

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE
FAKULTA BIOTECHNOLÓGIE A POTRAVINÁRSTVA**

1132898

**ZHODNOTENIE OBSAHU VYBRANÝCH CHEMICKÝCH
PRVKOV V POTRAVINÁCH V ROKOCH 2008- 2011**

2011

Vladimír Gurčík

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE
FAKULTA BIOTECHNOLÓGIE A POTRAVINÁRSTVA**

**ZHODNOTENIE OBSAHU VYBRANÝCH CHEMICKÝCH
PRVKOV V POTRAVINÁCH V ROKOCH 2008- 2011**

Bakalárska práca

Študijný program:	Agropotravinárstvo
Študijný odbor:	4170700 Spracovanie poľnohospodárskych produktov
Školiace pracovisko:	Katedra hygieny a bezpečnosti potravín
Školiteľ:	doc. Ing. Jozef Golian, Dr.

Nitra, 2011

Vladimír Gurčík

Čestné vyhlásenie

Podpísaný Vladimír Gurčík vyhlasujem, že som záverečnú prácu na tému „Zhodnotenie obsahu vybraných chemických prvkov v potravinách analyzovaných v rokoch 2008- 2011“ vypracoval samostatne s použitím uvedenej literatúry.

Som si vedomý zákonných dôsledkov v prípade, ak uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre 20. Mája 2011

Vladimír Gurčík

Pod'akovanie

Dovoľujem si touto cestou poďakovať školiteľovi doc. Ing. Jozefovi Golianovi, Dr., za cenné rady a odborné vedenie pri spracovávaní bakalárskej práce.

Abstrakt

V súčasnosti sú potraviny získavané a vyrábané takým spôsobom, aby človeku prinášali úžitok a mnoho zdravých látok, ktoré sa v nich prirodzene nachádzajú. Pred alebo v priebehu výroby a pri spracovaní sa do potraviny môžu dostať rôzne anorganické a organické látky, ktoré znehodnotia výsledný polotovár alebo hotový výrobok. Kontrolovať vstup týchto cudzorodých látok do potravín je zložitý proces. Hlavnou úlohou kontroly je zisťovať rizikovosť potravín. Priemerný spotrebiteľ nedokáže spozorovať v potravinách prítomnosť akéhokoľvek množstva cudzorodých látok, hlavne ak sa jedná o ťažké kovy, ktoré nemajú žiadne špecifické senzorické vlastnosti. Preto musia byť potraviny neustále kontrolované orgánmi, ktoré sa zameriavajú na ochranu zdravia spotrebiteľa. Medzi najviac sa vyskytujúce ťažké kovy v potravinách patria kadmium, arzén, olovo, ortuť a zinok. Požitie potravín, ktoré obsahujú vyššie množstvo ťažkých kovov má za následok zvýšenie rizika vzniku karcinogénnych ochorení. Preto je potrebné kontrolovať tieto potraviny v zmysle ochránenia spotrebiteľa. Vyhodnotili sme 1268 vzoriek potravín, ktoré boli analyzované v rokoch 2008, 2009, 2010, 2011. Odoberané a zanalyzované vzorky sme roztriedili a hodnotili z dvoch aspektov – časového a geografického, teda podľa roku a kraja, v ktorom boli vyrobené.

Kľúčové slová: potraviny, ťažké kovy, kontrola potravín, analýza,

Abstract

At present, the food is produced in such a way as to bring benefit to human beings and many healthful substances naturally found in them. Before or during processing, various inorganic and organic substances can get into food, which can impair the final or semi-finished product. Controlling the entry of contaminants into food is a complex process. The main task of control is to establish the risk level of analyzed food. The average consumer can not identify the presence of any quantity or amount of food contaminants, especially when it comes to heavy metals, which have no specific sensory properties. Therefore food must be constantly controlled by institutions, which are responsible for protecting consumer health. Among the most occurring heavy metals in foods we include cadmium, arsenic, lead, mercury and zinc. Ingestion of foods that contain higher amounts of heavy metals can result in an increased risk of carcinogenic diseases. It is therefore necessary to conduct control of the food in terms of protecting the consumer. We evaluated 1268 food samples that were analyzed in 2008, 2009, 2010, the 2011th. Collected and analyzed samples were classified and evaluated based on two aspects – temporal and geographic, i.e. by year and region, where they were produced.

Key words: food, heavy metals, food inspection, analysis,

Obsah

Obsah	6
Zoznam skratiek a značiek.....	8
Úvod	9
1 Súčasný stav riešenej problematiky doma a v zahraničí.....	11
1.1 Vstup ťažkých kovov do potravinového reťazca	11
1.1.1 Formy výskytu kovov	13
1.1.2 Charakteristika toxických kovov	13
1.1.3 Toxicita a esencialita kovov.....	14
1.1.4 Zdroje kovov	15
1.1.5 Prípustné množstvá ťažkých kovov v potravinách	15
1.1.6 Kontaminácie ostatných zložiek životného prostredia	17
1.2 Olovo	17
1.2.1 Zdroje olova	18
1.2.2 Olovo v pôde, vode a ovzduší.....	18
1.2.3 Olovo v potravinách.....	19
1.2.4 Príjem olova do organizmu a jeho toxicita	19
1.3 Ortuť	19
1.3.1 Zdroje ortute.....	20
1.3.2 Ortuť v pôde, vode a ovzduší.....	20
1.3.3 Ortuť v potravinách.....	21
1.3.4 Príjem ortute do organizmu a jeho toxicita.....	21
1.4 Arzén	21
1.4.1 Zdroje arzénu	22
1.4.2 Arzén v pôde, vode a ovzduší	22
1.4.3 Arzén v potravinách	23
1.4.4 Príjem arzénu do organizmu a jeho toxicita	23
1.5 Kadmium	24
1.5.1 Zdroje kadmia	24
1.5.2 Kadmium v pôde, vode a ovzduší.....	25
1.5.3 Kadmium v potravinách.....	25
1.5.4 Príjem kadmia do organizmu a jeho toxicita	26
2 Cieľ práce.....	28

3	Materiál a metodika	29
4	Výsledky práce	30
4.1	Hodnotenie priemerného obsahu prvkov podľa krajov a rokov	30
4.2	Priemerná hodnota ťažkých kovov v SR v období 2008- 2011	38
5	Diskusia	43
	Záver	44
	Použitá literatúra	45

Zoznam skratiek a značiek

pH	koncentrácie vodíkových iónov
%	percento
t	tona
$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	jednotka hustoty
$^{\circ}\text{C}$	stupeň Celzia
mg	miligram, jednotka hmotnosti
kg	kilogram, jednotka hmotnosti
\bar{x}	aritmetický priemer
n	počet vzoriek
σ	smerodajná odchýlka

Úvod

Cudzorodé látky tvoria významnú skupinu látok, ktoré sa vyskytujú v potravinách. Medzi tieto látky patria všetky anorganické a organické zlúčeniny, ktoré sa nenachádzali na začiatku výroby v potravinovej surovine, hotovom výrobku alebo v polotovare a tie, ktoré sa do nich dostávajú priamym alebo nepriamym vplyvom, resp. vedome alebo nevedome. Môžu tiež vznikáť pri úprave potravín. Ochrana potravín pred kontamináciou cudzorodými látkami nie je jednoduchým procesom. Medzi najdôležitejšie a najbežnejšie mechanizmy monitorovania a kontroly vstupu cudzorodých látok do potravín patrí systém kontroly kvality. Táto kontrola sa zameriava hlavne na parametre ako sú rizikovosť produktu a špecifické geografické a environmentálne danosti, vrátane zisťovania príčin vstupu cudzorodých látok do potravinového reťazca. Prostredníctvom výstupu systému kontroly kvality by sa malo zabezpečiť zníženie úrovne kontaminácie potravín cudzorodými látkami. Za najvýznamnejšie kontaminanty, ktoré sa dostávajú do potravinového reťazca sú považované ťažké kovy. Ťažké kovy sú definované svojou špecifickou hmotnosťou, pričom za ťažký kov sa považuje ten, ktorého špecifická hmotnosť je vyššia ako 5 g/cm^3 . Pokrok v rozvoji odvetví primárneho a sekundárneho sektora výrazne vplýva na vstup ťažkých kovov do potravinového reťazca. Ťažké kovy sa do ľudského organizmu dostávajú vodou, vzduchom, potravou. Z týchto spôsobov infiltrácie kovov je najviac dôležitý pre živý organizmus spôsob vniknutia jedlom či krmivom, preto je sledovanie obsahu týchto kovov práve v potravinových produktoch veľmi dôležité. Niektoré kovy sú nevyhnutné pre život, alebo ich vplyv na organizmus je neznámy, iné spôsobujú vážne ochorenia a ďalšie majú toxické či priaznivé účinky. Veľká skupina týchto kovov je pre organizmus toxická. Špecifikom ťažkých kovov je ich kumulačná vlastnosť, teda vlastnosť ukladania sa v organizme. Ich nebezpečenstvo má prvenstvo v tom, že vplyvom kontaminácie vyvolávajú zmeny v informačnom genóme bunky. Následkom tejto zmeny je nekontrolovateľný nárast nádorových ochorení. Najväčšia nevýhoda pri príjme potravy s obsahom ťažkých kovov je v tom, že živý organizmus nie je schopný rozpoznať pomocou zmyslov ich zvýšené koncentrácie. V našej práci budeme analyzovať priemerný obsah ťažkých kovov v potravinových produktoch v období rokov 2008 až 2011, pričom berieme do úvahy geografické rozloženie spomenutého ukazovateľa, teda budeme porovnávať obsah ťažkých kovov v potravinách vyrobených v jednotlivých krajoch. Výstupy tejto analýzy by mali korešpondovať najmä

z environmentálnymi špecifikami vybraných analyzovaných a komparovaných oblastí. Pozornosť adresujeme aj priebehu úrovne ťažkých kovov obsiahnutých v potravinách z celoštátneho hľadiska, zohľadňujúc časový aspekt, za účelom zistenia medziročných zmien obsahu ťažkých kovov v potravinách vyrobených na Slovensku v období rokov 2008 až 2011. Účelom tejto analýzy je zistiť či v sledovanom období bol dominantný pozitívny alebo negatívny vývoj v definovanom ukazovateli, prípadne determinovať príčiny takto zisteného vývoja.

1 Súčasný stav riešenej problematiky doma a v zahraničí

1.1 Vstup ťažkých kovov do potravinového reťazca

V potravinách sa nachádzajú kontaminanty a prídavné látky, ktoré nie sú typické a charakteristické prvky pre danú potravinu a ani ich prirodzenou zložkou (**Potravinový kódex SR, 2003**).

Rozvoj priemyslu a poľnohospodárstva má za následok reorganizáciu prvkov v potravinovom reťazci. Niektoré kovy sú nevyhnutné pre život, iné majú neznáme biologické funkcie, ďalšie priaznivé či toxické účinky a niektoré z nich spôsobujú vážne ochorenia. A práve tieto sa kumulujú v tele človeka cez potravinový reťazec, vodu a ovzdušie (**Rous et al., 2000**).

Ťažké kovy patria medzi nedegradovateľné kontaminanty, ktoré sa vyznačujú rozdielnym zdrojom pôvodu, vlastnosťami ako aj pôsobením na živé organizmy (**Tóth et al., 2005**).

Ťažké kovy sa do potravín dostávajú rôznymi cestami, podobne ako ďalšie kontaminanty. Sú zväčša považované za chemické kontaminanty potravín, pričom prítomnosť niektorých z nich v potravinách môže byť výsledkom bioakumulácie geneticky vlastnej určitým rastlinným alebo živočíšnym organizmom (**Kováč, Suhaj, 1996**).

V pôdach sa nachádzajú v rôznych koncentráciách, oxidačných stupňoch i väzbách. Ich riziká spočívajú v ich ekotoxicite i kumulácii v biotických a abiotických zložkách prostredia. Toxické sú aj biologicky nezastupiteľné mikroelementy, ak prekročia určitú koncentráciu (**Vollmannová et al., 2003**).

Zo všetkých prvkov, ktoré sa dostávajú do potravinového reťazca a spôsobujú kontamináciu potravín, sa za najdôležitejšie považujú arzén, kadmium, ortuť a olovo. Kde sú pôdy obohatené týmito prvkami, je to zvyčajne spôsobené priemyselnou, poľnohospodárskou a komunálnou činnosťou ľudí. Tendencia pre rastliny akumulovať tieto xenobiotiká závisí do značnej miery od klimatických faktorov a genotypu rastlín. Biologická dostupnosť kontaminantov vo všeobecnosti závisí tiež od ich fyzikálno-chemických vlastností a zloženia stravy. Je to silné prepojenie medzi výživou mikroprvkov rastlín, živočíchov a ľudí a absorpciou a pôsobením kontaminantov v týchto organizmoch (**Mc Laughlin et al., 1999**).

Výskyt toxických prvkov v potravinách súvisí okrem iného so znečisťovaním životného prostredia. Ku vstupu týchto prvkov do potravinového reťazca prispieva celý rad zdrojov antropogénneho charakteru aj prirodzeného pôvodu. Hlavnými antropogénnymi zdrojmi kontaminácie ťažkými kovmi je spaľovanie fosílnych palív, doprava, priemyselná výroba kovov, nadmerné používanie minerálnych hnojív a iných agrochemikálií, aplikácia čistiarenských kalov do pôdy. Medzi prírodné zdroje toxických prvkov v životnom prostredí patrí aj zvetrávanie hornín, lesné požiare a vulkanická činnosť. Obsah toxických prvkov v potravinách patrí medzi hlavné ukazovatele zdravotnej bezpečnosti. Pre olovo, kadmium, ortuť a arzén sú stanovené najvyššie prípustné množstvá v potravinách všeobecne i v konkrétnych skupinách potravín (Velíšek, 2002).

Tabuľka 1 Obsahy vybraných ťažkých kovov vo vybraných potravinách v mg.kg⁻¹

Potravina	Olovo	Kadmium	Ortuť	Arzén
Mäso bravčové	0,005-0,05	0,001-0,01	0,002-0,006	0,003-0,03
Mäso hovädzie	0,004-0,07	<0,001-0,01	0,001-0,003	0,001-0,07
Mäso kuracie	0,008-0,04	0,001-0,005	0,001-0,002	0,001-0,03
Fazuľa	0,02-0,10	0,003-0,02	0,004-0,02	<0,01
Mlieko plnotučné	0,001-0,002	<0,0001- 0,001	<0,001	<0,001-0,003
Vajcia	0,001-0,01	0,001-0,01	0,005-0,008	<0,002-0,01
Pšenica	0,02-0,65	0,02-0,35	0,0001-0,006	0,005-0,29
Raž	0,01-0,17	0,004-0,04	0,002-0,007	0,03-0,10
Kapusta	0,002-0,04	0,01-0,017	0,0003-0,001	<0,01
Cibuľa	<0,001-0,05	0,004-0,05	<0,001	0,01
Zemiaky	0,006-0,04	0,002-0,06	0,0001-0,017	<0,001-0,04
Jablká	0,01-0,05	0,001-0,002	0,0003-0,002	0,001-0,22

Zdroj: (Velíšek, 2002).

