

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA ENVIRONMENTÁLNÍHO INŽENÝRSTVÍ A OCHRANY PROSTŘEDÍ

KADMIUM A JEHO VLIV NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ
/CADMIUM AND HIS INFLUENCE ON LIVING ENVIROMENT/
(Bakalářská práce)



Vedoucí bakalářské práce: Ing. Andrea Hlavová
Autor práce: Milan Hanzlík ml.

2009



Fakulta životního
prostředí

Zadání bakalářské práce

Česká zemědělská univerzita v Praze
Katedra: Katedra ekologie a životního prostředí

Fakulta životního prostředí
Školní rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro: Milana Hanzlíka ml.
obor: DÚTSS

Název tématu: Kadmium a jeho vliv na životní prostředí

Název tématu v anglickém jazyce: Cadmium and its environmental effects

Zásady pro vypracování:

Kadmium je výrazně toxický prvek poškozující lidské zdraví již při malých koncentracích (především ledviny) a s pomalým procesem detoxikace. Mezi nejvýznamnější (antropogenní) zdroje kadmia patří spalování fosilních paliv a odpadů, těžba a zpracování kadmia, fosfátová hnojiva s obsahem kadmia apod.

Autor vypracuje literární rešerši, ve které popíše biochemický cyklus kadmia, identifikuje jednotlivé možné zdroje kadmia, vyhledá a shrne limity kadmia pro jednotlivá média (vzduch, voda, potraviny, atd.).



ČESKÁ
ZEMĚDĚLSKÁ
UNIVERZITA V PRAZE



Rozsah grafických prací: 12

Rozsah průvodní zprávy: 35

Seznam odborné literatury:

Bouška Z.: Geochemie. ČSAV. Praha. 1992

Mihaljevič M., Šebek, O.: Kadmium, Japonsko a syndrom itai-itai. Vesmír 74, 444, 1995/8. 1995

Pitter P.: Hydrochemie, VŠCHT, Praha. 1999

Skřivan, P., Vach, M.: Úvod do chemie prostředí – Učební text. Institut aplikované ekologie VŠZ ve spolupráci s Geologickým ústavem AV ČR, Praha, 1994

Veselý J.: The history of metal pollution recorded in the sediments of Bohemian Forest lakes: Since the Bronze Age to the present, Silva Gabreta 4, 91–92, 2000

Zýka V.: Vliv těžkých kovů na zdraví obyvatel. Archiv Geofond. 1992

Integrovaný registr znečišťování, online www.irz.cz

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Andrea Hlavová

Konzultant bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: 1.10.2008

Vedoucí katedry



Děkan

V Praze dne

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal

V Chomutově dne 30. dubna 2009

Milan Hanzlík ml.

Poděkování:

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi byli nápomocni při vypracování této bakalářské práce. Poděkování patří zejména Ing. Andree Hlavové z České zemědělské univerzity v Praze, katedry enviromentálního inženýrství a ochrany prostředí, za velkou trpělivost při konzultacích k této bakalářské práci. Dále poděkování patří Ing. Tomášovi Reisigovi, vedoucímu odpadového hospodářství TS města Chomutov, který mi poskytoval, vyhledával informace a literaturu k problematice toxického kovu kadmia a jeho vlivu na životní prostředí. Mé poděkování též náleží Ing. Janu Štejfovi, poradci pro podnikatele v oblasti životního prostředí. V neposlední řadě bych rád poděkoval svým blízkým za trpělivost, podporu a laskavost.

Abstrakt:

Hlavním cílem této práce je nastínění problematiky těžkého, toxického kovu kadmia a jeho vlivu na životní prostředí. Negativní účinky kadmia na lidský organismus měly vliv na některé ekologické katastrofy, které chci popsat a vysvětlit v této práci. Myslím si, že je důležité se seznámit v současné době s legislativou a s platnými právními předpisy o účincích kadmia a jak ovlivňuje životní prostředí. Dále chci poukázat, jak kadmium účinkuje na lidské zdraví a na zvířata.

Cílem této práce je tedy provést literární rešerši, která by měla seznámit s obecnými vlastnostmi kadmia, vysvětlení jeho základních transportních mechanismů jako toxického stopového kontaminantu od dominantního emisního zdroje přes atmosféru k ostatním složkám biosféry. Dále zjistit limity pro kadmium, které jsou dány platnými právními předpisy České republiky.

Abstract:

Main aim those work is try to outline problems heavy metal cadmium and his enviromental impact. Effects cadmium on human organism had and negative influence over some way ecological disaster area that the I want describe and explain in those work. I think, that the it is important acquaint at present with valid regulations about appeal cadmium and his environmental impact. At the close those work I want remit influence cadmium and his effects on human health and on animals.

Aim those work is then carry out literary background research that the would had acquaint with common features cadmium, explication his basic transport mechanisms, like toxic piste kontaminantu, from dominant emissive sources, over atmosphere to other components biosphere, further find out limits for cadmium given to valid legal regulations Czech republic.

Obsah:

1 Úvod.....	2
1.1 Cíl práce.....	2
2 Metodika.....	3
3 Současný stav znalostí o kadmii.....	3
3.1 Stručná charakteristika.....	3
3.2 Obecné vlastnosti.....	4
3.2.1 Fyzikální vlastnosti.....	4
3.2.2 Chemické vlastnosti.....	5
3.3 Výskyt kadmia v přírodě.....	5
3.3.1 Antropogenní (nepřírodní) zdroje.....	5
3.4 Užití kadmia.....	6
4 Toxicita.....	6
4.1 Účinky kadmia na lidské zdraví.....	7
4.1.1 Technická prevence, osobní ochrana.....	8
4.2 Dopady na životní prostředí.....	9
4.2.1 Znečištění atmosféry kadmiem.....	10
4.2.2 Pohyb kadmia ve vodních ekosystémech.....	11
4.2.3 Kadmium v půdách.....	12
4.2.3.1 Kontaminace půdy kadmiem antropogenní činností.....	13
4.2.3.2 Formy kadmia v půdě.....	13
4.2.3.3 Osud kadmia v půdách.....	14
4.2.3.4 Metody pro eliminaci nepříznivých vlivů vysokých koncentrací kadmia v půdách.....	14
4.3 Obsah kadmia v půdě jednotlivých okresů Libereckého kraje.....	15
4.4 Účinky kadmia na zvířata.....	16
5 Způsoby zjišťování a měření emisí kadmia.....	17
5.1 Metody měření a identifikace znečišťujících látek v únicích do ovzduší.....	18
5.2 Metody měření a identifikace znečišťujících látek v únicích do vody.....	19
6. Legislativní podpora sledující Cd.....	20
6.1 IRZ - Integrovaný registr znečišťování.....	23
6.2 Aarhuská úmluva a přístup k informacím o životním prostředí v České republice.....	24
6.3 Evropský registr emisí znečišťujících látek.....	24
6.4 Nařízení o Evropském registru úniků a přenosů (European Pollutant Release and Transfer Registr).....	25
7 Závěr.....	25
8 Seznam použité literatury.....	26
8.1 Platné právní předpisy ČR:.....	28
8.1.1 České technické normy:.....	30
8.1.2 Internetové zdroje:.....	30
9 Seznam příloh.....	31

1 Úvod

Zákon číslo 17/1992 Sb., o životním prostředí vytyčuje základní pojmy, týkající se životního prostředí. Znečišťování a poškozování životního prostředí charakterizuje jako vnášení takových fyzikálních, chemických nebo biologických činitelů do životního prostředí důsledkem lidské činnosti, které jsou svou podstatou nebo množstvím cizorodé pro dané prostředí (§ 8). Poškozování životního prostředí je zhoršování jeho stavu znečišťováním nebo jinou lidskou činností nad míru stanovenou zvláštními předpisy (§ 9). Každá lidská činnost přináší, mimo užitku, pro který je vykonávána, také řadu negativních dopadů na okolní přírodu, životní prostředí, na člověka a jeho zdraví. Cizorodé prvky, vnášené do okolí lidské působnosti, jsou různorodé, mnohé mají výrazně záporný dopad. Patří k nim oxid siřičitý, uhelnatý i uhličitý, NELy (oleje a ropné výrobky), PAU, těžké kovy a řada dalších. Těžké kovy jsou společně s NELy největší hrozbou. Ovlivňují hlavně vody a půdu.

Ve své bakalářské práci popíši jednoho zástupce těžkých kovů – kadmium. Problematika kadmia je celosvětový problém a dotýká se skutečně každého. Limity, které jsou stanoveny danými platnými právními předpisy ČR, i směrnicemi EU, užívání kadmia omezují. Kadmium je též obsaženo v cigaretách a to přímo v tabákových listech, neboť je vázané v prašném aerosolu, a tak kumuluje v rostlinách. Protože je to těžký, velmi toxický kov, jeho praktické využití je omezováno na nejnütnější minimum.

1.1 Cíl práce

Cílem této práce je shromáždění a zpracování poznatků o vlivu Cd na člověka, přírodu a jeho vliv na životní prostředí. Aby byl obrázek ucelený, uvedu ve třetí kapitole stručnou charakteristiku kovu, jeho vlastnosti, výskyt v přírodě, včetně antropogenních zdrojů a užití. Další kapitoly budou věnovány toxicitě (účinky na člověka, zvířata a přírodu) a současné legislativě. Kadmium je známo svou toxicitou, která má velmi negativní vliv pro živé organismy. Vyskytuje se ve vodě, půdě, ovzduší, potravinách i v tělech organismů.

Pertoldová a Vacek (1999) uvádějí, že dopady na zdraví, které způsobí kadmium, jsou zřejmě nejen v oblastech znečištěných průmyslovou činností, ale i v oblastech přírodně obohacené kadmíem. Toxicita kadmia nutí lidstvo ke zkoumání jeho biogeochemického cyklu a možností, jak kadmium odstraňovat např. z pitné vody, nebo ho stabilizovat v průmyslových odpadech, odkud by mohl být lehce uvolněn (Pertoldová, Vacek, 1999).

Martin Mihajlovič a Ondřej Šebek (1995) popisují, že se kadmium vyskytuje ve všech

složkách životního prostředí v různých formách a mnohdy značně odlišnými chemickými, fyzikálními a biologickými vlastnostmi. Zmiňují se, že existuje celá řada případů kontaminace životního prostředí kadmii v důsledku lidské činnosti (Mihajlovič, Šebek, 1995).

Proto jsem se rozhodl, že je nutné do této práce zařadit nejen složky životního prostředí, které se účastní biogeochemického cyklu, ale také chemické, toxické a hygienické vlastnosti kadmia. Považuji též za důležité zmínit příklady oblastí, ve kterých dochází k nápadné interakci s živými organismy z důvodu zvýšené koncentrace kadmia

2 Metodika

Vzhledem k tématu i mým možnostem má práce výrazně rešeršní charakter. Poznatky jsou čerpány z odborných časopisů, z různých publikací a také z internetu. Nedílnou součástí přípravy na vytvoření práce byla i diskuse s některými pracovníky z oborů chemie, ekologie a lékařství.

Znečišťování prostředí toxickými kovy má vážný dopad na metabolismus živočichů, včetně člověka a vliv na narušení genetické informace druhů. Zamoření není na všech místech stejné, v průměru však neustále stoupá. O tuto problematiku se zajímá celá řada odborníků a výsledky jsou publikovány v odborné literatuře. V této práci budou pro svou složitost pouze zmíněny.

