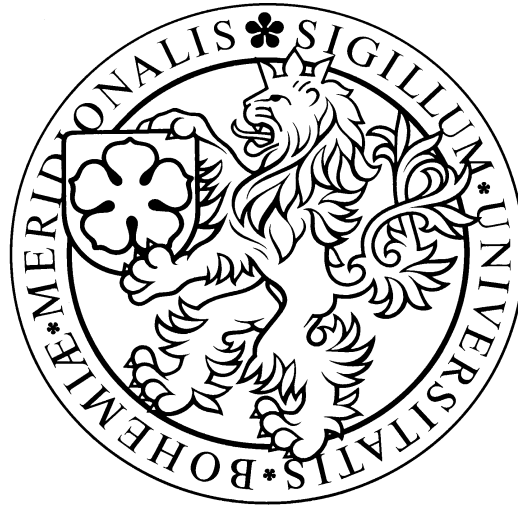


Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zemědělská fakulta



Diplomová práce

Bioindikace antropogenního zatížení prostředí chemickými polutanty  
(těžké kovy) s pomocí včel a jejich produktů (včelí med).

Bioindication of man effect on environmental pollution by chemical  
pollutants (heavy metals) with the use of bees and their products  
(bee honey).

Václav Kos

2008



## **Anotace**

Hlavním cílem mé práce bylo zhodnotit zdali je možné použít včelu medonosnou – *Apis mellifera* a její med jako bioindikátor znečištění životního prostředí těžkými kovy.

Srovnávány byly dvě oblasti první byla emisně více zatížena (Praha) a druhá oblast byla emisně méně zatížena. Během tří let bylo z každé oblasti odebráno pět vzorků včelího medu.

Analýzy byly provedeny na kadmium, olovo a rtuť. Ve většině vzorků byly naměřeny vyšší koncentrace v medu odebraném z více znečištěné oblasti. Avšak ne všechny koncentrace těžkých kovů v medu odrážejí emisní zatížení sledovaných oblastí. Pro potvrzení vhodnosti včelího medu jako bioindikátoru zatížení životního prostředí těžkými kovy by bylo potřeba odebrat vzorky z více oblastí.

**Klíčová slova:** včela medonosná, *Apis mellifera*, bioindikátor, těžké kovy.

**Bioindication of man effect on environmental pollution by chemical pollutants  
(heavy metals) with the use of bees and their products (bee honey).**

Václav Kos

University of South Bohemia  
Agricultural faculty

**Abstract:**

The main objective of my work was to evaluate if it is possible to use the honey bee - *Apis mellifera* as a bioindicator of the environmental contamination by heavy metals.

Two areas were being compared. The first one was more affected by emission (The Capital city of Prague) and the second one was less hit by emission (The Highlands). During the course of three years five samples of bee honey were taken from each area.

The analysis was made to show how much cadmium, lead and mercury the samples contained. In most samples higher concentration of these chemicals were dealt out in honey taken from the more polluted area. Although not all the concentrations of heavy metals in honey reflect the emission burden of the examined areas. It would be necessary to take samples from a larger number of areas in order to confirm the conclusion that bee honey is a suitable bioindicator of the environmental contamination by heavy metals.

**Key words:** honeybee, *Apis mellifera*, bioindicator, heavy metals.

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval Doc. RNDr. Jaroslavu Boháčovi, DrSc. a Mgr. Vladislavu Chrastnému, Ph.D. za konzultace, připomínky a věcné rady. Dále bych rád poděkoval panu Ing. Janu Bastlovi za provedení analýz těžkých kovů ve včelím medu. V neposlední řadě patří můj dík panu Miroslavu Švarcovi, jehož rady a pomoc byli neocenitelné při péči o má pokusná včelstva.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně na základě vlastních zjištění a za pomoci uvedené literatury.

.....

Václav Kos

V Českých Budějovicích dne 29.4.2008

Vedoucí diplomové práce:

Doc. RNDr. Jaroslav Boháč, DrSc.

Katedra agroekologie

Konzultant diplomové práce:

Mgr. Vladislav Chrastný, Ph.D.

Katedra chemie

## Obsah:

<b>1. Úvod.....</b>	<b>10</b>
<b>2. Literární přehled .....</b>	<b>12</b>
2.1. Včela medonosná - <i>Apis mellifera</i> (L.) – zařazení a vztah s člověkem.....	12
2.2. Význam včely medonosné.....	12
2.3. Stav chovu včely medonosné v ČR .....	13
2.4. Rozšíření včely medonosné .....	14
2.5. Med a ostatní včelí produkty .....	14
2.5.1. Med.....	14
2.5.2. Vosk.....	15
2.5.3. Propolis.....	15
2.5.4. Pyl.....	15
2.5.5. Mateří kašička.....	16
2.6. Těžké kovy.....	16
2.6.1. Zdroje a ekotoxikologická charakteristika olova (Pb).....	18
2.6.2. Zdroje a ekotoxikologická charakteristika kadmia (Cd) .....	18
2.6.3. Zdroje a ekotoxikologická charakteristika rtuti (Hg) .....	19
2.7. Včela medonosná jako bioindikátor .....	20
2.7.1. Proč je včela medonosná dobrý bioindikátor .....	20
2.7.2. Co může včela medonosná indikovat .....	22
2.7.3. Metody které se používají při bioindikaci s použitím včely medonosné .....	25
2.8. Hygienické povolené limity těžkých kovů v medu .....	30
<b>3. Vlastní experimentální část .....</b>	<b>31</b>
3.1. Materiál a metody.....	31
3.2. Výběr a charakteristika sledovaných lokalit.....	31
3.1.1. Charakteristika lokality Březiněves - hl. město Praha.....	33
3.1.2. Charakteristika lokality Houserovka - Vysočina.....	35
3.3. Odběr vzorků medu .....	37
3.4. Rozbory vzorků .....	37
<b>4. Výsledky a diskuse .....</b>	<b>38</b>
4.1. Koncentrace rtuti ve včelím medu.....	38
4.2. Koncentrace kadmia ve včelím medu.....	40
4.3. Koncentrace olova ve včelím medu.....	42



4.4. Celkové zatížení sledovaných oblastí monitorovanými těžkými kovy .....	44
4.5. Koncentrace těžkých kovů v medu z hlediska hygienických limitů .....	45
<b>5. Závěr.....</b>	<b>48</b>
<b>6. Použitá literatura.....</b>	<b>50</b>
<b>7. Seznam fotografií, tabulek, obrázků a grafů .....</b>	<b>53</b>

**motto:**

„Pokud by zmizely na Zemi včely,  
zbývají lidem jen čtyři roky života.“

Albert Einstein

## 1. Úvod

Včela medonosná byla již v dávné minulosti člověkem hojně využívána a to především ke sběru medu, který byl vždy vysoce ceněn. Na území dnešní České republiky pochází první písemné zápisy zmiňující chov včel už z počátku jedenáctého století. Dalo by se říci, že již tenkrát, i když ne v pravém slova smyslu byla včela bioindikátorem, neboť bylo zvykem považovat místo, kde byly včely hojné za vhodné prostředí k životu (Beránek, 2003).

Včela medonosná má v přírodě nezastupitelnou roli jakožto opylovač kulturních, ale především divokých entomofilních rostlin. V opylování hmyzem mají včely 90% podíl. Včely navštěvují mnoho druhů rostlin a nesespecializují se jen na některé druhy. Další jejich důležitou vlastností je jejich florokonstantnost tzn. že po určitou dobu navštěvují pouze jeden druh a dojde tak k dokonalému opylení navštěvovaného druhu. Velký význam má též včela v opylování kulturních rostlin, kde je prokazatelné, že kvalitní opylování zvyšuje výnosy a zlepšuje kvalitu semen (Díememrová, 1995).

Včela medonosná vytváří v Evropě několik ras. Nejznámější je z nich svou pílí včela kraňská. Včela žije sociálním způsobem života v početně bohaté kolonii. Žádný jedinec však není schopen existence bez svého domova. V čele státu stojí matka – královna. Nejpočetnějšími obyvateli jsou dělnice - nedospělé samičky, a dočasnými příslušníky také samci - trubci (Zahradník, 1987).

Negativní faktory antropogenní činnosti způsobují narušování životního prostředí a do přírody se díky člověku dostávají látky, které jsou buď nepůvodní svým složením a nebo nepřírozené svým množstvím (těžké kovy, pesticidy a jiné polutanty). Svou přítomností a aktivitou pak následně způsobují destabilizaci a v nejhorším případě i likvidaci přírodních ekosystémů do kterých patří i včela medonosná a včelstvo jako základní biologická jednotka. Jedním z největších a nejplošnějších zatížení životního prostředí jsou imise z průmyslových částí lidských aglomerací a automobilového provozu. Právě toto zatížení člověka přivádí k potřebě zjišťovat množství a složení emisního spadu.

A právě to, že se jedná o znečištění plošné a velmi obtížně měřitelné, nás přivádí k možnosti využití včely medonosné - *Apis mellifera*, jako bioindikátoru znečištění životního prostředí. Včelu medonosnou k tomuto využití přímo předurčují především její specifické vlastnosti. Jsou to vlastnosti etologické a morfologické. Včela medonosná je velmi snadno chovatelná, je nenáročná na potravu, jejich těla jsou pokryta chloupky, které umožňují zachytávat materiál a látky s kterými včely přijdou do kontaktu. Včely jsou vysoce citlivé na většinu produktů používaných k ochraně rostlin, což může odhalit jejich nevhodné používání

např. v zemědělství. Dále mají velmi vysokou rozmnožovací schopnost a krátký život což způsobuje, že kolonie prodělává neustálou regeneraci. Jejich velká mobilita a rozptyl umožňuje monitorovat velkou oblast. Včela medonosná se dostává do kontaktu s téměř všemi součástmi životního prostředí. Včela nám sama přináší do úlu velmi kvalitní vzorky jako jsou - nektar, medovice, pyl, voda a ukládá je zde v podobě medu, vosku, propolisu nebo přímo jako pyl a samozřejmě také kumuluje velké množství látek ve svém těle (Porrini, Sabatini, 2003).

Prvkové složení včel a jejich produktů odpovídá kontaminaci půdy, vody, a rostlin na území, které včelám poskytuje potravu. V imisních oblastech jsou nadzemní části rostlin obohacovány toxickými prvky přímo i přes půdu, rozevřenými květy jsou též kontaminovány reprodukční orgány rostlin, které včely při sběru potravy navštěvují. Kromě pylu a nektaru jsou potravními zdroji včel medovice, produkovaná mšicemi v lesních porostech a voda. Všechny tyto složky potravy včel mohou být v imisních oblastech významně kontaminovány toxickými prvky, které se ukládají ve včelích produktech a ovlivňují zdravotní stav včel (Mondspiegel, 1992).

Včelí med je také důležitý jako potravina. Proto nás zajímá nejen jeho složení z hlediska medu jako bioindikátoru znečištění životního prostředí, ale i jeho složení z hlediska medu jako potraviny pro člověka, nebezpečné jsou především těžké kovy zejména kadmium.

Cílem mé práce je vytvoření literárního přehledu o poznatecích, které jsou známé o včele medonosné jako bioindikátoru znečištění životního prostředí. Cílem je též přispět k otevřené otázce vhodnosti či nevhodnosti včely medonosné jako bioindikátoru znečištění životního prostředí. Dále pak vyhodnocení hygienické kvality včelího medu po rozboru na těžké kovy.

## 2. Literární přehled

V literárním přehledu budou zmíněny nejdůležitější záležitosti týkající se významu včely medonosné jako bioindikátoru znečištění životního prostředí a možnosti jejího využívání. Dále pak informace o využívání včelího medu jako potraviny ve vztahu k hygienickým limitům těžkých kovů.

### 2.1. Včela medonosná - *Apis mellifera* (L.) – zařazení a vztah s člověkem

Včela medonosná, *Apis mellifera* (L.), systematicky ji zařazujeme do řádu blanokřídlí – Hymenoptera, podřádu štíhloпасí – Apocrita, nadčeleď včely – Apoidea, čeleď včelovití – Apidae a druh včela medonosná – *Apis mellifera* (L.) (Zahradník, 1987).

Včela je společenský hmyz, který žije v početných (40.000 – 80.000 jedinců) a trvalých společenstvech, která nazýváme včelstva. Včelstvo tvoří oplozená matka a její potomstvo – dělnice a trubci. Žádná včela není schopna žít delší dobu sama. (Veselý, 1999). Včelu považujeme za domácí zvíře, přestože se jí nikdy nestala. Již před 6000 lety ji chovali staří Egypťané. Svědčí o tom mnoho obrazových dokumentů v hrobkách i ve starých chrámech. Včela však žila odedávna divoce a i když během doby do určité míry zdomácněla, dodnes je schopna existovat bez pomoci člověka. Člověk se snaží usměrnit způsob jejího života především tím, že jí poskytuje bezpečné a pohodlné obydlí v úlech i s patřičným stavebním příslušenstvím a přikrmuje ji (Zahradník, 1987).

### 2.2. Význam včely medonosné

Význam chovu včel spočívá především v opylovací činnosti. Včela medonosná opyluje přes 90% hmyzosubných rostlin. Tyto rostliny by se bez včely medonosné nemohly rozmnožovat a postupně by vymizely z naší přírody (Dímemrová, 1995). Nesmírně důležitou roly hraje také v opylování kulturních rostlin. V současné době je včela medonosná nesmírně důležitá při opylování semenářských porostů řepky. Velmi významnou úlohu však sehrává i u produkčních porostů řepky, kde prokazatelně zvyšuje výnos a kvalitu semen (Vašák, 2004). Stejně tak má význam i v ovocnářství, kde po přísunu k ovocným sadům se výrazně zlepšuje kvalita a výnos ovocných plodů. Je však nutné poznamenat, že nároky na opylování u jednotlivých druhů ovocných dřevin jsou odlišné. Podle odlišných požadavků se odvíjí i výše potřeby opylování včelou medonosnou (Řeháček, 2002).