1.1.1 Formy výskytu kovov

Kovy sa môžu vyskytovať v prostredí ako:

- sorbované na tuhé povrchy
- chelety s organickými ligandami
- voľné kovy
- jednoduché komplexy s anorganickými ligandami (vo vodnom prostredí)

Vo vodnom prostredí je forma výskytu kovu ovplyvnená najmä fyzikálne-chemickými vlastnosťami ako je pH, redoxný potenciál, teplota a iónová sila, ďalej koncentráciou a povahou anorganických ligandov, organických činidiel a suspendovaných sedimentov s povrchovými miestami vhodnými pre väzbu kovu. V terestrickom prostredí je osud, pohyblivosť kovov ovplyvňovaná typom pôdy, pH, kationovou výmenou, kapacitou pevnej fázy a oxidačno-redukčnými procesmi **(Svobodová et al., 1996)**.

1.1.2 Charakteristika toxických kovov

V organizme zvierat a nakoniec aj človeka dochádza k hromadeniu mnohých látok, ktoré telo nepotrebuje k svojej fyziologickej činnosti. Naopak, tieto prvky môžu spôsobiť pri nahromadení v organizme rôzne patologické zmeny a ťažké zdravotné poruchy. Niektoré z týchto látok majú schopnosť akumulácie v organizme, a preto s pribúdaním veku ich obsah narastá. Potom pôsobia toxicky. Tieto prvky označujeme ako toxické prvky. Patria sem napríklad arzén, kadmium, olovo atď. **(Toman et al., 2003)**.

Z hľadiska bezpečnosti zdravia ľudí sa za dôležité berie ochrana potravinového reťazca pred nežiaducimi vplyvmi ktoré spôsobujú napríklad kontamináciu toxickými kovmi. Táto kontaminácia je z 20 % vykonávaná vlastnou činnosťou v oblasti poľnohospodárstva a ostatných 80 % sa dostáva do potravín z cudzích zdrojov, najviac priemyselným dôsledkom. Kvôli tejto situácii je potrebné zvýšiť záujem o kontrolu potravín z hľadiska jej zdravotnej bezpečnosti a obsahu toxických, alebo rizikových kovov. Do prvej skupiny patria chemické prvky ako kadmium, olovo, ortuť, arzén, cín, hliník a ďalšie a zo skupiny rizikových chemických prvkov je to najviac železo, zinok, selén, meď, ktoré patria medzi esenciálne, ale v dôsledku zväčšeného

nadlimitného množstva spôsobujú v potravine oxidačné zmeny alebo môžu poškodiť zdravie konzumenta **(Kovačik et al., 2000)**.

1.1.3 Toxicita a esencialita kovov

Nadmerný príjem rizikových kovov potravou môže spôsobiť rôzne problémy a ochorenia, od menej závažných ako sú alergické reakcie, cez závažné, ako poškodenia respiračného, kardiovaskulárneho a nervového systému, až po smrteľne, ako sú srdcovo- cievne a a nádorové ochorenia **(Musilová et al., 2006)**.

Z toho dôvodu je nevyhnutné pri výrobe hygienicky bezpečných potravín neustále monitorovať obsah týchto ťažkých kovov už v poľnohospodársky využívannej pôde. V prípade potreby je nevyhnutné vykonať opatrenia na minimalizáciu vstupu rizikových prvkov do potravinového reťazca **(Bystrická et al., 2006)**

Toxicita a metabolizmus kovov môže byť ovplyvnená veľkým počtom faktorov, medzi ktoré môžeme zaradiť tieto: vek, pohlavie, interakcia kovov a potraviny atď. **(Miranda et al. 2000)**.

Kovy sú prírodného charakteru a veľa z nich je nevyhnutných pre živý organizmus. Ich odstránenie môže spôsobiť vážne poškodenie až smrť. Kovy sú esenciálne len vo veľmi malých koncentráciách, vo vysokých koncentráciách sú toxické. Do tiel organizmov sa môžu ťažké kovy dostávať tromi spôsobmi a to: povrchom tela, potravou alebo inhalačnou cestou. Už vo veľmi nízkych dávkach sú toxické kovy schopné reagovať s väčšinou bunkových systémov a chemicky ich upravovať.

1.1.3.1 Účinky olova v živom organizme

Olovo sa dostáva do organizmu všetkými tromi hore uvedenými spôsobmi. 5 až 10 % sa dostáva do krvi, ktorou sú následne odvádzané so orgánov. Otrava olovom spôsobuje narušenie centrálného nervového systému, poruchu funkcie obličiek a rôzne akútne zápaly slizníc žalúdka, ústnej dutiny a čriev. Olovo následne narúša syntézu hému a vedie k poklesu koncentrácie hemoglobínu. Jeho vlastnosti sú podobné vlastnostiam vápnika. Olovo blokuje vstup vápenatých kationov do nervových zakončení. Je to ťažký nervový jed a vo väčšom množstve jeho toxicita v mnoho prípadoch spôsobuje až smrť **(Jack, 1989)**.

1.1.3.2 Účinky ortuti v živom organizme

Ortuť tak isto ako olovo sa dostáva do organizmu všetkými tromi spôsobmi. Zdrojom tohto kovu je spaľovanie uhlia, výroba cementu, ocele, fosfátov a kovov zo sulfidových rúd. Prostredia, kde sa pracuje s amalgámom, alkylortuťou alebo farbami sú nebezpečné. Pre človeka je najviac nebezpečné alkylortuťové zlúčeniny, ktoré majú krátke reťazce a rôzne ortuťové pary. Ich akumulácia prebieha v mozgu. Vylučovanie ortuti prebieha pomocou sliznice ústnej dutiny, črevom a najčastejšie obličkami **(Bencko et al., 1995)**.

1.1.3.3 Účinky kadmia v živom organizme

Kadmium patrí do prvkov, ktoré trvale znečisťujú životné prostredie. Je to vysoko toxický prvok a dostáva sa do organizmu inhaláciou alebo potravou. Hlavným zdrojom tohto kovu sú výfukové plyny, priemyselne zdroje, spaľovanie platov, uhlia taktiež aj cigaretový dym. V prostredí kde je zvýšené množstvo kadmia dochádza u ľudí k vážnemu poškodeniu pľúc a ku chronickej bronchitíde **(Jack, 1989)**.

1.1.4 Zdroje kovov

Ťažké kovy sa môžu do prostredia uvoľňovať z prírodných zdrojov pri zvetrávaní a erózii niektorých hornín a minerálov. Najviac kovov sa však dostáva do prostredia ľudskou činnosťou. Medzi hlavné antropogénne zdroje patrí výroba kovov a ich tepelné spracovanie, spaľovanie fosílnych palív, energetická, metalurgická, strojárnská a chemická výroba, výplachy z mestských aglomerácií a potravinárske výplachy, výtok zo skladov, odpady, používanie pesticídov, hnojenie, doprava. Alkylolovnaté zlúčeniny (tetraethylolovo) sa používa ako antidekonačné prísady do benzínu, čím sa zvyšovala koncentrácia olova v ovzduší **(Čížek et al., 1993)** Kovy sú prítomné vo všetkých zložkách životného prostredia. Na rozdiel od organických látok nepodliehajú chemickej degradácii a hromadia sa v povrchových vrstvách pôdy. Tým sa zvyšuje ich obsah v rastlinách a živočíšnych produktoch a tak sa môžu dostávať toxické kovy do ľudského organizmu **(Bencko et al., 1995)**.

1.1.5 Prípustné množstvá ťažkých kovov v potravinách

Ťažké kovy ako kontaminanty sa môžu v potravinách vyskytovať len v nevyhnutne najmenšom množstve podľa zásad správnej výrobnnej praxe, najviac však v

najvyššom prípustnom množstve, ktoré predstavuje celkové množstvo ťažkých kovov v jednej časti potraviny. Najvyššie prípustné množstvo ťažkých kovov v potravinách predstavuje ich tolerovateľnú hornú hranicu výskytu v potravinách v číselnom vyjadrení, čím zabezpečuje minimalizáciu odhadovaného zdravotného rizika pre ľudí, najmä z hľadiska toxikologického, za predpokladu dodržiavania primeraných stravovacích zvyklostí. Správna výrobná prax má zabezpečovať znižovanie množstva ťažkých kovov v potravinách na také množstvo, ktoré umožňuje minimalizovať aj odhadované zdravotné riziká (**Výnos MP SR a MZ SR, 2004**).

Tabuľka 2 zobrazuje najvyššie prípustné množstvá olova, kadmia, ortuti a arzenu v niektorých potravinách

Prvok	Najvyššie prípustné množstvo v mg.kg ⁻¹	Potravina
Olovo	0,05	Nealkoholické nápoje, pivo
	0,3	Mliečne výrobky
	0,5	Mäkké syry
	3	Hrozienka
Kadmium	0,01	Mlieko, pivo
	0,02	Vajcia, cukor
	0,06	Tvrde syry
	0,5	Kakaový prášok, čokoláda
	0,8	Mak
Ortuť	0,02	Mliečne výrobky, zemiaky
	0,03	Vajcia, ovocie
	0,05	Mäso a mäsové výrobky
	0,05	Zelenina
Arzén	0,1	Mäso a mäsové výrobky
		múka, vajcia
	0,2	Obilie, nápoje
	0,5	Tvrde syry, ovocie
		a zelenina, čokoláda
		a výrobky z nej
	1	Cukor, cukrovinky,
	Kakaový prášok	

Zdroj: (**Vestník MPSR a MZSR, 2004**)

1.1.6 Kontaminácie ostatných zložiek životného prostredia

Výskyt ťažkých kovov v ostatných zložkách životného prostredia je pripisovaný najmä spaľovanie fosílnych palív, odpadov a biomasy. Svojimi príspevkami sa tiež podieľa používanie benzínu s obsahom tetraetylolov, či priemyselné odvetvia metalurgie a sklárstvo. Pre Slovenskú Republiku sú stanovené ročné odhady antropogénnych emisií kadmia na 11 - 29 t, olova na 400 - 500 t a odhady pre ortuť predstavujú 6 - 11 t. Tieto hodnoty spolu s rôznymi nežiaducimi účinkami týchto prvkov na ľudské zdravie dokazujú potrebu potrebného zníženia emisií uvedených látok do životného prostredia (**Ritz et al., 2003**).

1.2 Olovo

Olovo je prvok IV.A skupiny periodického systému s relatívnou atómovou hmotnosťou 207,19, atómovým číslom 82, špecifickou hmotnosťou $11,34 \text{ g.cm}^{-3}$, bodom topenia $327,5 \text{ }^\circ\text{C}$ a bodom varu $1740 \text{ }^\circ\text{C}$. V kryštalickej forme je to modro strieborno biely, mäkký kov. Vo väčšine anorganických zlúčenín sa vyskytuje v dvojmocnej forme. Tetrametylolovo a tetraetylolovo sú najvýznamnejšie z organických zlúčenín olova pre ich široké použitie (**Bencko et al., 1995**).

Olovo sa do potravinového reťazca dostáva z obalových materiálov, v malom množstve z náterových látok, prípadne spaľovaním fosílnych palív (**Hájková, 2002**).

Olovo sa považuje za typický toxický prvok. Súčasne je to prvok, ktorý nemá v organizme žiadnu fyziologickú funkciu (**Toman et al., 2003**).

Olovo taktiež patrí medzi toxické kovy, ale v poslednom období sa záujem o tento prvok zvýšil, hlavne z toho dôvodu, že intelligenčné štúdie dokázali, že ak sú deti vystavené účinkom olova, má to negatívny vplyv na intelligenčný kvocient – IQ (**Ysart et al. 1995**).

1.2.1 Zdroje olova

Olovo ako mikroprvok je v stopách prirodzenou zložkou všetkých biologických materiálov t.j. pôdy, vody, rastlín a živočíšnych organizmov. Kontaminácia pôdy olovom a ďalšími ťažkými kovmi vyvoláva potrebu stanovenia maximálnych prípustných obsahov týchto prvkov v pôde, aby sa zabránilo kontaminácii rastlín, zvierat a z nich rastlinných a živočíšnych produktov, významných druhov potravín pre človeka (**Jorherm et al., 1991**).

Hygienické normy obsahu cudzorodých látok povoľujú v potravinách 1,0 mg olova na kilogram čerstvej hmoty a 0,5 mg kadmia (**Slamečka et al., 2002**).

Najdôležitejšou olovenou rudou je ťažký čierny minerál galenit (PbS). Iné minerály sú anglesit (PbSO₄), cerussit (PbCO₃), pyromorfit (Pb₅(PO₄)₃Cl) a mimetesit (Pb₅(AsO₄)₃Cl). Je ešte ďalších 25 minerálov, ktoré nie sú však ekonomicky dôležité. Všetky minerály obsahujú olovo v nižšom oxidačnom stave, ako Pb^{II} (**Greenwood et al., 1993**).

V konzervovaných potravinách balených v plechovkách sa často nachádza vyššia koncentrácia olova. To je dané kontamináciou obsahu plechovky olovom obsiahnutým v zliatine cínu, ktorý je zatavený v plechovke. Pri potravinách, na ktoré sú kladené zvýšené hygienické nároky (detská výživa), sa preto odporúča balenie konzervovaných výrobkov do skla (**Velíšek, 2002**).

1.2.2 Olovo v pôde, vode a ovzduší

Jedným z rizikových prvkov signalizujúcich znečistenie prostredia je samozrejme aj olovo. Je to všeobecne rozšírený kontaminant v pôdnom prostredí. Pri jeho odstraňovaní z pôdneho prostredia zostáva rad nezodpovedaných otázok. Je to ťažký kov, ktorý patrí medzi toxické kovy, a prostredníctvom kontaminovaných rastlín sa môže dostať do potravinového reťazca. Z hľadiska príjmu olova má najväčší význam ovocie, listová zelenina, cereálie, obličky, mäkkýše a víno (**Kováčik et al., 2000**).

