech ořechů. [2], [29]

## 6 LEGISLATIVA

Bezpečnosti a nezávadnosti potravin je v dnešní době věnována mimořádná pozornost. Od roku 2004, kdy Česká republika vstoupila do Evropské unie, je povinna dodržovat veškeré zákony a povinnosti vyplývající z tohoto členství.

Kontrolou kvality a hygienických hledisek vod se zabývá vyhláška č. 252/2004 Sb., která ustanovuje maximální limity mikroorganismů i chemických látek přítomných v pitné vodě a teplé vodě. Tato vyhláška byla od roku 2004 několikrát novelizována. Poslední novela č. 70/2018 Sb. byla vydána 27. 4. 2018, od té doby je používána a veškeré kontroly pitné a teplé vody se řídí právě touto vyhláškou. [40]

### 6.1 Zajištění bezpečnosti potravin

Jedním z bodů společné zemědělské politiky je povinnost garance ochrany veřejného zdraví a ochrany spotřebitele. Evropskou unií je požadovaná neustálá analýza rizika, která vzniká propojením tří vzájemně spojujících se prvků. Jedná se o posouzení rizika (vědecky podložené informace), management rizika a komunikace o riziku (informovanost veřejnosti, šíření informací). Česká republika, stejně jako ostatní země EU, musí dbát na důkladnou kontrolu veškerých výrobků a procesů s nimi spojených. Tomuto systému kontroly se říká „od vidlí po vidličku“ nebo také „z farmy až na stůl“. Tato slovní spojení ukazují na kontrolu bezpečnosti, kvality a nezávadnosti potravin v celém výrobním procesu. Od počátečních surovin, přes potravinářský podnik až do míst distribuce a skladování vzniklých potravinářských produktů (všechny fáze od zemědělství po konečný spotřební výrobek). Díky této zemědělské politice EU jsou obyvatelé členských států chráněni jednou z nejpropracovanější a nejprísnejší legislativ na světě. Kontroly bezpečnosti, zdravotní nezávadnosti, ale i zdraví zvířat se provádějí v rámci celého zemědělsko – potravinářského procesu. [41], [42]

#### 6.1.1 EFSA

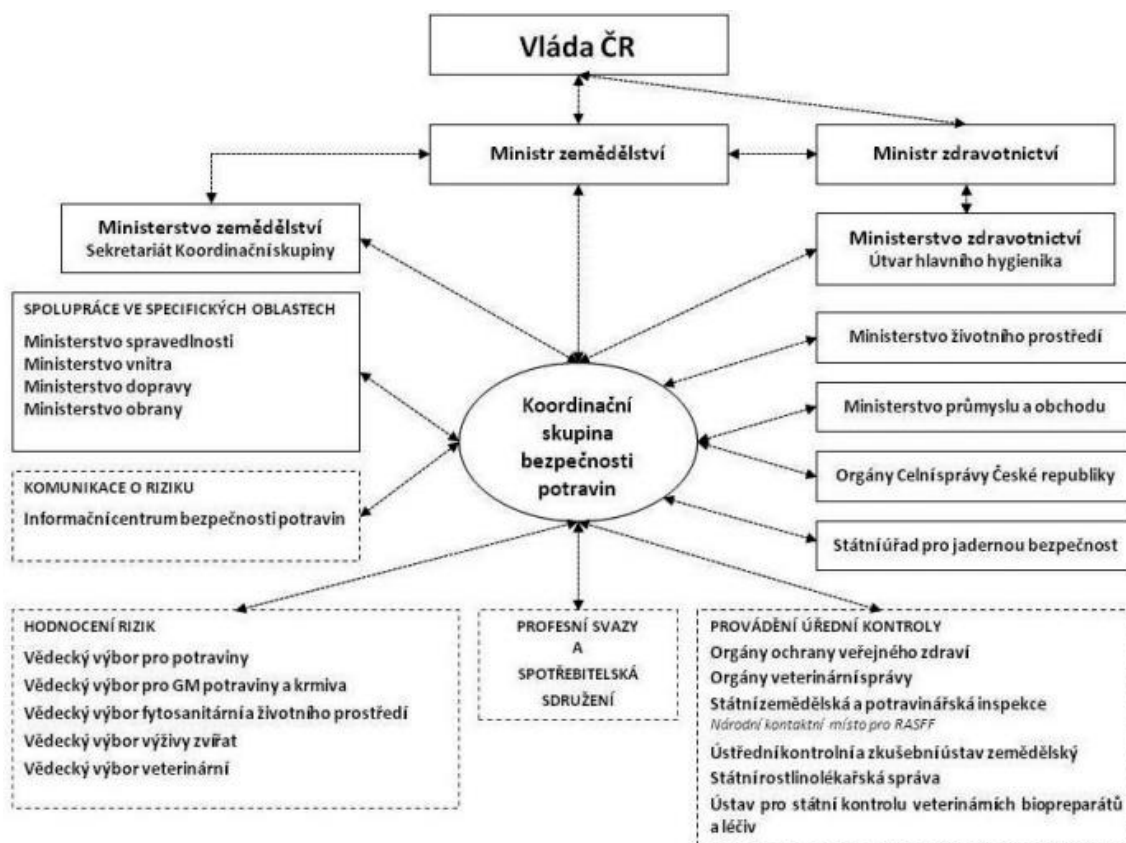
Potravinová politika EU není založena na subjektivních rozhodnutích úředníků, ale na vědecky podložených výrociích. Vědecké a objektivní informace mají na starosti různé Vědecké výbory (Vědecký výbor pro potraviny, Vědecký výbor výživy zvířat apod.) a nezávislé agentury jako je například EFSA. EFSA je nezávislá agentura založena v roce 2002 Evropskou unií a sídlí v Parmě v Itálii. Byla zřízena jako vědecké pracoviště, jako zdroj vědecky

podložených informací. EFSA vydává dokumenty, kde hodnotí rizika, popisuje svá stanoviska a rady týkající se bezpečnosti potravin. Tyto dokumenty velmi často bývají podklady pro vytváření nebo úpravu evropské legislativy. Koordinačním místem neboli prostředníkem mezi národními úřady, EFSA a spotřebiteli se v České republice stal Odbor bezpečnosti potravin spadající pod Ministerstvo zemědělství. Jeho hlavním úkolem je zprostředkování výměny informací mezi EFSA a Českou republikou. [42], [43]

### **6.1.2 Dozorové orgány**

Za bezpečnost potravin odpovídají orgány státní správy. Pod Ministerstvo zemědělství spadá Státní veterinární správa, Státní zemědělská a potravinářská inspekce, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský a Ústav pro kontrolu veterinárních biopreparátů a léčiv. Bezpečnost a zdravotní nezávadnost dále zajišťuje Ministerstvo zdravotnictví a další orgány veřejného zdraví. Ve výjimečných případech se o bezpečnost stará Státní úřad pro jadernou bezpečnost nebo orgány Celní správy. [42]