### 2.3. Stav chovu včely medonosné v ČR

Současný stav počtů včelstev v ČR zaznamenává dlouhodobě klesající tendenci s určitými výkyvy způsobenými dotační politikou (tab. 1). Příčinou současného nízkého stavu počtů včelstev v ČR je především nevýhodná ekonomická stránka chovu. Ta je způsobena především nízkou výkupní cenou medu, vysokou cenou cukru a dovozem levného medu ze zahraničí (Peroutka, 2005). Z hlediska dostatečného opylování divokých i hmyzosnubných rostlin by bylo v ČR potřeba přibližně 700.000 včelstev oproti současným 525 560 včelstev. I když v posledních letech zaznamenáváme mírný nárůst počtu včelstev, lépe řečeno stabilní situaci, tak počet včelařů neustále klesá. Nárůst počtu včelstev je dán přibýváním velkovčelařů a úbytek včelařů je dán neustále stárnoucí včelařskou členskou základnou (Ministerstvo zemědělství ČR, 2007).

Tab. 1: Vývoj počtu včelařů a včelstev (Ministerstvo zemědělství ČR, 2007).

<b>Rok</b>	<b>Počet včelařů</b>	<b>Počet včelstev</b>
1993	73.401	685.321
1994	70.534	630.026
1995	65.805	622.336
1996	61.428	537.136
1997	58.647	510.363
1998	57.280	542.161
1999	57.622	564.981
2000	55.245	534.814
2001	53.315	537.226
2002	52.768	517.743
2003	50.940	477.734
2004	50.109	556.853
2005	49.824	551.682
2006	48.678	525.560

V Evropské unii bylo k roku 2002 (EU 15) 8.793.078 včelstev. Podíváme-li se na vývoj počtů včelstev v Evropské unii od roku 1992 do roku 2002, tak zaznamenáme výrazný nárůst počtů včelstev ve Španělsku. Mírný pokles včelstev v Německu a Francii. Ostatní státy Evropské unie zaznamenávají více či méně stabilní vývoj (Lloria, 2004).

## **2.4. Rozšíření včely medonosné**

Jednou z největších výhod využívání včely medonosné jako bioindikátoru je její rozšíření na velkých územích a jejich početnost (Porrini, Sabatini, 2003). Velkou výhodou v možnosti celosvětového využívání je i její rozšíření ve všech zeměpisných pásmech s výjimkou severního a jižního pólu (German, Bender, Rodacy, 2003). Velmi dobré pro monitorování stavu životního prostředí je též i poměrně velké a pravidelné zavčelení na území České republiky, ale i celé Evropy (Lloria, 2004). Včely jsou rozšířeny v oblastech málo zatížených chemickými látkami, tak i v oblastech které jsou velmi zatížené. Téměř dokonalé rozmístění včelstev v různě zatížených oblastech je přímo dáno tím, kde všude žije člověk. Ošetřování včelstev je totiž poměrně časově náročná práce, která vyžaduje mít včelstva v blízkosti bydliště. Rozmístění včelstev v určitých oblastech vlastně tvoří jakési monitorovací sítě, které se dají poměrně lehce na nezavčelených plochách doplňovat. Přirozeně rozmístěná včelstva vytvářejí veliké potencionální možnosti monitorování velkých ploch (Porrini, Sabatini, 2003).

## **2.5. Med a ostatní včelí produkty**

Včela medonosná svou činností vytváří několik produktů. Je to včelí med, který je pro člověka nejvýznamnější, dále pak včelí vosk ke stavbě včelího díla, propolis sloužící včelám jako tmel k utěsňování drobných mezer v úlu, mateří kašička sloužící jako výživa včelích larev. Podrobnějšímu popisu včelích produktů se věnují následující kapitoly. Významným včelím produktem je také včelí jed, využívaný především ve farmacii, avšak k bioindikaci se nevyužívá a proto se o něm dále nezmiňuji.

### **2.5.1. Med**

Včelí med je nejznámější a nejdůležitější včelí produkt. Med definujeme jako sladkou hmotu vytvářenou včelami z nektaru nebo z medovice, které včely sbírají, přetvářejí pomocí výměšků hltanových žláz a zralý uskladňují v plástech. Účelem zrání je přetvoření řídkých, a tedy i mikrobiálně nestálých přírodních šťáv na hutné a mikrobiálně stálé zimní zásoby – med. Při zrání se mění i chemické složení původních surovin. Především se štěpí sacharóza na invertní cukr a současně z jednoduchých cukrů vznikají cukry složitější. Med je z 15 – 21% tvořen vodou. Sušina medu je z 95% tvořena různými cukry, většinu tvoří fruktóza a glukóza. Cukernou součástí medu je i sacharóza, která se však enzymaticky štěpí a proto je jí v medu jen okolo 1%. Med také obsahuje množství oligosacharidů a to kolem 10%.

Med dále obsahuje velké množství organických kyselin, aminokyselin, vitaminů, barviv, aromatických látek, látek hormonální povahy a další stovky přírodních látek (Veselý, 2003).

### **2.5.2. Vosk**

Včelí vosk je metabolický produkt včely, který se tvoří ve voskotvorné žláze včely dělnice, jejímž vnějším zakončením jsou vosková zrcadélka na třetím, čtvrtém, pátém a šestém zadečkovém článku. Z vosku včely stavějí plásty do nichž ukládají pylové a medné zásoby a také odchovávají plod. Chemické složení včelího vosku je velmi složité. Základní složky tvoří monoestery 35%, uhlovodíky 14%, diestery 14%, volné kyseliny 12%. (Veselý, 2003).

### **2.5.3. Propolis**

Propolis patří také mezi tradiční včelí produkty. Je to pryskyřičnatá látka příjemné aromatické vůně, jejíž barva se mění podle původu a stáří od zelenožluté až k temně hnědé. Za chladu je propolis tvrdý a křehký, při úlové teplotě se stává měkký a tvárný. Suroviny pro výrobu propolisu včely sbírají na rostlinách vylučujících pryskyřičné látky. Tyto látky pak včely aktivně zpracovávají výměšky svých žláz. Propolis včely používají jako stavební a ochrannou látku k vystýlání a vyztužování buněk plástů. Propolis má také ochranné, antiseptické účinky. Chemické složení propolisu je dle různých autorů velmi variabilní. V zásadě však platí že se skládá z pryskyřičných látek 50%, včelí vosk 30%, balzámy a éterické oleje 10% (Veselý, 2003).

### **2.5.4. Pyl**

Pylová zrna jsou samčí pohlavní buňky vyšších rostlin, které včely donášejí jako svou základní bílkovinnou potravu. Včely ukládají pyl v plástech a přidávají k němu látku zabraňující klíčení. U uskladněného pylu dochází k biochemickým změnám, které vedou ke zvýšení kyselosti a zvýšení obsahu bílkovin rozpustných ve vodě. Pyl obsahuje až 30% vody a je hygroskopický. Převážnou část sušiny tvoří zpravidla cukry. Jsou to hlavně polysacharidy škrob a callóza, která je pro pyl typická. Obsahuje i ostatní cukry jako jsou glukóza, fruktóza a sacharóza. Obsahuje až 10% lipidů, sterolů a mastných kyselin. Bílkoviny tvoří asi třetinu sušiny pylu. Většina z nich jsou enzymy, kterých je v pylu několik tisíc. Pyl rovněž obsahuje volné aminokyseliny tvořící asi 6% sušiny. Dále pak velké množství vitaminů. Obsahuje též flavonoidní a karotenoidní barviva, nukleové kyseliny a růstové látky, jako jsou gibereliny a auxiny (Veselý, 2003).



### 2.5.5. Mateří kašička

Mateří kašička je produkt hltanových žláz dělnic. Je to krmná šťáva sloužící k výživě včel v ranných vývojových stádiích a především k výživě matky, která ji dostává po celý svůj život. Z fyzikálně - chemického hlediska se jedná o hustou smetanově žlutou látku typické vůně a kyselé chuti. Objem vody v kašičce dosahuje hodnot 65 – 70%, cukry tvoří do 40% sušiny, bílkoviny asi 30% a tuky 12 – 20%. Dále pak velké množství minerálních látek a prakticky všechny známé vitamíny. Mateří kašička má vliv na kastovou diferenciaci matek a dělnic, konkrétně množství a zastoupení jednotlivých cukrů (Veselý, 2003).

### 2.6. Těžké kovy

Při mnoha lidských činnostech (spalování fosilních paliv, automobilismus, zemědělství, těžební a metalurgický průmysl) se do ovzduší uvolňují těžké kovy, které se pak šíří i do ostatních složek životního prostředí. V současné době je zaznamenáván pokles znečištění těmito rizikovými látkami (Sucharová, Suchara, 1998), avšak i nadále je nesmírně důležité tyto látky především pak v rizikových oblastech monitorovat.

Termín těžké kovy je používán z různých hledisek. Z fyzikálního hlediska se jedná o kovy o měrné hmotnosti větší než  $4,5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ . Z biologického hlediska se jedná o kovy, které jsou biologické účinné a to i včetně tzv. lehkých kovů (jako je např.hliník) a polokovy (zejména arsen a selen). Pro všechny tyto prvky se používá termín těžké kovy. Nejběžněji sledovanými těžkými kovy jsou v abecedním pořadí Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb a Zn (Kalač, Tříška, 1998).

Základní aspekt odlišující těžké kovy od ostatních znečišťujících látek (pesticidy) je jejich role v životním prostředí. Pesticidy jsou rozšířeny, jak v čase, tak v místě a v závislosti na chemické sloučenině, jsou eliminovány různými vlivy. Těžké kovy jsou naopak vylučovány neustále různými přírodními zdroji a nejsou eliminovány a vstupují do biologických cyklů (Porrini, Sabatini, 2003).

Přítomností cizorodých látek v prostředí může být snížena aktivita a opylovací schopnost včel s následným narušením článků potravních řetězců jiných živočichů živících se především semeny rostlin (Mondspiegel, 1992).

Kontaminace jednotlivých složek životního prostředí těžkými kovy vzrůstá v důsledku rostoucí produkce a spotřeby, jak tradičně využívaných kovů, tak těch, které jsou v rychle rostoucí míře aplikovány v moderních technologiích. Těžké kovy nejsou na rozdíl od většiny organických látek v biologických systémech degradovány a hromadí se v povrchových vrstvách půdy a v sedimentech toků a vodních nádrží. Část se mikrobiální činností methyduje

(zejména rtuť, arsen a cín) a jejich toxicita podstatně vzrůstá. Těžké kovy také vstupují do různých článků potravních řetězců, zde jsou pak také nejnebezpečnější (Kalač, Tříška, 1998).

Mezi cesty znečištění životního prostředí těžkými kovy patří zejména:

- větrná eroze polymetalických odpadů ze skládek u kovohutí
- prach z pyrolytických hutních procesů
- průnik do podzemních vod při loužících procesech těžby rud
- spalování uhlí, především hnědého
- odpadní vody z galvanizoven ( Ni, Cr, Cd, Zn ), koželužen ( Cr ), brusíren skla ( Pb ) a složišť popílků
- průmyslová hnojiva spolu s okyselováním půd, které vede ke zvýšené využitelnosti těžkých kovů pro rostliny(Kalač, Tříška, 1998).

Tab. 2: Vývoj emisí těžkých kovů v letech 2000-2005 (Ministerstvo životního prostředí ČR, 2007).

Rok	Těžké kovy		
	Pb	Cd	Hg
	t.rok <sup>-1</sup>	t.rok <sup>-1</sup>	t.rok <sup>-1</sup>
<b>2000</b>	105,7	2,9	3,8
<b>2001</b>	46,7	2,6	3,3
<b>2002</b>	47,2	2,7	2,8
<b>2003</b>	47,2	2,3	1,8
<b>2004</b>	36,6	2,4	2,1
<b>2005</b>	47,1	3,1	3,8

Z tabulky 2 je patrné, že množství emisí těžkých kovů se nesnižuje, ale naopak v posledním roce byl zaznamenán nárůst. Z těchto údajů jasně vyplývá, že potřeba monitoringu těžkých kovů je i nadále aktuální problém.

### **2.6.1. Zdroje a ekotoxikologická charakteristika olova (Pb)**

Ačkoliv přírodní procesy vznášejí do globálního životního prostředí cca 180.000 tun olova ročně, za globální ekotoxikologické problémy spojené s výskytem olova jsou odpovědné následující antropogenní vstupy:

- těžba a úprava železných a neželezných rud (30% celkových emisí olova)
- spalování uhlí a topných olejů (4,5% celkových emisí olova)
- spalování odpadů a dřeva (1% celkových emisí olova)
- různé jiné zdroje (například nátěry, baterie atd. 3,5% celkových emisí olova)
- spalovací motory (61% celkových emisí olova před rokem 1989)

Olovo je v atmosféře vázáno na prachové částice, kam se dostávalo především z automobilů spalující benzín s tetraethylolovem, tzn. že ekotoxikologický efekt je vázán především na městskou zástavbu. Zvýšená hladina olova ve vodních ekosystémech je způsobena především těžebními aktivitami ze kterých se olovo dostává do okolního sedimentu, kde potom dochází k methylaci a uvolňování organoolovnatých sloučenin do vody.

Olovo má afinitu k atomům síry a dusíku, což vede k ovlivnění funkce některých enzymů. Olovo má tendenci se kumulovat v kostní dřeni a tím snižovat tvorbu červených krvinek, což může vést až k anémii (Kalač, Tříška, 1998).

Olovo se v ovzduší váže na jemné respirabilní frakce (PM) (Ministerstvo životního prostředí ČR, 2007).

### **2.6.2. Zdroje a ekotoxikologická charakteristika kadmia (Cd)**

Kadmium je relativně vzácný prvek, ale s významnými toxikologickými vlastnostmi. Kadmium je toxické proto, že má podobné chemické vlastnosti jako zinek, který je důležitým esenciálním prvkem. Kadmium je izomorfní se zinkem a doprovází jej v rudách. Hlavní zdroje znečištění životního prostředí kadmiiem jsou následující:

- těžba a úprava rud
- pokovování kadmiiem
- výroba nikl - kadmiových baterií
- elektronický průmysl (fotovoltaické články)
- průmysl plastických hmot (steran kademnatý jako stabilizátor plastických hmot)
- spalování fosilních paliv (uhlí až 2 ppm, oleje do 0,5 ppm)
- hnojení minerálními hnojivy (superfosfát) (Kalač, Tříška, 1998)

- doprava je méně významným zdrojem (Ministerstvo životního prostředí ČR, 2007)

Kadmium je přijímáno do těla přes buněčné membrány. V organismu se váže na speciální proteiny, které jsou obsaženy především v játrech, ledvinách a krvinkách. Vyšší koncentrace kadmia v ledvinách vyvolá u obratlovců poškození ledvin kadmium je tedy nefrotoxické (Kalač, Tříška, 1998).

