

**Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně**  
Sekce úřední kontroly



**Vyhodnocení výsledků rozborů rostlinných  
a půdních vzorků odebraných ze soukromých  
zahrad z okolí bývalého areálu „Slavia“  
v Napajedlích**

**Zpracovala:** Mgr. Šárka Poláková, Ph.D.

**Schválil:** Ing. Miroslav Florián, Ph.D.  
ředitel Sekce úřední kontroly

Brno, srpen 2012

## **Úvod**

Městský úřad Napajedla požádal prostřednictvím paní starostky Ing. Brabcové ÚKZÚZ o provedení prvkové analýzy zelených částí rostlin ze soukromých zahrad paní Marie Malované, trvale bytem Napajedla, 2. května 993 a pana Radomíra Pavelky, trvale bytem Napajedla, K Pahrsku 1567. Důvodem žádosti byla petice občanů města týkající se podezření ze znečištění životního prostředí podnikatelskými subjekty sídlícími v průmyslové zóně bývalého areálu „Slávia“ v Napajedlích.

V areálu „Slávia“ sídlí v současné době několik firem (např. Elastoplast; fitcentrum Slavia; Fe market, s.r.o.; Hydrodif s.r.o.; Autoservis Napajedla, s.r.o., atd.) podnikajících v různých oborech. V těsné blízkosti areálu je obytná zóna. Asi 1 km vzdušnou čarou SV směrem se nachází areál Fatra, a.s.

Na uvedených pozemcích byly v průběhu června 2012 odebrány 3 vzorky rostlin a 3 půdní vzorky, neboť půda je považována za významné shromaždiště (sink) kontaminantů. U paní Malované byla navíc použita speciální metoda sledování depoziční zátěže rostlin, jež spočívá v čtyřtýdenní expozici standardně předpěstované kultury jílku mnohokvětého aktuální atmosférické depozici (tzv. aktivní biomonitoring). V půdních vzorcích byly stanoveny PAH, těžké kovy, pH a orientačně půdní druh; v rostlinných vzorcích byla provedena prvková analýza a stanovení polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH).

## **Metodická část**

### **Aktivní biomonitoring**

Aktivní biomonitoring je jednou z možných metod vedoucích ke zjištění aktuálních atmosférických depozičních zátěží krajiny a především zemědělské produkce vybranými prvky. Spočívá v cíleném vystavení vybraných rostlin vlivům těchto prvků v zájmovém území a sledování jejich reakce. Ověřování metody aktivního biomonitoringu v podmínkách naší republiky bylo ukončeno v roce 1999 (PAVLÍČEK et al., 2000). Na základě výsledků tohoto ověřování byla vypracována metodika aktivního biomonitoringu, která je od roku 2000 používána na vybraných stanovištích ÚKZÚZ ke zjišťování požadovaných hodnot vybraných anorganických a organických polutantů. Jako bioindikátory byly zvoleny jílek mnohokvětý a borovice černá. Výsledky biomonitoringu je možné použít jako referenční hodnoty při hodnocení atmosférické depozice na dalších lokalitách.

### **Jílek mnohokvětý**

Jílek se vysel do pěti plastových květináčů o průměru 20 cm se samozavlažovacími knoty. Květináče byly naplněny substrátem a osety 4 g jílků. Zálivka se prováděla deionizovanou vodou a substrát byl udržován neustále vlhký. V přesně stanovených termínech bylo provedeno sestřížení porostu a hnojení kapalným hnojivem. Po pěti týdnech od zasetí byly květináče umístěny na určené stanoviště (4. června 2012). Expozice trvala 4 týdny (do 29. června 2012).

Na konci expoziční doby se jílek sestříhal k úrovni květináče; travní hmota se sklízela v rukavicích, aby vzorek nepřišel do styku s pokožkou. Sestříhaný porost ze všech květináčů se smíchal do jednoho směsného vzorku, ze kterého se oddělilo 2 x 10 g jílků. Tyto navážky byly v Petriho miskách zamrazeny a později předány do laboratoře ke stanovení PAH. Zbytek hmoty se vysušil při pokojové teplotě a poté předal do laboratoře ke stanovení anorganických kontaminantů.

## **Borovice**

Jehlice borovice černé (pouze jednoleté bez bazálních částí) se v rámci biomonitoringu odebírají k analýzám dvakrát ročně, a to na jaře (v dubnu) a na podzim (v říjnu).

## **Metodika odběru vzorků**

**základní vzorkovací schéma** (počet a rozmístění vzorků v zájmovém území)

Bylo odebráno celkem 6 vzorků z uvedených zahrad (tabulka 1):

- Zahrada paní Malované – salát, jílek, půda
- Zahrada pana Pavelky – jehlice borovice, půda

**vzorkovací schéma na odběrové lokalitě** (počet a rozmístění individuálních vzorků pro kompozitní vzorek)

Z každé zahrady byl odebrán jeden směsný vzorek půdy, který byl složen minimálně z 10 individuálních/dílčích vpichů rovnoměrně rozmístěných na ploše. U paní Malované byla odebrána půda ze záhonu, u pana Pavelky z trávníku.

