

VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ V PRAZE
Ústav chemie a analýzy potravin

Technická 5, 166 28 Praha 6

tel.: 220 443 057 a 185; e-mail: jana.hajslova@vscht.cz; vladimir.kocourek@vscht.cz



**Monitoring ovoce a plodin v okolí letiště
Praha – Ruzyně**

**Souhrnná technická zpráva
(2005-2010)**

<i>Smlouva č.:</i>	ev. č. 436 99 065 z 1.9.2005 a dodatek č. 1 z června 2008 (č. VŠCHT 323615070)
<i>Zahájení projektu:</i>	15.07. 2005
<i>Zpráva za období:</i>	01.01. 2010 - 31.10. 2010
<i>Vydána dne:</i>	29.11. 2010
<i>Zadavatel:</i>	Letiště Praha, a. s.
<i>Pracoviště:</i>	Vysoká škola chemicko-technologická v Praze Ústav chemie a analýzy potravin
<i>Odpovědný řešitel:</i>	Prof. Ing. Jana HAJŠLOVÁ, CSc., vedoucí Ústavu
<i>Spoluřešitelé:</i>	Doc. Ing. Vladimír Kocourek, CSc.; Ing. Lucie Drábová; Doc. Dr. Ing. Kateřina Riddellová; Ing. Šárka Přinosilová

OBSAH

I.	Cíl monitoringu.....	2
II.	Podmínky monitoringu.....	2
1.	Realizační pracoviště	2
2.	Vzorkovací plán, rozsah sledování vybraných škodlivin.....	2
3.	Výběr typu vzorků, monitorovaných lokalit a sledovaných škodlivin	2
III.	Výsledky monitoringu	7
1.	Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)	7
2.	Toxické kovy	26
3.	Zbytky paliva a těžké aromatické uhlovodíky	40
IV.	Závěry studie 2005 – 2010	53
V.	Použité literární zdroje	54
VI.	Seznam zkratk	55
VII.	Přílohy	57

Seznam příloh:

- Příloha 1: Osvědčení o akreditaci zkušební laboratoře
- Příloha 2: Monitoring ovoce a zemědělských plodin v okolí letiště Praha-Ruzyně – rozsah a postupy
- Příloha 3: Meteorologické podmínky v období vzorkování 2005 – 2010 (ČHMÚ-OLM) - *elektronicky*
- Příloha 4: Přehled nálezů sledovaných PAU a stopových prvků v trvalém travním porostu, jablkách, pšenici a listech jahodníku (tabulky)
- Příloha 5: Databáze výsledků monitoringu 2005 - 2010 (*elektronicky v Excelovém formátu*)
- Příloha 6: Fotodokumentace odběrových lokalit (*elektronicky v komprimovaném formátu jpeg*)

I. Cíl monitoringu

Cílem monitoringu je zhodnocení potenciálního vlivu Letiště Praha Ruzyně na znečištění ovoce, plodin a krmiv pěstovaných na území okolních obcí v souvislosti s jeho provozem.

Proto je od roku 2005 prováděno systematické zjišťování kontaminace vybraných (bioindikátorových) plodin a krmiv v bezprostředním okolí letiště Praha.

II. Podmínky monitoringu

1. Realizační pracoviště

Studie byla realizována laboratoří Ústavu chemie a analýzy potravin (vedoucí Prof. Ing. Jana Hajšlová, CSc.). Tato laboratoř má od roku 1999 zaveden funkční systém managementu jakosti podle mezinárodní normy ČSN EN ISO/IEC 17025 a je pravidelně akreditována Českým institutem pro akreditaci jako akreditovaná zkušební laboratoř č. 1316.2. Poslední re-akreditace proběhla počátkem roku 2009, dozorový audit 2010. Kopie platného akreditačního osvědčení je v [Příloze 1](#).

2. Vzorkovací plán, rozsah sledování vybraných škodlivin

Plán vzorkování a rozsah sledování cílových kontaminujících látek (vybraných škodlivin) je popsán v [Příloze 2](#), která byla zpracována ještě před zahájením monitoringu a odsouhlasena zadavatelem. Od roku 2008 byl plán vzorkování na žádost zadavatele rozšířen o další lokalitu (BAB), která zahrnuje oblast od severního okraje Červeného vrchu přes Hanspaulku až ke zřícenině na Babě.

Pro samotné odběry vzorků jsou k dispozici podrobné standardizované postupy vzorkování jednotlivých materiálů, včetně meteorologických podmínek a podmínek pro přepravu a uchování vzorků. Jednotlivé typy vzorků jsou pro přehlednost označovány třímístnými kódy, jejichž přehled je uveden v [seznamu zkratk](#).

Stanovený plán vzorkování a odběrové postupy byly v praxi dodrženy a nebyly zaznamenány žádné významnější odchylky. Byly odebrány všechny plánované vzorky v počtu stanoveném pro jednotlivé lokality.

3. Výběr typu vzorků, monitorovaných lokalit a sledovaných škodlivin

Výběr druhu vzorků, lokalit a cílových látek (škodlivin) byl předmětem vstupní dokumentace v [Příloze 2](#). Analýzy těkavých látek byly na základě aktuálních výsledků od roku 2007 doplněny o kvantitativní stanovení skupiny látek označovaných jako BTEX (benzen, toluen, ethylbenzen, xylén). Navíc byl též proveden necílový screening obdobných těkavých látek, které by potenciálně mohly indikovat stopy leteckého paliva pronikajícího do ekosystému.

Jako tzv. kontrolní lokality byly v průběhu akce zvoleny lokality v oblasti Jílového u Prahy a východně od Řevničova, kde je přímý vliv letecké dopravy jen omezený.

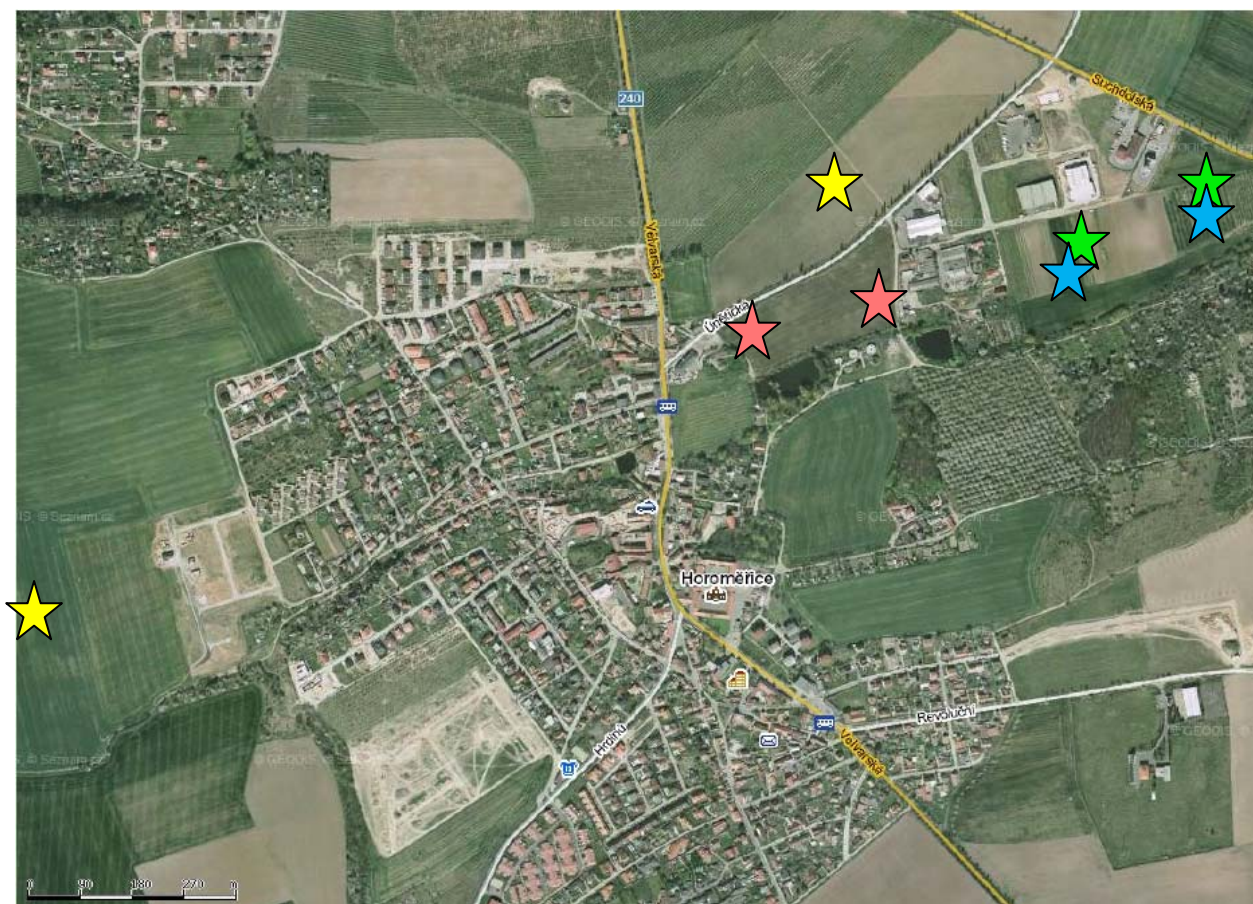
V [Příloze 3a a 3b](#) je přehled meteorologických údajů ve vzorkovacích sezonách 2005 až 2010 s vyznačením dní odběru. Kromě přehledu teplot, slunečního svitu a srážek jsou k dispozici také údaje o frekvenci směru a rychlosti větru. Tyto údaje předal zadavatel monitoringu a byly

naměřeny v prostoru letiště Praha (přesná lokalizace uvedena). Červenec 2010 byl z hlediska průměrných teplot, srážek a doby slunečního svitu teplejší ale výrazně vlhčí (128 mm) oproti červenci 2009 (65 mm); vítr ze směru 230 – 310 stupňů nepřesahoval 5 m/s. Srpen 2010 byl teplotně podprůměrný, s nadprůměrným množstvím srážek (úhrn činil 123 mm oproti 23 mm v srpnu 2009 a 69 mm v srpnu 2008). Ve dnech předcházejících odběru vzorků se však srážky prakticky nevyskytovaly. V prostoru LKPR byl v srpnu 2010 zaznamenán vítr nejčastěji v rozmezí 1-10 m/s, převážně ze směru 200-280 stupňů.

Rozmístění vzorkovaných lokalit je zřejmé z **Obrázků 1a až 1g**. U jednotlivých odběrních bodů jsou pro orientaci barevně vyznačeny vzorkované plodiny. Vzájemné vzdálenosti v rámci katastrálního území jedné obce jsou (vzhledem k předpokládanému rozptylu škodlivin) relativně malé. Používané plné kódy lokalit sestávají z pořadového čísla odběrního bodu a zkratky obce – viz [Seznam zkratek](#). V jednotlivých letech se lokalizace odběrových míst významněji neměnila, drobné změny byly odůvodněny změnou stanoviště konkrétních plodin. Vzdálenosti mezi původním a novým bodem byly vždy řádově v desítkách až stovkách metrů, což je z hlediska interpretace výsledků ve vztahu k atmosférickému znečištění nevýznamné.

Lokalizace jednotlivých míst odběru vzorků je provedena pomocí zeměpisných souřadnic v systému WGS 84 (pro určení souřadnic byly použity internetové mapy Geodis Brno, s.r.o.) – viz [Příloha 5](#).

V místech odběru vzorků byla rovněž pořizována fotodokumentace, která je uložena v komprimovaném formátu jpeg - viz [Příloha 5 a 6](#). V názvu příslušného souboru s digitální fotografií je vždy pořadové číslo lokality, kód obce nebo letiště a kód plodiny.



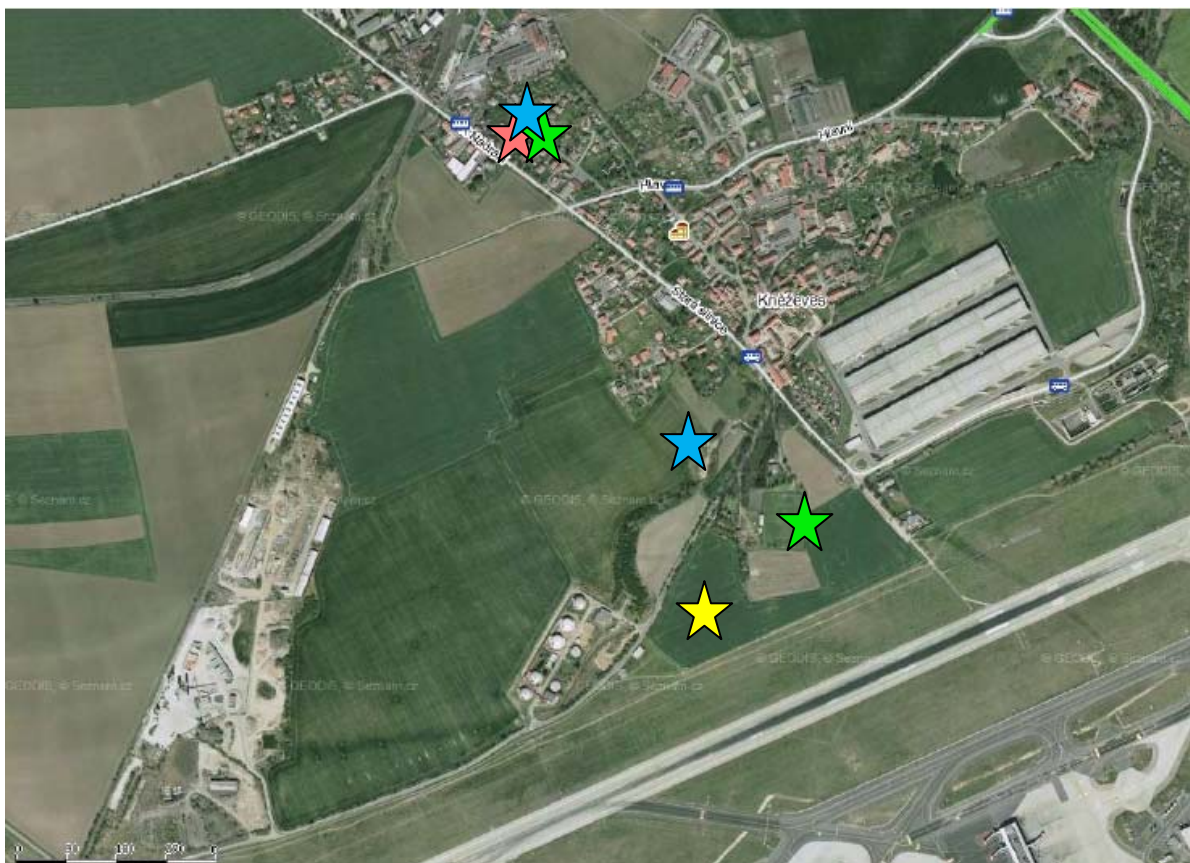
Obrázek 1a: Orientační mapa odběru vzorků v **Horoměřicích**; přesná lokalizace viz [Příloha 5](#).
Vysvětlivky: žlutá- pšenice; modrá- jablka; zelená – travní porost; červená – listy jahodníku.



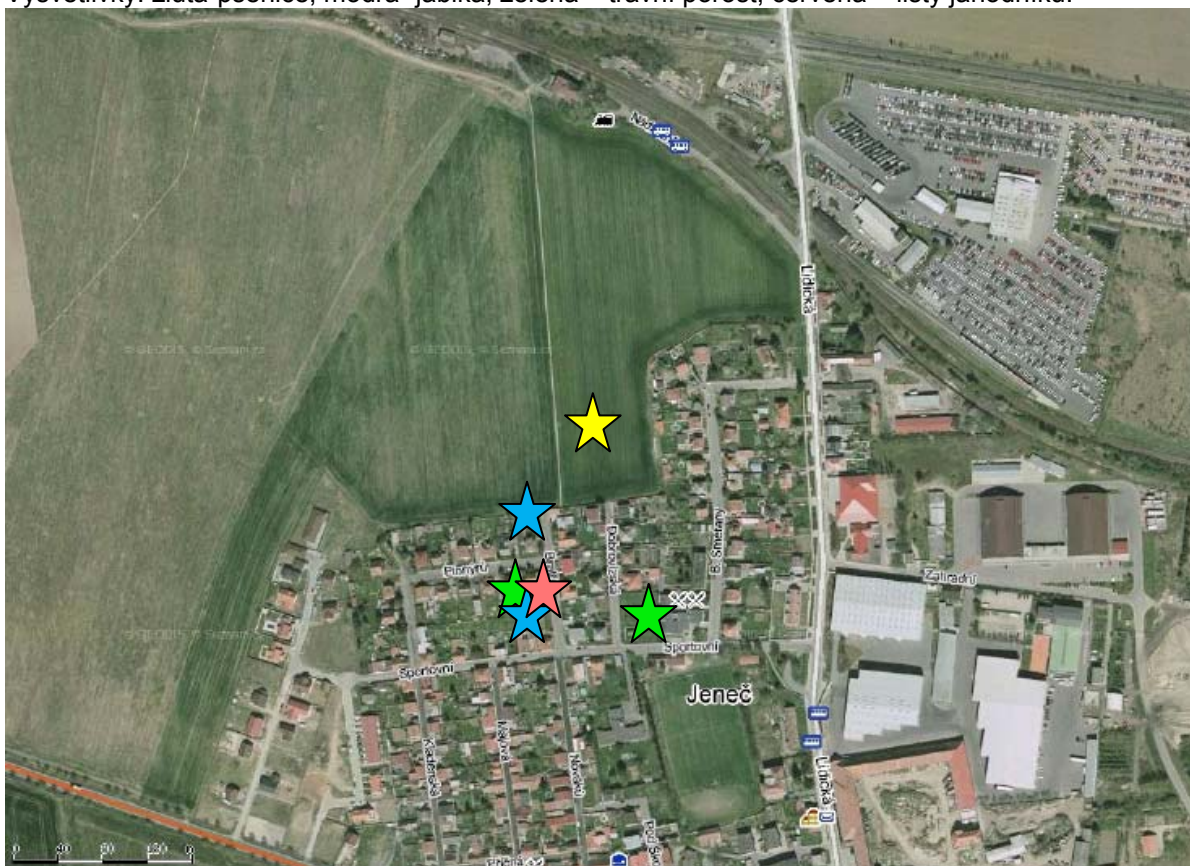
Obrázek 1b: Orientační mapa odběru vzorků v **Nebušicích**; přesná lokalizace viz [Příloha 5](#)).
Vysvětlivky: žlutá-pšenice; modrá- jablka; zelená – travní porost; červená – listy jahodníku.



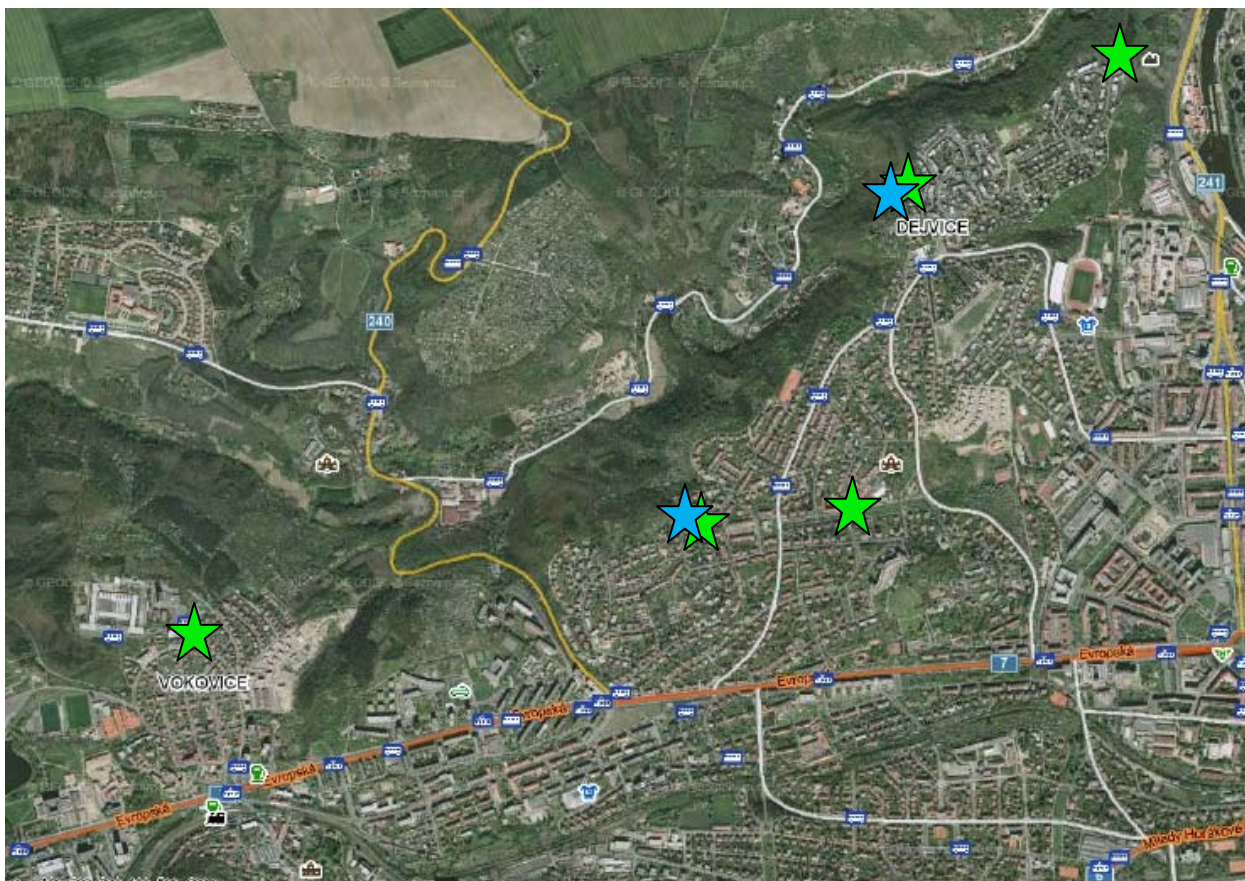
Obrázek 1c: Orientační mapa odběru - **Přední Kopanina**; přesná lokalizace viz [Příloha 5](#)).
Vysvětlivky: žlutá-pšenice; modrá- jablka; zelená – travní porost; červená – listy jahodníku.



Obrázek 1d: Orientační mapa odběru - Kněžves; přesná lokalizace viz [Příloha 5](#)).
Vysvětlivky: žlutá-pšenice; modrá- jablka; zelená – travní porost; červená – listy jahodníku.



Obrázek 1e: Orientační mapa odběru - Jeneč; přesná lokalizace viz [Příloha 5](#)).
Vysvětlivky: žlutá-pšenice; modrá- jablka; zelená – travní porost; červená – listy jahodníku.



Obrázek 1f: Orientační mapa odběru – **Baba-Hanspaulka-Č.vrch**; přesná lokalizace viz [Příloha 5](#)).
Vysvětlivky: modrá- jablka; zelená – travní porost



Obrázek 1g: Orientační mapa odběru – **areál Letiště Praha**; přesná lokalizace viz [Příloha 5](#)).
Vysvětlivky: žlutá-pšenice; modrá- jablka; zelená – travní porost

III. Výsledky monitoringu

Podrobný přehled charakteristických vlastností sledovaných polutantů, možných emisních zdrojů, toxicity, pohybu v životním prostředí a koncentracích nalézáných na vegetaci byl zpracován v úvodní zprávě z r. 2005. Aby však tato zpráva mohla být využívána bez potřeby vracet se ke zprávě minulé, jsou dále některé skutečnosti významné pro interpretaci naměřených údajů zopakovány v kapitolách věnovaných přehledu problematiky u jednotlivých skupin kontaminantů.

1. Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)

1.1 Přehled problematiky

S úrovní kontaminace atmosféry, do níž jsou PAU primárně emitovány a která představuje hlavní transportní medium pro většinu polutantů uvolňovaných do našeho prostředí, úzce souvisí hladiny PAU nacházené v půdě, vegetaci, vodě a v sedimentech.

Pro sledování imisní zátěže těmito environmentálními kontaminanty lze využít celou řadu různých typů aktivních vzorkovacích zařízení pro odběr ovzduší, kde se aktuální koncentrace škodlivin měří v definovaném objemu nasátého vzduchu. Namísto nákladného aktivního vzorkování atmosféry (které stejně odráží jen okamžitý stav a nikoli dlouhodobou zátěž prostředí) lze využít tzv. pasivní vzorkovače, tvořené povrchy rostlinných matric. Použití vegetace jako bioindikátoru znečištění atmosféry PAU má několik výhod; zejména možnost vzorkování stejného typu matric v různých lokalitách nám umožňuje porozumět transportním procesům, které probíhají v atmosféře. Důležitý je i fakt, že rostliny (zemědělské plodiny) jsou klíčovou složkou potravního řetězce člověka, a informace o jejich zátěži tak indikuje možnou míru expozice populace environmentálními polutanty a s tím spojená zdravotní rizika.

Nejvýznamnější fyzikálně-chemické vlastnosti pro 16 "prioritních" PAU podle US EPA (Agentury pro ochranu životního prostředí, USA), definované pro teplotu 25 °C, jsou uvedeny v **Tabulce I**. Těchto 16 PAU bylo v roce 1976 uvedeno US EPA jako prioritní pro stanovení v odpadních vodách a později se tento soubor 16 PAU začal používat i při monitorování ovzduší, půdy a biotických složek prostředí. Z této skupiny nejsou do sledování zátěže potravních řetězců většinou zařazovány těkavé dvou- a tříjaderné PAU (Naph, Ace, Acy, Fln), které jsou toxikologicky méně závažné.

Nízkomolekulární PAU jsou těkavější než poměrně stabilní vysokomolekulární. Pohyblivost PAU v prostředí opět souvisí s jejich molekulovou hmotností. PAU s nižší molekulovou hmotností jsou v prostředí poměrně pohyblivé, zatímco PAU s molekulovou hmotností vyšší jsou vzhledem k vyšším molekulovým objemům a extrémně nízké těkavosti a rozpustnosti relativně nepohyblivé.

Dominantním zdrojem PAU v našem prostředí jsou emise, které pocházejí z různých antropogenních aktivit. Antropogenní zdroje PAU je možné rozdělit na mobilní, kde hlavní příspěvek tvoří emise z benzínových a dieselových motorů a stacionární, mezi které je možné zařadit celou škálu spalovacích procesů zahrnujících domácí topeniště, spalování odpadů a výrobu elektrické energie a průmyslové aktivity (výroba hliníku, koksu a železa, zpracování ropy). Složení emisí PAU z dopravních prostředků je závislé zejména na typu motoru, provozních podmínkách a složení paliva. Obsah PAU v palivech a motorových olejích se často pohybují až na hladinách mg/kg. Ačkoli největší podíl na emisích z mobilních zdrojů mají spalovací motory, PAU se dostávají do prostředí také vlivem opotřebení asfaltových vozovek, pneumatik a olejových náplní motorů vozidel.

Jak ve městech, tak ve venkovských oblastech významně přispívají ke kontaminaci ovzduší PAU domácí topeniště na tuhá paliva, která v kamnech a kotlích hoří často nedokonale za tvorby velkého množství sazí bohatých na PAU. Tento zdroj je dosud významně rozšířen a je obtížně kontrolovatelný. Česká republika patří k zemím Evropy s nejvíce znečištěným životním prostředím zejména díky tomu, že spalováním uhlí, které je zde hlavním zdrojem energie, jsou do prostředí emitována velká množství PAU.

Polycyklické aromatické uhlovodíky patří mezi první atmosférické polutanty, u kterých byl zjištěn karcinogenní potenciál.

Vzhledem k tomu, že PAU se v prostředí vyskytují vždy jako komplexní směs látek, je organismus vystaven většinou působení více než jednoho reprezentanta této skupiny. Hlavním zdrojem nejistoty posouzení rizika expozice PAU je nekompletnost dat o toxicitě jejich směsí. V praxi se dnes někdy využívá obdobná strategie, která byla zavedena pro hodnocení toxicity směsi PCB. Vychází se ze zjednodušujícího předpokladu o podobnosti toxického účinku chemicky příbuzných látek jedné skupiny. Tento model faktoru ekvivalentní toxicity f_{TEF} kalkuluje s aditivním efektem daných komponent a s vyjádřením tohoto účinku jako ekvivalentního množství toxického benzo[a]pyrenu (referenční látky s dobře popsáním karcinogenním účinkem a mechanismem působení). Jednoduchý vztah pak umožní kalkulovat toxicitu různých směsí PAU jako tzv. ekvivalent toxicity f_{TEQ} :

$$f_{TEQ} = \sum w_{PAU,i} \cdot f_{TEF,i}$$

kde $w_{PAU,i}$ je obsah příslušného PAU a $f_{TEF,i}$ je ekvivalentní faktor toxicity pro příslušný PAU. Teoretické hodnocení toxicity PAU pomocí f_{TEF} je závislé na mnoha faktorech. Toxicita PAU může být ovlivněna konečným stavem působení PAU – *in vivo* nebo *in vitro*, dále aditivními efekty způsobenými možnými interakcemi mezi jednotlivými PAU ve směsi, kdy případná interakce může záviset na množství (koncentraci) PAU, ale i na době působení. Vzájemné interakce mezi PAU mohou být ovlivněny přítomností některé specifické sloučeniny a slabě karcinogenního nebo nekarcinogenního PAU (např. fluoranthenu a pyrenu), která mohou jak podporovat, tak inhibovat toxicitu směsi PAU. V **Tabulce II** jsou uvedeny hodnoty $f_{TEF,i}$ získané z některých studií zabývajících se posuzováním toxicity jednotlivých PAU. Nejsilnějšími karcinogeny mezi PAU jsou tedy benzo[fluoranthenu], benzo[a]pyren, benz[a]anthracen, dibenz[a,h]anthracen a indeno[1,2,3-cd]pyren. Aby došlo k projevu jejich latentního karcinogenního potenciálu, je však nutné PAU podrobit metabolické konverzi a aktivaci.

PAU inkorporované do jednotlivých složek terestrického ekosystému, se nechovají staticky, ale mohou podléhat řadě změn. K jejich přeměně či pohybu může docházet různými procesy, mezi něž patří biodegradace, chemická transformace, fotolýza, vytěkání, vylouhování a metabolismus. Pro komplexní charakterizaci osudu PAU v životním prostředí je tedy nutné nejenom zjištění vlastní zátěže (obsahu sledovaného analytu), ale i znalost výše zmíněných zákonitostí osudu polutantů v prostředí.

Zátěž prostředí PAU je reprezentována celkovým množstvím PAU přítomným ve všech jeho složkách a zároveň představuje souhrn profilů PAU emitovaných ze všech jejich možných zdrojů. PAU ve většině případů vstupují do prostředí jako složky směsí. Charakter zátěže se mění v závislosti na zdroji znečištění, vzdálenosti od tohoto zdroje a v závislosti na orografii. Atmosférická depozice představuje hlavní cestu pro přestup PAU do terestrického ekosystému a atmosféra je také hlavním transportním médiem PAU v prostředí.

Rozdělení PAU podle počtu aromatických jader uvádí **Tabulka III**.