Kadmium je vázáno na jemné respirabilní frakce (PM) (Ministerstvo životního prostředí ČR, 2007).

### **2.6.3. Zdroje a ekotoxikologická charakteristika rtuti (Hg)**

Rtuť se vyskytuje ve dvou formách anorganická rtuť a organická rtuť tzv. methylртуť, která vzniká z anorganické rtuti methylací pomocí anaerobních bakterií především v sedimentech. Každá z těchto forem je trochu jinak nebezpečná. Do životního prostředí se dostává lidskou činností kolem 10.000 tun rtuti ročně, ale minimálně 30.000 tun z oceánů a půdy. Hlavní vstupy jsou tyto:

- geochemické zdroje (v zemské kůře se nacházejí ložiska kovové rtuti a sulfidu rtuťnatého, ze kterých se pak uvolňuje nejčastěji jako kovová rtuť do atmosféry)
- průmyslová výroba (výroba acetaldehydu a vinylchloridu - ve většině zemí již zakázána, výroba chloru alkalických hydroxidů)
- nátěry
- farmaceutické preparáty
- zemědělství (v některých státech se používají mořidla obilí obsahující rtuť)
- spalování fosilních paliv (uhlí a ropa obsahuje různé množství rtuti, které se při spalování uvolňuje)

Rtuťnatý kationt má afinitu k atomům síry a dusíku a proto se snadno váže na aktivní místa proteinů.

Toxicita rtuti se mění v závislosti na její formě. Anorganická rtuť špatně prochází bariérou představovanou krevním řečištěm, nevstřebává se ani placentou a ani mozgovými tkáněmi, toxicita se tudíž projevuje především odumíráním buněk v játrech a ledvinách. Naproti tomu organická rtuť prochází velmi snadno bariérami a dostává se do mozkových tkání, zárodku a vaječ. U lidí dochází k neurologickým poruchám a poškození plodu, u ptáků snížením počtu kladených vaječ a omezením líhnutí mláďat (Kalač, Tříška, 1998).

## **2.7. Včela medonosná jako bioindikátor**

Současná doba člověka nutí k tomu, aby se stále intenzivněji zajímal o stav životního prostředí. Jednou z možností, jak zjišťovat vliv lidské činnosti na zdravý organismů a funkci ekosystémů je využití živých organismů jako indikátorů kvality životního prostředí. Jako bioindikátory označujeme organismy nebo jejich společenstva, jejichž životní funkce jsou korelovány s faktory prostředí tak těsně, že mohou sloužit jako jejich ukazatele (Boháč, 1999).

Bioindikátory můžeme rozdělit do tří skupin:

1. Testovací organismy – využívány v laboratořích.
2. Indikátory pro impaktní monitorování – využíváme jejich fyziologických změn, patologických úchylek od normálu nebo také organismy se schopností kumulace látek.
3. Bioindikátory ekologické homeostáze – sledujeme chování (přítomnost, početnost, zastoupení adt.) druhů a společenstev.

Bioindikace je metoda používaná k získání rychlé biologické informace s minimální časovou prodlevou. Biologické monitorování je dlouhodobé v pravidelných intervalech se opakující sledování vybraných organismů a jejich životních projevů (Boháč, 1999).

Bioindikátory znečištění životního prostředí jsou velice účinným nástrojem hodnocení stavu životního prostředí a jsou široce využívány ve vyspělých zemích jako jeden z hlavních zdrojů informace o zátěži prostředí znečišťujícími látkami, trendech vývoje zatížení a pro řadu dalších úkolů. Jejich využití v terestrických a akvatických systémech přináší řadu výhod, jejichž význam je podmíněn řadou faktorů (zeměpisná šířka, industrializace a rozvoj zemědělské výroby, meteorologické podmínky aj.) (Skácel, 2001).

### **2.7.1. Proč je včela medonosná dobrý bioindikátor**

Včela medonosná jako bioindikátor znečištění životního prostředí byla využívána již v šedesátých letech minulého století. Byla a je využívána ke zjišťování stavu životního prostředí a to jak ve městech tak ve volné krajině (Celli, 2003).

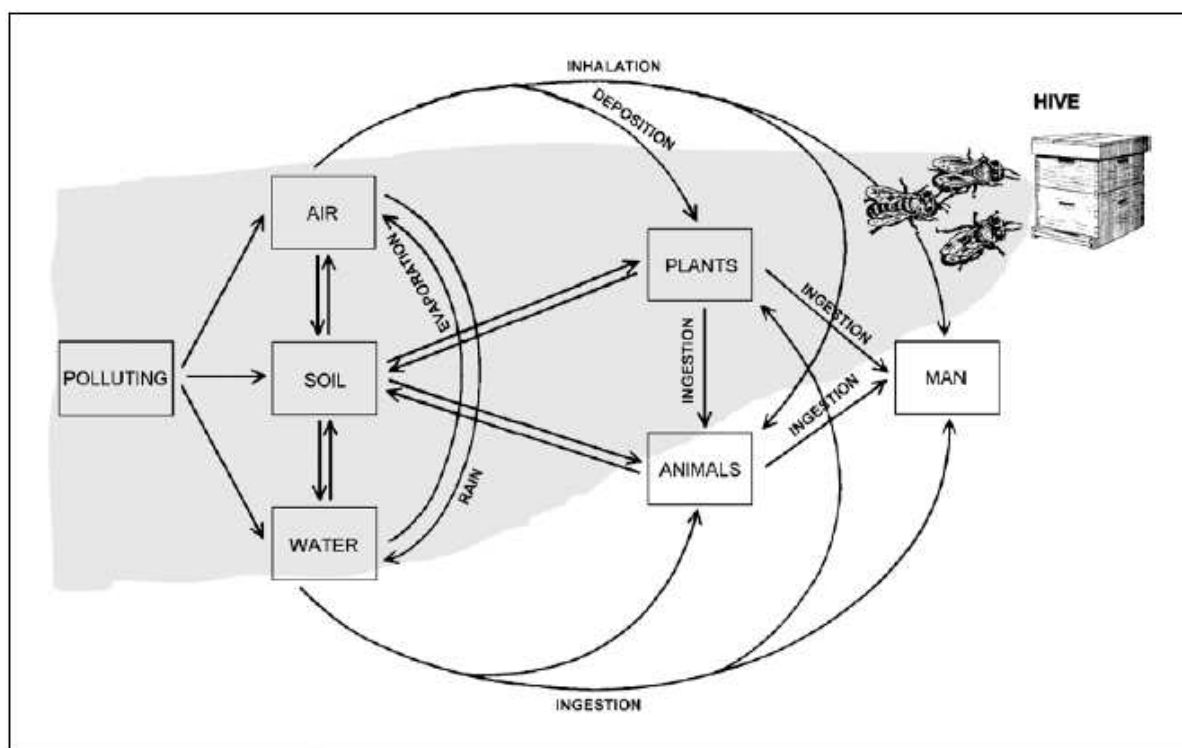
Včela medonosná je velmi dobrým biologickým indikátorem z mnoha důvodů. Předurčují ji k tomu její etologické a morfologické charakteristiky, které z ní dělají spolehlivý ekologický bioindikátor. Včela medonosná je poměrně snadno chovatelná a přizpůsobivá životnímu prostředí (Porrini, Sabatini, 2003). Její přizpůsobivost nejlépe dokazuje její celosvětové rozšíření s výjimkou pouze těch nejextrémnějších oblastí (German, Bender, Rodacy, 2003).

Velice důležitým důvodem vhodnosti včely medonosné pro její využití jako bioindikátoru je její velmi úzké spojení s přírodními podmínkami, na jejichž změny velice citlivě reaguje. Včela medonosná je velice citlivá k velkému množství kontaminujících látek vyskytujících se v životním prostředí vlivem rozvíjejícího se průmyslu a zemědělství (Čermáková, 2001).

Velikou výhodou včel je i jejich délka doletu, která nám umožňuje sledovat imisní zátěže v lokálně zatížených oblastech. Délka doletu je dána potravní nabídkou. Není-li to nutné, tak včely létají na co nejkratší vzdálenost. Toho lze využít například v porostech řepky či slunečnice, abychom zjistili zatížení či kontaminaci velmi malé lokality, řádově se jedná o stovky metrů. Nemá-li však včela ve svém bezprostředním okolí dostatečně atraktivní zdroj potravy, a to je většina případů, pak můžeme s její pomocí sledovat větší avšak stále ještě lokální oblasti. Dolet včely medonosné může činit i 8 km, nejčastěji však 4 – 6 km. Bylo ověřeno, že lze sledovat dvě různě zatížené oblasti vzdálené od sebe pouhých 8 km s velmi přesnými výsledky (Mondspiegel, 1992). Včela je při své snůšce schopna pokrýt území o rozloze více než 7 km<sup>2</sup> (Bromenshek, Carlson, 1985). Dělnice z jednoho úlu jsou denně schopny obléhat až deset miliónů květů (Leita, 1996).

Včela medonosná je také nenáročná na potravu, což ji dělá snadno a levně chovatelnou. Její tělo je pokryto jemnými chloupky, které umožňují zachytávat materiál a látky s kterými včely přijdou do kontaktu (Porrini, Sabatini, 2003). Zachytávání drobných částíček na tělo včely medonosné je způsobeno elektrostatickým nábojem, který slouží k zachytávání drobných částíček z ovzduší (German, Bender, Rodacy, 2003). Další nesmírně důležitou vlastností, která je využívána při bioindikaci, je vysoká citlivost na většinu produktů používaných k ochraně rostlin, což může odhalit jejich nevhodné používání. I jejich vysoká rozmnožovací schopnost a krátký život jsou důležitými vlastnostmi, protože včelí kolonie díky tomu prodělává neustálou regeneraci a máme tak neustále nový neznečištěný (používáme-li k bioindikaci samotná včelí těla), biologický materiál. Pro komplexní sledování větších území našeho životního prostředí je důležitá jejich velká mobilita a rozptyl, která umožňuje monitorovat velkou oblast. Z téhož důvodu je důležité i to, že včela navštěvuje téměř všechny součásti životního prostředí – půdu, rostliny, vodu, vzduch (obr. 1). Dále je pak velmi důležité, že včely nám sami donesou do úlu velké množství látek (vzorků), jako jsou - nektar, pyl, voda, propolis a uskladňují je zde. Člověk je pak může snadno odebírat a provádět rozborů (Porrini, Sabatini, 2003).

Obr. 1: Grafické znázornění cest, kterými kolují polutanty v životním prostředí a přírodních složek, které včela medonosná navštěvuje (Porrini, Sabatini, 2003).



Jinými důvody, které tento blanokřídlí hmyz předurčuje k využívání jako bioindikátorů životního prostředí je jejich vynikající čich, mnohem jemnější a citlivější než mají psi. Kromě toho jsou včely schopné si zapamatovat velké množství různých pachů. Je snadné včely vycvičit, aby zamířily ke zdroji určité vůně, aniž by byla přímo spojena s potravou. Včely si nejen dokáží zapamatovat pachy, s nimiž se střetly, ale tyto znalosti předávají i ostatním včelám. Stačí vycvičit jedinou včelu a všechny ostatní, které se s ní dostanou do kontaktu se to od ní naučí. Těchto posledních vlastností se využívá k tomu, aby včela medonosná místo znečištění sama vyhledala a dovedla nás k němu (German, Bender, Rodacy, 2003).

### 2.7.2. Co může včela medonosná indikovat

Včela medonosná je velmi citlivým bioindikátorem, který dokáže často odhalit i látky, které jsou současnými standardními měřícími přístroji obtížně zjistitelné. Kromě vysoké citlivosti je včela medonosná schopna detekovat i velké množství polutantů znečišťujících

životní prostředí (Porrini, Sabatini, 2003). Polutanty, které včela medonosná může indikovat jsou uvedeny v tabulce 3.

**Tab. 3:** Chemické látky, které může včela medonosná indikovat v krajině.

<b>Chemická látka</b>	<b>Autor</b>	<b>Úroveň indikace (biotop, krajina)</b>	<b>Země</b>
Pesticid (Nurell, Regent)	Kamler, 2001	Řepkové pole	ČR
pesticid (imidacloprid)	Schnier, 2003	Kukuřičné pole	Itálie, Friuli
pesticid (fenoxycarb)	Tornier, Schur, 2002	Pole	Německo
pesticid (fenoxycarb)	Porrini, Celli, 2003	Pole	Itálie
radionuklidy	Porrini, Celli 2003	Krajina	Ukrajina
radionuklidy	Mondspiegel, 1992	Krajina	ČR
těžké kovy (Cd,Cr,Pb)	Conti, Botrè, 2001	Krajina	Itálie, Řím
těžké kovy	Mondspiegel, 1992	Krajina	ČR
těžké kovy	Porrini, Sabatini, 2003	Krajina	Itálie
těžké kovy	Zhelyazkova, 2004	Laboratoř	Bulharsko
těžké kovy	Čermáková, 2001	Krajina	ČR
klimatické změny	Gordo, 2006	Krajina	Španělsko
minová pole	German, Bender, Rodacy, 2003	Krajina	USA

V zemědělství je využíváno obrovské množství chemických látek sloužících k ochraně rostlin, avšak tyto látky mohou být nebezpečné pro lidi, zvířata, rostliny i celé ekosystémy, zejména tehdy, používají-li se nevhodným způsobem, tj. nevhodná doba aplikace, špatná koncentrace, použití velkého množství nebo použití ve špatné kombinaci s jiným prostředkem (Klumpar, 2003).

Při chemickém ošetření řepky ozimé se využívají chemické prostředky, které při nevhodném používání mohou poškozovat životní prostředí. Ve výzkumném ústavě v Libčici nad Vltavou zjistili, že pokud se u uhynulých včel do čtyř dnů udělá rozbor, tak lze zjistit, jaká potencionálně jedovatá látka byla použita (např. Nurell, Regent, atd.) (Kamler, 2001).

V italském regionu Friuli byl v roce 2000 zjištěn nadměrný úhyn včel. Po provedených pokusech a výzkumech se došlo k závěru, že k otravám došlo díky mořidlu na osivo s aktivní látkou imidacloprid. Nebezpečná látka se uvolňovala obrušováním při setí pneumatickými secími stroji. Tato látka se poté dostala do kontaktu se včelou medonosnou,



kteřá díky své veliké citlivosti k nebezpečným látkám odhalila toto uvolňování nebezpečné látky do okolí (Schnier, 2003). V Itálii se také dokázalo, že včely jsou schopny odhalit chemické prostředky, které jsou zakázané a nebo nesprávně používány. V mnoha případech, dokonce italští vědci zjistili že zneužívání nebo nevhodné používání pesticidu nemohlo být prokázáno jinak než bez pomoci včel, konkrétně jejich medu (Porrini, Celli, 2003).

