

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V
PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA GEOENVIROMENTÁLNÍCH
VĚD

DOPADY ANTROPOGENNÍHO
ZNEČIŠTĚNÍ KADMIEM NA ŽIVOTNÍ
PROSTŘEDÍ
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Anna Francová
Bakalant: Denisa Klainová

2017

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Denisa Klainová

Aplikovaná ekologie

Název práce

Dopady antropogenního znečištění kadmíem na životní prostředí

Název anglicky

Impacts of anthropogenic pollution by cadmium on the environment

Cíle práce

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

Metodika

Bakalářská práce bude pojata formou rešerše. Student podá informace týkající se výskytu Cd v různých složkách životního prostředí a hlavních antropogenních zdrojů prvku. Dále se zaměří na Cd různými technologiemi a metodami. Nedílnou součástí bude vyhodnocení dopadů zvýšených koncentrací kadmia v životním prostředí. Student využije informací především ze zahraničních, a dále pak českých zdrojů.

Doporučený rozsah práce

30 stran

Klíčové slova

antropogenní znečištění, kadmium

Doporučené zdroje informací

BENCKO, V. – CIKRT, M. – LENER, J. *Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka*. Praha: Grada, 1995. ISBN 80-7169-150-.

BENEŠ, S. – ČESKO. MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. *Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí. Část 1, Obsahy, akumulace a kritéria hodnocení prvků v zemědělských půdách*. Praha: Agrospoj, 1993. ISBN 80-7084-051-.

BENEŠ, S. *Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí. II. část, Vstupy prvků do půd zvětrávaním hornin, ... ve srovnání s výstupy erozní činností, podzemními vodami a sklizní zemědělských plodin*. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky v Agrospojí, 1994. ISBN 80-7084-090-0.

CIBULKA, J. *Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosféře*. Praha: Academia, 1991. ISBN 80-200-0401-7.

HALLENBECK, William H. Human health effects of exposure to cadmium. *Experientia*. 1984, 40(2): 136-142

CHRASTNÝ, Vladislav, Aleš VANĚK, Michael KOMÁREK, Juraj FARKAŠ, Ondřej DRÁBEK, Petra VOKURKOVÁ a Jana NĚMCOVÁ. Incubation of air-pollution-control residues from secondary Pb smelter in deciduous and coniferous organic soil horizons: Leachability of lead, cadmium and zinc. *Journal of Hazardous Materials*. 2012, 209-210: 40-47

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Anna Francová

Garantující pracoviště

Katedra geoenvironmentálních věd

Elektronicky schváleno dne 8. 3. 2017

prof. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 8. 3. 2017

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 16. 04. 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedení Ing. Anny Francové a že jsem uvedla všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

Prohlašuji, že tištěná verze se shoduje s verzí odevzdanou na Univerzitní informační systém.

V Praze 20.4.2017

.....

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala vedoucí mé bakalářské práce Ing. Anně Francové za odborné rady a vstřícný přístup.

V Praze 20.4.2017

.....

Abstrakt

Cílem bakalářské práce je podat ucelený přehled o působení kadmia na člověka a životní prostředí. Kadmium, jako jeden z těžkých kovů, je velmi toxické a svými vlastnostmi nebezpečné pro živé organismy, proto je zapotřebí jeho produkci a uvolňování do životního prostředí monitorovat, kontrolovat, ale hlavně v co největší míře omezovat.

V práci je věnována pozornost charakteristice kadmia, jeho použití, výskytu a negativním účinkům na lidské zdraví. Neméně důležitá je kapitola o limitech a legislativních opatřeních, které zamezují nekontrolované produkci a vypouštění kadmia do ovzduší, vodního prostředí a půd. Závěrem je zhodnocena potencionální hrozba otravy kadmiem v České republice.

Abstract

The aim of bachelor thesis is to give a comprehensive overview of the effects of cadmium on humans and the environment. Cadmium, one of the heavy metal, is very toxic and because of its properties is dangerous for living organisms, therefore it is necessary to monitor, control and as much as possible limit its production and discharge into the environment.

The attention of the work is paid to the characteristics of cadmium, its use, the occurrence and its negative effects on human health. Equally important is chapter about limits and legislative measures which avoid uncontrolled production and discharge of cadmium into the air, lands and water environment. Finally is evaluated the potential threat of cadmium toxicity in the Czech Republic.

Klíčová slova

Kadmium, toxicita, životní prostředí, legislativa, hrozba

Key Words

Cadmium, toxicity, environment, legislation, threat

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíle práce	2
3. Obecná charakteristika kadmia	3
3.1. Objevení kadmia.....	3
3.2. Chemické a fyzikální vlastnosti kadmia.....	4
3.3. Sloučeniny kadmia	6
3.4. Použití kadmia	6
3.4.1. Použití kadmia v historii	7
3.4.2. Použití kadmia v současnosti	8
3.4.3. Příklady znečištění životního prostředí kadmiem	8
4. Výskyt kadmia	9
4.1. Kontaminace ovzduší kadmiem	11
4.2. Kontaminace vody kadmiem.....	14
4.3. Kontaminace půdy kadmiem.....	15
5. Opatření proti znečištění životního prostředí kadmiem.....	18
5.1. Monitorování kadmia v ČR.....	18
5.2. Legislativní opatření v ČR	21
5.2.1. Limity	22
5.3. Mezinárodní směrnice a legislativa	24
6. Toxicita pro člověka	25
6.1. Cesta přenosu kadmia do lidského organismu	25
6.2. Otrava kadmiem	26
6.2.1. Akutní otrava kadmiem.....	26
6.2.2. Chronická otrava kadmiem	27
6.3. Karcinogenní potenciál kadmia.....	27

6.4.	Ovlivnění reprodukce kadmíem	28
6.5.	Léčba intoxikace.....	29
7.	Diskuse.....	29
7.1.	Zhodnocení zjištěných informací	29
7.2.	Je kadmium hrozba pro ČR?	31
7.3.	Doporučení pro budoucí vývoj.....	31
8.	Závěr	32
9.	Přehled literatury a použitých zdrojů.....	33
9.1.	Odborné publikace	33
9.2.	Legislativní zdroje.....	34
9.3.	Internetové zdroje.....	35
9.4.	Ostatní zdroje	36
10.	Seznam obrázků.....	37
11.	Seznam tabulek	37

Seznam zkratk

RASFF - Rapid Alert System for Food and Feed = Systém rychlého varování pro potraviny a krmiva

EFTA - European Free Trade Association = Evropské sdružení volného obchodu

LRTAP - Convention on Long-range Transboundary Air Pollution = Úmluva o dálkovém znečišťování ovzduší přesahujícím hranice států

IARC - International Agency for Research on Cancer = Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny

ACGIH - American Conference of Governmental Industrial Hygienists = Americká společnost sdružující osoby činné v bezpečnosti a ochraně zdraví v průmyslu

1. Úvod

Bakalářská práce vznikla za účelem schnutí doposud publikovaných prací, studií a literárních zdrojů k podání uceleného přehledu o problému, který je pro společnost aktuální, protože si lidé v dnešní době stále více a více začínají všimnout prostředí, ve kterém žijí a vychovávají své děti. Těžké kovy, mezi které patří také kadmium, jsou součástí přirozeného životního prostředí, ovšem přirozeně se tyto prvky vyskytují pouze v malém množství. Kadmium se díky své toxicitě a tendenci kumulace zařadilo mezi prvky s velmi negativními účinky na člověka.

Práce je řešena za účelem zhodnocení působení kadmia na člověka a životní prostředí. Na téma toxikace a negativních účinků kadmia na člověka a životní prostředí bylo již vypracováno několik publikací, ovšem většina byla zaměřena obecně na těžké kovy nebo naopak na dílčí témata objevující se v této práci, či neobsahovala celkový obraz se závěry a zhodnocením problému. Například Cibulka (1991) psal o pohybu olova, kadmia a rtuti v biosféře, Bencko (1993) o toxických kovech v životním a pracovním prostředí člověka, Trebichovský a kol. (1998) o toxických kovech obecně a například Křištofová (2005) napsala publikaci: Kovy a životní prostředí, environmentálně nebezpečné složky elektroodpadu.

Jedna z kapitol v mé práci se zabývá také zhodnocením a identifikací legislativy, která se problematikou produkce kadmia zabývá, ať už z pohledu evropského nebo národního. Zvyšováním obsahu kadmia v životním prostředí lidským faktorem lze považovat za velmi negativní s možnými dopady na lidské zdraví, proto je nutné produkci a emise kadmia do životního prostředí monitorovat, hlídat a hlavně v co největší míře omezovat.

2. Cíle práce

Hlavním cílem bakalářské práce je podat ucelený přehled o působení kadmia na člověka a životní prostředí. Důležité je provést důkladnou charakteristiku prvku, uvést jeho použití a výskyt. Zhodnotit, zda je produkce kadmia v Evropské unii, respektive v České republice, monitorována, kontrolována a omezována.

V druhé části práce budou zodpovězeny otázky, zda je kadmium opravdu natolik toxické pro člověka nebo je hrozba tímto prvkem přeceňována a také zda se máme obávat otravy kadmiiem v České republice.

3. Obecná charakteristika kadmia

Kadmium, v periodické soustavě prvků značící se písmeny Cd, je kov chemicky příbuzný zinku. Přirozeně se vyskytuje nejčastěji s olovem a zinkem v sulfidy obsahujících rudách těchto kovů (Bencko a kol., 1995). V pořadí podle četnosti výskytu se jedná o 67. prvek, tedy relativně vzácný (Kalač, 2010).

Kadmium je neušlechtilý, bílý, měkký, tažný, stříbrolesklý kov, který patří mezi přechodné prvky a řadí se do II. B skupiny společně se rtuť a zinkem. Kadmium se používá k povrchové úpravě a ochraně jiných kovů před korozemi a také se často objevuje jako součást jiných slitin. Jedná se o jeden z nejtoxičtějších kovů s tendencí kumulace, proto se řadí mezi environmentální kontaminanty a jeho využití v praxi se omezuje na nejnutnější minimum, navíc je nezbytné jeho množství v životním prostředí monitorovat (Petrлік a Válek, 2014).

Několik základních vlastností kadmia lze pozorovat k Tabulce č.1.

Tabulka č. 1 – základní vlastnosti kadmia

Vlastnost	Kadmium
Chemická značka	Cd
Umístění v PSP	12. skupiny, 5. Perioda, D-blok
Skupenství	Pevné
Atomové číslo	48
Počet přírodních izotopů	8
Oxidační stav	+II

Zdroj: Periodická tabulka: Kadmium [online]. [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/48.html>, vlastní úprava

3.1. Objevení kadmia

Kadmium se poprvé podařilo identifikovat Prof. F. Stromeyerovi v roce 1817 a to náhodou, původně jako nečistotu, v lékárně v Magdeburgu. Při kontrole čistoty

zinkové běloby, která byla prodávána v této lékárně, se prvek nejdříve zbarvil hnědě a poté se při sražení roztoku vznikla nažloutlá sraženina (Jirkovský, 1986).