Tabulka I: Přehled fyzikálně-chemických vlastností PAU spolu s jejich dalšími charakteristikami; zkratky – viz seznam (str. 56)

PAU	CAS ^{a)}	Sumární vzorec	Počet aromatických jader	Molární hmotnost (g/mol)	Bod tání (°C)	Bod varu (°C)	Rozpustnost ve vodě (g/m ³) ^{b)}	log K _{ow} ^{b)}	Tenze par (Pa) ^{b)}	Henryho konstanta (Pa.m ³ /mol) ^{b)}	log K _{OA} ^{b)}
Naph	91-20-3	C ₁₀ H ₈	2	128,17	80	218	31,69	3,37	10,4	43,01	5,13
Ace	83-32-9	C ₁₂ H ₁₀	3	154,21	95	279	3,8	4,00	0,3	12,17	6,21
Acy	208-96-8	C ₁₂ H ₈	3	152,12	92	265-275	3,93	4,07	0,9	8,4	-
Flu	86-73-7	C ₁₃ H ₁₀	3	166,22	116	295	1,98	4,18	0,09	7,87	6,68
Phe	85-01-8	C ₁₄ H ₁₀	3	178,23	101	340	1,1	4,57	0,02	3,24	7,47
Ant	120-12-7	C ₁₄ H ₁₀	3	178,23	216	342	0,0446	4,54	0,001	3,96	7,34
Flt	206-44-0	C ₁₆ H ₁₀	4	202,26	111	375	0,26	5,22	0,00123	1,04	8,88
Pyr	129-00-0	C ₁₆ H ₁₀	4	202,26	156	360	0,132	5,18	0,0006	0,92	8,61
B[a]A	56-55-3	C ₁₈ H ₁₂	4	228,29	160	435	0,011	5,91	2,8x10 ⁻⁵	0,581	9,52
Chr	218-01-9	C ₁₈ H ₁₂	4	228,29	255	448	0,0018	5,75	5,7x10 ⁻³	0,0122	10,42
B[b]F	205-99-2	C ₂₀ H ₁₂	5	252,32	168	481	0,0012	6,57	6,6x10 ⁻⁵	-	10,17
B[k]F	207-08-9	C ₂₀ H ₁₂	5	252,32	217	481	0,00055	6,84	5,2x10 ⁻⁸	0,016	-
B[a]P	50-32-8	C ₂₀ H ₁₂	5	252,32	179	496	0,0038	6,04	7,0x10 ⁻⁷	0,046	10,77
DB[ah]A	53-70-3	C ₂₂ H ₁₄	5	278,35	267	524	0,0005	6,75	3,7x10 ⁻¹⁰	0,00017	13,91
B[ghi]P	191-24-2	C ₂₂ H ₁₂	6	276,34	277	-	0,00026	7,23	-	0,075	11,01
I[1,2,3-cd]P	193-39-5	C ₂₂ H ₁₂	6	276,34	163	536	0,062	7,66	-	-	-

- nenalezeno

a) Chemical Abstracts System

b) pro 25 °C

Tabulka II: Hodnoty f_{TEF} pro jednotlivé PAU

Sloučenina	Nisbet a LaGoy [1]
Benzo[a]pyren	1,0
Dibenz[a,h]anthracen	5
Benz[a]anthracen	0,1
Benzo[b]fluoranthén	0,1
Benzo[k]fluoranthén	0,1
Indeno[1,2,3-cd]pyren	0,1
Anthracen	0,01
Benzo[g,h,i]perylene	0,01
Chrysen	0,01
Acenaphthen	0,001
Acenaphthylen	0,001
Fluoranthén	0,001
Fluoren	0,001
2-Methylnaphthalen	0,001
Naphthalen	0,001
Phenanthren	0,001
Pyren	0,001

Tabulka III: Rozdělení PAU do skupin podle počtu aromatických jader

Počet jader	PAU
3	Phe, Ant
4	Flt, Pyr, B[a]A, Chr
5,6	B[b]F, B[k]F, B[a]P, DB[ah]A, B[ghi]P, I[1,2,3-cd]P

Míra transportu mezi jednotlivými složkami ekosystému je funkcí fyzikálně-chemických vlastností jednotlivých PAU (rozpuštnost ve vodě, lipofilita, těkavost), stavem PAU (tj. zda jsou spojené s částicemi či v plynném stavu), stavem prostředí (povětrnostní podmínky), depozicí, reakcemi, které v prostředí probíhají (fotooxidace, chemická oxidace, mikrobiální degradace).

Klíčovými charakteristikami pro odhad přestupu látek mezi jednotlivými složkami ekosystému jsou rozdělovací koeficienty. Koeficientem, který charakterizuje přestup PAU z atmosféry do biotické složky prostředí, je rozdělovací koeficient n -oktanol/vzduch K_{OA} . Těkavé PAU s hodnotami $\log K_{OA} < 8$ jsou sorbovány povrchem vegetace přímo z plynné fáze atmosféry, pro PAU s $\log K_{OA} > 11$ převažujícím mechanismem přestupu do biotické složky prostředí depozice částic.

Doba setrvání PAU v různých částech prostředí je různá v závislosti na vlastnostech dané látky a na vlastnostech a podmínkách prostředí, tedy na ročním období, teplotě, sluneční radiaci, apod. Pro nízkomolekulární PAU jsou typické poločasy rozpadu v atmosféře dny, týdny ve vodě a měsíce v půdě. Tyto látky tedy nejsou významně perzistentní. Tří- a čtyřjaderné PAU mají poločasy rozpadu v jednotlivých složkách ekosystému asi dvakrát delší. Těžší PAU s pěti a více jádry jsou již poměrně perzistentními látkami s poločasy rozpadu týdny ve vzduchu, měsíce ve vodě a roky v půdě a sedimentech. V tkáních vyšších organismů jsou nalézané hladiny PAU obvykle velmi nízké, což je způsobeno jejich rychlou metabolickou přeměnou. Většina obratlovců je vybavena enzymatickým aparátem, který jim umožňuje PAU metabolizovat za vzniku intermediátů, z nichž některé jsou cytotoxické a karcinogenní.

V atmosféře jsou PAU přítomny buď v plynné fázi nebo sorbované na pevné částice. Primárně jsou PAU emitovány do plynné fáze atmosféry a poté jsou inkorporovány na tuhé částice buď kondenzací při ochlazování emisí nebo adsorpčním mechanismem. Distribuce PAU mezi plynnou a pevnou fází atmosféry je ovlivněna několika faktory – tenzí par PAU (která je funkcí teploty), množstvím částic (z hlediska povrchu dostupného pro adsorpci PAU), teplotou ovzduší, obsahem PAU a afinitou jednotlivých PAU k částicím organické hmoty.

Při vyšších teplotách dochází k obohacení plynné fáze těkavějšími PAU, v zimním období naopak dochází ke kondenzaci plynných PAU na povrch částic a tak jejich zvýšené depozici na zemský povrch včetně vegetace. Se vzrůstající molekulovou hmotností, resp. větším počtem kondenzovaných jader dochází k asociaci s pevnými částicemi aerosolu a organickým podílem půd. Obecně lze však charakterizovat distribuci PAU v atmosféře tak, že tříjaderné PAU jsou přítomny především v plynné fázi atmosféry, pěti- a šestijaderné PAU jsou primárně sorbovány na částice a čtyřjaderné PAU jsou přítomny v obou fázích atmosféry.

Distribuce PAU v atmosféře (atmosférický transport částic a jejich fyzikální odstranění z atmosféry) závisí zejména na velikosti atmosférických částic, přičemž největší důraz je z hlediska expozice lidské populace kladen na tzv. respirabilní frakci ($< 1 \mu\text{m}$). U částic o velikosti $0,1 - 3 \mu\text{m}$, se kterými jsou PAU především asociovány, se předpokládá, že mohou v atmosféře přetrvávat po několik dní i déle. V závislosti na atmosférických podmínkách mohou být tyto částice přenášeny v atmosféře i na velké vzdálenosti, přičemž často ani deštěm (tj. mokrou depozicí) nedochází k jejich účinnému odstranění z atmosféry. Větší částice (více než $3 - 5 \mu\text{m}$) jsou odstraňovány z atmosféry především prostou sedimentací a srážkami a je možné je nalézt spíše v blízkém okolí emisních zdrojů.

Rychleji než suchou depozicí dochází k odstranění PAU z atmosféry mokrou depozicí, kterou lze rozdělit podle velikosti kapek a typu přenosu na horizontální (mlha, rosa, námraza) a vertikální (déšť, sněh). Plynné PAU a PAU vázané na větších částicích jsou strhávány především atmosférickými srážkami (pod-oblačné vymývání). Hlavní podíl PAU vázaných v aerosolech je sorbován v mračcích, z nichž jsou postupně vymývány deštěm (vnitro-oblačné vymývání). Nálezy PAU ve srážkách jsou tedy výsledkem jak vnitro-oblačného, tak pod-oblačného vymývání, přičemž vnitro-oblačné vymývání představuje velmi účinný postup zejména pro odstranění PAU asociovaných s částicemi. PAU přítomné v plynné fázi jsou odstraňovány z atmosféry v důsledku pod-oblačného vymývání, na základě přestupu mezi plynnou a vodní fází. PAU deponované na zemský povrch mohou nicméně po depozici zpět vytékat, a to zejména z vodních ploch.

Průměrný obsah PAU ve srážkách se pohybuje v jednotkách až stovkách ng/dm^3 v závislosti na jejich rozpustnosti ve vodě (PAU s nízkou molekulovou hmotností jsou rozpustné ve vodě na hladinách $\mu\text{g/dm}^3$, vyšší na hladinách ng/dm^3). Obecně lze říci, že nálezy PAU ve srážkách jsou vyšší v zimě než v létě, což odráží sezónní variace hladin PAU v atmosféře. Sněžení je také mnohem efektivnějším způsobem pro odstranění PAU z atmosféry než déšť.

Nejvyšší množství PAU jsou přítomna v ovzduší v zimě a spíše v městských než venkovských oblastech. K vyšším nálezům polyaromátů v zimním období přispívají zejména změny v produkci emisí (zvýšení produkce emisí z domácích topenišť a automobilových exhalací) a změny meteorologických podmínek (kratší doba svitu a nižší teplota, teplotní inverze). Tyto faktory významně ovlivňují rozptýlení vzdušných polutantů a změny ve fázové distribuci PAU (plynná fáze - částice).

V literatuře jsou uváděny údaje o množství PAU ve volném ovzduší v prostoru Evropy v zimním období, které může být 2 – 10krát vyšší než v létě. Obsahy PAU v ovzduší se mohou pohybovat v rozpětí několika řádů. Za hodnoty odpovídající pozadí bývají považovány hladiny $0,1 - 1 \text{ ng/m}^3$, střední hodnoty v ovzduší městských a průmyslových aglomerací se většinou pohybují mezi $0,3 - 6 \text{ ng/m}^3$.

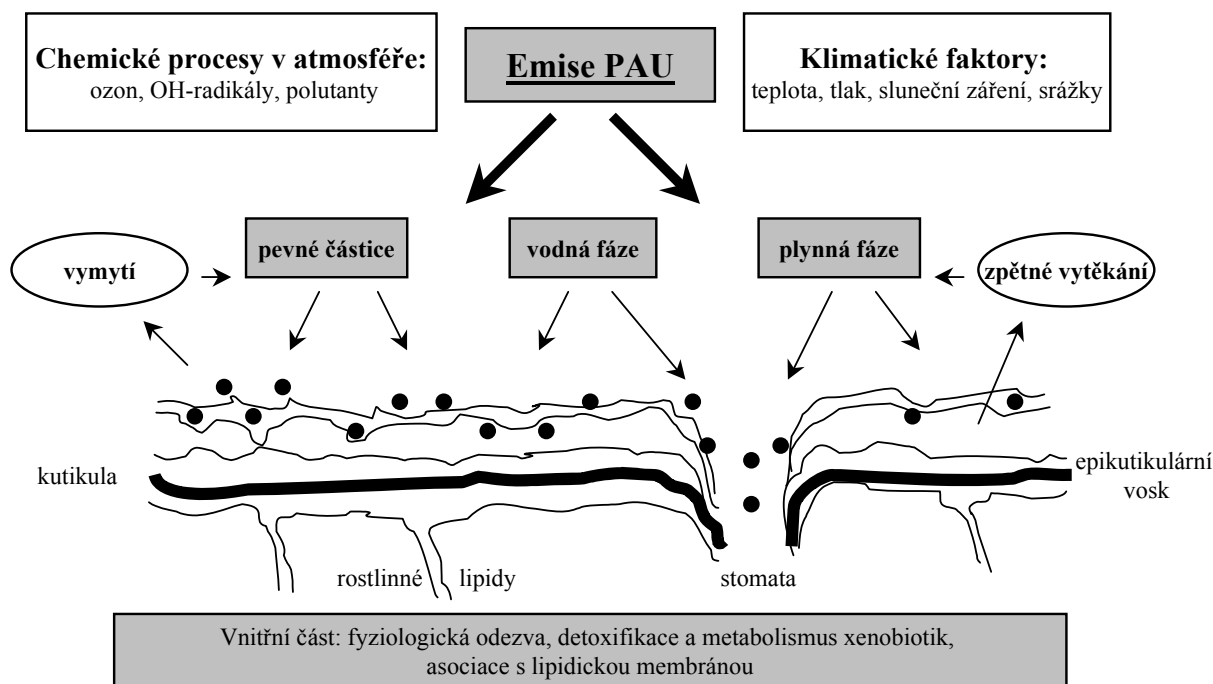
Míra znečištění vegetace PAU je ovlivněna fyzikálně-chemickými vlastnostmi jednotlivých PAU (rozdělovací koeficient K_{OW} , rozpustnost ve vodě, tenze par, Henryho konstanta), dále meteorologickými podmínkami a samozřejmě samotným obsahem PAU v prostředí. Také morfologie rostliny, tj. plocha povrchu dosažitelná pro adsorpci a obsah lipidů má významný vliv na kontaminaci vegetace PAU. V důsledku atmosférické depozice je značná část PAU deponována do půdy nebo na povrch vegetace. Hlavní cestou kontaminace vegetace je sorpce PAU listovou plochou přímo z ovzduší a dále z deponovaných částic.

Nevýznamnou cestou kontaminace vegetace je absorpce PAU z půdního roztoku a povrchem kořenů. Translokace PAU v rostlinách z půdy kořenovým systémem je ovlivněna hydrofobním charakterem těchto látek a je možné ji odhadnout na základě hodnoty K_{OW} . Její rozsah je ovlivněn vodním režimem rostliny a přítomností tzv. "oil channels" ("vodivých kanálků") v kořenovém systému, které umožňují

snadnější přestup PAU do vnitřních pletiv. Foliární příjem PAU odpařených z kontaminovaných půd je ale také možným zdrojem znečištění vegetace PAU.

Faktory ovlivňující přestup PAU do vegetace jsou znázorněny na **Obrázku 2**.

Fázová rovnováha mezi obsahem PAU v atmosféře a ve vegetaci je funkcí teploty; na jaře a na podzim, kdy je teplota ovzduší nižší, jsou nacházeny ve vegetaci obvykle vyšší hladiny PAU, v letním období, kdy je naopak okolní teplota vyšší, jejich obsahy klesají. Foliární příjem PAU je totiž důsledkem kontaminace atmosféry PAU a vegetace tak může být použita jako indikátor znečištění ovzduší. Rozdíly v nálezech PAU v různých druzích vegetace v dané lokalitě mohou být značné, např. vzhledem k rozdílnostem mezi odebíranými rostlinnými orgány (jehličím, listy, plody).



Obrázek 2: Faktory ovlivňující příjem PAU vegetací

Atmosférické kontaminanty jsou zákonitě koncentrovány zejména v těch částech rostlin, které jsou v přímém kontaktu s ovzduším. V případě konzumace může právě rozsah kontaminace povrchových vrstev vegetace PAU představovat jeden z hlavních zdrojů těchto látek v lidské dietě.

Povrch rostlin je pokryt epidermální tkání, lipofilní membránou, jejíž hlavní složkou je biopolymer kutin a "voskovité" lipidy. Tato membrána pokrývá vnější stěny pokožkových buněk rostlin a slouží rostlinám k ochraně před nekontrolovatelnými ztrátami vody z rostlinných pletiv a infekcí. Vysoký kumulační potenciál pro PAU (ale i ostatní lipofilní atmosférické kontaminanty) mají zejména rostliny, resp. jejich části, s vysokým obsahem povrchových lipidů a členitým povrchem ("chloupky"). Prostřednictvím stomat (průduchů) mohou být PAU inkorporovány také do vnitřních pletiv rostlin (listů).

Míra sorpce PAU vegetací závisí také na poměru povrchu rostliny k její celkové biomase. Rostliny s vysokou hodnotou tohoto poměru, tedy s velkou plochou listů nebo jehlic, představují značný potenciál pro sorpci PAU z atmosféry. Dalším faktorem je samozřejmě, vedle obsahu PAU v atmosféře, délka vegetačního nebo růstového období rostliny, tedy doba expozice.

Použití vegetace jako indikátoru kontaminace atmosféry má však i svá omezení; nutným předpokladem pro správné posouzení získaných dat je znalost mechanismu příjmu polutantů a faktorů (již zmíněných), které jej ovlivňují. Předpokladem pro posouzení zátěže je také zpracování dostatečného množství vzorků, tedy systematické a důsledné monitorování kontaminace. Aby bylo možné stanovit úroveň zátěže měst a regionů, je třeba získat velké množství vzorků z různých lokalit tak, aby byl minimalizován efekt vlivu bodového zdroje kontaminace a snížen vliv variability mezi

odebranými vzorky ze sledované oblasti. I přes to se však běžná směrodatná odchylka mezi nálezy pro jeden druh rostliny rostoucí ve stejné oblasti může pohybovat v rozpětí 20 – 60 %.

Poznatky o sorpci PAU vegetací lze shrnout do několika bodů:

- nízkomolekulární PAU jsou s ohledem na typ povrchu sledované matrice rostlinami sorbovány snadněji než výšomolekulární,
- sorpce PAU vegetací je ovlivněna klimatickými podmínkami, zejména teplotou (s jejím poklesem roste míra depozice PAU do vegetace), velikostí a charakterem povrchu,
- hladiny PAU ve vegetaci jsou obvykle vyšší v nadzemních částech rostlin než v částech podpovrchových a na povrchu rostlin než ve vnitřních pletivech,
- rostliny s velkým povrchem listů, drsným charakterem povrchu a vysokým obsahem kutikulárních vosků obsahují obvykle vyšší hladiny PAU na jednotku hmotnosti
- celková kontaminace rostlin PAU je zásadním způsobem ovlivněna prašností prostředí

Nálezy PAU ve vegetaci se pohybují v rozmezí setin až stovek $\mu\text{g/kg}$. V blízkosti intenzivních zdrojů kontaminace se však můžeme setkat i s nálezy mnohem vyššími, které dosahují až desítek mg/kg . Konkrétní hodnoty nálezů PAU ve vegetaci a dalších složkách životního prostředí byly již uvedeny a diskutovány ve zprávě za rok 2005.

1.2 Analýza vzorků na obsah PAU

Vyšetření vzorků jablek, listů jahodníku, travního porostu a pšenice na obsah PAU probíhalo v souladu s metodou akreditovanou Českým institutem pro akreditaci (ČIA) pro zkušební laboratoř č. 1316.2 (Osvědčení o akreditaci č. 319/2009), jako zkušební metoda KM 08a: Polycyklické aromatické uhlovodíky. Tato metoda je akreditována pro 12 PAU, dosud prioritně sledovaných v životním prostředí (EPA list).

Principem metody je extrakce PAU z vhodně upravených matric do organického rozpouštědla. Separace PAU od případných koextraktů se v extraktech izolovaných z rostlinných matric a půdy provádí pomocí gelové permeační chromatografie (GPC). PAU se stanoví pomocí reverzní vysokoúčinné kapalinové chromatografie s fluorescenční detekcí (HPLC/FLD). Jednotlivé analyty jsou identifikovány a kvantifikovány na základě srovnání s příslušnými standardy, pomocí metody vnějšího standardu.

Vzhledem k nedávnému stanovisku vědeckého výboru Evropského úřadu pro bezpečnost potravin (červen 2008) byly všechny dosavadní výsledky sumárního obsahu PAU přepočteny na sumu 8 PAU, která má napříště v evropských databázích reprezentovat zátěž potravin a plodin a indikovat tak expozici těmto kancerogenům. Pro sumu těchto PAU (v Příloze 5 označených červeně) jsou k dispozici nejen údaje o úrovni kontaminace potravin ale i o celkové expozici člověka PAU. Jedná se o následující látky:

Benz[a]anthracen, Chrysen, Benzo[b]fluoranten, Benz[k]fluoranten, Benzo[a]pyren, Benzo[g,h,i]perylen, Dibenz[a,h]anthracen a Indeno[1,2,3-cd]pyren

Výsledky pro jednotlivé matrice jsou přehledně dokumentovány na **Obrázcích 3 až 14**, kde jsou pro každou lokalitu uvedeny výsledky za celé období 2005 – 2010 a dále v tabulkách a souhrnných statistických grafech v **Příloze č. 4**.

1.3 Výsledky a diskuse nálezů PAU

Pšenice

V roce 2010 nedošlo ve sledovaných lokalitách k výrazným změnám v nálezech PAU oproti všem předchozím rokům (2005-2009).

Hladiny PAU v pšenici se ve všech sledovaných letech pohybovaly v rozmezí odpovídajících hodnotám zjištěným jinými studiemi [2, 3] pro lokality v jiných oblastech ČR s víceméně průměrnou zátěží PAU a řádově odpovídaly i nálezům v kontrolní lokalitě Jílového u Prahy (JIP K) u které byl v letošním roce zaznamenán zvýšený nález PAU. Sezonní výkyvy však naznačují, že aktuální koncentrace se mohou měnit v širokém rozmezí (viz **Obrázek 3, statistické grafy v příloze 4**).

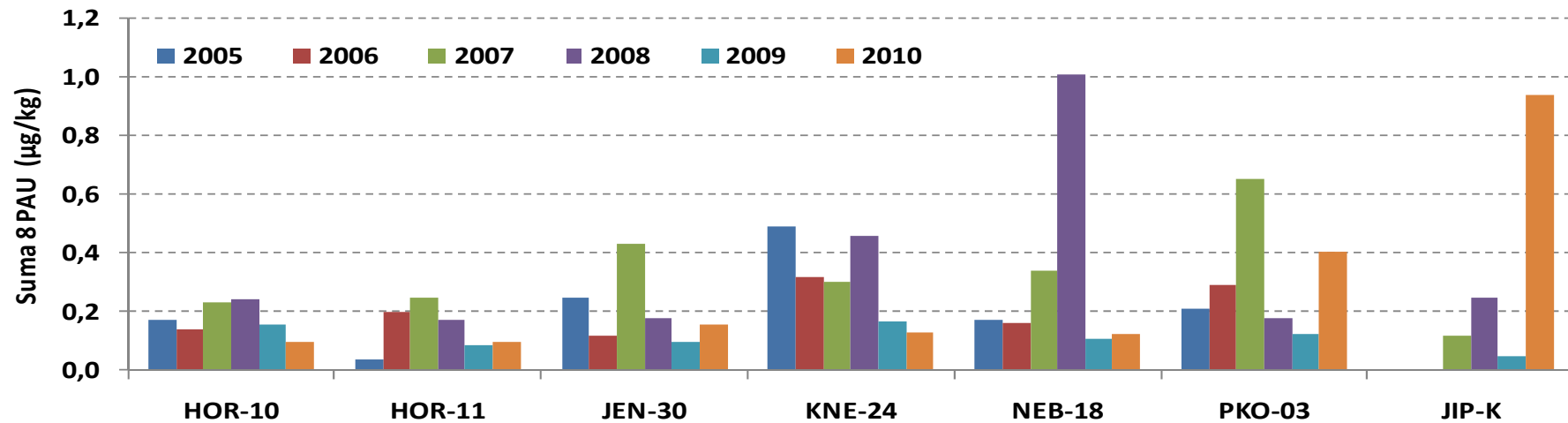
Procentuální zastoupení jednotlivých PAU i jednotlivých skupin PAU zůstává ve většině sledovaných lokalit obdobné jako v předchozích letech a odpovídá hladkému povrchu plodiny, na kterém nedochází k zachytu pevných částic s adsorbovanými „těžšími“ PAU. Ve spektru sledovaných PAU tak dominují netoxické polyaromáty s nižší molekulovou hmotností, tj. 3-jaderné PAU (viz **Obrázky 4, 5**).

Jablka

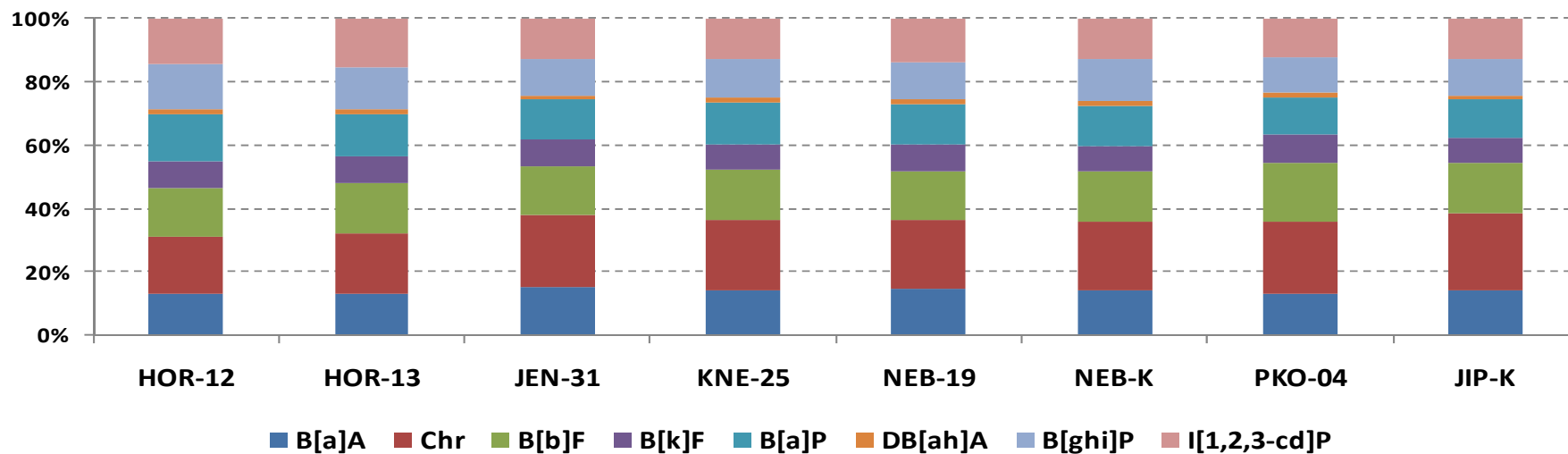
Nálezy PAU (**Obrázek 6, statistické grafy v příloze 4**) zjištěné v roce letošním roce jsou mírně vyšší než v předchozích letech, což lze nejspíše přisuzovat menšímu množství srážek v měsíci červenci a srpnu. Nálezy PAU se pohybují spíše na horní hranici intervalu rozsahu hodnot zjištěných pro pozadovou zátěž ČR v letech 1995-2000.

Z průměrného relativního zastoupení jednotlivých PAU které je znázorněno na **Obrázku 7**, je patrné že nebyly zjištěny významné rozdíly v zastoupení PAU mezi sledovanými lokalitami.

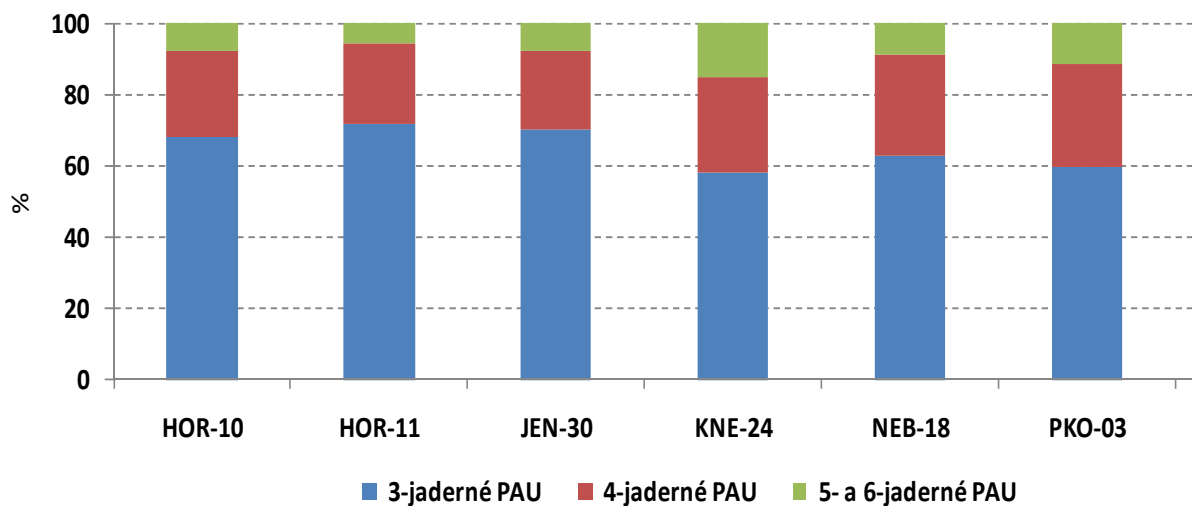
Ve spektru PAU (**Obrázky 7 a 8**) zjištěném u jablek převažují PAU tří- a čtyř- jaderné. Největší podíl z celkového nálezu obvykle představuje phenanthren, který v tomto případě tvoří až 70 % z celkového obsahu PAU. Pěti- a šestijaderné PAU, mezi které patří některé toxické látky, tvoří naopak pouze přibližně 10 % z nálezu. Relativní zastoupení jednotlivých skupin PAU tedy odpovídá rozdílné morfologii a složení povrchů, a také předpokládaným mechanismům přestupů PAU z okolního prostředí na povrch matrice. Hladký povrch neumožňuje zachyt „pevných“ částic s adsorbovanými PAU. Voskovitý povrch jablek, u kterého dochází k přímé absorpci PAU z plynné fáze atmosféry do vosku, má za následek dominantní zastoupení 3-jaderných PAU ve sledovaném spektru.