Celá práce byla sestavena tak, aby obsahovala všechny důležité poznatky o kadmiu a poznatky ze všech okruhů, které se vážou ke kadmiu.

3 Současný stav znalostí o kadmiu

3.1 Stručná charakteristika

Kadmium Cd, cadmium (z řeckého pojmenování kalamínu, převážně uhličitanu zinečnatého).

Bylo objeveno roku 1817 německým chemikem Fridrichem Stromeyerem při výzkumu rud zinku. Kadmium je chemický prvek z podskupiny zinku s atomovým číslem 48. Je bílý, lesklý, poměrně měkký, velmi tažný kov. Je dobrý vodič tepla a elektrického proudu. Přímou reaguje se sírou, halogeny i dalšími nekovy. Snadno sublimuje, ve vakuu již při 164 °C. Na vzduchu bývá pokrýván matnou vrstvičkou kysličníku. Při záhřevu na vzduchu shoří červeným plamenem. S halogeny se v žáru slučuje, ale neslučuje se za běžných podmínek s dusíkem a vodíkem (Stromeyer, 1818).

V minulosti se kadmium vyrábělo frakční destilací ze zinkového prachu, který se získal při hutnické výrobě zinku destilačním způsobem. Dnes se získává převážně elektrolýzou. Kadmium se v současné době nachází skoro ve všech zemědělsky obhospodařovaných půdách, do nichž se dostává společně s fosforečnými hnojivy. Poměrné množství kadmia v zemské kůře je asi mezi

0,15 – 0,2 mg/kg. Je tedy mezi chemickými prvky zemské kůry na 67. místě (Encyklopedie Wikipedie, on-line).

3.2 Obecné vlastnosti

Kadmium - Cd

Protonové číslo	48
Relativní atomová hmotnost	112,411(8) amu
Struktura elektronového obalu (elektronová konfigurace)	(Kr) 4d ¹⁰ 5s ²
Vzhled	stříbrný
Elektrický odpor	22 °C
Tepelná vodivost	(300 K) 96.6 Wm ^{-1K-1}
Tepelná roztažnost	(25°C)
Yongův modul	50 GPa
Smykové moduly	19 GPa
Hromadná modul	42 GPa
Poissonův poměr	0,3
Mohs tvrdost	2
Tvrdost podle Brinella	203 MPa
CAS registrační	7440-43-9
Rychlost zvuku (tenký prut)	(20 °C) 2310 m/s

(Remy H., 1961).

3.2.1 Fyzikální vlastnosti

Fáze	pevné
hustota	8,65 g . cm ⁻³
Hustota při teplotě tání	7,996 g . cm ⁻³
Teplota tání	321,07 °C (594,22 K)
Teplota varu	767 °C (1040 K)
Teplem tání	6,21 kJ mol ⁻¹
Teplo vypařování	99,87 kJ mol ⁻¹
Specifická tepelná kapacita	(25 °C) 26,020 J mol ^{-1K-1}
Oxidační číslo	II

(Remy H., 1961).

3.2.2 Chemické vlastnosti

Krystalická struktura	šestihhranné
Oxidace států	2,1
Elektronegativita	1,69 (Pauling měřítko)
Počet stabilních izotopů	8
Počet nestabilních izotopů	13
Ionizační energie	1. 867,8 kJ/mol 2. 1631,4 kJ/mol 3. 3613 kJ/mol
Atomový poloměr	155 hodin
Atomový poloměr (calc)	161 hodin

(Remy H., 1961).

3.3 Výskyt kadmia v přírodě

Z přirozených zdrojů kadmia jsou významné sopečné výbuchy a výbuchy podmořských sopek. Emise kadmia do ovzduší, které způsobí člověk, jsou přibližně 8x vyšší, než emise přirozené. Kadmium je součástí několika hornin, které se zvětváním postupně rozpadají a tímto se stávají součástí půdy. Vlivem přírodních pochodů se kadmium dostává do bažinatých půd a sedimentů tak, že rostliny, které na těchto půdách vyrůstají, obsahují větší množství kadmia. Dalším zdrojem kadmia jsou sladkovodní ryby, které jsou chovány v rybnících a kde se kadmium v bahně přirozeně kumuluje. Významným zdrojem kadmia je také cigaretový dým. Kadmium se do tabákových listů dostává z půdy, na které tabáková rostlina vyrůstala (Horáková M., 2003).

3.3.1 Antropogenní (nepřirodní) zdroje

Antropogenními zdroji kadmia jsou především odpadní vody z kovoprůmyslu, výroby alkalických článků, polygrafického průmyslu a zemědělství. Kadmium negativně ovlivňuje samočisticí schopnost vody a velmi zvyšuje toxicitu jiných prvků např. zinku či mědi. Limit kadmia pro pitnou vodu je 0,05 mg/l. Do organismu se dostává dvojí cestou. A to v podobě potravy a v podobě dýchání. Průměrné obsahy kadmia v běžných přírodních materiálech, jako jsou horniny, půda, uhlí, rostliny, jsou nízké. Z běžných materiálů mají vysoký obsah kadmia některé člověkem využívané přírodní (fosfáty) a produkované odpady (odpadní kaly). Organické sloučeniny kadmia (methyl kadmium aj.) jsou několikanásobně toxičtější než sloučeniny anorganické (Weiner, 2000).

Kadmium zjišťujeme z nepřirodních zdrojů v blízkosti metalurgických závodů nešetným spalováním domácího odpadu, nešetnou likvidací niklokadmiových baterií. Jedná se především

o spalovny komunálního odpadu, teplárny, elektrárny spalující fosilní paliva a domácí kotelny. Kadmium se uvolňuje také do ovzduší při svařování nebo pokovování olova, zinku a mědi. Do organismu, především do plic, se kadmium dostává kouřením tabáku a marihuany. Do půdy se kadmium dostává hlavně atmosferickou depozicí městských průmyslových aerosolů, hnojením fosfátovými hnojivy a zavážením čistírenských kalů na pole. Lokálním zdrojem mohou také být tekuté a pevné odpady zvířat a lidí a také zemědělská činnost. Hnojiva obvykle obsahují určité množství kadmia a stávají se tak hlavním zdrojem znečištění půd tímto těžkým kovem (Greenwood N. N., Earnshav A., 1993).

3.4 Užití kadmia

Kadmium se používá na ochranné pokovování proti korozi u součástek automobilů, letadel, strojů, přesných přístrojů a fotonářtřojů. Největší množství kadmia (kolem $\frac{3}{4}$) se používá k výrobě baterií, hlavně niklokadmiových a solárních. Dále se používá k přípravě lehkotavitelných slitin, pájecích kovů, polovodičů a domácích spotřebičů. Kovové kadmium se v menší míře používá v jaderné technice k absorpci neutronů. Z kademnatých sloučenin se používají např.: Sírnik CdS jako malířská barva (kadmiová žluť), bromid CdBr₂ a jodid CdI₂ ve fotografování. Nesmí se používat na předměty, které přicházejí do styku s potravinami, protože kadmium snadno reaguje s kyselinami a rozpustné sloučeniny kadmia jsou velmi jedovaté. Kadmium tvoří komplexní sloučeniny hlavně s halogenidovými ionty. Bromid, chlorid a především jodid na rozdíl od solí většiny kovů ve vodném roztoku jen částečně disociují na volné ionty (Greenwood N. N., Earnshaw A., 1993).

Sírniky a selenidy kadmia se užívají jako pigmenty v gumárenství, při výrobě barev, inkoustů, pryskyřic, v textilním a keramickém průmyslu, především tam, kde jsou vyšší požadavky na rezistenci vůči působení alkálií a na tepelnou stabilitu (Holoubek I., 2004, Jesenák K., 2005).

4 Toxicita

A. Wallace a Hayes (2001) uvádějí, že hlavním zdrojem znečištění životního prostředí, potravního řetězce člověka je těžba rud železa, zinku, spalování fosilních paliv a výroba plastů. Dalším závažným zdrojem jsou opotřebované a nesprávně likvidované akumulátorové baterie. Kadmium se může dostat do půdy také jako součást nekvalitních amonných a především fosforečných hnojiv, které v minulosti byly dováženy ve značném objemu z Afriky. Kadmium se v životním prostředí vyznačuje progresivní kumulací. Ke kumulaci též dochází v čistírenských kaley a hnojení těmito kaly může nezanedbatelným způsobem přispívat ke kontaminaci potravního řetězce. Koncentraci toxických kovů v ovzduší v letech 1995 až 2003 jsem uvedl na

konci této práce v příloze č. 1. Mezi nejzávažnější toxické látky z pohledu ekoimunologie patří toxické kovy a jejich jednoduché i komplexní ionty. Všeobecně obyvatelstvo naší planety je vystaveno účinkům těchto kovů. Koncentrace mnoha těžkých toxických kovů se v životním prostředí zvyšuje v souvislosti s lidskou aktivitou (průmysl, doprava, stavebnictví, těžba, urbanizace). Během půl století se množství některých toxických kovů zvýšilo o několik řádů (A. Wallace, Hayes, 2001).

4.1 Účinky kadmia na lidské zdraví

Holoubek I. (2004), Jesenák K. (2005) uvádějí, že působení kadmia v lidském organismu spočívá v jeho dlouhodobém biologickém poločasu, který bývá mezi 10 až 30 lety. Biologickým poločasem se rozumí časový interval, za který se vyloučí z lidského organismu polovina přijatého množství určité látky. Mezi výhody vstřebávání kadmia patří nízká resorpce z trávicího traktu. Velmi kritickými orgány, které jsou ohroženy kadmii, jsou játra a ledviny. Vstřebažené kadmium je transportováno krví do ledvin a jater. Vstřebatelný podíl kadmia je v průměru 6 %. Ledviny jsou orgánem, který nejvíce kadmium kumulují (v ledvinách dospělého člověka je obsaženo 4 – 10 mg/kg kadmia). Normální koncentrace kadmia v ledvinové kůře člověka je 10 – 30 mg/kg. Intoxikace kadmii se projevuje výskytem bílkovin a cukrů v moči. Ale kadmium se močí téměř nevyklučuje. Také v játrech se kadmium významně kumuluje (běžné množství je 2 – 4 mg/kg). Obsah kovů a metaloidů v biologickém materiálu člověka mezi roky 1996 – 2003 je obsažena v příloze č. 2. Kadmium v těle negativně ovlivňuje metabolismus vápníku a tím tvorbu vitamínu D (vyplavování vápníku z kostí, řídnutí a ztenčování kostí). Důsledkem působení kadmia byly popsány nekrózy (rozpad) a tumory (nádory) pohlavních žláz, disfunkce ledvin a poruchy kardiovaskulárního systému. Kadmium dále může vážně poškodit plod a může mít karcinogenní účinky. Poškozuje pohlavní orgány a má značný vliv na krevní tlak. Další výrazné poškození, které kadmium způsobuje, je poškození plic. V plicích se vstřebává 10 – 40 % kadmia v závislosti na jeho chemickou formu. Nejrozšířenějším a nebezpečným zdrojem kadmia v lidském těle je kouření. Kuřáci mají průměrně 4x – 5x vyšší krevní koncentraci kadmia a 2x – 3x vyšší koncentraci ledvin. I když cigaretový kouř má vysokou koncentraci kadmia, tak se zdá, že koncentrace kadmia u pasivního kouření není tak vysoká. Akutní i chronické obtíže, které jsou způsobeny vysokou koncentrací kadmia v prachu nebo parách kovů u dělníků v průmyslu, vyvolávají poškození funkce plic, které se projevují těžkým podrážděním dýchacího ústrojí. Jedním z hlavních příznaků chronické intoxikace u dělníků v akumulátorce, kteří zde pracují více než 9 let, je dušnost a známky plicního edému. Nejčastější otravu kadmii zaznamenáváme při svařování nebo slévání materiálů obsahujících kadmium a většinou při pracích, které jsou

vykonávány ve špatně větracích prostorách (Holoubek, 2004, Jesenák, 2005)

Koncentrace $5\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ kadmia v ovzduší, kterou pracovník vdechuje po dobu osmihodinové směny, může být letální (Harte J. et al, 1991).