O tento svým způsobem „objev z nouze“ se zapříčinil velkou mírou také německý lékárník a pozdější nájemce Královské pruské chemické továrny Carl Hermann. Lékařská komise, jejíž byl právě Hermann členem, zjistila na podzim roku 1817 při rozboru prodejního kysličníku zinečnatého, že z jeho slabě kyselého roztoku lze vysrážet za pomoci sirovodíku žlutý sulfid. V té době, před objevením kadmia nebylo nic snazšího, než tento roztok považovat za sulfid arsenitý. Původně byl tento objev bez velkých emocí téměř přejit, ovšem další člen lékařské komise, R. Roloff vypustil zprávu o žlutém sulfidu veřejnosti, a aby právě Hermann nebyl nařčen z prodeje preparátu s arsenikem, pustil se do důkladného zkoumání dotyčného oxidu zinečnatého. K velkému údivu všech v něm nenašel arsen, ale zato nový prvek (Engels a Nowak, 1977).

Engels a Nowak (1977) ve své knize zmiňují, že dnes označovaný objevitel F. Stromeyer sice objevil nový prvek kadmium jako první, avšak svým zjištěním se dále nezabýval a až po obdržení vzorků právě od Hermanna k přezkoumání prohlásil ve své práci, že připravil nový prvek, který nazval „cadmium“, pocházející z latinského slova cadmeia fornacum, což v češtině znamená zlomek z pece.

V některých knihách je uváděn jako objevitel kadmia Hermann, ovšem ve většině ostatních zdrojů je upřednostňován právě Stromeyer. V dějinách chemie byli často označováni jako objevitelé oba dva.

3.2. Chemické a fyzikální vlastnosti kadmia

Kadmium má atomovou hmotnost 112,4, atomové číslo 48, bod varu 765°C, přičemž ve formě těkavých látek se do ovzduší uvolňuje již při teplotě 480°C a bod tání 320°C (Bencko a kol., 1995). Při teplotě pod 272,6 °C se kadmium stává supravodičem prvního typu, čili při průchodu elektrického proudu neklade téměř žádný zaznamatelný odpor. Ve sloučeninách se vyskytuje v oxidačním čísle II a jeho soli často tvoří komplexy, přičemž pevnou vazbu zpravidla tvoří s ionty halogenů. Organické deriváty nebo amoniak jsou prvky, které jsou často vázány právě kademnatými solemi

(Remy, 1971). Detailnější chemické a fyzikální vlastnosti kadmia lze pozorovat v Tabulce č.2

Ve vlhku a na vzduchu kadmium ztrácí lesk a pokrývá se tenkou vrstvou oxidu a při zapálení v atmosféře vyhoří červeným jasným plamenem, přičemž vzniká hnědý oxid kademnatý. Při použití povlaku na železe se neodlupuje při ohýbání ani tlaku na výrobek, avšak je méně odolný vnějším mechanickým vlivům. Dále se často slučuje se sírou, fosforem a při zahřátí také s různými halogeny (Trebichavský a kol., 1998). Na druhé straně Greenwood (1993) ve své knize zmiňuje, že kadmium nikdy nereaguje s vodíkem, dusíkem a uhlíkem. Dále píše o tom, že kadmium je možné slévat s jinými kovy, snadno se rozpouští v kyselinách a je ušlechtlejší než zinek, proto je jím z roztoku vylučován. Při reakci s kyselinou dusičnou vznikají různé oxidy dusíku, naopak v neoxidujících kyselinách se volně rozpouští a vzniká vodík.

Dle Greenwooda (1993) tvoří kadmium v oxidačním stavu II oxidy, halogenidy, soli a chalkogenidy s většinou aniontů. S halogenidy, vyjma fluoru, zpravidla vytváří nestabilní komplexní ionty.

Tabulka č. 2 – vybrané vlastnosti kadmia

Vlastnost	Kadmium
Relativní atomová hmotnost	112,8682
Atomový poloměr	161 pm
Elektronegativita	1,69
Hustota	8650 kg/m ³
Tvrдость podle Mohse	2
Teplota tání	320,9°C
Teplota varu	765°C

Zdroj: Periodická tabulka: Kadmium [online]. [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/48.html>, vlastní úprava

3.3. Sloučeniny kadmia

Kadmium se vyskytuje v mnoha organických i anorganických sloučeninách nejčastěji jako kation dvojmocný, tedy v oxidačním stupni II. S thiokarbamáty, ale i jinými organickými sloučeninami tvoří komplexy a díky této své vlastnosti se může stát základem pro některé analytické metody pro jeho stanovení (Bencko a kol. 1995).

Kademnaté sloučeniny jsou si velmi blízké se sloučeninami zinečnatými, s tím rozdílem, že zinečnatý oxidu i sulfid jsou bezbarvé, kdežto kademnatý je hnědý, respektive žlutý. Další kademnaté soli jsou povětšinou bezbarvé, v případě silných kyselin snadno rozpustitelné. Ve vodě nelze rozpustit oxid, siřník, ferokyanid, telurid, fosforečnan a uhličnan, na druhé straně všechny tyto látky lze rozložit či rozpustit v kyselině chlorovodíkové (HCl), silných kyselinách či amonných solích. Kademnaté soli mají silný sklon k vytváření komplexů a to zejména s amoniakem (NH₃) a halogeny (Trebichavský a kol., 1998).

Kadmium a jeho sloučeniny jsou biokumulativní, stálé a toxické s možným nebezpečím pro životní prostředí a lidské zdraví s nevratnými účinky (Křištofová, 2005).

3.4. Použití kadmia

Kalač (2010) ve své knize uvádí jako hlavní zdroje znečištění životního prostředí tyto:

- Těžba a úprava rud
- Pokovování kadmíem
- Výroba nikl-kadmiových baterií
- Elektronický průmysl - zde se jedná hlavně o fotovoltaické články, ve kterých je příměs kadmia obsažena.
- Průmysl plastických hmot
- Spalování fosilních paliv - spalování pohonných hmot a olejů patřilo dříve k jednomu z největších znečišťovatelů. Kadmium vypuštěné do ovzduší se hromadilo v půdě a ve vodě a díky tomu vstupovalo do potravinového řetězce. (Bencko a kol., 1995)
- Hnojení minerálními hnojivy

3.4.1. Použití kadmia v historii

Cibulka (1986) ve své knize píše, že kadmium bylo používáno hlavně pro pokovování jiných kovů a zabránění korozi, výrobu pigmentů kvůli příměsím do barev a také jako součást výroby zinku a olova, ze kterých muselo být kadmium extrahováno, aby se výrazně neměnily jejich vlastnosti. Světová produkce kadmia v roce 1977 byla zhruba 18 000 tun, přičemž největší producenti byli Evropa, Japonsko a USA.

Později se kadmium používalo také jako příměs do energetických článků, či jiných, nyní již zcela jinak vyráběných, věcí. Trebichovský (1993) ve své knize zmiňuje největší historické původce odpadů jako tyto:

- NiCd-akumulátory - hlavní původci byli PRAGOMETAL Mnišek pod Brdy, který vyprodukoval více než 40 tun kadmia, ČKD Hradec Králové s 10 tuny kadmia a ŠKODA KONCERN Plzeň s 8,6 tunami. V jednom akumulátoru je obsaženo přibližně 18,5% kadmia, které je životu nebezpečné. Na šetrné zpracování Ni-Cd akumulátorů byla vyvinuta řada technologií jak postupovat. Evropský patent radil přímé tavení šrotu, naopak čínský postup akumulátory drtil, sušil a pražil.
- Suché baterie - mezi hlavní původce patřili, MEZ Postřelmov s 1200 tuny kadmia, CUKROVAR OVČÁRY Nové Dvory, který vyprodukoval 200 tun kadmia a UNEX Uničov se 25 tunami.
- Kal s galvanonem s obsahem kadmia - mezi hlavní galvanovny a znečišťovatele patřili MOTORPAL Jihlava s 20 tunami kadmia a TECHNOMETRA RADOTÍN Praha s 15 tunami vyprodukovaného kadmia. Recyklace kadmia z kalů se prováděla jen velmi těžko, proto se v roce 1996 v ČR úplně od pokovování kadmiem odstoupilo, které bylo nahrazeno zinkováním.

Produkcí těchto škodlivých výrobků a obsah kadmia v nich lze sledovat v tabulce č. 3.

Tabulka č. 3 – Produkce odpadů s obsahem kadmia v ČR v letech 1993 – 1995 (t)

Název odpadu	1993		1994		1995	
	Množství	Obsah Cd	Množství	Obsah Cd	Množství	Obsah Cd
NiCd-akum	173,2	32,04	409,14	75,69	2888,1	534,3
Suché baterie	167,7	0,06	632,05	0,22	1089,4	-(*)
Galvan. Kaly	0,2	-	7,0	0,01	-	-
Celkem	341,1	32,1	1048,19	75,92	3977,5	534,3

(*) od roku 1994 obsah Cd=0

Zdroj: Trebichovský (1997), vlastní úprava

3.4.2. Použití kadmia v současnosti

Díky vysoké a výzkumy prokázané toxicitě kadmia je v současnosti vysoký zájem o jeho regulaci, vytlačení z používání a jeho nahrazování jinými kovy, pokud je to jenom trochu ekonomicky a technicky možné.

Podle profesorů Perlíka a Válka (2014) se i přes tuto regulaci kadmium stále používá jako hlavní složka v Ni-Cd bateriích a akumulátorech, polovodičích, pájecích slitinách, laboratorních přístrojích ale také v elektropokovování. V roce 2013 Čína vyprodukovala 7400 tun kadmia, čímž se jednoznačně, s podílem 34% celosvětové produkce, zařadila na první místo producentů kadmia.

Dle webu www.stalemladi.cz a autora článku D. Dobroty (2014) se dostává kadmium do životního prostředí hlavně prostřednictvím spalování odpadu, ropy a uhlí, z pozinkovaných trubek a také ojížděním pneumatik. Další ze zdrojů kadmia jsou také hnojení vodárenskými kaly a fosfátovými hnojivy s vysokým obsahem kadmia.