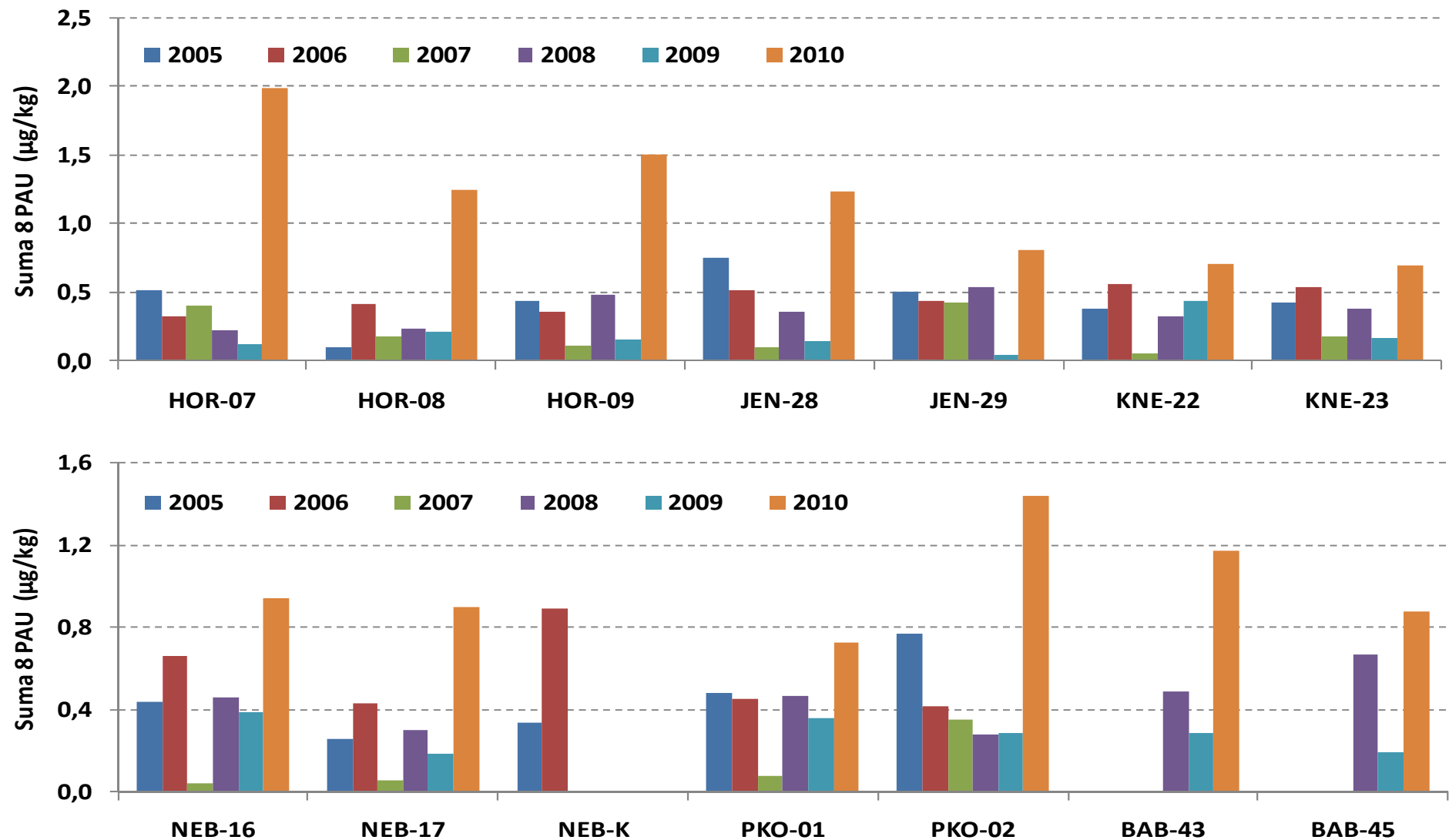
Obrázek 3: Celkový obsah PAU (suma 8 PAU, µg/kg) v pšenici



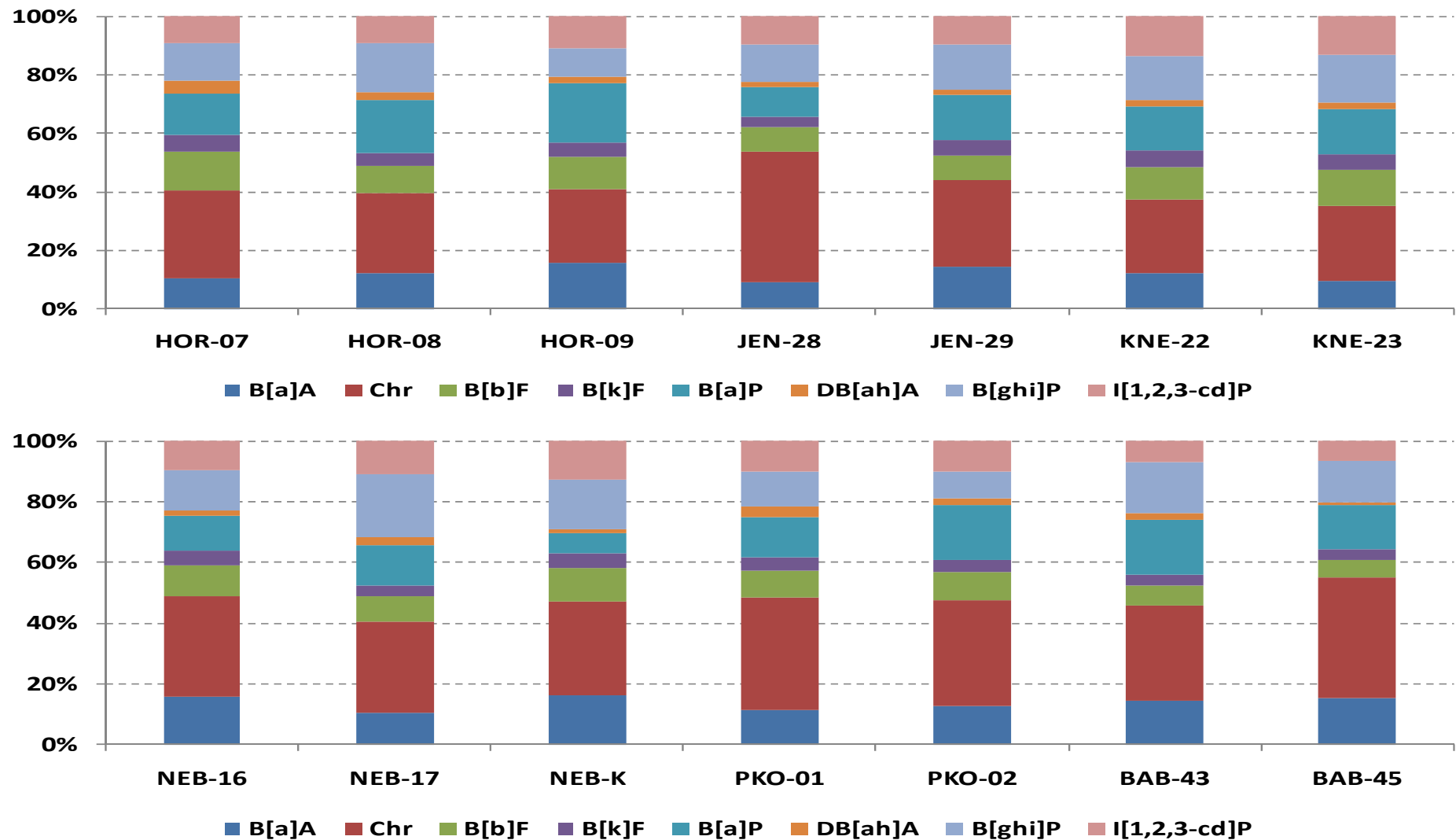
Obrázek 4: Relativní zastoupení PAU (8 PAU) v pšenici (průměry za období 2005-2010)



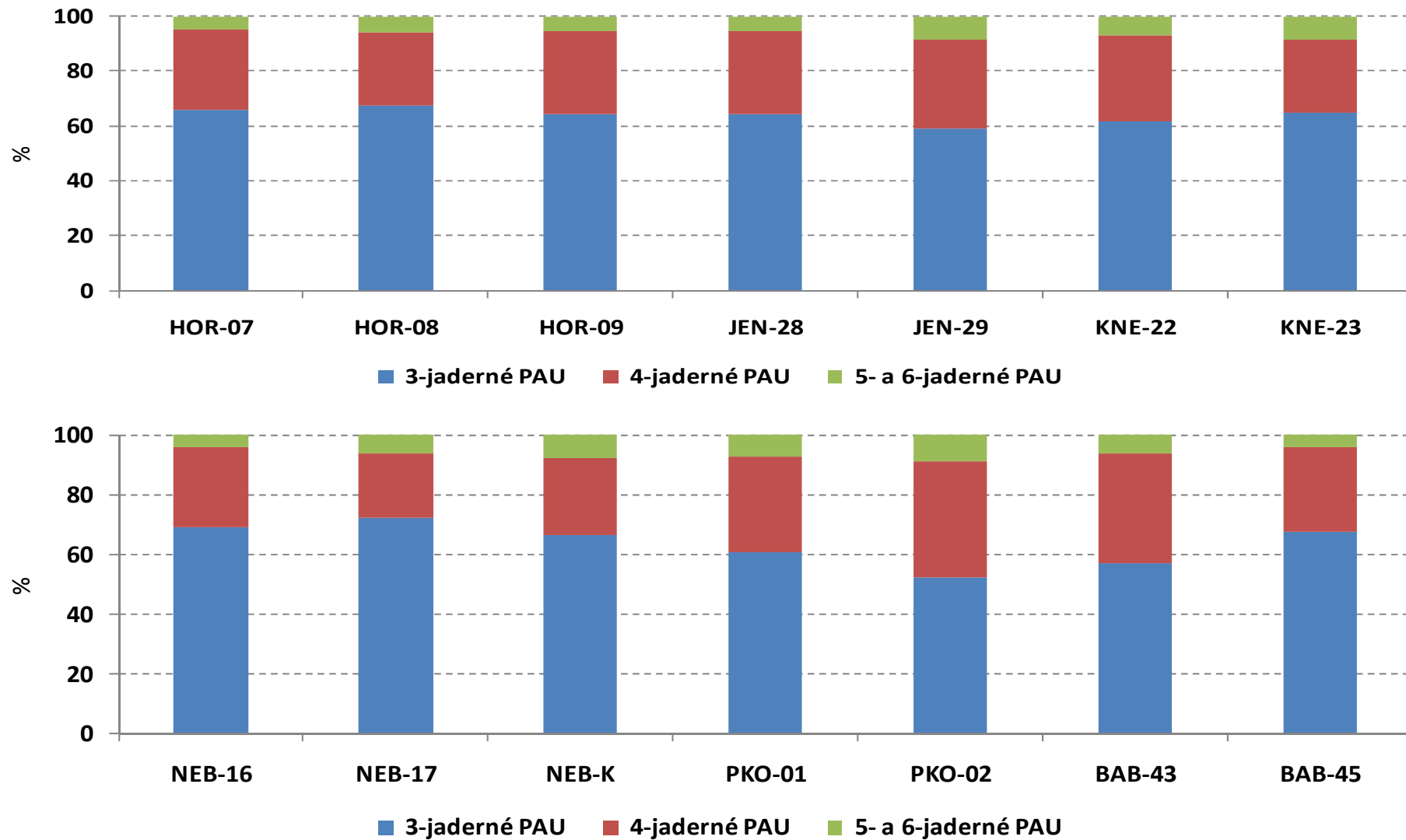
Obrázek 5: Relativní zastoupení jednotlivých skupin PAU v pšenici (průměry za období 2005-2010)



Obrázek 6: Celkový obsah PAU (suma 8 PAU, µg/kg) v jablkách



Obrázek 7: Relativní zastoupení PAU v jablkách (průměry za období 2005-2010)

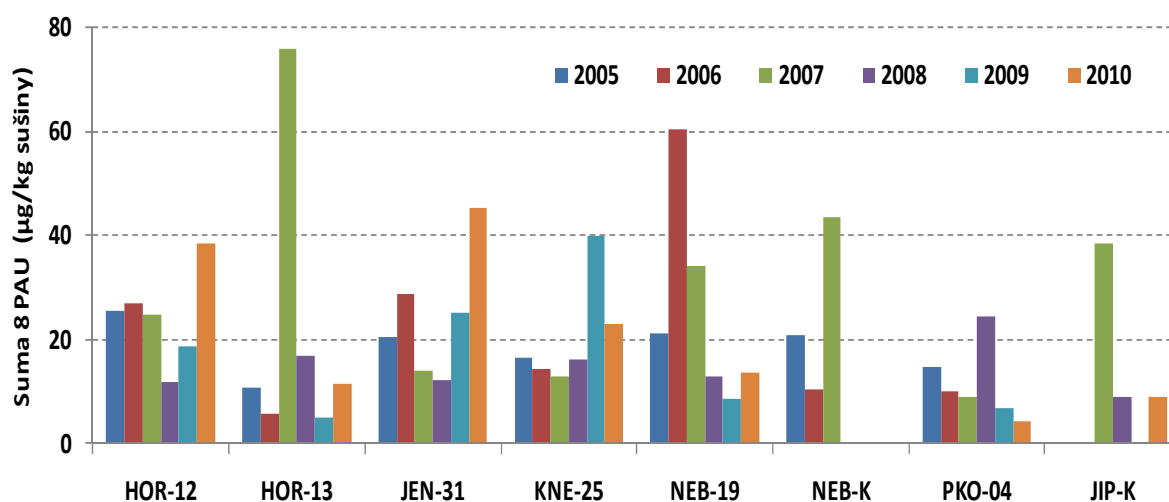


Obrázek 8: Relativní zastoupení jednotlivých skupin PAU v jablkách (průměry za období 2005-2010)

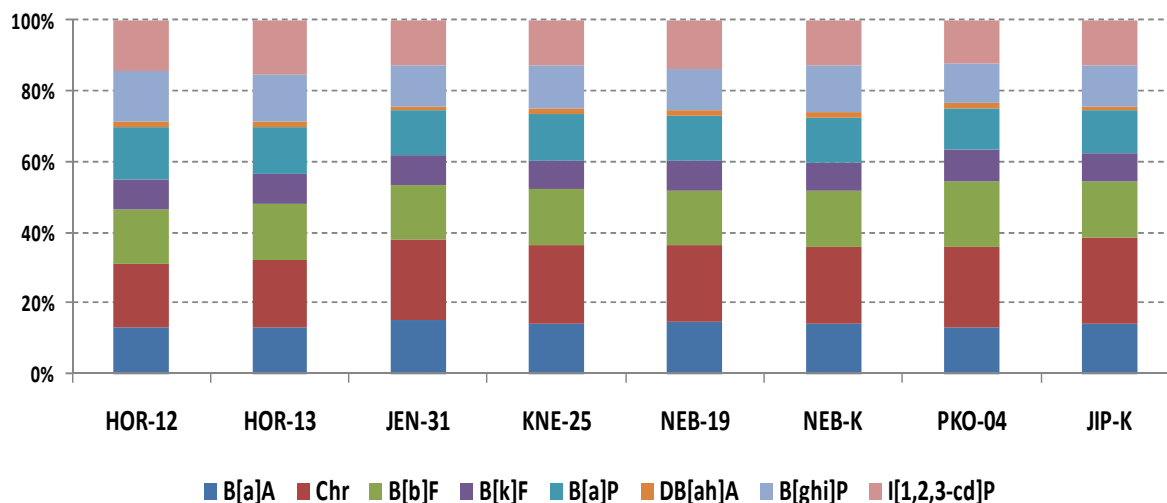
Listy jahodníku

Jak je patrné z **Obrázku 9** na kterém je zobrazeno porovnání celkového množství PAU nalezených ve vzorcích listu jahodníku v letech 2005 – 2010, ve většině sledovaných lokalit nedošlo k výrazným změnám oproti předchozím rokům. Výjimkou jsou lokality **HOR12** a **JEN31**, kde byly zaznamenány poněkud vyšší nálezy PAU, což může být důsledek lokálního/incidentního zdroje kontaminace.

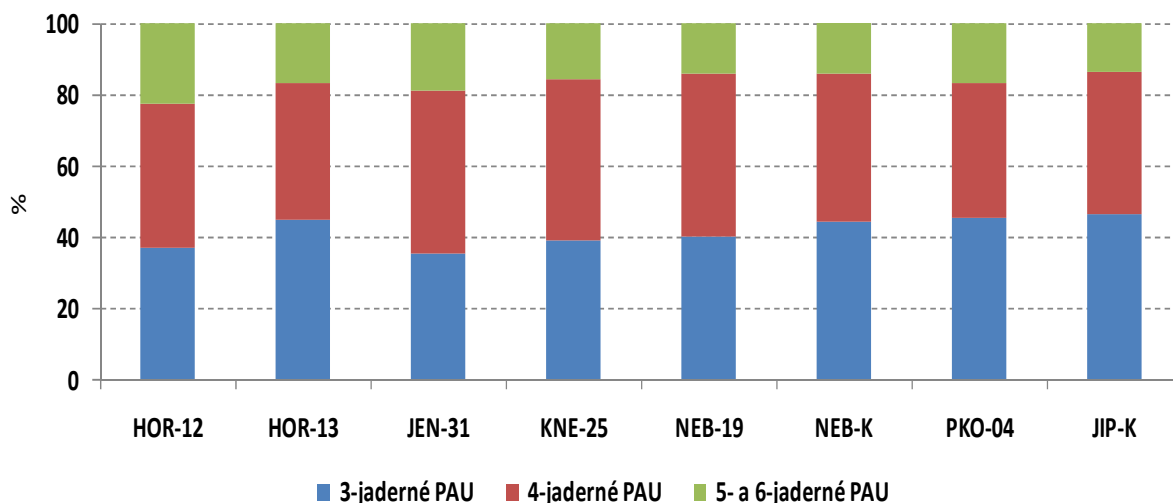
Jak vyplývá z **Obrázků 10 a 11**, trendy v zastoupení jednotlivých PAU i jednotlivých skupin PAU jsou si v meziročním porovnání podobné ve všech sledovaných lokalitách, přičemž je zřejmé, že v případě listů jahodníku s více členitým povrchem s trichomy dochází k zachytu pevných částic na povrch matrice a k navýšení podílu vícejaderných PAU.



Obrázek 9: Celkový obsah PAU (suma 8 PAU, ug/kg sušiny) v listech jahodníku



Obrázek 10: Relativní zastoupení PAU v listech jahodníku (průměry za období 2005-2010)

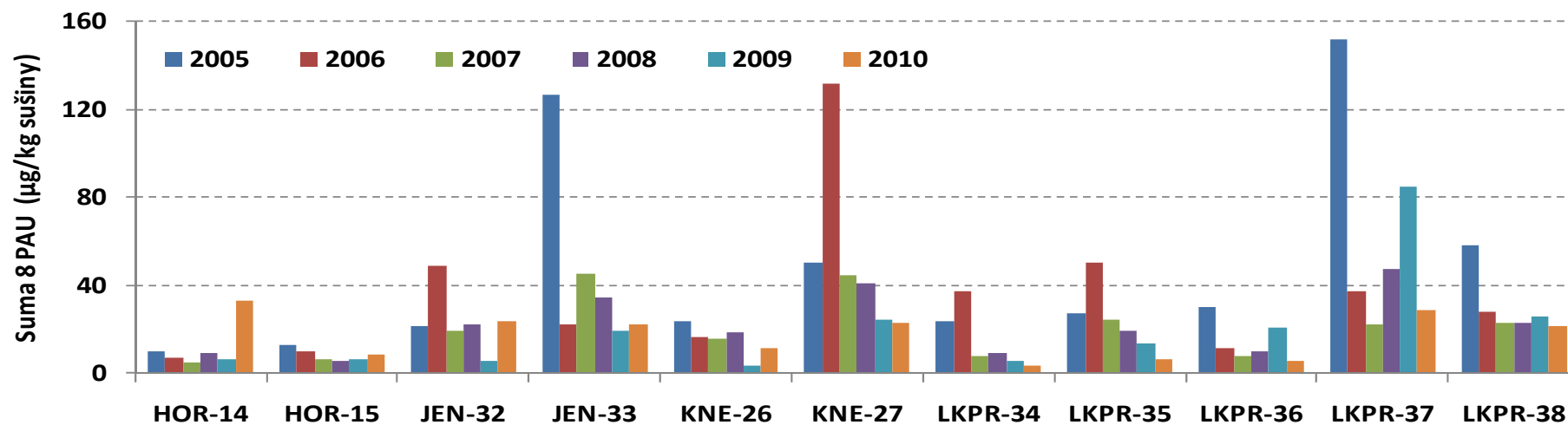


Obrázek 11: Relativní zastoupení jednotlivých skupin PAU v listech jahodníku (průměry za období 2005-2010)

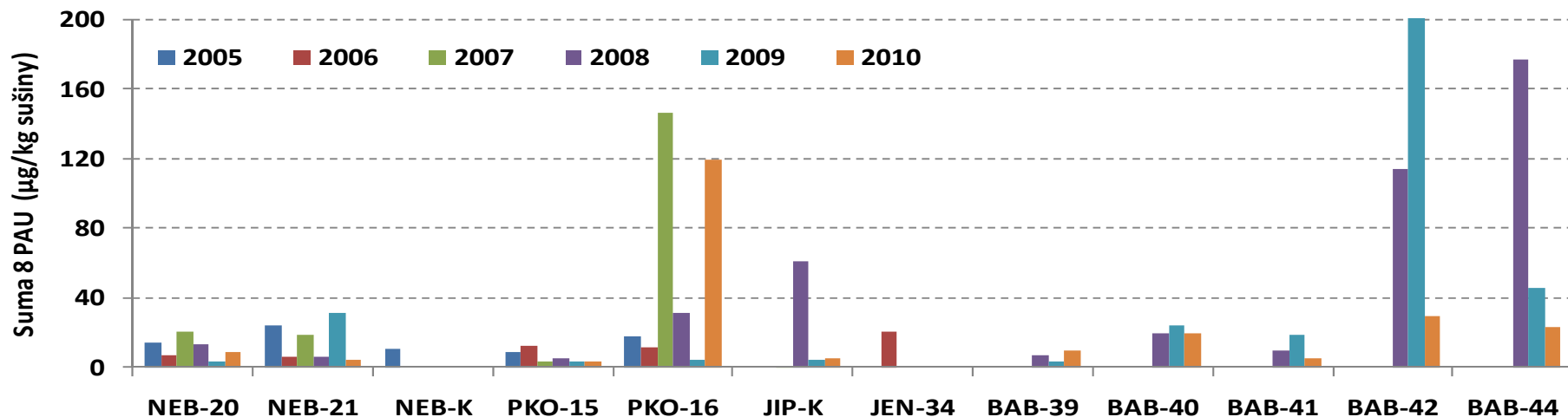
Trvalý travní porost

Z porovnání celkového množství PAU nalezeného v trvalém travním porostu v jednotlivých letech (**Obrázek 12, statistické grafy v příloze 4**) vyplývá, že nálezy v roce 2010 kolísaly přibližně na stejné úrovni jako v předchozích letech. Významně vyšší hodnota kontaminace byla zaznamenána pouze v lokalitách **HOR12** a **PKO16**, což lze pravděpodobně přisoudit náhodnému místnímu zdroji kontaminace (podobně jako výkyvy v předchozích letech u lokalit **NEB21** a **BAB**). V lokalitě **BAB40 až BAB44** a **NEB21** byly v roce 2010 naměřeny oproti předchozímu roku 2009 hodnoty výrazně nižší.

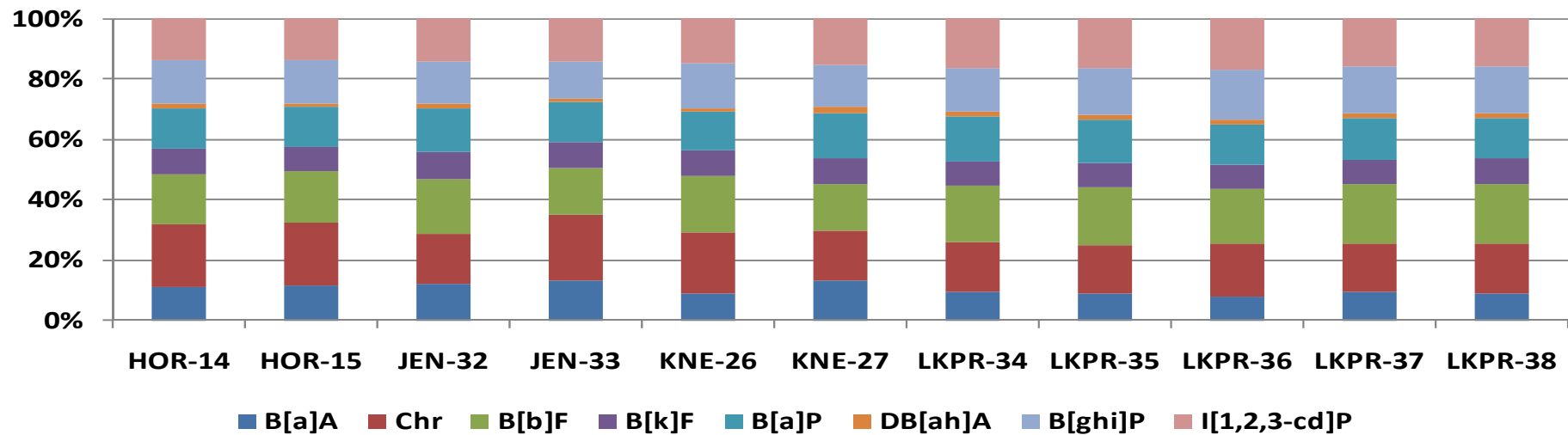
Jak vyplývá z **Obrázků 13 a 14**, trendy v zastoupení jednotlivých PAU i jednotlivých skupin PAU jsou si v meziročním porovnání podobné ve všech sledovaných lokalitách.



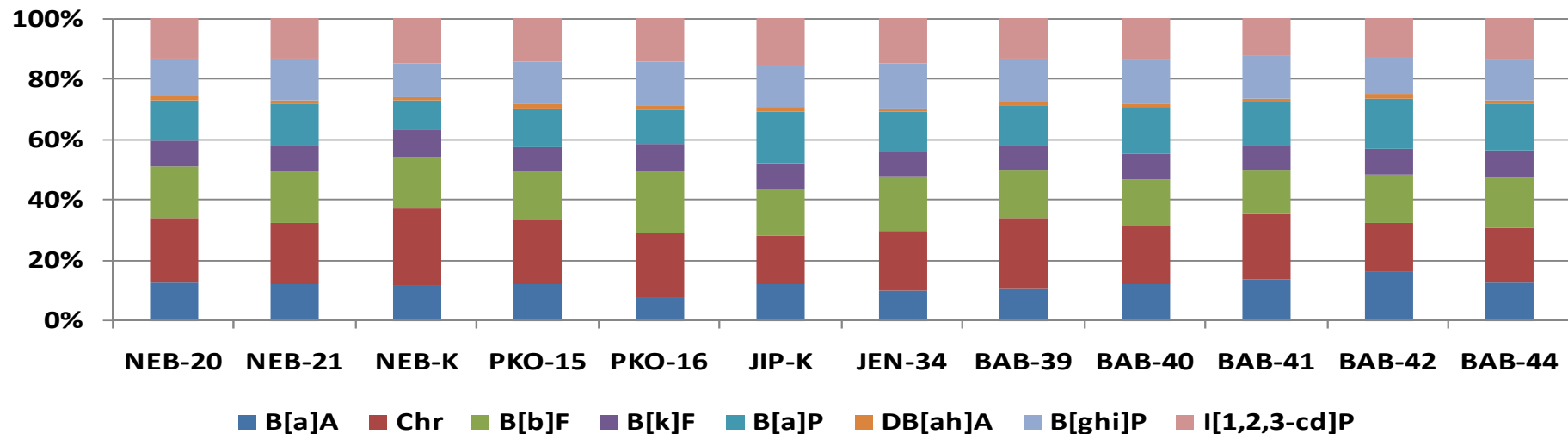
Pokračování:



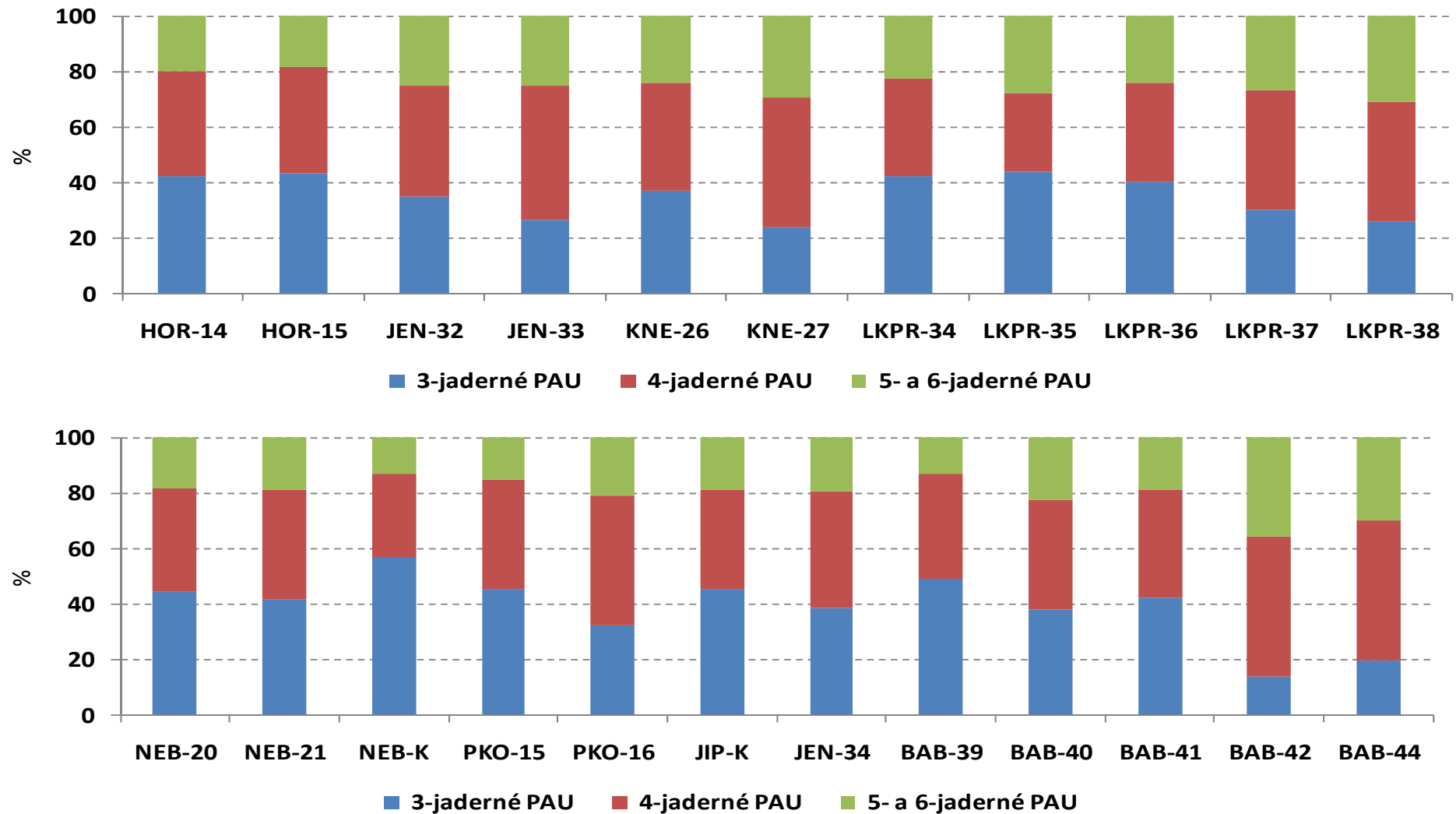
Obrázek 12: Celkový obsah PAU (suma 8 PAU, µg/kg sušiny) v trvalém travním porostu; pozn.: Vzorek NEB K (2006) byl od r. 2007 nahrazen vzorkem JIP K



pokračování:

**Obrázek 13:** Relativní zastoupení PAU v trvalém travním porostu (průměry za období 2005-2010)

Pozn.: Vzorek NEB K (2006) byl od r. 2007 nahrazen vzorkem JIP K



Obrázek 14: **Relativní zastoupení jednotlivých skupin PAU v trvalém travním porostu** (průměry za období 2005-2010)

Pozn.: Vzorek NEB K (2006) byl od r. 2007 nahrazen vzorkem JIP K

Celkový přehled výsledků

Celkový přehled výsledků, vyjádřených jako suma 8 sledovaných PAU, zjištěných v letech 2005 - 2010 je uveden v **Tabulce IV**. Podrobnější údaje o nálezech PAU v roce 2010 jsou uvedeny v **Tabulkách VII - X** a souhrnných statistických grafech v **Příloze č. 4**. Jak ze souhrnné **Tabulky IV** vyplývá, mezi nejvíce zatížené rostlinné matrice patří podle očekávání trvalý travní porost a listy jahodníku – viz diskuse schopností členitého povrchu zachytávat polutanty. V případě těchto plodin byl zjištěn i nejvyšší rozptyl mezi nálezy z jednotlivých lokalit. Nízké nálezy byly ve vzorcích pšenice a jablek. Vzhledem k přirozeně vyšší nejistotě výsledků analytického stanovení na těchto stopových hladinách je hodnocení rozdílů mezi lokalitami či rozpoznávání časových trendů velmi obtížné.