Mihajlovič M., Šebek O. (1995) zveřejnili studii, kterou popsal v roce 1971 J. Kobayashi. Tato studie pojednává o poškození ledvin a kostní tkáně u obyvatel v oblasti řeky Jinzu, oblasti Toyama v Japonsku, kde jsou významná ložiska zinku, olova, stříbra, zlata, vizmutu a kadmia. Tato nemoc byla pojmenována „Itai – itai“. V roce 1890 bylo otevřeno důlní středisko Kamioka Mine. Zde se těžila ložiska kadmia, olova a jiných těžkých kovů. Účinky kadmia se projeví asi 40 km po proudu řeky Jinzy, kde byla kadmiem kontaminována říční voda, která sloužila k zavlažování rýžových polí. Tady se kadmium sráželo v podobě sulfidu, nebo se vázalo na oxyhydroxidy manganu a železa a tímto se umožnil vstup kadmia do potravního řetězce. Také v České republice na území Hlavního města Prahy mezi obcemi Kbely a Podolankou byly v nivních a potočných sedimentech Vinořského potoka zjištěny extrémní koncentrace kadmia a jiných těžkých kovů. Tato kontaminace byla způsobena lidským faktorem při opravě hráze rybníka. V nádrži se nahromadilo značné množství kadmia v jednom kilogramu sušiny. Při opravě, kdy byla voda vypuštěna, se sediment vysušil a v zimním období promrzl (Mihajlovič M., Šebek O., 1995).

4.1.1 Technická prevence, osobní ochrana

Je také nutné uvést technickou prevenci a osobní ochranu. Při výrobním procesu, při kterém se uvolňují dýmy oxidu kadmia, by měly být hermetizovány. Dále by měl být prostor vybaven účinným odsáváním kontaminovaného vzduchu. Tam, kde to není možné použít těchto metod, je nutné použít osobních ochranných prostředků. K nejdůležitějším požadavkům na práci je ochrana dýchacích cest pracovníků účinnými maskami nebo respirátory. Doporučuje se časté měnění pracovních oděvů za čisté. V kontaminovaných prostorech by měl platit zákaz kouření, požívání potravy. K očištění organismu od kadmia se používá přípravek Joalis Antimental Cd. Jedná se o bylinný komplex bez vedlejších účinků a může se používat s jakoukoliv léčbou. Detoxikační projevy v lidském těle poznáme podle bolesti plic, tlaku v ledvinách a větší nucení k močení, vyrážku, melancholickou náladu, smutek, atd. (Jonáš J., 2005).

4.2 Dopady na životní prostředí

Za hlavní kontaminanty, které dnes negativně působí v našem životním prostředí, je možno považovat oxidy dusíku, oxid siřičitý, oxid uhelnatý, polétavé prachy, těžké kovy, nitráty, škálu organických sloučenin (např. pesticidy), radionuklidy a další (Kurfüst, 1989).

V posledních letech se objevil významný problém, problém tzv. těžkých kovů. Produkty A odpady s těžkými kovy začaly významně konkurovat škodlivinám organického původu. Člověk stále více používá stopových prvků, ty se zpětně koncentrují v prostředí. Prvky v přírodě můžeme rozdělit do čtyř skupin:

1. Esenciální – nezbytné pro život (Fe, Cu, Zn, Mn, I)
2. Potřebné – pouze ovlivňují životní potřeby (F, Ba, Br)
3. S nevysvětleným významem (Au, Sb, Ge, Ru)
4. Toxické – jedovaté (Cd, Hg, Pb, Al, As)

(Encyklopedie Wikipedie: on-line).

Soudobý proces znečišťování a znehodnocování přírodního prostředí hospodářskou činností nejčastěji vysvětlujeme a zdůvodňujeme ekologicky nepříznivým působením dosažené úrovně ekonomických a sociálních vztahů ve společnosti (Černá et al., 1987).

Nejzávažnějším sociálně ekonomickým důsledkem znečištěného životního prostředí je poškozování zdraví obyvatelstva a škody na zemědělské produkci (Černý et. al., 1976).

Kadmium také svou toxicitou ohrožuje životní prostředí. Může se vázat na popílek, prachové částice a jílové půdy. Nejsilnější vazba je u popílku a jílových částic. Kadmium, které se uvolňuje do atmosféry, se váže na emitované částice popílku. Některé z těchto částic mohou zůstat v atmosféře více než týden, než pomocí atmosferické depozice přejdou do vody nebo půdy. Je to způsob, jak se kadmium distribuje na velké vzdálenosti. Na zemi se kadmium naváže na částice prachu a jílu a pak v této podobě se může dešťovou vodou dostat do vodního prostředí, nebo může být kumulováno organismy. Kumulace organismy je velmi vysoká, a proto dochází ke hromadění kadmia v potravních řetězcích. Tuto popsanou vlastnost můžeme definovat biokumulací. Vysoká koncentrace kadmia v půdním roztoku negativně ovlivňuje schopnost půdních mikroorganismů rozkládat organickou hmotu i polutanty. Tato inhibice má za následek zúžení škály bakterií v zemině. Mobilita sloučenin ve vodním prostředí je závislá na jejich rozpustnosti. Koncentrace kadmia v sedimentech dna je většinou víc než 10x vyšší než ve vodě. Absorpce kadmia na půdy, oxidy křemíku a hliníku silně závisí na hodnotě pH a vzrůstá s roustoucí alkalitou prostředí. Jestliže je pH nižší než 6 – 7, tak dochází k desorpci kadmia, které jsou z těchto materiálů. Zvýšením kyselosti, která je způsobena kyselými dešti, může dojít k uvolnění kadmia ze sedimentů a k výraznému zvýšení jeho koncentrace ve vodě. Kadmium je

také velice toxické pro vodní organismy. Zejména nejcitlivěji reagují lososovité ryby. Zvýrazňuje také toxicitu dalších kovů, jako jsou např. zinek, měď. Dále také negativně ovlivňuje samočisticí schopnost vody (Horáková M., 2003).

4.2.1 Znečištění atmosféry kadmiumem

Cílem této kapitoly je seznámit s možnými způsoby kontaminace atmosféry kadmiumem. Stupeň znečištění ovzduší je zde hlavně posuzován podle celkového množství aerosolů. Atmosféra Země je rezervoár řady plynů, par a pevných partikulí a nabitých částic. Přes malou hmotnost způsobenou plynným složením, $5 \cdot 10^{21}$ g, má atmosféra značnou pohyblivost, takže dochází ke snadné disperzi a distribuci látek (ředění). Na základě fyzikálních a chemických charakteristik byla zemská atmosféra rozdělena do několika vrstev, přičemž většina atmosferických a povětrnostních dějů se odehrává v troposféře (do výše 15 km). Rozhodující roli při vzniku atmosféry a jejím dalším vývoji až do současného složení hrála biosféra. V posledních letech dochází však zvýšenou činností člověka k rychlým změnám a zásahům do řady přirozených procesů (biogeochemických cyklů). Například se zvětšuje tepelné znečištění, počet kondenzačních jader, urychlují se toky látek a energií, dochází ke změnám ve složení plynných složek atmosféry, k mechanickému narušování vertikálních i horizontálních vzdušných mas, zanášení cizorodých látek a dále (Wedepohl, 1968).

Kadmium se do ovzduší dostává hlavně při těžbě, výrobě a zpracování jako lokální znečištění. Kadmium se nejdříve dostává do půd po aplikaci kompostů a hnojením fosfáty mnohonásobně více kadmia než z imisí. Do atmosféry se poté zprostředkovaně dostane nepřímo, např. větrnou erozí takto kontaminované půdy (Beneš, 1990).

Z globálního hlediska hlavním zdrojem aerosolů Cd jsou spalovací procesy. Ropa, uhlí a zemní plyn zůstávají dosud hlavními surovinami pro výrobu energie. Obsahy všech stopových prvků v těchto fosilních palivech jsou velmi proměnlivé. Chování a emisní faktory kadmia během spalovacího procesu závisí:

- a) na původu v organickém a minerálním podílu paliva
 - b) na fyzikálních a chemických vlastnostech jejich sloučenin
 - c) na používané technologii spalování a odlučování spalin
- (Kubizňáková, 1987).

Monitorování znečištění životního prostředí, a zvláště pak monitorování ovzduší, je finančně náročné. Proto je nezbytné, aby některé monitorovací programy sledující kvalitu životního prostředí měly přednost před některými sociálními programy, jinak hrozí nebezpečí z prodlení.

V mnoha zemích, i u nás, se připravují a zdokonalují zákony na ochranu ovzduší, ale to se

neobejde bez zajištění vhodně rozmístěných monitorovacích stanic. Hlavním předpokladem pro monitorování kadmia je:

- a) zjistit přítomnost kadmia v ovzduší
- b) zjistit zdroje znečištění
- c) odhad efektivnosti jejich sledování a kontroly (odhad možných rizik)

Na základě odhalení těchto zdrojů a zjištění obsahu kadmia v ovzduší je nutné stanovit nejvyšší přípustné koncentrace pro dlouhodobé expozice obyvatelstva, a poté možné způsoby ochrany

a jejich pravidelné kontroly (Cibulka J., 1991).

Odhad celkové roční emise z přirozených zdrojů uvedu v příloze č. 3 (Nriagu, 1979, Landis, 1989).

Odhad celkové roční emise z antropogenních zdrojů uvedu v příloze č. 4 (Barth, 1977).

4.2.2 Pohyb kadmia ve vodních ekosystémech

Kovy, pokud se nacházejí ve vodách ve stopových množstvích, jsou přirozeného původu. Hlavním zdrojem znečištění jsou odpadní vody z těžby a zpracování rud, z hutí, z válcoven, z povrchové úpravy kovů, z fotografického, textilního, kožedělného a chemického průmyslu, ze zemědělství (např. Cd z fosfátových hnojiv) aj. Dalším zdrojem jsou atmosforické srážky znečištěné exhalacemi, které vznikají při spalování fosilních paliv, a výfukové plyny motorových vozidel (Kroupa M., Drbal K., 1986).

Ve vodě jsou kovy přítomny buď jako jednoduché kationty či anionty, nebo ve formě komplexních anorganických a organických sloučenin. Toxickým kovem vyskytujícím se ve vodách patří především kadmium. Kadmium ve vodách doprovází zinek, ale v podstatně menších koncentracích. Jednou z významných negativních vlastností tohoto kovu je jeho značná schopnost akumulovat se v sedimentech. Vzhledem k této velké akumulární schopnosti kadmia nevystihuje stanovení pouze v kapalně fázi skutečné celkové znečištění vodního prostředí.