Vzorek salátu byl složen ze dvou různých rostlin. Vzorek jehličí byl odebrán z jednoho stromku.

**typ vzorku** (půdy: ne/porušený, rostliny: části rostlin)

Byl odebrán porušený půdní vzorek, jedlá část plodiny, jehlice borovice.

**technika vzorkování** (typ vzorkovacího zařízení a jeho použití)

Ke vzorkování půdy byla použita holandská sondýrka s úzkým hrotem. Ke vzorkování rostlin byly použity čisté nůžky. Všechny dílčí vzorky byly ve vhodné nádobě promíchány a poté rozděleny na konečné/kompozitní vzorky, určené pro:

- archív,
- laboratoř Brno (stanovení těžkých kovů v půdě - AR),
- laboratoř Opava (stanovení PAH v půdě a stanovení PAH a těžkých kovů v rostlinách)

## **hloubka odběru**

Z pozemku pana Pavelky (trávník) byl vzorek půdy odebrán z hloubky cca 3 – 8 cm (svrchní 3 cm půdy s maximálním prokořeněním nebyly do vzorku zahrnuty).

Ze záhonů u paní Malované byl vzorek odebrán z hloubky 0 – 5 cm.

## **hmotnost odběru**

Hmotnost 1 konečného vzorku půdy činila přibližně 0,5 kg.

Hmotnost salátu byla 180,4 g, hmotnost jehlic cca 48,8 g, hmotnost sklizeného jílku 349,3 g.

## **čas a perioda vzorkování**

jednorázové vzorkování

## **balení, uchovávání, dokumentace a přeprava vzorku, předání do laboratoře**

### ***Půdy:***

***vzorky určené na stanovení těžkých kovů (AR) (laboratoř Brno)***

Konečné vzorky byly uloženy do mikroténových sáčků a za běžných podmínek přepraveny do Brna a v den odběru (29. 6. 2012) předány do laboratoře (NRL Brno).

**vzorek určený na stanovení PAH (laboratoř Opava):**

Konečný vzorek byl uložen do mikroténového sáčku a v mobilním chladicím boxu převezen do Brna a dále do Opavy (29. 6. 2012).

**vzorky určené do archívu:**

Konečné vzorky byly uloženy do mikroténových sáčků a v mobilním chladicím boxu převezen do Brna, kde byly okamžitě zamrazeny na -18°C.

Vzorky se budou archivovat 1 rok od sepsání závěrečné zprávy.

**rostlinné vzorky:**

Odebrané vzorky byly uloženy do mikroténových sáčků a v chladicím boxu převezeny do Brna. V přípravě bylo po důkladné homogenizaci odděleno 2-3x10g vzorku do Petriho misek (3 – 5 cm kousky), které se zamrazily, předaly k lyofilizaci do laboratoře Brno a poté do laboratoře v Opavě ke stanovení PAH. Zbytek vzorku se zvážil, usušil a předal do laboratoře Opava.

Předání do laboratoře Opava proběhlo 12. 7. 2012.

**Všechny vzorky:**

Ke vzorkům byly vyplněny dokumentační list o odběru vzorku, včetně hmotnosti rostlinného vzorku.

**Parametry****Půdy**

- pH, půdní druh (prstová zkouška), As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, V, Zn (po extrakci lučavkou královskou)
- 16 EPA PAH

**Rostliny**

- As, Al, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Zn, Fe, V, S, (mg/kg sušiny)
- 16 EPA PAH (v mg/kg čerstvé hmoty)

**Označování vzorků**

Vzorky byly označeny podle uvedeného schématu. Vzorky určené k archivaci byly navíc označeny nápisem „ARCHIV“

Schéma značení vzorků: **NAP-M-P-AR**

NAP ... Napajedla

M (P) ... Malovaná, nebo Pavelka

P (J/S/B) ... P-půda, nebo J-jílek, S-salát, B-borovice

AR (PAH) ... vzorek je určen ke stanovení těžkých kovů (AR), nebo PAH

*Tabulka 1. Rozpis odběrových míst*

Lokalizace odběru	Matrice	Označení vzorku	Označení vzorku v Protokolu o zkouš.	Analýzy
p. Malovaná, 2. května 993	půda	NAP-M-P-AR	BRA3-11-2	prvková analýza
	rostlina	NAP-M-S	NAP-M-S	prvková analýza
		NAP-M-J	NAP-M-J	prvková analýza, 16 EPA PAH
p. Pavelka, K Pahrsku 1567	půda	NAP-P-P-PAH	NAP-P-P-PAH	16 EPA PAH
		NAP-P-P-AR	BRA3-11-1	prvková analýza
	rostlina	NAP-P-B	NAP-P-B	prvková analýza, 16 EPA PAH

## **Stručná charakteristika polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH)**

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH) tvoří skupinu více než 100 rozdílných chemických látek (s nejméně dvěma benzenovými jádry bez heterogenních atomů nebo substituentů) vznikajících nedokonalým spalováním uhlí, olejů, plynů, odpadů nebo jiných organických látek za omezeného přístupu kyslíku při teplotách 500 - 900°C. PAH se v prostředí nacházejí většinou jako směs několika uhlovodíků. Přírodní zdroje jsou ve srovnání s antropogenními zanedbatelné, proto jsou PAH dobrými indikátory antropogenních vstupů do vzdálených, relativně čistých oblastí. Mnohé PAH jsou mutagenní, karcinogenní nebo teratogenní.