Podiel celkového príjmu pochádzajúci z potravín závisí od koncentrácie olova v ovzduší, vode a iných zdrojoch. Deti sú najviac vystavené účinkom olova z prachu a pôdy (**Rojas et al., 1999**).

1.2.3 Olovo v potravinách

U potravín rastlinného pôvodu obsah olova závisí predovšetkým od jeho množstva v pôde. Relatívne vysokou koncentráciou sa vyznačujú niektoré druhy zeleniny (špenát, hlávkový šalát, mrkva), jedlé huby a semená olejní (Velíšek, 2002).

Vyskytuje sa aj v niektorých morských živočíchoch. Z potravín živočíšneho pôvodu majú najvyšší obsah olova vnútornosti. U starších zvierat je obsah olova vo vnútornostiach vyšší, čo súvisí s výživou a vekom zvierat. V konzervovaných potravinách balených v plechovkách sa často nachádza vyšší obsah olova. Je to dané kontamináciou obsahu plechovky olovom obsiahnutým v zliatine cínu, ktorou je zatavený šev plechovky. U potravín, na ktoré sú kladené zvýšené hygienické nároky (detská výživa), sa preto odporúča baliť konzervované výrobky do skla. Prijateľná denná dávka olova je 500 µg pri telesnej hmotnosti 70 kg (Velíšek, 2002).

1.2.4 Príjem olova do organizmu a jeho toxicita

Absorpcia olova v tráviacom systéme závisí na veku a výžive. Vstrebávanie olova v čreve ovplyvňuje železo a vápnik, pri nedostatku týchto prvkov v potrave sa zvyšuje vstrebávanie olova (Ziegler et al., 1978).

Olovo je toxický kov, ktorý pôsobí toxicky aj pri nízkych expozíciách. Účinkom olova nastáva porucha nervového systému, hypertenzia a poškodenie obličiek (Soylak et al., 2005).

Otravy olovom sa najčastejšie vyskytujú pri prežúvavcoch, pričom sa olovo dostáva do organizmu výhradne po resorpcii z gastrointestinálneho aparátu (Piskač, Kačmar, 1985). Finkelstein et al. (2003) uvádzajú, že zdroje a riziká otravy olovom pre človeka sú pomerne často skúmané a zaznamenávané. Jeho nebezpečenstvo je zanesenie do prírody, pričom nie sú ušetrené ani divo žijúce zvieratá.

1.3 Ortuť

Ortuť a jej zlúčeniny patria medzi toxické látky kolujúce v životnom prostredí, čo predstavuje riziko pre živé organizmy. Toxicita záleží na forme, v ktorej sa prvok nachádza, teda od elementárneho iónu tvoriacom s biologickým ligandom elektrónovú párovú väzbu. Vlastnosti ortuti, jej špecifickosť, možnosti stanovenia špecializovanosti ortuti, používanie ortuti, pôsobenie na ekológiu a možnosti intoxikácie (Dubová, 2006).

Ťažké kovy, ktoré sa vyskytujú v potravinách negatívne pôsobia na ľudské zdravie, napr. zložky organickej ortuti pôsobia ako neurotoxíny (**Ministry of Agriculture Fisheries and Food 1998 a, b**).

Velíšek (2002) uvádza, že tolerovateľná denná dávka celkovej ortuti pre dospelého človeka je 50 µg a tolerovateľná denná dávka metylortuti je 33 µg pri telesnej hmotnosti 70 kg.

Koncentrácia ortuti vo väčšine potravín sa pohybuje v desaťtisícinách až stotinách mg. kg⁻¹. Vysoký obsah ortuti sa zistil v niektorých jedlých hubách, mäkkýšoch a kôrovcoch (**Velíšek, 2002**).

1.3.1 Zdroje ortuti

K vstupu ortuti do životného prostredia, a teda aj do potravinového reťazca, prispievajú hlavne vulkanická činnosť, spaľovanie uhlia, použitie ortuti v priemysle a poľnohospodárstve a manipulácia s odpadmi. Celkové množstvo ortuti vstupujúcej do atmosféry sa odhaduje na 150 000 ton ročne, približne ²/₃ pripadajú na prirodzené zdroje (**Hájková, 2002**).

Obilie, mliečne produkty, mäso zvierat a určité druhy zeleniny zvyčajne majú nižší a obmedzený rozsah. Ortuť sa do potravín dostáva z prírodných a ľudských zdrojov. Porovnateľne k nízkym koncentráciám ortuti v požívateľnej vegetácii húb akumulujú vyššie množstvo celkovej ortuti a metylortuti (**Cappon, 2003**).

1.3.2 Ortuť v pôde, vode a ovzduší

Mimoriadne toxické a nebezpečné sú organické zlúčeniny ortuti. Majú široké uplatnenie v priemysle, ale kumulujú sa v organizmoch. S odpadovými vodami sa dostávajú z tovární do riek a morí, kde vstupujú do potravinových reťazcov. V organizme rýb dochádza k zmene anorganických zlúčení na lipofilne organické zlúčeniny. Následkom je akumulácia týchto látok v tukových tkanivách. Takáto ryba je od istého veku škodlivá a nesmie sa konzumovať. Na to pamätajú niektoré rybárske príručky napr. v Kanade, ktoré uvádzajú u jednotlivých druhov rýb aj ich maximálny vek vhodný pre kuchynské spracovanie (**Prokeš, 2005**).

1.3.3 Ortuť v potravinách

Ryby a morské produkty sú prevládajúcim zdrojom ortuti v potravinách. Najvyšší obsah sa našiel v sladkovodných a morských rybách. Väčšina iných potravín má priemerné hodnoty pod $20 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, prevažne s ortuťou v anorganickej forme (**Cappon, Smith, 1995**). Koncentrácie ortuti v potravinárskych plodinách sú všeobecne nízke, najväčší príjem v strave pochádza z konzumácie plodov mora. Hodnoty ortuti vo väčšine poľných plodín sú dosť nízke na to, aby mali nejaký škodlivý účinok na zdravie ľudí (**McLaughlin et al., 1999**).

1.3.4 Príjem ortuti do organizmu a jeho toxicita

Tolerovateľná denná dávka celkovej ortuti u dospelého človeka je 50 mg a tolerovateľná denná dávka u metylortuti 33 mg pri telesnej hmotnosti 70 kg. Skutočnej prítomnosti dávky ortuti zistené v štúdiách západných krajín sa pohybujú od 0,7 mg (Holandsko 1989) do 14 mg (Belgicko 1983) (**Velíšek, 2002**).

Akútna intoxikácia pri požití ortuti sa prejavuje zvýšeným slinením, stratou chuti do jedla, bolesťami brucha, krvavými hnačkami, kovovou chuťou v ústach, zápalmi ústnej dutiny a vypadávaním zubov. Okolo zubných krčkov sa vytvára šedivý lem, ktorý je vytvorený vznikom HgS. Niekedy sa zväčšuje štítna žľaza. Môže dôjsť k úmrtiu na následok kolapsu obličiek. Pri inhalácii pár ortuti prístupujú ďalšie príznaky, ktorými sú zápal priedušiek, bolesti hrudníka, kašeľ a dýchacie problémy (**Rusek, 2001**).

1.4 Arzén

V zložkách potravín sú prevládajúce organické zlúčeniny arzénu, hlavne v morských živočíchoch a tieto zlúčeniny sa absorbujú v ľudskom čreve, ale nie sú metabolizované a sú rýchlo vylučované. Arzén môže, alebo nemusí byť esenciálnou živinou pre ľudí a ak je, potom sa neodhaduje jeho denná potreba. Interakcie arzénu s ďalšími výživovými faktormi sú prevažne neznáme, s výnimkou vzájomného antagonizmu so selénom (**McLaughlin et al., 1999**).

Tolerovateľná denná dávka arzénu pre dospelého človeka je 140 mg (pri telesnej hmotnosti 70 kg) (**Velíšek, 2002**).

Vysoké koncentrácie arzénu sú charakteristické pre morské ryby a najmä morské kôrovce a mäkkýše (napr. ustrice $3,7 \text{ mg.kg}^{-1}$, chobotnice $7,2 \text{ mg.kg}^{-1}$, krevety $3,2\text{-}26 \text{ mg.kg}^{-1}$, homár $1,5\text{-}122 \text{ mg.kg}^{-1}$). V týchto potravinách je prevažná časť arzénu obsiahnutá v takmer netoxických organických zlúčeninách, napríklad arsenobetainu a arsenocholinu. Vyššia koncentrácia arzénu v potravinách rastlinného pôvodu bola vypozerovaná v ovse (**Velíšek, 2002**).

1.4.1 Zdroje arzénu

Arzén je prirodzene sa vyskytujúci kov v zemskej kôre. Môže sa vyskytovať v anorganickej aj organickej forme. Vo väčšine zlúčenín pitnej vody sa nachádza arzén v anorganickej forme. V pitných vodách, v ktorých je pH v rozmedzí 6-9, sa nachádza arzén najmä vo forme arzeničnanu, obzvlášť vo vodách s vyšším obsahom kyslíka (**Senak et al., 1987**).

Hata et al. (2003) uvádza, že prítomnosť arzénu v morských produktoch bola dobre preštudovaná a najčastejšie sa v nich vyskytuje v organickej forme. Pretože zlúčeniny arzénu sa používali ako insekticídy, herbicídy a ako aditíva do krmív pre zvieratá, niektoré pôdy, vegetácia a hydina môžu byť kontaminované arzénom. Našťastie, arzén je najčastejšie vo forme organických zlúčenín, ktoré sa rýchlo vylučujú a preto sú relatívne netoxické pre ľudí. Arzén sa tiež našiel aj v hubách. Hlavnými zdrojmi kontaminácie pitnej vody arzénom sú prírodné zdroje.

1.4.2 Arzén v pôde, vode a ovzduší

Keďže značné množstvo zlúčenín arzénu sa používalo v poľnohospodárstve, dôsledkom je jeho rozloženie a prítomnosť v pôde. Obsah arzénu v potravinách s výnimkou morských živočíchov je všeobecne nižší než 1 mg.kg^{-1} . Morské ryby priemerne obsahujú menej ako 5 mg.kg^{-1} . Najviac arzénu v morských živočíchoch sa vyskytuje vo forme organických zlúčenín arzénu buď v tukoch alebo rozpustných vo vode. Obsah celkového arzénu v pitnej vode je odlišný v rôznych častiach sveta (**Rojas et al., 1999**).

1.4.3 Arzén v potravinách

Vysoký obsah arzénu je charakteristický pre morské ryby a zvlášť morské kôrovce a mäkkýše. V týchto potravinách je ale prevažná časť arzénu obsiahnutá takmer v netoxických organických zlúčeninách. Z potravín rastlinného pôvodu sa vyššie množstvo arzénu vyskytuje v ovse a ryži. Tiež niektoré vína môžu obsahovať vyššie množstvo arzénu (Velíšek, 2002). Je pravdepodobné, že arzén vo víne má pôvod prevažne z insekticídov obsahujúcich arzén, ktoré sa používali na ochranu hrozna pred škodlivým hmyzom (Rojas et al., 1999). Vo zvýšenej miere sa nachádza aj v ovse a kakaových bôboch (Kováč, Suhaj, 1996).

Medzi významné expozičné zdroje arzénu v Slovenskej republike bola zaradená ryža, korenie, múka, morské ryby a pivo. Najvyššia koncentrácia bola zaznamenaná u morských rýb, v ryžu a v korení. U ryže nemožno vylúčiť, že v produkčných oblastiach sú k jej pestovaniu používané pesticídy na báze arzénu. Ryža je odporúčaná ako pomerne "čistá potraviná", vegetariánov. Je konzumovaná vo väčšej miere, než je priemer pre populáciu, jej obľuba všeobecne mierne stúpa, ale ukazuje sa, že môže byť významným zdrojom expozície radu kontaminantov, vrátane arzénu (Prokeš, 2005).

V porovnaní s morskými rybami je ryža významnejším zdrojom arzénu, pretože $\frac{2}{3}$ podielu arzénu v ryži tvoria skôr anorganické zlúčeniny, ktoré majú vyššiu toxicitu. V rybách sa arzén vyskytuje z 95-98 % v organickej forme, ktorá je menej toxická alebo až netoxická (Ruprich, 2002).

1.4.4 Príjem arzénu do organizmu a jeho toxicita

Arzén ako kov je nepatrne toxický. Všeobecne platí, že zlúčeniny trojmocného arzénu sú oveľa toxickejšie ako zlúčeniny arzénu päťmocného, u ktorého boli preukázané karcinogénne účinky. Celú skupinu trojmocného arzénu reprezentuje svojimi toxickými vlastnosťami oxid arzenitý (Rusek, 2001).

Velíšek (2002) uvádza, že prijateľná denná dávka pre dospelého človeka je 140 µg pri telesnej hmotnosti 70 kg. Na dávke arzénu sa významnou mierou podieľajú ryby a tiež aj nápoje. Chronické otravy arzénom sa vyskytujú u pracovníkov v metalurgii a baníctve a tiež v oblastiach, kde má pitná voda vyšší obsah arzénu. Prejavom sú kožné zmeny, opuchy, ekzémy a keratóza kože. Arzén má vysokú afinitu ku keratínu. Pri intoxikácii arzénom dochádza k poškodeniu prídavných orgánov, ktorých základom je

samotný keratín (**McLaughlin et al., 2002**).

Paralytická forma akútnej otravy sa prejavuje menej často a len po veľmi vysokých dávkach. Prejavuje sa pritom celková slabosť, strata vedomia, kóma. Smrť nastáva v niekoľkých hodinách dôsledkom ochrnutie a dýchania. Trochu nižšia dávka sa prejaví tzv. gastrointestinálnou formou (zažívacie ťažkosti, vracanie, vodnaté a krvavé hnačky, bolesti brucha), kedy život ohrozuje poškodenie pečene (žltacka), ale predovšetkým poškodenie obličiek (anúria) (**Lüllmann et al., 2002**).

1.5 Kadmium

Kadmium je chemický prvok periodického systému II.B skupiny. Bol objavený Stromayerom a Hermannom v roku 1817. Jeho protónové číslo je 48, relatívnu atómovú hmotnosť 112,4, teplotou varu 765 °C, teplotou topenia 320,9 °C a s mernou atómovou hmotnosťou 8,6 g.cm⁻³. Tento kov sa vyznačuje tým, že je mäkký so striebřistým leskom a často je využívaný v modernej technológii kvôli svojej vysokej odolnosti voči korózii. Kadmium často sprevádza zinok v rôznych zinkových rudách, no majú rozličné vlastnosti medzi ktoré patrí aj to, že kadmium nepatrí medzi esenciálne prvky a na biotiku pôsobí vysoko toxicky (**Kafka, Punčochářová, 2002**).