3.4.3. Příklady znečištění životního prostředí kadmiiem

Zřejmě nejznámější případ otravy kadmiiem se stal v Japonsku. Tamější těžařská společnost vypouštěla mezi lety 1910 a 1945 odpadní vody s vysokým obsahem kadmia do řeky, která sloužila k rybolovu a také se z ní používala voda na zavlažování rýžových polí. Vzhledem k výše zmíněné kumulaci kadmia docházelo k vysoké koncentraci kadmia v rybách a rýži, což způsobilo tzv. nemoc ithai-ithai, což v překladu znamená,

bolí-bolí. U lidí tato nemoc zapříčinila nahrazování vápníku v kostech kadmíem, což způsobovalo jejich řídnutí a následné nebezpečí zlomenin a bolest zad a kloubů. (Látka: Kadmium a sloučeniny, online)

V roce 2015 Státní veterinární správa na základě hlášení RASFF¹ musela stáhnout z oběhu sardinky v konzervě od společnosti Hamé s.r.o. Testy totiž prokázaly, že se v nich vyskytovalo množství kadmia vyšší, než povoluje limit. Limit byl překročen o nepatrné množství, nehrozila tedy akutní otrava, avšak výrobek nesplňoval požadavky zdravotní nezávadnosti a proto byl stažen z prodeje. (Státní veterinární zpráva, 2015)

4. Výskyt kadmia

Výskyt kadmia lze rozdělit do tří hlavních oblastí: kontaminaci ovzduší, kontaminaci vod a kontaminaci půd. Podle webu Periodická tabulka: Kadmium, lze kadmium najít v zemské kůře, avšak jedná se o v zásadě vzácný prvek, jeho obsah zde je přibližně 0,13 mg/kg. Také v mořské vodě je kontaminace kadmia relativně nízká, a to 0,11 kg/l. Nejčastější výskyt v přírodě lze shledat jako příměs rud olova, ale častěji spíše zinku. Oblasti výskytu kadmia se ovšem často společně ovlivňují a prolínají. Provázanost jednotlivých sfér a oblastí lze pozorovat na obrázku č. 2, kde je znázorněno schéma pohyb stopových prvků v životním prostředí.

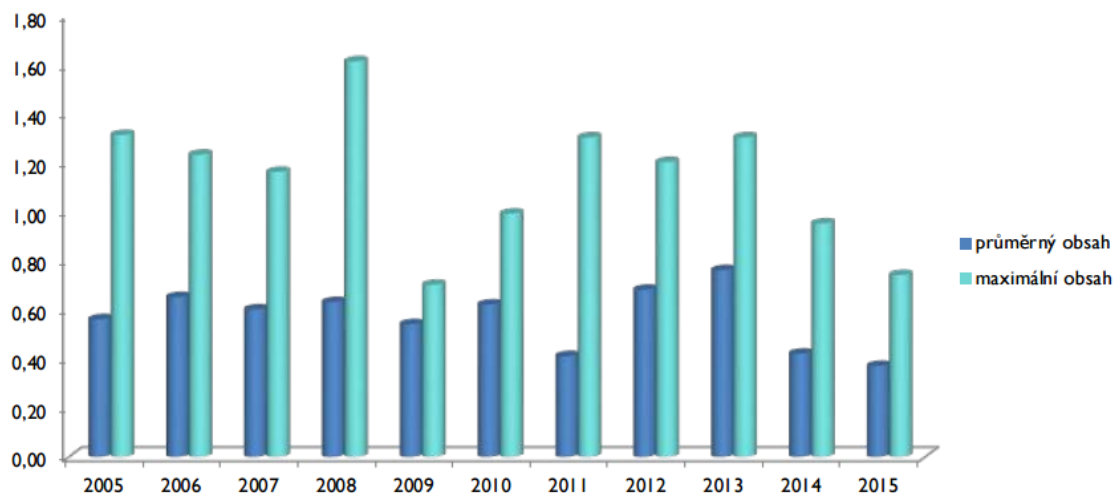
Lidská činnost v celkovém objemu znečištění kadmíem představuje přibližně 10%, výrazně větší množství připadá na přírodní činnost. I když se jedná o relativně malé procento, byla by chyba si myslet, že znečištění člověkem není pro přírodu nijak významné. Kontaminanty kadmia vyprodukované lidským faktorem jsou mnohem škodlivější a nebezpečnější, navíc emise kadmia člověkem vede často k místnímu lokálnímu znečištění, se kterým se příroda mnohem složitěji vypořádává (Beneš a Novotná, 1998).

Stopové prvky kadmia lze také nalézt v různých druzích potravin. Nejvíce je kadmium obsaženo v listové a kořenové zelenině, pšenici, bramborách, houbách ale také v ledvinách, játrech, racích, krabech a rybách. Bohatý na kadmium je také mák.

¹ Systém rychlého varování pro potraviny a krmiva (Rapid Alert System for Food and Feed)

(Dobrota, 2014) Na obrázku č. 1 je možné pozorovat výši průměrné a maximální koncentrace kadmia v máku naměřené mezi lety 2005 a 2015.

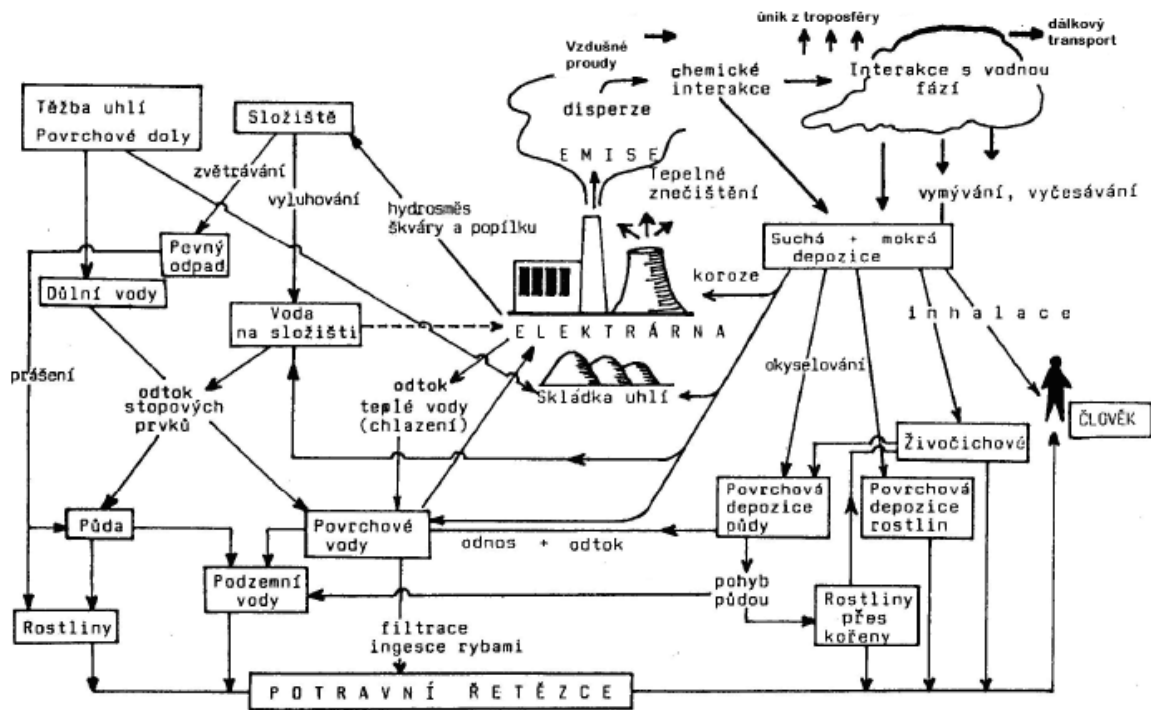
Obrázek č. 1 - Průměrný a maximální obsah kadmia v máku v letech 2005–2015 (mg.kg⁻¹)



Zdroj: Poustková (2016)

Kadmium je přijímáno nosičovým mechanismem a to hlavně přes buněčné membrány. Existují jisté důkazy a to hlavně u rostlin, že cesty, které napomáhají příjmu iontů vápníku, mohou být právě také cestami pro nežádoucí příjem kadmia. V případě, že se kadmium dostane do organismu, dokáže se navázat na speciální metaloproteiny, které se vyskytují hlavně v ledvinách, krvinkách a játrech. Navázáním na tyto metaloproteiny sice kadmium ztrácí část své toxicity, avšak vyšší koncentrace kadmia v ledvinách obratlovců může vyvolat jejich trvalé poškození (Kalač, 2010).

Obrázek č. 2 schéma distribuce a pohybu stopových prvků v okolí tepelné elektrárny (Cibulka, 1991)



4.1. Kontaminace ovzduší kadmiiem

Do ovzduší se kadmium dostává hlavně při těžbě, zpracování a výrobě, z pravidla se tedy jedná o lokální znečištění v jednom konkrétním místě (Cibulka, 1991). Vysoká koncentrace kadmia v parách nebo prachu může u dělníků v průmyslových zónách poškodit funkci plic, které se projevuje okamžitě nastupujícím podrážděním dýchacího ústrojí (Křištofová, 2005).

Znečištění je závislé na mnoha různých faktorech. Jak již bylo zmíněno, jedná se hlavně o lokalitu, ať už kvůli soustředění průmyslu nebo velkých aglomerací, na povětrnostních a klimatických podmínkách, ale také na limitech a emisích v dané zemi, či sousedních státech. Bencko a kol. (1995) ve své knize zmiňují, že díky vlivu průmyslu a dopravy se v devadesátých letech kadmium vyskytovalo hlavně v ovzduší velkých městských aglomerací. Největší znečištění v ovzduší bylo zaznamenáno v USA a to $0,024 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a v Japonsku a to $0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ještě větší obsah kadmia byl zjištěn v okolí sléváren a to mezi $0,2 - 0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Mezi hlavní znečišťující procesy lze však také zařadit procesy spalování. Jak již bylo zmíněno v kapitole 3.4, spalování fosilních paliv, ale i městských odpadů vždy platilo k významným emitentům kadmia do životního prostředí. Hlavní chemické sloučeniny, které při procesu spalování paliv vznikají, jsou sulfid kademnatý, chlorid kademnatý, oxid kademnatý a síran kademnatý. Významným zdrojem kadmia v ovzduší je také cigaretový kouř, poněvadž cigaretový filtr dokáže zachytit pouze přibližně 1% kadmia obsaženého v cigaretách (Trebichovsky, 1997).

Nepřímou cestou putování kadmia do ovzduší je cesta skrz půdu. Při aplikaci hnojiv, či jiným znečištěním půd, se poté kadmium usazené v zemi dostane do ovzduší větrnou erozí či jiným způsobem (Cibulka, 1991). Jak již bylo zmíněno v úvodu kapitoly 4, kadmium se do ovzduší dostává ve velké míře také ze zdrojů přirozených. Odhad celkové roční emise kadmia z přirozených zdrojů je možné pozorovat v tabulce č. 4.