Pro PAH je typický dálkový transport. Významným transportním médiem je ovzduší. PAH se zde nacházejí ve formě par nebo aerosolu, až 75 % těchto látek je vázáno na respirabilní frakci. Z atmosféry jsou vymývány suchou a mokrou depozicí, což je také hlavní zdroj kontaminace rostliny a půdy. Depozice dosahuje maxim v zimním období, minim v letním období, což souvisí s rychlejším procesem degradace těchto látek prostřednictvím fotochemických reakcí a nárůstem spalovacích procesů v zimě. V půdě se dobře vážou na půdní částice. Příjem prostřednictvím kořenů je malý a týká se především 2-3 jaderných PAH.

Díky vysoké lipofilitě (schopnosti vázat se na tuky) jsou velmi dobře absorbovány z gastrointestinálního traktu savců a distribuovány do různých tkání. PAH nemají tendenci k bioakumulaci v tukových tkáních obratlovců, z důvodu rychlých metabolických změn. U některých vzniklých derivátů byly prokázány silnější karcinogenní účinky než u původních uhlovodíků.

Vybrané PAH byly stanoveny s využitím platných pracovních postupů metodou HPLC v Národní referenční laboratoři ÚKZÚZ v Opavě. (Polycyklické aromatické uhlovodíky v půdách se stanoví po extrakci acetonem, zakoncentrování a přečištění metodou HPLC na reverzní fázi s gradientovým průběhem eluce a s fluorescenční nebo spektrofotometrickou detekcí v UV oblasti.)

Běžně se ve vzorcích stanovuje 16 indikátorových uhlovodíků uváděných jako 16 EPA PAH (příloha 1).

## **Stručná charakteristika vybraných prvků / těžkých kovů**

Těžké kovy nejsou definovány naprosto jasně – existuje mnoho definic založených na hustotě, atomovém čísle nebo atomové hmotnosti, chemických vlastnostech nebo toxicitě. Vesměs se jedná o látky, které se podílejí na kontaminaci životního prostředí, i zemědělské půdy. Některé z nich jsou pro živé organismy ve stopových koncentracích nezbytné (železo, měď, zinek), při vyšších koncentracích jsou však toxické, jiné jsou jedovaté při všech koncentracích (olovo, rtuť, kadmium).

Chování těžkých kovů v půdě je rozhodujícím způsobem ovlivňováno hodnotou pH půdy – pokud dojde k okyselení, těžké kovy se uvolňují ze svých vazeb, jsou více pohyblivé v půdním roztoku a snáze přijatelné rostlinami, případně vyplavované do spodních vod. Nadměrné obsahy těchto látek v půdě (půdním roztoku) mohou způsobit omezení činnosti mikrobiální aktivity (a tím v důsledku snížit půdní úrodnost) a/nebo zvýšení obsahů těchto látek v pěstovaných plodinách.

Vybrané prvky byly stanoveny s využitím platných pracovních postupů v Národní referenční laboratoři ÚKZÚZ v Brně. Půdní vzorky byly extrahovány lučavkou královskou (extrakce směsí kyseliny chlorovodíkové a kyseliny dusičné za zvýšené teploty) a poté stanoveny

metodou ICP-OES (As, Be, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, V, Zn) a metodou FAAS (Cd, Pb). Rtuť byla stanovena celková na přístroji AMA-254.

## Způsob hodnocení

Obsahy stanovených látek a prvků byly hodnoceny ve dvou úrovních. Nejprve byly porovnány s výsledky dlouhodobých monitorovacích programů ÚKZÚZ (Bazální monitoring půd – BMP, aktivní biomonitoring – sledování obsahů prvků a PAH v jílku mnohokvětém a borovici černé).

Následně byly půdní vzorky hodnoceny na základě Metodického pokynu MŽP „Kritéria znečištění zemin a podzemní vody“. Porovnání hodnot koncentrací zjištěných při průzkumu s kritérii (limitními koncentracemi chemických látek a prvků v zemině) stanovenými Metodickým pokynem umožňuje orientačně posoudit úroveň znečištění. Kritéria A odpovídají přibližně přirozeným obsahům sledovaných látek v přírodě. Překročení kritérií A se posuzuje jako znečištění příslušné složky životního prostředí, pokud však nejsou překročena kritéria B, znečištění není pokládáno za významné.