Z tohoto hlediska je nutno věnovat pozornost obsahu kadmia v sedimentech a ve vodních organismech (Pitter, 1981).

Ke zdrojům znečištění vod kadmiiem v ČR podle ČHMÚ patří Aero Vodochody a.s., AXL a.s. v Semilech, Galvamet s.r.o. ve Vsetíně, Letov s.r.o. v Praze, Meopta a.s. v Přerově (ČHMÚ Praha, 2007).

Hodnoty kadmia ve vzorcích sedimentů odebraných z rybníků a tekoucích vod na území ČR (Svobodová, 1988).

Lokalita	Cd v mg.kg ⁻¹ sušiny sedimentu	Autor, rok
Rybníky záp.jižní Čechy	0,50-2,53	Drbal, 1986
Mže	0,80-0,90	Svobodová, 1988
Radbuza	0,10-1,30	Svobodová, 1988
Úhlava	0,70-0,80	Svobodová, 1988
Úslava	0,40-1,90	Svobodová, 1988
Berounka pod Plzní	13,8-14,7	Svobodová, 1988

4.2.3 Kadmium v půdách

Půda patří spolu s atmosférou a vodou mezi základní složky prostředí. Důležitost péče o zachování úrodné, hygienicky nezávadné půdy, produkující nezávadná krmiva a potraviny je zesílena její odlišností od ostatních složek prostředí, tj. Vody a vzduchu. Ty mohou proudit nebo se pohybovat, což umožňuje jejich ředění a očišťování od nečistot, které však v půdě mají dlouhodobý nebo trvalý charakter. Cizorodé látky se mohou do půdy dostávat zemědělskou činností, nebo ze zdrojů, které působí nezávisle na ní. Mezi škodlivé látky, které se do půdy dostávají, patří zejména toxické prvky, jako je kadmium. Rizikové toxické kovy jsou stále ve středu pozornosti výzkumu i praxe. Pozornost je nadále soustředěna na příčiny kontaminace půd a na definování půd nekontaminovaných, dále na otázky přechodu výše zmíněných kovů do rostlin. Z hlediska hygieny půd je snaha vytvořit normy povolených obsahů rizikových prvků v půdách, které by zamezily jejich nadměrnému vstupu do potravního řetězce (Cibulka J., 1991).

Přirozený obsah Cd v půdě se však značně mění podle matečné horniny, intenzity zvětrávání a následného transportu. Termín „přirozený obsah“ musí být používán opatrně, neboť není jednoduché v některých případech rozlišit ho od umělého obohacení. Koncentrace kadmia půdy kolísá v rozmezí 0,01 – 15 mg.kg⁻¹ (Beneš, Pabianová, 1987).

V některých případech může kontaminace půd kadmiiem být extrémně vysoká. Havarijní kontaminace půd průmyslovými odpady může dosáhnout zvýšení koncentrace až na 83 mg.kg⁻¹ (Kozák, 1986).

Některá průmyslová fosforečná hnojiva mohou obsahovat stopová množství kadmia ve vysoce rozpustných a pro rostliny přijatelných formách. Dlouhodobá aplikace superfosfátu, obsahujícího 38 – 48 mg Cd.kg⁻¹, vedla ke zvýšení koncentrace kadmia v půdách i v rostlinách (Williams, David, 1976).

Podle Tjella a Christensena (1985) retrospektivní sledování půd ze čtyř dánských zemědělských stanic ukázalo průkazně zvýšený obsah Cd za posledních 60 let. Po odečtení ztrát kadmia z polí, vstup kadmia z atmosféry byl odhadnut na $7 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ a vstup z hnojiv $2 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ (Tjell, Christensen, 1985).

Velkým problémem zůstává odlišení přirozených obsahů kadmia i jiných těžkých kovů od zvýšených obsahů, způsobených kontaminací. Pavel a Kozák (1989) použili k posouzení kontaminace území, které je postiženo havarijním zvýšením obsahu těžkých kovů vícerozměrné statistické metody, a to faktorovou analýzu a analýzu korespondence. Analýza korespondence umožnila identifikovat vzorky s extrémními faktorovými skóre a sestavit pořadí vzorků podle čistoty nebo podle kontaminace (Pavel, Kozák, 1989).

4.2.3.1 Kontaminace půdy kadmíem antropogenní činností

V zemědělských půdách však může být koncentrace rizikových prvků značně zvýšena z několika zdrojů, z nichž jsou nejvýznamnější tyto:

- městské průmyslové aerosoly vzniklé spalováním paliv, metalurgickými závody a ostatním průmyslem
- tekuté a pevné odpady zvířat a lidí
- odpady po těžbě
- průmyslové a zemědělské chemikálie

(Jones, Jarvis, 1981).

4.2.3.2 Formy kadmia v půdě

Pro stanovení jednotlivých forem kadmia (speciace) v pevné fázi půdy byly navrženy rozličné analytické postupy, které zahrnují postupnou extrakci. Tyto postupy jsou většinou založeny na předpokladu, že v půdě existují následující formy kadmia:

- vodorozpustné
- výměnné
- organicky vázané
- okludované s oxidy Fe a Mn
- ve formě definovaných sloučenin (karbonáty, fosforečnany, sulfidy)
- vázané ve struktuře silikátů (tzv. Reziduální frakce)

(Brummer, 1986).

4.2.3.3 Osud kadmia v půdách

Kadmium, tak jako ostatní prvky a na rozdíl od různých organických polutantů, nemůže být degradováno. Toxické kovy proto představují dlouhodobou hrozbu pro půdní prostředí. Jelikož se půdy vyznačují velkou variabilitou svých charakteristik a kadmium existuje v mnoha formách, je kontaminace tímto kovem odlišná profil od profilu (Sims et al., 1986).

Shrnutí hlavní půdní vlastnosti ovlivňující mobilitu a přijatelnost těžkých kovů pro rostliny:

- pH – důležitá hodnota pro posouzení mobility
- kationtová výměnná kapacita – důležitá charakteristika pro posouzení vazby v půdě a mobility
- redox potenciál (Eh) – důležitý pro posouzení stability různých forem kovů
- obsah organického uhlíku – hlavní charakteristika ovlivňující adsorpci, a tím i mobilitu
- půdní druh – ovlivňuje rychlost a cesty migrace kontaminantu do spodních vod

(Sims et al., 1986).

Příjem kadmia kořeny rostlin se zvyšuje se stoupajícím pH a je snižován obsahem alkalických kovů a kovů alkalických zemin a obsahem ostatních těžkých kovů. V půdách je však účinek pH opačný – příjem je snižován vápněním. Je to důsledek jak fyziologického působení Ca^{2+} , tak i podstatně zvýšené resorpce půdními koloidy (Jones, Jarvis, 1981).

Kozák a Jehlička (1990) sledovali rozsah adsorpce kadmia v třech odlišných půdách (černozem, hnědozem a hnědá půda). Přídavek olova k rozdoku kadmia výrazně snižoval rozsah adsorpce kadmia. Výsledky upozorňují na nutnost přiblížit experimentální uspořádání co možná nejvíce polním podmínkám. Vyšší koncentrace tzv. konkurenčních iontů vedou ke snížení adsorpce ostatních sledovaných kovů a mobility kadmia v půdě, a tím i k jeho snazší přijatelnosti rostlinami. Tento poznatek je důležitý zejména pro posouzení vhodnosti čistírenských kalů pro aplikaci do zemědělských půd (Kozák, Jehlička, 1990).

4.2.3.4 Metody pro eliminaci nepříznivých vlivů vysokých koncentrací kadmia v půdách

Jones a Jarvis (1981) konstatují, že ačkoliv v některých ohledech chemické chování různých kovů může být podobné, neexistuje v tomto směru žádná uniformita. Přesto však následující opatření, sumarizovaná Simsem et al. (1986) mohou být aplikována ke snížení nepříznivých vlivů jak kadmia, tak i ostatních těžkých kovů:

- přídavek sorbentů: Přidání organické hmoty ke kontaminované půdě může odejmout těžké kovy z půdního roztoku. Organická hmota, vhodná k aplikaci, zahrnuje produkty zemědělské činnosti a aktivované uhlí.
- chelatizace tetrenem: Kovy tvoří s tetrenem (tetrathylenpentamid) stabilní cheláty, které jsou silně sorbovány jíly, a tak imobilizují kovy.
- přídavky zeolitů: Uplatní se vysoká sorpční schopnosti.
- precipitace ve formě sulfidů: Těžké kovy reagují se sulfidovými ionty tvorbou nerozpustných sulfidů, které jsou silně nerozpustné i za nízkých hodnot pH.
- precipitace ve formě karbonátů, fosfátů a hydroxidů: Mnoho kovů vytváří nerozpustné sloučeniny s vápníkem a fosforem. Nejčastěji se používá vápno, mletý vápenec a trojitý superfosfát

(Sims et al., 1986).

4.3 Obsah kadmia v půdě jednotlivých okresů Libereckého kraje

Tento kraj jsem zvolil z několika důvodů. Jednak proto, že se mi zde podařilo získat maximum podkladů, protože v tomto kraji převládá sklářství a zemědělství, produkující nejvíce kadmia. Obdobné rozборы ze Severočeského kraje jsem, přes snahu, nezískal. Po rozhovoru s pracovníky Krajského úřadu v Ústí nad Labem jsem nabyt přesvědčení, že zde nebyly zpracovány.

Krajská koncepce zemědělství Libereckého kraje z prosince 2002 hodnotí v první fázi výskyt rizikových prvků v zemědělských půdách kraje:

- | | |
|---------------|---|
| Českolipsko - | -odebráno 362 vzorků
- celkem nízký obsah kadmia v půdě
- překročení limitu 1x Dolní Světlá
- mírně zvýšená hodnota 7x – Kamenický Šenov a okolí
Lužické hory |
| Jablonecko - | - odebráno 100 vzorků
- značné zatížení kadmiem
- překročení limitu 5x – Janov, Lučany, Smržovka,
Desná I a II
- mírně zvýšená hodnota - 32x |
| Liberecko - | - odebráno 450 vzorků
- celkem velké zatížení |

- překročení limitu 9x – Osečná, Oldřichov a další
- mírně zvýšená hodnota – 50x

- Semilsko -
- odebráno 202 vzorků
 - celkem bez zatížení
 - mírně zvýšená hodnota 1x – Vysoké nad Jizerou

(Krajská koncepce zemědělství Libereckého kraje, 2002).

4.4 Účinky kadmia na zvířata

Kadmium má v nízkých koncentracích efekty samicích hormonů estrogenů. Velmi malé dávky kadmia vyvolaly u samic laboratorních potkanů zvětšení mléčné žlázy a dělohy. Příznaky připomínaly počátek rakoviny mléčné žlázy. Ještě horší tvář kadmia odhalily pokusy na samicích potkanů, které byly v březí. Po menších dávkách kadmia se rodily samicím dcery, které předčasně dospívaly a i mléčná žláza se u nich vyvíjela rychleji, než bylo obvyklé. Kadmium je nedílnou součástí našeho životního prostředí. Eliminace kadmia v organismu živočichů je pomalá. Největší podíl z celkového obsahu v organismu zvířat je v játrech, kde je při syntéze methalothioneinu vázáno 80 – 90 % kadmia, které již nemůže negativně působit v organismu. V jejich krvi koluje málo kadmia, ale je nebezpečné pro vyvíjející se plod, protože je možný jeho průchod placentou. Kadmium může také vytěsnit zinek z různých enzymů a tím dokáže porušit průběh metabolických reakcí. Poločas rozpadu kadmia u různých orgánů savců je 7 – 40 let. Ledviny vylučují denně 0,3 – 0,7 mg kadmia, čili asi 0,006 % (Piskač, Kačmar P, 1985).