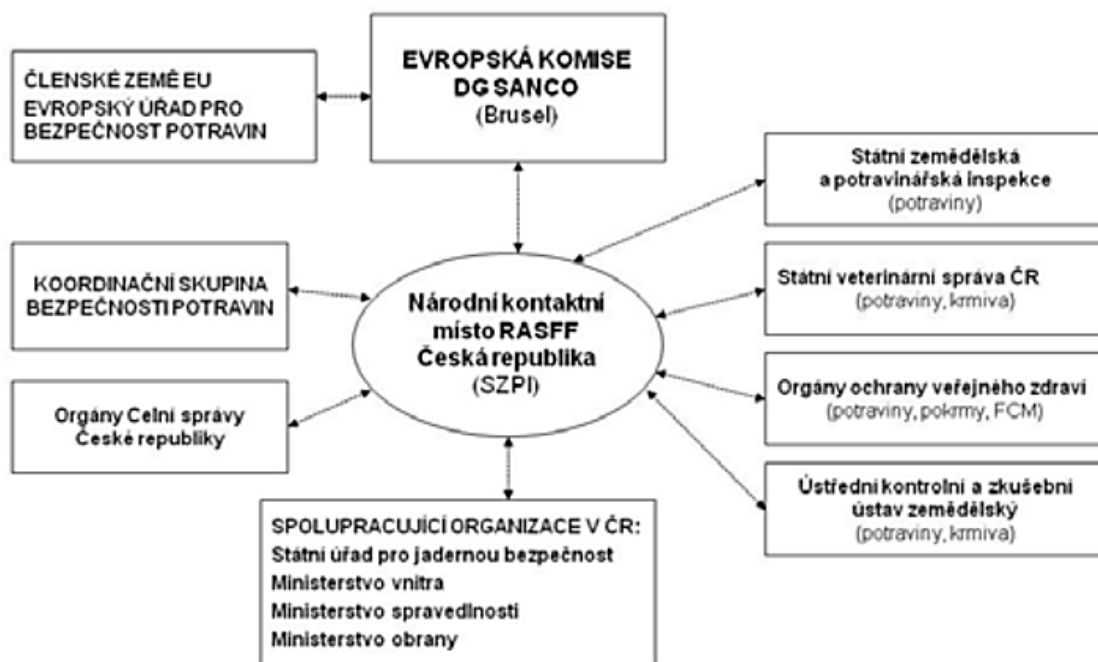
Orgány SVS se zabývají potravinami živočišného původu. SZPI dozoruje potraviny rostlinného původu, jejich výrobu a uvádění na trh. Kontroluje přivážené potraviny ze třetích zemí a tabákové výrobky. Dozor v místech stravovacích služeb vykonávají OOVZ. Zjišťují příčiny ohrožení nebo poškození lidského zdraví, zodpovídají za kontrolu FCM. ÚKZÚZ provádí správní a odborné činnosti. Dozoruje podniky v oblastech krmiv, agrochemikálií, výživy rostlin, osiv nebo v oblasti ochrany rostlin proti škodlivým činitelům. [42]



**Obrázek 17:** Schéma systému zajištění bezpečnosti potravin v ČR [43]

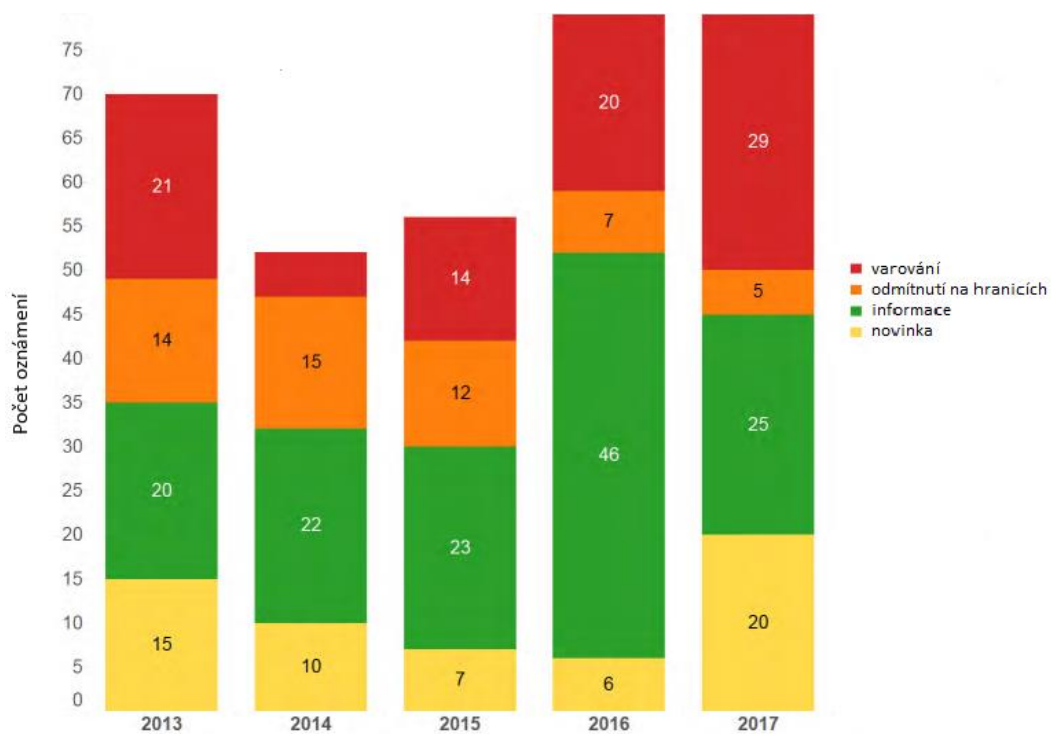
### 6.1.3 RASFF

RASFF neboli systém rychlého varování pro potraviny a krmiva slouží k oznamování ohrožení nebo potencionálního nebezpečí a rizika pramenícího z konzumace potravin. Tento portál je klíčovým nástrojem k zajištění rychlého přenosu informací a tomu odpovídající rychlé reakci a zavedení opatření. Systém RASFF byl založen už v roce 1979 a umožňuje sdílení informací týkající se potravin mezi všemi státy Evropské unie. Tokem informací je možné zajištění stažení škodlivých produktů z trhu. Protože poskytuje nepřetržitou službu, byla díky němu zachycena spousta rizikových potravin. Systém RASFF se nezabývá jenom potravinami produkovanými EU, ale i zahraničními dovezenými potravinami. Ve všech členských zemích spolu se vznikem systému vznikla i národní kontaktní místa, která zajišťují plynulý tok informací. V České republice je národním kontaktním místem SZPI. Každý člen EU je povinen ihned kontaktovat Evropskou komisi v případě, že má informaci o rizikové nebo potencionálně rizikové potravine. [42], [44]

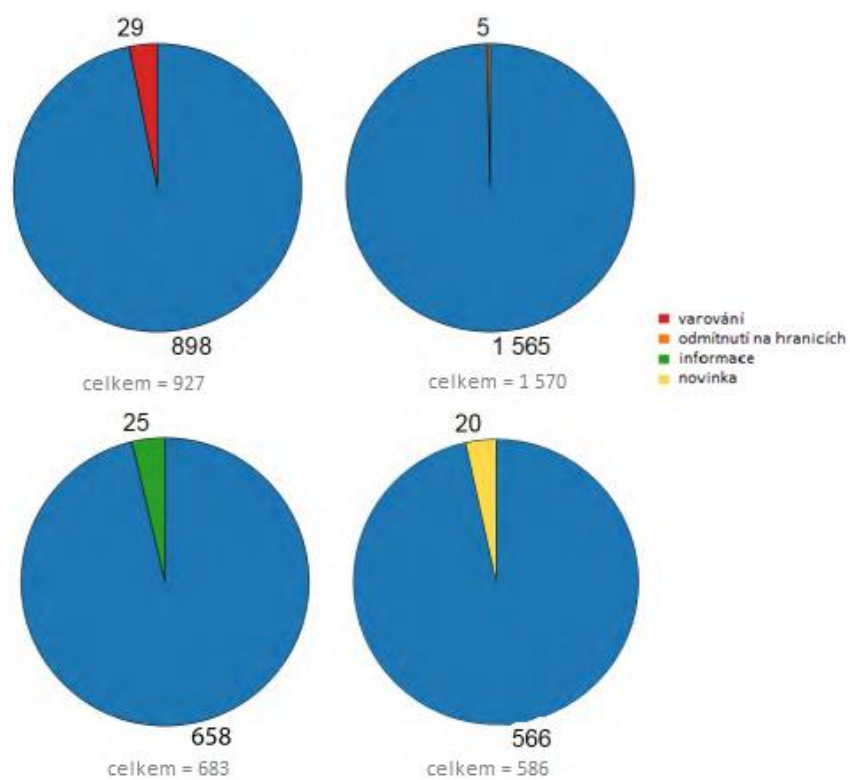


**Obrázek 18:** Schéma systému RASFF [43]

V systému RASFF existují čtyři druhy oznámení – varování, informace, odmítnutí na hranicích a novinka. Varování se používá v případě, že prodávaný výrobek představuje vážné riziko, je nutné ihned zasáhnout a stáhnout ho z prodeje. Informace se týká potravin, které nepředstavují nijak vážné riziko a ohrožení lidského zdraví nebo se již na trhu nevyskytují. Odmítnutí na hranicích znamená, že výrobek nebo produkt nebyl vpuštěn přes hranice Evropské unie z důvodu určitého rizika pro lidské zdraví, zvířata nebo životní prostředí. Veškeré informace a oznámení jsou dostupné na internetových stránkách portálu RASFF. [42], [44]