Němečtí výzkumníci pomocí pokusů ve dvou velkých uzavřených tunelech zjistili také velkou citlivost včely medonosné k chemickým prostředkům na ochranu rostlin s aktivní látkou fenoxycarb. Včela tuto látku indikovala zvýšenou úmrtností dospělců a plodu (Tornier, Schur, 2002).

Pokusy probíhající v Bulharsku potvrdili možnost využívání včely medonosné k monitorování znečištění životního prostředí těžkými kovy (Pb, Cd, Cu, Zn, Fe, Mn a Co). Včelám byla podána potrava v podobě cukru s přesně danou koncentrací těžkých kovů. K experimentu bylo použito šest včelstev. Po následných rozborech hemolymfy byla zjištěna zvýšená koncentrace podaných těžkých kovů což poukazuje na schopnost včely kumulovat ve svém těle (hemolymfě) cizorodé látky (Zhelyazkova, 2004).

Včelu medonosnou a její produkty lze také využít k monitorování radionuklidů. Tato možnost se začala prověřovat už v 50. letech a při havárii jaderné elektrárny Černobyl v roce 1986 bylo prokázáno, jak bezchybným indikátorem jsou včely při zjišťování radioizotopů. Bylo analyzováno mnoho vzorků včel, vosku a pylu a výsledky ukázaly, že pyl byl nejúčinnějším indikátorem kontaminace vzduchu radionuklidy (Porrini, Sabatini, 2003). Bylo též zjištěno, že radionuklidy se v různých částech včelího těla hromadí různě. Při využití včely medonosné k indikaci radioaktivity je nejvhodnější rozbor střev, žaludku a především výkalového váčku (Mondspiegel, 1992). Dalším důkazem, že včelu medonosnou můžeme používat jako bioindikátor znečištění životního prostředí, je pozorování italských výzkumníků. Zjistili že v prokazatelně zatíženějších oblastech se v medu, ve včelích tělech a na povrch těl objevují vyšší koncentrace těžkých kovů (Porrini, Sabatini, 2003). Ke stejnému výsledku došli též v Itálii při pokusech přímo v centru města Řím, kde byly prokazatelně vyšší koncentrace těžkých kovů než mimo centrum (Conti, Botrè, 2001).

Včela je také dle nových poznatků schopna díky svým fenologickým vlastnostem detekovat klimatické změny teploty. Zjištění bylo provedeno za pomoci spánkového trendu včely medonosné a běláška řepkového. Experiment má zřejmě dostatečné vypovídací schopnosti neboť pozorování bylo prováděno v letech 1952-2004 (Gordo 2006).

Jednou z nesmírně zajímavých možností je i využití včely medonosné k vyhledávání minových polí. Včela má vynikající čich a paměť na vůně. Je také schopna se naučit létat

za specifickou vůní a naučit to i ostatní včely. Těchto jejích vlastností se právě využívá k vyhledávání minových polí (German, Bender, Rodacy, 2003).

### **2.7.3. Metody které se používají při bioindikaci s použitím včely medonosné**

Způsobů, jakými lze zjišťovat stav životního prostředí pomocí včely medonosné, je více. V zásadě však existují dva základní způsoby jimiž znečištění indikujeme:

1. Velká úmrtnost včel v úlech a před úlem

(tj. především v případě pesticidů a jiných jedů).

2. Rezidua přítomná v jejich těle a na povrchu jejich těla, medu a ostatních produktech

(tj. v případě pesticidů, těžkých kovů, radioaktivity).

Tato znečištění pak mohou být zjištěna vhodnými laboratorními analýzami (Porrini, Sabatini, 2003).

Stejně metody jakými lze pomocí včel zjišťovat zatížení životního prostředí a to jak pomocí reziduí přítomných ve včelích produktech, tak pomocí úmrtnosti včel před úlem uvádí ve své práci také Celli, 2003.

V případě zjišťování přítomnosti pesticidů ve zkoumané lokalitě je nejdůležitějším ukazatelem počet mrtvých včel před úlem. Včely se zachytávají ve speciálních odchyťových zařízeních, která jsou umístěna před česny úlů. Je zde využíváno geneticky naprogramované vlastnosti včel, kdy umírající včela má snahu před smrtí opustit úl. Právě tyto včely jsou, pak odchyťovány v již zmíněných odchyťových zařízeních. Ukazatel se mění v závislosti na několika faktorech:

- toxicita použité látky ( $LD_{50}$ )
- přítomnost a množství květů u pěstovaných či volně rostoucích rostlin
- přítomnost včel v lokalitě v době chemického ošetření
- způsob jakým byl použit a rozšířen pesticid
- přítomnost větru a dalších faktorů

Tyto faktory ovlivňují a omezují použití včel k biologické indikaci. Je zde totiž problém, že mnoho včel, které byly přímo zasaženy insekticidy nemají sílu vrátit se zpět do úlu a umírají na poli nebo během letu. Také některé přípravky mají pro včely repelentní účinky. V těchto dvou případech včely použít nelze (Porrini, Sabatini, 2003).

Avšak jsou-li včely zasaženy jen částečně z rostlin, které opylují, nebo když opylují volně rostoucí rostliny kontaminované větrem, tak neumírají hned, ale umírají až po přeletu do úlů. Jen v těchto případech lze včelu medonosnou použít jako bioindikátor kontaminace zkoumané lokality. A počet mrtvých včel se tak stává přímým ukazatelem znečištění.

V případě sloučenin, které nejsou obzvlášť nebezpečné pro hmyz, hraje roli nepřímého indikátoru. Je totiž vystaven znečišťujícím látkám a poskytuje informaci ve formě zbytkových látek. Počet mrtvých včel je monitorován každý týden. Některé z insekticidů nezpůsobují tak vysokou úmrtnost včel, ale mohou způsobit vážné změny v jejich chování i při nízkých dávkách. Tyto aktivní látky se těžko zjišťují chemickou analýzou, a proto výše zmíněné ukazatele (úmrtnost a rezidua) nejsou schopny takovéto látky odhalit (Porrini, Sabatini, 2003).

Při zjišťování látek, které jsou obsaženy v atmosféře se využívá jemného ochlupení na částech včelího těla. Jsou takto využívány především k monitorování těžkých kovů. Těžké kovy přítomné v atmosféře se mohou ukládat na ochlupených tělech včel a být přineseny do úlu spolu s pylem nebo mohou být absorbovány spolu s nektarem květin, vodou a medovicí. Při použití včely medonosné a jejích produktů jako bioindikátoru je nutné brát v úvahu velké množství proměnných:

- počasí (déšť a vítr mohou vyčistit atmosféru nebo přesunout těžké kovy do jiných sektorů)
- roční období (množství nektaru je většinou větší na jaře než v létě a na podzim)
- botanický původ medu (nektar květin dlouhokvetoucích a medovice jsou mnohem více vystaveny znečištění)(Porrini, Sabatini, 2003).

Zachytáváním částic na včelím těle se zabývají také výzkumníci z univerzity v Montaně, zjišťují zda včely medonosné lze využít k bioindikaci cizorodých látek v ovzduší. Metoda spočívá na jednoduché fyzikální zákonitosti. Povrch pohybující se včely medonosné získává elektrostatický náboj způsobený třením molekul vzduchu. Tento náboj přitahuje během letu na tělo včel lehké částice s opačným nábojem, které se vyskytují ve vzduchu, například drobná pylová zrnka. Při laboratorním pokusu byla včela umístěna do proudu vzduchu naplněného spory půdních bakterií *Bacillus subtilis* a konstatovali, že mikroorganismy se skutečně nalepují na tělo hmyzu ve větším či menším počtu v závislosti na velikosti elektrostatického náboje. Na základě těchto údajů vytvořili matematický model schopný odhadnout množství spor obsažených v atmosféře podle jejich hustoty na včelím těle (German, Bender, Rodacy, 2003).

Včelu medonosnou a její produkty lze také využít k monitorování radionuklidů. Tato možnost se začala prověřovat už v 50. letech, a to při havárii jaderné elektrárny Černobyl v roce 1986, bylo prokázáno, jak bezchybným indikátorem jsou včely při zjišťování radioizotopů. Bylo analyzováno mnoho vzorků včel, vosku a pylu a výsledky ukázaly, že pyl byl nejučinnějším indikátorem kontaminace vzduchu radionuklidy. Sledování radionuklidů z atomových elektráren, továren nebo zdravotních zařízení se často spojuje s monitorováním

pesticidů. Tohoto bylo využito ke konci dubna v roce 1998 kdy v ocelárně v Algeciras v jižním Španělsku docházelo k emisím Cesia <sup>137</sup>, uvolňujícím se z radioaktivního zdroje, který již nebyl v provozu. Ve vzorkách včel z monitorovacích stanic se odhalila anomální přítomnost Cesia<sup>137</sup>. Bylo zjištěno, že včela medonosná dokáže odhalit i hodnoty radioaktivity, které jsou zanedbatelné a často pod prahem nebezpečí, a to s přesností a účinností vyšší než tradiční monitorovací techniky (Porrini, Sabatini, 2003).

Pro sledování imisní zátěže lze také využít rozboru prvkového složení organismu včel. Kdy pro sledování vlivu imisní zátěže prostředí na prvkové složení organismu včel byla zvolena metodika prvkových analýz včelích dělnic – létavek, tj. včel ve stáří 4 – 8 týdnů v měsíci srpnu. Tyto včely při své činnosti přicházejí dlouhodobě do těsného kontaktu s prostředím a lze u nich předpokládat nejvýraznější vliv imisní zátěže na prvkové složení jejich organismu. Pro sledování této závislosti byly zvoleny dvě oblasti s rozdílným stupněm imisní zátěže (Mostecko a Třeboňsko). Odlov včel létavek probíhal v prvním týdnu měsíce srpna před česny úlů s použitím mikrotenových sáčků. Včely byly lapány při opouštění úlů ve fázi odletu z letáku česna. Bezprostředně po odlovu byly včely v sáčcích usmrceny chloroformem a po dobu transportu umístěny v teplotě do 8 °C. Dále následovalo sušení včel do konstantní hmotnosti při teplotě 75 °C. Dále byly vzorky pomocí plamenové atomové absorpční spektrometrie vyhodnoceny. Výsledky prokázaly vyšší koncentrace Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, a Zn na Mostecku než na Třeboňsku (Mondspiegel, 1992).

Těžké kovy, které se vyskytují v potravních řetězcích, se mimo jiné zjišťují pomocí rozborů včelích produktů. V přírodě se nejčastěji soustřeďují tři představitelé těžkých kovů – kadmium, chrom a olovo. Jejich výskyt byl zjišťován pomocí včelích produktů (med, pyl, propolis a vosk). Vzorky byly sbírány z pěti různých monitorovacích stanic, čtyři byly z oblasti okolí města Řím a pátý byl sbírán přímo v centru města, které je intenzivně zatíženo automobilovou dopravou. Všechny monitorovací stanice byly vybudovány přímo za účelem tohoto sledování tzn., že bylo vše podřízeno tomu, aby vzorky nemohly být kontaminovány z materiálů použitých ke stavbě monitorovacích stanic. Experiment byl prováděn během tří měsíců a za tuto dobu bylo odebráno šest vzorků medu a pylu, tři vzorky propolisu a vosku a dva vzorky včely medonosné. Všechny vzorky byly sebrány dvojmo a z každé ze sledovaných oblastí. Po odběru vzorků byly polutanty zjišťovány pomocí atomové absorpční spektroskopie. Výsledky prokázaly obvyklý statisticky významný rozdíl mezi centrem města Řím a jeho okolím. Výsledky tak ukázaly, že včelu medonosnou a její produkty lze považovat za bioindikátory znečištění životního prostředí, avšak spolehlivější než med jsou pyl a propolis (Conti, Botrè, 2001).

Ke stejnému závěru došel Montspiegel (1992), když zjistil, že koncentrace všech analyzovaných prvků v plástovém pylu byly vyšší na imisně zatížené lokalitě Slévárna Škoda ve srovnání s lokalitou Stromovka. V lokalitě Slévárna Škoda byly obsahy Al 1,5 krát, Cr a Cu 1,8 krát, Mn, Ni a Zn 2 krát, Fe a Pb 3,5 krát a Sr až 5,5 krát vyšší než na prokazatelně méně zatížené oblasti Stromovka. Stejně tak byla ověřena i koncentrace prvků v plástovém medu z obou lokalit. V lokalitě Slévárna Škoda bylo zjištěno, že koncentrace Al a Cu 1,8 krát, Ba a Zn 2 krát, Ca a Fe 2,4 krát, Mg a Sr 3 krát a Mn 9,2 krát je vyšší než v lokalitě Stromovka (Mondspiegel, 1992).

V jedné oblasti Itálie vědci ověřovali spolehlivost včelích produktů jako ukazatelů znečištění životního prostředí. K porovnání dvou lokalit bylo použito 43 vzorků včel z 16 úlů a 74 vzorků medu z 29 úlů, byly zkoumány ve stejných podmínkách s použitím stejných postupů. Statistická analýza ukázala mírně vyšší stupeň spolehlivosti u medu, statisticky důležitý pro chrom. K lepšímu porovnání vzorů včel bylo analyzováno 178 vzorků včel odchycených po návratu do úlu ve třech různých oblastech: město, průmyslové zóny a přírodní oblasti. Obsah kovů nahromaděných ve včelách a nachytených na povrchu jejich těla byl analyzován. Olovo v městských a průmyslových oblastech bylo nalezeno ve větším množství uvnitř včelího těla než na jejím povrchu, rozdíl byl veliký. Naopak tento poměr byl v přírodních oblastech převrácený. Co se týče niklu, byla výrazná změna nalezena jen v přírodních oblastech, kde bylo množství opět větší na povrchu včelího těla (Porrini, Sabatini, 2003).