Tabulka č. 4 – odhad celkové roční emise kadmia ze všech přirozených zdrojů (1 10⁶ kg)

Zdroj	Kadmium
Prach unášený větrem	0,1
Lesní požáry	0,01
Vulkanická činnost	0,52
Mořský aerosol	0,001
Vegetace	0,2
Celkem	0,831

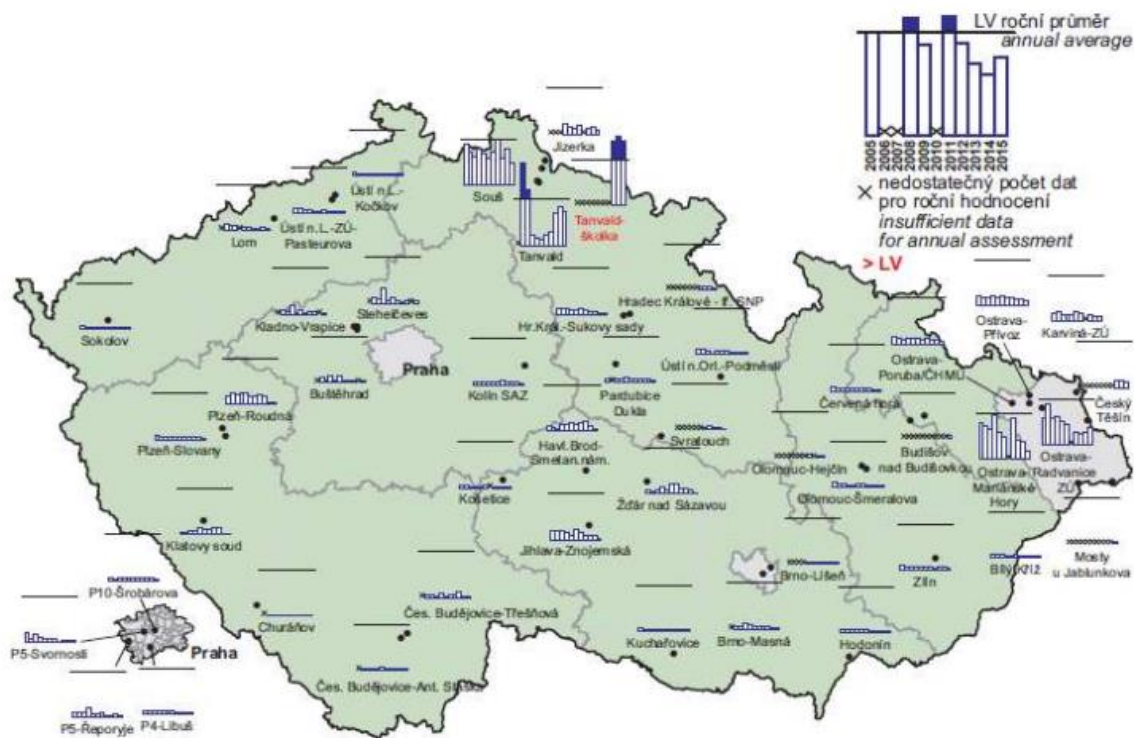
Zdroj: Cibulka (1991), vlastní úprava

Příručka ochrany a kvality ovzduší (Andreovský a Henelová, 2013) uvádí, že v roce 2011 bylo sledováno a monitorováno kvůli výskytu kadmia v ovzduší celkem 62 lokalit. Imisní limit byl stanoven na 5 ng/m³ a nebyl překročen ani na jedné z pozorovaných lokalit. Nejvyšší naměřený roční průměr byl stejně tak jako v posledních dvou letech zaznamenán v lokalitě Souš na severu Čech a to 3,5 ng/m³. Toto tvrzení lze pozorovat také dále na obrázku č. 3.

Naproti tomu v Evropě byl nadlimitní výskyt kadmia zaznamenán v roce 2010 na 1,7% měřicích stanic. Překročení limitu nastalo v Belgii, Španělsku a Bulharsku, hlavně v průmyslových zónách (Andreovský, Henelová, 2013).

ve zprávě o výsledcích imisního monitoringu v roce 2015 uvedeného na webu ministerstva životního prostředí se můžeme dočíst, že v roce 2015 byl imisní limit kadmia překročen pouze v jedné v celkově 55 pozorovaných lokalitách, a tím byl Tanvald – školka. Stalo se tam stejně jako v roce 2014. Na obrázku č. 2 můžeme pozorovat roční průměrné koncentrace kadmia mezi lety 2005 a 2015 v různých lokalitách. Z mapy jednoznačně vyplývá, že oblast Tanvald – školka překročila limit ve všech posledních třech pozorovaných letech. Sousední oblast Tanvald překročila emisní limit kadmia v letech 2005 a 2006, ale od té doby již nikdy. Těsně pod hranicí emisního limitu se v pozorovaných letech drží také třetí severočeská oblast Souš a dvě Slezské oblasti Ostrava – Mariánské Hory a Ostrava – Radvanice.

Obrázek č. 3 - Roční průměrné koncentrace kadmia v ovzduší v letech 2005–2015 na vybraných stanicích



Zdroj: Informace o vyhodnocení výsledků imisního monitoringu v roce 2015, web MŽP

4.2. Kontaminace vody kadmii

Výskyt kadmia ve vodním prostředí je zapříčiněn hlavně přímým únikem chemikálií z továren do vod, odpadními vodami z těžby rud, únikem při povrchové ochraně jiných kovů kadmii, ale také již zmiňovaným usazováním z ovzduší v půdách či přímo vodách. Následný pohyb a mobilita sloučenin kadmia závisí hlavně na rozpustnosti. Jak již bylo zmíněno v kapitole 3.3, ve vodě nelze rozpustit oxid, sulfid, ferokyanid, tellurid, fosforečnan a uhličnan. Nerozpustně sloučeniny se usazují v sedimentech, kdežto ty rozpuštěné putují dál a často se dostávají do podzemních vod. Cibulka (1991) ve své knize píše o tom, že rozložení výskytu chemických forem těžkých kovů ve vodním prostředí také závisí na chemickém složení půdy. Jedná se o obsah aniontů, ale hlavně o pH půdy. Zvýšená kyselost půd může zapříčinit uvolnění kadmia z usazenin, tudíž zvýšení mobility, naopak při nižším pH dochází k většímu usazení.

Dle Bencka a kol. (1995) se v devadesátých letech kadmium vyskytovalo ve vodě velmi málo. Pokud bylo kadmium ve vodě zaznamenáno, jednalo se hlavně o sedimenty na dnech vodních nádrží. Pitná voda byla kontaminována nejčastěji z kadmia obsaženého v pokadmiovaných trubkách vodovodu nebo kohoutcích. Přesto bylo možné v České republice znečištění vod kadmii zaznamenat. Na počátku 90 let byla naměřena zvýšená koncentrace kadmia v Labi poblíž chemičky Spolana Neratovice. Sedimenty ze dna přehrad, rybníků, nádrží a řek jsou významným ukazatelem a indikátorem znečištění povrchových vod (Cibulka, 1991). Labe dlouhodobě patří v České republice k nejvíce znečištěným řekám, naopak řeka Jihlava je jedna z nejčistších (Trebichovský, 1997).

Průměrný obsah kadmia ve vodách je následující: (Biela a Konečný, 2014)

- Pitná voda podzemního původu 0,95 µg/l
- Pitná voda povrchových zdrojů 0,92 µg/l
- Minerální vody od 0,01 µg/l do 0,23 µg/l
- Mořská voda 0,1 µg/l

Kontaminace kadmia v pitné vodě je z části způsobena přírodními zdroji, avšak většinou byla naměřena díky pokadmiovaným trubkám chráněných před korozi (Trebichovský, 1997).

4.3. Kontaminace půdy kadmiiem

Ochrana půd je v dnešní době také důležitým faktorem, neboť půda se může jevit jako přestupní stanice škodlivin do potravního řetězce. Půda nám poskytuje živiny, které spotřebováváme, a navíc je podkladem pitných zdrojů. Do půd se toxické kadmium dostává hlavně zemědělskou činností, hnojením a také díky cizím zdrojům znečištění. Koncentrace kadmia v půdách kolísá v rozmezí 0,01 – 0,15 mg/kg a vyskytuje se nejvíce v hloubce 0-5 cm. Cizí zdroje znečištění v případě kontaminace půd, jsou hlavně tyto: (Cibulka, 1991)

- Odpady po těžbě
- Aerosoly vzniklé spalováním a průmyslem
- Průmyslové chemikálie
- Zemědělské chemikálie
- Tekuté i pevné odpady lidí a zvířat

Přibližně 60-80 % znečištění půd kadmiiem je zapříčiněno průmyslem a odpady z měst, zbylých 25-35% zemědělskými hnojivy. Průmyslové komposty jsou mimo jiné vyráběny také z kalů z čistíren kanalizačních odpadních vod, přičemž často se v minulosti stávalo, že tyto kaly obsahovaly mnohonásobně vyšší koncentraci kadmia, než bylo povolené (Trebichovský, 1997). V tabulce č. 5 je vidět vstup kadmia do půd a procentuální porovnání vstupů v roce 1996.

Tabulka č. 5 – vstup kadmia do půdy v zemích EU v roce 1996

Zdroj	Vstup	
	t Cd/rok	%
Výroba Zn a Cd	200	6,7
Výroba Cu	15	0,5
Výroba Pb	40	1,3
Výroba železa a oceli	349	11,6
Výroba pigmentů a stabilizátorů	90	3
Spalování uhlí a lignitu	390	13
Spalování oleje a plynu	15	0,5
Komunální odpad	1434	47,8
Čistírenské kaly	130	4,3
Fosforečná hnojiva	346	11,5
Celkem	3009	100

Zdroj: Treichovský (1997), vlastní úprava

Podle Brummera a kol. (1986) v půdách existují následující formy kadmia:

- Vodorozpustné
- Organicky vázané
- Výměnné
- Ve formě definovaných sloučenin
- Okludované s oxidy Fe a Mn
- Vázané ve struktuře silikátů

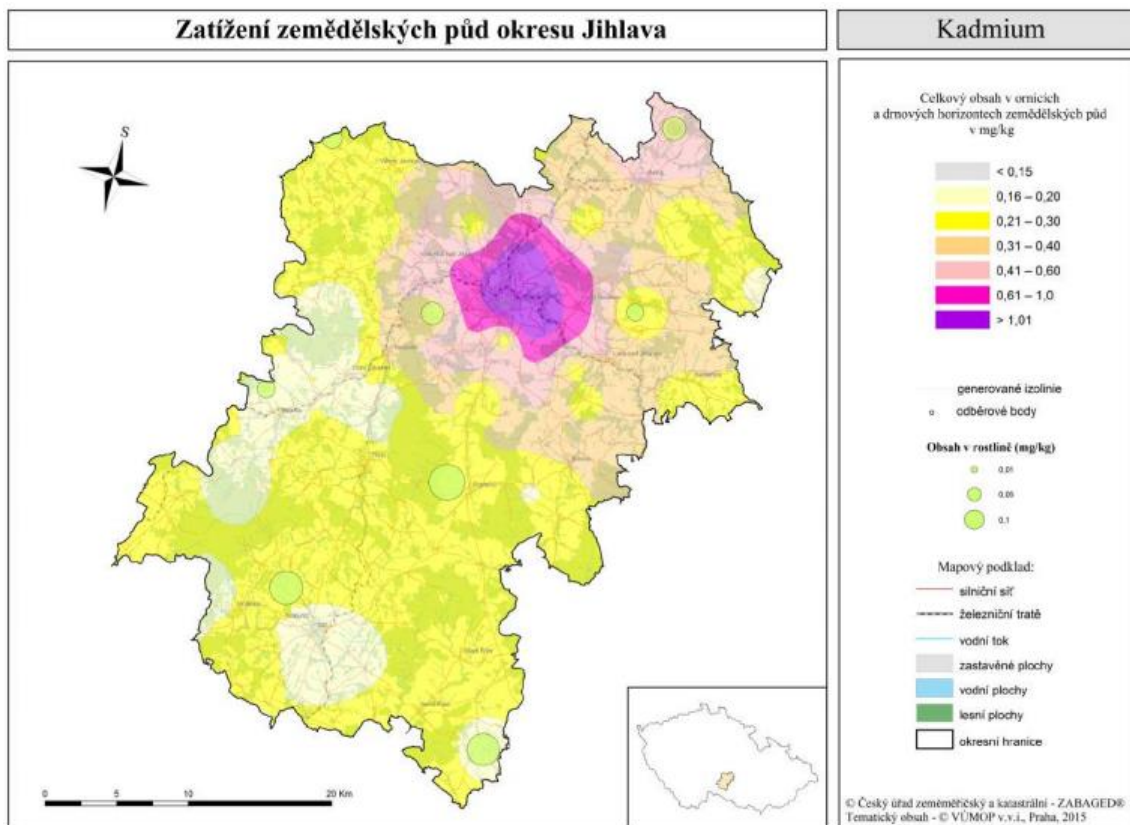
Obsah kadmia v půdě se často mění. Na základě výše zmíněných forem kadmia v půdě shrnul Sims a kol. (1986) hlavní vlastnosti mobility kadmia v půdách, kterými jsou:

- pH – jedna z nejdůležitějších vlastností pro posouzení mobility. Existuje téměř přímá úměra mezi kyselostí půdy a mobilitou kadmia.
- Kationtová výměnná kapacita - určuje vazby kadmia v půdě
- Redox potenciál - určuje stabilitu různých forem kadmia
- Obsah organického uhlíku - určuje absorpci půd
- Druh půdy - ovlivňuje rychlost a cesty migrace

Kontaminaci půd lze rozdělit na dva druhy, a to lokální (neboli místní) a difúzní. Místní kontaminace je zapříčiněna především průmyslem, lokální těžbou, zpracováním nerostů, ukládáním toxických odpadů, ale také možnou havárií. Naproti tomu difúzní znečištění půd je zapříčiněno pohybem vyprodukovaných látek, které se neusazují v místě vzniku, nýbrž putují nejčastěji vzduchem a usadí se v jiných půdách, které je snadněji zadrží (Ustohalová, 2011). Výrazné lokální znečištění půdy lze pozorovat na obrázku č. 4, kde je zobrazeno znečištění zemědělských půd v Okrese Jihlava v roce naměřené v roce 2015.

V historii bylo nejvíce nadlimitních koncentrací kadmia v půdách zjištěno v okresech Příbram, Louny a Šumperk (Trebichovsky, 1997). Koncentrace kadmia v půdě byla v devadesátých letech podle Bencka a kol. (1995) zvyšována obsažením prvku ve vzduchu, případně ve vodě. Přirozená hladina hodnot kadmia v půdě byla v devadesátých letech pod 0,1 mg/kg avšak v okolí čistírenských hal a polích, kde bylo použito toxické hnojivo bylo možné pozorovat daleko vyšší znečištění.

Obrázek č. 4 – Koncentrace kadmia v zemědělských půdách v okrese Jihlava, rok 2015



Zdroj: Poustková (2016)

5. Opatření proti znečištění životního prostředí kadmiiem

5.1. Monitorování kadmia v ČR

Monitorování cizorodých látek, mezi které patří mimo jiné i kadmium, se provádí každým rokem a sleduje především možné kontaminace potravin, surovin určených k výrobě a krmiv určených k výživě konzumních zvířat. Monitorovány jsou také volně žijící organismy, které se dostávají do spotřebního koše člověka, ale i oblasti prostředí, které byly již v kapitole 4 zmíněná a tím jsou povrchová voda a půda (Poustková, 2015).

Každoroční zpráva o výsledcích sledování a vyhodnocování cizorodých látek v potravinových řetězcích v rezortu zemědělství (Poustková 2015), její výsledky a výstupy v tohoto monitoringu jsou založeny na platné legislativě v roce vydání zprávy,

na předpisech, vyhláškách, směrnicích a zákonech, které budou konkrétně zmíněny v dalších kapitolách. Rozsah této zprávy, vydávané Ministerstvem zemědělství závisí na poskytnutých financích, v roce 2015 se na monitoringu finančně podílely následující organizace:

- Státní zemědělská a potravinářská inspekce
- Státní veterinární správa
- Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
- Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy
- Výzkumný ústav rostlinné výroby
- Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti

Výše zmíněné monitorování je pro českou republiku závazné, jelikož vychází s doporučení Evropské komise. Experti a specialisté z evropské komise na základě těchto srovnatelných dat z daných oblastí můžou snadněji určovat limity u jednotlivých látek, kde limity doposud stanoveny nejsou, měnit limity u látek, kde je to potřeba, ale hlavně lze díky tomuto ucelenému přehledu snadněji mapovat výskyt konkrétních látek na území Evropské unie. Přihlíženo je také na zjištění a upozornění ze systému RASFF. (www.eagri.cz)

System RASFF, zkratka pro anglický výraz „*Rapid Alert System for Food and Feed*“ do českého jazyka přeloženo jako: „*Systém rychlého varování pro potraviny a krmiva*“ je určen pro okamžité oznámení rizika pro člověka a jeho zdraví, vzešlého z krmiva nebo potravin, nehledě na to, zda se jedná o přímé nebo nepřímé ohrožení. Tento systém slouží hlavně k rychlému a účinnému sdílení informací o závadných a nebezpečných potravinách mezi jeho členy, kterými jsou (dle webu www.bezpecnostpotravin.cz):

- Evropská komise
- Členské státy Evropské unie
- Členské státy EFTA²
 - Island, Lichtenštejnsko, Norsko, Švýcarsko
- Evropský úřad pro bezpečnost potravin

² European Free Trade Association = Evropské sdružení volného obchodu

Výměna informací o nebezpečných krmivech a potravinách v systému RASFF probíhá dle webu www.bezpecnostpotravin.cz na kontaktních místech, které se nacházejí ve všech členských státech. Systém je nastaven tak, že pokud má jakýkoliv člen systému informaci o nějakém riziku týkající se ohrožení lidského zdraví, musí okamžitě informovat prostřednictvím RASFF Evropskou komisi, která hlášení vyhodnocuje a předává dalším členům. Předaná informace může je předána jedním z následujících typů oznámení:

- Varování – v případě, že se jedná o vážné riziko, potraviny a krmiva jsou přímo nabízena spotřebitelům ke koupi
- Informace – potraviny určené jako rizikové se již nenacházejí na trhu a nelze je přímo zakoupit nebo se nejedná o závažné ohrožení lidského zdraví
- Odmítnutí na hranici – potraviny nebo krmiva, které byly testovány a již dříve odmítnuty na vnějších hranicích Evropské unie
- Novinky – informace, které jsou považovány za důležité sdělit, avšak nejedná se o přímé ohrožení lidského zdraví

Fungování systému RASFF je v České republice upraveno Nařízením vlády č. 98/2005 Sb., přičemž národní kontaktní místo je podle §15 odst. 4 zákona č.110/97 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích Státní zemědělská a potravinářská inspekce. Státní zemědělská a potravinová inspekce vydává týdenní přehledy a pravidelně informuje o oznámeních ostatních členských zemí ze systému RASFF.

Zpráva o výsledcích sledování a vyhodnocování cizorodých látek v potravinových řetězcích v rezortu zemědělství, která byla zmíněna v prvních odstavcích této sekce práce, přinesla mimo jiné i tyto výsledky: (Poustková, 2016)

- V roce 2015 byl inspektory proveden test 98 vzorků krmných surovin, 10 vzorků zeleniny, především kořenové, 10 vzorků ovoce a 10 vzorků čerstvých hub. Pozitivní nález kadmia byl zjištěn u petržele, cibule, mrkve a pórku. U hub bylo kadmium zaznamenáno u vzorku hlívy ústříčné, avšak všechny tyto nálezy se nacházely pod maximální přípustnou hodnotou koncentrace kadmia, limit tedy nebyl překročen.
- Mezi další sledované vzorky patřily lesní plody, kde se kadmium téměř nevyskytovalo, naopak u brambor se přítomnost kadmia potvrdila ve všech odebraných vzorcích. Naměřené hodnoty kadmia nicméně nepřekročili

maximální limit, protože se pohybovaly v intervalu od 0,011 do 0,07 mg/kg. Stejně tak jako brambory byly hodnoceny obiloviny. Kadmium bylo detekováno ve všech 7 hodnocených vzorcích, avšak hodnoty se pohybovaly v intervalu od 0,012 do 0,069 mg/kg, tedy ani obiloviny nepřekročili maximální možnou míru koncentrace kadmia v potravinách.

- Testy monitoringu byly provedeny také u hospodářských zvířat. Nálezy kadmia se objevily u následujících druhů hospodářských zvířat s následujícím závěrem:
 - Mladý skot do dvou let stáří – nález kadmia vyhověl limitům
 - Krávy – ve čtyřech případech byl naměřen nadlimitní obsah kadmia v ledvinách
 - Ovce a kozy – nadlimitní koncentrace kadmia nebyla v tomto druhu zvířat naměřena, pouze v jednom vzorku ledvin byl zjištěn nález na těsně pod hranici limitního maxima
 - Koně určené k potravinovým účelům – pozitivní nález byl zaznamenán v játrech a ledvinách koní starších dvou let. Koncentrace kadmia ve srovnání s maximálními limity podle nařízení Komise (ES) č. 1881/2006, kterým se stanovují maximální limity některých kontaminujících látek, byla u některých vzorků nadlimitní. V několika případech byl naměřen také nadlimitní obsah kadmia ve svalovině koní.

5.2. Legislativní opatření v ČR

Hlavním nástrojem české legislativy, zabývajícím se vypouštěním kadmia a jeho sloučenin do vod je Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech účinné od 1.1.2016. Toto nařízení stanovuje maximální povolené množství obsahu kadmia ve vypouštěných odpadních vodách ve vybraných odvětvích průmyslu.

Kadmium je uvedeno v příloze č. 1 Zákona č. 254/2001 Sb. pod číslem 6, jako zvláště nebezpečná látka, tedy látka, která představuje velké riziko pro vodní prostředí a s ním související ekosystémy. Smyslem tohoto zákona je ochrana povrchových vod a

nastavení podmínek pro zachování a zlepšení prostředí, přičemž je zde zakotvena povinnost čistit kontaminované odpadní vody jednotlivými účastníky znečištění.

Hlavní legislativní opatření týkající se ochrany ovzduší je v české republice Zákon č. 201/2012 Sb, o ochraně ovzduší. Ochrana ovzduší je hlavně myšlena předcházení samotného znečištění ovzduší a také snižování již vzniklého znečištění tak, aby byla co nejvíce omezena rizika pro člověka a jeho zdraví. Tento zákon vychází z předpisů Evropské unie a stanovuje primárně maximální možné znečištění ovzduší, způsoby posuzování znečištění, nástroje k zlepšení situace, práva a povinnosti veřejných orgánů apod. Nařízení 354/2002 Sb. Tohoto zákona stanovuje podmínky a limity pro spalování odpadů.