Jak se zmiňují Sileo a Beyer (1985), kadmium se do organismů býložravců dostávají přímo z rostlin. U severoamerických druhů upozornili na významné zvýšení obsahu kadmia u zvěře žijící v znečištěném prostředí Palmertonu v USA. Ve 100km vzdálenosti od zdroje emisí se obsah kadmia v játrech snížil 6krát a v ledvinách až 13krát. Obsah kadmia v lišejnících a mechu souvisí s obsahem těchto elementů v játrech a ledvinách sobů a losů (Sileo, Beyer, 1985).

K dalším závěrům došli i Frosile et al. (1985), kteří potvrdili závislost atmosférické depozice kadmia na zvýšení obsahu těchto elementů v norské fauně (Frosile et al., 1985).

Rikmus a Wolf (1987) považují ledviny, játra a svalovinu živočichů za vhodný indikátor.

Chudík a Maňkovská (1985) dále doporučují i srst.

Holm (1984) zjistil korelaci mezi obsahy Pb, Cd a Hg v játrech a ledvinách, ledvinách a svalovině, játrech a srsti, ledvinách a srsti, srsti a svalovině zajíce. Dále zjistil rozdíl v obsahu kadmia a olova v kůře a dřeni ledvin tak, jako rozdíl mezi levou a pravou ledvinou (Holm, 1984).

O něco více, než býložravé druhy zvěře, jsou kontaminováni všežravci a dravci. Zvýšený obsah kadmia v srsti, např. kančí zvěře, vysvětlují konzumací rostlinné potravy a příležitostní konzumací hlodavců a uhynulé zvěře (Chudík a Maňkovská, 1985).

Zvýšený výskyt kadmia v životním prostředí znamená i negativní dopad na zdraví a užitkovost hospodářských zvířat. Z hospodářských zvířat jsou ohrožena kontaminací kadmia především ta, která se většinou odchovávají ve volném prostředí, tedy hlavně ovce a skot. Významným zdrojem cizorodých prvků jsou i čistírenské kaly, které se používají ke zlepšení kvality půdy nebo přímo jako bílkovinný komponent krmné dávky (Page et al., 1983, Komzsta Szumka, 1986).

Mechanismus toxického působení kadmia na ryby a ostatní vodní živočichy spočívá převážně ve vazbě těchto kovů na aminokyseliny a skupiny bílkovin. Kadmium působí jako enzymový jed. Toxicita kovů na ryby je významně ovlivněna formou jejich výskytu ve vodě. Anorganické a organické nerozpustné nebo méně rozpustné komplexy jsou zpravidla méně toxické než jednoduché ionty. Distribuce výskytu různých chemických forem kovů ve vodách závisí na chemickém složení vody, zejména na hodnotě pH a obsahu některých aniontů, které mohou tvořit stabilnější komplexní sloučeniny. Z tohoto hlediska je obsah kationtů méně významný (Pitter, 1980, Reczynska, Dutka, 1986).

5 Způsoby zjišťování a měření emisí kadmia

Odhad emisí kadmia je možné provést pomocí bilance kadmia, tedy pomocí rozdílu množství kadmia v surovině a v produktu. Pokud je nutné znát přesné množství emitovaného kadmia, je nutné přistoupit k analýze jeho koncentrace v odcházejícím materiálu (vzdušnina, voda, kaly atd.). Pro stanovení kadmia v atmosférickém aerosolu se používá odběr aerosolu na filtr s následnou mineralizací kyselinou dusičnou. Analýza mineralizátu se nejběžněji provádí pomocí atomové absorpční spektrometrie (AAS). Používá se atomizace v plameni nebo elektrotermicky. Na některých stanicích hygienické služby se dnes po mineralizaci vzorků atmosférického aerosolu užívá ke stanovení obsahu těžkých kovů také metoda polarografická a metoda atomové emisní spektrometrie s indukčně vázanou plazmou (ICP- AES). Služby nabízejí komerční laboratoře. Ohlašovací práh do vod 5 kg za rok si lze například představit jako objem vypuštěné vody 500 m^3 o koncentraci kadmia 10 mg.l^{-1} . V případě kadmia ve vzduchu o koncentraci 100 mg.m^{-3} představuje ohlašovací práh 10 kg ročně objem vzduchu $100\,000 \text{ m}^3$ (za stejné teploty a tlaku jako je uvedena koncentrace) (Encyklopedie Wikipedie: on-line).

Informace o metodách měření byly čerpány z podkladů, které pro Ministerstvo životního prostředí vypracovala Vysoká škola chemicko-technologická v Praze v roce 2007. (Doc. Ing.

František Skácel, CSc., Ing Viktor Tekáč, PhD.: Přehled metod měření a identifikace látek sledovaných podle Protokolu o registrech úniků a přenosů znečišťujících látek v únicích do ovzduší) a společnosti HYDROPROJEKT CZ a.s. (Ing Lenka Fremrová, Prof. Ing. Pavel Pitter, DrSc., Ing Eva Břízová, CSc., Ing Pavel Franče, CSc.:Přehled metod měření a identifikace látek sledovaných podle Protokolu o registrech úniků a přenosů znečišťujících látek v únicích do vody (IRZ.:2005-2008).

5.1 Metody měření a identifikace znečišťujících látek v únicích do ovzduší

Informace u jednotlivých látek obsahují postupy manuálních, instrumentálních a normovaných metod analýzy.

V odstavcích věnovaných normovaným postupům jsou uváděny:

- evropské normované referenční metody (NRM) pro analýzu odpadních plynů
- evropské normované metody (CEN) pro analýzu odpadních plynů
- mezinárodní normované metody (ISO) pro analýzu odpadních plynů
- evropské normované referenční metody (NRM) pro analýzu volného ovzduší
- Evropské normované metody (CEN) pro analýzu volného ovzduší
- Mezinárodní normované metody (ISO) pro analýzu volného ovzduší
- normované metody Agentury pro ochranu životního prostředí USA (US EPA) pro analýzu volného ovzduší
- normované metody Národního institutu pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci (US NIOSH) pro analýzu pracovního ovzduší

Skladba a zastoupení jednotlivých metod závisí na existenci vhodné evropské či normované referenční metody pro analýzu odpadních plynů, popř. existenci jiné vhodné normované metodiky. V případě potřeby je přehled doplněn literárními odkazy na metody nenormované. Abychom mohli provádět měření a identifikaci znečišťujících látek do ovzduší, tak si musíme předem ujasnit pojem emise. Skácel F., Takáč V.(2007) ve své publikaci uvádějí pojem emise, jako vnášení látek do ovzduší. Je to děj, který může probíhat ustáleně, nerovnoměrně, cyklicky či nahodile v závislosti na technologických nebo biologických podmínkách určujícího procesu. Znečišťující látky se do ovzduší uvolňují především řízeným vypuštěním odpadních plynů a to komíny, výduchy odsávacích a vzduchotechnických systémů, výpustmi odlučovacích zařízení apod. Tento děj lze kvantifikovat hmotnostním tokem zjištěným měřením emisí. Druhým způsobem vnášení znečišťujících látek do ovzduší představují tzv. fugitivní emise (z anglického

fugitive = příležitostný, přechodný, náhodný, prchavý), které lze vzhledem k jejich povaze určit pouze bilančními výpočty. Tento pojem zahrnuje například emise látek okny, dveřmi, větracími průduchy a podobnými otvory, netěsnostmi rozvodů a armatur, odpařováním na volném ovzduší apod. Působící zdroje znečištění ovzduší se člení na tři základní kategorie.

- bodové zdroje - zastoupené například komíny energetických zařízení nebo výduchy
- z technologických zařízení
- plošné zdroje - jedná se o různorodou skupinu zdrojů emisí jako kamenolomy, nádrže odpadních vod, čisticí stanice odpadních vod, průmyslové laguny, odkalovací nádrže, půdní filtry odvětrané do ovzduší, sídelní a průmyslové aglomerace apod. Často se plošnými zdroji emisí znečišťujících látek stávají dějiště přirozených přírodních procesů jako je vulkanická činnost, lesní požáry větrná eroze apod. K plošným zdrojům se někdy řadí i působení malých spalovacích zdrojů.
- liniové zdroje - velmi významná skupina zdrojů emisí spojená s především s automobilovou dopravou jako jsou dálnice a frekventované silnice (Skácel F., Takáč V., 2007).

Dalším pojem je odpadní plyn. Odpadním plynem jsou plynné produkty obsahující znečišťující látky, které nelze danou technologií využít a jsou vypouštěny do ovzduší komínem, výduchem nebo výpustí ze zařízení pro omezování emisí. Tento děj lze kvantitativně popsat výhradně hmotnostním tokem příslušné látky. Dosavadní praxe v oblasti kontroly emisí znečišťujících látek však pro vyjadřování limitů přejímá převážně veličiny používané hygienickými předpisy, tzn. limitní hmotnostní koncentraci znečišťující látky. (Skácel F., Takáč V., 2007)

5.2 Metody měření a identifikace znečišťujících látek v únicích do vody

Pro monitoring přírodních, užitkových i odpadních vod jsou k dispozici standardizované postupy pro stanovení prakticky každého ukazatele v analytické laboratoři. Tyto postupy jsou uvedeny v normách ČSN, EN a ISO a v různých standardních metodách (USA, EPA, ASTM), které lze považovat za referenční. Za určitých podmínek může být výhodnější použít jednodušší, rychlejší a často i ekonomičtější metody za předpokladu, že je dodržena legislativa a pokud jsou dodrženy některé zásady. V těchto případech se hovoří o komerčních soupravách (kitech), kterými lze za určitých podmínek dosáhnout rovněž spolehlivých výsledků, lze ji pojmenovat jako mobilní analytika. Jde o jednoduché postupy určené i pro nechemika, který byl vhodným způsobem zacvičen. Hovoří se také o terénních metodách, kde jde o metody, které je možno

provádět mimo analytickou laboratoř, buď na místě odběru, nebo jako terénní zkoušku, pokud je cílem charakterizovat vodu pro kontrolní účely. Zvláštní význam mají tyto metody v případě, že se jedná o stanovení nestabilních ukazatelů, které lze jen obtížně stabilizovat, nebo vůbec ne. Jde o metody, které nejsou náhradou za laboratorní postupy předepsané normami. Volba nejvýhodnější metody závisí na typu požadované analýzy a na nezbytné kvalitě výsledků. Následující norma je určena ke stanovení mezních podmínek pro výběr nestandardizované analytické metody a k definování požadavků s ohledem na použití a výrobu přímo použitelných komerčních souprav (kitů). Většina dodavatelů chemikálií předkládá ve své nabídce široký sortiment rychlých screeningových testů a souprav, které však musí splňovat určité základní předpoklady. Jsou k dispozici i kufříkové laboratoře pro stanovení i více ukazatelů charakteristických pro určitá stanovení v dané oblasti použití. Při výběru a použití metod s přímo použitelnými komerčními soupravami (kity) pro analýzu vod je nutné dodržovat určité zásady, které jsou shrnuty v normě: ČSN ISO 17381 (75 7304) (Fremrová. L.:2008).