Půdní vzorek ze záhonu paní Malované byl vyhodnocen také podle vyhlášky č. 13/1994 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu a dále podle tzv. preventivních a indikačních hodnot škodlivých látek v půdě, které jsou součástí nového, navrhovaného systému hodnocení půdy. (**Preventivní** hodnoty představují horní mez variability přírodního a difúzně-antropogenního pozadí a vymezují obsahy, pod jejichž úrovní nedochází k poškozování funkcí půdy. Překročení těchto hodnot ještě nepředstavuje konkrétní riziko, ale v takovém případě by již na pozemky neměly být aplikovány žádné materiály, v jejichž důsledku by se dále zvyšovala koncentrace těchto látek v půdě – např. kalů ČOV, sedimentů. **Indikační** hodnoty byly navrženy za účelem ochrany kvality a kvantity zemědělské produkce a ochrany zdraví lidí a zvířat.)

Obsahy prvků v salátu byly porovnány s platnými limitními hodnotami pro potraviny. Obsahy vybraných prvků v potravinách upravují Nařízení komise (ES) č. 1881/2006, ze dne 19. prosince 2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách a vyhláška č. 305/2004 Sb., kterou se stanoví druhy kontaminujících a toxikologicky významných látek a jejich přípustné množství v potravinách, ve znění pozdějších předpisů

## Výsledky - půda

Obsahy **prvků** v odebraných půdních vzorcích jsou uvedeny v příloze 3 a 4 (Protokol o zkouškách č.: 247/2012/PBR a 280/2012/PBR).

Tabulka 2 uvádí maximálně přípustné hodnoty podle platné vyhlášky č. 13/1994 Sb., navrhované preventivní hodnoty a průměrné obsahy sledovaných prvků v Registru kontaminovaných ploch a v monitoringu půd (BMP).

Obsahy chromu (Cr), molybdenu (Mo), niklu (Ni), olova (Pb) a vanadu (V) ze vzorku č. BRA3-11-1 ze zahrady pana Pavelky jsou vyšší než je tomu v případě půd z dlouhodobého monitoringu půd a půd z Registru kontaminovaných půd, obsahy ostatních prvků odpovídají průměrným hodnotám BMP a RKP (tabulka 2). Kritériím A znečištění zemin nevyhovuje pouze obsah molybdenu (Mo). Obsahy chromu (Cr) a niklu (Ni) byly stanoveny na horní hranici přirozeného pozadí (preventivní hodnoty).

Obsahy prvků stanovených ve vzorku č. BRA3-11-2 ze zahrady paní Malované překračují dlouhodobé průměry obsahů prvků v půdách z monitoringu půd (BMP) i Registru kontaminovaných ploch (BMP). Kritériím A nevyhovuje kadmium (Cd), chrom (Cr) a zinek (Zn) – ve všech případech byly v odebraném vzorku stanoveny výrazně vyšší obsahy, než je limitní hodnota. To platí i pro maximální přípustné hodnoty stanovené vyhláškou č. 13/1994 Sb. Obsahy Cd, Cr a Zn stanovené v odebraném vzorku několikanásobně převyšují horní hranici přirozeného pozadí (preventivní hodnoty). Toto překročení samo o sobě ještě nepředstavuje žádné konkrétní riziko ani pro růst rostlin ani pro zdravotní stav obyvatel. Že jsou tyto hodnoty skutečně rizikové a může docházet k přímému ohrožení lidí nebo zvířat prostřednictvím kontaktu s kontaminovanou půdou, nebo z pohybu po kontaminovaných pozemcích, nebo ke zvýšenému (nežádoucímu) přestupu prvků do (konzumních částí) rostlin se potvrdilo porovnáním s indikačními hodnotami. Indikační hodnoty se stanovují v souvislosti s pH (kyselostí) půdy a to po extrakci lučavkou královskou a ve výluhu 1M  $\text{HN}_4\text{NO}_3$ . (Dusičnan amonný je činidlo používané pro odhad přechodu rizikových prvků z půdy do rostlin, spodních vod apod. Jedná se o stanovení tzv. mobilní resp. snadno mobilizovatelné frakce.) Indikační hodnota pro Cd pro půdy, jejichž pH > 6,5 je  $2,0 \text{ mg.kg}^{-1}$  suš., pro Zn  $400 \text{ mg.kg}^{-1}$  suš.

*Tabulka 2. Obsah vybraných prvků v půdních vzorcích z Napajedel ( $\text{mg.kg}^{-1}$  suchého vzorku), kritéria hodnocení znečištění zeminy (Metodický pokyn MŽP ČR,  $\text{mg.kg}^{-1}$  suš.), maximální přípustné hodnoty (MPH) obsahů prvků v půdě stanovené vyhláškou č. 13/1994 Sb. (ostatní půdy,  $\text{mg.kg}^{-1}$  suchého vzorku), preventivní hodnoty obsahů prvků v půdě ( $\text{mg.kg}^{-1}$  suš.) a průměrný obsah prvků v zemědělských půdách ČR (RKP – Registr kontaminovaných ploch,  $\text{mg.kg}^{-1}$  suchého vzorku). **Extrakce lučavkou královskou.** Červeně vyznačeny nadlimitní hodnoty.*