Jiné pokusy ukazují na to, že vytvořením sítí monitorovacích stanic by bylo možné sledovat velká území s vynaložením minimálních nákladů a úsilí. Včely žijící na určitém území sbírají potravu, jejíž prvkové složení ukazuje na množství dostupných forem prvků zapojených do potravního řetězce včel. Vytvoření sítě speciálních měřících a pozorovacích stanic se včelstvy v oblastech s intenzivní průmyslovou výrobou umožňuje sběr údajů charakterizujících ekologické poměry v místních podmínkách i z globálního pohledu. Jako indikátory znečištění prostředí toxickými prvky uvádějí někteří autoři organismus včel a včelí produkty. V průmyslových oblastech může docházet ke zvýšení obsahů některých prvků v medu, hlavně Cu, Fe, Mn, Ni a Zn. Dále bylo zjištěno, že pyl je dobrým indikátorem vlivu polutantů z automobilové dopravy na prostředí. Z dalších včelích produktů také mateří kašička odráží ve svém prvkovém složení zvýšenou kontaminaci prostředí toxickými prvky. Nevýhodou při jejím použití může být skutečnost, že její prvkové složení je závislé na stáří krmených larev. Při použití včelího vosku a propolisu bylo zjištěno znečištění prostředí olovem a kadmíem (Mondspiegel 1992).

Další možnou variantou odběru vzorků medu a pylu ze včelstev a měření vybraných prvků je sledování vybraných lokalit s různým stupněm imisní zátěže, kde se prováděl sběr vzorků plástového medu a pylu od včelstev od června do srpna v měsíčních intervalech. Na každé lokalitě se odebíraly vzorky ze tří až pěti včelstev, což činilo pro oblast Mostecka a Prahy v průměru 32, pro oblast Šumavy 28 a pro oblast Třeboňska 16 vzorků od každého včelího produktu v jednom měsíci. Odběr včelích produktů se prováděl během prvního týdne každého měsíce. Vzorky včelích produktů se ukládaly do mikrotenových sáčků a skladovaly se při teplotě 4 °C. Materiál, se kterým přicházel med a pyl do styku při sběru a během zpracování, byl před použitím ponořen v lázni s roztokem HNO<sub>3</sub>. Pak následovalo usušení nádob. Sběr medu probíhal samovolným vytékáním medu z plástů do sběrných nádob za teploty 40 °C. Celkové množství získaného medu se pohybovalo kolem 50 g. Skladování vzorků medu probíhalo při teplotě 4 °C. Pak následovala vlastní analýza. Prokázalo se, že pro zjišťování znečištění prostředí jsou včely, plástový med a pyl jako nejvhodnější modelové objekty pro sledování imisní zátěže prostředí. Vzorky včel a jejich produktů byly odebírány ze dvou imisně zatížených (Mostecko, Praha) a dvou kontrolních oblastí (Šumava, Třeboňsko). Terénní sledování byla doplněna některými experimenty provedenými v laboratorních podmínkách. Pro detailní sledování imisní zátěže jednotlivých sledovaných oblastí byla ještě zvolena metoda sběru a prvkových analýz mokrého depozitu. Za tímto účelem byla zhotovena a rozmístěna zařízení na lokalitách ve výšce 1,5 m nad povrchem půdy. Zařízení byla umístěna standardně na volném prostranství, nikoliv pod korunami stromů, které by zvyšovaly podíl depozitu. Vzorky depozitu byly odebírány v měsíčních intervalech od začátku měsíce června do srpna. Shodně se sběrem vzorků včelích produktů na sledovaných lokalitách (Mondspiegel, 1992).

Üren, 1998 nezjistil významně vyšší obsah olova a kadmia u včelstev nacházejících se v blízkosti tepelné elektrárny.

Bylo též zjištěno, že včely sbírající pyl a medovici mohou objevit skryté nášlapné miny. Minová pole jsou označována za jedno z nejhorších forem znečištění životního prostředí na Zemi. Protože detektory kovů nejsou schopny zjišťovat plastové nášlapné miny a jejich využití je velmi nákladné, bylo nutné objevit jiné metody k zjišťování minových polí. Vlastnost, která tento blanokřídlí hmyz předurčuje k hledání min je vynikající čich, mnohem jemnější a citlivější než mají psi. Kromě toho jsou včely schopné si zapamatovat velké množství různých pachů. Je snadné je vycvičit, aby zamířily ke zdroji určité vůně, aniž by byla přímo spojena s potravou. Pak už jen stačí včely vycvičit. Výcvik spočívá ve vytvoření podmíněných reflexů. Včela si přičichne k určité vůni a vzápětí dostane

oslaženou vodu. Po opakování pokusu je možné sledovat, že jakmile včela ucítí danou vůni, automaticky vystrčí jazýček, jakoby čekala na příděl potravy. To vše proběhne během necelých deseti vteřin. Včely si nejen dokáží zapamatovat pachy, s nimiž se střetly, ale tyto znalosti předávají i ostatním včelám. Stačí vycvičit jedinou včelu a všechny ostatní, které se s ní dostanou do kontaktu, se to od ní naučí. Přesnost informací o pachu si lze vysvětlit tak, že květový nektar je nasáklý vůní kalichu v němž se vytváří. Tato vůně je specifická pro danou květinu. Včela, která nektar sbírá vůni rovněž nasákne a předá ji svým družkám při návratu do úlu, jednak prostřednictvím nektaru, jednak svým tělem, na němž se pach zachytil. Probíhalo několik zkoušek. V první zkoušce jsou úly umístěny ve skleníku s několika květinami pokropenými TNT. Včely, předběžně naučené na pach výbušniny, vždy neomylně zamíří k označeným květům. Druhá zkouška probíhala ve volné přírodě. Miny byly zakopány do země a květiny v okolí absorbují výpary trinitrotoluenu či jeho malé částice. I tento pokus byl úspěšný. Včely z úlů vzdálených několik kilometrů od min zamířily přímo ke kontaminovaným květům. Situace v reálných podmínkách je ovšem značně odlišná. Minová pole nejsou vždy porostlá květy a včely mohou brzy rezignovat na hledání bez rychlé odměny. Musí se proto neustále motivovat a posilovat jejich podmíněný reflex. Kromě toho je třeba je sledovat. K tomu slouží malá anténka upevněná na těle včely. Signály jsou přenášeny radarem a pohyby hmyzu jsou zaznamenány na počítačové obrazovce (German, Bender, Rodacy, 2003).

## **2.8. Hygienické povolené limity těžkých kovů v medu**

V České republice v současné době nejsou stanoveny hygienické limity, které by upravovali množství těžkých kovů v medu. V minulosti tyto limity existovali avšak po vstupu České republiky do Evropské unie došlo k mnoha úpravám a změnám v zákonech. Z našeho hlediska je důležité že ani vyhláška 305/2004 Sb. žádným způsobem neupravuje povolené množství těžkých kovů v medu (Anonym, 2005).

Maximálními limity některých kontaminujících látek v potravinách se zabývá také Nařízení komise (ES) č. 1881/2006 (Anonym, 2006), avšak ani zde nejsou žádným způsobem stanoveny maximální přípustné hygienické limity těžkých kovů v medu.

Kontrolou kvality medu se zabývá Státní veterinární správa konkrétně odbor hygieny a ochrany veřejného zdraví. Kontroly jsou prováděny dvakrát ročně ve všech zpracovatelských podnicích. Výsledky rozborů jsou srovnávány s dlouhodobou řadou výsledků a v případě většího výkyvu je problém individuálně řešen. V České republice doposud nebyli zjištěny problémy s vysokým obsahem těžkých kovů v medu (Hornáčková, 2007)

### 3. Vlastní experimentální část

#### 3.1. Materiál a metody

Použil jsem metodu inspirovanou Mondspiegelem (1992) a přizpůsobil jsem ji svým podmínkám, protože jsem byl omezen především finančními prostředky. Odrazilo se to především v počtu vzorků a množství kovů, které byly zjišťovány. Pro zjišťování zatížení životního prostředí těžkými kovy jsem na základě citované literatury použil včelí med, jehož vhodnost není zcela prokázána, názory různých autorů se rozcházejí. Mou snahou bylo ověření vhodnosti medu jako bioidikátoru životního prostředí. Vzorky jsem odebíral z jedné zatížené oblasti (hl. město Praha) a jedné kontrolní oblasti (kraj Vysočina) na základě údajů Zprávy o životním prostředí České republiky v roce 2004 (2005) a Zprávy o životním prostředí České republiky v roce 2006 (2007). Charakteristiky sledovaných oblastí jsou uvedeny níže.

Rozbory vzorků byly provedeny na analyzátoru AMA 254 (rtuť) a na přístroji Spectr AA 640 (olovo a kadmium), oba přístroje pracují na principu atomové absorpční spektroskopie.

#### 3.2. Výběr a charakteristika sledovaných lokalit

Pro srovnání jsem vybral dvě oblasti. Oblast výrazně zatíženou emisními vlivy a oblast nezatíženou emisními vlivy. Výběr oblastí jsem provedl na základě Zprávy o životním prostředí České republiky v roce 2004 (2005) a Zprávy o životním prostředí České republiky v roce 2006 (2007). Jako oblast zatížená emisními vlivy bylo zvoleno hl. město Praha a jako oblast nezatížená emisními vlivy byl zvolen kraj Vysočina (obr. 2).

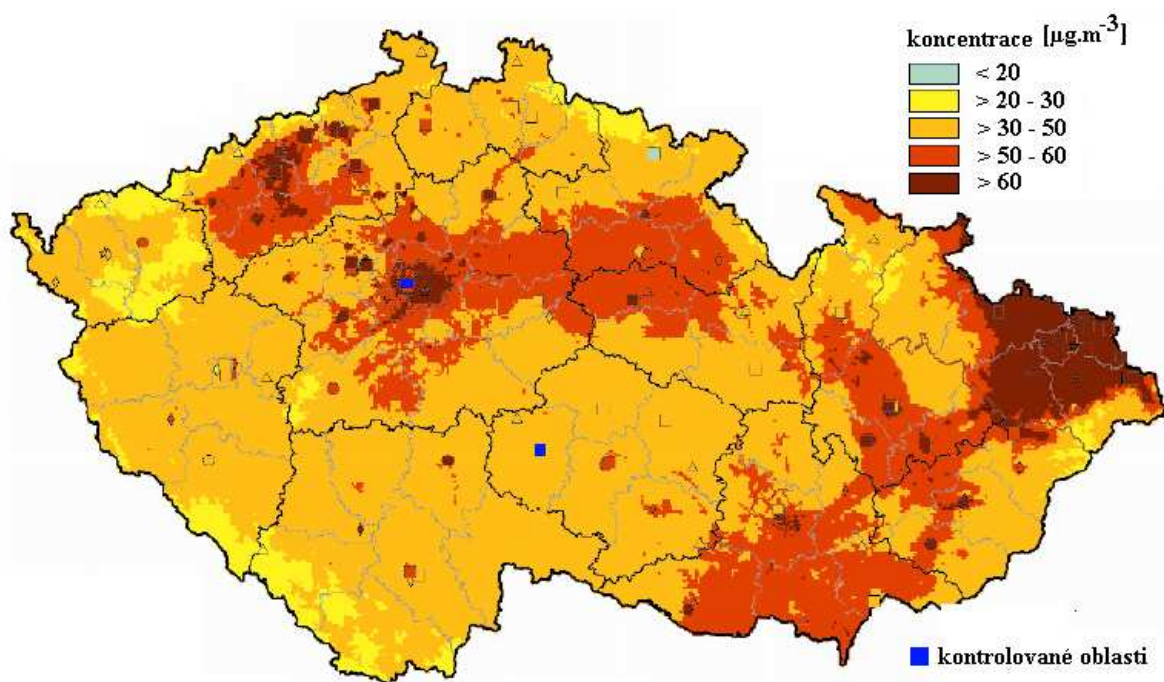
Sledovaná lokalita na území hl. města Prahy, byla v roce 2004 emisně zatížena výrazně více než sledovaná lokalita na území Vysočiny (Ministerstvo životního prostředí ČR, 2005).

Obr. 2 mapa znázorňující emisní zatížení České republiky frakcemi prašného aerosolu o velikosti částic do 10  $\mu\text{m}$  při nejvyšších 24 hodinových koncentracích. Je zde patrné, že oblast hl. města Prahy, kde se nejvyšší koncentrace pohybují i nad  $60 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , je emisně zatížena podstatně více než oblast Vysočiny, kde se nejvyšší koncentrace pohybují mezi 30-50  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  (Ministerstvo životního prostředí ČR, 2007).



Sledované částice jsou do ovzduší a tím i do ostatních složek životního prostředí emitovány, jak ze zdrojů přirozených, tak i především antropogenních. Tyto částice s sebou právě nesou i těžké kovy, které jsou zájmem mého sledování

Obr. 2. Nejvyšší 24 hod. koncentrace  $PM_{10}$  v roce 2006 (Ministerstvo životního prostředí ČR, 2007).



### 3.2.1. Charakteristika lokality Březiněves - hl. město Praha

Je z hlediska emisí považována za velmi zatíženou oblast a to zejména díky automobilovému provozu a průmyslu.

Konkrétní stanoviště (fotografie 1 a 2) se nachází u obce Březiněves (Městská část Prahy 8 – Březiněves) (obr. 3). Obec leží na severním okraji města skryta za Ďáblickým a Proseckým kopcem, který tuto severní část odděluje přirozenou hradbou od zbytku města. Na tomto severním okraji Prahy začíná zajímavá zemědělská oblast táhnoucí se severně dalších 30 km až k Labi. Kvalita zemědělské půdy v oblasti je velmi vysoká, proto se zde pěstuje mimo jiné například slunečnice. Obec neleží přímo v pražské kotlině a proto zde jsou lepší rozptylové podmínky než přímo v ní.

Stanoviště se nachází 150 m od hlavní sinice na Mělník, která je velmi zatížena, dále pak 1,3 km od dálnice Praha-Lovosice, která je taktéž velmi vytížená. Další velmi významnou znečišťující složkou je aktivní skládka vzdálená 1,6 km.

Včelí pastva je zde složena ponejvíce ze zemědělských plodin jako jsou řepka, slunečnice, svazenka, ovocné stromy a menší množství lesních porostů.

Obr. 3. Mapka s označenou lokalitou Březiněves (<http://mapy.atlas.cz/>).





Fotografie 1: Stanoviště u obce Březiněves (Městská část Praha 8 – Březiněves).



Fotografie 2: Stanoviště u obce Březiněves (Městská část Praha 8 – Březiněves).