Kadmium je prvok patriaci do skupiny ťažkých kovov. Ďalej patrí medzi najnebezpečnejšie toxické látky ľahko vstupujúcich do potravinového reťazca. Z pôdy prechádza ľahko do rastlín (70%), v menšej miere ho rastliny prijímajú z atmosféry (z 20 - 40%) (**Herčík et al., 1995**).

1.5.1 Zdroje kadmia

Kadmium patrí medzi najviac toxický prvok, ktorý je prirodzenou súčasťou všetkých zložiek prostredia, vrátane morí, pôdy, vzduchu, ale je tiež súčasťou zinočnatých a olovnatých rúd a niektorých fosfátových hnojív (**McLaughlin a Singh 1999**).

Základným zdrojom vstupu kadmia do potravinového reťazca je aplikácia fosforečných hnojív, produkcia železa, ocele a spaľovanie uhlia. Všeobecne sa akceptuje, že ľudia sú najcitlivejšími receptormi na príjem kadmia z prostredia. Ľudia sú vystavení príjmu kadmia cez potravinový reťazec, fajčením, pôdou, dýchaním a pitnou vodou (**Smolders, 1999**).

Obsah kadmia v potravinách takisto ako pri olove, závisí od jeho obsahu v pôde. Z potravín živočíšneho pôvodu vykazujú vysoký obsah kadmia hlavne obličky. Vajcia, mlieko a mliečne výrobky obsahujú len malé množstvo kadmia (Velíšek, 2002).

Kadmium je častým elementom priemyselného znečistenia, preto sa často dostáva do potravinového reťazca. Použitie kadmia je najčastejšie pri pokovovaní kovov ktoré sú následne chránené pred koróziou a pri výrobe pigmentov, plastov, tkanív, farbív, gummy, skla a slúži ako stabilizátor plastických materiálov. Ďalej sa kadmium používa na výrobu zliatinových nádob, či výrobu bateriek. Zdroj znečistenia životného prostredia vzniká najmä pri spracovaní rudy, spaľovania uhlia, oleja, odpadov a priemyselné hnojivá (Toman et al., 2003)

1.5.2 Kadmium v pôde, vode a ovzduší

Kontaminácie životného prostredia kadmiumom je v poslednej dobe vyvolaná najmä jeho rastúcim používaním v priemysle. Na tomto procese sa podieľajú zlievarne kovov a priemyslu farbív, výroba plastov a výroba akumulátorov. Dôležitým zdrojom znečistenia prostredia kadmiumom je tiež spaľovanie pohonných hmôt a olejov, v poľnohospodárstve potom používania fosfátov prirodzeného pôvodu, čistiarenských kalov a pesticídov obsahujúcich tento prvok. Kadmium emitované do ovzdušia sa nakoniec hromadí v pôde a vo vode a nadobúda takto do potravinových reťazcov (Beneco et al., 1995).

Kadmium sa v čase, keď prevládalo tuhnutia zemskej kôry (v redukčnej atmosfére), vylúčilo vo forme sulfidov, najdôležitejšie rudy sú teda sulfidy. Kadmium sa nachádza vo forme minerálov, ako je napríklad greenockin (CdS). Je tiež získava ako vedľajší produkt pri rafinácii zinku a iných kovov, najmä potom olova a medi (Greenwood et al., 1993).

1.5.3 Kadmium v potravinách

Kadmium je normálnou zložkou väčšiny potravín. Niektoré mäkkýše majú dokonca vysoké koncentrácie kadmia v rozpätí 50–100 $\mu\text{g.kg}^{-1}$. Pitná voda všeobecne obsahuje menej kadmia, okolo 1 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ alebo menej, čo sa často považuje za typickú hodnotu vo väčšine situácií. Denná dávka kadmia je zvyčajne okolo 10–25 $\mu\text{g.kg}^{-1}$.

Vysoký denný prívod kadmia sa vyskytuje medzi mládežou, ktorá má najvyšší kalorický príjem (**Rojas et al., 1999**).

Obsah kadmia v potravinách je veľmi rozdielny, listy zeleniny a korene rastlín všeobecne majú vyšší obsah kadmia ako semená, hoci semená olejnín majú vysoký obsah kadmia (**McLaughlin et al., 1999**).

Satarug et al. (2003) uvádzajú, že obilniny a zelenina obsahujú 5-krát viac kadmia ako ovocie. Zvýšený obsah kadmia v pôde je výsledkom zvýšenej absorpcie kadmia rastlinami. Proces okysličovania pôdy zvyšuje jeho priemernú koncentráciu v potravinách (**Rojas et al., 1999**).

1.5.4 Príjem kadmia do organizmu a jeho toxicita

Obavy zo zvýšeného prívodu kadmia môžu mať vegetariáni alebo tí, ktorí konzumujú vnútornosti, či morské produkty (**Satarug et al., 2003**).

Toman a Massányi (1997) píše, že kadmium bolo označené v polovici 19. storočia ako smrteľný jed. Od tejto doby sa poznatky o jeho závažných negatívnych vplyvoch na živý organizmus niekoľkonásobne rozšírili. Význam sledovania a zisťovania účinkov kadmia vzrastá najmä v posledných desaťročiach, keď sa stále viac zvyšuje jeho koncentrácia vo všetkých zložkách životného prostredia. Neustále stúpa množstvo a druh zdrojov tohto ťažkého kovu. Problémy s výskytom kadmia sa stali aktuálnymi až asi od roku 1950, lebo v priebehu posledných 45 rokov sa ho spotrebovalo osemkrát viac ako v celej minulosti ľudstva predtým (**Stoeppler, 1991**).

Choi a Rhee (2003) uvádzajú, že kadmium je vysoko toxický kov, ktorý môže byť požitý alebo vdýchnutý z rôznych priemyselných či potravných zdrojov.

Kadmium vyvoláva v organizme živočíchov mnohé patologické procesy. Škodlivé účinky sa prejavujú ak živočích prijme vyššiu dávku kovu, ako je podprahová dávka. Jeho účinok závisí na koncentrácii v cieľovom orgáne. Kadmium tak môže byť etiologickým faktorom napr. renálnej dysfunkcie, zvýšenia krvného tlaku, arteriosklerózy, kardiovaskulárnych ochorení, poškodenia funkcie centrálného nervového systému, dysfunkcie pečene, bronchopneumónie, testikulárnej nekrózy a iných porúch. Kadmium inhibuje rast, má aj teratogénne účinky, vyvoláva tvorbu a rast nádorov (**Sokol et al., 1998**).

Za dôležité považujeme zabezpečenie zdravia ľudskej populácie, pred kontamináciou potravinového reťazca ťažkými kovmi. Pri tejto kontaminácii ide o 80 % z cudzích zdrojov ako sú priemyselné činnosti a 20 % kontaminácia ktorá je spôsobená vlastnou poľnohospodárskou činnosťou (**Toman et al., 2000**).

Prenikanie leukocytov (hlavne neutrofilov) na miesta poškodeného tkaniva zvnútra pečene počas intoxikácie kadmim je sprostredkované priľnavosťou molekúl, zatiaľ však existuje málo poznatkov o expresii týchto buniek počas intoxikácie pečene kadmim (**Nor El Deen, 2011**).

2 Cieľ práce

Cieľom bakalárskej práce bolo zhodnotiť obsah vybraných kovov- arzén, kadmium, meď, ortuť, olovo a zinok vo vybraných skupinách potravín za obdobie rokov 2008- 2011 podľa krajov na území Slovenskej republiky.

Hodnotili sme kontamináciu resp. obsah vybraných prvkov v potravinách a skupinách potravín rastlinného pôvodu, korenina, potravinových doplnkov, cukrovín, doplnkov výživy, výživové doplnky, alkohol, biologické materiály, cestoviny, čajové zmesi, kapusty, konzervy, koreniny, kýmnych jačmeňov, kvasenej kapusty, mäsa, mäsových prípravkov, mliekarenských výrobkov, múky, nápojov, ostatných potravín, ovocných štiav, pekárenských výrobkov, prídavné látok, smotany, mlieko, soli, zrna a potravín živočíšneho pôvodu.

Hodnotené vzorky pochádzajú z databázy údajov, ktoré nám poskytli Ekologické laboratória Spišská Nová Ves. Vzorky boli anonymné a pracovali sme s údajovou databázou s vyselektovanými údajmi.

3 Materiál a metodika

Vyhodnotili sme 1268 vzoriek potravín, ktoré boli analyzované v rokoch 2008, 2009, 2010, 2011. Odoberané a zanalyzované vzorky sme roztriedili podľa dvoch základných znakov- rok a kraj. Pre nízke počty resp. rozdielne počty vzoriek potravín nebolo možné použiť aj triediaci znak druhu potraviny. Údajovú databázu sme po spracovaní uviedli do grafov a tabuliek. Vypočítali sme priemerné hodnoty chemických prvkov podľa krajov, za roky 2008- 2011. U niektorých prvkov za každý rok sme vypočítali základná štatistické ukazovatele (\bar{x} , min., max., medián).

Dynamiku priemerných hodnôt obsahu jednotlivých prvkov za sledované obdobie sme vyjadrili graficky.

4 Výsledky práce

4.1 Hodnotenie priemerného obsahu prvkov podľa krajov a rokov

Tabuľka 3 Priemerné hodnoty hodnotených prvkov podľa krajov v rokoch 2008- 2011

Prvok		Kraje						
		BA	KE	NR	PO	TN	TT	ZA
As	Počet vzoriek (n)	68	11	2	-	-	-	-
	Priemerná hodnota (mg.kg ⁻¹)	4,713	0,096	0,13	-	-	-	-
Cd	Počet vzoriek (n)	86	46	188	109	5	36	11
	Priemerná hodnota (mg.kg ⁻¹)	0,057	0,047	1,413	0,07	0,053	0,077	0,029
Cu	Počet vzoriek (n)	50	12	3	15	8	36	-
	Priemerná hodnota (mg.kg ⁻¹)	16,564	3,141	8,00	7,671	1,111	7,864	-
Hg	Počet vzoriek (n)	59	26	22	66	9	25	6
	Priemerná hodnota (mg.kg ⁻¹)	0,008	0,003	0,005	0,008	0,003	0,004	0,005
Pb	Počet vzoriek (n)	112	30	7	68	5	39	3
	Priemerná hodnota (mg.kg ⁻¹)	1,64	0,271	0,57	0,263	0,322	0,15	0,505
Zn	Počet vzoriek (n)	82	5	5	7	3	3	-
	Priemerná hodnota (mg.kg ⁻¹)	1211,691	236,864	137,89	58,677	4,2	1918,287	-

V tabuľke 3 uvádzame počet vzoriek a priemernú hodnotu arzénu, kadmia, medi, ortuti, olova a zinku v mg.kg⁻¹, ktorá bola nameraná v potravinách v jednotlivých krajoch v období rokov 2008 až 2011. Ako vidieť z tabuľky hodnoty obsahu arzénu v jednotlivých krajoch neboli merané. Preto budeme obsah arzénu hodnotiť iba medzi Bratislavským, Košickým a Nitrianskym krajom.

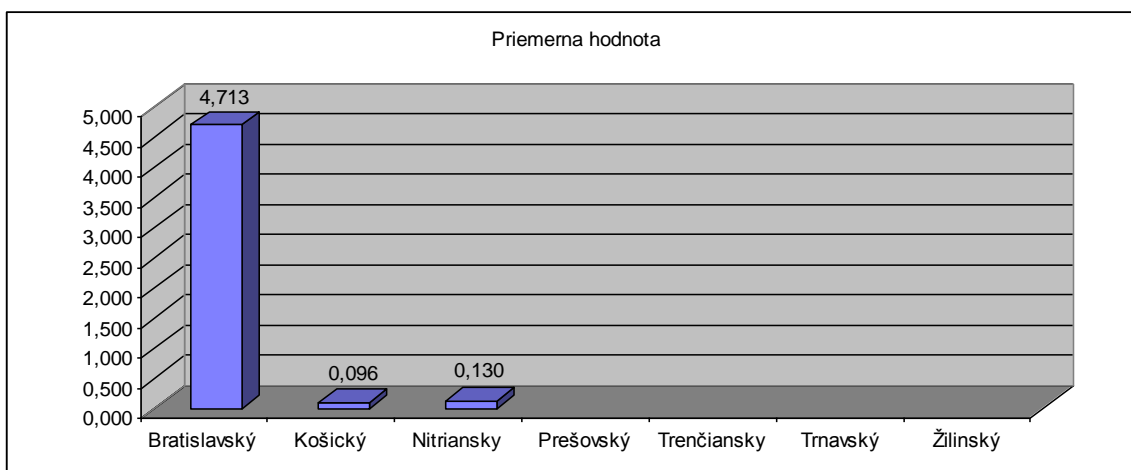
Na hodnotenie priemernej hodnoty kadmia sme mali k dispozícii najpočetnejší súbor vzoriek pre Nitriansky kraj a o niečo menej vzoriek pre Prešovský. Najmenej vzoriek bolo analyzovaných v Trenčianskom a v Žilinskom kraji. Najpočetnejší súbor vzoriek pre hodnotenie medi bol dostupný v Bratislavskom kraji a o niečo menší v Trnavskom kraji. Najmenší počet vzoriek pre hodnotenie sme mali k dispozícii v Nitrianskom a Trenčianskom kraji, pričom pre Žilinský kraj dostupné neboli žiadne údaje.

Pri hodnotení obsahu ortuti sme v prípade Prešovského a Bratislavského kraja mali k dispozícii najväčší počet vzoriek a najmenší súbor pre hodnotenie sme mali k dispozícii pri zisťovaní obsahu ortuti v potravinových produktoch vyrobených v Žilinskom a Trenčianskom kraji.

Pre hodnotenie olova v prípade Bratislavského kraja, pri ktorom sme hodnotili podstatne väčší počet vzoriek ako pri ostatných krajoch je aj zistený priemer sledovaného ukazovateľa podstatne vyšší. Pri ostatných krajoch je však tento pomer nepriamoúmerný. V tomto prípade sme pre najpočetnejšie súbory vzoriek zistili najmenšie hodnoty obsahu olova v potravinách.