Ohlašovací práh pro emise a přenosy

Dle Integrovaného registru znečišťování NV č. 368/ 2003 Sb., platí tyto emisní limity pro kadmium.

Do ovzduší	kg/rok	10
Do vody	kg/rok	5
Do půdy	kg/rok	5
Ohlašovací práh mimo provozovnu	kg/rok	5

6 Legislativní podpora sledující Cd

Zákon č. 371/2008 Sb., kterým se mění zákon č. 356/2003 Sb., o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.

Tento zákon zpracovává příslušné předpisy Evropského společenství a upravuje v návaznosti na přímo použitelné předpisy Evropského společenství, práva a povinnosti právnických osob a podnikajících fyzických osob při výrobě, klasifikaci, zkoušení nebezpečných vlastností, balení, označování, uvádění na trh, používání, vývozu a dovozu chemických látek, nebo látek obsažených v přípravcích nebo předmětech a při klasifikaci, zkoušení nebezpečných vlastností, balení a označování chemických přípravků na území České republiky a vymezuje působnost správních orgánů při zajišťování ochrany zdraví a životního prostředí před škodlivými účinky

a přípravků.

Zákon č. 146/2002 Sb., o Státní zemědělské a potravinářské inspekci.

Účelem zákona je zřízení zemědělské a potravinářské inspekce a stanovení její působnosti ve výkonu státního dozoru a kontroly. Mimo jiné provádí monitorování soustavné nebo výběrově účelové sledování zejména toxikologicky významných látek v zemědělských výrobcích, potravinách, surovinách a tabákových výrobcích.

Zákon č. 477/2001 Sb., o obalech a o změně některých zákonů.(zákonech o obalech), změna:274/2003 Sb., 94/2004 Sb., 237/2004 Sb., 257/2004 Sb., 444/2005 Sb., 66/2006Sb.,

Účelem tohoto zákona je chránit životní prostředí předcházením vzniků odpadů z obalů, a to zejména snižováním hmotnosti, objemu škodlivých obalů a chemických látek. V těchto obalech obsažených v souladu s právem Evropských společenství. V § 4 odst. 1) písmena b., tohoto zákona se uvádí, že osoba, která uvádí na trh obal, balený výrobek nebo obalový prostředek, je povinna zajistit, aby součet koncentrací olova, kadmia, rtuti a chromu s oxidačním číslem VI v obalu nebo obalovém prostředku nepřekročil hodnotu 100 mikrogramů/g (limitní hodnota). Při překročení koncentrace těžkých kovů hodnotou 200 mikrogramů na gram, začnou se hodnoty naměřené po dobu 12 měsíců zapisovat.

Zákon č. 25/2008 Sb., o integrovaném registru znečišťování životního prostředí (IRZ) a integrovaném systému plnění ohlašovacích povinností v oblasti životního prostředí a o změně některých zákonů.

Zákon upravuje v návaznosti na přímo použitelný předpis Evropského společenství, integrovaný registr znečišťování životního prostředí ve formě veřejně přístupného informačního systému úniků a přenosů znečišťujících látek na úrovni Evropských společenství. K pojmu IRZ se vyjádřím v následujících kapitolách.

Zákon č. 308/2000 Sb., kterým se mění zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech). Zákon č. 569/1991 Sb., o pozemkovém fondu České republiky, ve znění pozdějších předpisů.

Uvedený zákon stanoví v souladu s právem Evropského společenství podmínky do oběhu, skladování a používání hnojiv, statkových hnojiv, pomocných půdních látek, pomocných rostlinných přípravků a substrátů, podmínky agrochemického zkoušení zemědělských půd, podmínky zjišťování půdních vlastností lesních pozemků a některé podmínky používání upravených kalů, jakož i působnost orgánů odborného dozoru nad dodržováním povinností stanovených tímto zákonem včetně oprávnění ukládat sankce. Tento zákon se vztahuje na hnojiva, pomocné půdní látky, pomocné rostlinné přípravky a substráty, určené k použití jako

suroviny k dalšímu zpracování.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).

Účelem tohoto zákona je chránit povrchové a podzemní vody, stanovit podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů a pro zachování i zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod, vytvořit podmínky pro snižování nepříznivých účinků povodí a sucha a zajistit bezpečnost vodních děl. Zákon upravuje právní vztahy k povrchovým a podzemním vodám, vztahy fyzických a právnických osob k využívání povrchových a podzemních vod, jakož i vztahy k pozemkům a stavbám, s nimiž výskyt těchto vod přímo souvisí, a to v zájmu zajištění trvale udržitelného užívání těchto vod, bezpečnosti a vodních děl a ochrany před účinkem povodní a sucha. Zákon je také v souladu s legislativou ES v oblasti kvality vod včetně směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky, přijaté 23. října 2000.

Zákon č. 385/2005 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů (zákon o ochraně ovzduší), kterým se mění zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů.

Uvedený zákon stanoví práva a povinnost osob a působnost správních úřadů při ochraně vnějšího ovzduší před vnášením znečišťujících látek lidskou činností.

Nařízení vlády č. 597/2006 Sb., o sledování a vyhodnocování kvality ovzduší.

Toto nařízení zapracovává příslušné předpisy Evropských společenství a upravuje způsob sledování a vyhodnocování kvality ovzduší, imisní limity, přípustné četnosti jejich překročení a meze tolerance, cílové imisní limity a dlouhodobě imisní cíle pro vybrané znečišťující látky.

Nařízení vlády č. 615/2006 Sb., o stanovení emisních limitů a dalších podmínek provozování ostatních stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší.

Nařízení zapracovává příslušné předpisy Evropských společenství a stanoví emisní limity, podmínky provozování a způsob zařazování ostatních stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší.

Nařízení vlády č. 499/2005 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 350/2002 Sb., kterým se stanoví imisní limity, podmínky a způsob sledování, posuzování, hodnocení a řízení kvality ovzduší ve znění nařízení vlády č. 60/2004 Sb.

Všechny uvedené limitní hodnoty se vztahují na standardní podmínky - objem přepočtený na teplotu 293,15 K a normální tlak 101,325 kPa. U všech uvedených limitních hodnot se jedná o aritmetické průměry. Rokem je pro účely myšlen kalendářní rok. Limitní hodnoty kadmia uvedu v příloze této bakalářské práci.

Vyhláška MZ č. 474/2000 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a o substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd.

Tato vyhláška stanovuje limitní hodnoty rizikových prvků v hnojivech, statkových hnojivech pomocných půdních látkách, pomocných půdních přípravcích a substrátech. Stanovené hodnoty kadmia uvedu v příloze.

Vyhláška č. 356/2002 Sb., kterou se stanoví seznam znečišťujících látek, obecné emisní limity, způsob předávání zpráv a informací, zjišťování množství vypouštěných znečišťujících látek, tmavosti kouře, přípustné míry obtěžování zápachem a intenzity pachů, podmínky autorizace osob, požadavky na vedení provozní evidence zdrojů znečišťování ovzduší a podmínky jejich uplatňování.

V § 17 odst. 2. a) je emise těžkých kovů včetně kadmia určena k měření a k úniku do ovzduší. Obecné emisní limity kadmia uvedu v příloze této bakalářské práce.

ČSN ISO 17381 (75 7304) Jakost vod-Výběr a použití metod s přímo použitelnými komerčními kity pro analýzu vod. ČNI Praha 2008-12-31.

Tato norma poskytuje návod k výběru komerčních souprav pro analýzu vody a určení požadavků na jejich použití. Cílem této normy je stanovit kritéria, kdy mohou být různé druhy komerčních kitů použity pro analýzu jednotlivých ukazatelů u vzorků vody a prokázat vhodnost pro použití. Často je používána nechemiky.

ČSN EN ISO 5667-1 Jakost vod-Odběr vzorků-Část 1:Návod pro návrh programu odběru vzorků a pro způsoby odběru vzorků.

Norma určuje obecné zásady, kterých je třeba dbát při sestavování programů, pro účely jakosti, identifikaci zdrojů znečištěné vody, dnových sedimentů, kalů.

ČSN ISO 5667-10 (75 7051) Jakost vod - Odběr vzorků - Část 10: Pokyny pro odběr vzorků odpadních vod.

Norma obsahuje podrobné údaje o vzorkování splaškových a průmyslových odpadních vod. Zabývá se všemi druhy surových odpadních vod a vyčištěnými odpadními vodami. Jsou zde uvedeny definice, účel odběru, místa odběru.

6.1 IRZ - Integrovaný registr znečišťování

Integrovaný registr znečišťování životního prostředí (IRZ) je zřízen a spravován Ministerstvem životního prostředí jako veřejný informační systém veřejné zprávy. Provozovatelem IRZ je CENIA, česká informační agentura životního prostředí. IRZ je databází údajů o únicích vybraných znečišťujících látek (do ovzduší, vody, půdy), o přenosech znečišťujících látek v odpadech a o odpadních vodách a o přenosech množství odpadu, které jsou každoročně ohlašovány za jednotlivé provozovny na základě splnění kritérií stanovených příslušnými právními předpisy. Zveřejnění údajů za předchozí kalendářní rok prostřednictvím

internetu probíhá vždy k 30. září běžného roku (MŽP, 2005,2008, on-line).

6.2 Aarhuská úmluva a přístup k informacím o životním prostředí v České republice.

Před rokem 1989 byly v Československu veřejnosti utajovány informace o životním prostředí, neboť v té době Československo patřilo se svou vysokou koncentrací polutantů v ovzduší a řekách a dále zdevastovanou severočeskou krajinou k jedné z nejvíce poškozených zemí v Evropě. V roce 1995 proběhla v Sofii konference ministrů životního prostředí, v němž na předním místě byla výzva k zajištění přístupu veřejnosti k informacím o životním prostředí. Aarhuská úmluva byla připravována od června 1996 do března 1998 celkem na deseti jednáních vedených panem Kakebeekem (Nizozemí), při průměrné účasti 35 vládních delegací zemí západní, střední a východní Evropy, včetně zemí bývalého SSSR a 5 nevládních delegací. Česká republika odevzdala několik oficiálních písemných stanovisek a řadu aktuálních připomínek. V průběhu přípravy úmluvy byl text v různých stádiích rozpracování přeložen do češtiny, aby mohl být využit k veřejné diskusi. Aarhuská úmluva byla sjednána 23. - 25. června 1998 v dánském městě Aarhusu na konferenci ministrů životního prostředí regionu Evropské hospodářské komise OSN „Životní prostředí pro Evropu“. Úmluva má 40 signatářů a vstoupila v platnosti 30. 10. 2001. Aarhuská úmluva rozpracovává směrnici Rady Evropského společenství č. 90/313/EEC „O volném přístupu k informacím o životním prostředí“. Česká republika ji ratifikovala na podzim 2004 (byla vyhlášena pod č. 124/2004 Sb.). Na základě čl. 10 Ústavy ČR jsou ratifikované a vyhlášené mezinárodní smlouvy součástí našeho právního řádu. Není potřeba vydávat a schvalovat další zákon nebo jiný právní předpis, který by přejímal ustanovení takové smlouvy. Ta, aniž by ztratila svůj charakter mezinárodní smlouvy, stává se přímo použitelným právním předpisem, kterého je možno se dovolávat u soudu a soudy mají povinnost jej znát a vykládat. (Aarhuská úmluva a přístup k informacím o životním prostředí v ČR, 1999)

6.3 Evropský registr emisí znečišťujících látek

EPER je Evropský registr emisí znečišťujících látek, který byl zřízen rozhodnutím Komise ze dne 17. července 2000. EPER rozhodnutí je založeno na článku 15 (3) směrnice Rady 96/61 /ES, o integrované prevenci a omezování znečištění. Podle EPER rozhodnutí mají členské státy povinnost vypracovat každé tři roky zprávu o emisích z průmyslových zařízení do ovzduší a do vody. Zpráva se týká 50 látek. (eper.eea.europa.eu, on-line)

6.4 Nařízení o Evropském registru úniků a přenosů (European Pollutant Release and Transfer Register)

Nařízení Evropského parlamentu a rady evropského společenství č. 166/2006, ze dne 18. ledna 2006, kterým se zřizuje evropský registr úniků a přenosů znečišťujících látek (dále jen EPRTTR) a kterým se mění směrnice Rady 91 /689/EHS a 96/61 ES. Nařízení nabylo účinnosti dne 24. února 2006 a je závazné pro všechny členské státy EU. První ohlašovací rok byl určen 2007. K nařízení EP jsou přílohy, které uvedu na konci své bakalářské práce.