### 3.2.2.. Charakteristika lokality Houserovka - Vysočina

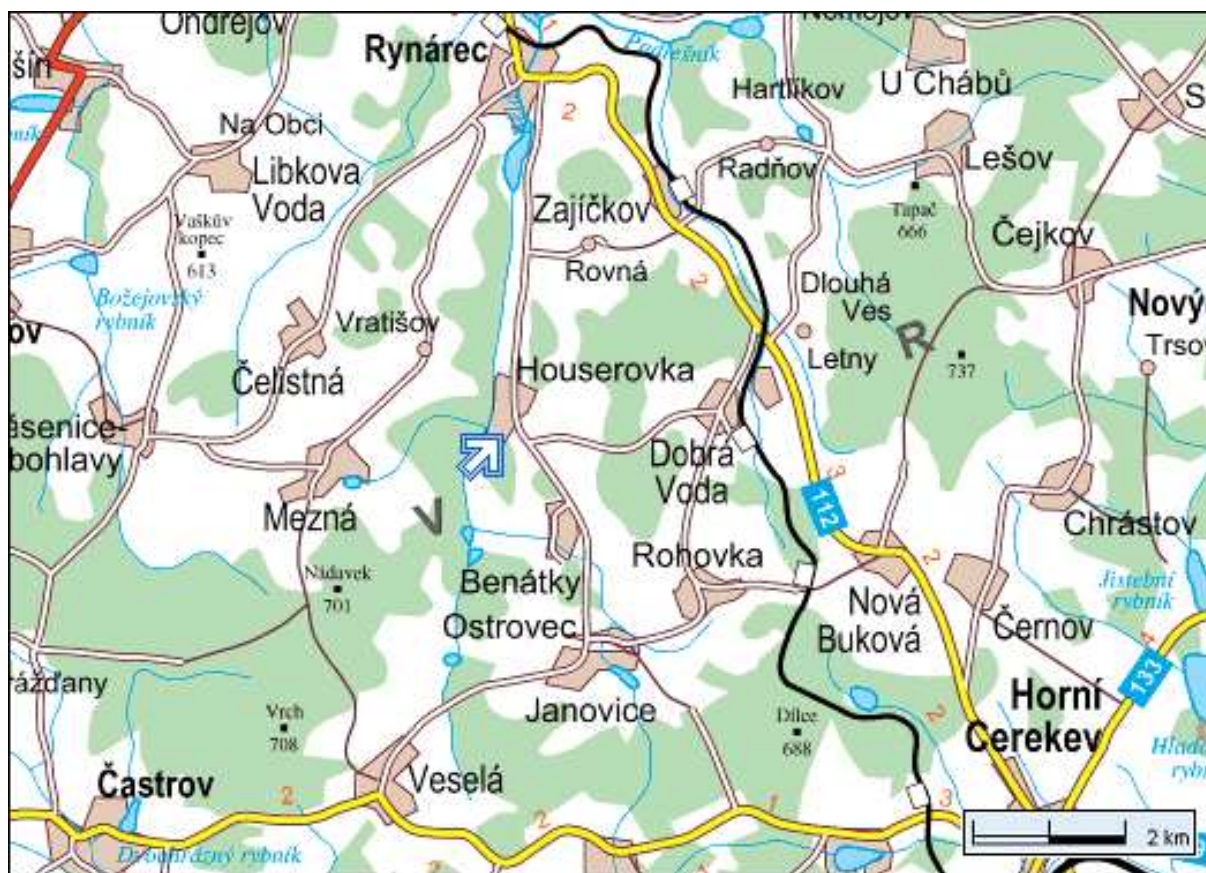
Z hlediska emisí je Vysočina velmi málo zatížená oblast. Nejsou zde větší průmyslové oblasti a automobilový provoz je několikanásobně menší než v Praze.

Konkrétní stanoviště (fotografie 3) se nachází u obce Houserovka (nejbližší větší město je Pelhřimov) (obr. 4). Houserovka se nachází 12 km jižně od Pelhřimova. Okolí stanoviště u obce Houserovka je obklopeno především zemědělsky využívanou půdou, velké množství lučních porostů o něco méně pak každoročně využívaných polí s měnícími se plodinami.

Nejbližší komunikací je asi 750 m vzdálená silnice druhé třídy spojující Pelhřimov a Počátky. Silnice je zatížena málo. Žádné jiné objekty, které by mohly znečišťovat tuto oblast ve větším měřítku se zde nenacházejí.

Včelí pastvou jsou zde pak především luční a zemědělské porosty zejména řepka a svazenka. Dále pak připadá v úvahu ještě lesní pastva, avšak ta v době odběru vzorků nepřipadá v úvahu.

Obr. 4: Mapka s označenou lokalitou Houserovka (<http://mapy.atlas.cz/>).





Fotografie 3: Stanoviště u obce Houserovka (kraj Vysočina).



Fotografie 4: Stanoviště u obce Houserovka (kraj Vysočina).



### **3.3. Odběr vzorků medu**

Vzorky byly odebírány klasickou cestou. Plástve byly odebrány ze včelího úlu a vloženy do medometu. Vytočený med byl jímán do připravené čisté skleněné nádoby přes síto pro zachycení hrubých nečistot. Byla snaha o maximální možné vyloučení kontaminace medu těžkými kovy během odběru, síto přes které med protékal bylo nerezové, kontaminace je tedy vyloučena. Problém je pouze u medometů, které byly plechové s pocínovaným povrchem, zde je určité riziko kontaminace, ne však zjišťovanými těžkými kovy.

### **3.4. Rozbory vzorků**

Rozbory vzorků probíhaly na dvou přístrojích: analyzátor rtuti AMA 254 a atomový absorpční spektrometr Spectr AA 640.

Rtuť byla zjišťována na analyzátoru AMA 254, (fotografie 1). AMA 254 je jednoúčelový atomový absorpční spektrofotometr pro stanovení rtuti. Je určen pro přímé stanovení obsahu rtuti v pevných a kapalných vzorcích bez potřeby chemické předúpravy vzorku. Využitím techniky generování par kovové rtuti s následným zachycením a obohacením na zlatém amalgamátoru se dosahuje mimořádně vysoké citlivosti stanovení a nezávislosti výsledku na matrici vzorku.

Kadmium a olovo bylo zjišťováno na přístroji Spectr AA 640, (fotografie 2). Spektrometr AA 640 je mnohoúčelový atomový absorpční spektrometr pracující na principu měření pohlceného záření. Lze na něm stanovovat pouze kapalně vzorky, je tedy nutná předúprava vzorků. Pro stanovování jednotlivých prvků se používají specifické katodové lampy naplněné pracovním plynem argonem.

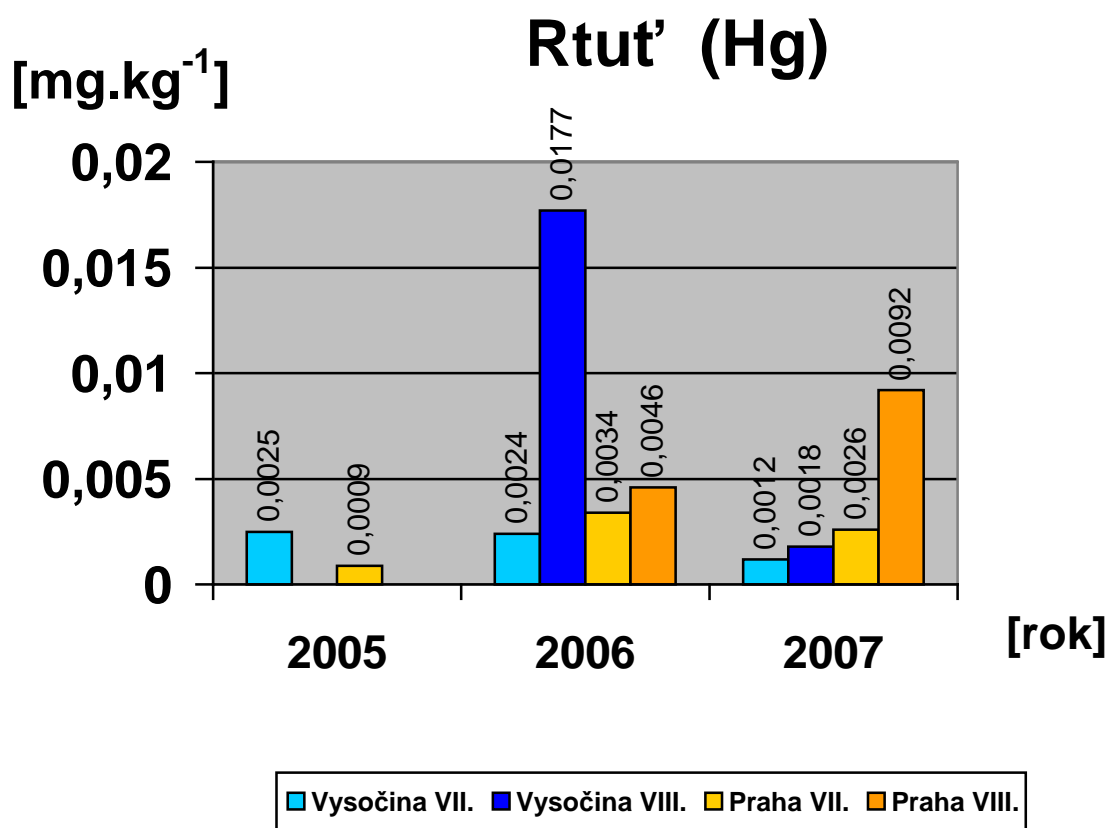
## 4. Výsledky a diskuse

### 4.1. Koncentrace rtuti ve včelím medu

Rtuť na zatíženější pražské lokalitě dosahuje v některých vzorcích nižších koncentrací v porovnání s lokalitou z méně emisně zatížené Vysočiny, což je v rozporu s teoretickým předpokladem (graf 1). Hodnoty koncentrací, které se s teoretickým předpokladem rozcházejí byly naměřeny v roce 2005 a 2006.

Při porovnání ostatních vzorků bylo zjištěno, že dle předpokladů, je v emisně zatíženější lokalitě Březiněves – Praha koncentrace rtuti v medu vyšší oproti lokalitě Houserovka – Vysočina.

Graf 1: Koncentrace rtuti v medu ze zatížené a kontrolní oblasti (VII–červenec, VIII–srpen).



Na lokalitě Houserovka – Vysočina v roce 2006 v měsíci srpnu bylo zjištěno, že koncentrace rtuti byla oproti ostatním hodnotám vyšší. V rozporu s předpoklady byly i

výsledky analýzy v roce 2005, kdy byla zjištěna vyšší koncentrace rtuti v medu na emisně méně zatížené lokalitě.

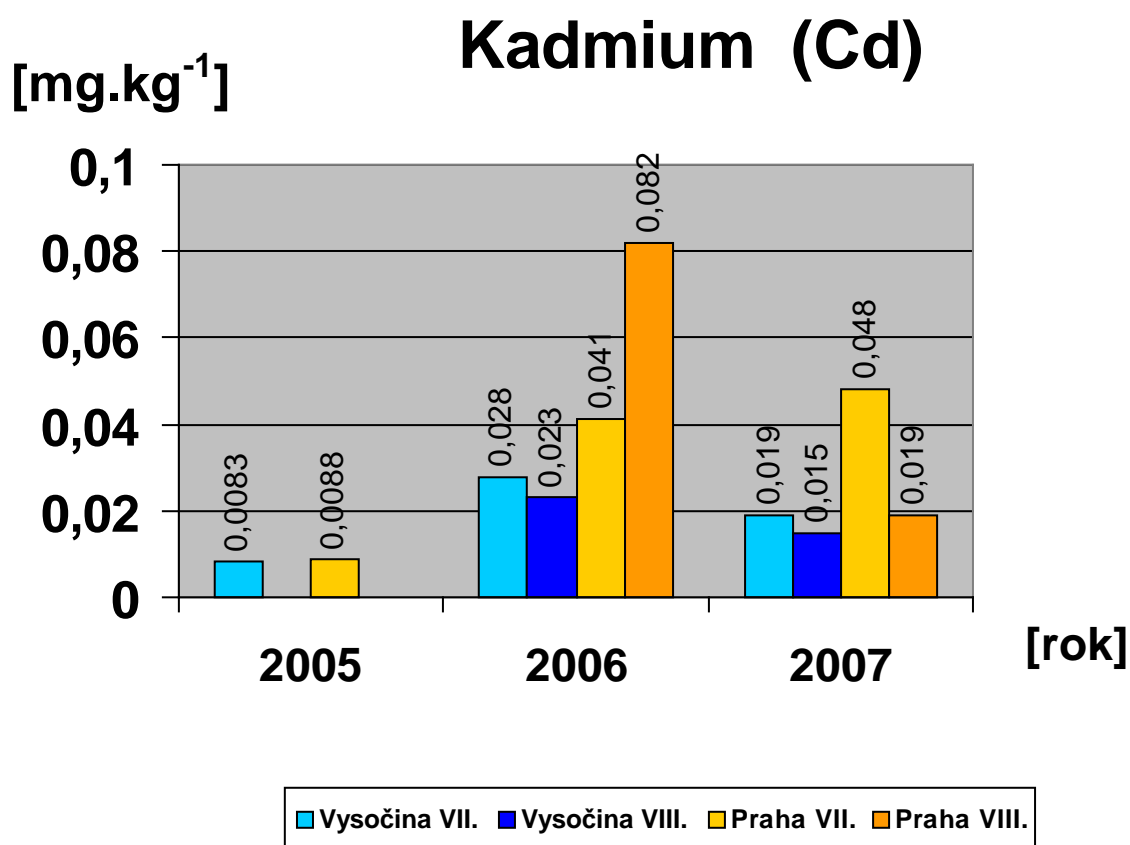
Další výsledky analýz rtuti v medu ukazují na vyšší emisní zatížení lokality v Praze při porovnání výsledků s jinými autory zjistíme, že se shodují, Porrini, Sabatini, (2003) zjistili prokazatelně vyšší koncentrace v zastavěných a průmyslových oblastech. Mondspiegel (1992) zjistil vyšší koncentrace kadmia na Mostecku a v Praze na rozdíl od výrazně nižších na Třeboňsku a Šumavě.