Pri hodnotení obsahu zinku v potravinových výrobkoch zisťujeme najpriepastnejšie rozdiely medzi jednotlivými sledovanými krajochmi v porovnaní s ostatnými hodnotenými ťažkými kovmi, čo sa dalo očakávať, keďže priemerný obsah zinku v potravinových výrobkoch podstatne závisí od ich druhu, preto môžeme očakávať aj veľký rozptyl hodnôt. Porovnateľnosť výsledných priemerných hodnôt podstatne znižuje aj fakt, že veľkosť súboru je pre vyvodenie záveru s určitou výpovednou hodnotou postačujúca len pri Bratislavskom kraji, zatiaľ čo výsledky pre ostatné kraje sa opierajú len o niekoľko analyzovaných vzoriek, pričom pri Žilinskom kraji sme k dispozícii nemali žiadne údaje.

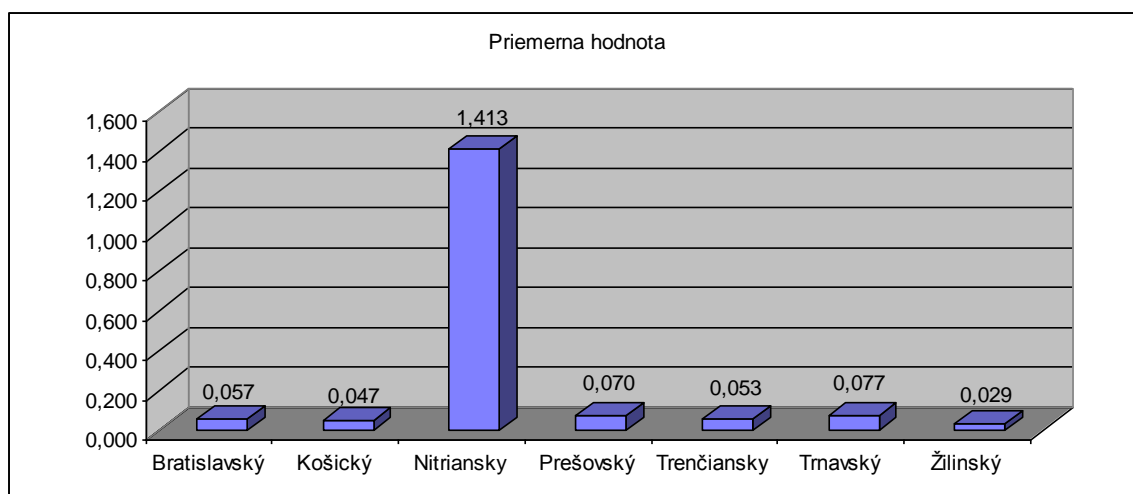
Graf 1 Priemerné hodnoty arzénu v potravinách podľa krajov v rokoch 2008- 2011



Ako vidieť z hore uvedeného grafu, priemerné hodnoty arzénu sú v sledovanom období v Bratislavskom kraji neporovnateľne vyššie ako v ostatných dvoch krajoch, v priemere za roky 2008 až 2011 obsah arzénu vo výrobkoch produkovaných v Bratislavskom kraji predstavoval až $4,713 \text{ mg.kg}^{-1}$, zatiaľ čo v Košickom

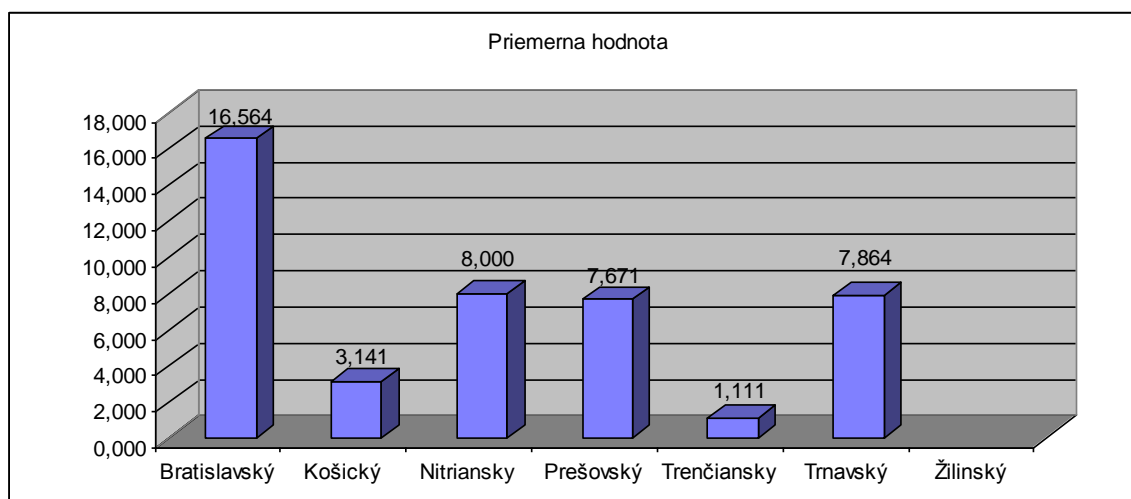
a Nitrianskom kraji sa hodnoty sledovaného ukazovateľa pohybujú v rozmedzí 0,096 až 0,130 mg.kg⁻¹, pričom v Nitrianskom kraji boli namerané vyššie hodnoty tohto kovu. Zistený stav v obsahu arzenu medzi jednotlivými kraji si môžeme vysvetliť najmä početnosťou analyzovaných vzoriek a samou štruktúrou analyzovaného súboru vzoriek. Je zrejmé, že v Bratislavskom kraji bolo analyzovaných neporovnateľne viac vzoriek ako v ostatných dvoch krajoch, v dôsledku čoho môžeme konštatovať, že takto zistená priemerná hodnota obsahu arzenu v sledovaných produktoch má omnoho vyššiu výpovednú hodnotu. Uviest' musíme aj fakt, že zistené údaje pre jednotlivé kraje nie sú v plnej miere porovnateľné, čo vyplýva nielen z odlišnej veľkosti súboru vzoriek, ale aj zo štruktúry súboru vzoriek pre jednotlivé kraje, ktorá sa v prípade arzenu výrazne líši. Aj hodnoty pre jednotlivé kraje, najmä pre Bratislavský musíme brať s veľkou rezervou, pretože práve v prípade spomínaného kraja namerané hodnoty vykazujú veľký rozptyl (pohybujú sa v rozmedzí 37,88 až 0,04 mg.kg⁻¹ pre jednotlivé analyzované vzorky).

Graf 2 Priemerné hodnoty kadmia v potravinách podľa krajov v rokoch 2008- 2011



Ako vidieť z grafu 2 extrémne hodnoty obsahu kadmia boli namerané vo výrobkoch vyrobených v Nitrianskom kraji, až cca 27-krát vyššie ako v ostatných krajoch. Takýto vysoký priemerný obsah kadmia si môžeme vysvetliť vysokým rozptylom hodnôt nameraných pre jednotlivé vzorky, ktoré sa pohybujú v rozmedzí 43,64 až 0,005 mg.kg⁻¹, pričom extrémne hodnoty výrazne vplývajú na výslednú priemernú hodnotu obsahu kadmia vo výrobkoch analyzovaných v Nitrianskom kraji. V ostatných krajoch sú priemerné hodnoty sledovaného ukazovateľa pomerne na rovnakej úrovni pričom najmenšia je nameraná v Žilinskom kraji (0,029 mg.kg⁻¹) a najvyššia v Trnavskom kraji (0,077 mg.kg⁻¹).

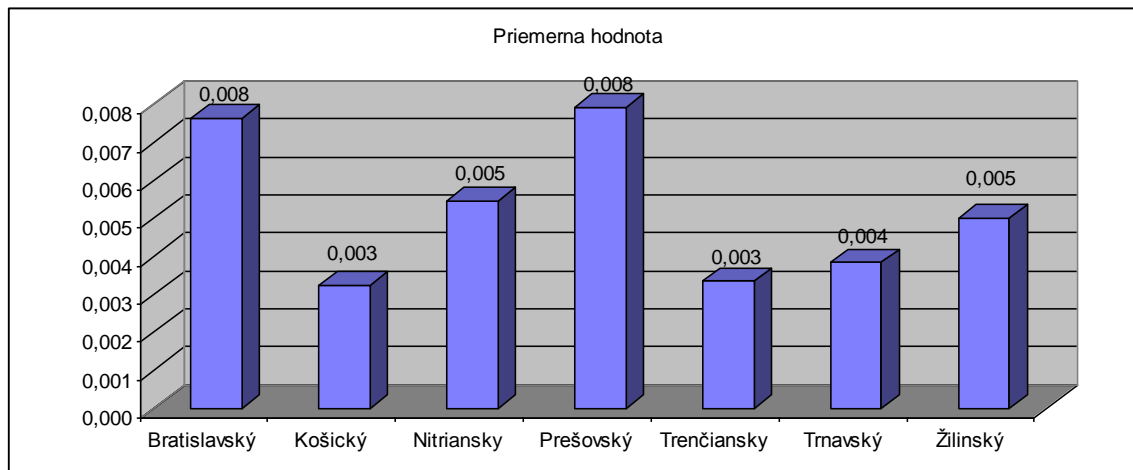
Graf 3 Priemerné hodnoty medi v potravinách podľa krajov v rokoch 2008- 2011



Z grafu 3 je zrejmé, že najvyšší priemerný obsah medi bol zistený v produktoch vyrábaných v Bratislavskom kraji. V tomto kraji je priemerný obsah medi v potravinových výrobkoch v období rokov 2008 až 2011 približne 2-krát väčší ako v ostatných krajoch, ktoré vykazujú mierne vyššiu hodnotu tohto ukazovateľa, teda v Nitrianskom, Prešovskom a Trnavskom kraji. V týchto troch spomenutých krajoch je obsah medi v analyzovaných vzorkách približne na rovnakej úrovni, najvyšší je v Nitrianskom kraji (8 mg.kg^{-1}) a najmenší v Prešovskom ($7,671 \text{ mg.kg}^{-1}$). Podstatne nižšie hodnoty obsahu medi vo výrobkoch boli namerané v Trenčianskom kraji ($1,111 \text{ mg.kg}^{-1}$) a v Košickom kraji ($3,141 \text{ mg.kg}^{-1}$). Avšak pri komparácii nameraných hodnôt pre jednotlivé kraje musíme byť veľmi obozretní, pretože porovnateľnosť dostupných údajov je výrazne obmedzená z dôvodu rozdielnej veľkosti súboru dostupných analyzovaných vzoriek, ale najmä štruktúry týchto vzoriek, teda druhu potravinových výrobkov, od ktorého obsah medi výrazne závisí. Tak napríklad pri hodnotení obsahu medi v Prešovskom kraji bolo hodnotené širšie spektrum druhov potravinových produktov, z ktorých niektoré neboli dostupné pri analýze obsahu medi v ostatných krajoch. Tento fakt výrazne ovplyvňuje porovnateľnosť vypočítaných priemerných hodnôt, čo podstatne znižuje možnosť vyvodenia akýchkoľvek záverov z takto získaných výsledkov. Spomenutý problém je vyjadrený veľkým rozptylom nameraných hodnôt sledovaného ukazovateľa vo vybraných krajoch. Napríklad v Bratislavskom kraji sa tieto hodnoty pohybujú v rozmedzí $67,6$ až $1,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ a v Prešovskom v rozmedzí $19,015$ až $0,079 \text{ mg.kg}^{-1}$, pričom priemernú hodnotu pre Nitriansky kraj deformuje hodnota obsahu medi v analyzovanej vzorke výživového

doplňku, ktorý vykazuje podstatne vyšší obsah medi, čo je pri zohľadnení druhu analyzovaného produktu očakávateľné.

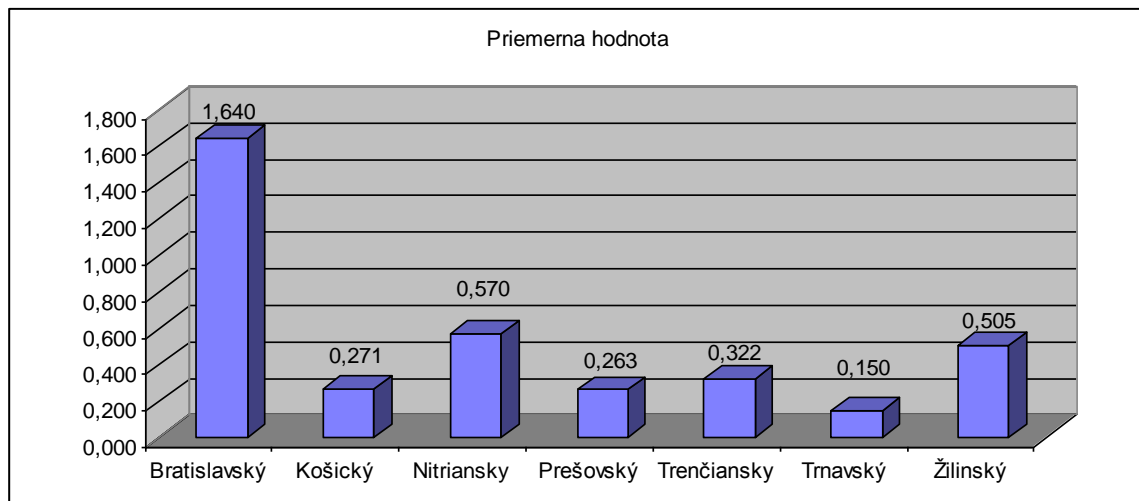
Graf 4 Priemerné hodnoty ortuti v potravinách podľa krajov v rokoch 2008- 2011



Ako vidieť z grafu 4 v porovnaní s ostatnými ťažkými kovmi, ktoré analyzujeme v našom výskume obsah ortuti z geografického hľadiska, teda v rámci jednotlivých krajov, nevykazuje až takú výraznú fluktuáciu. Najvyšší obsah ortuti bol zistený v produktoch vyrobených v Bratislavskom a Prešovskom kraji (0,008 mg.kg⁻¹). O niečo menší priemerný obsah ortuti bol nameraný v Nitrianskom a Žilinskom kraji (0,005 mg.kg⁻¹) a v Trnavskom kraji (0,004 mg.kg⁻¹). Najnižší obsah ortuti bol zistený v potravinových výrobkoch v Košickom a Trenčianskom kraji (0,003 mg.kg⁻¹). Menšie rozdiely medzi jednotlivými kraji z hľadiska obsahu ortuti v potravinových výrobkoch v porovnaní s obsahom ostatných ťažkých kovov, ktorých hodnoty sme už interpretovali si môžeme vysvetliť najmä tým, že obsah ortuti vo výrobkoch nezávisí v takej veľkej miere od druhu analyzovanej vzorky ako obsah ostatných hodnotených ťažkých kovov. Ale aj napriek tomu, že medzi týmito dvomi parametrami nie je veľká závislosť, pri porovnávaní štruktúry sledovaných vzoriek pre jednotlivé kraje a zistených výsledkov sme zistili, že predsa určitá, aj keď malá, závislosť tam je. Preto pri porovnávaní zistených hodnôt pre vybrané sledované oblasti musíme brať do úvahy aj túto štruktúru. Tak pri Bratislavskom kraji boli hodnotené najmä výživové doplnky, rovnako ako pri Nitrianskom kraji a Prešovskom kraji, a pri týchto krajoch sme potom namerali aj vyššie priemerné hodnoty obsahu ortuti. Pri analýze obsahu ortuti vo výrobkoch produkovaných v Košickom kraji sme analyzovali rozmanitejšiu štruktúru vzoriek potravinových výrobkov, a pre tento kraj sme potom zistili nižší obsah ortuti. Rovnaký

obsah ortuti ako v Košickom kraji sme zistili aj v Trnavskom, kde sme v hodnotenej vzorke okrem výživových doplnkov mali aj potravinové doplnky. Podstatne nižšiu hodnotu obsahu ortuti sme zistili aj pri analýze vzoriek zaistených v Trnavskom kraji, kde v súbore vzoriek dominovali cukrovinky. Toto nasvedčuje tomu, že vyšší obsah ortuti sa vyskytuje najmä vo výživových doplnkoch.