7 Závěr

Při čerpání podkladů k těžkému, toxickému kovu kadmium jsem zjistil, že kadmium je velmi nebezpečný a v životním prostředí také všudypřítomný. Jeho nebezpečnost tkví v toxických a chemických vlastnostech. Tato skutečnost by měla vést lidskou společnost k větší obezřetnosti a jeho sledování v migračních a expozičních cestách do organismů, zvláště do těla člověka. V této práci jsem popsal jeho nebezpečnost na lidské zdraví, na zvířata, dále dopady na životní prostředí, ekologické havárie jak ve světě, tak i u nás, normativní předpisy upravující jeho limity v životním prostředí.

V závislosti na růstu poznání zákonitostí šíření a zdravotního působení na organismy bude nutné postupně upravovat právní předpisy České republiky. V současnosti je přítomnost kadmia a vlivu jeho koncentrace věnována náležitá pozornost v řadě zákonů, vyhlášek a nařízeních, které stanovují limitní hodnoty. Právní předpisy ČR stanovují limitní koncentrace pro kadmium a jeho sloučeniny jako nebezpečný prvek pro životní prostředí, a proto jsou i stanoveny samostatné limitní hodnoty. Toxicita kadmia a jeho sloučenin závisí na jednotlivých chemických formách. Podle mého názoru by bylo vhodnější stanovit limity pro jednotlivé migrační formy a případně je rozdělit na vysoce a méně toxické sloučeniny, ke kterým by byly limitní hodnoty vztahovány a též brát v potaz mobilitu jednotlivých jeho sloučenin. To nebude možné bez vývoje citlivých a levných detekčních přístrojů, které snadno rozliší jednotlivé sloučeniny kadmia. Pak vymizí problém náročnějšího stanovení těchto sloučenin, než při stanovení celkové analytické koncentrace, která je v současnosti využívána. Taktéž bude možné na základě technického pokroku měřit nižší koncentrace kadmia a v souladu s tím snížit limity v právních předpisech.

Na závěr upozorňuji, že kadmium je prvek, se kterým bychom přišli do kontaktu i bez antropogenní činnosti. Lidská společnost však přispívá velkou částí k jeho mobilizaci, transportu a následné kontaminaci životního prostředí, čímž navyšuje pravděpodobnost ohrožení kadmiumem. Proto je důležité, abychom se postarali o bezpečí životního prostředí a zamezili co nejefektivněji

a nejlevněji jeho dalšímu znečištění. Bude-li kontaminované životní prostředí lidskou činností, bude pak člověk ohrožován zejména sám sebou.

8 Seznam použité literatury

Barth D. S., Bloch S. C., Hammerle J. R.: Chemical Agents in Air. In: Handbook of Physiology, D. N. Lee, H. L. Falk, S. D. Murphy (Eds.) Amer. Physiol. Soc. Bethesda, Maryland, 1977, str. 157 – 166

Beneš S.: Stanovení maximálních dávek zatížení půd těžkými kovy. Celostátní konference „Těžké kovy v životním prostředí“, České Budějovice, 1990, str. 54 – 59

Beneš S., Pabiánová J.: Přirozené obsahy distribuce prvků v půdách. Monografie, VŠZ Praha, 1987, str.

Brummer G. W., Gerth J., Herms U.: Heavy metal species, mobility and availability in soils, 1986, str.

Cibulka J. a kolektiv: Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosféře. Academia Praha 1991

Cibulka J. a kolektiv: Pohyb olova, kadmia a rtuti v zemědělské výrobě a biosféře, 1985

Cibulka J. et al.: Pohyb olova, kadmia a rtuti v zemědělské výrobě a biosféře, 1986

Černý M., Lakomý Z., Nový O.: Životní prostředí pro člověka. Nové obzory vědy, vědeckopopulární edice ČSAV, Praha, 1973

Fremrová L., Pitter P., Břízová E., Franče P.: Podklady pro Ministerstvo životního prostředí k provádění protokolu o PRTR – přehled metod měření a identifikace látek sledovaných podle protokolu o registrech úniků a přenosů znečišťujících látek v únicích do vody, Hydroprojekt CZ a.s., MŽP Praha, 2007

Frosile A., Norheim G., Rambaek J. P., Steinnes E.: Levels of trace elements in liver from Norwegian moose, reindeer and red deer in relation to atmospheric deposition, 1984

Greenwood N. N., Earnshaw A.: Chemie prvků 1. díl, 1993, ISBN 80-85427-38-9

Harte J., Holdren C., Schneider R., Shirley CH.: Toxics A to Z. A guide to everyday pollution hazards, University of California press, 1991

Hayes, Wallace A.: Zásady a metody toxikologie IV. Vydání, 2001

Holm J.: Constructing a Cause – oriented system for monitoring the contamination of game by harmful substances. 2. Contamination of game by heavy metals from differently structured regions of origin. 1984

Holoubek I.: Chemie životního prostředí IV. Polutanty s dlouhou dobou života v prostředí. Brno, 2004

Horáková M.: Analytika vody, VŠCHT Praha, 2003

- Chudík I., Maňková B.: Hromadenie ťažkých kovov v srsti zveri. Biologia Bratislava, 1985
- Jesenák K.: Enviromentálna anorganická chémia. Prírodovedecká fakulta UK v Bratislavě, 2005
- Jonáš J., Jelínek V.: Kongresový den s MUDr. Josefem Jonášem a Ing. Vladimírem Jelínkem v Teplicích dne 07. 10. 2006
- Jones L. M. P., Jarvis S. C.: The Fate of heavy Metals. In: The Chemistry of soil processes. 1981
- Kačmar P., Piskač A.: Veterárna toxikológia Bratislava, 1985
- Komzsta, Szumska E.: Enviromental impact of sewage sludge on livestock: A review. 1986
- Kozák J., Bílková H.: Stanovení vybraných stopových prvků v půdních extraktech. Konference „o metodice stanovení a významu stopových prvků v biologickém materiálu“. 1986
- Kozák J., Jehlička J.: Selektivní adsorpce Pb a Cd vybranými půdami. Sborník VŠZ Praha, 1990
- Kozák J., Pavel L.: Zhodnocení kontaminace půdy těžkými kovy metodami vícerozměrné statistické analýzy. 1989
- Krajská koncepce zemědělství Libereckého kraje, 2002
- Kroupa M., Drbal K.: Přisun chemických látek do povrchových vod atmosferickým spadem. 1968
- Kubizňáková J.: Sledování vlivu provozu elektráren a tepláren na životní prostředí. Ekologické problémy provozu tepláren a výtopen. Dům techniky ČSVTS, České Budějovice, 1987, str. 13 – 22
- Kurfüst J.: Projekt evropské hospodářské komise – emise těžkých kovů. Ochrana ovzduší, 1989, str. 141 – 143
- Landis J. W.: An assessment of worldwide energy – related atmospheric pollution. 14th Congress of the World Energy Conference, „Energy for tomorrow“, Montreal 1989
- Mihajlovič M., Šebek O.: Kadmium, Japonsko a syndrom „Itai-itai“. Publikováno: Vesmír 74,444, 1995
- Nriagu J. O.: Global inventory of natural and anthropogenic of trace metals to the atmosphere. Nature, 1979
- Page A. L., Gleason T. L., Smith J. E., Ishadar I. K.: Utilization of municipal wastewater and sludge on land. California, Univer of California, 1983
- Pertoldová J., Vacek V.: Metody stabilizace kadmia v průmyslových odpadech. Geologický průzkum, 1999, str. 18 – 23
- Pitter P.: Vliv chemického složení vody, včetně tzv. tvrdosti na toxicitu kovů na vodní organismy, 1980
- Pitter P.: Hydrochemie. SNTL, Praha, 1981
- Reczynska, Dutka M.: Transport of heavy metals in three differently polluted surface waters in

Silesia, 1986

Rikmus G., Wolf M.: Schadstoffbelastung von Wild aus Schleswig – Holstein, 1987

Sileo L., Beyer W. N.: Heavy metals in white – tailed deer living near a zinc smelter in Pennsylvania, 1985

Sims R., Sorensen D., Sims J., Mclean J.: Contaminated surface soils in-place treatment techniques. Noyes Publications, New Jersey, 1986

Skácel F., Tekáč V.: Podklady pro MŽP k provádění protokolu o PRTR – přehled metod měření a identifikace látek sledovaných podle protokolu o registrech úniku a přenosů znečišťujících látek v únicích do ovzduší, VŠCHT Praha, MŽP, 2007

Strohmeyer H.: Noch ein schreiben über dan neue Metall. Annalen der Physic, 1818

Svobodová Z.: Vliv vybraných chemických látek a přípravků na ryby a vodní prostředí. 1988

Tjell J. C., Christensen T. M.: Evidence of increasing cadmium contents of agricultural soils. In: Heavy metals in the environm, 1985

Wedepohl K. H.: Origin and distribution of the elements. Pergamon press, London, 1968

Williams C. H., David D. J.: The accumulation in soil of cadmium residues from phosphate fertilizers and their effect on the cadmium content of plants. 1976

8.1 Platné právní předpisy ČR:

Zákon č. 371/2008 Sb., kterým se mění zákon č. 356/2003 Sb., o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.

Zákon č. 146/2002 Sb., o Státní zemědělské a potravinářské inspekci.

Zákon č. 477/2001 Sb., o obalech a o změně některých zákonů. (zákonech o obalech),
změna: 274/2003 Sb., 94/2004 Sb., 237/2004 Sb., 257/2004 Sb., 444/2005
Sb., 66/2006Sb.

Zákon č. 25/2008 Sb., o integrovaném registru znečišťování životního (IRZ) a integrovaném systému plnění ohlašovacích povinností v oblasti životního prostředí a o změně některých zákonů.

Zákon č. 308/2000 Sb., kterým se mění zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravků a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech). A zákon číslo 569/1991 Sb., o pozemkovém fondu České republiky, ve znění pozdějších předpisů.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).