5.2.1. Limity

Česká republika se se svým vstupem do Evropské unie zavázala k plnění určitých limit a směrnic, mezi které patří i ochrana životního prostředí od těžkých kovů, do nichž patří mimo jiné také kadmium. Limity kontaminace jednotlivých sfér životního prostředí jsou zakotveny nejen v konkrétních zákonech a normách České republiky, ale některé byly přímo přebrány z nařízení EU.

5.2.1.1. Limity v ovzduší

Imisní limit pro celkový obsah kadmia pro ochranu zdraví lidí je stanoven na 5 ng/m³, přičemž průměr je tvořen za celý jeden kalendářní rok (Zákon č. 201/2012 Sb.).

5.2.1.2. Limity ve vodě

Limity ve vodě se dělí ro několika skupin:

- Limity v pitné vodě
 - Nejvyšší mezní hodnota 5 µg/l (Vyhl. č. 252/2004 Sb.)
 - Balené kojenecké a pramenité vody 0,002 mg/l (Příl. č. 2 k vyhl. č. 275/2004 Sb.)
 - Balené přírodní minerální vody 0,003 mg/l (Příl. č. 1 k vyhl. č. 275/2004 Sb.)

- Limity povrchové vody – liší se podle tvrdosti vody, která je určena v pěti třídách (Nařízení vlády 401/2015)
 - Třída 1
 - Celoroční průměrná hodnota $\leq 0,08$
 - Nejvyšší přípustná koncentrace $\leq 0,45$
 - Třída 2
 - Celoroční průměrná hodnota $\leq 0,08$
 - Nejvyšší přípustná koncentrace $\leq 0,45$
 - Třída 3
 - Celoroční průměrná hodnota $\leq 0,09$
 - Nejvyšší přípustná koncentrace $\leq 0,6$
 - Třída 4
 - Celoroční průměrná hodnota $\leq 0,15$
 - Nejvyšší přípustná koncentrace $\leq 0,9$
 - Třída 5
 - Celoroční průměrná hodnota $\leq 0,25$
 - Nejvyšší přípustná koncentrace $\leq 1,5$
- Limity odpadní vody – přípustné hodnoty znečištění vypouštěné s vybraných průmyslových odvětví (Nařízení vlády 401/2015)
 - Výroba rafinovaných ropných produktů: 0,008 mg/l
 - Výroba skla a skleněných výrobků: 0,05 mg/l
 - Povrchová úprava kovů včetně plastů: 0,2 mg/l
 - lakování: 0,2 mg/l
 - Všeobecné strojírenské činnosti: 0,2 mg/l
 - Výroba elektrických strojů a zařízení (elektrotechnická výroba): 0,2 mg/l
 - Spalování odpadů: 0,05 mg/l

5.2.1.3. Limity v půdě

Limity v půdě nejsou jednoznačně určeny, Vyhláška 153/2016 Sb. určuje tzv. preventivní hodnoty obsahu kadmia v zemědělské půdě, které jsou následující:

- Běžné půdy 0,5 mg/kg sušiny

- Lehké půdy 0,4 mg/kg sušiny

Tabulka č. 6 zobrazuje indikační hodnoty, při jejichž překročení může dojít k ohrožení zdravotní nezávadnosti potravin nebo krmiv. Opět se rozdělení dělí na běžné a lehké půdy, navíc je zde rozděleno pH půd. Pokud bude překročena indikační hodnota 20 mg/kg sušiny, může být přímo ohroženo lidské zdraví a zdraví zvířat.

Tabulka č. 6 – indikační hodnoty, při jejichž překročení může dojít k ohrožení zdravotní nezávadnosti potravin nebo krmiv

Půdní druh	pH/CaCl ₂	Indikační hodnota	
		Extrakce lučavkou královskou	Extrakce NH ₄ NO ₃
Běžné půdy	≤6,5	1,5	-
Suché baterie	>6,5	2,0	0,1
Galvan. Kaly	<6,5	2,0	0,04

Zdroj: Vyhláška 153/2016 Sb., vlastní úprava

5.3. Mezinárodní směrnice a legislativa

Hlavním nástrojem evropské legislativy týkající se vypouštění kadmia a jeho sloučenin do vodního prostředí je Směrnice Rady 76/464/EHS o znečištění způsobeným nebezpečnými látkami, vypouštěnými do vodního prostředí. Dle této evropské směrnice náleží kadmium do skupiny I, tedy látky, které mají zhoubný účinek na vodu a jeho prostředí. Dle čl. 2 této směrnice jsou všechny členské státy Evropské unie povinny činit úkony vedoucí k odstranění znečištění vodního prostředí kadmii. Emisní a imisní hodnoty pro kadmium jsou stanoveny jinou, dceřinou směrnicí Rady a to Směrnicí 83/513/EHS (www.registrpovinnosti.com).

Nástroj pro ochranu ovzduší v evropské legislativě týkající se znečištění kadmii je hlavně Směrnice Evropského Parlamentu a Rady 2004/107/ES ze dne 15. prosince 2004 o obsahu arsenu, kadmia, rtuti, niklu a polycyklických aromatických uhlovodíků ve vnějším ovzduší.

Mezi hlavní mezinárodní úmluvy patří Protokol o těžkých kovech k LRTAP³ konvenci. Tento protokol vstoupil v platnost v roce 2003 a jedná se o mezistátní úmluvu o dálkovém znečištění ovzduší (www.mzp.cz).

6. Toxicita pro člověka

Ačkoliv bylo výše zmíněno, že monitoring, výskyt a produkce kadmia a je sledována jak v Evropské unii různými směrnice, tak národními zákony a vyhláškami, je nutné sledovat kadmium také co do možnosti potencionálních rizik, neboť jeho toxicita je výrazná a může mít poměrně značný vliv na zdraví člověka. Díky prokazatelných negativním vlastnostem kadmia, je stále a preventivně důležité sledovat jeho koncentraci a množství v organismu. Stanovení a měření výskytu prvku v krvi a tělních tekutinách je co do pohledu medicíny považováno za velmi důležitý a užitečný jev, protože překročení maximální hladiny může vést k vážnému poškození lidského zdraví (Kenšová a kol., 2014).

6.1. Cesta přenosu kadmia do lidského organismu

Lidská populace je vystavována různým dávkám kadmia, které závisí na vstupu a délce kontaminace (Bencko, 1995). Díky relativně dobré rozpustnosti kadmia ve vodě vyplňuje tento kov vodní prostředí, čímž se dostává snadněji do živočišných organismů, kde se kumuluje a přímo ohrožuje lidské zdraví. U živočichů se koncentruje kadmium převážně ve vnitřních orgánech, jako jsou ledviny a játra, naopak ve svalovině a tucích je jeho obsah výrazněji nižší (Slíva, 2005).

Slíva (2005) ve svém článku píše, že se člověk může intoxikovat nejen inhalací emisí vzniklých z průmyslové výroby nebo spalováním odpadu, ale také kouřením cigaret, vypitím kontaminované vody či požitím potravin s obsahem kadmia. Pro lidi pravidelně kouřící je časté, že mají přibližně dvojnásobnou koncentraci kadmia v krvi než nekuřáci. (Schettler a kol., 2000) Potraviny, ve kterých byl zaznamenán větší obsah kadmia, již byly zmíněny v kapitole 4, nejvíce je kadmium obsaženo v listové a kořenové zelenině, pšenici, bramborách, houbách ale také v ledvinách, játrech, racích,

³ Úmluva o dálkovém znečišťování ovzduší přesahujícím hranice států (Convention on Long-range Transboundary Air Pollution)

krabech a rybách. Bohatý na kadmium je také mák. Dále Slíva (2005) zmiňuje, že v případě vdechnutí aerosolu kadmia je člověk vystaven chřipce podobnému stavu, který je typicky spojen s bolestmi hlavy, třesavkou, celkovou slabostí a horečkou. Denní příjem kadmia lidmi se pohybuje přibližně kolem 50 µg (Perlík a Válek, 2014). Přibližně 15-30% kadmia se při vniknutí do lidského těla vstřebává a 70-85% se vyloučí močí, či stolicí, (Cibulka, 1991) avšak již přijaté kadmium se z těla velmi obtížně a pozvolna, v ledvinách a játrech se může kadmium držet i několik desítek let (Bencko a kol., 1995).

Intoxikace kadmiem zároveň zhoršuje čichové vnímání podnětů, zkracuj dýchání člověka a způsobuje bolesti hrudníku a kašel. V horším případě může dojít až k otoku plic, který vede u 20% případů k bezprostřednímu usmrcení člověka (Baxter a Adams, 2000).

Při druhé nejčastější možnosti intoxikace lidského zdraví kadmiem, tedy požitím toxických potravin dochází v krajních případech k podráždění žaludku, doprovázenému nevolností a zvracením. Často může být otrava spojena s křečemi žaludku, průjmem a bolestmi hlavy. (Slíva, 2005) Vstup kadmia do lidského organismu byl zaznamenán také u dělníků, kteří požili kontaminované jídlo z nedostatečně umytých rukou (Bencko, 1995).

6.2. Otrava kadmiem

Otrava způsobená kadmiem může být akutní, tedy způsobena jednorázovým příjmem potravy silně toxikované kadmiem nebo na druhé straně chronická, tedy postupně narůstající, díky shlukování kadmia v těle a biologickému poločasu rozpadu kadmia 10-30 let (Slíva, 2005).

6.2.1. Akutní otrava kadmiem

Akutní otrava lidského organismu požitím kontaminované potraviny, či většího množství kadmia se projevuje zvracením, křečemi a pálením žaludku, zvýšenou produkcí slin, průjmy, ale i závratěmi přecházejícími až do bezvědomí. Při požití 30-40

mg kadmia končí otrava relativně rychlou smrtí, při menší dávce se otrava projeví zánětem zažívacího traktu, plicním krvácením a krvácením do mozku (Cibulka, 1991).

Toxikace lidského organismu vdechnutím dýmu kadmia se projevuje dráždivým kašlem, bolestmi hlavy a v nejhrošších případech až edémem plic. Síran kademnatý způsobuje dráždění kůže a naopak chlorid kademnatý vede ke zvracení (Cibulka, 1991).

6.2.2. Chronická otrava kadmiem

Chronická neboli dlouhodobě probíhající onemocnění kadmiem působí více na ženský organismus. Chronická otrava se projevuje hubnutím, nespavostí, dlouho trvajícími zažívacími potížemi a zlatým zabarvením pleti a zubů. Často se u postižených otravou projevuje poškození krvinek, poškození vnitřních orgánů, hlavně plic, jater a ledvin. Díky nahrazování vápníku sloučeninami kadmia může docházet také k řídnutí kostí, spontánním frakturám a celkové bolesti těla (Cibulka, 1991).

Hromadění kadmia v ledvinách způsobuje změny glomerulů a poškození tubulů, což vede k ledvinové disfunkci, ve smyslu zhoršeného příjmu proteinů, aminokyselin či glukózy. Švédská studiu uvádí, že je touto potuchou ledvin zasaženo a 1% žen kuřáček (Klasen a Choudhuri, 1999).