Tabulka IV: Celkový přehled výsledků (suma 8 sledovaných PAU) zjištěných v letech 2005 až 2010

Plodina	Rok	Medián*	10% kvantil*	90% kvantil*
Pšenice	2005	0,2	0,1	0,4
	2006	0,2	0,1	0,3
	2007	0,3	0,2	0,5
	2008	0,2	0,2	0,7
	2009	0,1	0,1	0,2
	2010	0,1	0,1	0,6
Jablka	2005	0,4	0,3	0,7
	2006	0,5	0,4	0,6
	2007	0,1	0,1	0,4
	2008	0,4	0,2	0,6
	2009	0,3	0,1	0,5
	2010	0,9	0,7	1,5
Trvalý travní porost	2005	8,4	3,3	28,7
	2006	16,8	7,7	55,1
	2007	19,2	5,6	44,7
	2008	19,3	6,0	60,7
	2009	13,3	3,8	53,9
	2010	11,4	4,3	29,7
Listy jahodníku	2005	7,7	5,9	9,4
	2006	12,7	7,6	39,2
	2007	29,4	11,9	53,3
	2008	13,0	10,8	19,9
	2009	18,7	5,8	34,0
	2010	13,6	7,1	41,2

* hodnoty pro pšenici a jablka v µg/kg

* hodnoty pro trvalý travní porost a listy jahodníku v µg/kg sušiny

2. Toxické kovy

2.1 Přehled problematiky

Sledované toxické kovy (Ni, Cd, Cr, Mo, V, Cu, Hg, Pb, Zn) obecně indikují znečištění prostředí a plodin a jejich aktuální koncentrace nalézané ve vegetaci do značné míry odráží jejich atmosférickou depozici (imisní situaci). Nelze ovšem zapomínat i na geologické a půdní podmínky, což může porovnávání údajů z různých míst komplikovat.

Interpretovat nálezy těžkých kovů v urbánní oblasti s celkově vysokou dopravní zátěží a domácími topeništi na pevná paliva je obtížné, neboť příspěvky z jednotlivých zdrojů nelze spolehlivě rozlišit. V okolí letiště Ruzyně je situace navíc komplikovaná i blízkostí velkého metalurgického komplexu v Kladně, který byl po dlouhá desetiletí nejvýznamnějším zdrojem emisí těžkých kovů v celé oblasti. Zde byly ve velkém měřítku zpracovávány i ušlechtilé oceli s obsahy některých minoritních prvků. Oblast letiště Ruzyně přitom leží v převládajícím směru vzdušného proudění.

V souvislosti s provozem proudových leteckých motorů bývá někdy zmiňován vanad. Vanad vyniká velkou strukturální pevností a odolností proti korozi i za extrémních podmínek. V moderní technice nachází uplatnění zejména tam, kde běžně používaný hliník není samotný dostatečně pevný a nerezová ocel by zase byla příliš těžká. Takovým případem jsou zejména speciální konstrukční části letadel (ve slitinách s titanem a hliníkem) - Slitiny vanadu s titanem a hliníkem jsou hojně používány v leteckých tryskových motorech a turbínách, kde při vysoké teplotě a rychlých otáčkách dochází k otěru a v důsledku toho k emisím do prostředí.

Rostliny přijímají vanad z půdy, z ovzduší i povrchové vody. Již 10 - 20 mg/L vanadu ve vodě může poškodit růst vyšších rostlin. Pouze luštěniny snášejí vyšší koncentrace, neboť vanad využívají v procesu fixace dusíku. Fytotoxicita vanadu spočívá v interferenci s absorpcí železa a vnějším projevem jeho nedostatku je pak apikální chloróza rostlin. Vanad ale narušuje také využití manganu, mědi, vápníku a fosforu a může tedy dokonce ovlivnit nutriční hodnotu rostlin. Vanad jeví určitou míru afinity k lipidům (tukům a olejům) a lze ho tedy nalézt v tukové tkáni exponovaných organismů. Bioakumulace či biokoncentrace vanadu je ale pro savce, ptáky a ryby nízká, podstatnější kumulaci lze očekávat spíše u bezobratlých a nižších živočichů.

2.2 Analýza vzorků na obsah toxických kovů

Obsah kovů (kromě rtuti) ve sledovaných plodinách byl stanoven podle interních zkušebních postupů (SOP) technikou hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP/MS). Analyzované vzorky byly před vlastním měřením rozloženy pomocí kyseliny dusičné v mikrovlnném rozkladném zařízení. Obsah Hg byl stanoven pomocí analyzátoru AMA 254.

2.3 Výsledky a diskuse nálezů toxických kovů

Obsahy běžně sledovaných těžkých kovů, jako je olovo, kadmium, měď, zinek a rtuť v jablkách a pšenici (viz [Příloha 5](#)) opět silně kolísají, nicméně z rozdílů mezi jednotlivými lokalitami nelze ani po šesti letech sledování odvodit žádné průkazné zákonitosti a zdá se, že jde spíše o lokální vlivy dané incidentními meteorologickými podmínkami a orografickými či geologickými vlivy.

Výsledky pro jednotlivé toxické prvky a matrice jsou přehledně dokumentovány na **Obrázcích 15 až 31**, kde jsou pro každou lokalitu uvedeny výsledky za celé období 2005 – 2010 a dále v tabulkách a souhrnných statistických grafech v **Příloze č. 4**. Nejrozsáhlejší soubor vzorků tvoří trvalý travní porost (TTP), který bylo možno odebrat prakticky ve všech sledovaných lokalitách. TTP pak může sloužit jako univerzální bioindikátor zátěže pro

srovnávací účely. Druhou nejčtenější matricí jsou jablka, která však nejsou na atmosférické znečištění stopovými prvky tak citlivá, vzhledem ke svému relativně malému poměru povrchu ke hmotnosti.

Z lokalit přímo na území Prahy 6 byl v r. 2010 opět nalezen zvýšený obsah většiny těžkých kovů u vzorku travního porostu **BAB42** (zahrada rodinného domu v Praze 6, Hanspaulce Tylišovská 11). Pozoruhodně vysoké hladiny olova, chromu a vanadu byly v tomto odběrním místě zaznamenány již v předchozích letech 2008 a 2009. Potvrzuje se tedy, že se zde jedná o znečištění, jehož zdroj zůstává zatím neznámý. Ostatní vzorky TTP z dalších lokalit BAB vykazují víceméně průměrné hodnoty znečištění těžkými kovy.

Nejvyšší obsahy těžkých kovů v roce 2010 obsahuje (opět) travní porost z lokalit **KNE27**, **JEN33** a **PKO06**. Ve všech případech se vysoké nálezy týkají zejména vanadu, chromu, zinku a olova, částečně i rtuti. Všechny tyto lokality jednoznačně vykazují relativně zvýšenou zátěž travního porostu také v dlouhodobém průměru 2005-2010, zatímco pro listy jahodníku zde trvale zvýšená zátěž už tak zřejmá není. Přesto všechny tyto hladiny těžkých kovů jsou porovnatelné s hodnotami publikovanými v monitoringu potravních řetězců v jiných lokalitách ČR již dříve a trvale plně odpovídají legislativním požadavkům na potraviny a krmiva. Nadprůměrné obsahy BTEX (zvláště toluenu) byly současně zaznamenány v travním porostu lokality Přední Kopanina, zvýšená zátěž PAU byla konstatována v listech jahodníku ze stejných odběrních bodů Jenče a Horoměřic, kde je současně i poněkud vyšší zátěž těžkými kovy.

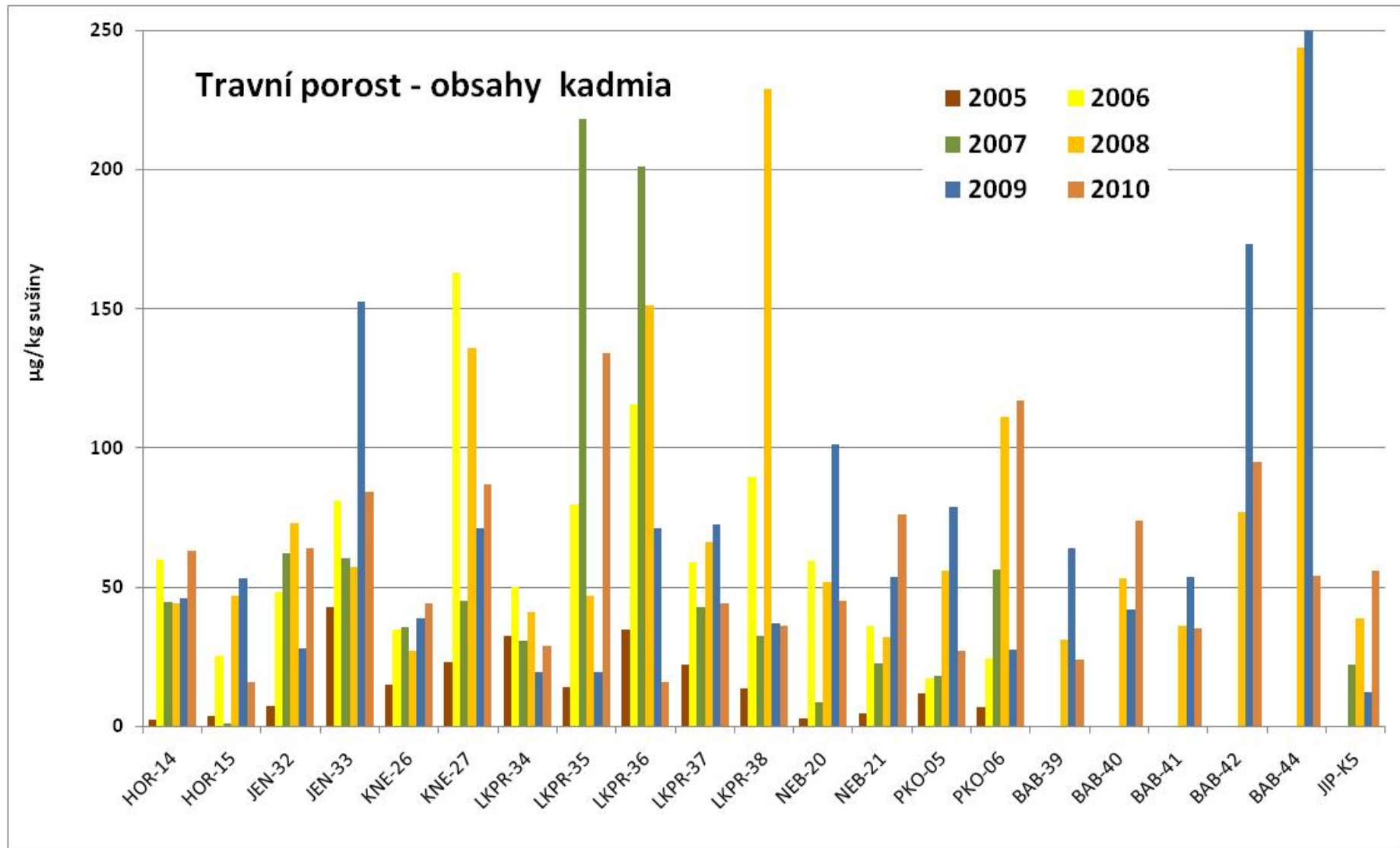
Meziročně velmi proměnlivé byly koncentrace některých těžkých kovů v travním porostu uvnitř areálu letiště Praha, zejména v bodech **LKPR38** (mezi TWY A a TWY Z) a **LKPR36** (východně od prahu RWY 06). Z porovnání jednotlivých let 2005-2010 (viz **Obr. 15-19 a Příloha 4**) je ale zřejmé, že zátěž v areálu je velmi proměnlivá, zřejmě v závislosti na meteorologických a provozních podmínkách v období odběru vzorků. Větrnějšímu počasí s občasnými srážkami lze připsat dobré rozptylové podmínky v době odběru travního porostu a následně i nízké koncentrace deponovaných pevných částic s obsahem PAU a těžkých kovů.

Vyšetření pšenice a jablek na obsahy stopových prvků přineslo v roce 2010 poznatky zcela konsistentní s předchozími lety a rozdíly mezi lokalitami zde nejsou nijak významné. U vzorků pšenice jsou hodnoty pro kadmium, olovo a rtuť hluboko pod hodnotami nejvyššího přípustného množství povoleného pro potravinářskou či krmnou pšenici [4] a kolísání mezi sezonami i mezi lokalitami nebyly prokázány. Pro olovo je limitní hodnota v obilovinách stanovena Nařízením č.1881/2006/ES [4] až 200 µg/kg a pro kadmium 100 µg/kg. V tomto roce nepřesáhla žádná hodnota pro olovo 50 µg/kg, pro kadmium byla mediánová hodnota 27 µg/kg. Nejvyšší hodnota koncentrace kadmia (36 µg/kg) byla dokonce naměřena v pšenici z kontrolní lokality.

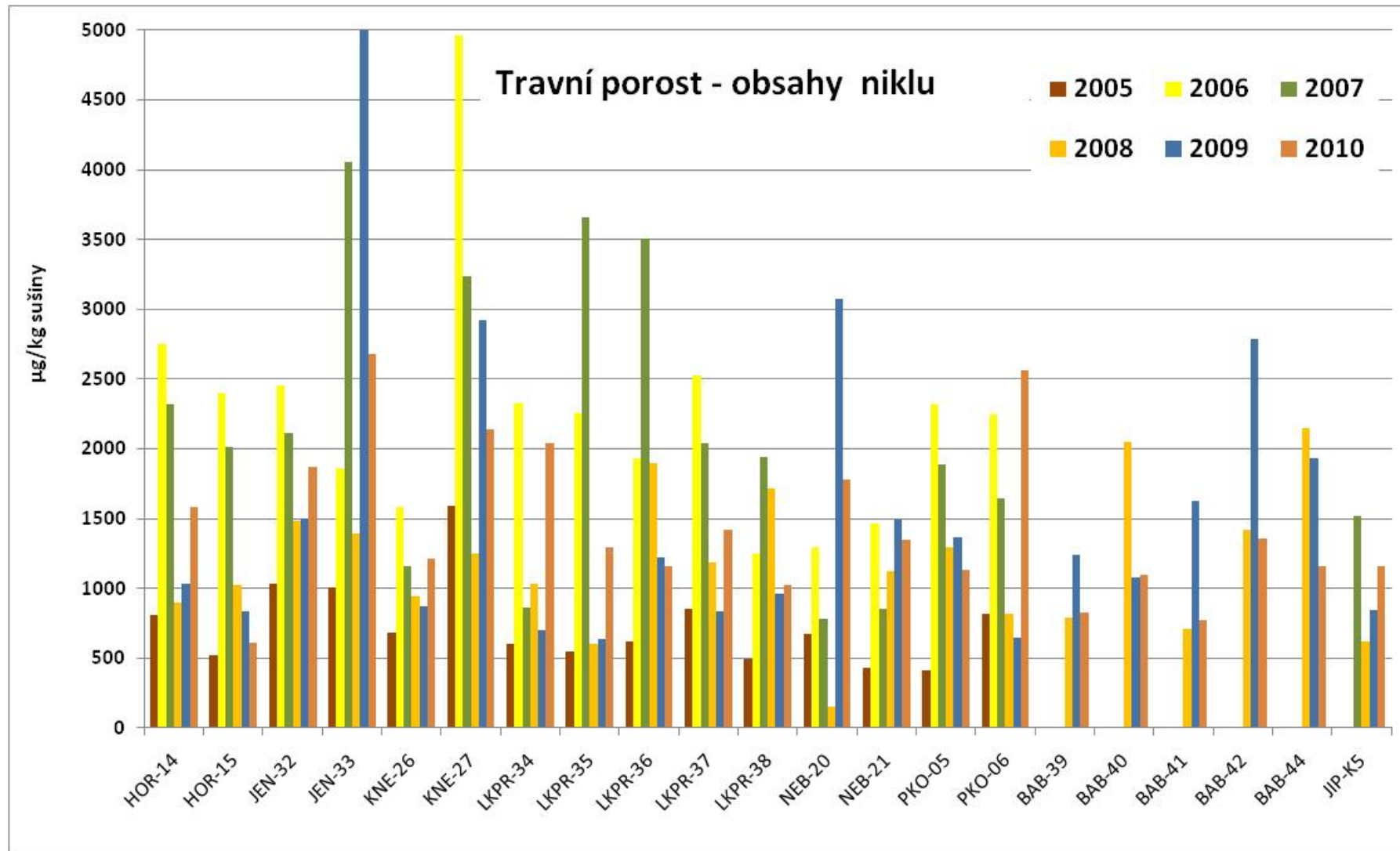
Nařízení č.1881/2006/ES také uvádí maximální koncentrace olova v ovoci 100 µg/kg a kadmia 50 µg/kg. Nálezy olova v jablkách však v tomto roce nepřekročily 10 µg/kg a koncentrace kadmia byly pod mezí stanovitelnosti (<1 µg/kg).

Časové trendy v kontaminaci sledovaných plodin stopovými prvky nejsou (vzhledem k velké variabilitě) za dané období 2005-2010 statisticky průkazné. Pouhé porovnání mediánových hodnot pro jednotlivé plodiny však naznačuje celkový pokles hladin rtuti a olova – viz tabulky a souhrnné **grafy v Příloze 4**. Statistiky dat 2005-2010 ukazují dlouhodobě nejvyšší zátěž travního porostu niklem, vanadem, olovem a kadmiem zejména v odběrních bodech **KNE27** a **JEN33**. Mírně zvýšenou zátěží kadmiem se k takto znečištěným lokalitám přidává ještě travní porost z areálu Letiště Praha (ale pouze pro některé odběrní body LKPR).

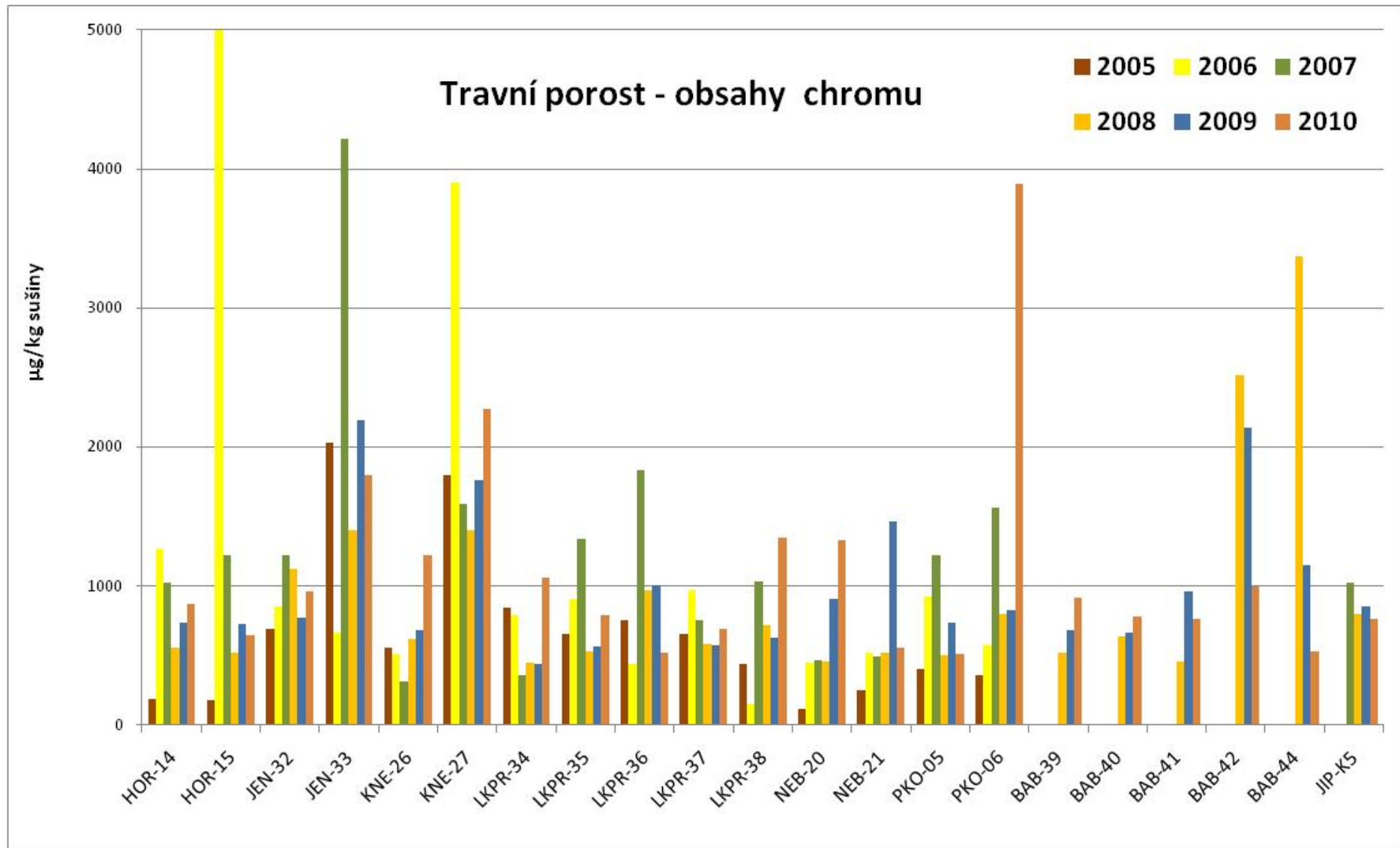
Pro posouzení kvality dat (analýzy a vzorkování) byly do série vzorků pro analýzu anonymně zahrnuty kontrolní vzorky pšenice odebrané z jednoho pole (vedle sebe) u obce Přední Kopanina. Velmi dobrá shoda výsledků byla konstatována pro všech 9 těžkých kovů. V případě BTEX se potvrdila správnost nastavených mezí stanovitelnosti; vzhledem k vlastnostem těchto analytů jsou výsledky porovnání v rámci rozšířené nejistoty (včetně vzorkování) rovněž vyhovující. Koncentrační hladiny PAU v kontrolních vzorcích pšenice byly velmi nízké a porovnání hodnot proto zřejmě není validní. Pro informaci byly výsledky kontrolního porovnání zahrnuty do databázové tabulky – viz Příloha 5.



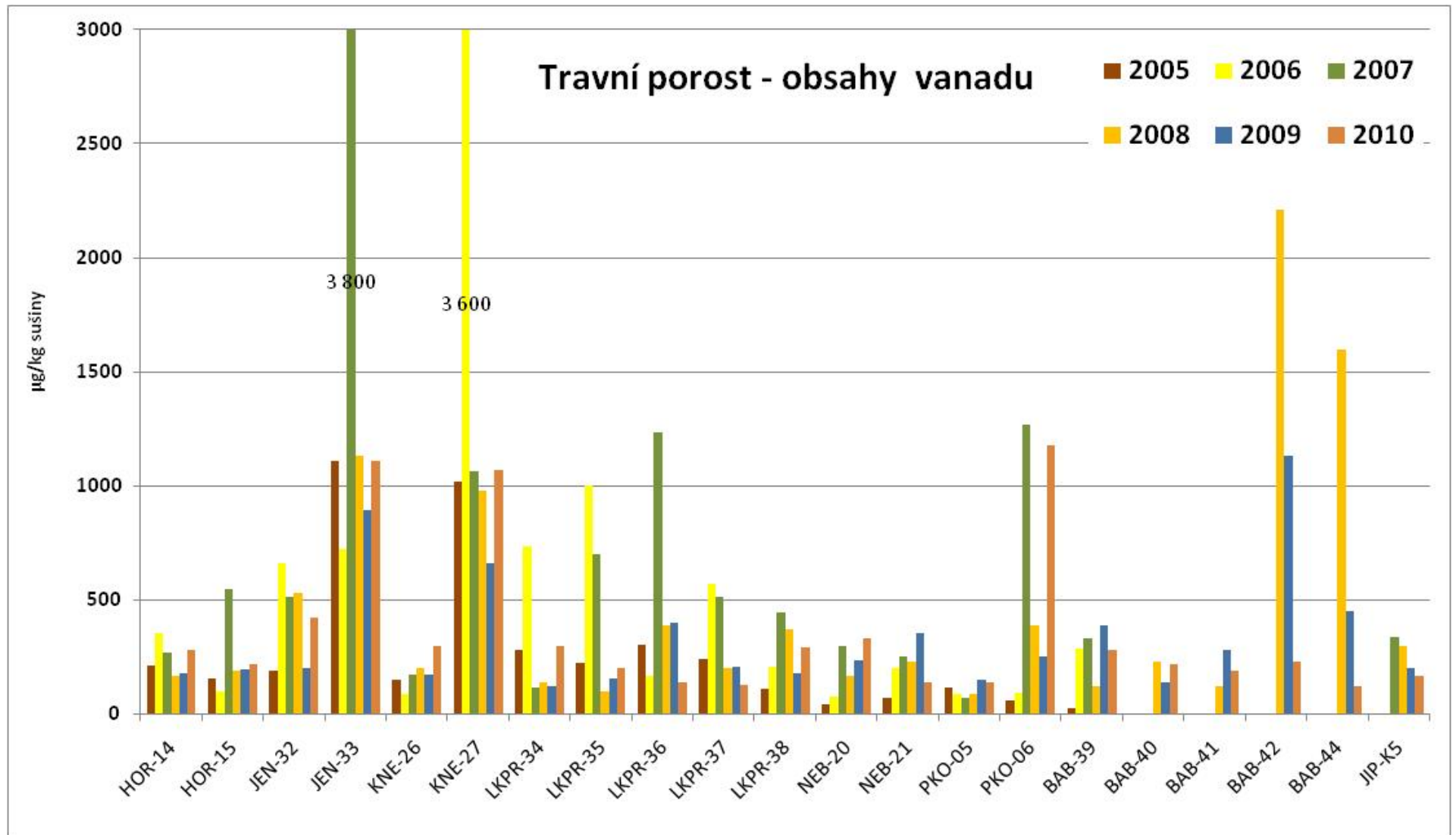
Obrázek 15: Obsahy kadmia v TTP – 2005 až 2010



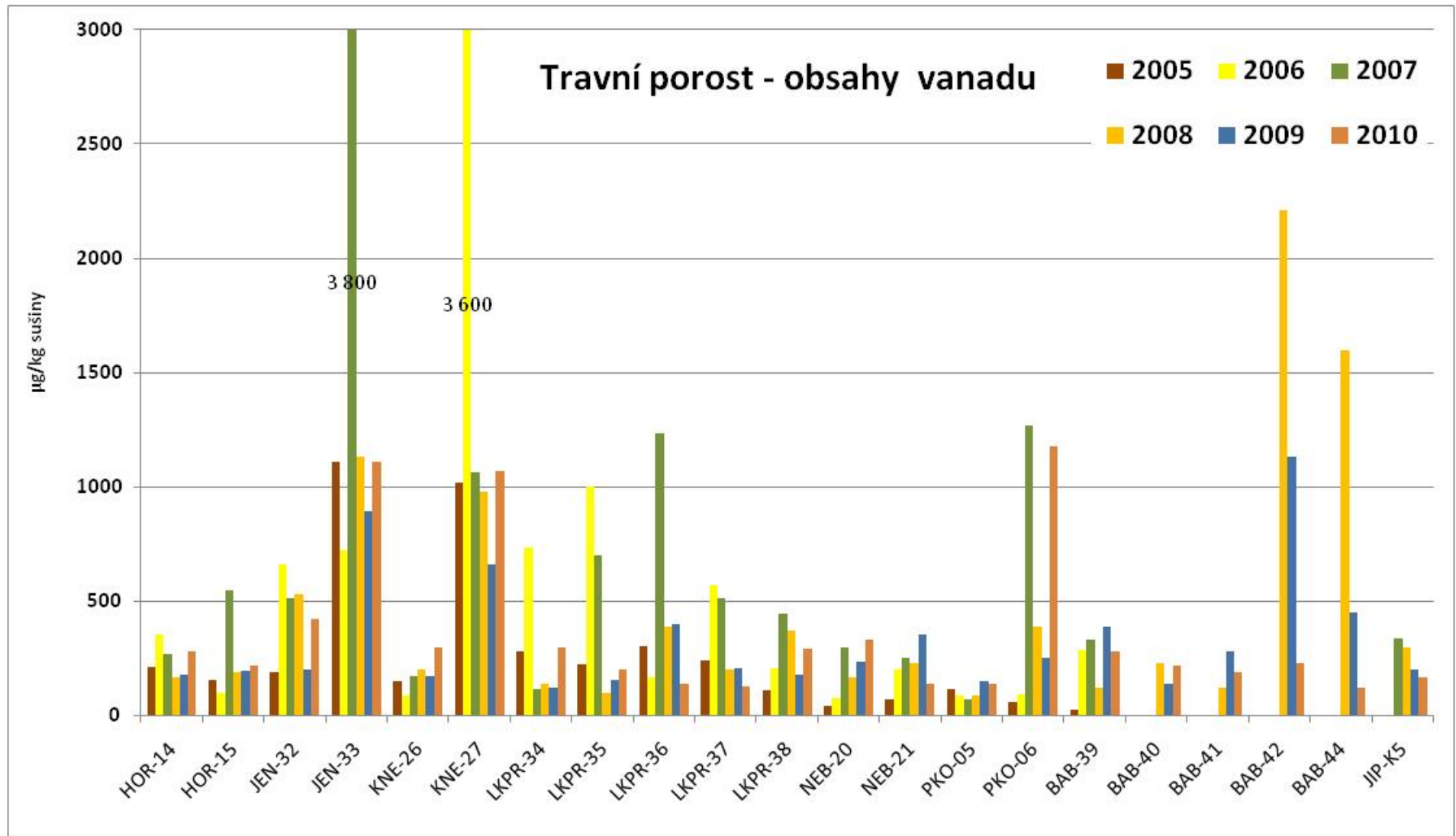
Obrázek 16: Obsahy niklu v TTP – 2005 až 2010



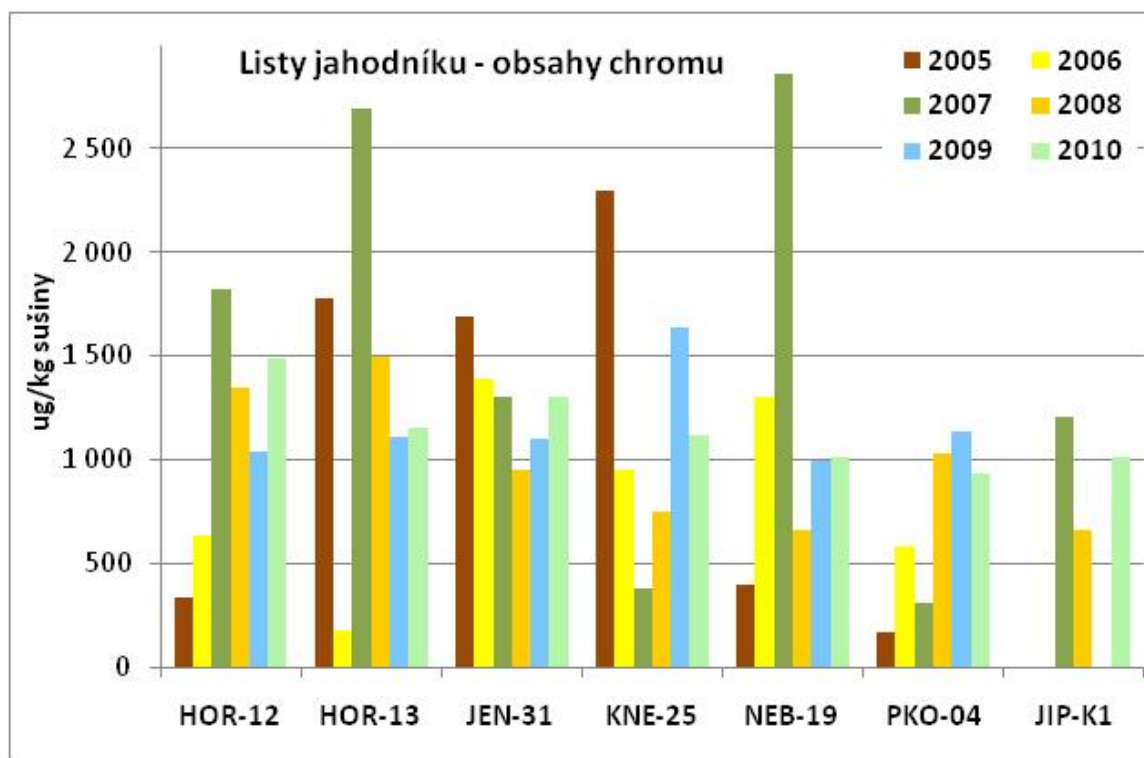
Obrázek 17: Obsahy chromu v TTP – 2005 až 2010