	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Mo	Ni	Pb	V	Zn	Hgtot
BRA3-11-1 (p. Pavelka)	5,27	0,79	<0,2	10,9	99,9	23,9	<b>1,24</b>	51,6	27,0	34,7	66,0	0,061
BRA3-11-2 (p. Malovaná)	9,84	1,09	<b>2,73</b>	12,3	<b>362</b>	47,8	0,79	46,1	50,0	46,7	<b>496</b>	0,149
MP MŽP Kritéria A	30	5	0,5	25	130	70	0,8	60	80*	180	150	0,4
MP MŽP Kritéria B	65	15	10	180	450	500	50	180	250	340	1500	2,5
Vyhl. 13/1994 (MPH)	30	7,0	1,0	50	200	100	5,0	80,0	140	220	200	0,8
preventivní hodnoty	20	2,0	0,5	30	90	60	-	50	60	130	120	0,3
Indikační hodnoty	-	-	2,0	-	-	300	-	200	300	-	400	1,5
BMP	8,13	0,95	0,18	10,1	31,8	17,2	0,25	21,0	21,4	41,2	63,4	0,068
RKP - průměr	11,8	1,2	0,3	11,9	42,8	24,8	0,8	25,3	25,8	51,8	74,7	0,10

\* Může být i vyšší ve velkých městských aglomeracích a oblastech s intenzivní automobilovou dopravou

Indikační hodnoty pro Cd i Zn (stanovené po extrakci lučavkou královskou) byly překročeny. V uvedeném vzorku bylo tedy provedeno i stanovení vybraných prvků v roztoku 1M  $\text{HN}_4\text{NO}_3$ . Obsahy mobilní frakce vybraných prvků jsou nízké a nepřekročily indikační hodnoty (tabulka 3).

Tabulka 3. Obsah vybraných prvků ve výluhu 1M  $\text{HN}_4\text{NO}_3$  a indikační hodnoty pro tento výluh ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )

	As	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
<b>BRA3-11-2</b> (p. Malovaná)	0,0327	0,0126	0,090	0,023	<0,009	0,359
Indikační hodnota	1,0	0,1	1,0	1,0	1,5	2,0

Hodnota pH půdy ze zahrady pana Pavelky činí 6,8, tj. neutrální půdní reakce a ze zahrady paní Malované 7,3 – alkalická půdní reakce. Naměřené hodnoty pH jsou vyšší než je vážený průměr hodnoty pH pro okres Zlín (6,0 – orná půda, 5,7 – travní porosty) a tudíž lze předpokládat, že prvky budou pevně vázány v půdě a nebude docházet k jejich zvýšenému přestupu do rostlin.

Obsahy jednotlivých **polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH)** v odebraném půdním vzorku jsou uvedeny v příloze 5 (Protokol o zkouškách č.: 119/2012/POP).

Vzhledem k tomu, že vzorek půdy z pozemku pana Pavelky byl odebrán z travní plochy (na pozemku se nenachází žádný záhon) byly naměřené koncentrace PAH hodnoceny na základě Metodického pokynu MŽP (tabulka 4). Metodický pokyn stanovuje kritéria pro 12 individuálních uhlovodíků a sumu 9 vybraných PAH. Ve vzorku bylo překročeno pouze kritérium pro chrysen. Chrysen prokazatelně způsobuje rakovinu u laboratorních zvířat, Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (IARC) ho zařadila do skupiny možných lidských karcinogenů (2B). Z dlouholetého monitoringu zemědělských půd ale vyplývá, že dlouhodobý střední obsah chrysenu v zemědělských půdách se pohybuje právě kolem  $60 \mu\text{g/kg suš.}^{-1}$ , a např. preventivní hodnota pro chrysen je stanovena na  $100 \mu\text{g/kg suš.}^{-1}$ . Naměřenou koncentraci chrysenu  $66,9 \mu\text{g/kg suš.}^{-1}$  není tedy nutné považovat za nebezpečnou.

Suma všech stanovených PAH v odebraném vzorku činí  $680 \mu\text{g/kg suš.}^{-1}$ , což naprosto odpovídá středním hodnotám sumy 16 EPA PAH zjištěným v rámci dlouhodobého monitoringu půd.

Tabulka 4. Obsahy 16 EPA PAH v půdním vzorku a kritéria znečištění zemín, červeně vyznačena nadlimitní hodnota ( $\mu\text{g/kg čerstvé hmoty}$ )

	NAP	PHE	ANT	FLT	PYR	BAA	CHR	BBF	BKF	BAP	BPE	IPY	Celkem*
<b>NAP-P-P-PAH</b> (p. Pavelka)	10,5	60,3	9,1	126	99,4	57,0	<b>66,9</b>	59,4	30,5	59,2	35,7	38,4	573
<b>MP MŽP – Kritérium A</b>	50	150	100	300	200	100	<b>50</b>	100	50	100	50	100	1000
<b>MP MŽP – Kritérium B</b>	40000	30000	40000	40000	40000	4000	25000	4000	10000	1500	20000	4000	190000

\*PAH celkem (suma uvedených PAH bez antracenu (ANT), naftalenu (NAP) a benzo(b)fluorantenu (BBF))

## Výsledky - rostliny

Obsahy jednotlivých **polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH)** v rostlinných vzorcích jsou uvedeny v příloze 6 (Protokol o zkouškách č.: 122/2012/POP).