Jako hlavní příčina úmrtí dělníků, kteří často přicházeli do styku s kadmiem a vdechovali ho, byla určena inhalace kontaminovaného vzduchu a tím způsobená chronická obstrukce a plicní fibróza. (WHO, 1992) U 68% dělníků dlouhodobě vystavených kadmiu se projevuje tubulární proteinurie (Bencko, 1995).

6.3. Karcinogenní potenciál kadmia

Kadmium a jeho sloučeniny bylo v roce 1977 podle organizace IARC⁴, tedy mezinárodní agentury pro výzkum rakoviny, zařazeny do skupiny jedna, tedy skupiny s karcinogenním potenciálem pro člověka. Avšak v roce 2001 bylo kadmium a jeho sloučeniny podle organizace ACGIH⁵, tedy Americké společnosti sdružující osoby činné

⁴ International Agency for Research on Cancer = Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny

⁵ American Conference of Governmental Industrial Hygienists = Americká společnost sdružující osoby činné v bezpečnosti a ochraně zdraví v průmyslu

v bezpečnosti a ochraně zdraví v průmyslu, zařazena do skupiny A2, čili látku pouze podezřelou z možného karcinogenního potenciálu. Ostatní organizace označují kadmium a jeho sloučeniny jako potenciální karcinogeny (Slíva, 2005).

Nejsilnější rakovinotvorné bujení v případě karcinogenního kadmia je karcinom plic, který se může objevit u pracovníků se sloučeninami kadmia, nejčastěji tavičů, ale také například u kuřáků. Mezi další karcinomy patří, karcinom jater, ledvin či žaludku (Waalkes, 2000). U dělníků vyskytujícím se často v prašném, kontaminovaném prostředí byly zjištěny také karcinomy prostaty (Bencko, 1995).

6.4. Ovlivnění reprodukce kadmíem

Kadmium je mimo jiné také velmi toxické pro mužské pohlavní žlázy. Otrava kadmíem může způsobovat nejen snížení počtu životaschopných spermií, ale i jejich rychlost a hlavně nekrózu varlat (Slíva, 2005).

Dle Schettlera a kol. (2000) může být účinkem kadmia na lidský organismus způsobeny následující problémy pro reprodukci člověka:

- Toxicita působící na varlata – u zvířat bylo působení kadmia i při nízkých dávkách na varlata samců jednoznačně prokázáno, ovšem u lidí byly výsledky méně jednoznačné. Příklad jedné pitvy čtyř mužů vystavených dlouhodobé kontaminaci kadmia prokázal stonásobek obsaženého kadmia ve varlatech než u mužů ostatních, na druhé straně další provedená pitva jiných mužů toto tvrzení vyvrátil. Avšak vědci se shodují, že jistá spojitost mezi zvýšenou koncentrací kadmia v mužském semenu s neplodností přímo souvisí.
- Toxicita působící na placentu – kvůli koncentraci kadmia v lidském organismu je ovlivněna schopnost placenty zásobovat plod živinami a kyslíkem, což může vést k poškození či úmrtí plodu. Kadmium navíc také způsobuje poškození, která se týkají zásobování plodu krví.
- Organické vrozené vady – vady se mohou objevit díky výše zmíněnému poškození placenty. Mimo jiné kadmium také může způsobit nižší váhu dětí porozených od matek, dlouho vystavených působení kadmia.

6.5. Léčba intoxikace

Jako prevence proti otravě kadmíem je možné použít antioxidanty všech druhů, doplňování hořčíku, vitamínu K2, vitamínu D3 a zinku. Samozřejmě je vhodně odbourat jeden z možných příjmů kadmia, tedy přestat kouřit (Dobrota, 2014).

V případě silných otrav lidského organismu kadmíem se doporučuje užívání kyseliny askorbové po dobu 12 týdnů alespoň v denní dávce 100 mg. Kyselina askorbová napomáhá výraznému snížení poškození ledvin. U chronických intoxikací se také doporučuje užívání chelátu nebo podání dimerkaprolu či substituovaných sithiokarbamatů (Slíva, 2005).

7. Diskuse

7.1. Zhodnocení zjištěných informací

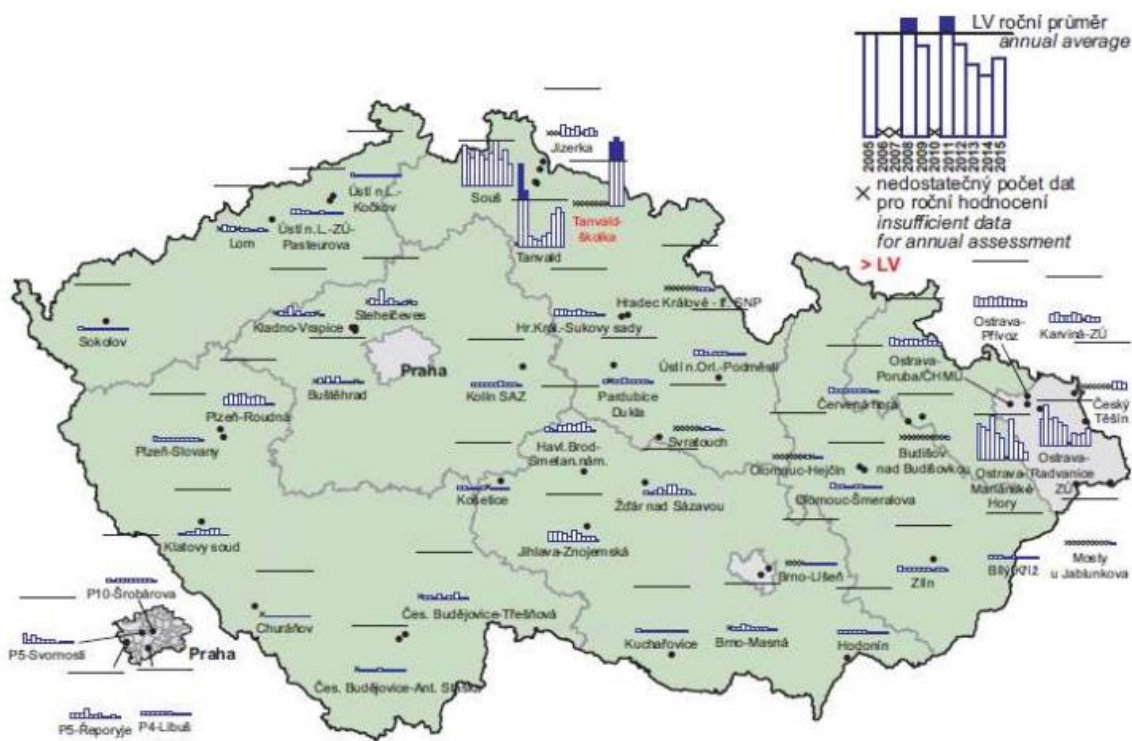
Kadmium, které je přítomné v životním prostředí, představuje, vzhledem k v práci popsaným toxickým účinkům, zcela jistě závažný problém pro člověka a samotné životní prostředí. K zamezení znečištění a snížení produkce a toxikace kadmíem na co nejmenší množství nebude stačit pouze znalost negativních účinků kadmia, ale i jeho výskytu a maximálních limitů tolerované produkce. Nejlepším způsobem, jak se před kadmíem bránit, je zamezení samotného vstupu tohoto toxického prvku do životního prostředí a tím do potravního řetězce. Zamezení a kontrolu vstupu lze dosáhnout účinnými směrnici Evropské unie, nařízeními a zákony vlády, které však budou důkladně kontrolovány a dodržovány.

Kadmium se může do lidského organismu dostat několika způsoby. V minulosti byli nejčastěji vystavováni inhalaci kadmia dělníci v průmyslových zónách, avšak inhalaci kadmia si lidé také způsobují dobrovolně, a to kouřením cigaret. Dalším způsobem příjmu kadmia může být požití kontaminované vody, což by se ve vyspělé civilizaci nemělo často stávat, protože jsou zdroje pitné vody hodně hlídány a rychle by se na kontaminaci vody přišlo. Třetí a nejčastější způsob příjmu kadmia lidským organismem je požití kontaminovaných potravin, které přebraly kadmium z půd s obsahem tohoto toxického prvku. Příjem kontaminovaných potravin je v dnešní době

největší hrozba. Často totiž není známo, odkud se potraviny dovezly a čím se půda, ve které byly vypěstovány, hnojila. Hnojiva jsou často tvořena z kalů z odpadních vod, kde se kadmium může ve značné míře nacházet.

Z historie víme, že dříve byl výskyt a hrozba kadmiiem vyšší, protože existovalo více průmyslových továren, které nebyly pod kontrolou dozorcích orgánů, vypouštěly do řek odpadní vody, kaly apod. Avšak i přes veškeré limity a nařízení se v současné době stále vyskytují průmyslová místa, kde obsah vypouštěného kadmia překračuje maximální povolené množství. Na obrázku č. 3 můžeme znovu vidět, že oblast Tanvald – školka v roce 2013 – 2015 překročila maximální limit průměrné koncentrace kadmia v ovzduší.

Tabulka č. 3 - Roční průměrné koncentrace kadmia v ovzduší v letech 2005–2015 na vybraných stanicích



Zdroj: Informace o vyhodnocení výsledků imisního monitoringu v roce 2015, web MŽP

7.2. Je kadmium hrozba pro ČR?

Jen těžko lze se stoprocentní jistotou říci a konstatovat, že se v České republice nemusíme bát žádné enormní kontaminace kadmia způsobené havárií v továrně či selháním jednotlivce. Avšak existuje značné procento pravděpodobnosti, že velké průmyslové závody, jaké existují například v Číně, již nikdy v České republice vystavěny nebudou, proto se průmyslového znečištění kadmii obávat příliš nemusíme.

Příjem kadmia z kontaminovaných potravin prodávaných v České republice může nastat s větší či menší pravděpodobností. Kadmium je dle článku 4 této práce nejvíce obsaženo v listové a kořenové zelenině, pšenici, bramborách, houbách ale také v ledvinách, játrech, racích, krabech a rybách. Dle mého názoru je výskyt těchto kontaminovaných potravin s větším obsahem kadmia minimální. Kontrolní mechanismy jsou pokročilé, proto není na místě se příliš hrozit chronické intoxikace a tím způsobených zdravotních problémů.

Z obrázku č. 3, který byl již zmíněn v přechozí kapitole, kde je zobrazena mapa České republiky, je vidět, že se v posledních letech s větší emisí kadmia do ovzduší potýká pouze jedna lokalita ze všech měřených a to severovýchod Čech.

7.3. Doporučení pro budoucí vývoj

Evropská unie stejně tak jako samotná Česká republika vydala mnoho směrnic, zákonů, nařízení a vyhlášek. Dle vývoje lidského myšlení o ochraně životního prostředí lze předpokládat, že ve vyspělých zemích se tyto zákony budou stále dostatečně vyvíjet, hlídat a hlavně kontrolovat jejich dodržování.

Jak již bylo zmíněno v kapitolách výše, poločas rozpadu kadmia v lidském těle je až několik desítek let, proto je důležité nepoškozovat lidské tělo dobrovolně, ať už nedodržováním určitých norem nebo kouřením, které kulminaci kadmia v organismu napomáhá.