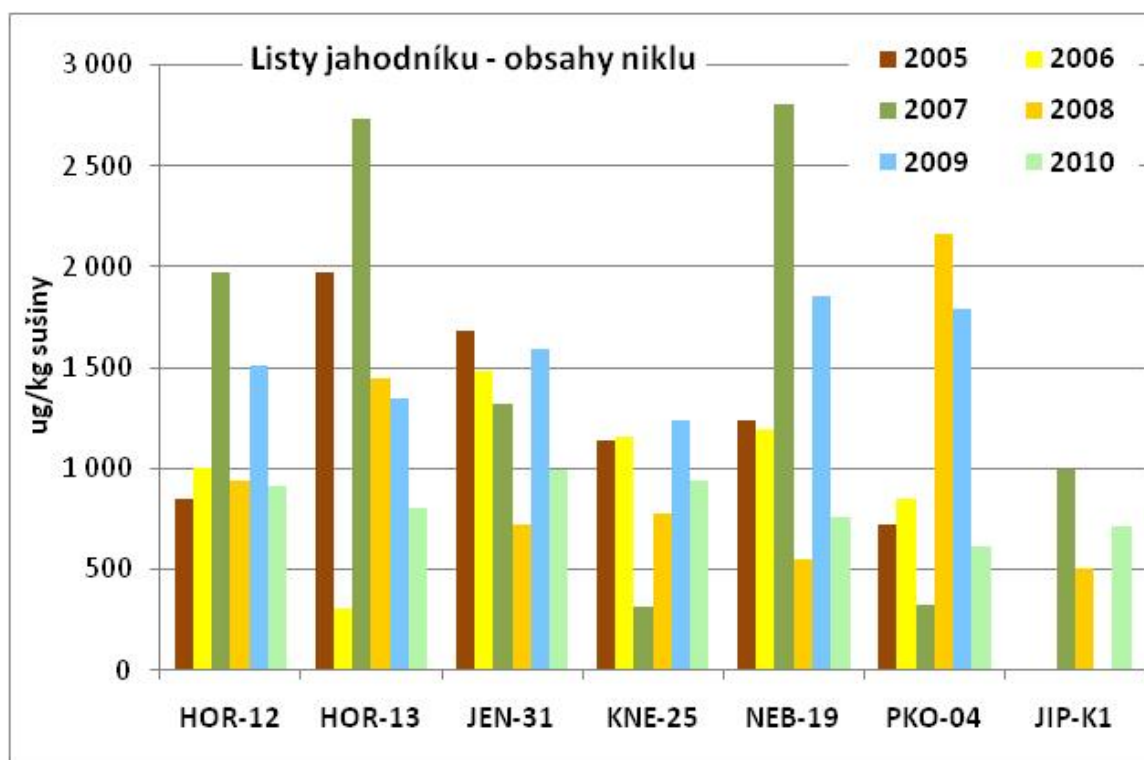
Obrázek 18: Obsahy vanadu v TTP – 2005 až 2010



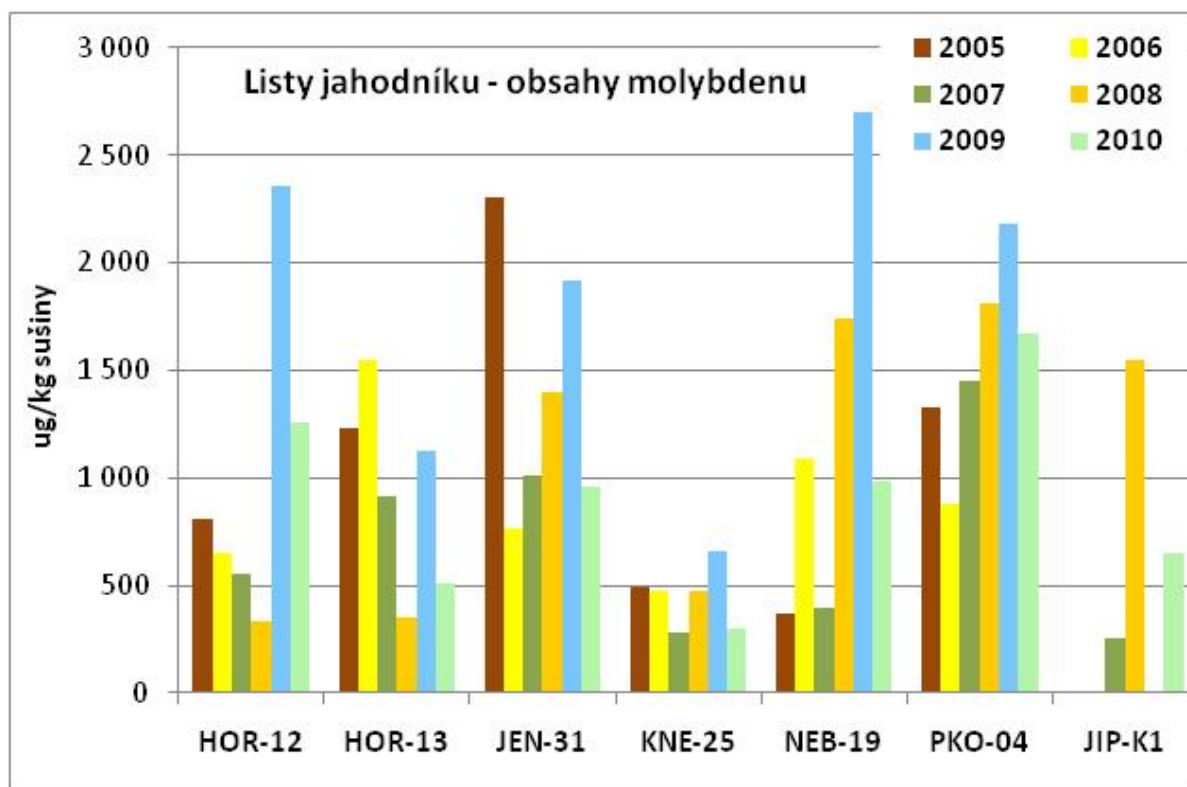
Obrázek 19: Obsahy olova v TTP – 2005 až 2010



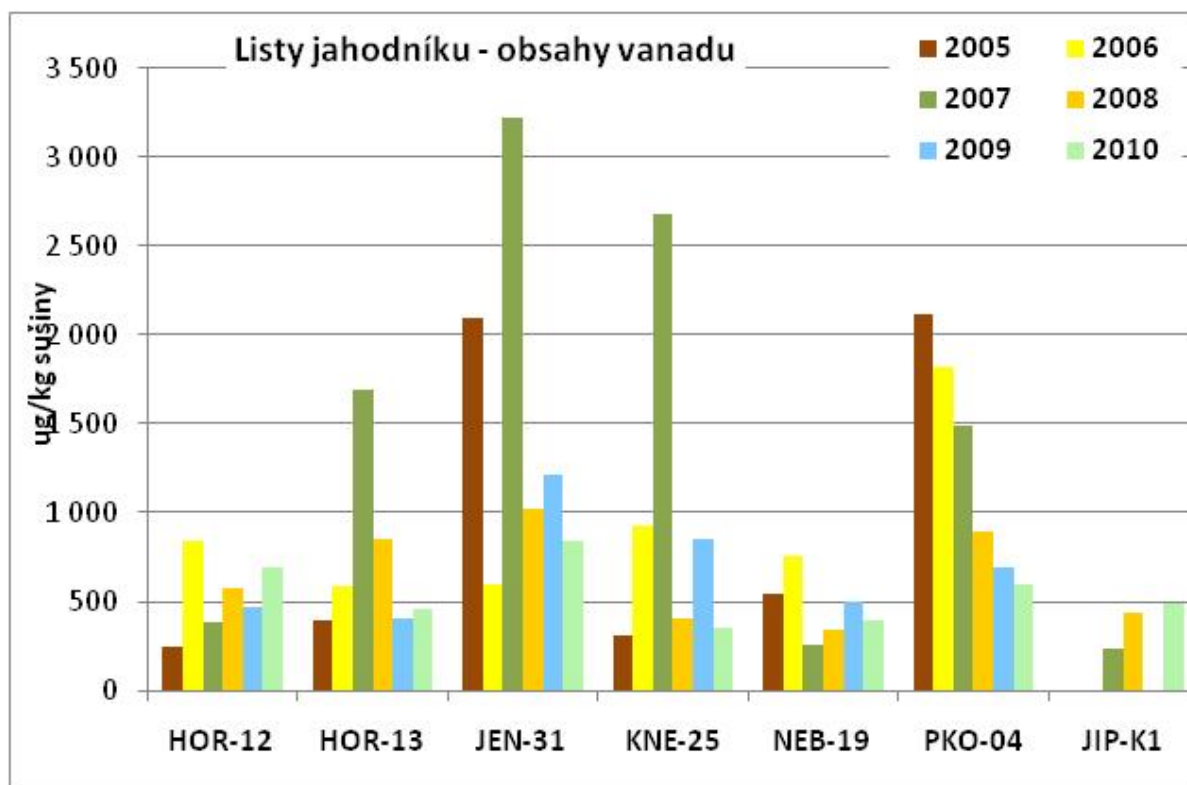
Obrázek 20: Obsahy chromu v listech jahodníku – 2005 až 2010



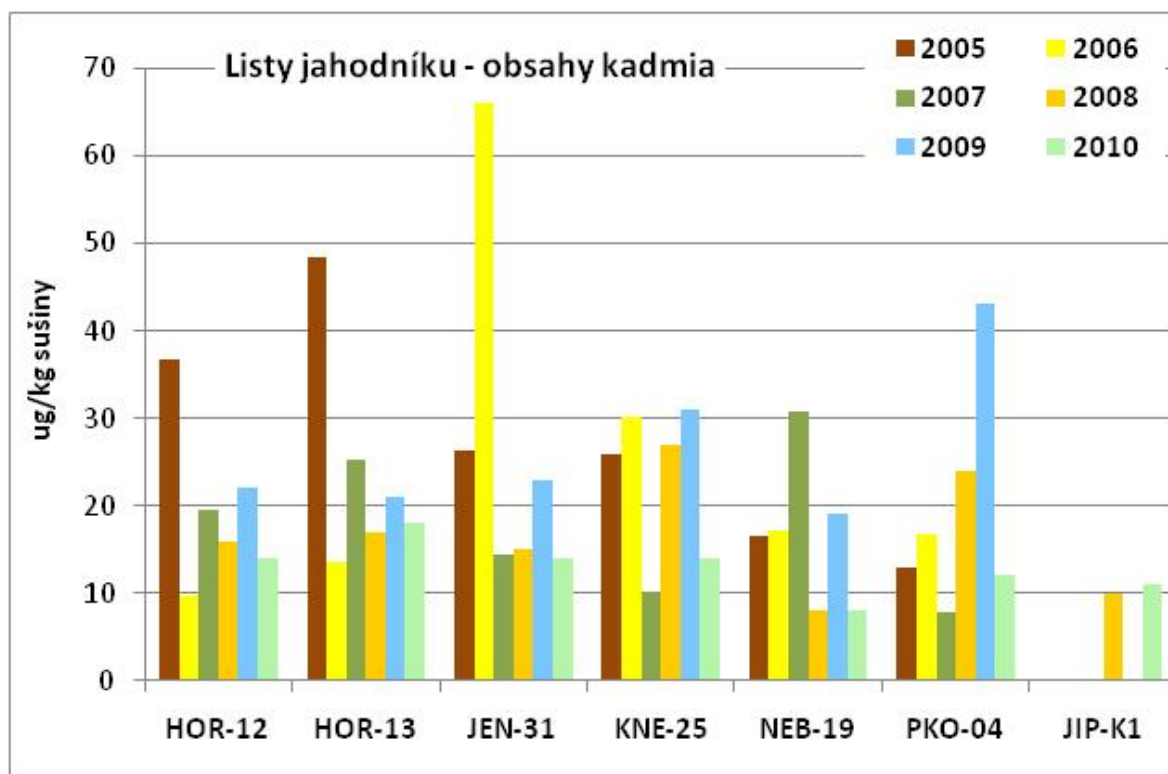
Obrázek 21: Obsahy niklu v listech jahodníku – 2005 až 2010



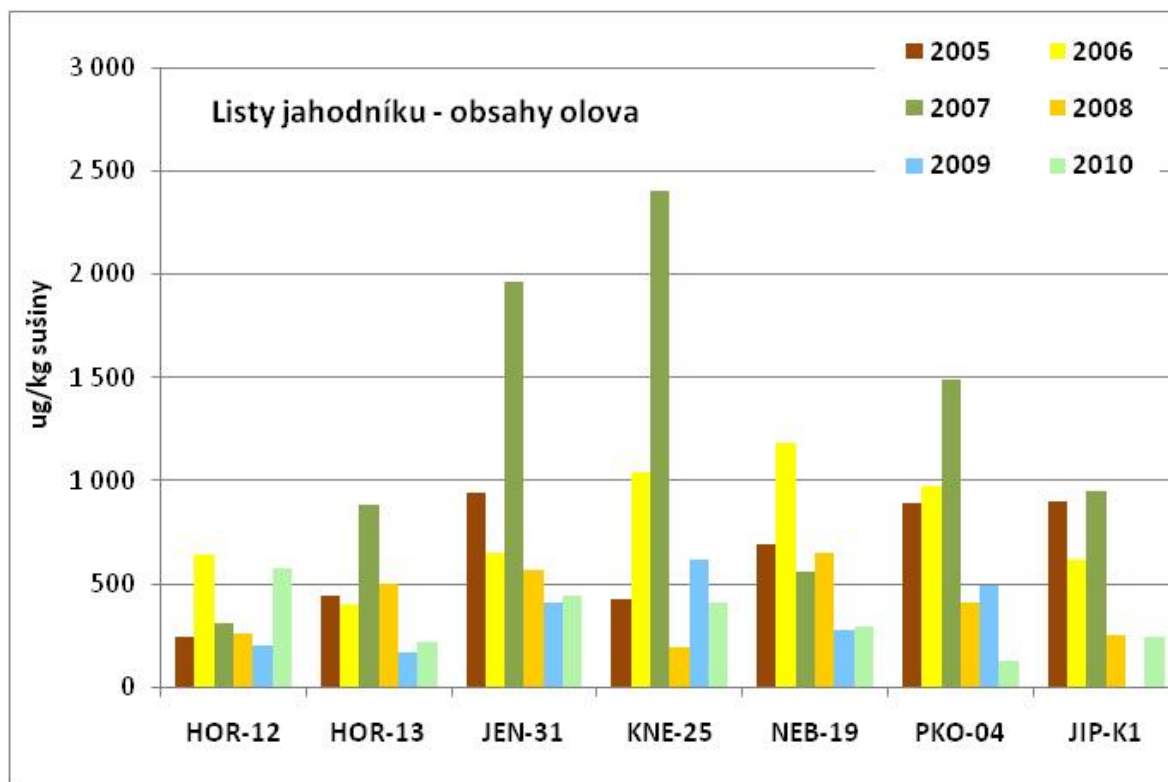
Obrázek 22: Obsahy molybdenu v listech jahodníku – 2005 až 2010



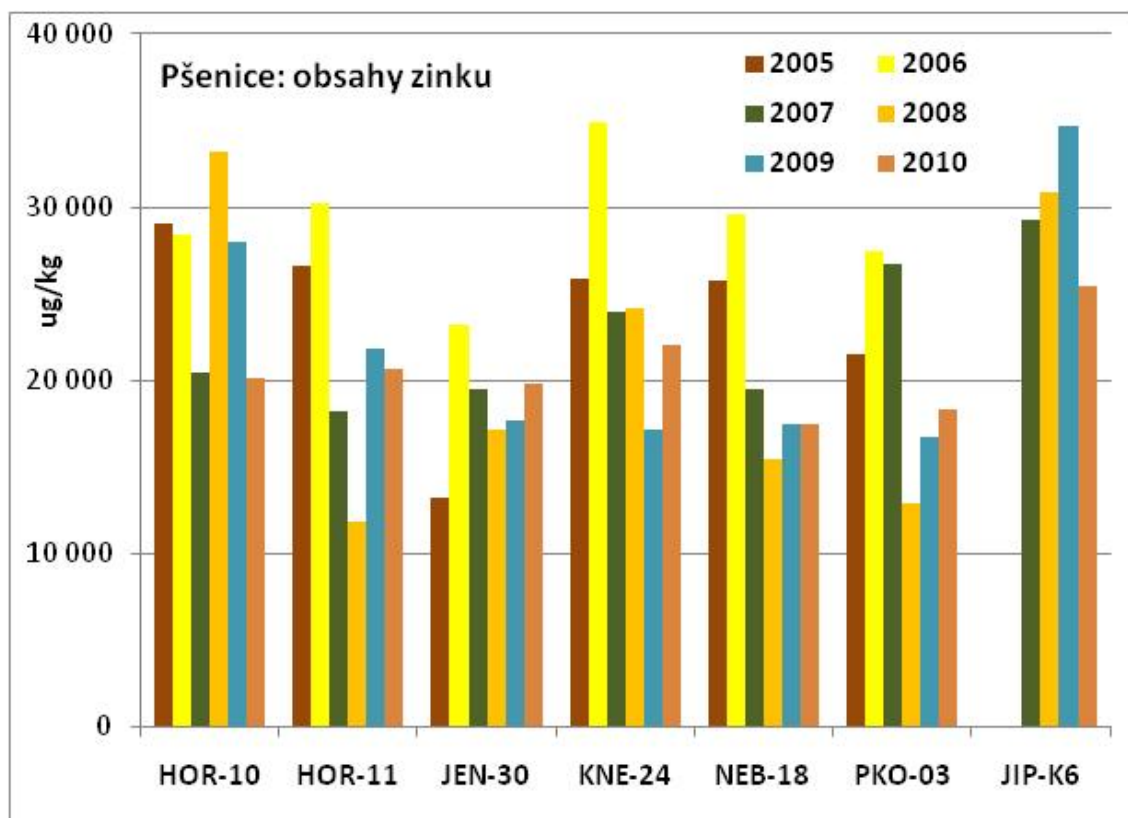
Obrázek 23: Obsahy vanadu v listech jahodníku – 2005 až 2010



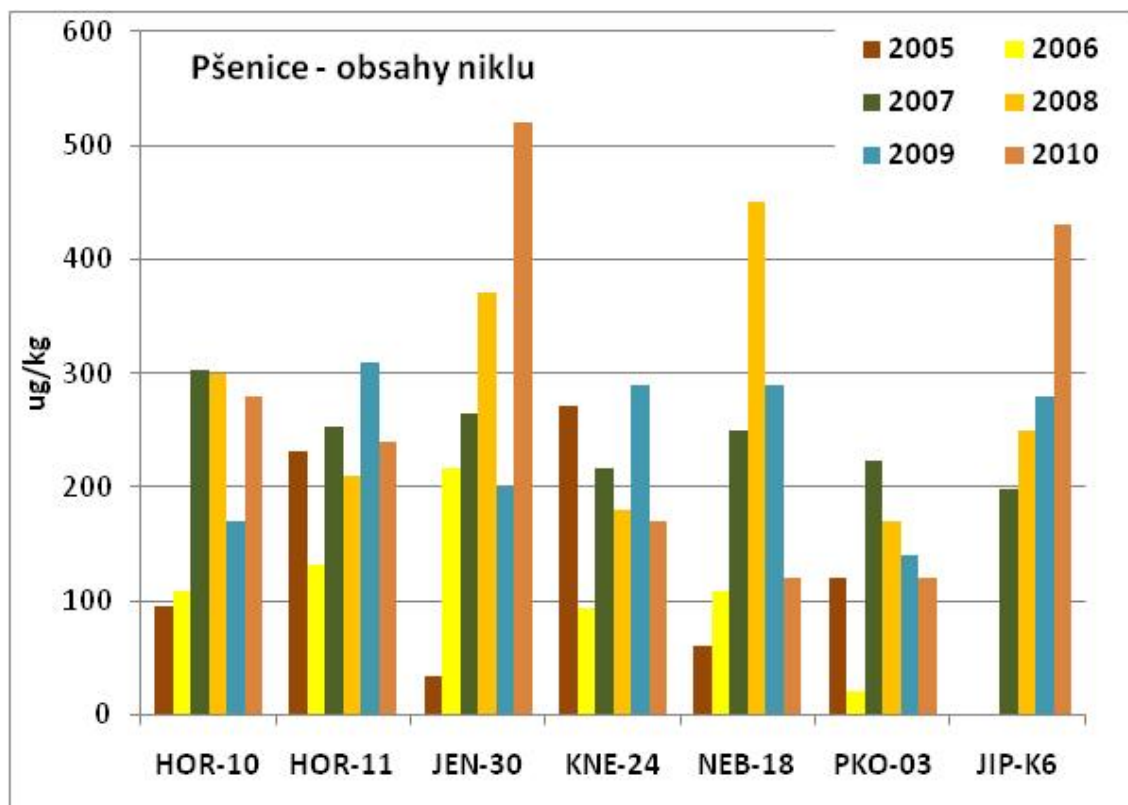
Obrázek 24: Obsahy kadmia v listech jahodníku v období 2005 – 2010



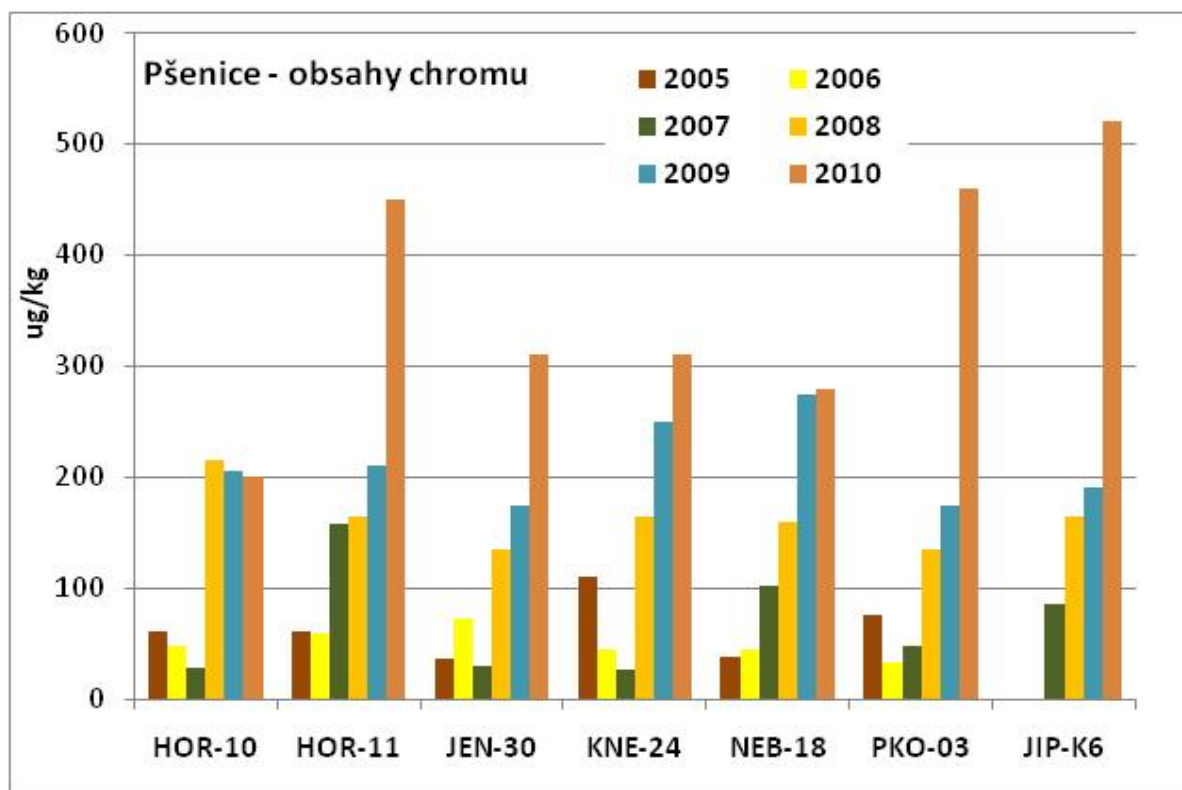
Obrázek 25: Obsahy kadmia v pšenici – 2005 až 2010



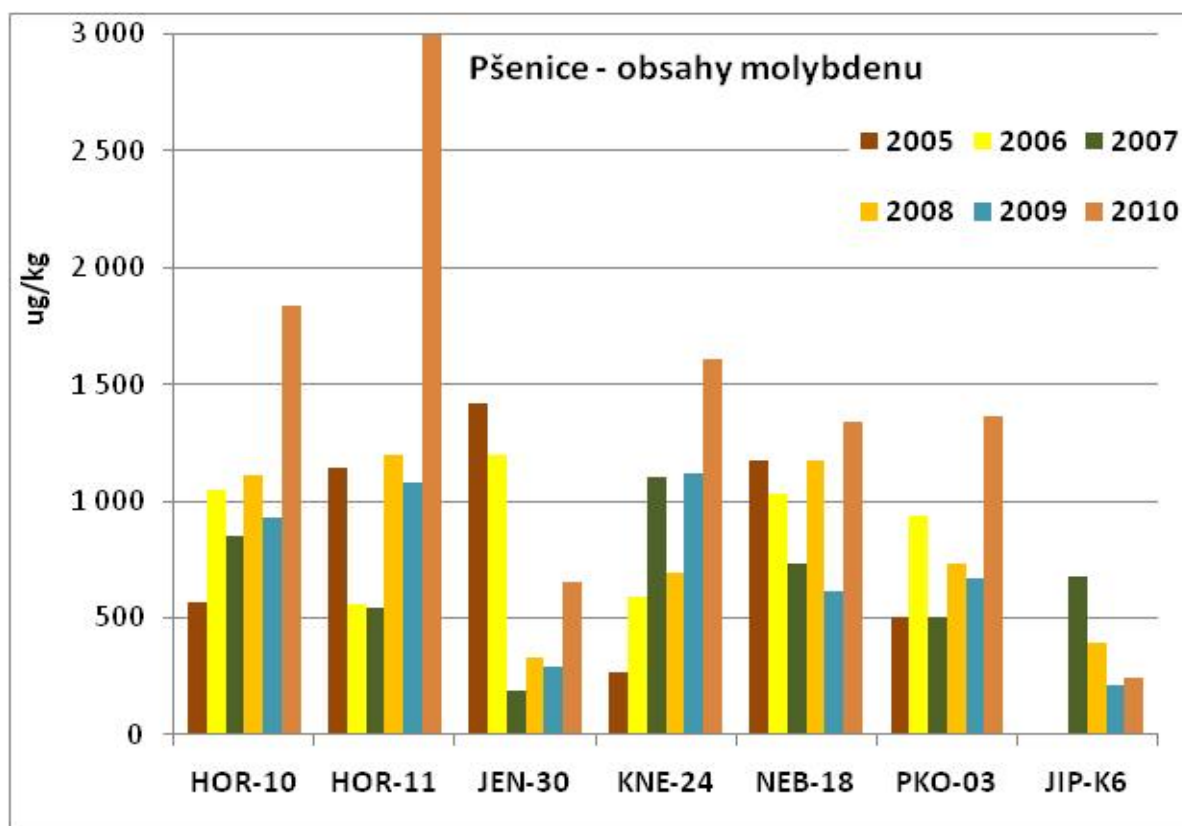
Obrázek 26: Obsahy zinku v pšenici – 2005 až 2010



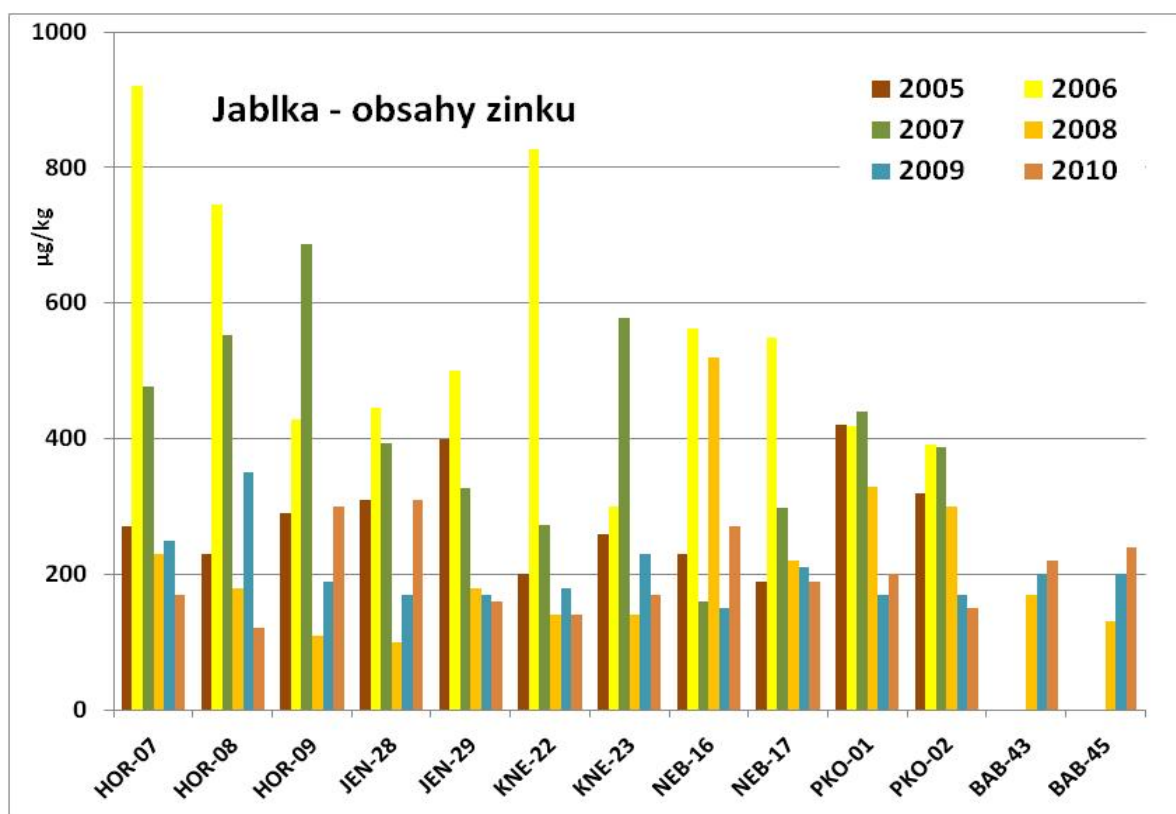
Obrázek 27: Obsahy niklu v pšenici – 2005 až 2010



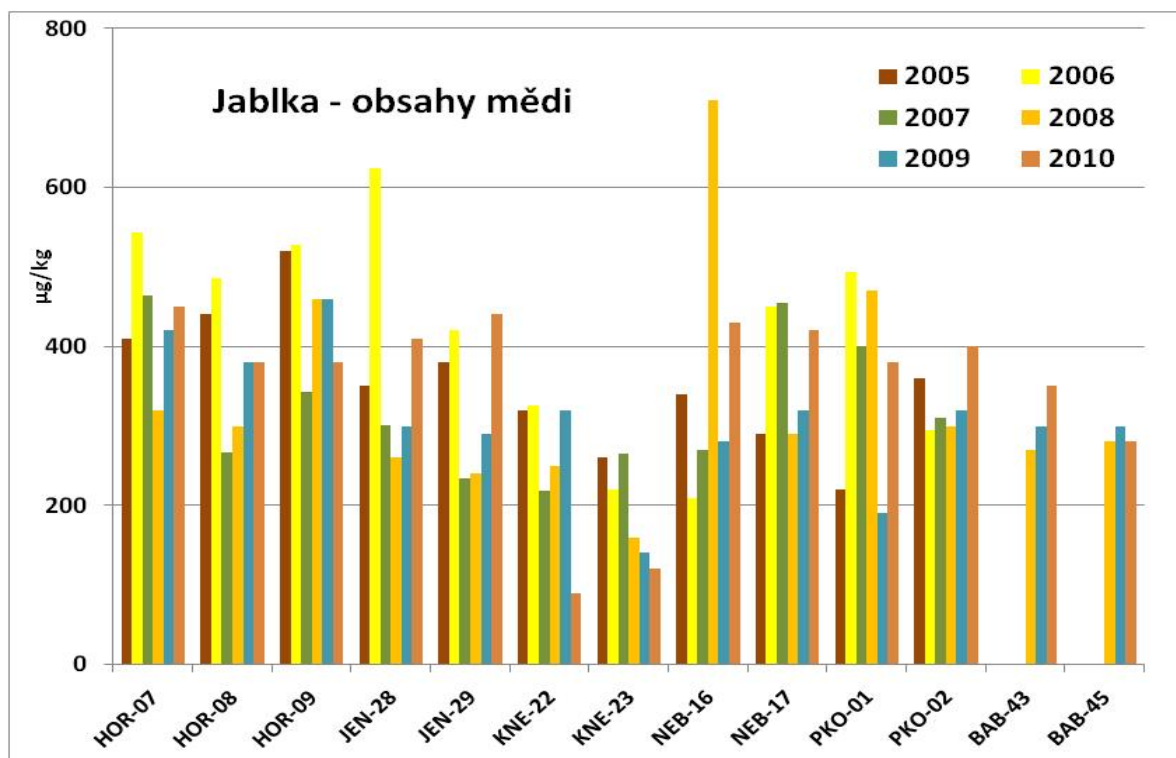
Obrázek 28: Obsahy chromu v pšenici – 2005 až 2010



Obrázek 29: Obsahy molybdenu v pšenici – 2005 až 2010



Obrázek 30: Obsahy zinku v jablkách – 2005 až 2010



Obrázek 31: Obsahy mědi v jablkách – 2005 až 2010

3. Zbytky paliva a těkavé aromatické uhlovodíky

3.1 Přehled problematiky

Tato část monitoringu se zabývá vyšetřením všech monitorovaných rostlinných materiálů na obsah těkavých kontaminujících látek, jejichž výskyt v ekosystému může mít souvislost mimo jiné s provozem letiště. K tomuto účelu je používána metoda mikroextrakce na tuhou fázi (SPME, Solid-phase Microextraction) ve spojení s plynovou chromatografií s hmotnostně spektrometrickou detekcí (GC/TOF-MS). Vyšetření vzorků bylo zaměřeno na sledování případných zbytků nespáleného paliva používaném pro tryskové motory (Jet A) a dále na těkavé aromatické uhlovodíky (BTEX).