Nařízení vlády č. 352/2002 Sb., kterým se stanoví emisní limity a další podmínky provozování spalovacích stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší.

Nařízení vlády č. 597/2006 Sb., o sledování a vyhodnocování kvality ovzduší.

Nařízení vlády č. 429/2005 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 350/2002 Sb., kterým se stanoví imisní limity a podmínky a způsob sledování, posuzování, hodnocení a řízení kvality ovzduší ve znění nařízení vlády č. 60/2004 Sb.

Nařízení vlády č. 178/2001 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci.

Nařízení vlády č. 290/1955 Sb., kterým se stanoví seznam nemocí z povolání.

Nařízení vlády č. 114/1999 Sb., Co se považuje za jedy, nakažlivé choroby a škůdce.

Vyhláška MZ č. 474/2000 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a o substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd.

Vyhláška č. 305/2004 Sb., druhy a přípustné množství kontaminujících látek v potravinách.

Vyhláška č. 252/Sb., hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost kontrol.

Vyhláška č. 356/2002 Sb., kterou se stanoví seznam znečišťujících látek, obecné emisní limity, způsob předávání zpráv a informací, zjišťování množství vypouštěných znečišťujících látek, tmavosti kouře, přípustné míry obtěžování zápachem a intenzity pachů, podmínky autorizace osob, požadavky na vedení provozní evidence zdrojů znečišťování ovzduší a podmínky jejich uplatňování.

Vyhláška č. 376/2001 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů.

Vyhláška č. 382/2001 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě.

Vyhláška č. 451/2000 Sb., kterou se provádí zákon o krmivech.

Vyhláška č. 474/200 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva.

Vyhláška č. 381/2001 Sb., kterou se stanoví katalog odpadů, seznam nebezpečných odpadů a seznam odpadů a států pro účely vývozu, dovozu, tranzitu odpadů a postup Při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů (katalog odpadů).

Vyhláška č. 26/2001 Sb., o kosmetických prostředích.

Vyhláška č. 221/2004 Sb., seznamy chemických látek, jejichž uvádění na trh je omezeno.

Vyhláška č. 84/2001 Sb., Ministerstva zdravotnictví o hygienických požadavcích na hračky a výrobky pro děti ve věku do 3 let.

Vyhláška č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky

8.1.1 České technické normy:

ČSN ISO 17381 (75 7304) Jakost vod-Výběr a použití metod s přímo použitelnými komerčními kity pro analýzu vod. ČNI Praha 2008-12-31.

ČSN EN ISO 5667-1 Jakost vod-Odběr vzorků-Část 1:Návod pro návrh programu odběru vzorků a pro způsoby odběru vzorků.

ČSN ISO 5667-10 (75 7051) Jakost vod-Odběr vzorků-Část 10: Pokyny pro odběr vzorků odpadních vod.

ČSN EN ISO 5667-14 (75 7051) Jakost vod-Odběr vzorků-Část 14: Pokyny pro zabezpečování jakosti odběru vzorků vod a manipulace s nimi. ČNI Praha 2001.

8.1.2 Internetové zdroje:

Gola P., 2007: Důchody v ČR:Užijte si penze?(on-line). Publikováno: 20. 12. 2006 (cit. 05. 05. 2007). Dostupné z: <http://www.inchem.org./documents/ehc/ehc018.htm>.

Holoubek I., 2004: Těžké kovy, kadmium, olovo, arzen, (on-line), cit. 2007-01-04). Dostupné: holoubek @ recetox.muni.cz; <http://recetox.muni.cz>

IRZ - Integrovaný registr znečišťování - Metody měření. (on-line). Dostupné z: <http://www.Irz.cz/obsah/metody-mereni>

Zdravcentra.cz-Kadmium, (on-line). Publikováno 11. 08. 2005. Dostupné z: http://www.zdravcentra.cz/cps/rde/xchg/zc/xsl/3141_3213.html

9 Seznam příloh

Příloha č. 1. Koncentrace toxických kovů v ovzduší, 1995-2003 (Zpravodaj Ústředí Monitoringu a Centra hygieny životního prostředí, Ročník XI, 2004 č.2/18)

Aritmetický průměr ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

KOVY (město, rok nálezu)	Rozpětí 1995-2003 minimum	Rozpětí 1995-2003 maximum	Imisní limit
Arsen	0,00014(HO, 2000)	0,1016(ÚL, 1996)	0,006
Kadmium	0,0001 * * * (HO, 2002)	0,0308, LB, 1996	0,005
Olovo	0,0008(BN,1995)	0,2998(PB,1996)	0,5
Nikl	0,0001 * * * (CB, 1995, HO 1997, 1998)	0,0788(PM,1997)	0,02
Mangan *	0,0022(HB,2002)	0,4361(UL, 2002)	0,15 * *
Chrom	0,0001 * * * (HO,1996-98,01,02)	0,0256	

Poznámky:

* rozpětí 2000-2003

** doporučená hodnota WHO (34)

*** hodnota poloviny intervalu mezi detekce a nulou

Příloha č. 2. Obsah kovů a metaloidů v biologickém materiálu člověka, 1996-2003

(Zpravodaj Ústředí Monitoringu a Centra hygieny životního prostředí, Ročník XI, 2004

č.2/18)

Prvek	Dospělí	Dospělí	Děti	Děti
	Krev	Moč	Krev	Moč
Cd	0,4-0,8	0,28-0,41	PMD	0,10-0,24
Cu	800-920	5,8-28,4	975-1068	10,1-42,0
Hg	0,58-1,32	0,53-0,78	0,38-0,57	0,25-0,43
Pb	29,0-44,4	2,43-4,59	31,0-36,0	1,51-3,73
Se	70,3-116,0	3,72-15,30	66,0-72,0	7,5-18,9
Zn	5365-6870	287-887	5033-5250	322-547

Příloha č. 3. Odhad celkové roční emise ze všech přirozených zdrojů (1.10⁶ kg). (Nriagu,

1979, Landis, 1989)

Zdroj	Cd	Hg	Pb
Prach unášený větrem	0,1	17,8	16
Lesní požáry	0,01	0,01	0,5
Vulkanická činnost	0,52	0,02	6,4
Mořský aerosol	0,01	7,6	0,02
Vegetace	0,2	0,04	1,6
Celkem	0,83	25,47	24,5

Příloha č. 4. Odhad celkové roční emise ze všech antropogenních zdrojů (1.10⁶ kg). Barth, 1977, Pacyna, 1979)

Zdroj	Cd	Hg	Pb
Těžba rud	0,02	6,25	8,2
Spalování odpadu	1,4	0,1	8,9
Spalování uhlí	0,06	0,62	14
Výroba železa - oceli	0,07	-	50
Agrochemikálie	0,21	-	0,1
Spalování dřeva	0,2	-	4,5
Spalování ropy - plynu	0,03	0,03	177*
Průmyslové využití	0,05	5,5	7,4
Barevná metalurgie	4,71	-	85,8
Celkem	6,27	12,55	354
Světová produkce 1985	20	14	5000
ČSFR emise	0,02	0,05	1,73
Evropa emise	2,7	0,34	123

* po snížení spotřeby olovnatého benzínu na 35 %

Příloha č. 5. Globální emise vybraných kovů do ovzduší, vody a půdy v roce 1980 (v tis. t. za rok). (Zpracováno podle Josefa Pacáka, Vesmír 73 216 1994/4)

KOV	Ovzduší	Voda	Půda
Arsen	18	41	82
Antimon	3	18	26
Kadmium	7	9	22
Rtuť	3	4	8
Chrom	30	142	896
Olovo	332	138	796

Příloha č. 6. Stanovení imisních limitů podle Nařízení vlády č. 429/2005 Sb.

Všechny uvedené limitní hodnoty se vztahují na standardní podmínky-objem přepočtený na teplotu 293,15 K a normální tlak 101,325 kPa. U všech uvedených limitních hodnot se jedná o aritmetické průměry. Rokem je pro účely této přílohy myšlen kalendářní rok.

Cílový imisní limit pro kadmium vyhlášené pro ochranu zdraví.

Znečišťující látka	Doba průměrování	Hodnota cílového imisního limitu	Datum splnění limitu
Kadmium	1 rok	5 ng.m ⁻³	31. 12. 2012

Horní a dolní mez pro posuzování (v % limitní hodnotě).

	Horní mez pro posuzování	Dolní mez pro posuzování
Kadmium	60% (3 ng.m ⁻³)	40 % (2 ng.m ⁻³)

Imisní limit platný pro území ČR (μg.m⁻³)

Znečišťující látka	Vyjádřená jako	Imisní limit (μg.m ⁻³)
Kadmium v prašném aerosolu	Cd	0,01

Imisní limit a meze tolerance pro kadmium

Účel vyhlášení	Parametr/doba průměrování	Hodnota imisního limitu	Mez tolerance	Datum, do něhož musí být limit splněn
Ochrana zdraví lidí	Aritmetický průměr/kalendářní rok	5 ng.m ⁻³	3 ng.m ⁻³ (60%)	01. 01. 2005

Příloha č. 7. Limity pro kadmium v hračkách a výrobcích pro děti do 3 let, které jsou stanoveny vyhláškou č. 84/2001 Sb.

Popis limitu	Hodnota limitu
Migrace z povrchových nemetalických úprav do vodního roztoku kyseliny chlorovodíkové o koncentraci 0,07 mol/l, po dobu 2 hodin, při teplotě 37 (+/-2) °C.	Max. 75 mg/kg
Obsah rizikového prvku v plastu použitého pro výrobky pro děti, v extraktech modelující kyselý alkalický pot, nesmí překročit následující limity, které se vztahují na hmotnost výrobku.	max. 0,1 mg/kg
Migrace z plastu do vodního roztoku kyseliny chlorovodíkové o koncentraci 0,07 mol/l, po dobu 2 hodin, při teplotě 37 (+/-2) °C.	max. 75 mg/kg
Obsah rizikových prvků v elastomerech, v extraktech modelující kyselý a alkalický pot.	max. 0,1 mg/kg
Migrace z elastomeru do vodního roztoku kyseliny chlorovodíkové o koncentraci 0,07 mol/l, po dobu 2 hodin, při teplotě 37 (+/-2) °C.	max. 75 mg/kg
Obsah rizikových prvků v extraktech z textilií modelující kyselý a alkalický pot.	max. 0,1 mg/kg

Příloha č. 8. Limitní hodnoty rizikových prvků v hnojivech, statkových hnojivech apod., které jsou stanoveny vyhláškou č. 474/2000 Sb.

Typ hnojiva	Cd	Pb	Hg	As	Cr	Cu	Mo	Ni	Zn
Minerální s fosforečnou vložkou nad 5 hm. %	50	15	1	10	150				
Minerální s fosforečnou vložkou pod 5 hm. %	1	10	1	10	50				
Minerálo-vápenatý a hořečnatovápenný	1,5	30	0,5	10	50				
Organický, statkový a substráty	2*	100	1	10	100	100	5	50	300

Příloha č. 9. Limity pro kadmium v potravinách, které jsou stanoveny vyhláškou č. 305/2004 Sb.

Potravina	NPM mg.kg ⁻¹
Mléko	0,01
Vejce	0,02
Luštěniny	0,2
Chléb, pečivo	0,1
Dětská a kojenecká výživa	0,1
Nealkoholické nápoje	0,05
Pivo	0,05
Víno	0,05