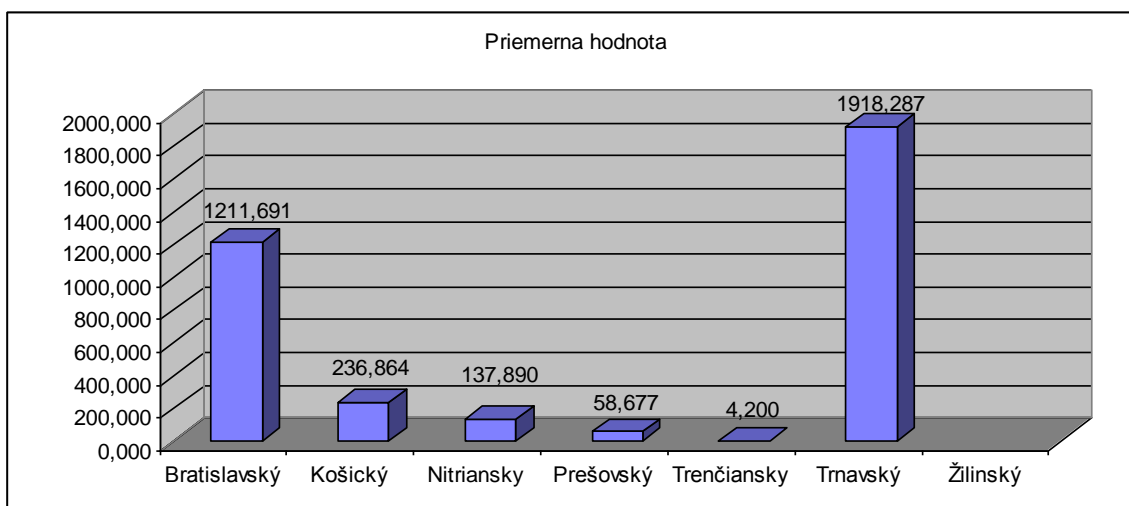
Graf 5 Priemerné hodnoty olova v potravinách podľa krajov v rokoch 2008- 2011



Ako vidieť z grafu 5 niekoľkonásobne vyšší priemerný obsah olova v potravinových výrobkoch v porovnaní s ostatnými kraji sme zistili v Bratislavskom kraji. Z ostatných sledovaných krajov najvyšší obsah olova v potravinách bol zistený v Nitrianskom (0,570 mg.kg⁻¹) a v Žilinskom kraji (0,505 mg.kg⁻¹). O niečo menší priemerný obsah olova v potravinových produktoch sme zistili v Trenčianskom, Košickom a Prešovskom kraji (0,271 až 0,322 mg.kg⁻¹). Najmenší obsah olova za sledované obdobie rokov sme zistili v Trnavskom kraji (0,150 mg.kg⁻¹). Pod vysoký obsah olova zistený v potravinách produkovaných v Bratislavskom kraji sa podpísal najmä vysoký rozptyl analyzovaných hodnôt jednotlivých vzoriek, tieto hodnoty sa v spomenutom kraji pohybujú v rozmedzí 25,63 až 0,05 mg.kg⁻¹. Priemerné hodnoty obsahu olova v potravinových produktoch vypočítané na základe dostupných údajov musíme brať s rezervou a dávať si veľký pozor pri ich porovnávaní medzi jednotlivými kraji najmä z dôvodu odlišnej štruktúry súborov analyzovaných vzoriek z pohľadu druhov potravinových produktov. Tak napríklad priemerný obsah olova v potravinách vyrobených v Bratislavskom kraji predstavuje najmä hodnoty pre potraviny rastlinného pôvodu a výživové doplnky. Výživové doplnky dominujú v súbore analyzovaných vzoriek aj v Trenčianskom kraji, Prešovskom kraji a v Nitrianskom kraji, pričom

v prípade posledného sú väčším podielom zastúpené aj cukrovinky. Pri analýze obsahu olova v potravinách v Košickom kraji sme vychádzali z rozmanitejšej štruktúry vzoriek potravinových produktov, zatiaľ čo v Trnavskom kraji kde sme namerali najmenší obsah olova zo všetkých krajov sme analyzovali najmä cukrovinky.

Graf 6 Priemerné hodnoty zinku v potravinách podľa krajov v rokoch 2008- 2011



Ako vidieť z grafu 6, najväčší obsah zinku v potravinových produktoch za sledované obdobie bol zhodnotený v Trnavskom kraji. Podstatne vyšší obsah zinku bol hodnotený aj v Bratislavskom kraji, zatiaľ čo v ostatných krajoch sú tieto hodnoty podstatne menšie. Z ostatných krajoch najvyšší obsah zinku vykazujú potraviny produkované v Košickom kraji (236,864 mg.kg⁻¹), potom v Nitrianskom (137,890 mg.kg⁻¹) a v Prešovskom kraji (58, 677 mg.kg⁻¹). Najmenšia hodnota sledovaného ukazovateľa a výrazne odlišná od hodnôt zistených v ostatných krajoch bola zistená v Trenčianskom kraji. Takúto výraznú fluktuáciu v obsahu zinku v potravinových produktoch medzi jednotlivými kraji môžeme pripísať, podobne ako pri ostatných ťažkých kovoch, práve štruktúre sledovaného súboru vzoriek. V Bratislavskom kraji sme analyzovali najmä produkty rastlinného pôvodu pričom sme zistili aj veľký rozptyl medzi jednotlivými vzorkami (55 656,0 až 1,2 mg.kg⁻¹), v Košickom kraji sme sa pri našom výskume opierali najmä o hodnoty namerané pre vzorky krmív, pričom aj v tomto prípade išlo o veľmi rozdielne hodnoty, ktoré sa pohybovali v rozmedzí 828,4 až 25,3 mg/kg⁻¹. Výrazný rozdiel medzi nameranými hodnotami sme zistili aj v Nitrianskom kraji (304,00 až 3,54 mg.kg⁻¹), kde sme hodnotili produkty rastlinného pôvodu a cukrovinky, pričom jedna vzorka s extrémnou nameranou hodnotou predstavovala aj výživový doplnok. V Prešovskom, Trenčianskom

a Trnavskom kraji sme analyzovali najmä výživové doplnky, pričom výrazné rozdiely v nameraných hodnotách sme zistili v tom poslednom (3 593,00 až 8,86 mg.kg⁻¹). Keď ide o Trnavský kraj práve fakt, že tu bol zistený veľký rozptyl nameraných hodnotách a to, že sme k dispozícii pri analýze mali len 3 vzorky, spôsobili to, že v tomto kraji sme ako výsledok analýzy zistili najvyššiu priemernú hodnotu obsahu zinku v potravinových produktoch vyrobených v tomto kraji. Pri porovnávaní takto zistených údajov musíme brať do úvahy, že rozdiely v obsahu sledovaného kovu nemôžu byť vysvetlené len štruktúrou súboru analyzovaných vzoriek, pretože je kategorizácia jednotlivých druhov potravinových produktov len povrchná, čo spôsobuje prekážky v komparácii medzi jednotlivými kraji, ale aj medzi hodnotami pre jednotlivé druhy produktov, ktoré sú takto definované. Aby sme boli schopní vykonať hlbšiu analýzu a aby sme dospeli k výsledkom s postačujúcou výpovednou hodnotou museli by sme mať k dispozícii súbor údajov pre podrobnejšie definované druhy potravinových produktov a taktiež aj väčší počet vzoriek pre analýzu.

4.2 Priemerná hodnota ťažkých kovov v SR v období 2008- 2011

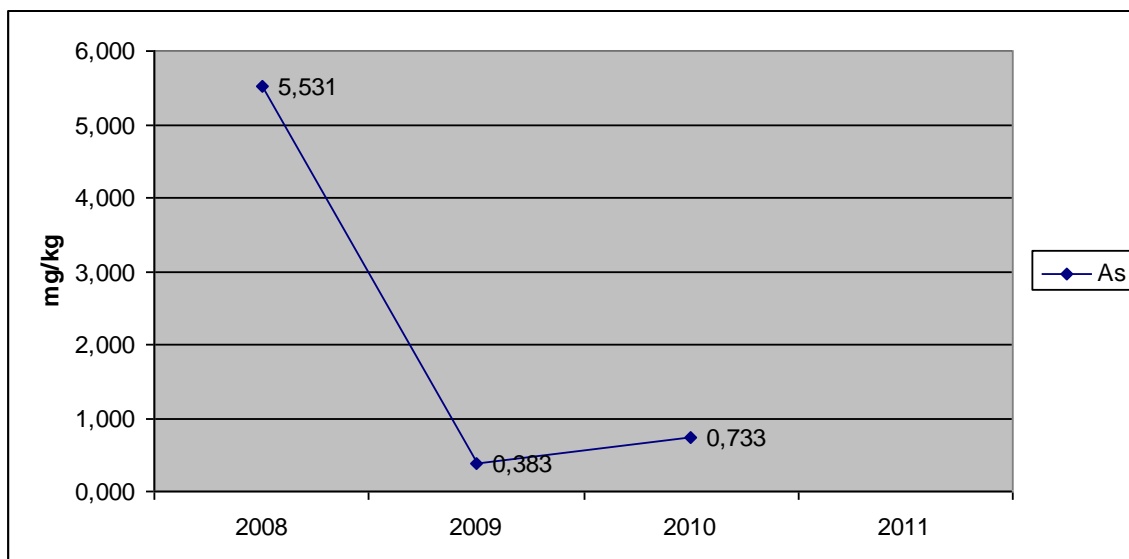
Tabuľka 4 Priemerne hodnoty ťažkých kovov v potravinách v obdoby rokov 2008- 2011

Rok	As						Cd					
	n	\bar{x}	min	max	medián	σ	n	\bar{x}	Min	max	medián	Σ
2008	56	5,531	0,030	37,880	2,340	8,836	174	1,48	0,001	43,64	0,017	5,400
2009	18	0,383	0,060	3,000	0,160	0,680	164	0,09	0,005	0,924	0,034	0,169
2010	7	0,733	0,070	3,580	0,140	1,289	135	0,07	0,005	0,795	0,033	0,114
2011	-	-	-	-	-	-	8	0,04	0,006	0,175	0,023	0,056
Rok	Cu						Hg					
	n	\bar{x}	min	max	medián	σ	n	\bar{x}	min	max	medián	Σ
2008	11	2,239	0,330	3,800	2,540	1,216	25	0,01	0,002	0,074	0,005	0,016
2009	61	5,954	0,079	49,100	3,700	7,324	72	0,00	0,002	0,035	0,004	0,006
2010	43	20,919	1,000	67,600	8,110	23,83	102	0,00	0,002	0,047	0,004	0,006
2011	9	1,068	0,090	3,580	0,160	1,391	14	0,00	0,002	0,016	0,004	0,004
Rok	Pb						Zn					
	n	\bar{x}	min	max	medián	σ	n	\bar{x}	min	max	medián	Σ
2008	78	2,246	0,011	25,630	0,625	4,234	51	351,	1,200	9301,	41,6	1537,
2009	74	0,226	0,050	1,730	0,140	0,257	37	2188	5,210	55656	40,5	9561,
2010	107	0,280	0,050	2,070	0,160	0,330	17	500,	3,540	2153	522,6	482,9
2011	5	0,140	0,080	0,180	0,160	0,040	-	-	-	-	-	-

Na základe výsledkov ekologického laboratória sme pre jednotlivé ťažké kovy zistili minimálne a maximálne hodnoty, ako aj stanovili priemerný a prostredný obsah v sledovanom období rokov 2008-2011. Treba konštatovať, že zistené hodnoty boli do istej miery skreslené rozličnou početnosťou meraní v jednotlivých rokoch, dokonca v

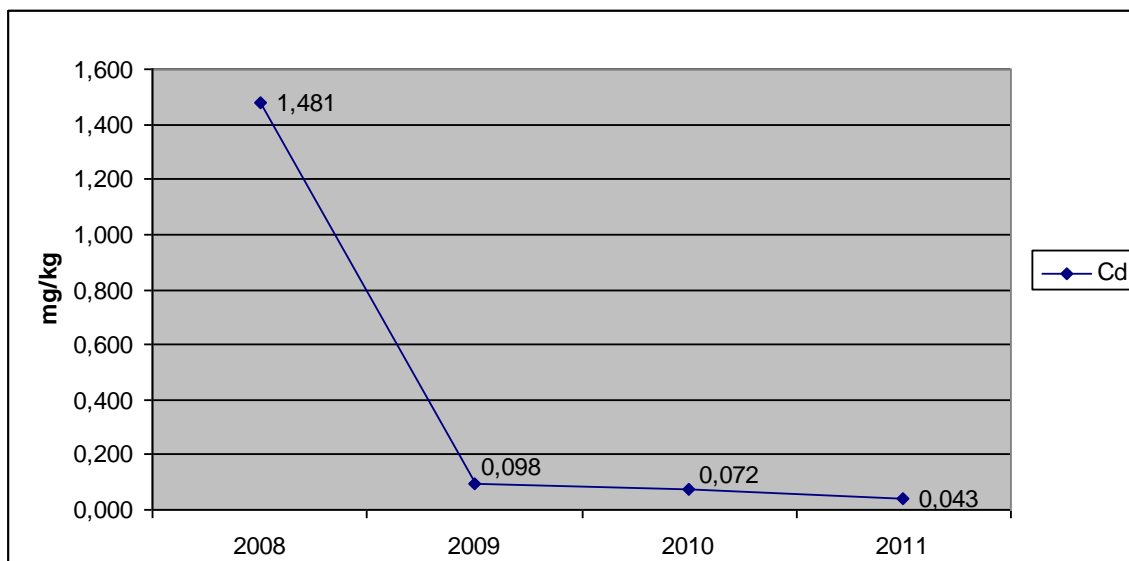
prípade arzénu a zinku nám neboli poskytnuté východiskové údaje pre rok 2011. Prehľad počtu meraní ako aj zistených hodnôt uvádzame v tabuľke 4.