Charakteristika cílových analytů:

S ohledem na environmentální a toxikologické aspekty se převážně monitorují zejména těkavé aromatické uhlovodíky, konkrétně skupina látek značených BTEX, benzen, toluen, ethylbenzen a isomery xylenu (p-, m- a o-). Rozhodujícím zdrojem atmosférických emisí aromatických uhlovodíků – zejména benzenu a jeho derivátů jsou především výfukové plyny motorových vozidel. Emise z mobilních zdrojů představuje přibližně 85 % celkových emisí aromatických uhlovodíků.

Letecké palivo (kerosen) patří mezi ropné produkty, které se získávají rafinací surové ropy. Tyto produkty obsahují celou řadu látek, mnohé z nich jsou toxické, například aromatické uhlovodíky (benzen a alkylované benzeny) a polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU). Letecké palivo patří mezi střední frakci, kterou tvoří především směs C₉-C₁₅ uhlovodíků. Tato frakce obsahuje aromatické uhlovodíky jako je skupina BTEX. Benzen patří mezi látky karcinogenní pro živočichy. Dlouhodobá expozice benzenu má negativní vliv na krevtvorbu. Může vést ke snížení počtu červených krvinek vedoucí až k anémii či leukemii. Chronická expozice vyvolává také poškození jater, ledvin a bílých krvinek.

Protože složení leteckého paliva (a případných dalších ropných produktů) je velmi komplexní, je zapotřebí při výběru analytické metody vzít v úvahu následující požadavky:

(1) metoda musí být aplikovatelná na různé druhy matric (vzduch, voda, půda, tráva, plodiny..), (2) s ohledem na možné ztráty cílových analytů je preferována možnost využití „přímé“ metody bez komplikovaných způsobů izolace analytů, (3) zpracovaný vzorek k plynově-chromatografické analýze musí být relativně prostý netěkavých podílů (nebezpečí zhoršení parametrů chromatografického systému). SPME technika nabízí elegantní řešení a splňuje požadavky pro daný typ analýz.

SPME metoda představuje rychlý, citlivý a snadno automatizovatelný přístup, který zjednodušuje analýzy těkavých a méně těkavých, polárních a nepolárních látek v různých typech matric. Minimalizuje manipulaci se vzorkem, eliminuje používání organických rozpouštědel (snižuje náklady a je šetrná k životnímu prostředí) a je možné dosáhnout velice nízkých detekčních limitů, řádově ng/kg.

Podstatou SPME techniky je sorpce těkavých látek na křemenné vlákno potažené vhodnou stacionární fází. Při extrakci analytů je toto vlákno umístěno nad vzorek (head-space SPME) nebo vnořeno přímo do vzorku (přímá SPME).

V této práci použitá konkrétní metoda je založena na ustanovení rovnováhy mezi množstvím analytu ve vzorku, na vlákne a v head-space prostoru nad vzorkem. Po ukončení sorpce je vlákno zavedeno do vyhřívaného injektoru plynového chromatografu, kde jsou analyty tepelně desorbovány a naneseny na kolonu. Rovnovážný stav SPME techniky závisí na mnoha faktorech, mimo jiné na koncentraci analytu ve vzorku a na typu a tloušťce polymeru, který pokrývá vlákno.

Srovnávací analýzy vycházejí ze skutečnosti, že každý rostlinný vzorek uvolňuje charakteristické spektrum přirozených těkavých složek (sekundárních metabolitů). Při vyšetření par (emisí) odebraných z prostoru nad nimi metodou HS-SPME-GC/MS získáme chromatografický profil charakteristický pro analyzovaný druh vzorku (tj. soubor signálů-píků o různých retenčních časech a intenzitách). Každý vzorek můžeme tak charakterizovat jeho vlastním (přirozeným) profilem. Při vyšetření vzorků zmíněnou metodou se pak kontaminace vzorků jinými látkami projeví změnou profilu oproti „referenčnímu“, nekontaminovanému vzorku.

3.2 Provedení analýz

Sledované analyty (BTEX) byly izolovány metodou mikroextrakce na tuhou fázi (SPME) z plynné fáze nad vzorkem (headspace) za podmínek optimalizovaných v roce 2009. Pro kvantifikaci byla použita plynová chromatografie (GC) s hmotnostně spektrometrickou detekcí s analyzátozem doby letu (time-of-flight, TOF-MS).

- ♦ Plynový chromatograf Agilent Technologies 7890A s elektronickou kontrolou tlaku (EPC) a split/splitless injektorem
- ♦ hmotnostní detektor TruTOF™ HT TOFMS, LECO Corp., (USA)
- ♦ multifunkční automatický dávkovač vzorků CombiPal (CTC Analytics, USA)
- ♦ SPME vlákno s fází PDMS/CX/DVB, Supelco (USA)
- ♦ kapilární křemenná kolona pro plynovou chromatografii Innowax 30 m × 0,25 mm × 0,25 μm; J&W (USA)

Příprava vzorku spočívá v navážení 0,5 g (tráva, jahodové listí a pšenice) nebo 1 g (jablka) analyzovaného materiálu do 10 ml SPME-vialky a přidavku 4 ml vody. Vialka se poté uzavře SPME-septem a vloží do robotického karuselu ke zpracování automatizovanou SPME technikou. Po proběhnutí sorpce těkavých látek na vlákno následuje jeho zavedení do nástřikového systému GC a tepelná desorpce analyzovaných látek.

Identifikace cílových látek je prováděna na základě porovnání parametrů píků vzorku s parametry standardů a se spektry v referenční knihovně spekter pomocí software ChromaTOF (LECO Corp., USA), verze 4.24.

Obsahy analytů se kvantifikují metodou standardního přidavku (po odečtení hodnoty slepého pokusu), pro vyhodnocení je vždy použita hladina s odezvou blízkou se odezvě v neznámém vzorku. Výsledky se vyjadřují v μg/kg. Pokud je obsah nižší nežli mez stanovitelnosti metody, udává se výsledek jako „< LOQ“. Necílový screening“ markerů paliva je založen na stejné analytické koncovce (GC/TOFMS). Zde je ale plně využit potenciál této instrumentální techniky, který umožňuje sběr plných hmotnostních spekter a tzv. spektrální dekonvoluci, tedy samostatnou identifikaci chromatograficky nerozdělených (koeluovaných) píků. Výsledkem je pak detekce i těch sloučenin, které nebyly ve vzorcích cíleně hledány.

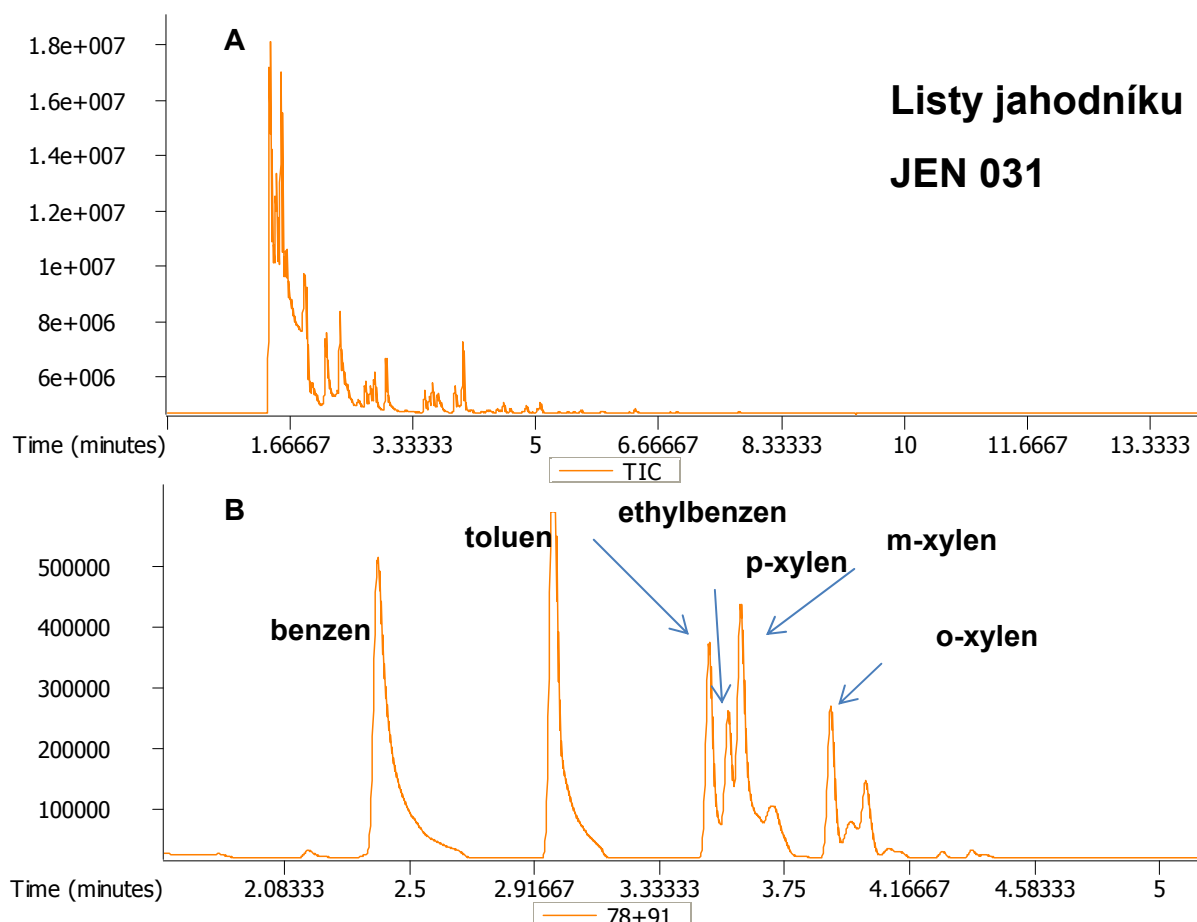
Touto metodou byly analyzovány všechny odebrané vzorky na případný obsah reziduí leteckého paliva a dále na obsah směsi těkavých aromatických uhlovodíků souhrnně nazývaných BTEX. Všechny vzorky byly analyzovány dvakrát.

V případě „necílového screeningu“ je vlastní identifikace neznámých látek prováděna pomocí specializovaného softwaru ChromaTOF (LECO Corp., USA), který vyhodnotí měřená GC/TOFMS data na základě nastavení specifických parametrů jako jsou šířka píku, poměr signálu k šumu (S/N) pro detekci píků a minimální hodnota parametru similarity (podobnosti) hmotnostních spekter. Tyto parametry přímo vycházejí z daného měření a determinují následnou detekci píků, identifikaci analytů pomocí knihovny hmotnostních spekter a dekonvoluci.

3.3 Výsledky analýz

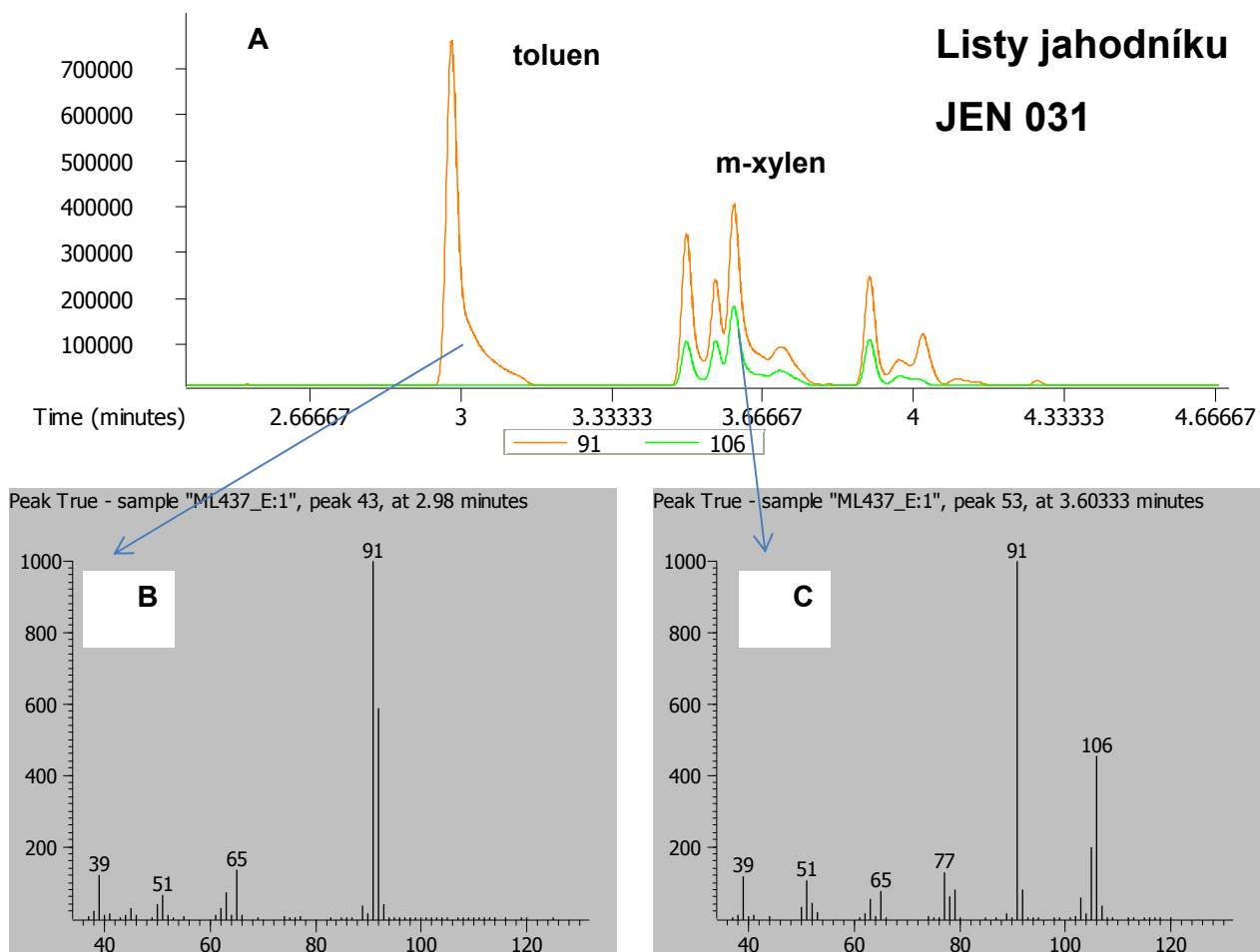
A. Výsledky stanovení skupiny látek BTEX.

Typický příklad chromatografického výstupu z analýzy látek BTEX metodou SPME GC/TOF-MS je na **Obrázku 32**. Pro ilustraci potenciálu použité techniky je na tomto obrázku použit reálný vzorek trávy **JEN31**, do kterého bylo přidáno přesné množství směsi BTEX (spike). Podrobné výsledky obsahu BTEX ve všech odebraných vzorcích plodin a travního porostu jsou uvedeny v databázové **Příloze 5**.



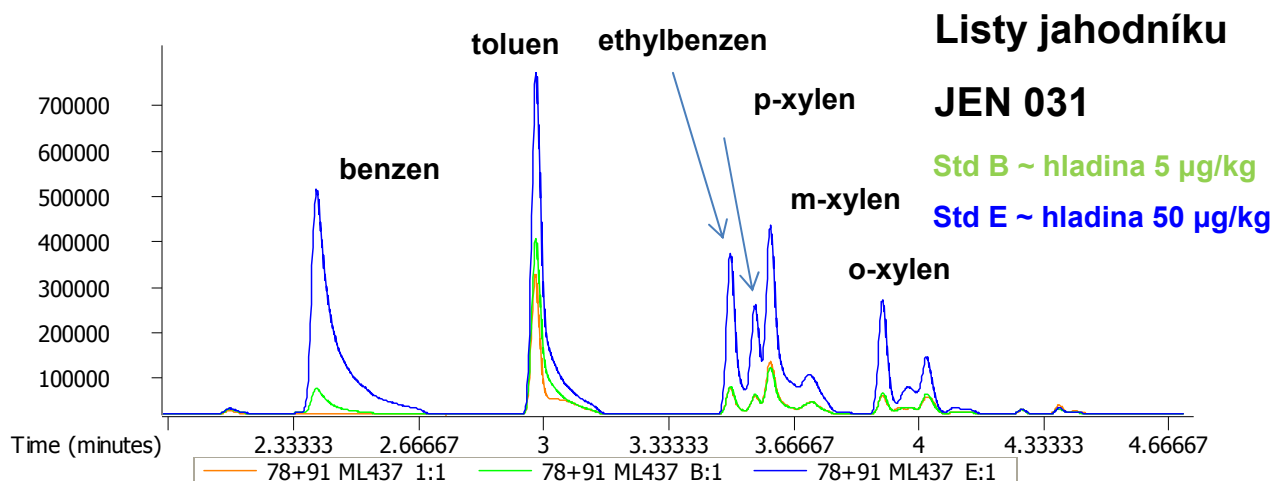
Obrázek 32 : Záznam SPME–GC/TOFMS analýzy listů jahodníku JEN 031 s přidavkem látek BTEX (50 µg/kg). (A) Celkový profil těkavých látek vzorku (TIC), (B) Identifikace jednotlivých analytů (SIM).

Identifikace jednotlivých látek BTEX přítomných ve vzorku listů jahodníku **JEN031** je ilustrována na **Obrázku 33**. Konfirmace (potvrzení) identity bylo provedeno na základě hmotnostních spekter, a to jednak podle přímého srovnání s referenčními standardy a jednak porovnáním s knihovnou spekter NIST.



Obrázek 33: (A) Záznam SPME–GC/TOFMS analýzy vzorku **JEN031**. Zobrazen průběh iontu 91 (oranžová linka) a 106 (zelená linka). Ukázka identifikace toluenu (B) a m-xyleny (C) – hmotnostní spektra.

Vysoká citlivost použité metody je zřejmá z **Obrázku 34**, kde jsou „přirozené“ nálezy látek BTEX ve vybraných vzorcích porovnány s „umělým“ přidavkem známého množství (5 a 50 $\mu\text{g/kg}$).

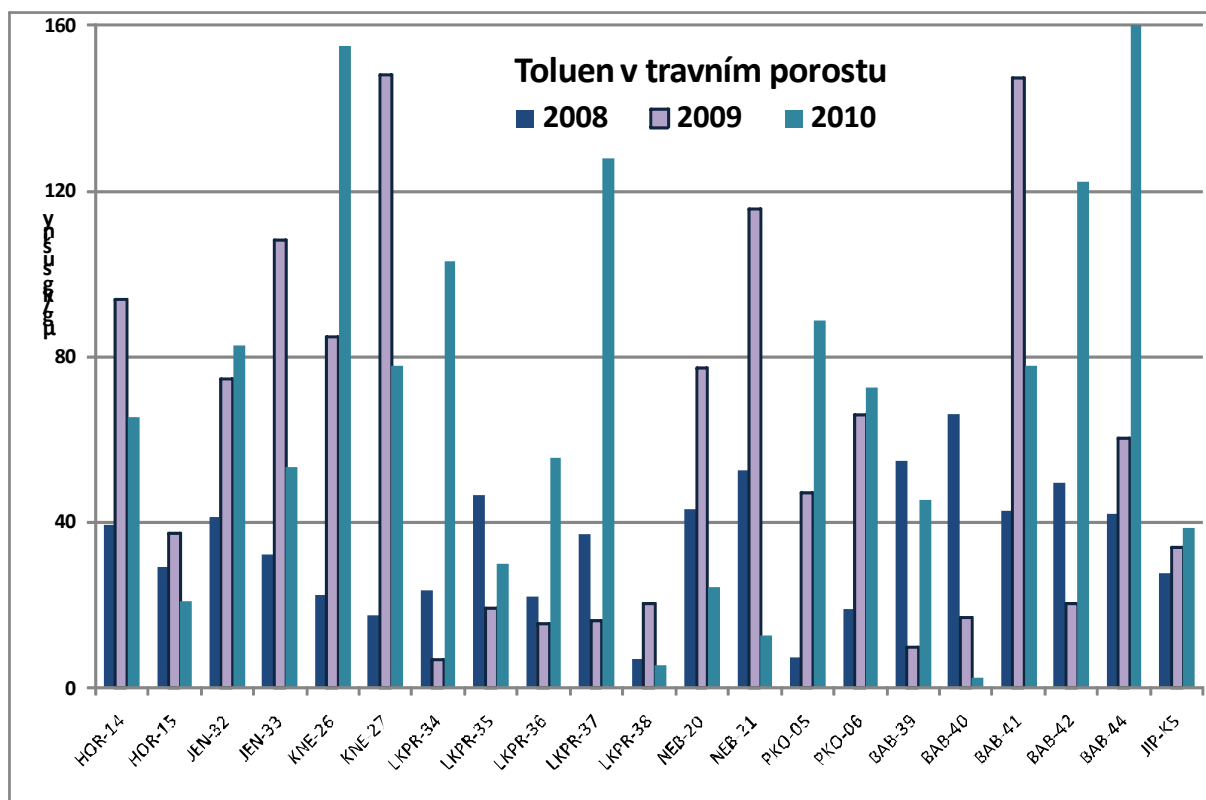


Obrázek 34: Srovnání obsahu cílových analytů v matrici (oranžová linka) a matrici s přidavkem standardu BTEX (zelená linka přidavek na hladině 5 $\mu\text{g/kg}$, modrá linka přidavek na hladině 50 $\mu\text{g/kg}$).

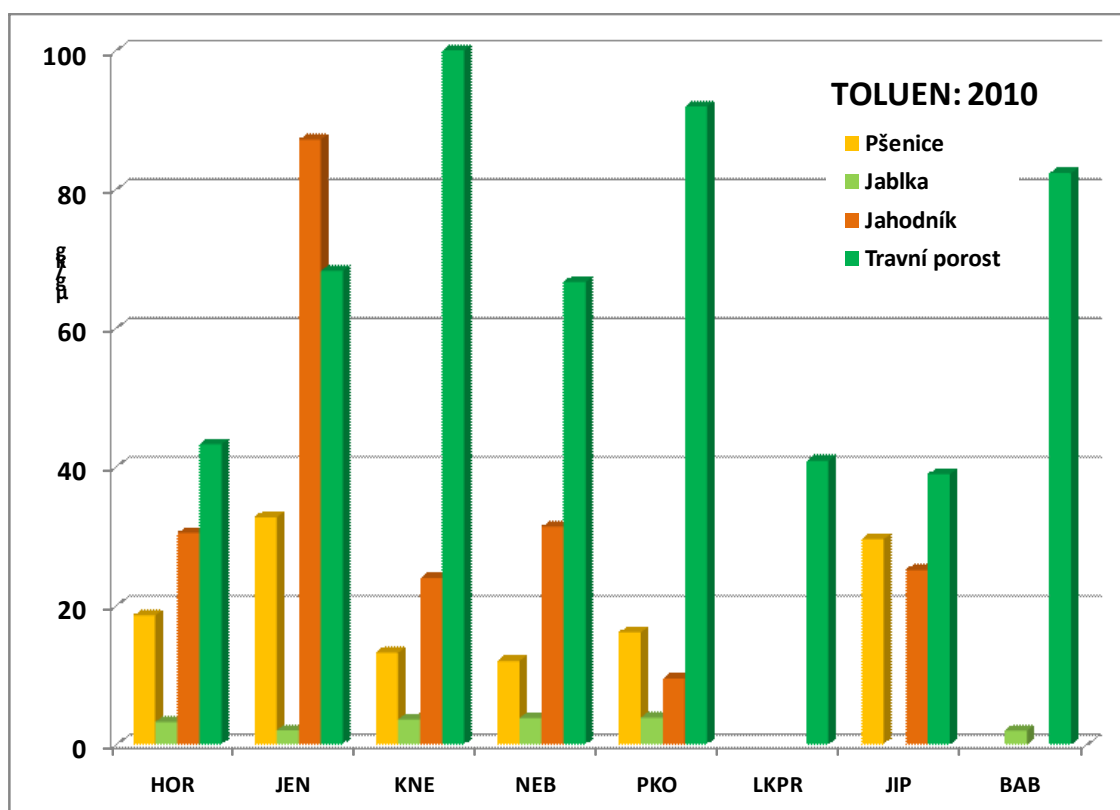
Porovnání nálezů toluenu v trvalém travním porostu ze všech lokalit v roce 2010 dokumentuje **Obrázek 35**, který nabízí též porovnání těchto hodnot s hodnotami zjištěnými v letech předchozích. Při hodnocení rozdílů je však nutno vzít do úvahy vyšší nejistotu dat nežli je obvyklé v případě ostatních sledovaných kontaminujících látek. To je způsobeno především velkou těkavostí analytů citlivých na podmínky při odběru, transportu a při pre-analytickém zpracování vzorků. Lze rovněž předpokládat velkou variabilitu v obsahu těchto látek v závislosti na okamžitých meteorologických podmínkách a aktuálních zdrojích. V každém případě zátěž plodin látkami BTEX vypovídá jen o krátkodobé (prakticky aktuální) expozici vegetace imisím, žádné kumulativní vlastnosti u těchto látek nelze předpokládat. Jejich vysoká těkavost také umožňuje snadný atmosférický přenos na větší vzdálenosti od emisních zdrojů, což rovněž interpretaci nízkých nálezů ztěžuje.

Nejvyšších hodnot toluenu v roce 2010 v průměru dosáhl travní porost z odběrných bodů v **Kněževsi**, **Přední Kopanině** a zejména pak **Babě** (stejně jako v předchozích letech v **BAB44**). Z prostoru LKPR byly vysoké obsahy v travním porostu pouze v bodě **LKPR37** (západně od křížení obou RWY). V listech jahodníku byly vysoké koncentrace toluenu nalezeny pouze v Jenči, v ostatních lokalitách nejsou navzájem velké rozdíly. Nutno však připomenout, že odběr travního porostu probíhal v srpnu, zatímco listů jahodníku v červenci. Za těchto okolností nelze tedy (zejména) u takto proměnlivého kontaminantu očekávat vzájemný vztah mezi obsahem v těchto matricích.