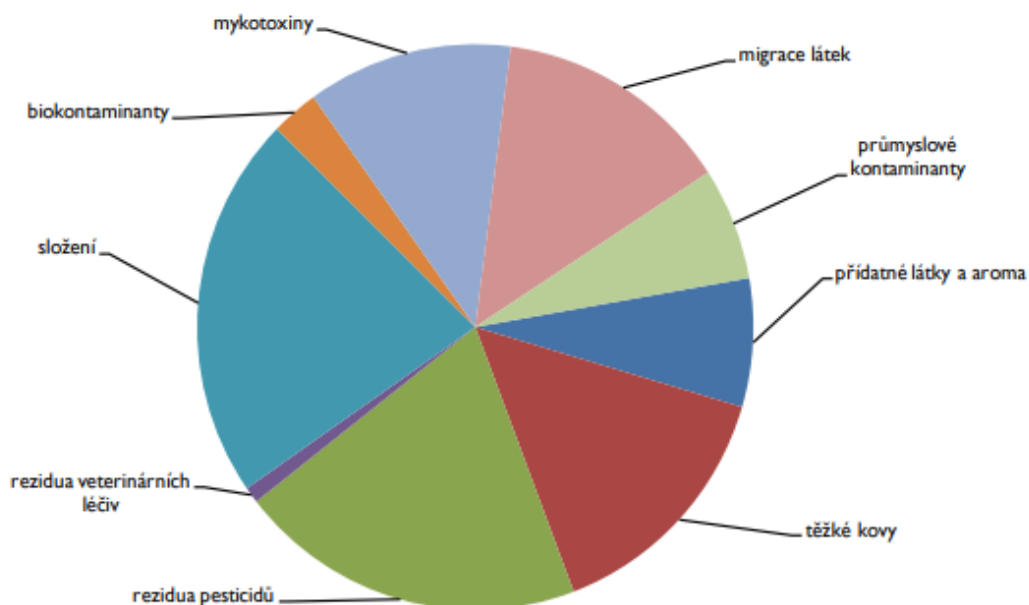


**Obrázek 19:** Oznámení v ČR mezi lety 2013 – 2017 [44]



**Obrázek 20:** Oznámení podané Českou republikou v roce 2017 [44]





**Obrázek 21:** Četnost kontaminantů chemickými a jinými látkami a použití nepovolených složek v roce 2017 [45]

Evropská komise na základě podnětů ze systému RASFF vydává týdenní přehledy v anglickém jazyce obsahující veškerá zaznamenaná oznámení za uplynulý týden. Stejně přehledy, avšak v českém jazyce jsou k vidění na internetových stránkách Informačního centra o bezpečnosti potravin. [42]

## 6.2 Maximální limity těžkých kovů

Maximální přípustné limity těžkých kovů a dalších kontaminujících látek v potravinách uvádí Nařízení komise evropských společenství č. 1881/2006. Tento zákon mimo jiné udává, že k zajištění minimálního množství kontaminantu v potravině je nutné dodržovat předepsané postupy skladování. K zajištění toho, aby se na území celého Společenství uplatňovaly předepsané maximální limity, je nutné, aby docházelo k odběrům analyzovaných vzorků stále stejným a předepsaným způsobem. V tomto nařízení jsou také zaznamenány tolerované denní příjmy. [46]

Tolerovatelný denní příjem olova byl už v roce 1986 navržen WHO jako 25  $\mu\text{g}/\text{kg}$  tělesné hmotnosti, Vědecký výbor pro potraviny tuto hodnotu schválil v roce 1992 a zařadil do nařízení. Od té doby je tolerovatelný denní příjem olova neměnný a je dokázáno, že tato průměrná dávka neovlivňuje obyvatelstvo. 2. června 1995 schválil Vědecký výbor pro potraviny tolerovatelný denní příjem pro kadmium. Spolu s ustanovením hodnoty 7  $\mu\text{g}/\text{kg}$  tělesné hmotnosti a doporučil

razantně snížit množství přijímaného kadmia, protože většina přijatého kadmia pochází z konzumace kontaminovaných potravin. 24. 2. 2004 stanovil Evropský úřad pro bezpečnost potravin tolerovatelný denní příjem methylrtuti v potravinách na hodnotu 1,6 µg/kg tělesné hmotnosti. V odstavci 42 tohoto zákona se uvádí, že až 90 % rtuti se v potravinách (převážně rybách a rybích výrobcích) vyskytuje ve formě methylrtuti. Stejně tak dospěl úřad k závěru, že ostatní potraviny nejsou nijak organismu nebezpečné, protože methylrtuť téměř neobsahuje. [46]

Veškeré limity plynoucí z nařízení Evropského společenství č. 1881/2006 jsou uvedeny v příloze č. 2.

Nařízení 1881/2006 přijalo opatření, které zakazuje vstup produktů na trh, pokud překračují maximální limity kontaminantů, které jsou uvedeny v tabulce. A také uvádí, že maximální limity kontaminujících látek jsou uvedené na jedlou část potraviny (tedy bez pecky nebo slupky). Suroviny, ve kterých je maximální hranice překročena, nelze použít pro další výrobu a spotřebu. [46]

## 7 ZÁVĚR

Předložená práce byla věnována vlivu vybraných těžkých kovů (Hg, Pb, Cd, As, Zn, Fe a Cu) na kvalitu vod a potravin. V souladu se zadáním poskytla informace o vybraných aspektech projevů a účinků těchto látek z hlediska toxikologického a i o jejich výskytu, zdrojích, jejich sledování a limitních koncentrací. Byla též uvedena potřebná legislativní i organizační opatření k ochraně před nepříznivými dopady na zmíněnou kvalitu potravin a vod.

Jedná se o problematiku mezinárodního významu, která byla ilustrována doprovodnými diagramy a údaji, jež se týkají i situace v České republice. Byly uvedeny údaje o možných vstupech zmíněných těžkých kovů do potravinových řetězců. Ke kontaminaci potravin může docházet například krmivy, prostředím, zpracováním nerostných surovin, z atmosférických emisí nebo z primárních zemědělských zdrojů. Současně byla dokumentována vysoká úroveň zabezpečení v České republice systémem monitorování zdravotního stavu obyvatelstva i zajištění bezpečnosti potravin. Ke kontrole bezpečnosti přispívá i využívání pokročilých a normovaných analytických metod jako jsou atomová absorpční (AAS), optická emisní (OES) spektrometrie i hmotová spektrometrie (MS).

Avšak o tom, že ne všude je uvedena problematika řešení bezpečnosti potravin na takové úrovni, jako v České republice a jiných průmyslově rozvinutých zemích, svědčí například situace v rozvojových zemích Afriky. V těchto oblastech bývá navíc i tak nevyhovující situace ještě zhoršována dovozem odpadu z vyspělých zemí. V předložené práci byl uveden též příklad takového importu kovů z tzv. elektronického odpadu (e - odpadu) do Ghany, Nigérie a Tanzánie. Tato problematika nabízí mnoho možností k zamyšlení a Česká republika je v tomto ohledu na uspokojující úrovni.