V tabulce 5 jsou uvedeny zjištěné koncentrace jednotlivých uhlovodíků v **jílku** exponovaném na zahradě paní Malované a v dalších 4 referenčních vzorcích exponovaných na stálých stanovištích ÚKZÚZ v červnu 2011.



Tabulka 5. Obsahy 16 EPA PAH ve vzorku jílku mnohokvětého (NAP-M) exponovaného v Napajedlích v červnu 2012 a v referenčních vzorcích ÚKZÚZ exponovaných na uvedených stanovištích v červnu 2011 ( $\mu\text{g/kg}$  čerstvé hmoty)

lokality	NAP	ANY	ANA	FLU	PHE	ANT	FLT	PYR	BAA	CHR	BBF	BKF	BAP	DBA	BPE	IPY	Sum16
NAP-M-J (p.Malovaná)	14,9	<20	<5,0	15,5	39,7	2,5	6,8	4,9	<4,0	<4,0	1,5	<2,0	<3,0	<3,0	<5,0	<10	114
Lípa	10,5	<20	<5,0	4,5	11,0	<2,0	4,2	3,3	<4,0	<4,0	1,5	<2,0	<3,0	<3,0	<5,0	<10	64,0
Jaroměřice	12,1	<20	<5,0	7,3	16,1	<2,0	8,3	6,2	4,3	<4,0	6,2	2,7	<3,0	<3,0	<5,0	<10	89,0
Přerov nL.	9,87	<20	<5,0	4,9	11,8	<2,0	6,3	4,3	<4,0	<4,0	4,1	3,1	<3,0	<3,0	<5,0	<10	72,4
Opava	11,5	<20	<5,0	<4,0	12,9	<2,0	6,6	4,5	<4,0	<4,0	3,5	<2,0	<3,0	1,6	<5,0	<10	70,2

Koncentrace PAH stanovené ve vzorku z Napajedel jsou jak u jednotlivých uhlovodíků, tak u sumy 16 EPA PAH vyšší než v referenčních vzorcích. Jelikož lokality s referenčními vzorky považujeme v rámci České republiky za „čisté“, lze považovat vzorek z Napajedel za vzorek se zvýšenou depoziční zátěží. Profil PAH (vzájemný podíl jednotlivých uhlovodíků v celkové sumě) ve vzorku z Napajedel se od referenčních vzorků mírně liší. Zatímco u referenčních vzorků převažují fenantrén (PHE), naftalen (NAP) a acenaftylen (ANY), u napajedelského vzorku se navíc zvyšuje podíl fluorénu (FLU). Ve všech případech se jedná o nízkoaderné, těkavé uhlovodíky bez karcinogenního efektu. Vdechování těchto látek dráždí dýchací cesty, způsobuje bolesti hlavy, zvracení a zvýšené pocení.

Koncentrace 16 EPA PAH zjištěné ve vzorku **jehličí** odebraném z pozemku pana Pavelky a obsahy v referenčních vzorcích jsou uvedeny v tabulce 6.

Tabulka 6. Obsahy 16 EPA PAH ve vzorku jehličí z Napajedel (NAP-P) a v referenčních vzorcích ÚKZÚZ odebraných na stálých stanovištích po ukončení letní sezóny 2011 (říjen 2011) ( $\mu\text{g/kg}$  čerstvé hmoty)

lokality	NAP	ANY	ANA	FLU	PHE	ANT	FLT	PYR	BAA	CHR	BBF	BKF	BAP	DBA	BPE	IPY	S16
NAP-P-B (p.Pavelka)	21,6	<20	<5,0	13,3	48,8	6,8	18,0	16,2	27,8	38,9	27,9	36,3	31,5	43,3	63,7	35,5	442
Opava	20,3	<20	<5,0	5,3	17,7	<2,0	9,0	7,2	<4,0	4,2	3,8	<2,0	<3,0	<3,0	<5,0	<10	94,5
Závišín	38,2	28,7	<5,0	11,6	38,7	4,5	17,1	12,9	<4,0	4,6	<3,0	2,7	<3,0	<3,0	<5,0	<10	175
Vratimov	18,8	<20	<5,0	9,2	37,4	<2,0	14,0	9,3	<4,0	6,7	5,5	6,0	4,2	<3,0	<5,0	<10	136
Plzeň	17,4	<20	<5,0	7,6	30,7	<2,0	11,0	7,4	<4,0	5,8	<3,0	<2,0	<3,0	<3,0	<5,0	<10	108

Také v jehlicích borovice odebraných v Napajedlích byly nalezeny vyšší obsahy PAH než v referenčních vzorcích a to čtyřnásobně, což znamená, že se jedná o výrazně depozičně zatížené stanoviště. Výrazně se liší také profil PAH ze vzorku z Napajedel proti referenčním vzorkům, kde se projevuje značný posun směrem k vícejaderným uhlovodíkům s karcinogenním efektem (příloha 2).