Graf 7 Dynamika priemerných hodnôt obsahu arzénu za sledované obdobie v sledovanom súbore vzoriek potravín



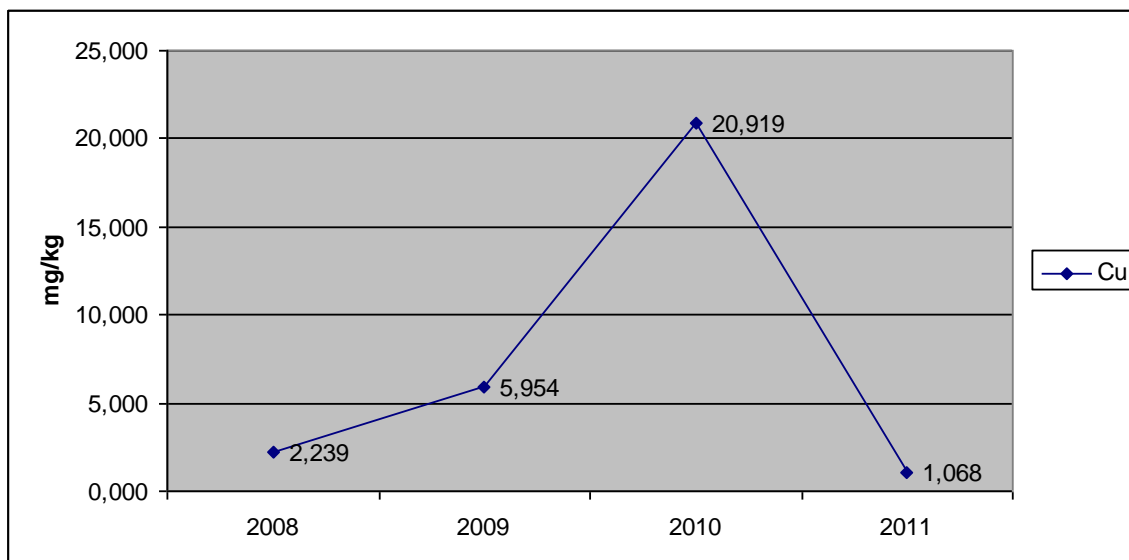
Ako vidieť z hore uvedeného grafu je zrejme, že najvyššie namerané hodnoty arzénu sme zaznamenali v roku 2008. V tomto období sme mali k dispozícii aj najviac nameraných vzoriek. Naopak v roku 2011 sme pre tento prvok nemali žiadne vzorky, z ktorých by sme mohli stanoviť priemer. Z dôvodu nedostatočného množstva vzoriek pre roky 2009 a rok 2010 nám vyšli omnoho menšie výsledky ako za rok 2008.

Graf 8 Dynamika priemerných hodnôt obsahu kadmia za sledované obdobie v sledovanom súbore vzoriek potravín



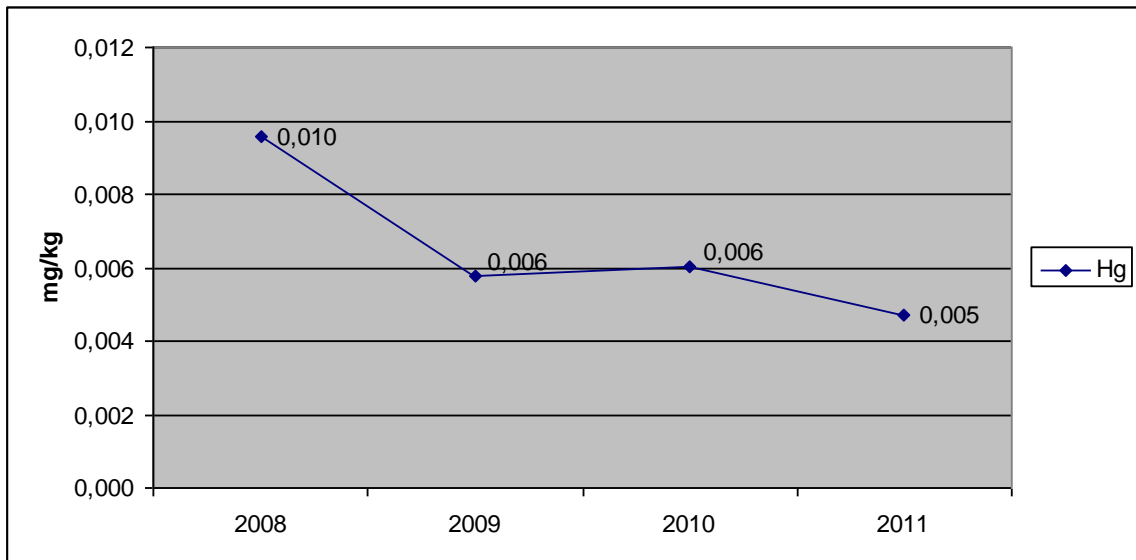
Pri hodnotení priemernej hodnoty obsahu kadmia vo vybraných obdobiach pre širokú škálu potravinových výrobkov musíme podobne ako aj pri predošlom prvku brať do úvahy nielen veľkosť súboru sledovaných vzoriek za určitý rok ale aj jeho štruktúru v zmysle zastúpenia jednotlivých druhov potravinových produktov v súbore hodnotených vzoriek.

Graf 9 Dynamika priemerných hodnôt obsahu medi za sledované obdobie v sledovanom súbore vzoriek potravín



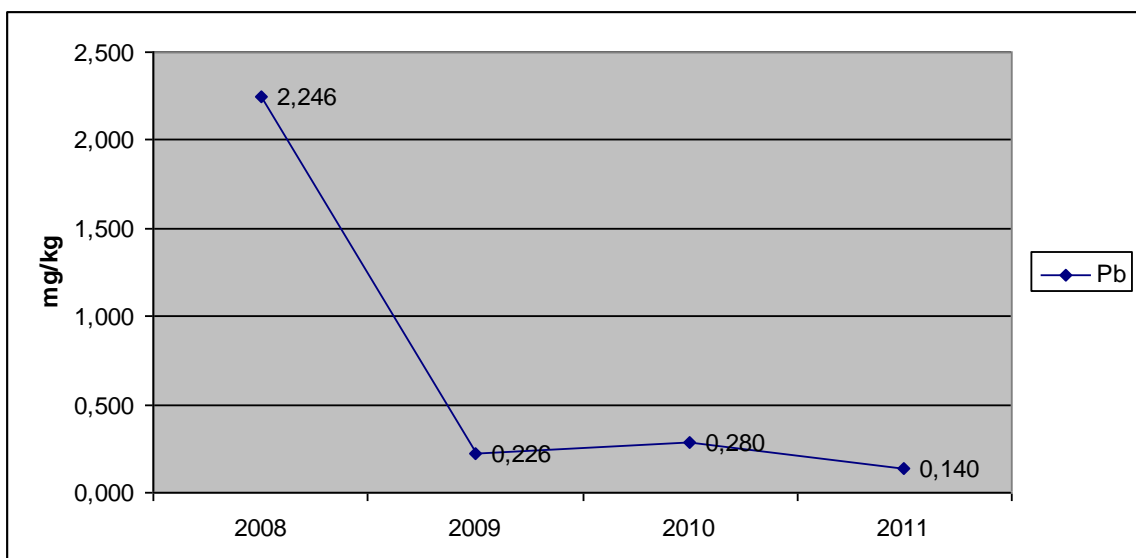
V roku 2008 priemerná úroveň obsahu medi v potravinách dosiahla hodnotu 2,239 mg.kg-1. V nasledujúcich dvoch rokoch jej priemerný obsah zaznamenal nárast na 5,954 mg.kg-1 v roku 2009 a 20,919 mg.kg-1 v roku 2010, kedy priemerný obsah v sledovanom období dosiahol maximálnu úroveň. V poslednom roku badať prudký pokles na úroveň 1,068 mg.kg-1, čo v období rokov 2008 až 2011 predstavovalo minimálnu priemernú úroveň.

Graf 10 Dynamika priemerných hodnôt obsahu ortuti za sledované obdobie v sledovanom súbore vzoriek potravín



V prípade ortuti jej priemerný obsah v sledovanom období mal klesajúci trend, kedy tento ukazovateľ zaznamenal mierny pokles z úrovne $0,01 \text{ mg.kg}^{-1}$ v roku 2008 na $0,006 \text{ mg.kg}^{-1}$ v nasledujúcich dvoch rokoch pri čom v roku 2011 poklesol až na hodnotu $0,005 \text{ mg.kg}^{-1}$.

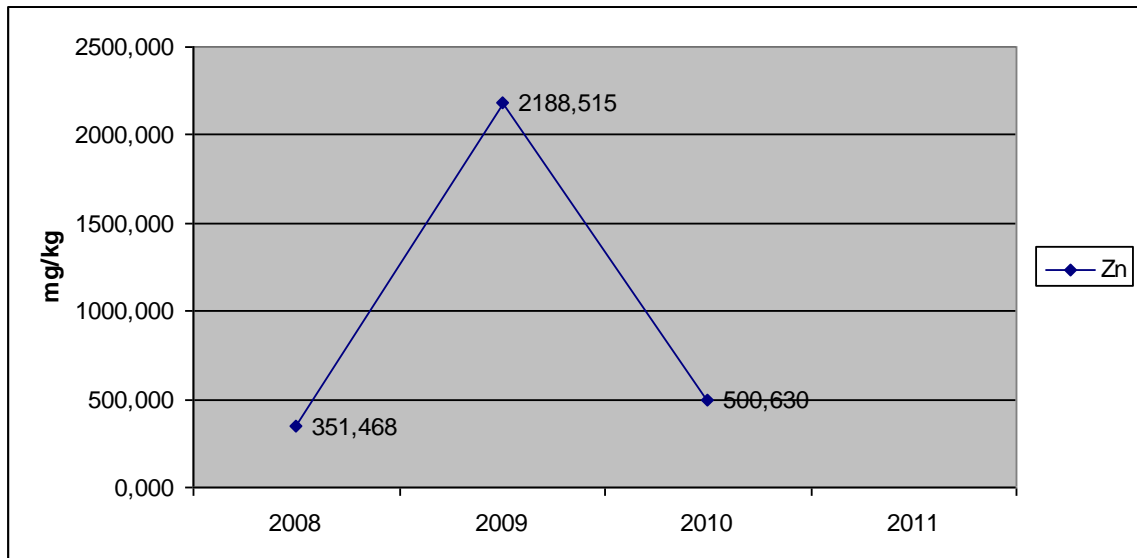
Graf 11 Dynamika priemerných hodnôt obsahu olova za sledované obdobie v sledovanom súbore vzoriek potravín



Tak isto ako v prípade ortuti, aj dynamika priemerných hodnôt obsahu olova v sledovanom období zaznamenala negatívny vývoj kedy priemerná hodnota obsahu

tohto prvku skokovo padla na z úrovne 2,246 mg.kg⁻¹ v roku 2008 na úroveň 0,228 mg.kg⁻¹ v nasledujúcom roku, pričom ďalších dvoch rokoch stagnovala.

Graf 12 Dynamika priemerných hodnôt obsahu zinku za sledované obdobie v sledovanom súbore vzoriek potravín



Priemerný obsah zinku sme sledovali len v období rokov 2008 až 2010, keďže údaje za rok 2011 sme nemali k dispozícii. Sledovaný ukazovateľ dosiahol svoje dno v prvom roku sledovaného obdobia, kedy dosiahol hodnotu 351,468 mg.kg⁻¹ v nasledujúcom roku vzrástol na 2188,515 mg.kg⁻¹, pričom v poslednom roku opäť zaznamenal pokles na úroveň 500,630 mg.kg⁻¹.

5 Diskusia

Problematika výskytu chemických prvkov v potravinách je dlhodobo riešená a sledovaná vo viacerých štúdiách. Okrem monitoringu cudzorodých látok v rámci, ktorého sa sledujú a vyhodnocujú chemické prvky sa výskumom a sledovaním rôzneho počtu prvkov zaoberajú viaceré pracoviská na Slovensku. Základným problémom však aj naďalej zostáva sledovanie celého potravinového reťazca- pôda, rastliny, pokrmu resp. voda.

Munoz et al. (2005) určovali príjem ťažkých kovov potravinami obyvateľmi Santiaga. Najvyšší obsah kadmia zaznamenali v skupine rýb a mäkkýšov- 277 mg.g⁻¹, avšak nameraná hodnota neprekročila stanovený limit.

Golian, Sokol a Chovanec (2004) analyzovali vzorky potravín a pokrmov zo spoločného stravovania, ktoré boli odoberané náhodne v rokoch 2001 - 2003. V skupinách sušene ovocie, koreniny, rastlinne tuky a oleje, detská výživa, olejiny a mliečne nápoje sa žiadna zo vzoriek nenachádzala pod medzou detekcie a ani jedna vzorka neprekročila NPM. K prekročeniu došlo v skupine majonézové šaláty, v ktorej 1 vzorka z 15 – tich prekročila NPM a v skupine ryby, kde 3 zo 40-tich vzoriek prekročili NPM. My sme obsah ortuti v skupine majonézové šaláty a ryby neanalyzovali.

V skupine ovocie sa 10 z 13-tich vzoriek nachádzalo pod hranicou detekcie (76,9 %). Priemerná hodnota bola 0,0036 mg.kg⁻¹, pri variabilite 38,8 %. Maximálna hodnota bola v uvedenej skupine 0,005 mg.kg⁻¹ a minimálna hodnota bola 0,00211 mg.kg⁻¹.