## 8 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] VRZAL, Radim. *Základy toxikologie*. 1. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014, 137 s. ISBN 978-80-244-4103-0.
- [2] BABIČKA, Luboš. *Toxicky významné látky v potravinách*. 1. Praha: Potravinářská komora České republiky a Česká technologická platforma pro potraviny, 2017, 55 s. ISBN 978-80-88019-28-2.
- [3] *Zpráva o výsledcích sledování a vyhodnocování cizorodých látek v potravních řetězcích v resortu zemědělství v roce 2017*. Praha: Ministerstvo zemědělství, Odbor bezpečnosti potravin, 2018, 38 s. ISBN 978-80-7434-459-6.
- [4] BENCKO, Vladimír, Jaroslav NOVÁK a Miloš SUK. *Zdraví a přírodní podmínky (medicína a geologie)*. BENCKO, Vladimír, Jaroslav NOVÁK a Miloš SUK. *Zdraví a přírodní podmínky (medicína a geologie)*. Praha: DOLIN, s.r.o., 2011, s. 116 - 282. ISBN 978-80-905047-0-7.
- [5] ZEMING, Shi, Wang XINYU, Shi YUE, Ni SHIJUN, Li YUNZHEN, Wang DEWEI a Wang RUILIN. Impact of intensive mining on the distribution of heavy metals in water and sediment of Anning River, southwest China. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis* [online]. The Geological Society of London for GSL and AAG, 2018, **19**(1), 24-30 [cit. 2019-06-10]. DOI: <https://doi.org/10.1144/geochem2017-054>. ISSN 2041-4943.
- [6] NAGAJYOTI, P., K. LEE a T. SREEKANTH. Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review. *Environ Chem Lett* [online]. 2010, **8**(3), 199-216 [cit. 2019-03-26]. DOI: 10.1007/s10311-010-0297-8. ISSN 1610-3661. Dostupné z: <https://pdfs.semanticscholar.org/4b58/69efa09c29332b2f742ee236140dcc2ede0f.pdf>
- [7] DUFFUS, John. "Heavy metals" a meaningless term? (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry* [online]. 2002, **74**(5) [cit. 2019-03-25]. DOI: 10.1351/pac200274050793. ISSN 1365-3075. Dostupné z: <http://publications.iupac.org/pac/2002/pdf/7405x0793.pdf>
- [8] *Grafická ročenka*. Český hydrometeorologický ústav, 2017. Dostupné také z: [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/17groc/gr17cz/Obsah\\_CZ.htm](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/17groc/gr17cz/Obsah_CZ.htm)
- [9] KAFKA, Zdeněk a Jana PUNČOCHÁŘOVÁ. Těžké kovy v přírodě a jejich toxicita. *Chemické listy* [online]. Praha: Asociace českých společností chemických, 2002, **96**(7), 611-617 [cit. 2019-04-16]. ISSN 1213-7103.

- [10] PETRLÍK, Jindřich, Jim PUCKETT, Lee BELL a Joe DIGANGI. *Weak Controls: European E-waste Poisons Africa's Food Chain*. IPEN a BAN, 2019, 31 s. Dostupné také z: [https://ipen.org/sites/default/files/documents/final\\_ghana-egg-report-v1\\_6-web\\_copy.pdf](https://ipen.org/sites/default/files/documents/final_ghana-egg-report-v1_6-web_copy.pdf)
- [11] PUCKETT, Jim, Chris BRANDT a Hayley PALMER. *Holes in the circular economy – weee leakage from Europe: A Report of the e-Trash Transparency Project*. Seattle: BAN - Basel Action Network, 2018, 113 s. Dostupné také z: [http://wiki.ban.org/images/f/f4/Holes\\_in\\_the\\_Circular\\_Economy\\_-\\_WEEE\\_Leakage\\_from\\_Europe.pdf](http://wiki.ban.org/images/f/f4/Holes_in_the_Circular_Economy_-_WEEE_Leakage_from_Europe.pdf)
- [12] BALDÉ, C. P, V. FORTI, V. GRAY, R. KUEHR a P. STEGMANN. *The Global E-waste Monitor 2017: Quantities, Flows, and Resources* [online]. UNU and ITU, 2017, 109 s. [cit. 2019-05-28]. ISBN 978-92-808-9054-9. ISSN 2522-7033. Dostupné z: [http://collections.unu.edu/eserv/UNU:6341/Global-E-waste\\_Monitor\\_2017\\_\\_electronic\\_single\\_pages\\_.pdf](http://collections.unu.edu/eserv/UNU:6341/Global-E-waste_Monitor_2017__electronic_single_pages_.pdf)
- [13] ADAMA, M., R. ESENA, B. FOSU-MENSAH a D. YIRENYA-TAWIAH. Heavy Metal Contamination of Soils around a Hospital Waste Incinerator Bottom Ash Dumps Site. *Journal of Environmental and Public Health* [online]. Velká Británie: London Hindawi, 2016, **2016** [cit. 2019-05-08]. DOI: 10.1155/2016/8926453. ISSN 1687-9813.
- [14] Atomic Absorption Spectroscopy - Theory and Practice. *The United States Pharmacopeial Convention: Dietary Supplements Compendium* [online]. 1. Rockville, MD: The United States Pharmacopeial Convention, 2015, s. 752 - 761 [cit. 2019-04-01]. ISBN 9781680157161 1680157167.
- [15] ARAS, Namik K. ATAMAN a O. YAVUZ. Trace Element Analysis of Food and Diet: Cold Vapour Atomic Absorption Spectrometry (CVAAS). *Royal Society of Chemistry* [online]. 2006, 116-117 [cit. 2019-04-08]. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt007F14Q1/trace-element-analysis/cold-vapour-atomic-absorption>
- [16] KLOUDA, Pavel. *Moderní analytické metody*. 2. Ostrava: Nakladatelství Pavel Klouda, 2003, 132 s. ISBN 80-86369-07-2.
- [17] BOUIS, Paul. Trace and Ultratrace Elemental Analysis. *Reagent Chemicals - Specifications and Procedures for Reagents and Standard-Grade Reference Materials* [online]. 11. Oxford University Press, 2005, s. 72 - 83 [cit. 2019-04-08]. ISBN 978-1-5231-2127-4.

- [18] LUYKX, Dion a Saskia VAN RUTH. An overview of analytical methods for determining the geographical origin of food products. *Food Chemistry* [online]. 2008, **107**(2), 897-911 [cit. 2019-04-04]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.09.038. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814607009533>
- [19] MIHALJEVIČ, Martin, Ladislav STRNAD a Ondřej ŠEBEK. Využití hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem v geochemii. *Chemické listy* [online]. Praha: Asociace českých společností chemických, 2004, **98**(3), 123-130 [cit. 2019-04-09]. ISSN 1213-7103.
- [20] BOBROWSKA-GRZESIK, Ewa, Jerzy CIBA, Andrzej GROSSMAN, Joanna KLUCZKA, Jolanta TROJANOWSKA a Maria ZLOTAJKIN. *Chemical Elements Compendium*. 1. Český Těšín: 2 THETA, 2013, 223 s. ISBN 978-80-86380-66-7.
- [21] NAVRÁTIL, Tomáš a Jan ROHOVEC. *Rtuť v životním prostředí*. 1. Praha: Vydalo Středisko společných činností AV ČR, v.v.i., pro Kancelář Akademie věd ČR, 2016, 32 s. ISBN 978-80-200-2573-9.
- [22] Mercury. HARBISON, Raymond, Giffe JOHNSON a Marie BOURGEOIS. *Hamilton & Hardy's Industrial Toxicology* [online]. 6. John Wiley & Sons, 2015, s. 157 - 164 [cit. 2019-04-15]. ISBN 978-1-5231-1459-7.
- [23] *Methylmercury (Environmental Health Criteria)*. Geneva: World Health Organization, 1990, 144 s. ISBN 92-4-157101-2.
- [24] BARRINGER, Julia L., Zoltan SZABO a Pamela A. REILLY. Occurrence and Mobility of Mercury in Groundwater. *Current Perspectives in Contaminant Hydrology and Water Resources Sustainability* [online]. 2013, 118-120 [cit. 2019-05-08]. DOI: 10.5772/55487.
- [25] KENŠOVÁ, Renáta, Kamila KRUŽÍKOVÁ a Zdeňka SVOBODOVÁ. Mercury Speciation and Safety of Fish from Important Fishing Locations in the Czech Republic. *Czech Journal of Food Sciences* [online]. 2012, **30**(3), 276-284 [cit. 2019-04-16]. DOI: <https://doi.org/10.17221/239/2011-CJFS>. ISSN 1805-9317. Dostupné z: [https://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/239\\_2011-CJFS.pdf](https://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/239_2011-CJFS.pdf)
- [26] Neurotoxicology. LUTTRELL, William E., Warren W. JEDERBERG a Kenneth R. STILL. *Toxicology Principles for the Industrial Hygienist* [online]. American Industrial Hygiene Association, 2008, s. 86 - 87 [cit. 2019-04-19]. ISBN 978-1-62198-805-2.