8. Závěr

V této bakalářské práci byl podán ucelený přehled o působení kadmia na člověka a životní prostředí. Nejdříve byla provedena podrobná charakteristika kadmia, na základě které lze konstatovat, že kadmium patří mezi velmi toxické prvky, které je důležité v životním prostředí monitorovat, neboť se snadno dostává do potravinového řetězce a následně může způsobit velké problémy lidskému zdraví. Z nadměrného příjmu kadmia může nastat akutní či chronická otrava, onemocnění rakovinou či ovlivnění reprodukce ať už poškozením plodu, nebo předáním toxikace kadmiem potomkovi.

V minulosti bylo kadmium používáno v průmyslových odvětvích daleko častěji, než je tomu dnes, jelikož je nyní jeho produkce daleko více monitorována a omezována. Kadmium se používalo a částečně ještě používá při těžbě a úprav rud, k výrobě nikl-kadmiových baterií, k pokovování kadmiem, jako ochrana proti korozi, jeho výskyt byl zaznamenán také při spalování fosilních paliv a hnojení minerálními hnojivy. Díky všem těmto jeho použitím se kadmium vyskytuje v ovzduší, vodních zdrojích, ale hlavně v půdě, odkud se dostává do potravinového řetězce nejvíce.

Evropská Směrnice Rady 76/464/EHS reguluje vypouštění kadmia do vodního prostředí a na druhé straně Směrnice Evropského Parlamentu a Rady 2004/107/ES se zabývá regulací kadmia v ovzduší. V České republice se ochranou povrchových vod zabývá hlavně Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. a na druhé straně ovzduší reguluje Zákon č. 201/2012 Sb. K hlavní mezinárodní úmluvě, kterou dodržuje i Česká republika patří Protokol o těžkých kovech k Úmluvě o dálkovém znečištění přesahujícím hranice států.

Na základě výše zmíněné, relativně přísné legislativy, ale i faktu, že v České republice překročila v posledních letech emise kadmia pouze jedna měřená lokalita a to Tanvald- školka, lze konstatovat, že k otravě kadmiem by v naší zemi mělo dojít jen velmi málo pravděpodobně.

9. Přehled literatury a použitých zdrojů

9.1. Odborné publikace

ANDREOVSKÝ, Jan, HENELOVÁ, Vladimíra, ed. *Příručka ochrany kvality ovzduší* [online]. Praha: Sdružení společností IREAS centrum, 2013 [cit. 2017-04-09]. ISBN 978-80-86832-77-7.

BAXTER, PJ., ADAMS, PH., AW, TC. *Hunter's Diseases of Occupations*. 9 Edition, New York : Oxford University Press Inc, 2000.

BENCKO, Vladimír, Jaroslav LENER a Miroslav CIKRT. *Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka*. 2. přepracované a doplněné vyd., v Grada Publishing 1. vyd. Praha: Grada, 1995. ISBN 80-716-9150-X.

Beneš, P., Novotná, J.. *Chemie a radiační hygiena prostředí*. Praha: ČVUT, 1998, 174 s. ISBN 80-01-01335-9.

BRUMMER, G. W., GERTH, J, HERMS, U.: *Heavy metal species, mobility and availability in soil*, 1986

CIBULKA, Jiří. *Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosféře*. Praha: Academia, 1991. ISBN 80-200-0401-7.

CIBULKA, Jiří. *Pohyb olova, kadmia a rtuti v zemědělské výrobě a biosféře*. 2., rozš., v SZN 1. vyd. Praha: SZN, 1986.

ENGELS, Siegfried a Alois NOWAK. *Chemické prvky: historie a současnost*. Praha: SNTL, 1977. Řada chemické literatury.

Greenwood, N.N., A. Earnshaw, A.: *Chemie prvků*. 1. vyd. Praha: Informatorium, 1993. ISBN 80-85427-38-9

JIRKOVSKÝ. *Jak chemikové a fyzikové objevovali a křtili prvky*. Praha: Academia, 1986.

KALÁČ, Pavel. *Chemie životního prostředí*. 2., dopl. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2010. ISBN 978-807-3942-328.

KLAASSEN, CD., LIU, J., CHOUDHURI, S. *Metallothionein: an intracellular protein to protect against cadmium toxicity*. *Annu Rev Pharmacol Toxicol*, 1999, 39, p. 267-294.

KRIŠTOFOVÁ, Dana. *Kovy a životní prostředí: environmentálně nebezpečné složky elektroodpadu*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2005. ISBN 80-248-0740-8.

Remy H.: *Anorganická chemie II. díl. 2. vyd.* Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury,

SCHETTLER, Ted, Gina SOLOMON, Maria VALENTI a Anette Huddle. *Generace v ohrožení: Reprotoxické látky v životním prostředí*. 2000.

SIMS, R. , SORENSEN, D., SIMS, J., McLEAN: *Contaminated surface soil in-place treatment techniques*. New Jersey, 1986

SLÍVA, MUDR., Jiří. *Vliv kadmia na zdraví člověka*. Univerzita Karlova v Praze, 3. LF, Ústav farmakologie, 2005, , 6.

TREBICHA VSKÝ, Jan, Milan BLOHBERGER a Dagmar HAVRDOVÁ. *Toxické kovy*. Kutná Hora: NSO, 1998. ISBN 978-807-3942-328.

WAALKES, MP. Cadmium carcinogenesis in review. *J Inorg Biochem*, 2000, p. 241-244.

9.2. Legislativní zdroje

Vyhláška č. 153/2016 Sb.: Vyhláška o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy a o změně vyhlášky č. 13/1994 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu. In: . 2016. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-153>

Vyhláška č. 252/2004 Sb.: Vyhláška, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody. In: . 2004. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-252>

Vyhláška č. 275/2004 Sb.: Vyhláška o požadavcích na jakost a zdravotní nezávadnost balených vod a o způsobu jejich úpravy. In: . 2004. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-275>

Zákon č. 201/2012 Sb.: Zákon o ochraně ovzduší. In: . 2012. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-201>

9.3. Internetové zdroje

BIELA, Renata a Jiří KONEČNÝ. *Odstraňování kadmia z vody sorpčními materiály* [online]. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí, 2014 [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/12095-odstranovani-kadmia-z-vody-sorpcnimi-materialy>

DOBROTA, Dalibor. *Zpomalení stárnutí blokováním účinku kumulativních jedů jako kadmium* [online]. 2014 [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: <http://www.stalemladi.cz/zpomaleni-starnuti-jedy-kadmium/>

HUSTED, Robert; et al. Cadmium. In: LANS. *Los Alamos National Lab* [online]. 2011 [cit. 2012-06-26]. Dostupné z: <http://periodic.lanl.gov/>

Informace o vyhodnocení výsledků imisního monitoringu v roce 2015 [online]. [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zprava_o_kvalite_ovzdusi/\\$FILE/000-Zprava_o_kvalite_ovzdusi_2015-20170105.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zprava_o_kvalite_ovzdusi/$FILE/000-Zprava_o_kvalite_ovzdusi_2015-20170105.pdf)

KADMIUM A JEHO SLOUČENINY [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: <http://www.registrpovinnosti.com/df23h54/voda/registrlegislativy/kadmium.pdf>

Látka: Kadmium a sloučeniny (jako Cd) [online]. [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: <https://www.irz.cz/node/63>

Monitoring cizorodých látek [online]. 2016 [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/potraviny/bezpecnost-potravin/monitoring-cizorodych-latek/?pageSize=50>

Periodická tabulka: Kadmium [online]. [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/48.html>

POUSTKOVÁ, ING, PH.D., Ivana. *ZPRÁVA O VÝSLEDČÍCH SLEDOVÁNÍ A VYHODNOCOVÁNÍ CIZORODÝCH LÁTEK V POTRAVNÍCH ŘETĚZCÍCH V REZORTU ZEMĚDĚLSTVÍ V ROCE 2015*. Ministerstvo zemědělství, Těšnov 65/17, 110 00 Praha 1, 2016. ISBN 978-80-7434-317-9.

RNDr. PETRLÍK, Jindřich a Ing. VÁLEK, Petr *Kadmium* [online]. 2014 [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <http://arnika.org/kadmium>

STÁTNÍ VETERINÁRNÍ SPRÁVA ČR. *TZ - o nálezu kadmia*, 2015, [online]. [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: <http://www.apic-ak.cz/novinky/tz-o-nalezu-kadmia.php>

Systém rychlého varování pro potraviny a krmiva (RASFF) [online]. Ministerstvo zemědělství [cit. 2017-04-14]. Dostupné z:

[http://www.bezpecnostpotravin.cz/stranka/system-rychleho-varovani-pro-potraviny-a-krmiva-\(rasff\).aspx](http://www.bezpecnostpotravin.cz/stranka/system-rychleho-varovani-pro-potraviny-a-krmiva-(rasff).aspx)

TOLCIN, Amy. Cadmium. In: U.S. GEOLOGICAL SURVEY. *Mineral Commodity Summaries* [online]. 2013 [cit. 2013-02-25]. Dostupné z: <http://minerals.usgs.gov/>

Úmluva o dálkovém znečišťování ovzduší přesahujícím hranice států [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/umluva_o_dalkovem_znecistovani_ovzdusi_hranice

Ustohalová, Petra. *VLIV KADMIA NA RŮST A BIOCHEMICKOFYZIOLOGICKÉ PROCESY ROSTLIN* [online]. Brno, 2011 [cit. 2017-04-14]. Bakalářská práce. Vedoucí práce Doc. RNDr. Marie Kummerová, CSc.

9.4. Ostatní zdroje

WHO. Cadmium. Environmental Health Criteria 134. World Health Organisation, International Programme on Chemical Safety (IPCS). Geneva, Switzerland. 1992.

KENŠOVÁ, Renáta, David HYNEK, Vojtěch ADAM a René KIZEK. *Působení kadmia na živé organismy: Laboratory report*. 2014.

10. Seznam obrázků

Obrázek č. 1 - Průměrný a maximální obsah kadmia v máku v letech 2005–2015 (mg.kg-1)

Obrázek č. 2 schéma distribuce a pohybu stopových prvků v okolí tepelné elektrárny

Obrázek č. 3 - Roční průměrné koncentrace kadmia v ovzduší v letech 2005–2015 na vybraných stanicích

Obrázek č. 4 – Koncentrace kadmia v zemědělských půdách v okrese Jihlava, rok 2015

11. Seznam tabulek

Tabulka č. 1 – základní vlastnosti kadmia

Tabulka č. 2 – vybrané vlastnosti kadmia

Tabulka č. 3 – Produkce odpadů s obsahem kadmia v ČR v letech 1993 – 1995 (t)

Tabulka č. 4 – odhad celkové roční emise kadmia ze všech přirozených zdrojů ($1 \cdot 10^6$ kg)

Tabulka č. 5 – vstup kadmia do půdy v zemích EU v roce 1996

Tabulka č. 6 – indikační hodnoty, při jejichž překročení může dojít k ohrožení zdravotní nezávadnosti potravin nebo krmiv