Podíl karcinogenních uhlovodíků na celkové sumě 16 EPA PAH činí v jílku z Napajedel pouze necelých 13 %, zatímco v referenčních vzorcích cca 23 %. Naprosto odlišná je situace v případě jehličí – ve vzorku z Napajedel činí podíl karcinogenních PAH téměř 55 %, proti 10 – 20 % v referenčních vzorcích.

**Obsahy vybraných prvků** v odebraných vzorcích rostlin jsou uvedeny v příloze 6 (Protokol o zkouškách č.: 122/2012/POP).

Koncentrace prvků detekované ve vzorcích **jílku** a **jehličí** z Napajedel odpovídají obsahům v referenčních vzorcích (tabulka 7).

Tabulka 7. Obsahy vybraných prvků ve vzorcích jílku a jehličí odebraných v Napajedlích a v referenčních vzorcích ( $\text{mg.kg}^{-1}$  suš.)

	lokalita	As	Cd	Cr	Cu	Mo	Ni	Pb	V	Zn	Hg
Jílek	NAP-M-J	2,95	0,06	0,34	2,57	1,54	0,52	<0,50	<0,50	19,50	0,012
	Lípa	3,56	<0,05	0,15	3,10	0,83	0,47	<0,50	<0,50	21,30	0,008
	Jaroměřice	4,47	<0,05	0,43	2,72	0,99	0,47	<0,50	<0,50	15,50	0,008
	Přerov n./L.	4,00	<0,05	<0,30	3,11	0,62	0,79	<0,50	<0,50	26,50	0,013
	Opava	1,60	<0,05	0,34	3,80	<0,60	0,86	0,94	<0,50	31,30	0,016
Borovice	NAP-P-B	<0,20	<0,05	<0,30	2,89	<0,60	<0,30	<0,50	<0,50	27,30	0,009
	Závišín	0,10	<0,05	<0,30	3,46	<0,60	1,89	<0,50	<0,50	38,20	0,017
	Opava	0,69	<0,05	<0,30	3,30	<0,60	0,81	<0,50	<0,50	34,00	0,008
	Plzeň	0,43	0,11	0,45	3,42	<0,60	1,66	<0,50	<0,50	37,90	0,019
	Vratimov	0,51	<0,05	0,67	3,17	<0,60	0,76	0,75	<0,50	31,00	0,013

Obsahy rizikových prvků ve vzorku **salátu** se hodnotí na základě limitních hodnot stanovených Nařízením komise č. 1881/2006 a vyhláškou č. 305/2004 Sb. pro kadmium, rtuť a olovo. Předepsané limitní hodnoty nebyly překročeny (tabulka 8).

Tabulka 8. Obsah kadmia (Cd), rtuti (Hg) a olova (Pb) v salátu po přepočtu na čerstvou hmotu a limitní hodnoty stanovené Nařízením komise (ES) č. 1881/2006, ze dne 19. prosince 2006 a vyhláškou č. 305/2004 Sb. ( $\text{mg.kg}^{-1}$  čerstvého vzorku)

	Hg	Cd	Pb
Salát	0,00048	0,0204	0,015
Limitní hodnota	0,03	0,20	0,30

## Závěr

Obsahy prvků v obou odebraných půdních vzorcích jsou vyšší než dlouhodobé průměrné obsahy prvků v zemědělských půdách. Obsahy chromu (Cr) a niklu (Ni) v půdním vzorku ze zahrady pana Pavelky se pohybují na horní hranici přirozeného pozadí, obsah molybdenu (Mo) nevyhověl kritériím A znečištění zemin (Příloha 1 Metodického pokynu MŽP). Vzhledem k neutrální půdní reakci nepředpokládáme zvýšený přestup prvků do rostlin, ani žádná další zdravotní rizika související s kontaminací půdy. V půdním vzorku ze zahrady paní Malované byly stanoveny několikanásobně vyšší obsahy chromu (Cr), kadmia (Cd) a zinku (Zn) než je horní hranice přirozeného pozadí a obsahy těchto prvků překračují jak hodnoty Kritérií A, tak maximálně přípustné hodnoty znečištění stanovené vyhláškou č. 13/1994 Sb. Obsahy kadmia (Cd) a zinku (Zn) jsou tak vysoké, že došlo k překročení indikačních hodnot (pro stanovení po extrakci lučavkou královskou); k přímému ohrožení zdraví lidí a kvality pěstovaných plodin přestupem prvků z půdy do rostliny nebo prostřednictvím přímého kontaktu však pravděpodobně nedochází vzhledem k nízkým obsahům mobilní frakce těchto prvků.

Obsahy polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH) v odebraném půdním vzorku (pozemek pana Pavelky) vyhovují kritériím A znečištění zemin s výjimkou obsahu chrysenu. Zjištěná koncentrace chrysenu ( $66,9 \mu\text{g/kg suš.}^{-1}$ ) odpovídá podle dlouhodobých šetření ÚKZÚZ střednímu obsahu chrysenu v půdách ČR (za horní hranici přirozených obsahů v půdách se nyní považuje koncentrace  $100 \mu\text{g/kg suš.}^{-1}$ ). Překročení kritéria A není nutné považovat za nebezpečné. Suma 16 EPA PAH v půdním vzorku odpovídá hodnotám zjištěným v rámci dlouhodobého monitoringu půd.