#### 4.2. Koncentrace kadmia ve včelím medu

Z výsledků měření je patrná vyšší koncentrace kadmia v emisně zatíženější pražské lokalitě (graf 2). Analýzy kadmia potvrzují teoretické předpoklady v porovnání s emisním zatížením obou oblastí.

Graf 2: Koncentrace kadmia v medu ze zatížené a kontrolní oblasti (VII–červenec, VIII–srpen).



V roce 2005 byl zaznamenán malý rozdíl koncentrací kadmia mezi odebranými vzorky z obou lokalit. I přes minimální rozdíl však byla naměřena vyšší koncentrace na lokalitě Březiněves – Praha.

V roce 2006 analýzy ukázaly nejvyšší naměřenou koncentraci kadmia za sledované období a to v pražské lokalitě v srpnu. Výsledky analýz z tohoto roku odpovídají teoretickým předpokladům.

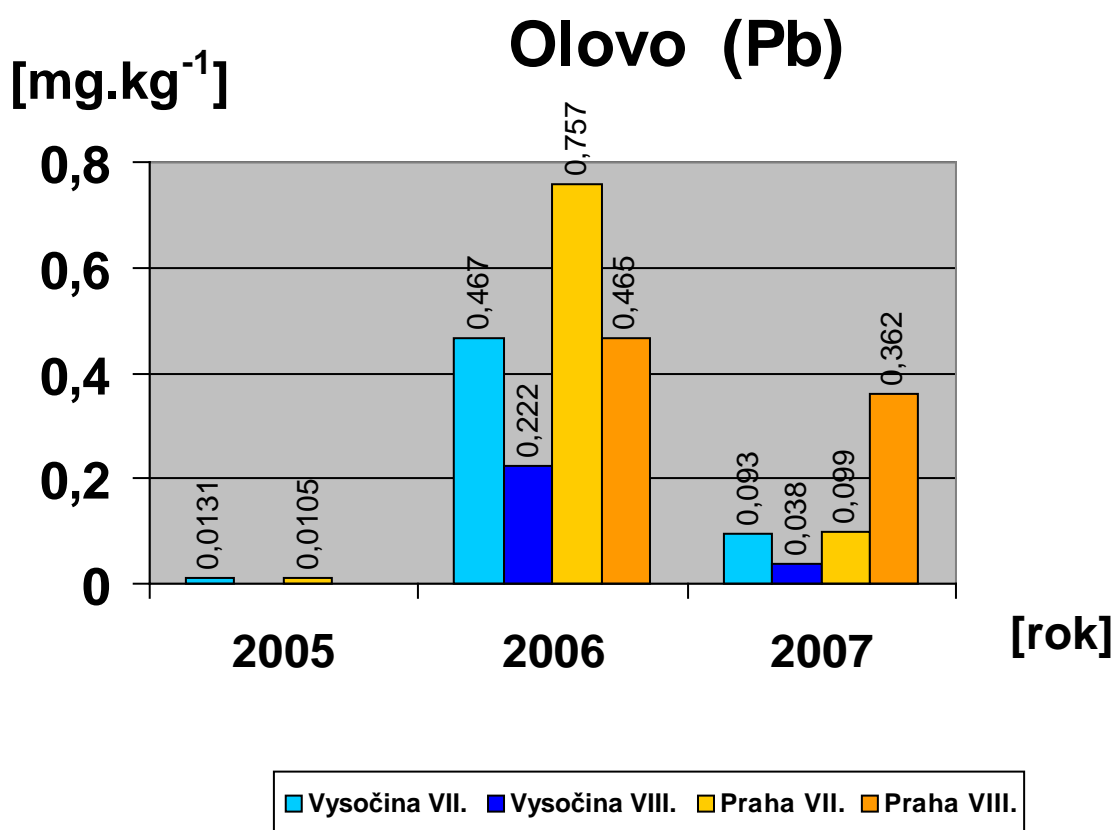
Rok 2007 ukázal menší naměřené rozdíly koncentrací kadmia obou lokalit než rok 2006. Stejně jako v roce 2006 je patrná vyšší koncentrace naměřena v Březiněvsi – Praha.

Moje výsledky ukazují patrný rozdíl koncentrací kadmia v medu mezi emisně méně zatíženou lokalitou Houserovka – Vysočina a lokalitou Březiněves - Praha emisně zatíženou podstatně více. Z literárních dat se ukazuje shoda v trendu mezi zatíženou a nezatíženou oblastí, zejména Porrini, Sabatini, (2003) zjistil prokazatelně vyšší koncentrace v zastavěných a průmyslových oblastech. Mondspiegel (1992) zjistil vyšší koncentrace kadmia na Mostecku a v Praze na rozdíl od výrazně nižších na Třeboňsku a Šumavě.

### 4.3. Koncentrace olova ve včelím medu

Olovo na zatíženější pražské lokalitě dosahuje ve většině vzorků vyšších koncentrací, než na Vysočině, lokalitě emisně méně zatížená (graf 3). Výsledky měření odpovídají teoretickým předpokladům. Kdy jsem v emisně zatíženější pražské lokalitě očekával vyšší koncentrace olova než v oblasti Vysočiny emisně zatížená méně. Výši emisního zatížení jsem vyhodnotil dle Zprávy o životním prostředí České republiky z let 2004 a 2006 (Ministerstvo životního prostředí 2005,2007).

Graf 3: Koncentrace olova v medu ze zatížené a kontrolní oblasti (VII–červenec, VIII–srpen).



V roce 2005 byla analýzou medu prokázána vyšší koncentrace olova v oblasti méně zatížené emisemi. Z grafu 3 je patrné, že rozdíl koncentrací olova mezi jednotlivými lety byl minimální. V roce 2005 tedy nebyl potvrzen očekávaný trend.

V roce 2006 již naměřené hodnoty ukazují vyšší koncentrace olova ve vzorcích odebraných na lokalitě Březiněves – Praha oproti lokalitě Houserovka Vysočina.

Rok 2007 ukazuje opět vyšší koncentrace olova v emisně zatíženější pražské oblasti v porovnání s méně zatíženou oblastí na Vysočině. Analýzy olova v medu se zde shodují s předpokládaným trendem.

V případě olova výsledky ukazují patrný rozdíl mezi emisně méně zatíženou oblastí a oblastí emisně zatíženou podstatně více, což se shoduje i s jinými autory: Porrini, Sabatini, (2003), Mondspiegel (1992).

#### **4.4. Celkové zatížení sledovaných oblastí monitorovanými těžkými kovy**

Při celkovém pohledu na výsledky zjišťujeme, že vyšší koncentrace těžkých kovů byly naměřeny na lokalitě Březiněves – Praha, což odpovídá teoretickým předpokladům vyvozených z výsledků monitoringu Ministerstva životního prostředí 2004 a 2006 v kontrolovaných oblastech.

Analýzy kadmia v medu jasně ukazují vyšší koncentrace na lokalitě Březiněves – Praha, která je emisně zatíženější. Vyšší koncentrace kadmia v této lokalitě byly skutečně teoreticky předpokládány.

I v případě analýz olova v medu nám výsledky ukázaly vyšší koncentrace v zatíženější oblasti Březiněves – Praha. Vyšší koncentrace olova v této lokalitě byly také teoreticky předpokládány.

Je však nutné zmínit i výsledky, které vyšly naprosto opačně oproti původním předpokladům. Nejprekvapivějším výsledkem je analýza rtuti v medu z lokality Houserovka – Vysočina z roku 2006, obsah rtuti zde byl v jednom z měření výrazně vyšší než ve všech ostatních měření, včetně lokality v Praze. Dalším výjimečným výsledkem je opět měření rtuti, tentokrát v roce 2005. Rozdíl mezi zjišťovanými lokalitami byl sice minimální, ale i přesto je patrné, že vyšší koncentrace byla naměřena na lokalitě Houserovka – Vysočina.

Ostatní analýzy rtuti v medu ukázaly vyšší koncentrace na lokalitě Březiněves – Praha, tak jak bylo teoreticky předpokládáno.

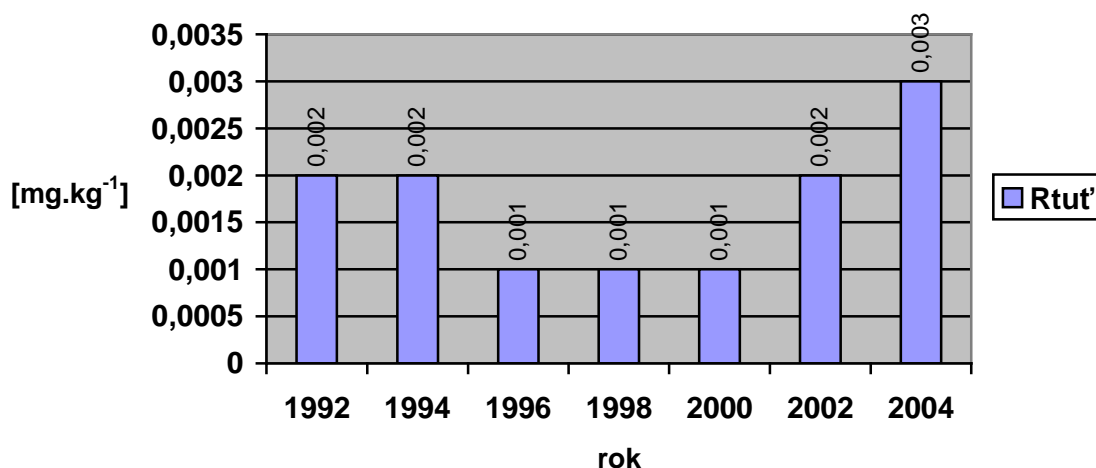
#### 4.5. Koncentrace těžkých kovů v medu z hlediska hygienických limitů

Hygienické limity nejsou po vstupu České republiky do Evropské unie pro med stanoveny. Neupravuje je ani Vyhláška 305/2004 Sb., kterou se stanovují druhy kontaminujících a toxikologicky významných látek a jejich přípustné množství v potravinách (Anonym, 2005), ani Nařízení komise (ES) č. 1881/2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách (Anonym, 2006).

Fakt, že limity pro med nejsou zakotveny žádnou vyhláškou je dán zřejmě jeho nízkou spotřebou na obyvatele, která činí pouhých 0,7 kg na osobu a rok (Ministerstvo zemědělství, 2007). Malá spotřeba medu minimalizuje riziko překročení bezpečné dávky těžkých kovů při jeho konzumaci. Další příčinou nestanovení hygienických limitů v medu je i jeho ekonomická nezajímavost. Z tohoto hlediska je med považován za okrajovou komoditou.

V České republice je přesto med pravidelně kontrolován a to dvakrát ročně ve všech zpracovatelských závodech Státní veterinární správou. Výsledky měření se porovnávají s dlouhodobou řadou monitoringu. V případě, že je dosaženo v některém vzorku enormních hodnot v porovnání s dlouhodobým průměrem, tak je případ řešen individuálně. V České republice nedošlo doposud k žádným zvýšeným hodnotám ve výskytu těžkých kovů v medu. Monitoring provádí Státní veterinární správa a jeho výsledky uvádím v následujících grafech 4, 5 a 6 (Hornáčková, 2007).

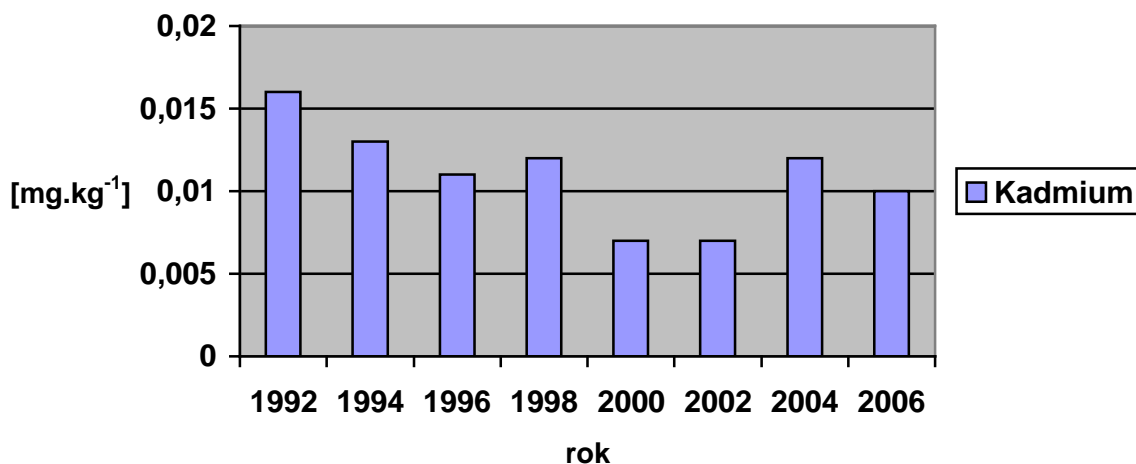
Graf 4: Vývoj obsahu rtuti v medu v ČR (Hornáčková, 2007).



V porovnání s naměřenými hodnotami zjišťujeme, že nejvyšší koncentrace byla naměřena v oblasti Vysočina v červenci roku 2006 a to 0,0177 mg.kg<sup>-1</sup>, druhá nejvyšší hodnota byla naměřena také v oblasti Vysočina v červenci roku 2007 a to 0,0092 mg.kg<sup>-1</sup>.

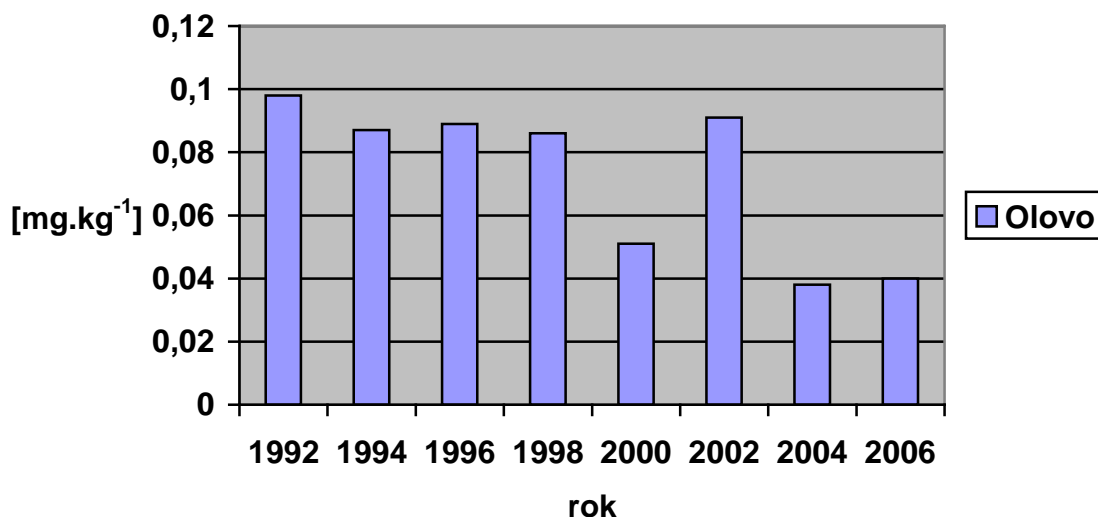
Nejvyšší naměřená hodnota se mírně vymyká dlouhodobé řadě, avšak stále je to nedostatečný výkyv k tomu, aby byl med zdravotně závadný.