- [27] Health Effects of Environmental Chemicals. HARRISON, R. M. *Pollution - Causes, Effects and Control* [online]. 5. Royal Society of Chemistry, 2014, s. 470 - 471 [cit. 2019-04-19]. ISBN 978-1-68015-810-6.
- [28] HIGHTOWER, Jane M. *Diagnosis: Mercury: Money, Politics, and Poison*. 2. Island Press, 2008, 328 s. ISBN 1597263958
- [29] BENCKO, Vladimír, Miroslav CIKRT a Jaroslav LENER. *Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka*. 2. 1995: Granda Publishing, spol. s r. o., 1995, 288 s. ISBN 80-7169-150-X
- [30] JACOBS, David E. Lead. BINGHAM, Eula a Barbara COHRSEN. *Patty's Toxicology* [online]. 6. John Wiley & Sons, 2012, [cit. 2019-04-23]. ISBN 978-1-62198-026-1.
- [31] CIBULKA, Jiří. *Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosféře*. 1. Praha: Academia, 1991, 432 s. ISBN 80-200-0401-7.
- [32] Lead and Its Health Effects. LEHR, Jay H., Jack KEELEY a Janet LEHR. *Water Encyclopedia* [online]. John Wiley & Sons, 2005, s. 432 - 438 [cit. 2019-04-23]. ISBN 978-1-60119-151-9.
- [33] EGYÜDOVÁ, Iveta a Ernest ŠTURDÍK. Ťažké kovy a pesticídy v potravinách. *Nova Biotechnologica et Chimica* [online]. Trnava, Slovensko: University of SS. Cyril and Methodius Faculty of Natural Sciences, 2004, 155-173 [cit. 2019-05-08]. ISSN 1338-6905. Dostupné z: [http://kbio.fpv.ucm.sk/web\\_kbt\\_aj/journal\\_nova\\_biotechnologica/revue\\_nova\\_biotechnologica\\_4\\_1/11\\_Egyudova.pdf](http://kbio.fpv.ucm.sk/web_kbt_aj/journal_nova_biotechnologica/revue_nova_biotechnologica_4_1/11_Egyudova.pdf)
- [34] DOFKOVÁ, Marcela, Renáta KARPÍŠKOVÁ, Vladimír OSTRÝ, Jiří RUPRICH a Irena ŘEHŮRKOVÁ. *Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva České republiky ve vztahu k životnímu prostředí: Souhrnná zpráva za rok 2017* [online]. Praha: Státní zdravotní ústav, 2018 [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: [http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/souhrnna\\_zprava/SZU\\_2017\\_BOOK\\_new.pdf](http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/souhrnna_zprava/SZU_2017_BOOK_new.pdf)
- [35] GUMULEC, J., M. MASAŘÍK, S. KŘÍŽKOVÁ, P. BABULA, R. HRABEC, A. ROVNÝ, M. MASAŘÍKOVÁ a R. KIZEK. Zinek – molekulární mechanizmy u karcinomu prostaty. *Klinická onkologie* [online]. Brno: Nakladatelství ApS BRNO, spol. s r. o., 2011, **24**(4), 249-255 [cit. 2019-05-10]. DOI: 10.14735/amko2011249. ISSN 1802-5307. Dostupné z: [http://www.med.muni.cz/masariklab/wp-content/uploads/2016/02/Gumulec-et-al\\_2011\\_KO.pdf](http://www.med.muni.cz/masariklab/wp-content/uploads/2016/02/Gumulec-et-al_2011_KO.pdf)

- [36] DASTYCH, Milan. Zinek - esenciální stopový prvek. *Labor Aktuell* [online]. Praha: ROCHE s.r.o., 2004, **04**(01), 23-25 [cit. 2019-05-10]. ISSN 1211 - 5665. Dostupné z: [http://www.roche-diagnostics.cz/content/dam/diagnostics\\_czechrepublic/cs\\_CZ/documents/Labor\\_Aktuell/LA2004/LA0104/zinek.pdf](http://www.roche-diagnostics.cz/content/dam/diagnostics_czechrepublic/cs_CZ/documents/Labor_Aktuell/LA2004/LA0104/zinek.pdf)
- [37] CASIDAY, Rachel a Regina FREY. *Iron Use and Storage in the Body: Ferritin*. St. Louis: Department of Chemistry, Washington University, 2000.
- [38] SEDLÁČKOVÁ, T. a J. RACEK. Metabolismus železa a jeho regulace. *Klinická biochemie a metabolismus* [online]. Praha: Česká lékařská společnost Jana Evangelisty Purkyně, 2009, **17**(38), 17-23 [cit. 2019-05-14]. ISSN 2570-9402. Dostupné z: <http://www.cskb.cz/res/file/KBM-pdf/2009/1-09/2009-1-Sedlackova.pdf>
- [39] VÉGH, Vladimír. Význam železa. *FarmiNews*. Edukafarm spol. s r. o, 2013, **11**(1), 52. ISSN 1213-1717.
- [40] ČESKO. VYHLÁŠKA č. 70/2018 Sb.: ze dne 20. dubna 2018 kterou se mění vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů*. Ministerstvo zdravotnictví, 2004, částka 35. [cit. 2019-05-17]. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2018-70/zneni-20180427>
- [41] *Politiky Evropské unie: Bezpečnost potravin* [online] Lucemburk: Úřad pro publikace Evropské unie, 2014. [cit. 2019-05-17]. ISBN 978-92-79-42435-9. DOI: 10.2775/77230.
- [42] *Internetový portál bezpečnosti potravin* [online] Praha: Ministerstvo zemědělství, 2018 [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/>
- [43] *Strategie bezpečnosti potravin a výživy 2014 – 2020* [online] Praha: Ministerstvo zemědělství, 2014, 18 s. [cit. 2019-05-17]. ISBN 978-80-7434-148-9.
- [44] *The Rapid Alert System for Food and Feed — 2017 annual report* [online] Lucemburk: Evropská unie, 2018, 53 s. [cit. 2019-05-17]. ISBN 978-92-79-80317-8. ISSN 2363-0965. DOI: 10.2875/767865. Dostupné také z: [https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/rasff\\_annual\\_report\\_2017.pdf](https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/rasff_annual_report_2017.pdf)
- [45] *Zpráva o činnosti systému RASFF v České republice za rok 2017* [online] Praha: Ministerstvo zemědělství, 2018, 27 s. [cit. 2019-05-17]. ISBN 978-80-7434-458-9. Dostupné také z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/RASFF/RASFF2017.pdf>



- [46] ČESKO. NAŘÍZENÍ KOMISE (ES) č. 1881/2006 ze dne 19. prosince 2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách. [online] In: Úřední věstník Evropské unie 364/5, 2006. [cit. 2019-05-17]. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:364:0005:0024:CS:PDF>
- [47] RASFF Portal [online]. Evropská komise, 2019 [cit. 2019-06-06]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/food/safety/rasff\\_en](https://ec.europa.eu/food/safety/rasff_en)
- [48] ČESKO. NAŘÍZENÍ KOMISE (ES) č. 629/2008 ze dne 2. července 2008, kterým se mění nařízení (ES) č. 1881/2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách. [online] In: Úřední věstník Evropské unie, 2008, s. 6 - 9. [cit. 2019-05-18]. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2008/629/oj>
- [49] ČESKO. NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 420/2011 ze dne 29. dubna 2011, kterým se mění nařízení (ES) č. 1881/2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách. [online] In: Úřední věstník Evropské unie, 2011, s. 3 - 6. [cit. 2019-05-18]. Dostupné také z: <http://data.europa.eu/eli/reg/2011/420/oj>
- [50] ČESKO. NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 488/2014 ze dne 12. května 2014, kterým se mění nařízení (ES) č. 1881/2006, pokud jde o maximální limity kadmia v potravinách. [online] In: Úřední věstník Evropské unie, 2014, s. 75 - 79. [cit. 2019-05-18]. Dostupné také z: <http://data.europa.eu/eli/reg/2014/488/oj>