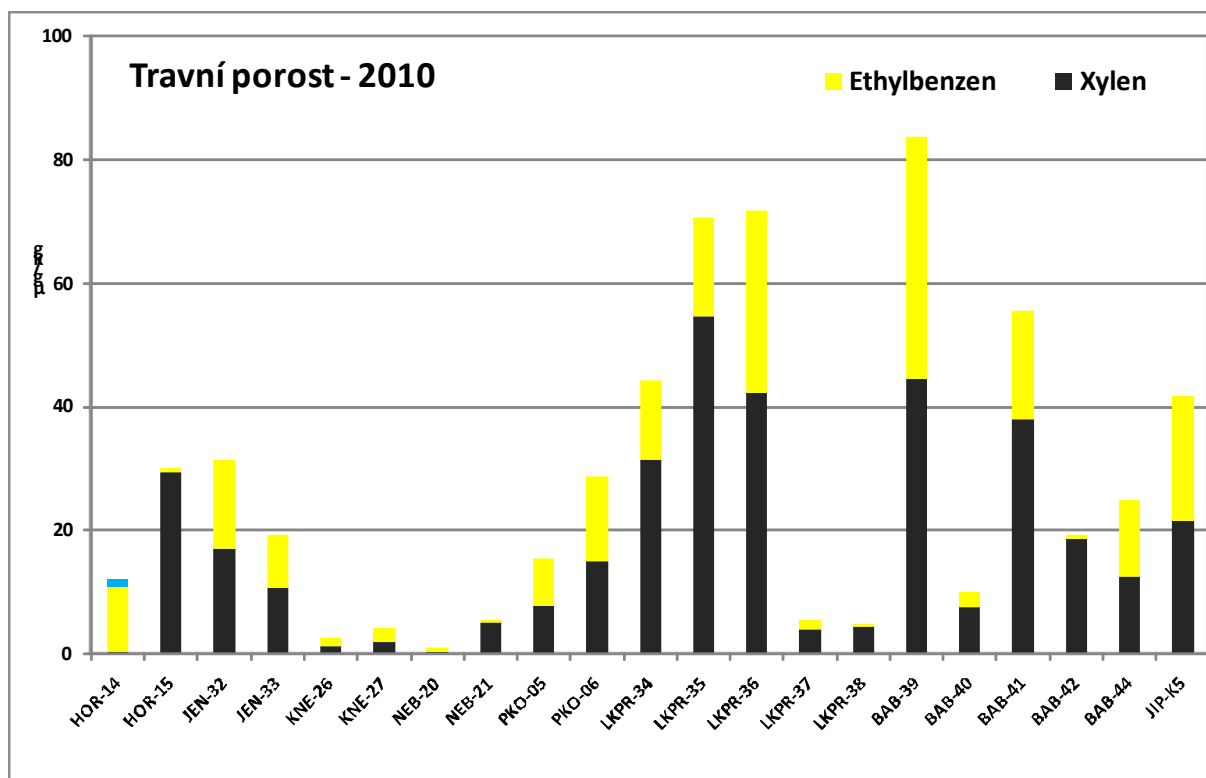
Přesto jsou na **Obrázku 36** pro ilustraci porovnány průměrné obsahy toluenu v různých matricích. Pomineme-li jablka, kde jsou nálezy toluenu velmi nízké a pro porovnání zátěže nepoužitelné, zaujme zvýšená kontaminace pšenice v **Jenči** a kontrolním bodě **JIP** oproti všem ostatním lokalitám, kde byla pšenice kontaminována o poznání méně.



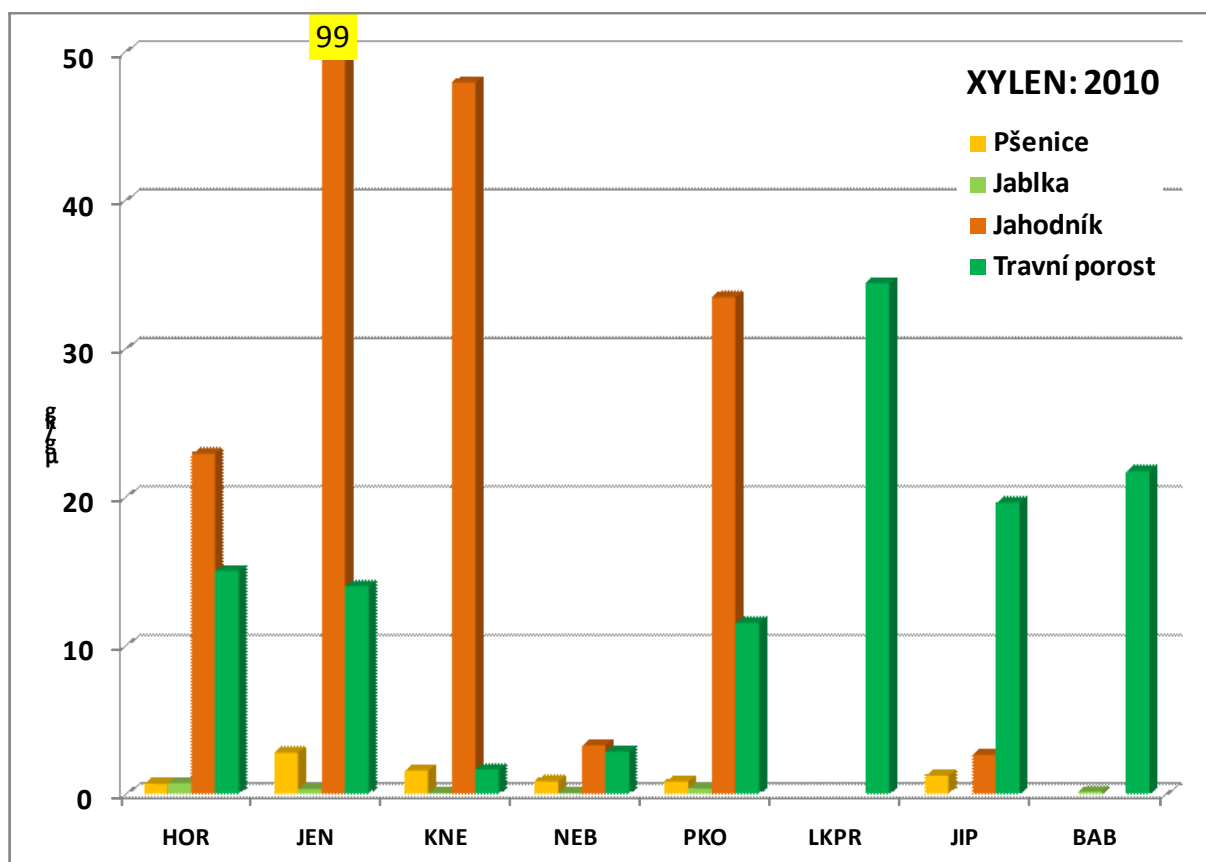
Obrázek 35 : Obsahy toluenu v TTP – časové porovnání let 2008 až 2010



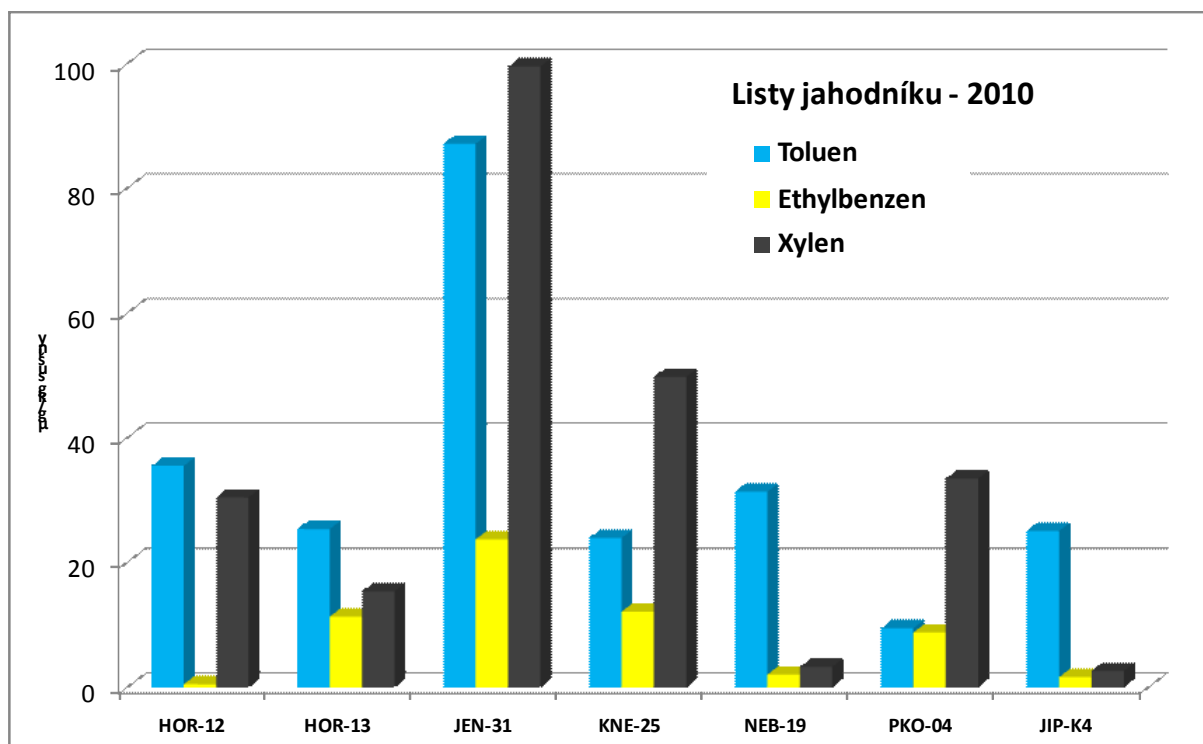
Obrázek 36 : Obsahy toluenu 2010: porovnání plodin - průměrné hodnoty za obec (pšenice a jablka v mikrogramech na kg čerstvé hmotnosti, ostatní na sušinu)



Obrázek 37 : Obsahy ethylbenzenu a xyleny v travním porostu - 2010



Obrázek 38 : Obsahy xyleny 2010: porovnání plodin - průměrné hodnoty za obec (pšenice a jablka v mikrogramech na kg čerstvé hmotnosti, ostatní na sušinu)



Obrázek 39 : Obsahy BTEX v listech jahodníku - 2010

Poněkud zajímavější se jeví nálezy ethylbenzenu a xylenu – viz **Obrázek 37**. Zde byly nalezeny opět zvýšené obsahy v travním porostu některých bodů BAB. Celkově zvýšené hodnoty převyšující 40 µg/kg sušiny byly zaznamenány v areálu **LKPR** v bodech **34 až 36**, zatímco v bodech **LKPR37** a **LKPR38** jsou nálezy naopak velmi nízké, přestože letecký provoz probíhal zde v bližší vzdálenosti. Tento rozdíl lze vysvětlit směrem větru v bezprostřední době odběru a dobře dokumentuje, že BTEX odrážejí okamžitý stav, nikoli dlouhodobější zátěž. Vyšší obsahy xylenu v jahodníku v porovnání s travním porostem tuto skutečnost rovněž potvrzují. Listy jahodníku byly kontaminovány xylenem a ethylbenzenem především v lokalitách **Jeneč** a **Kněževes** – viz **Obrázek 39**.

B. Výsledky detekce stop leteckého paliva na plodinách na základě porovnání chromatografických profilů.

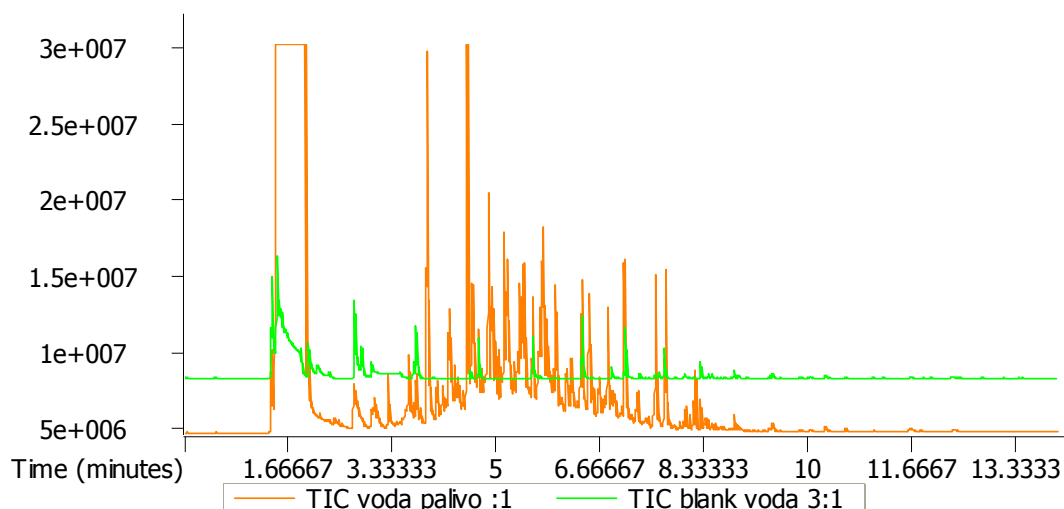
Všechny vzorky byly analyzovány dvakrát a každý vzorek byl pak porovnán se vzorkem, do něhož bylo přidáno přesné množství paliva Jet A (spike). Takto uměle kontaminované vzorky simulují situaci, kdy dojde ke znečištění plodiny leteckým palivem.

Při vyhledávání sloučenin, které by mohly sloužit jako potenciální markery znečištění vzorků leteckým palivem bylo postupováno s přihlédnutím k následujícím kritériím:

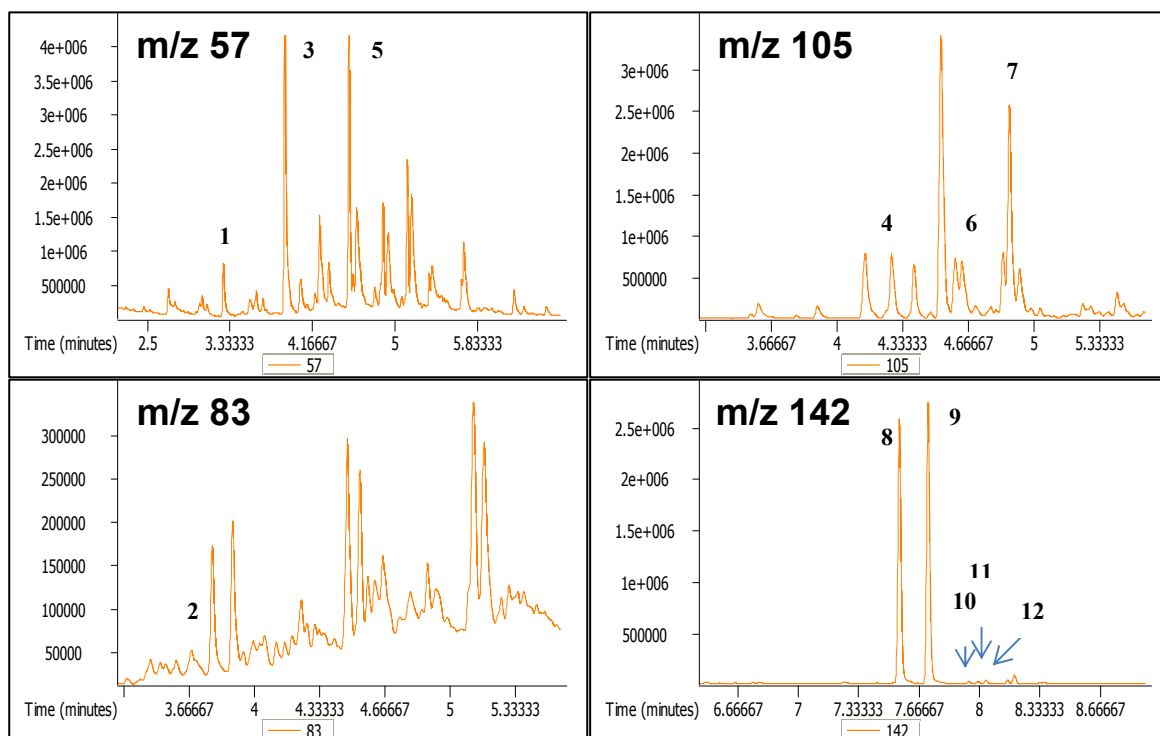
- (i) Případný marker byl identifikován metodou založenou na SPME ve více odebraných vzorcích alespoň dvou typů matrice,
- (ii) Současně byl takový potenciální marker identifikován i v kontrolním vzorku destilované vody, do které bylo přidáno palivo Jet A (cca 5 mg/l).
- (iii) Současně nebyl tento marker identifikován ve slepém vzorku vody bez přídavku paliva.

Typický příklad porovnání chromatografických záznamů získaných metodou SPME GC/TOFMS analýzy kontrolního vzorku destilované vody a vzorku destilované vody s přídavkem paliva (4,65 mg/l) je na **Obrázku 40 (záznam TIC, Total Ion Current) a 41 (záznam iontů o m/z 57, 83, 105 a 142).**

Látky identifikované jako potenciální markery paliva uvádí **Tabulka V.**



Obrázek 40: Srovnání chromatogramů SPME–GC/TOFMS analýzy (TIC = Total Ion Current) kontrolního vzorku destilované vody (zelená linka) a vzorku destilované vody s přídavkem paliva Jet A (4,65 mg/l - oranžová linka).



Obrázek 41: Srovnání chromatogramů SPME–GC/TOFMS analýzy (záznam iontů o m/z 57, 83, 105 a 142) kontrolního vzorku destilované vody a vzorku destilované vody s přidavkem paliva Jet A (4,65 mg/l - oranžová linka). Číslicí jsou označeny vytipované markery paliva – návrh identifikace viz tabulka T1.

Tabulka V: Identifikované potenciální markery paliva.

Číslo markeru	RT/min	návrh identifikace
1	3,27	undekan
2	3,79	1-methylethylcyklohexan
3	3,89	dodekan
4	4,28	1,2,3-trimethylbenzen
5	4,53	tridekan
6	4,60	1,2,4-trimethylbenzen
7	4,87	1-ethyl-4-methylbenzen
8	7,56	1(2)methylnaftalen*
9	7,72	1(2)methylnaftalen*
10	7,94	1,5(2,6)(2,7)dimethylnaftalen*
11	7,99	1,5(2,6)(2,7)dimethylnaftalen*
12	8,04	1,5(2,6)(2,7)dimethylnaftalen*

* polohové izomery nerozlišeny

Markery byly vybrány také s ohledem na zastoupení ve směsi leteckého paliva a minimální pravděpodobnost jejich přirozeného výskytu v nekontaminovaných rostlinných materiálech. Markery č. 6-12 jsou alkylbenzeny a alkylnaftaleny typické právě pro naftu a letecké palivo. Kvalitativní nálezy příslušných markerů ve všech vzorcích uvádí **Tabulka VI**.

Vzorky s nálezem methylnaftalenů (marker 8 a 9) byly (podobně jako v předchozím roce) označovány jako vzorky, kde „nelze vyloučit vliv leteckého paliva“. V databázi výsledků jsou takové vzorky označovány jako suspektní „S“.

Stejně jako v roce 2009 se tyto markery vůbec nevyskytovaly v pšenici a jejich nejvyšší incidence byla v trvalém travním porostu. Oproti loňskému roku však nebyly (s jedinou výjimkou v lokalitě PKO) methylnaftaleny nalezeny v listech jahodníku, sporadicky (dva případy) se vyskytovaly v jablkách.

Obecně byl v roce 2010 výskyt methylnaftalenů v analyzovaných vzorcích méně častý než v roce 2009. Jako zvýšený se oproti loňskému roku jevil výskyt trimethylbenzenů (marker 4 a 6) a ethylmethylbenzenu (marker 7). Zvýšený výskyt těchto markerů je v souladu s již zmiňovanými zvýšenými hladinami etylbenzenu a xylenů (tj dimethylbenzenů) ve vzorcích (viz část A Stanovení BTEX).

Tabulka VI: Výskyt potenciálních markerů paliva (nález označen symbolem „x“)

matrice	kód lokality	číslo markeru	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		číslo vzorku												
pšenice zrno	PKO 003-K	ML 426/10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PKO 003	ML 427/10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	HOR 010	ML 428/10	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-
	HOR 011	ML 429/10	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	NEB 018	ML 430/10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	KNE 024	ML 431/10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	JEN 030	ML 432/10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	JIP 0K6	ML 439/10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
tráva	PKO 005	ML 613/10	x	-	-	x	-	x	x	-	x	-	-	-
	PKO 006	ML 614/10	-	-	-	x	-	x	x	-	-	-	-	-
	HOR 014	ML 605/10	-	-	-	-	-	x	x	-	-	-	-	-
	HOR 015	ML 606/10	-	-	-	-	-	x	x	x	-	-	-	-
	NEB 020	ML 595/10	x	-	-	x	-	x	x	-	-	-	-	-
	NEB 021	ML 616/10	-	-	-	-	-	x	x	-	-	-	-	-
	KNE 026	ML 593/10	x	-	-	x	-	x	x	-	-	-	-	-
	KNE 027	ML 594/10	x	-	-	x	-	x	x	x	-	-	-	-
	JEN 032	ML 609/10	-	-	-	x	-	x	x	-	-	-	-	-
	JEN 033	ML 610/10	-	-	-	x	-	x	x	x	x	-	-	-
	LKPR 034	ML 586/10	x	x	-	x	-	x	x	-	-	-	-	-
	LKPR 035	ML 587/10	x	x	-	x	-	-	x	-	-	-	-	-
	LKPR 036	ML 588/10	-	-	-	x	-	-	x	-	-	-	-	-
	LKPR 037	ML 589/10	x	-	-	x	-	x	x	-	-	-	-	-
	LKPR 038	ML 590/10	-	-	-	x	-	x	x	-	-	-	-	-
	BAB 039	ML 440/10	x	-	-	x	x	x	x	-	x	-	-	-
	BAB 040	ML 441/10	-	x	-	x	-	-	x	-	-	-	-	-
	BAB 041	ML 622/10	-	-	-	-	-	-	x	x	-	-	-	-
	BAB 042	ML 621/10	-	-	-	x	-	x	x	-	-	-	-	-
	BAB 044	ML 619/10	-	-	-	x	-	x	x	x	-	-	-	-
	JIP 0K5	ML 442/10	-	x	-	x	-	-	x	-	-	-	-	-

pokračování tabulky

matrice	kód lokality	číslo markeru	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		číslo vzorku												
listy jahodníku	PKO 004	ML 433/10	-	-	-	x	-	-	x	x	-	-	-	-
	HOR 012	ML 434/10	x	-	-	x	-	-	x	-	-	-	-	-
	HOR 013	ML 435/10	-	-	-	x	-	-	x	-	-	-	-	-
	NEB 019	ML 438/10	-	-	-	x	-	x	x	-	-	-	-	-
	KNE 025	ML 436/10	x	-	-	x	x	-	x	-	-	-	-	-
	JEN 031	ML 437/10	-	-	-	x	x	-	-	-	-	-	-	-
	JIP 0K4	ML 472/10	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-
jablka	PKO 001	ML 611/10	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-
	PKO 002	ML 612/10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	HOR 007	ML 603/10	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-
	HOR 008	ML 604/10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	HOR 009	ML 617/10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	NEB 016	ML 596/10	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-
	NEB 017	ML 615/10	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-
	KNE 022	ML 591/10	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-
	KNE 023	ML 592/10	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-
	JEN 028	ML 607/10	-	-	-	-	-	x	-	x	x	-	-	-
	JEN 029	ML 608/10	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-
	BAB 043	ML 620/10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BAB 045	ML 618/10	-	-	-	-	-	x	-	x	-	-	-	-

Při posuzování přítomnosti vybraných markerů ve vzorcích plodin a travního porostu je nutno vzít do úvahy následující skutečnosti:

1. Ačkoli bylo při určení markerů použito letecké palivo Jet A, tyto sloučeniny jsou obsaženy také v motorové naftě a obdobných ropných produktech, případně mohou pocházet i z jiných zdrojů.
2. Některé tyto markery mohou být detekovány také ve vzorcích trávy a plodin odebraných mimo oblast Prahy, tedy v lokalitách s malou silniční dopravou a bez významnějšího vlivu letecké dopravy (může jít o tzv. dálkový transport ovzduším).
3. Získané údaje jsou kvalitativní a nevypovídají o poměrném zastoupení jednotlivých látek.

IV. Závěry studie 2005 – 2010

Monitoring indikátorových rostlinných matric terestrického ekosystému byl ve svém šestém roce (2010) realizován za typických meteorologických podmínek a opět potvrdil výsledky a též některé závěry z předchozích let. Pro přehlednost jsou zde opakovány i platné závěry formulované již v předchozích zprávách.

Ve vzorcích pšenice, jablek, listí jahodníku a trvalého travního porostu, odebraných v pěti obcích v blízkosti mezinárodního letiště Praha-Ruzyně, byly sledovány chemické kontaminanty vybrané jako indikátory zátěže ovoce, plodin a krmiv provozem letiště. Jednalo se o dvanáct polycyklických aromatických uhlovodíků - PAU (doporučených dle EPA), dále o těžké aromatické uhlovodíky (BTEX), stopy po leteckém palivu a dále o devět stopových prvků (těžkých kovů). Body odběru vzorků v obcích byly vybrány s ohledem na nejpoužívanější trasy leteckého provozu a travní porost byl odebírán rovněž v blízkosti vzletových a pojezdových drah v areálu letiště Ruzyně. Od roku 2008 bylo sledování rozšířeno na prostor od Baby přes Hanspaulku až k Červenému vrchu.

1. V monitorované oblasti jsou na plodinách (jablka, pšenice) trvale nalézány obsahy PAU prakticky stejné nebo jen mírně přesahující průměrné hodnoty zjišťované v minulosti jako víceméně „běžné“ na celém území ČR v rámci monitoringu životního prostředí. V žádném ze sledovaných vzorků, včetně travního porostu, nedošlo během let 2005-2010 k významnému překročení hladin PAU, které jsou obvyklé v městské oblasti silně zatížené dopravou, případně dalšími lokálními emisními zdroji.
2. Na základě naměřených kvalitativních i kvantitativních údajů nelze jednoznačně identifikovat konkrétní zdroj znečištění. Pravděpodobně v dané oblasti dochází k překryvu různých emisních zdrojů, jako je např. provoz motorových vozidel, domácí topeniště a jiné spalovací procesy. Samotný vliv emisí z leteckých motorů nelze oddělit od vlivu intenzivní automobilové dopravy v monitorované oblasti, přičemž ta je ale ze značné části spojená právě s pozemním provozem letiště Praha.
3. Zátěž plodin běžně sledovanými prvky - kadmíem, olovem, rtutí, niklem, mědí a zinkem - se v jednotlivých lokalitách v blízkosti letiště navzájem významně odlišuje, zdroje kontaminace však nelze blíže určit a velmi pravděpodobně je nelze připsat jen samotnému leteckému provozu. Hladiny těchto těžkých kovů jsou celkově porovnatelné s těmi, které byly zjišťovány v monitoringu potravních řetězců v různých lokalitách ČR již dříve a odpovídají literárním údajům i legislativním požadavkům na potraviny a krmiva. Průměrná zátěž plodin a krmiv naznačuje v posledních letech sestupný trend pouze v případě olova, pro ostatní sledované prvky nebyly změny pozorovány.
4. Realizovaná vyšetření v letech 2005 až 2010 neprokázala na vzorkovaných plodinách přítomnost zbytků paliva používaného pro tryskové motory (Jet A). Nicméně suspektní lokality, kde takovou kontaminaci nelze vyloučit, byly na základě screeningu optimalizovaného v letech 2009-2010 vytipovány a zaslouží proto další pozornost.
5. Vyšetření plodin na obsah těžkých uhlovodíků BTEX (benzen, toluen, ethylbenzen a xyleny) umožnilo porovnat aktuální zatížení odběrních bodů intenzivní dopravou a/nebo průmyslovými emisemi. V roce 2010 pouze některé vzorky se zvýšenými hladinami ethylbenzenu a xylenů (tj dimethylbenzenů) obsahovaly současně také další markery ropného paliva. Kvantitativní výsledky jsou poměrně variabilní, jsou zatíženy značnou nejistotou spojenou se vzorkováním. Nelze prokázat přímou souvislost mezi obsahy BTEX a leteckým provozem.

6. Data získaná v sezonách 2005 až 2010 konsistentně vypovídají o průměrné úrovni a (značném) kolísání kontaminace ovoce, plodin a objemných krmiv v monitorované oblasti v období 6 letních sezon. Neprokázala se ale zatím jednoznačná souvislost mezi obsahem sledovaných látek v plodinách a vzdáleností lokality od letiště, resp. osy přiblížení. Výsledky pravděpodobně reflektují spíše střednědobé vlivy panující v období odběru, které jsou dané například aktuálními meteorologickými podmínkami, orografií, režimem provozu letiště ale i zdroji znečištění v jednotlivých obcích (silný provoz nákladní dopravy, stavebních strojů a rovněž zvýšená prašnost).

V. Použité literární zdroje

- [1] Nisbet I.C.T., LaGoy P.K.: Toxic equivalency factors (TEFs) for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAUs). Regul. Toxicol. Pharmacol. 16 (1992) 290-300.
- [2] Volka K.: Hodnocení stavu životního prostředí – monitoring cizorodých látek potravních řetězců v letech 1995 – 2000, VŠCHT Praha, ISBN 80-7080-506-4, (2002).
- [3] Volka K.: Vliv chemického znečištění životního prostředí na kontaminaci a kvalitu biotických složek ekosystémů, VŠCHT Praha, (2003).
- [4] NAŘÍZENÍ KOMISE (ES) č. 1881/2006 ze dne 19. prosince 2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách.
- [5] Emission Inventory Guidebook (1999): <http://reports.eea.europa.eu/EMEPCORINAIR5/en/BPAH.pdf>
- [6] Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food. The EFSA Journal 724 (2008) 1-114 http://www.efsa.europa.eu/EFSA/efsa_locale-1178620753812_1211902034842.htm
- [7] Composition of Foods Raw, Processed, Prepared. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 19. U.S. Department of Agriculture, ARS, Beltsville, Aug. 2006.
- [8] Jurdáková, H.; Kubinec, R.; Jurčišinová, M.; et al: Gas chromatography analysis of benzene, toluene, ethylbenzene and xylenes using newly designed needle trap device in aqueous samples. Journal of Chromatography A, 1194(2008) 161-164.
- [9] Kim, K.; Shon, Z.; Kim. M.; et al: Major aromatic VOC in the ambient air in the proximity of an urban landfill facility. Journal of Hazardous Materials, 150 (2008) 754-764.
- [10] Lehndorff E., Schwark L.: Biomonitoring of air quality in the Cologne Conurbation using pine needles as a passive sampler – Part II: polycyclic aromatic hydrocarbons. Atmospheric Environment, 38 (2004) 3793-3808
- [11] St-Amand A.D., Mayer P.M., Blais J.M. Modeling PAH uptake by vegetation from air using field measurement. Atmospheric Environment, 43 (2009) 4283-4288

VI. Seznam zkratk

Ace	acenaphthen
Acy	acenaphthylen
Ant	anthracen
B[a]A	benz[a]anthracen
B[a]P	benzo[a]pyren
B[b]F	benzo[b]fluoranthen
B[ghi]P	benzo[ghi]perylene
B[k]F	benzo[k]fluoranthen
BTEX	benzen, toluen, ethylbenzen, xylene
DB[ah]A	dibenz[a,h]anthracen
Flt	fluoranthen
Flu	fluoren
Chr	chrysen
I[1,2,3-cd]P	indeno[1,2,3-cd]pyren
Naph	naphthalen
Phe	phenanthren
Pyr	pyren
ϕ	obsah organického materiálu v částicích
ρ	hustota pevné fáze
BCF	bioconcentration factor; biokoncentrační faktor
ČIA	Český institut pro akreditaci
ČR	Česká republika
FLD	fluorescence/fluorimetric detector; fluorescenční/fluorimetrický detektor
GPC	gel permeation chromatography; gelová permeační chromatografie
HS (Head – space)	separační analytická technika, kdy se analyty uvolněné ze vzorku do parní fáze nad ním vhodným způsobem izolují pro další analýzu
HPLC	high performance liquid chromatography; vysokoúčinná kapalinová chromatografie
K_{AW}	rozdělovací koeficient vzduch/voda
K_{OA}	rozdělovací koeficient <i>n</i> -oktanol/vzduch
K_{OC}	rozdělovací koeficient organický podíl/voda
K_{OW}	rozdělovací koeficient <i>n</i> -oktanol/voda
K_{SA}	rozdělovací koeficient půda/vzduch
K_{SW}	rozdělovací koeficient sediment/voda a půda/voda
L	podíl lipidické frakce na povrchu listů
RSD (%)	relativní směrodatná odchylka charakterizující rozptyl (chybu) výsledků
RWY	vzletová a přistávací dráha
SPME	extrakce na tuhé vlákno
TWY	pojezdová dráha
US EPA	United States Environmental Protection Agency - Agentura pro ochranu životního prostředí, USA)
W_{org}	obsah PAU v biotě
W_x	obsah PAU v okolním prostředí

Kódy lokalit / obcí:

BAB	Baba, Hanspaulka, Červený vrch
HOR	Horoměřice
JEN	Jeneč
JIP	Kontrolní lokalita: Jílové u Prahy nebo Řevničov
KNE	Kněževes
LKPR (příp. PRG)	Prostor letiště Praha-Ruzyně (mezinárodní kód)
NEB	Nebušice
PKO	Přední Kopanina

V jednotlivých lokalitách je vzorkování prováděno ve více bodech označených číselným kódem, kde první číslovka označuje rok odběru a další dvě místa jsou vyhrazena pro stálé pořadové číslo.