Obsahy PAH v jílku exponovaném na zahradě paní Malované jsou vyšší než referenční hodnoty a stanoviště lze považovat za stanoviště se zvýšenou depoziční zátěží polycyklickými aromatickými uhlovodíky. V tomto vzorku je zvýšený podíl nízkoaderných, těkavých PAH, které mohou dráždit dýchací cesty, způsobovat bolesti hlavy, zvracení. Ve vzorku jehličí odebraném z pozemku pana Pavelky byly nalezeny čtyřnásobně vyšší obsahy PAH než v referenčních vzorcích. Jedná se o stanoviště s výraznou depoziční zátěží polycyklickými aromatickými uhlovodíky. V tomto vzorku je výrazně zvýšený podíl karcinogenních uhlovodíků (cca 2,5x).

Koncentrace prvků v jílku a borovici zjištěné na základě prvkové analýzy rostlin odpovídají obsahům v referenčních vzorcích. Obsah rtuti, olova a kadmia ve vzorku salátu vyhovuje předepsaným limitním hodnotám.

Vzhledem k vysokým obsahům kadmia a zinku v odebraných půdních vzorcích doporučujeme provést komplexnější půdní průzkum v oblasti, zaměřený nejen na zahrady, ale také na přilehlé pole; na zahradách doporučujeme udržovat neutrální až alkalické pH a používat kvalitní statková hnojiva – hnůj, vyzrálý kompost, což povede k pevnější vazbě prvků v půdě.

## Seznam příloh

Příloha 1	Polycyklické aromatické uhlovodíky (polycyclic aromatic hydrocarbons, PAH) – 16 indikátorových PAH (16 EPA PAH)
Příloha 2	Celková suma 16 EPA PAH s příspěvkem jednotlivých uhlovodíků
Příloha 3	Protokol o zkouškách č.: 247/2012/PBR
Příloha 4	Protokol o zkouškách č.: 280/2012/PBR
Příloha 5	Protokol o zkouškách č.: 119/2012/POP
Příloha 6	Protokol o zkouškách č.: 122/2012/POP

## Použitá literatura

Klement, V.; Sušil, A. *Výsledky agrochemického zkoušení zemědělských půd za období 2005 - 2010*; Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Odbor bezpečnosti krmiv a půdy: Brno, 2011, 106s.

*Kritéria znečištění zemin a podzemní vody*. Metodický pokyn Ministerstva životního prostředí České republiky. Zpravodaj MŽP 8, 1996.

*Nařízení komise (ES) č. 1881/2006* ze dne 19. prosince 2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách, v platném znění

Pavlíček, V., Ust'ak, S., Chváta, V., Královec, J., Klementová, L., Hauptman, I., Honzík, R., 2000: *Ověření metody aktivního biomonitoringu*. Závěrečná zpráva vývojového úkolu (1997 – 1999). ÚKZÚZ Brno, VÚRV Praha – Ruzyně

Poláková, Š.; Kubík, L.; Hutařová, K., Houček, J., Malý, S., Fiala J., Reiningger D. (2012): *Kontrola a monitoring cizorodých látek v potravních řetězcích, Zpráva za rok 2011*; Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský: Brno, 84s + př.

Poláková, Š.; Kubík, L.; Malý, S. (2011): *Monitoring zemědělských půd v České republice, 1992 - 2007*, 1.st ed.; Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský: Brno, 117s.

*Vyhláška č. 13/1994 Sb.*, kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu

*Vyhláška č. 305/2004 Sb.*, kterou se stanoví druhy kontaminujících a toxikologicky významných látek a jejich přípustné množství v potravinách, ve znění pozdějších předpisů

Zbiral a kol. (2011): *Jednotné pracovní postupy – Analýza půd II*, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský: Brno, 230s., ISBN 978-80-7401-040-8

IRZ Integrovaný registr znečišťování. <http://www.irz.cz> (accessed July 31, 2012)

Příloha 1. Polycyklické aromatické uhlovodíky (polycyclic aromatic hydrocarbons, PAH) – 16 indikátorových PAH (16 EPA PAH)

		Počet jader	karcinogenita
Naptalene	NAP	2	-
Acenaphtyleen	ANY	3	-
Acenaphtene	ANA	3	-
Fluorene	FLU	3	-
Phenanthrene	PHE	3	-
Anthracene	ANT	3	-
Fluoranthene	FLT	4	-
Pyrene	PYR	4	-
Benzo(a)anthracene	BaA	4	x
Chrysene	CHR	4	x
Benzo(b)fluoranthene	BbF	5	x
Benzo(k)fluoranthene	BkF	5	x
Benzo(a)pyrene	BaP	5	x
Dibenzo(ah)anthracene	DBA	5	x
Benzo(ghi)perylene	BPE	6	-
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	IPY	6	x

Příloha 2. Celková suma 16 EPA PAH s příspěvkem jednotlivých uhlovodíků