## **PŘÍLOHY**

Příloha 1 - Oznámení RASFF .....	65
Příloha 2 - Limity těžkých kovů.....	70

## PŘÍLOHA 1 – OZNÁMENÍ RASFF

Veškerá oznámení v systému RASFF spojená s těžkými kovy od začátku roku 2019. [47]

Typ oznámení	Datum oznámení	Oznamovací země	Předmět oznámení	Kategorie produktu	Typ potraviny	Riziko
informace pro sledování	04.06.2019	Nizozemí	arsen (104 mg/kg – ppm) v prášku z garnátů z Norska	krmné suroviny	krmivo	nerozhodnuto
varování	04.06.2019	Dánsko	arsen (0,362 mg/kg – ppm) v quinoa a rýžových dortech z Dánska	připravené pokrmy a občerstvení	jídlo	vážné
informace	03.06.2019	Itálie	rtuť (1,9 mg/kg - ppm) v chlazených mečounech rozmrazených ve vakuu připravených ze Španělska	ryby a rybí výrobky	jídlo	vážné
varování	31.05.2019	Dánsko	anorganický arsen (do 0,39 mg/kg - ppm) v rýžových dortech z Polska, se surovinou z Itálie	připravené pokrmy a občerstvení	jídlo	vážné
varování	28.05.2019	Nizozemí	olovo (0,49 mg/kg - ppm) v mung bean vermicelli z Thajska	jiné potravinářské výrobky/smíšené	jídlo	vážné
informace	28.05.2019	Itálie	rtuť (1,4 mg/kg - ppm) z chlazeného mečouna obecného z Chile	ryby a rybí výrobky	jídlo	vážné
informace	24.05.2019	Švýcarsko	arsen (162 mg/kg - ppm) v hnědé řase z Jižní Koreje	ovoce a zelenina	jídlo	vážné
informace	23.05.2019	Francie	rtuť (2 mg/kg - ppm) ve zmrazeném filetu z Vietnamu	ryby a rybí výrobky	jídlo	vážné
informace	21.05.2019	Francie	rtuť (0,85 mg/kg - ppm) v chlazeném <i>Lithognatus mormyrus</i> z Alžírsko	ryby a rybí výrobky	jídlo	vážné
varování	17.05.2019	Bulharsko	olovo (1135 mg/kg - ppm) v prášku kurkumy z Indie	bylinky a koření	jídlo	vážné
varování	14.05.2019	Švédsko	kadmium (0,279 mg/kg - ppm) ve zmrazených listech špenátu z Belgie přes Dánsko	ovoce a zelenina	jídlo	vážné

Typ oznámení	Datum oznámení	Oznamovací země	Předmět oznámení	Kategorie produktu	Typ potravin	Riziko
varování	13.05.2019	Itálie	rtuť (1,7 mg/kg - ppm) ve vakuově balených rozmrazených tuňácích ze Španělska	ryby a rybí výrobky	jídlo	vážné
varování	10.05.2019	Spojené království	rtuť (1,16 mg/kg - ppm) ve zmrazeném steaku z tuňáka ze Spojeného království	ryby a rybí výrobky	jídlo	vážné
varování	09.05.2019	Německo	rtuť (1,23 mg/kg - ppm) ve zmrazených rybích kouscích z Vietnamu přes Dánsko	ryby a rybí výrobky	jídlo	vážné
varování	07.05.2019	Itálie	rtuť (1,20 mg/kg - ppm) ve zmrazeném mečounu obecném ( <i>Xiphias gladius</i> ) z Portugalska přes Španělsko	ryby a rybí výrobky	jídlo	vážné
varování	30.04.2019	Rakousko	vysoký obsah olova (1,96 mg/kg - ppm) v salámu z jelena z Itálie, se surovinou z Rakouska	maso a masné výrobky (jiné než drůbež)	jídlo	vážné
odmítnutí na hranicích	30.04.2019	Nizozemí	kadmium (2,5 mg/kg - ppm) ve zmrazené chobotnici z Ekvádoru	hlavonožců a produktů z nich	jídlo	vážné
varování	26.04.2019	Česká republika	olovo (0,4 mg/kg - ppm) v mraženém jelením masu z Polska	maso a masné výrobky (jiné než drůbež)	jídlo	vážné
odmítnutí na hranicích	18.04.2019	Itálie	rtuť (0,530 mg/kg - ppm) v houbách ve slaném nálevu z Číny	ovoce a zelenina	jídlo	vážné
informace pro sledování	17.04.2019	Francie	vysoký obsah olova (68,5 mg/kg - ppm) v křemičitanu sodno-hlinitém z Itálie	doplňkové látky	krmivo	neseriózní
varování	16.04.2019	Itálie	rtuť (1,6 mg/kg - ppm) ve zmrazeném mečounu obecném ze Španělska	ryby a rybí výrobky	jídlo	vážné
varování	16.04.2019	Německo	kadmium (0,78 mg/kg - ppm) v kakaové drti z Nizozemska	kakao a kakaové přípravky, káva a čaj	jídlo	vážné
odmítnutí na hranicích	16.04.2019	Španělsko	rtuť (0,64 mg/kg - ppm) v egyptském chlazeném kanicovi ( <i>Epinephelus marginatus</i> )	ryby a rybí výrobky	jídlo	vážné

Typ oznámení	Datum oznámení	Oznamovací země	Předmět oznámení	Kategorie produktu	Typ potravin	Riziko
informace	12.04.2019	Itálie	kadmium (1,73 mg/kg - ppm) ve zmrazeném sepiovém mase (Sepia pharaonis) z Indie	hlavonožců a produktů z nich	jídlo	vážné
informace	11.04.2019	Itálie	rtuť (1,91 mg/kg - ppm) ve zmrazeném modrém žralok (Prionace glauca) z Itálie, se surovinou ze Španělska	ryby a rybí výrobky	jídlo	vážné
informace	05.04.2019	Řecko	rtuť (0,60 mg/kg - ppm) v chlazeném pražmanovi (Pagrus pagrus) z Egypta	ryby a rybí výrobky	jídlo	vážné
varování	03.04.2019	Rakousko	olovo (0,3; 0,38 mg/kg - ppm) a vysoký počet Escherichia coli (29000 CFU / g) ve zmrazeném guláši ze zvěřiny ze Španělska	maso a masné výrobky (jiné než drůbež)	jídlo	vážné
varování	03.04.2019	Rakousko	olovo (0,89 mg/kg - ppm) v játrové paštice z Německa	maso a masné výrobky (jiné než drůbež)	jídlo	vážné
informace	01.04.2019	Norsko	rtuť (0,78 mg/kg - ppm) v plně chlazených barakudových rybách ze Srí Lanky	ryby a rybí výrobky	jídlo	vážné
varování	22.03.2019	Itálie	rtuť (1,99 mg/kg - ppm) ve zmrazeném měčounu obecném ze Španělska	ryby a rybí výrobky	jídlo	vážné
informace	21.03.2019	Švýcarsko	kadmium (7,7 mg/kg - ppm) ve zmrazené chobotnici z Číny	hlavonožci a produkty z nich	jídlo	vážné
informace	20.03.2019	Německo	rtuť (1,5 mg/kg - ppm) v chlazených filetech měčouna obecného (Xiphias gladius) z Francie, se surovinou z Chile	ryby a rybí výrobky	jídlo	vážné
varování	18.03.2019	Rakousko	olovo (2,4; 2,6; 1,2; 1,0 mg/kg - ppm) ve zmrazených filech z bažantních prsou z Belgie	výrobky z drůbežního a drůbežního masa	jídlo	vážné
informace	15.03.2019	Francie	kadmium (0,08 mg/kg - ppm) a rtuť (1,78 mg/kg - ppm) ve zmrazených kusech měčouna (Makaira indica) z Vietnamu	ryby a rybí výrobky	jídlo	vážné