Kimaková a Bernasovská (2005) sledovali výskyt ortuti v 52 vzorkách mlieka a v širokom sortimente mliečnych výrobkov v počte 219. Z analyzovaných vzoriek mlieka sa len 1 vzorka nachádzala nad limitom 0,01 mg.kg⁻¹, pričom hodnoty vzoriek sa pohybovali v rozpätí od 0,00073 mg.kg⁻¹ do 0,01428 mg.kg⁻¹. Zo vzoriek mliečnych výrobkov 2 vzorky boli nadlimitné, nad hodnotou 0,02 mg.kg⁻¹.

Stráňai a Andreji (2003) sledovali obsah vybraných ťažkých kovov vo svalovine rýb rieky Nitra v oblasti Partizánskeho. Obsah Pb vo svalovine rýb je limitovaný limitovanou hranicou 0,2 mg.kg⁻¹. Obsah tohto prvku sa u analyzovaných druhov rýb pohyboval v rozpätí 0,198- 5,809 mg.kg⁻¹, s priemerom 0,795 mg.kg⁻¹.

Záver

Na základe uvedených výsledkov hodnotenia obsahu vybraných chemických prvkov v časovom intervale štyroch rokov môžeme konštatovať, že priemerné hodnoty sú pomerne rozdielne pokiaľ ide o roky ako aj hodnotené kraje.

Z hodnotených údajov, grafov a tabuliek môžeme konštatovať následné závery :

- dynamika priemerných hodnôt arzénu, kadmia a olova mala za sledované obdobie výrazne klesajúci trend,
- dynamika priemerných hodnôt ortuti za sledované obdobie mala mierne klesajúci trend,
- dynamika priemerných hodnôt zinku a medi za sledované obdobie bola kolísavá, pričom u medi v roku 2010 a zinku v roku 2009 boli zistené extrémne vysoké priemerné hodnoty,
- najvyššie priemerné hodnoty kadmia za sledované obdobie boli vypočítané zo vzoriek Nitrianskeho kraja – 1,413 mg.kg⁻¹,
- najvyššie priemerné hodnoty ortuti za sledované obdobie boli vypočítané zo vzoriek Bratislavského a Prešovského kraja 0,008 mg.kg⁻¹,
- najvyššie priemerné hodnoty olova boli vypočítané zo vzoriek Bratislavského kraja 1,64 mg.kg⁻¹.

Na základe hodnotených výsledkov z databázy ťažkých kovov odporúčame:

- sledovať obsah vybraných prvkov najmä v rizikových oblastiach tak, aby bolo možné vyhodnotiť priemerné hodnoty aj podľa tohto kritéria,
- permanentne sledovať aj vstupné suroviny a závažné potraviny z nich vyrobené,
- vykonávať epidemiologické štúdie obsahu vybraných prvkov v celom potravinovom reťazci,
- analyzovať citlivosť a spoľahlivosť používaných metód stanovenia vybraných kovov.

Použitá literatura

1. BENCKO, V. - CIKRT, M. - LENER, J. 1995. Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka, Praha: Grada Publishing, 1995, 288 s. ISBN 80-7169-150-X.
2. BYSTRICKÁ, J. – TOMÁŠ, J. – MUSILOVÁ, J. 2006. Kontaminácia pôd Stredného Spiša kadmium, olovom a meďou. In *Zborník Environmentálne inžinierstvo III*. Košice: TU, 2006, s. 136-140. ISBN 80-8073-607-3.
3. CAPPON, C. J. - SMITH, J. C. 1995. Chemical form and distribution of mercury and selenium in edible seafood. In *Toxicological and Environmental Chemistry*, roč. 14, 1995, s.10-21.
4. ČÍŽEK, Z. 1993. Těžké kovy. In *Zborník referátov*, roč. 6, 1993, 324 s.
5. DUBOVÁ, Z. Obsah těžkých kovů v potravinách a vliv na lidské zdraví: bakalárska práca. Brno: Masarykova univerzita, 2006, s. 32.
6. FINKELSTEIN, M. E. - GWIAZDA, R. H. - SMITH, D. R. 2003. Lead poisoning of seabirds: environmental risks from leaded paint at a decommissioned military base. In *Environmental Science and Technology*, roč. 37, 2003, č. 15, s. 3256-3560.
7. GOLIAN, J. – SOKOL, J. – CHOVANEC, M. 2004. Obsah ortuti vo vybraných potravinách a pokrmoch spoločného stravovania. In *Zborník Výživa a potraviny pre 3. tisícročie – Spoločné stravovanie*. Nitra: SPU, 2004, s. 144 – 146, ISBN 80-8069-421-4.
8. GREENWOOD, N. N. - EARNSHAW, A. 1993. Chemie prvků. 1. vydanie. Praha : Informatorium, 1993. 793 s. ISBN 80-85427-38-9.
9. HÁJKOVÁ J. 2002. Těžké kovy v životním prostředí a jejich vliv na lidský organismus. In *Státní zemědělská a potravinářská inspekce*. [on-line]. 2002, [cit. 9.4.2011]. Dostupné na internete: <http://www.szpi.gov.cz/cze/aktuality/article.asp?id=54175&chapter=1&cat=2176&previe w=&ts=10ec31>
10. HERČÍK, M. - LAPČÍK, V. - OBROUČKA, K. 1995. Ochrana životního prostředí pro inženýrské studium. Ostrava : Vysoká škola báňská, 1995. s. 205. ISBN 80-7078-255-2.

-
11. CHOI, J. H. - RHEE, S. J. 2003. Effects of vitamine on renal dysfunction in chronic cadmium-poisoned rats. In *Journal of Medicinal Food*, roč. 6, 2003, č. 3, s. 209-215.
 12. JACK, E. F. 1992. The Science of Global Change. 1 kapitola. New Zeland: University of Canterbury, 1992, s. 117-133. ISBN: 9780841221970.
 13. JORHEM, I. - SLORACH, S. - SUNDSTROM, B. - OHLIN, B. 1991. Lead, cadmium, arsenic and mercury in liver and kidney of Swedish pigs and cattle in 1984-88. In *Food Additives and Contaminants*, roč. 8, 1991, s. 201-212. ISSN 1944-0057
 14. KAFKA, Z. – PUNČOCHÁŘOVÁ, J. 2002. Ťěžké kovy v přírodě a jejich toxicita. In *Chemické listy* 96, 2002, s. 611-617.
 15. KIMÁKOVÁ, T. – BERNASOVSKÁ, K. 2005. Monitoring ortuti vo vybranej palete potravín na Slovensku. In *Slovenský veterinársky časopis*, roč. 30, 2005, č. 6, s. 376-377.
 16. KOVÁČ, M. - SUHAJ, M. 1996. Přírodní toxikanty a antinutričné látky v potravinách. Bratislava: VÚP, 1996, s. 140.
 17. KOVÁČIK, J. - DUSCAY, L. - TOMAN, R. 2000. Rizikové faktory potravného reťazca človeka, In *Zborník ťažké kovy v pôdach a rastlinách*. Nitra: SPU, 2000, s. 17.
 18. LÜLLMANN, H. - MOHR K. - WEHLING M. 2004. Farmakologie a toxikologie, 2. vydanie. Praha: Grada Aricentrum, 2004, s. 609–611. ISBN 80-247-0836-1.
 19. MCLAUGHLIN, M. J. - SINGH, B. R. 1999. Cadmium in soils and plants. In *Developments in Plant and Soil Sciences*, roč. 85, 1999 s. 1-7.
 20. MCLAUGHLIN, M. J. – PARKER, D. R. – CLARKE, J. M. 2002. Metals and micronutrients – food safety issues. In *Field Crops Research*, roč. 60, 2002, s. 143–163. [on-line]. 2002, [cit. 3.5.2011], ISSN 0378-4290/99. Dostupné na internete:
http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MImg&_imagekey=B6T6M-3VSP3HX-B-6&_cdi=5034&_user=640830&_orig=search&_coverDate=01%2F01%2F1999&_sk=999399998&view=c&wchp=dGLbVtbzSkzV&md5=8fa8ee970b65822bb65cb04f89ef776a&ie=/sdarticle.pdf
-

-
21. MUNOZ, O. et al. 2005. Estimation of the dietary intake of Cd, Hg, and As by the population of Santiago using a Total Diet Study. In *Food and Chemical Toxicology*, roč. 43, 2005, č. 11, s. 1647 – 1655.
 22. MUSILOVÁ, J. – HARANGOZO, E. – TREBICHALSKÝ, P. 2006. Riziká vstupu těžkých kovů do potravinových surovin z lokálně znečištěných půd Podunajské nížiny. In *Zborník Bezpečnosť a kvalita surovín a potravín*. Nitra: SPU, 2006, s. 377-383. ISBN 80-8069-767-1
 23. NOOR EL DEEN, A. L. E. et al. 2011. Field study on Cadmium pollution in water and Crustacean gill parasites in cultured *Tilapia zilli* at Lower Egypt fish farms. In *Live Science Journal*, roč. 8, 2011, č. 2, s. 600. ISSN 1097-8135.
 24. PISKAČ, A. - KAČMAR, P. et al. Veterinární toxikologie. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1985, 77 s.
 25. PROKEŠ, J. 2005. Úvod do toxikologie 1. Praha: Lékařská fakulta Praha, 2005. 64 s.
 26. PROKEŠ, J. et al. Základy toxikologie. Praha: Galen, 2005. s. 16. ISBN 80 – 7262 – 301 -X. 247.
 27. RITZ, M. - BARTOŇOVÁ, L. - KLIKA, Z. 2003. Emise těžkých kovů a polyaromatických uhlovodíků při spalování uhlí v průmyslových a malých topeništích. In *Zborník Vědeckých prací Vysoké školy báňské - technické univerzity*, Ostrava, 2003, s. 69-82.
 28. ROJAS, E. - HERRERA, L. A. - POIRER, L. A. - WEGMAN-OSTROSKY, P. 1999. Are metals carcinogens? In *Mutation Research*, roč. 443, 1999, s. 157-181.
 29. ROUS, P. - JELÍNEK, P. 2000. The effect of increased soil contamination with heavy metals on their content in some rabbit tissues. In *Czech Journal of Animall Science*, 2000, č. 45, s. 319-324.
 30. RUPRICH, J. 2002. Monitoring zdravotního stavu obyvatelstva. Praha: Státní zdravotní ústav.[on-line], 2002, [cit. 3.5.2011]. Dostupné na [www: http://www.chpr.szu.cz/monitor/tds05c/CHEMON/anorg/PB.pdf](http://www.chpr.szu.cz/monitor/tds05c/CHEMON/anorg/PB.pdf)
 31. RUSEK, V. 2001. Základy toxikologie a úvod do problematiky hygieny a bezpečnosti práce v chemické laboratoři. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2001, s. 105.
-

-
32. SATARUG, S. - BAKER, J. R. - URBENJAPOL, S. et. al. 2003. A global perspective on cadmium pollution and toxicity in non-occupationally exposed population. In *Toxicology Letters*, 1-2, 2003, s. 65-83.
 33. SLAMEČKA, J. - TATARUCH, F. - HELL, P. - JURČÍK, R. - MASSÁNYI, P. 2002. Kolísanie hladiny ťažkých kovov v orgánoch zajaca poľného v revíri PZ Trnava mesto v priebehu roka. In *Zborník Folia Venatoria*, roč. 32, Zvolen, 2002, s. 121-128. ISBN 80- 888-62-1
 34. SMOLDERS, E. - BRANS, K. - FÖLDI, A. - MERCKX, R. 1999. Cadmium fixation in soils measured by isotopic dilution. In *Soil Science Society of America Journal*, roč. 63, 1999. s.78-85.
 35. SOKOL, J. - UHRÍN, V. - MASSÁNYI, P. et al. 1998. Kadmium a jeho výskyt v organizmoch živočíchov. Bratislava : Štátna veterinárna správa SR, 1998, 116 s. ISBN 80-7148-022-3.
 36. SOYLAK, M. - COLAK, H. - TURKOGLU, O. et al. 2005. Determation of trace metal content of herbal and fruit teas produced and marketed from Turkey. In *Trace Elem. Elec.* roč. 22, 2005, s. 192-195.
 37. STOEPLER, M. 1991. Cadmium. In *Metals and their compounds in the environment*, 1991, s. 803-851.
 38. STRÁŇAI, I. – ANDREJI, J. 2003. Vybrané ťažké kovy vo svalovine rýb rieky Nitry v oblasti Partizánskeho. In *Zborník Rizikové faktory potravinového reťazca III*. Nitra : SPU, 2003, s. 140 – 142, ISBN 80-8069-282-3.
 39. SVOBODOVÁ, Z. - MÁCHOVÁ, J. - VYKUSOVÁ, B. - PIAČKA, V. 1996. Metals in the surface water ecosystems. Vodňany: VURH, 1996, s. 1–18.
 40. TOMAN, R. - GOLIAN, J. - MASSÁNYI, P. 2003. Toxikológia potravín. Nitra: SPU, 2003, s. 17 - 26. ISBN 80-8069-166-5.
 41. TOMAN, R. - MASSÁNYI, R. 1997. Štrukturálne zmeny semenníka a prisemenníka králika po podaní kadmia. Nitra : SPU, 1997. 83 s. ISBN 80-7137-420-2.
 42. TÓTH, T. – POSPÍŠIL, R. – PARILÁKOVÁ, K. – MUSILOVÁ, J. – BYSTRICKÁ, J. 2005. Distribúcia ťažkých kovov v pôdach aplikáciou substrátu po výrobe biokalu. In *ChemZi*, 2005, č. 1, s. 108-109.
 43. VELÍŠEK, J. 2002. *Chemie potravin 2*. Tábor: Osis, 2002, s. 100–107. ISBN 80-86659-01-1.
 44. VELÍŠEK, J. 2002. *Chemie potravin 3*. Tábor: Osis, 2002, s. 368.
-

-
45. VESTNÍK MPSR, ročník XXXVI, 1.apríl 2004, čiastka 10-I.časť. VÝNOS MPSR a MZSR z 15.marca 2004 č.608/4/2004-100.
 46. VESTNÍK MPSR, ročník XXXVI, 1.apríl 2004, čiastka 10-I.časť. VÝNOS MPSR a MZSR z 15.marca 2004 č.608/3/2004-100.
 47. VOLLMANNOVÁ, A. – TÓTH, T. – TOMÁŠ, J. – JOMOVÁ, K. 2003. The affection of intake of some micronutrients by grain of bean grown on extremely acid soil. In *Chemické listy*, roč. 97, 2003, č. 8, s. 801.
 48. ZIEGLER, E. E. - EDWARDS, B. B. - JENSEN, R. L. Absorption and retention of lead by infants. In *Pediatr. Res.*, roč. 12, 1978, s. 29-34.