Graf 5: Vývoj obsahu kadmia v medu v ČR (Hornáčková, 2007).



Při porovnání naměřených hodnot s dlouhodobou řadou je zřejmé, že med je hygienicky nezávadný i v případě, že pochází z kontaminovaných oblastí. Nejvyšší naměřená hodnota byla 0,082 mg.kg<sup>-1</sup> v Praze roku 2006 v srpnu a druhá nejvyšší hodnota byla naměřena též v Praze tentokrát však roku 2007 v červenci 0,048 mg.kg<sup>-1</sup>.

Graf 6: Vývoj obsahu olova v medu v ČR (Hornáčková, 2007).



I u olova byly zjištěné hodnoty vyšší než při dlouhodobém měření, avšak ani zde není nebezpečí hygienické závadnosti opodstatněné, neboť i tak jsou absolutní hodnoty stále dosti

nízké. Nejvyšší koncentrace byla naměřena na Vysočině roku 2006 v červenci a to  $0,757 \text{ mg.kg}^{-1}$ , druhá nejvyšší koncentrace byla naměřena v Praze roku 2006 v červenci a to  $0,467 \text{ mg.kg}^{-1}$ .

Z těchto výsledků vyplývá, že mezi obou lokalit (Houserovka – Vysočina a Březiněves – Praha) je z hygienického hlediska pro člověka zcela nezávadný. Jediný zaznamenaný větší výkyv byl naměřen na lokalitě Houserovka Vysočina a to v případě rtuti v srpnu roku 2006, avšak ani ten není z hygienického hlediska podstatný.



## 5. Závěr

Cílem této práce bylo studium vlivu zatíženého životního prostředí kovy na jejich obsah ve včelím medu včely medonosné, *Apis mellifera* a porovnání s relativně nezatíženou lokalitou. Výsledky této práce by měly přispět k stále otevřené otázce vhodnosti využití medu jako významného bioindikátoru znečištění atmosféry, pedosféry a biosféry kovy.

Pro svá pozorování jsem si vybral dvě rozdílně emisně zatížené oblasti, z kterých jsem následně odebíral vzorky medu. První oblastí byla Vysočina, lokalita Houserovka, která je emisně zatížena méně ve srovnání s druhou oblastí, kterou byla Praha, lokalita Březiněves, která je emisně zatížena podstatně více (Ministerstvo životního prostředí ČR, 2005 a Ministerstvo životního prostředí ČR, 2007, obr. 2). Z těchto informací jsem vyvodil předpoklad, že vyšší koncentrace analyzovaných těžkých kovů budou v medu z lokality Březiněves v Praze.

Z každé oblasti jsem odebral během tří let 2005, 2006 a 2007 pět vzorků, v kterých byly následně analyzovány kovy jako rtuť, olovo a kadmium.

Měření koncentrací těžkých kovů v medu ve sledovaných oblastech jsem zjistil:

1. Rtuť – ve většině vzorků byly naměřeny vyšší koncentrace v emisně zatíženější pražské lokalitě. U dvou vzorků nebyl takový trend zaznamenán.
2. Kadmium – ve všech vzorcích byla koncentrace kovu v souladu s předpokládanou hypotézou. Vyšší koncentrace byly naměřeny v Praze na lokalitě Březiněves.
3. Olovo - většina vzorků se shodovala s předpoklady s jednou výjimkou v roce 2005. Vyšší koncentrace byly naměřeny opět na lokalitě Březiněves v Praze.

Ve většině vzorků byly naměřené koncentrace vyšší v emisně zatíženější oblasti. Toto zjištění ukazuje na vhodnost medu jako bioindikátoru znečištění životního prostředí těžkými kovy, což potvrzují i jiní autoři: Porrini, Sabatini, (2003) zjistil prokazatelně vyšší koncentrace těžkých kovů v zastavěných a průmyslových oblastech. Mondspiegel (1992) zjistil vyšší koncentrace těžkých kovů na Mostecku a v Praze na rozdíl od výrazně nižších koncentrací na Třeboňsku a Šumavě.

Fakt, že v emisně méně zatížené lokalitě některé vzorky vykázaly vyšší koncentrace než v lokalitě zatíženější může ukazovat na vliv bodového zdroje kontaminací ve sledované oblasti. Tento vliv by mohl být potlačen výběrem více srovnávaných lokalit. Sledování více lokalit však vzhledem k nedostatku finančních prostředků nemohlo být realizováno. Dalším

možným vysvětlením by mohla být následná kontaminace medu při jeho odběru. Zde by bylo nutné vyloučit styk medu s jakýmkoli kovovým nástrojem či náčiním.

Conti, Botrè, 2001 uvádějí jako vhodnější bioindikátor propolis a pyl, jež vzhledem ke své povaze není například náchylný k následným kontaminacím jako med (kyselost medu). Üren, 1998 nezjistil vyšší koncentrace těžkých kovů v medu od včelstev nacházejících se v blízkosti tepelné elektrárny.

Z výsledků analýz taktéž vyplývá, že med z obou lokalit (Houserovka – Vysočina a Březiněves – Praha) je z hygienického hlediska pro člověka zcela nezávadný. Na hygienickou nezávadnost nemá vliv emisní zatíženost životního prostředí.

## 6. Použitá literatura

- Anonym, 2005: Vyhláška č. 305/2004 Sb., kterou se stanoví druhy kontaminujících a toxikologicky významných látek a jejich přípustné množství v potravinách, ve znění zákona 110/1997 Sb., *Sbírka zákonů*.
- Anonym, 2006: Nařízení komise (ES) č. 1881/2006 ze dne 19. prosince 2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách. *Úřední věstník Evropské unie*, L 364/5.
- Beránek, V., 2003: *Když plásty tekly medem*, Ostrov, Praha, 248 pp.
- Boháč, J., 1999: Organismy jako bioindikátory měnícího se prostředí. *Životné prostředí*, 33, 126 – 129.
- Bromenshek, J. J., Carlson, S. R., 1985: Pollution monitoring of pugget sound with honey bees. *Science*, 227, 632-634.
- Celli, G., Maccagnani, B., 2003: Honey bees as bioindicators of environmental pollution. *Bulletin of insectology*, 56, 137-139.
- Conti, M., E., Botrè, F., 2001: Honeybees and their products as potential bioindicators of heavy metals contamination. *Environmental Monitoring and Assessment*, 69, 267-282.
- Čermáková, T., 2001: Analýza environmentálních vplyvov na včelu medonosnú *Apis mellifera* a jej produkty. *Sborník příspěvků ze XIV. Semináře s mezinárodní účastí, Kontaminanty a další rizikové látky v potravinách a ekosystémech*. Praha, 232, 259pp.
- Diemerová, I., 1995: *Imkern als Hobby*. Franck – Kosmos, Stuttgart, 95 pp.
- German, J., Bender, S., Rodacy, P., 2003: Foraging bees may help counter the 'worst form of pollution on earth'. *Sandia, University of Montana researchers try training bees to find buried landmines*. <http://www.sandia.gov/media/minebees.htm>.
- Gordo, O., Sanz, J., J., 2006: Temporal trends in phenology of the honey bee *Apis mellifera* (L.) and the small white *Pieris rapae* (L.) in the Iberian Peninsula (1952-2004). *Ecological entomology*, 31, 261-268.
- Hornáčková, J., 2007: Výsledky monitoringu cizorodých látek v medu za rok 2006. *Včelařství*, 60, 206-207.
- Kalač, P., Tříška, J., 1998: *Chemie životního prostředí*. České Budějovice, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích zemědělská fakulta, skripta, 147 pp.
- Kamler, F., Titěra, D., Piškulková, J., 2001: Intoxication of honeybees on chemical treated winter rape. *Bulletin of insectology*, 56, 125 – 127.
- Klumpar, J., 2003: Aktuální otázky ochrany včel. *Včelařství*, 56, 140 – 141.

- Leita, L., Muhlbachova, G., Cesco, S., Barbattini, R., Mondiny, C., 1996: Investigation of the use of honey bees and honey bee products to assess heavy metals contamination. *Environmental Monitoring and Assessment*, 43, 1-9.
- Lloria, S., G., 2004: Evropská unie v číslech. *Včelařství*, 57, 156 – 159.
- Ministerstvo zemědělství ČR, 2007: *Situační a výhledová zpráva VČELY – říjen 2007*.
- Ministerstvo životního prostředí ČR, 2005: *Zpráva o životním prostředí České republiky v roce 2004*.
- Ministerstvo životního prostředí ČR, 2007: *Zpráva o životním prostředí České republiky v roce 2006*.
- Monspiegel, K., 1992: *Prvkové složení včel a jejich produktů v oblastech s různou imisní zátěží*. České Budějovice, Československá akademie věd, Ústav krajinné ekologie, kandidátská disertační práce, 116 pp.
- Peroutka, M., 2005: Včelaři se bojí o budoucnost. *Včelařství*, 58, 34 – 35.
- Porrini, C., Celli, G., Sabatini, A., G., Girotti, S., Fini, F., Monaco, L., Bortolotti L., Ghini, S., 2003: The death of honey bees and environmental pollution by pesticides: the honey bees as biological indicators. *Bulletin of insectology*, 56, 147 - 152.
- Porrini, C., Sabatini, A., G., Girotti, S., Ghini, S., Medrzycki, P., Grillenzoni, F., Bortolotti, L., Gattavecchia, E., Celli, G., 2003: Honeybees and bee products as monitors of the environmental contamination. *Apicta*, 38, 63-70.
- Řeháček, V., 2002: Požadavky ovocných dřevin na opylení hmyzem. *Včelařství*, 55, 130 – 131.
- Schnier, H., F., Wenig, G., Laubert, F., Simon, V., Schmuck, R., 2003: Honey bee safety of imidacloprid corn seed treatment. *Bulletin of insectology*, 56, 73 – 75.
- Skácel, F., Bičák, T., Hajšlová, J., Kocourek, V., Tekáč, V., Tomaniová, M., Volka, K., 2001: Bioindikátory znečištění životního prostředí v České republice. *Sborník příspěvků ze XIV. Semináře s mezinárodní účastí, Kontaminanty a další rizikové látky v potravinách a ekosystémech*. Praha, 145, 259pp.
- Sucharová, J., Suchara, I., 1998: Atmospheric deposition levels of chosen elements in the Czech Republic determined in the framework of the International Bryomonitoring Program 1995. *The Science of the Total Environment*, 223, 37-52.
- Tornier, I., Schur, A., 2002: Honey bee brood ring-test in 2002 - method for the assessment of side effects of plant protection products on the honey bee brood under semi-field conditions. *Bulletin of insectology*, 56, 91 – 96.

- Üren, A., Serifoglu, A., Sarikahya, Y., 1998: Distribution of elements in honeys and effect of a thermoelectric power plant on the element contents. *Food Chemistry*, 61, 185 – 190.
- Vašák, J., 2004: Význam přísunu včelstev k řepce ozimé a změny ochrany řepky ve vztahu ke včelám. *Včelařství*, 57, 118 – 119.
- Veselý, V., 2003: *Včelařství*. Brázda, Praha, 230 pp.
- Veselý, V., Kamler, F., Titěra, D., 1999: *Základy včelaření*. Mze ČR, Praha, 39 pp.
- Zahradník, J., 1987: *Blanokřídílí*, Artia, Praha, 154 pp.
- Zhelyazkova, I., Marinova, M., Gurgulova, K., 2004: Changes in the quality of heavy metals in the haemolymph of worker bees fed micro-element contaminated sugar solution. *Uludag Bee Journal*, May, 77-80.

Internetové odkazy:

<http://mapy.atlas.cz/>

## 7. Seznam fotografií, grafů, obrázků a tabulek

Fotografie 1: Stanoviště u obce Březiněves (Městská část Prahy 8 – Březiněves).

Fotografie 2: Stanoviště u obce Březiněves (Městská část Prahy 8 – Březiněves).

Fotografie 3: Stanoviště u obce Houserovka (kraj Vysočina).

Fotografie 4: Stanoviště u obce Houserovka (kraj Vysočina).

Graf 1: Koncentrace rtuti v medu ze zatížené a kontrolní oblasti (VII–červenec, VIII–srpen).

Graf 2: Koncentrace kadmia v medu ze zatížené a kontrolní oblasti (VII–červenec, VIII–srpen).

Graf 3: Koncentrace olova v medu ze zatížené a kontrolní oblasti (VII–červenec, VIII–srpen).

Graf 4: Vývoj obsahu rtuti v medu v ČR (Hornáčková, 2007).

Graf 5: Vývoj obsahu kadmia v medu v ČR (Hornáčková, 2007).

Graf 6: Vývoj obsahu olova v medu v ČR (Hornáčková, 2007).

Obr. 1: Grafické znázornění cest, kterými kolují polutanty v životním prostředí a přírodních složek, které včela medonosná navštěvuje (Porrini, 2003).

Obr. 2: Nejvyšší 24 hod. koncentrace  $PM_{10}$  v roce 2006 (Ministerstvo životního prostředí ČR, 2007).

Obr. 3: Mapka s označenou lokalitou Březiněves (<http://mapy.atlas.cz/>).

Obr. 4: Mapka s označenou lokalitou Houserovka (<http://mapy.atlas.cz/>).

Tab. 1: Vývoj počtu včelařů a včelstev (Ministerstvo zemědělství ČR, 2007).

Tab. 2: Vývoj emisí těžkých kovů v letech 2000-2005 (Ministerstvo životního prostředí ČR, 2007).

Tab. 3: Chemické látky, které může včela medonosná indikovat v krajině.