Typ oznámení	Datum oznámení	Oznamovací země	Předmět oznámení	Kategorie produktu	Typ potraviny	Riziko
informace	15.03.2019	Nizozemí	rtuť (1,2 mg/kg - ppm) v chlazených filétách mečouna z Francie, se surovinou z Chile	ryby a rybí výrobky	jídlo	vážné
informace	14.03.2019	Švýcarsko	rtuť v chlazených vakuově balených filetech mečouna (Xiphias Gladius) ze Spojených států	ryby a rybí výrobky	jídlo	vážné
varování	12.03.2019	Belgie	rtuť (1,68 mg/kg - ppm) ve zmrazených steacích mečouna (Xiphias gladius) z Vietnamu	ryby a rybí výrobky	jídlo	vážné
informace	12.03.2019	Nizozemí	rtuť (2,0 mg/kg - ppm) ve chlazeném mečounu obecném (Xiphias gladius) ze Španělska	ryby a rybí výrobky	jídlo	vážné
varování	04.03.2019	Rakousko	kadmium (3,16 mg/kg - ppm) ve zmrazené chobotnici ze Španělska	hlavonožci a produkty z nich	jídlo	vážné
odmítnutí na hranicích	01.03.2019	Itálie	kadmium (0,673 mg/kg - ppm) v sušených houbách (Lentinus edodes) z Číny	ovoce a zelenina	jídlo	vážné
informace	26.02.2019	Kypr	kadmium (1,9; 1,7 mg/kg - ppm) ve zmrazené celé sépii z Indie	hlavonožci a produkty z nich	jídlo	vážné
varování	26.02.2019	Rakousko	olovo (6,525; 0,595; 0,71; 0,81 mg/kg - ppm) v chlazením salámu z kamzíka ze Slovenska se surovinou z Rakouska a Itálie	maso a masné výrobky (jiné než drůbež)	jídlo	vážné
informace	26.02.2019	Itálie	rtuť (1,3 mg/kg - ppm) v rozmrazeném hřbetu mečouna obecného (Xiphias gladius) ze Španělska, se surovinou z Francie	ryby a rybí výrobky	jídlo	vážné
informace	25.02.2019	Nizozemí	rtuť (1,33; 1,56 mg/kg - ppm) ve zmrazeném hřbetu mečouna z Vietnamu	ryby a rybí výrobky	jídlo	vážné
informace	20.02.2019	Norsko	rtuť (1,5 mg/kg - ppm) ve zmrazených filetech z tuňáka žlutoploutvého z Vietnamu	ryby a rybí výrobky	jídlo	vážné
informace	20.02.2019	Itálie	rtuť (1,7 mg/kg - ppm) v chlazeném hřbetu mečouna ze Španělska se surovinou z Chile přes Francii	ryby a rybí výrobky	jídlo	vážné

Typ oznámení	Datum oznámení	Oznamovací země	Předmět oznámení	Kategorie produktu	Typ potraviny	Riziko
informace	18.02.2019	Portugalsko	rtuť (1,6 mg/kg - ppm) ve chlazených rozmrazených bednách tuňáka (Thunnus obesus) ze Španělska	ryby a rybí výrobky	jídlo	vážné
informace	14.02.2019	Rakousko	olovo (0,912 mg/kg - ppm) v salámu chlazené zvěřiny z Itálie	maso a masné výrobky (jiné než drůbež)	jídlo	vážné
odmítnutí na hranicích	11.02.2019	Itálie	rtuť (0,7 mg/kg - ppm) v konzervovaných tuňácích pro kočky z Thajska	krmné suroviny	krmivo	neseriózní
varování	08.02.2019	Itálie	rtuť (1,3 mg/kg - ppm) v roztaveném vakuově baleném hřbetu mečouna ze Španělska se surovinou z Chile přes Francii	ryby a rybí výrobky	jídlo	vážné
varování	01.02.2019	Itálie	rtuť (1,7 mg/kg - ppm) ve zmrazených kouscích mečouna ze Španělska	ryby a rybí výrobky	jídlo	vážné
informace	24.01.2019	Francie	kadmium (0,14 mg/kg - ppm) v konzervovaných tuňácích ve slunečnicovém oleji z Pobřeží slonoviny	ryby a rybí výrobky	jídlo	vážné
informace	18.01.2019	Rakousko	migrace olova (3,78 mg / l) z omáčnicku z Číny	materiály pro styk s potravinami	FCM	vážné
informace	14.01.2019	Francie	rtuť (1,9 mg/kg - ppm) v mečounu ze Senegalu	ryby a rybí výrobky	jídlo	vážné
informace	11.01.2019	Francie	kadmium (1,3 mg/kg - ppm) u královských lastur ze Spojeného království	mlži a výrobky z nich	jídlo	vážné
varování	10.01.2019	Portugalsko	rtuť (1,2 mg/kg - ppm) ve zmrazeném tuňáku (Thunnus albacares) z Panamy	ryby a rybí výrobky	jídlo	vážné
varování	10.01.2019	Portugalsko	rtuť (1,5 mg/kg - ppm) v bednách z tuňáků z Kolumbie	ryby a rybí výrobky	jídlo	vážné
varování	09.01.2019	Rakousko	olovo (4,6 mg/kg - ppm) v chlazených syrových uzeninách z Itálie se surovinou ze Slovenska	maso a masné výrobky (jiné než drůbež)	jídlo	vážné

Typ oznámení	Datum oznámení	Oznamovací země	Předmět oznámení	Kategorie produktu	Typ potravin	Riziko
informace	09.01.2019	Itálie	rtuť (1,424 mg/kg - ppm) u mečouna ze Španělska	ryby a rybí výrobky	jídlo	vážné
varování	08.01.2019	Itálie	rtuť (1,5 mg/kg - ppm) ve zmrazených řezech modrého žraloka ( <i>Prionace glauca</i> ) ze Španělska	ryby a rybí výrobky	jídlo	vážné



## PŘÍLOHA 2 – LIMITY TĚŽKÝCH KOVŮ

Limity těžkých kovů uvedeny v nařízení Evropského společenství č. 1881/2006 [46], [48], [49], [50],

	Potraviny	Maximální limity [mg/kg čerstvé hmotnosti]
3.1	<b>Olovo</b>	
3.1.1	Syrové mléko, tepelně ošetřené mléko a mléko pro výrobu mléčných výrobků	0,02
3.1.2	Počáteční a pokračovací kojenecká výživa	
	uváděná na trh ve formě prášku	0,05
	uváděná na trh v tekuté formě	0,01
3.1.3	Obilné příkrmy a ostatní příkrmy určené pro kojence a malé děti, kromě příkrmů uvedených v bodě 3.1.5	0,05
3.1.4	Potraviny pro zvláštní léčebné účely určené speciálně pro kojence a malé děti	
	uváděné na trh ve formě prášku	0,05
	uváděné na trh v tekuté formě	0,01
3.1.5	Nápoje pro kojence a malé děti, takto označené a prodávané, kromě nápojů uvedených v bodech 3.1.2 a 3.1.4,	
	které jsou uváděny na trh v tekuté formě nebo které mají být rekonstituovány podle pokynů výrobce, včetně ovocných šťáv	0,03
	které mají být připraveny louhováním nebo vařením	1,50
3.1.6	Maso (s výjimkou drobů) skotu, ovcí, prasat a drůbeže	0,10
3.1.7	Droby ze skotu, ovcí, prasat a drůbeže	0,50
3.1.8	Svalovina ryb	0,30
3.1.9	Hlavonožci	0,30
3.1.10	Korýši	0,50
3.1.11	Mlži	1,50
3.1.12	Obiloviny a luštěniny	0,20

	Potraviny	Maximální limity [mg/kg čerstvé hmotnosti]
3.1.13	Zelenina kromě košťálové zeleniny listové, kozí brady, listové zeleniny a čerstvých bylinek, hub, mořských řas a plodové zeleniny	0,10
3.1.14	Košťálová zelenina, listová zelenina a tyto houby ( <sup>27</sup> ): <i>Agaricus bisporus</i> (žampion), <i>Pleurotus ostreatus</i> (hlíva ústříčná), <i>Lentinula edodes</i> (houba shiitake)	0,30
3.1.15	Plodová zelenina	
	kukuřice cukrová	0,10
	jiná než kukuřice cukrová	0,05
3.1.16	Ovoce kromě brusinek, rybízu, bezinek a plodů planiky	0,10
3.1.17	Brusinky, rybíz, bezinky a plody planiky	0,20
3.1.18	Tuky a oleje, včetně mléčného tuku	0,10
3.1.19	Ovocné šťávy, rekonstituované koncentrované ovocné šťávy a ovocné nektary	
	výhradně z bobulovin a jiného drobného ovoce	0,05
	z ovoce jiného než bobuloviny a jiné drobné ovoce	0,03
3.1.20	Víno (včetně šumivého vína, s výjimkou likérového vína), jablečné, hruškové a ovocné víno	
	produkty vyprodukované ze sklizní ovoce v letech 2001 až 2015	0,20
	produkty vyprodukované po sklizni ovoce z roku 2016	0,15
3.1.21	Aromatizovaná vína, aromatizované vinné nápoje a aromatizované vinné koktejly	
	produkty vyprodukované ze sklizní ovoce v letech 2001 až 2015	0,20
	produkty vyprodukované po sklizni ovoce z roku 2016	0,15
3.1.22	Doplňky stravy	3,00

	Potraviny	Maximální limity [mg/kg čerstvé hmotnosti]
3.1.23	Med	0,10
3.2	<b>Kadmium</b>	
3.2.1	Zelenina a ovoce, kromě kořenové a hlíznaté zeleniny, listové zeleniny, čerstvých bylinek, košťálové zeleniny listové, řapíkaté a stonkové zeleniny, hub a mořských řas	0,05
3.2.2	Kořenová a hlíznatá zelenina (kromě celeru bulvového, pastináku, kozí brady a křenu), řapíkatá a stonková zelenina (kromě celeru řapíkatého). V případě brambor se maximální limit vztahuje na loupané brambory.	0,10
3.2.3	Listová zelenina, čerstvé bylinky, košťálová zelenina listová, celer řapíkatý, celer bulvový, pastinák, kozí brada, křen a tyto houby: <i>Agaricus bisporus</i> (žampion), <i>Pleurotus ostreatus</i> (hlíva ústříčná), <i>Lentinula edodes</i> (houba shiitake)	0,20
3.2.4	Houby, kromě hub uvedených v bodě 3.2.3	1,00
3.2.5	Obilná zrna kromě pšenice a rýže	0,10
3.2.6	- pšeničná zrna, rýžová zrna - pšeničné otruby a pšeničné klíčky pro přímou spotřebu - sójové boby	0,20
3.2.7	Konkrétní níže uvedené kakaové a čokoládové výrobky	
	- Mléčná čokoláda s obsahem celkové kakaové sušiny nižším než 30 %	0,1 od 1. ledna 2019
	- Čokoláda s obsahem celkové kakaové sušiny nižším než 50 %; mléčná čokoláda s obsahem celkové kakaové sušiny nejméně 30 %	0,3 od 1. ledna 2019
	- Čokoláda s obsahem celkové kakaové sušiny nejméně 50 %	0,8 od 1. ledna 2019
	- Kakaový prášek prodáváný konečnému spotřebiteli nebo jako složka slazeného kakaového prášku prodáváného konečnému spotřebiteli (čokoláda k přípravě nápoje)	0,6 od 1. ledna 2019
3.2.8	Maso (s výjimkou drobů) skotu, ovcí, prasat a drůbeže	0,05
3.2.9	Koňské maso kromě drobů	0,20
3.2.10	Játra skotu, ovcí, prasat a drůbeže a koní	0,50
3.2.11	Ledviny skotu, ovcí, prasat a drůbeže a koní	1,00

	Potraviny	Maximální limity [mg/kg čerstvé hmotnosti]
3.2.12	Svalovina ryb, kromě druhů uvedených v 3.2.13, 3.2.14 a 3.2.15	0,05
3.2.13	Svalovina těchto ryb: makrela ( <i>Scomber</i> spp.), tuňák (rodu <i>Thunnus</i> , <i>Katsuwonus pelamis</i> , rodu <i>Euthynnus</i> ), hlaváč zaječí ( <i>Sicyopterus lagocephalus</i> )	0,10
3.2.14	Svalovina těchto ryb: tuňák rodu <i>Auxis</i>	0,15
3.2.15	Svalovina těchto ryb: sardele ( <i>Engraulis</i> spp.), mečoun obecný ( <i>Xiphias gladius</i> ), sardinka obecná ( <i>Sardina pilchardus</i> )	0,25
3.2.16	Korýši: svalovina z končetin a břicha V případě krabů a krabům podobných korýšů ( <i>Brachyura</i> a <i>Anomura</i> ) svalovina z končetin.	0,50
3.2.17	Mlži	1,00
3.2.18	Hlavonožci (bez vnitřností)	1,00
3.2.19	Počáteční a pokračovací kojenecká výživa	
	- kojenecká výživa v prášku vyrobená z bílkovin kravského mléka nebo z hydrolyzovaných bílkovin	0,01 od 1. ledna 2015
	- tekutá kojenecká výživa vyrobená z bílkovin kravského mléka nebo z hydrolyzovaných bílkovin	0,005 od 1. ledna 2015
	- kojenecká výživa v prášku vyrobená z izolátů sójových bílkovin, samotných nebo ve směsi s bílkovinami kravského mléka	0,02 od 1. ledna 2015
	- tekutá kojenecká výživa vyrobená z izolátů sójových bílkovin, samotných nebo ve směsi s bílkovinami kravského mléka	0,01 od 1. ledna 2015
3.2.20	Obilné příkrmy a ostatní příkrmy určené pro kojence a malé děti	0,04 od 1. ledna 2015
3.2.21	Doplňky stravy, kromě doplňků stravy uvedených v bodě 3.2.22	1,00
3.2.22	Doplňky stravy složené výhradně nebo zejména ze sušených mořských řas, z produktů získávaných z mořských řas, nebo ze sušených mlžů	3,00
3.3	<b>Rtuť</b>	
3.3.1	Produkty rybolovu a svalovina ryb kromě druhů uvedených v 3.3.2. V případě korýšů se maximální limit vztahuje na svalovinu z koncových částí a břicha <sup>(44)</sup> . V případě krabů a krabům příbuzných korýšů ( <i>Brachyura</i> a <i>Anomura</i> ) se limit vztahuje na svalovinu z koncových částí.	0,50

	Potraviny	Maximální limity [mg/kg čerstvé hmotnosti]
3.3.2	Svalovina těchto ryb: ďasi ( <i>Lophius spp.</i> ), vlkouš obecný ( <i>Anarhichas lupus</i> ), pelamida obecná ( <i>Sarda sarda</i> ), úhoří ( <i>Anguilla spp.</i> ), ryby druhu <i>Hoplostethus</i> , hlavoun tuponosý ( <i>Coryphaenoides rupestris</i> ), platýz obecný ( <i>Hippoglossus hippoglossus</i> ), hruj kapská ( <i>Genypterus capensis</i> ), marlíni ( <i>Makaira spp.</i> ), pakambala ( <i>Lepidorhombus spp.</i> ), parmice ( <i>Mullus spp.</i> ), hruj černá ( <i>Genypterus blacodes</i> ), štika obecná ( <i>Esox lucius</i> ), palometa jednobarevná ( <i>Orcynopsis unicolor</i> ), treska ( <i>Trisopterus minutus</i> ), světloun bělooký ( <i>Centroscymnes coelolepis</i> ), rejnoci ( <i>Raja spp.</i> ), okouníci ( <i>Sebastes marinus</i> , <i>S. mentella</i> , <i>S. viviparus</i> ), plachetník širokoploutvý ( <i>Istiophorus platypterus</i> ), tkaničnice ( <i>Lepidopus caudatus</i> , <i>Aphanopus carbo</i> ), růžichy ( <i>Pagellus spp.</i> ), žraloci (všechny druhy), makrelovité ( <i>Lepidocybium flavobrunneum</i> , <i>Ruvettus pretiosus</i> , <i>Gempylus serpens</i> ), jeseteři ( <i>Acipenser spp.</i> ), mečoun obecný ( <i>Xiphias gladius</i> ), tuňáci (rody <i>Thunnus</i> , <i>Euthynnus</i> , <i>Katsuwonus pelamis</i> )	1,00
3.3.3	Doplňky stravy	0,1