V grafech a tabulkách se zpravidla kód roku vynechává. *Např. stejný bod HOR10 má v roce 2009 označení HOR910, v roce 2010 pak HOR010 atd.*

Kódy vzorkovaných a analyzovaných materiálů:

JAB	Jablka
LJA	Listy jahodníku
PSE	Pšenice
TTP	Trvalý travní porost

VII. Přílohy

Příloha 1: Osvědčení o akreditaci laboratoře

Příloha 2: Monitoring ovoce a zemědělských plodin v okolí letiště Praha-Ruzyně – rozsah a postupy

Příloha 3: Meteorologické podmínky v monitorovaném období (ČHMÚ-OLM)

Příloha 4: Přehled nálezů sledovaných PAU a stopových prvků v trvalém travním porostu, jablkách, pšenici a listech jahodníku (doplněno o BTEX v travním porostu)

Příloha 5: Databáze odběrů a výsledků monitoringu (elektronicky v Excelovém formátu)

Zprávu vypracovali: Prof. Ing. Jana Hajšlová, CSc.....
Doc. Ing. Vladimír Kocourek, CSc.
Ing. Lucie Drábová
Doc. Dr. Ing. Kateřina Riddellová
Ing. Šárka Přinosilová

Datum schválení: 29.11.2010

 
NÁRODNÍ AKREDITAČNÍ ORGÁN

Český institut pro akreditaci,
obecně prospěšná společnost
110 00 Praha 1 - Nové Město, Opletalova 41

vydává

OSVĚDČENÍ O AKREDITACI

č. 319 / 2009
pro
zkušební laboratoř č. 1316.2

**Vysoká škola chemicko-technologická v Praze
(IČ 60461373)
Metrologická a zkušební laboratoř
Technická 5, 166 28 Praha 6**

Předmět akreditace:

Chemická analýza potravin, nápojů, potravinářských a farmaceutických surovin, krmiv, chemických přípravků, biologických materiálů (rostlinných a živočišných tkání) a složek životního prostředí v rozsahu uvedeném v příloze tohoto osvědčení.

Jménem akreditované zkušební laboratoře jedná prof. Ing. Jana Hajšlová, CSc. a prof. Ing. Miloslav Suchánek, CSc. a za správnost protokolů odpovídají prof. Ing. Jana Hajšlová, CSc., prof. Ing. Miloslav Suchánek, CSc. a doc. Ing. Vladimír Kocourek, CSc.

Toto osvědčení o akreditaci vydal Český institut pro akreditaci, o.p.s. na základě posouzení splnění akreditačních kritérií podle

ČSN EN ISO/IEC 17025:2005

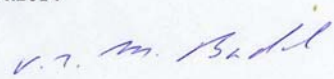
a po zjištění, že zkušební laboratoř je odborně způsobilá objektivně a nezávisle vykonávat činnosti uvedené v rozsahu předmětu akreditace.

Adresát tohoto osvědčení je oprávněn používat při své činnosti v rozsahu tohoto osvědčení a po dobu jeho platnosti vedle svého názvu označení „akreditovaná zkušební laboratoř č. 1316.2“, pokud dodržuje veškeré příslušné předpisy vztahující se k činnosti akreditované zkušební laboratoře, včetně předpisů vydaných Českým institutem pro akreditaci, o.p.s.

Prokáže-li se, že adresát tohoto osvědčení neplní akreditační kritéria rozhodná pro jeho vydání a závazky podmiňující akreditaci, může Český institut pro akreditaci, o.p.s. účinnost tohoto osvědčení pozastavit nebo osvědčení o akreditaci zrušit nebo změnit.

Toto osvědčení platí do: **30.04.2014**

V Praze dne: 29.05.2009

 
Ing. Jiří Růžicka, MBA
ředitel
Českého institutu pro akreditaci, o.p.s.

Poučení:
Proti tomuto osvědčení, pokud jde o rozsah předmětu akreditace, má adresát možnost podat písemné námítky do 10 dnů od jeho převzetí. Námítky nemají odkladný účinek.

Kopie Osvědčení o akreditaci Metrologické a zkušební laboratoře provádějící zkoušky

Příloha 4**Tabulka VII:** Obsah sledovaných PAU v pšenici (µg/kg) – porovnání 2010

	HOR 010	HOR 011	JEN 030	KNE 024	NEB 018	PKO 003	JIP 0K6	<i>min.</i>	<i>max.</i>	medián 2010	medián 2009	medián 2008	medián 2007	medián 2006	medián 2005
<i>Phe</i>	1,24	0,74	1,74	0,52	0,79	0,69	3,20	0,52	3,20	0,79	0,94	0,83	1,53	0,77	0,72
<i>Ant</i>	0,04	0,01	0,04	0,01	0,03	0,02	0,08	0,01	0,08	0,03	0,02	0,03	0,06	0,02	0,03
<i>Flt</i>	0,18	0,06	0,25	0,06	0,14	0,24	0,94	0,06	0,94	0,18	0,12	0,17	0,29	0,12	0,15
<i>Pyr</i>	0,08	0,04	0,13	0,06	0,08	0,15	0,46	0,04	0,46	0,08	0,07	0,15	0,29	0,16	0,14
BaA	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,15	0,01	0,15	0,01	0,01	0,04	0,03	0,05	0,02
Chr	0,02	0,02	0,04	0,02	0,06	0,07	0,31	0,02	0,31	0,04	0,03	0,07	0,06	0,03	0,03
BbF	0,01	0,01	0,03	0,02	0,02	0,07	0,18	0,01	0,18	0,02	0,02	0,04	0,05	0,02	0,03
BkF	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,09	0,01	0,09	0,01	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02
BaP	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,06	0,08	0,01	0,08	0,02	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02
DBahA	< 0,01	< 0,01	0	0	0,00	< 0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01
BghiP	0,02	0,02	0,03	0,03	0,01	0,07	0,04	0,01	0,07	0,03	0,02	0,02	0,05	0,04	0,04
IcdP	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	0,06	0,07	0,01	0,07	0,02	0,02	0,03	0,05	0,01	0,05
Suma 8 PAU	0,10	0,10	0,16	0,13	0,13	0,40	0,94	0,10	0,94	0,13	0,12	0,24	0,30	0,19	0,19

Tabulka VIII: Obsah sledovaných PAU v jablkách (µg/kg) – porovnání 2010

	HOR 007	HOR 008	HOR 009	JEN 028	JEN 029	KNE 022	KNE 023	NEB 016	NEB 017	PKO 001	PKO 002
<i>Phe</i>	6,05	5,36	5,96	4,17	1,52	1,75	1,43	4,75	6,67	1,16	2,35
<i>Ant</i>	0,21	0,19	0,25	0,12	0,08	0,04	0,03	0,11	0,12	0,02	0,11
<i>Flt</i>	1,66	1,09	1,61	0,98	0,53	0,46	0,39	0,98	1,45	0,48	1,03
<i>Pyr</i>	1,18	0,86	1,29	0,81	0,50	0,20	0,19	0,48	0,67	0,22	0,84
BaA	0,19	0,14	0,24	0,14	0,09	0,06	0,06	0,08	0,08	0,06	0,20
Chr	0,44	0,22	0,29	0,28	0,13	0,08	0,05	0,22	0,24	0,08	0,24
BbF	0,32	0,14	0,15	0,13	0,09	0,08	0,08	0,09	0,08	0,10	0,16
BkF	<0,01	0,05	0,06	0,05	<0,01	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,07
BaP	0,40	0,30	0,47	0,22	0,21	0,18	0,19	0,19	0,19	0,21	0,46
DBahA	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
BghiP	0,33	0,28	0,12	0,28	0,19	0,17	0,17	0,19	0,18	0,13	0,09
IcdP	0,16	0,11	0,17	0,13	0,07	0,10	0,10	0,12	0,09	0,10	0,19
Suma 8 PAU	1,99	1,24	1,50	1,23	0,81	0,71	0,69	0,94	0,90	0,73	1,44

	BAB 043	BAB 045	<i>min.</i>	<i>max.</i>	medián 2010	medián 2009	medián 2008	medián 2007	medián 2006	medián 2005
<i>Phe</i>	3,10	8,35	1,16	8,35	4,17	1,33	2,83	1,06	2,64	5,53
<i>Ant</i>	0,13	0,19	0,02	0,25	0,12	0,05	0,11	0,07	0,10	0,16
<i>Flt</i>	0,94	1,35	0,39	1,66	0,98	0,64	0,64	0,27	0,77	0,86
<i>Pyr</i>	0,81	0,80	0,19	1,29	0,80	1,23	0,39	0,10	0,44	0,51
BaA	0,13	0,12	0,06	0,24	0,12	0,04	0,08	0,02	0,04	0,04
Chr	0,31	0,22	0,05	0,44	0,22	0,10	0,17	0,02	0,09	0,13
BbF	0,07	0,05	0,05	0,32	0,09	0,03	0,03	0,02	0,05	0,04
BkF	0,03	<0,01	0,03	0,13	0,03	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
BaP	0,28	0,20	0,18	0,47	0,21	0,02	0,02	0,02	0,09	0,02
DBahA	<0,01	<0,01	0,01	0,03	0,01	0,02	<0,01	0,01	<0,01	<0,01
BghiP	0,25	0,19	0,09	0,33	0,19	0,03	0,03	0,02	0,10	0,03
IcdP	0,09	0,07	0,07	0,19	0,10	0,02	0,03	0,02	0,07	0,04
Suma 8 PAU	1,17	0,88	0,69	1,99	0,94	0,28	0,36	0,10	0,45	0,44

Tabulka IX: Obsah sledovaných PAU v listech jahodníku (µg/kg sušiny) – porovnání 2010

	HOR 012	HOR 013	JEN 031	KNE 025	NEB 019	PKO 004	JIP 0K4	<i>min.</i>	<i>max.</i>	medián 2010	medián 2009	medián 2008	medián 2007	medián 2006	medián 2005
<i>Phe</i>	21,0	14,2	17,0	26,1	23,1	16,2	16,9	14,2	26,1	17,0	14,0	34,0	50,2	32,0	24,6
<i>Ant</i>	0,93	0,14	0,76	1,61	0,68	0,44	1,10	0,14	1,61	0,76	0,69	0,73	1,88	0,83	1,09
<i>Flt</i>	13,0	5,95	19,1	20,6	13,2	4,20	10,1	4,20	20,6	13,0	10,4	10,7	26,0	15,3	14,8
<i>Pyr</i>	9,78	3,37	14,0	11,0	5,76	2,36	5,15	2,36	14,0	5,76	6,54	6,55	14,9	9,8	7,26
BaA	4,68	1,23	7,69	2,68	1,44	0,45	1,02	0,45	7,69	1,44	1,57	1,82	4,28	1,70	2,85
Chr	6,15	2,31	9,32	5,02	3,11	1,00	2,51	1,00	9,32	3,11	3,33	3,83	5,48	3,31	4,10
BbF	5,98	1,80	7,21	3,61	2,02	0,57	1,11	0,57	7,21	2,02	2,20	2,10	4,76	2,31	2,78
BkF	3,03	0,97	3,87	1,76	1,01	0,27	0,55	0,27	3,87	1,01	1,14	1,04	2,47	1,16	1,55
BaP	6,61	1,68	5,81	3,62	1,90	0,79	1,35	0,79	6,61	1,90	1,74	1,56	3,71	1,70	2,35
DBahA	0,45	0,18	0,46	0,26	0,14	0,04	0,07	0,04	0,46	0,18	0,18	0,18	0,51	0,18	0,25
BghiP	6,28	1,75	5,24	3,37	1,94	0,82	1,27	0,82	6,28	1,94	1,87	1,18	3,76	1,93	2,43
IcdP	5,36	1,56	5,61	2,78	2,07	0,50	0,91	0,50	5,61	2,07	1,77	1,63	4,44	1,91	2,71
Suma 8 PAU	38,5	11,5	45,2	23,1	13,6	4,43	8,79	4,4	45,2	13,6	13,8	13,0	29,4	12,7	7,67

červeně jsou vyznačeny hodnoty sumy 8 PAU a odběrní body, které překračují medián 2010 o více než dvojnásobek.

Tabulka X: Obsah sledovaných PAU v trvalém travním porostu (µg/kg sušiny) – porovnání 2010

	HOR 014	HOR 015	JEN 032	JEN 033	KNE 026	KNE 027	LKPR 034	LKPR 035	LKPR 036	LKPR 037	LKPR 038
<i>Phe</i>	40,7	12,2	21,0	16,5	9,33	7,87	7,28	11,3	11,5	17,2	9,09
<i>Ant</i>	0,39	0,32	0,74	0,60	0,22	0,40	0,23	0,28	0,30	0,27	0,24
<i>Flt</i>	17,1	3,33	9,80	7,29	4,58	7,99	1,36	3,40	2,14	16,3	6,27
<i>Pyr</i>	9,67	2,26	7,21	6,31	2,79	5,50	1,36	2,01	2,12	7,24	4,34
BaA	3,54	0,77	2,40	2,63	0,78	2,81	0,34	0,39	0,40	2,36	1,22
Chr	6,62	1,65	3,68	3,30	1,77	3,56	0,46	1,21	0,80	4,72	2,78
BbF	5,15	1,38	3,70	3,45	2,00	3,97	0,37	1,07	0,71	5,50	4,24
BkF	2,79	0,70	1,98	1,75	0,90	1,91	0,20	0,51	0,34	2,43	1,79
BaP	4,82	1,37	4,21	3,71	1,86	3,59	0,79	0,97	1,13	4,27	3,30
DBahA	0,50	0,13	0,35	0,31	0,19	0,38	0,04	0,14	0,07	0,48	0,39
BghiP	5,01	1,49	4,00	3,59	2,13	3,45	0,71	0,98	1,26	4,77	4,32
IcdP	4,47	1,30	3,25	3,26	1,79	3,10	0,43	0,88	0,79	4,45	3,47
Suma 8 PAU	32,9	8,80	23,6	22,0	11,4	22,8	3,34	6,14	5,50	29,0	21,5

	NEB 020	NEB 021	PKO 005	PKO 006	BAB 039	BAB 040	BAB 041	BAB 042	BAB 044
<i>Phe</i>	10,6	8,76	8,14	58,6	17,5	21,3	10,3	1,28	18,6
<i>Ant</i>	0,30	0,14	0,16	1,09	0,40	0,49	0,27	0,88	0,71
<i>Flt</i>	3,13	2,59	1,82	61,1	8,50	9,82	2,03	13,8	11,1
<i>Pyr</i>	2,92	1,33	1,12	28,1	3,96	5,94	2,11	8,95	7,67
BaA	1,13	0,44	0,37	10,3	0,96	1,89	0,71	3,72	3,07
Chr	1,69	1,23	0,75	18,5	1,84	3,27	0,85	5,08	5,48
BbF	1,53	0,63	0,62	22,6	1,58	3,01	0,51	4,52	4,27
BkF	0,70	0,35	0,30	9,98	0,75	1,60	0,30	2,52	2,33
BaP	1,27	0,52	0,60	18,1	1,63	3,30	1,09	5,27	3,15
DBahA	0,06	0,04	0,06	2,11	0,12	0,28	0,08	0,42	0,38
BghiP	1,24	0,60	0,74	19,6	1,79	3,45	1,06	4,27	2,39
IcdP	0,94	0,46	0,55	18,5	1,32	2,90	0,59	3,87	2,35
Suma 8 PAU	8,55	4,26	3,99	119	10,0	19,7	5,20	29,7	23,4

červeně jsou vyznačeny hodnoty sumy 8 PAU a odběrní body, které překračují medián 2010 o více než dvojnásobek.

pokračování tabulky X:

	JIP 0K5	min.	max.	medián 2010	medián 2009	medián 2008	medián 2007	medián 2006	medián 2005
Phe	11,2	1,28	58,6	11,3	9,10	26,6	25,8	14,9	22,3
Ant	0,17	0,14	1,09	0,30	0,19	0,90	0,54	0,57	0,87
Flt	2,57	1,36	61,1	6,27	5,10	12,1	14,8	10,0	13,3
Pyr	2,27	1,12	28,1	3,96	2,96	6,58	7,61	6,36	6,88
BaA	0,61	0,34	10,3	1,13	0,83	1,70	1,79	1,46	2,12
Chr	0,82	0,46	18,5	1,84	2,45	3,61	3,90	3,45	4,11
BbF	0,54	0,37	22,6	2,00	2,62	3,38	3,94	2,99	4,43
BkF	0,24	0,20	10,0	0,90	1,16	1,65	1,85	1,57	2,11
BaP	1,17	0,52	18,1	1,86	1,66	2,54	2,46	2,22	3,01
DBahA	0,04	0,04	2,11	0,19	0,22	0,28	0,33	0,25	0,34
BghiP	1,16	0,60	19,6	2,13	2,30	2,89	2,06	2,37	3,21
IcdP	0,60	0,43	18,5	1,79	2,05	2,97	2,60	2,65	3,58
Suma 8 PAU	5,19	3,34	119	11,4	13,3	19,2	19,1	16,8	8,38

červeně jsou vyznačeny hodnoty sumy 8 PAU a odběrní body, které překračují medián 2010 o více než dvojnásobek.

Tabulka XI: Obsah sledovaných stopových prvků v trvalém travním porostu (µg/kg sušiny) – porovnání 2010

	HOR 014	HOR 015	JEN 032	JEN 033	KNE 026	KNE 027	LKPR 034	LKPR 035	LKPR 036	LKPR 037	LKPR 038	NEB 020	NEB 021	PKO 005	PKO 006
V	280	220	420	1 110	300	1 070	300	200	140	130	290	330	140	140	1 180
Cr	870	650	960	1 800	1 220	2 270	1 060	790	520	690	1 350	1 330	560	510	3 890
Ni	1 580	610	1 870	2 680	1 210	2 140	2 040	1 290	1 160	1 420	1 020	1 780	1 350	1 130	2 560
Cu	11 500	5 880	12 000	14 000	8 440	21 900	4 730	7 600	6 800	6 600	7 690	10 400	6 920	6 280	12 900
Zn	37 400	17 700	67 600	65 800	22 400	60 400	15 600	20 800	17 700	19 900	21 500	27 200	23 600	18 400	65 100
Mo	5 230	4 870	7 460	4 130	2 430	4 630	520	1 460	2 060	4 060	5 330	4 310	2 060	8 800	4 280
Cd	63	16	64	84	44	87	29	134	16	44	36	45	76	27	117
Pb	100	120	340	740	160	1 140	100	120	120	100	110	130	80	50	1 120
Hg	16	19	41	39	15	33	9	23	15	15	15	15	21	11	36

pokr.	BAB 039	BAB 040	BAB 041	BAB 042	BAB 044	JIP 0K5	min.	max.	medián 2010	medián 2009	medián 2008	medián 2007	medián 2006	medián 2005
V	280	220	190	230	120	170	120	1 180	230	204	230	513	246	392
Cr	920	780	760	1 000	530	760	510	3 890	870	771	620	1 220	726	717
Ni	830	1 100	770	1 360	1 160	1 160	610	2 680	1 290	1 225	1 120	2 010	2 255	1 783
Cu	5 710	7 490	7 730	12 200	10 700	9 410	4 730	21 900	7 730	6 498	6 910	8 114	10 023	8 182
Zn	19 500	33 000	22 500	103 000	27 700	22 300	15 600	103 000	22 500	24 889	27 900	43 614	56 714	34 733
Mo	2 800	7 620	4 740	14 000	4 680	470	470	14 000	4 310	4 360	2 750	3 955	3 361	2 335
Cd	24	74	35	95	54	56	16	134	54	54	53	44	55	37
Pb	110	180	120	400	90	70	50	1 140	120	180	220	345	431	573
Hg	12	17	20	32	33	10	9	41	17	11	18	19	109	33

červeně jsou vyznačeny hodnoty, které překračují medián 2010 o více než dvojnásobek a lokality se 3 a více „červenými“ parametry.

Tabulka XII: Obsah stopových prvků v jablkách (µg/kg) – porovnání 2010

	HOR 007	HOR 008	HOR 009	JEN 028	JEN 029	KNE 022	KNE 023	NEB 016	NEB 017	PKO 001	PKO 902	BAB 043	BAB 045
V	17	17	20	15	13	18	17	15	17	10	25	15	15
Cr	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
Ni	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	60	50	<50	<50	50	<50
Cu	450	380	380	410	440	90	120	430	420	380	400	350	280
Zn	170	120	300	310	160	140	170	270	190	200	150	220	240
Mo	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
Cd	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Pb	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Hg	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1

pokrač.	min.	max.	medián 2010	medián 2009	medián 2008	medián 2007	medián 2006	medián 2005
V	10	25	15	17,5	7	1	1	2
Cr	<50	<50	<50	<50	<50	14	7	9
Ni	<50	60	55	<50	60	10	17	46
Cu	90	440	380	300	290	301	436	355
Zn	120	310	200	190	180	394	965	265
Mo	<50	<50	<50	<50	<50	19	17	9
Cd	<1	<1	<1	10	<1	<1	<1	<1
Pb	<10	<10	<10	20	<10	1	2	2
Hg	<1	<1	<1	<5	<1	<1	1	1

Tabulka XIII: Obsah stopových prvků v pšenici (µg/kg) – porovnání 2010

PSE	HOR 010	HOR 011	JEN 030	KNE 024	NEB 018	PKO 003	JIP 0K6	min.	max.	medián 2010	medián 2009	medián 2008	medián 2007	medián 2006	medián 2005
V	50	140	60	60	60	110	100	50	140	60	80	3	3	2	6
Cr	200	650	310	310	280	460	520	200	650	310	205	325	65	47	62
Ni	280	240	520	170	120	120	630	120	630	240	280	255	252	109	109
Cu	2 820	3 920	3 050	5 140	3 850	2 640	6 000	2 640	6 000	3 850	2 860	4 415	3 155	3 515	3 230
Zn	20 100	20 700	19 800	22 000	17 500	18 300	25 400	17 500	25 400	20 100	17 700	16 300	19 600	29 000	25 850
Mo	1 840	3 070	650	1 610	1 340	1 360	240	240	3 070	1 360	670	920	792	982	855
Cd	18	32	26	27	20	31	35	18	35	27	26	25	17	23	24
Pb	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	< 50	8	8	7	9
Hg	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	1	2	3	3

Tabulka XIV: Obsah stopových prvků v listí jahodníku (µg/kg sušiny) – porovnání 2010

LJA	HOR 012	HOR 013	JEN 031	KNE 025	NEB 019	PKO 004	JIP 0K1	min.	max.	medián 2010	medián 2009	medián 2008	medián 2007	medián 2006	medián 2005
V	690	460	840	350	390	600	490	350	840	490	595	710	1 486	758	446
Cr	1 490	1 150	1 300	1 120	1 010	930	1 010	930	1 490	1 120	1 105	990	1 302	633	678
Ni	910	800	990	940	760	610	710	610	990	800	1 552	860	1 316	1 142	1 142
Cu	5 120	3 760	2 900	4 510	2 240	3 920	4 250	2 240	5 120	3 920	5 444	3 585	4 106	3 971	4 222
Zn	14 300	12 300	16 600	24 600	14 700	13 700	17 100	12 300	24 600	14 700	18 045	13 500	27 041	28 000	14 751
Mo	1 260	510	960	300	980	1 670	650	300	1 670	960	2 046	935	551	880	1 232
Cd	14	18	14	14	8	12	11	8	18	14	23	17	20	17	26
Pb	600	220	440	410	290	130	240	130	600	290	342	455	951	651	689
Hg	18	12	13	16	15	11	13	11	18	13	16	19	17	86	33

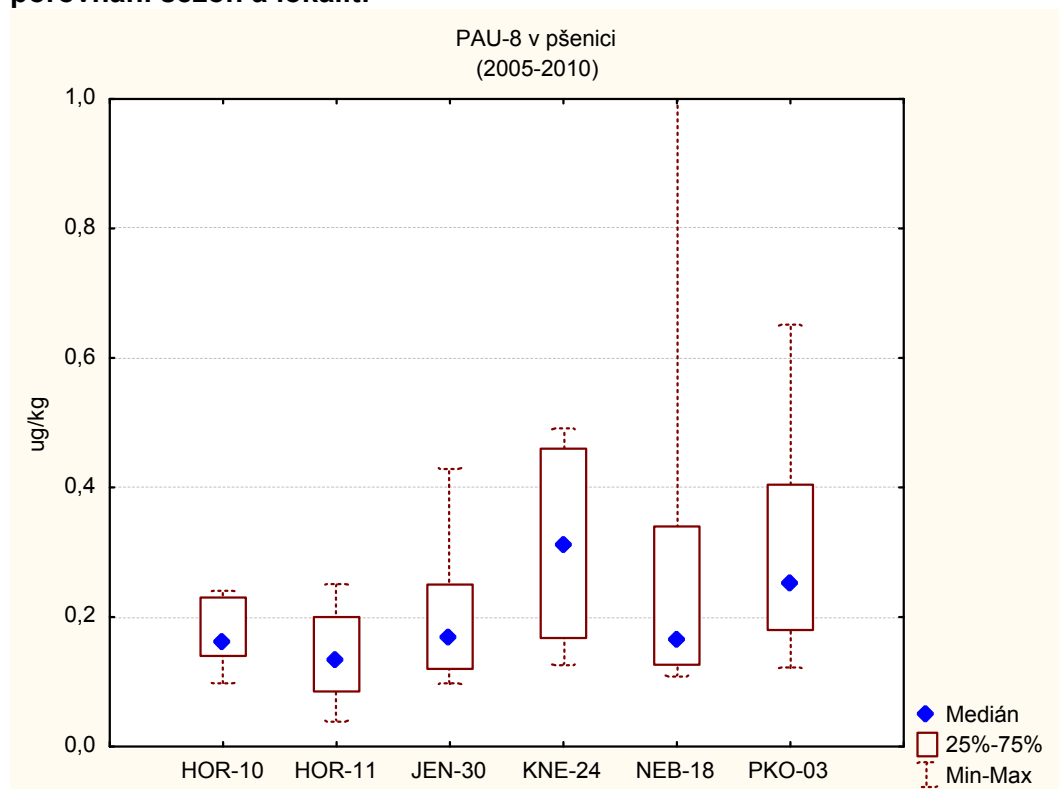
Tabulka XV: Obsah BTEX v trvalém travním porostu (µg/kg sušiny)

	HOR 014	HOR 015	JEN 032	JEN 033	KNE 026	KNE 027	LKPR 034	LKPR 035	LKPR 036	LKPR 037	LKPR 038	NEB 020	NEB 021
benzen	< 0,6	< 0,6	4,05	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6
toluen	65,4	21,0	83,0	53,4	155	78,0	5,63	24,5	12,8	88,7	72,5	103	30,0
ethyl-benzen	10,5	< 0,15	14,4	8,42	1,48	2,06	13,0	16,0	29,4	1,52	< 0,15	< 0,15	< 0,15
xylén	< 0,2	29,5	17,1	10,8	1,19	2,08	31,4	54,8	42,4	4,11	4,38	< 0,2	5,15
SUMA	75,9	50,5	119	72,6	158	82,1	50,0	95,3	84,6	94,3	76,8	103	35,2

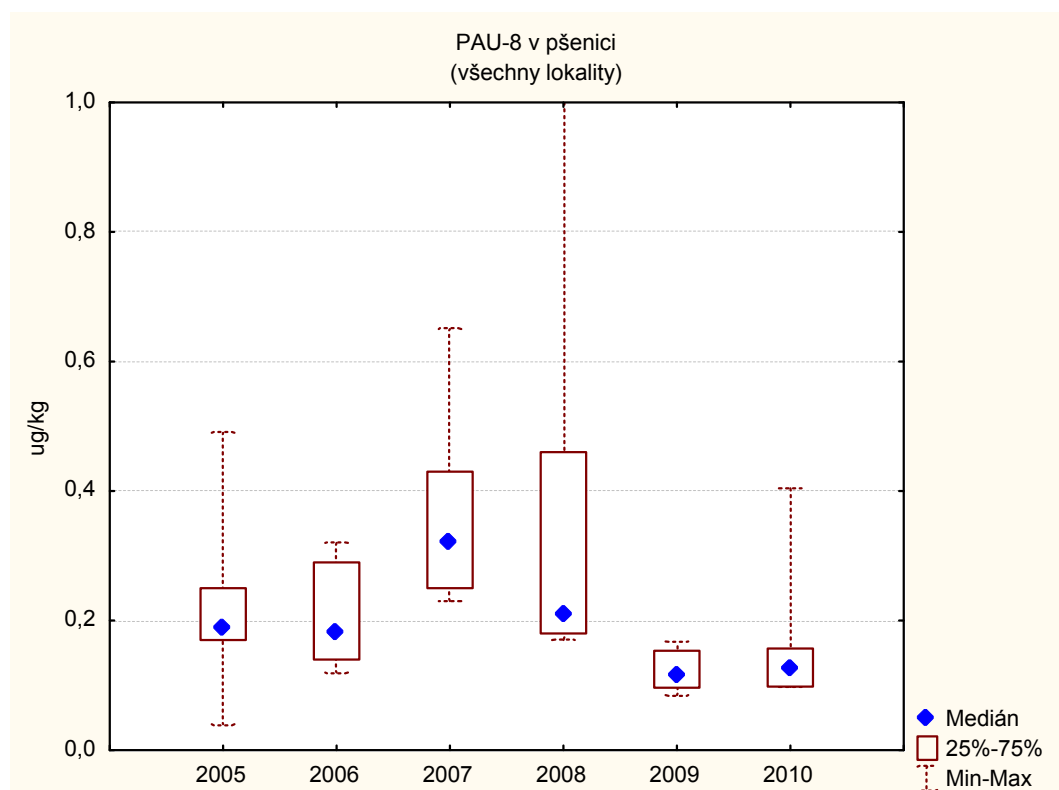
pokrač.	PKO 005	PKO 006	BAB 039	BAB 040	BAB 041	BAB 042	BAB 044	JIP 0K5	min,	max.	medián 2010	medián 2009	medián 2008	medián 2007
benzen	< 0,6	< 0,6	4,52	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	4,52	< 0,6	< 0,6	< 0,6	9,2
toluen	6	128	45,5	2,72	77,9	123	161	38,9	2,72	161	65,4	47,1	37,4	24,0
ethyl-benzen	7,45	13,7	39,2	2,53	17,5	< 0,15	12,3	20,2	< 0,15	39,2	8,4	1,5	2,0	4,7
xylén	7,94	15,1	44,6	7,61	38,1	18,71	12,6	21,6	< 0,2	54,8	12,6	2,4	14,0	12,6
SUMA	71,0	157	134	12,9	133	141	186	80,8	12,9	186	84,5	47,1	47,5	59,6

červeně jsou vyznačeny hodnoty, které překračují medián 2010 o více než dvojnásobek a lokality s více než 1 „červeným“ parametrem.

**Souhrnné charakteristiky pro obsahy PAU-8 v pšenici:
porovnání sezon a lokalit:**

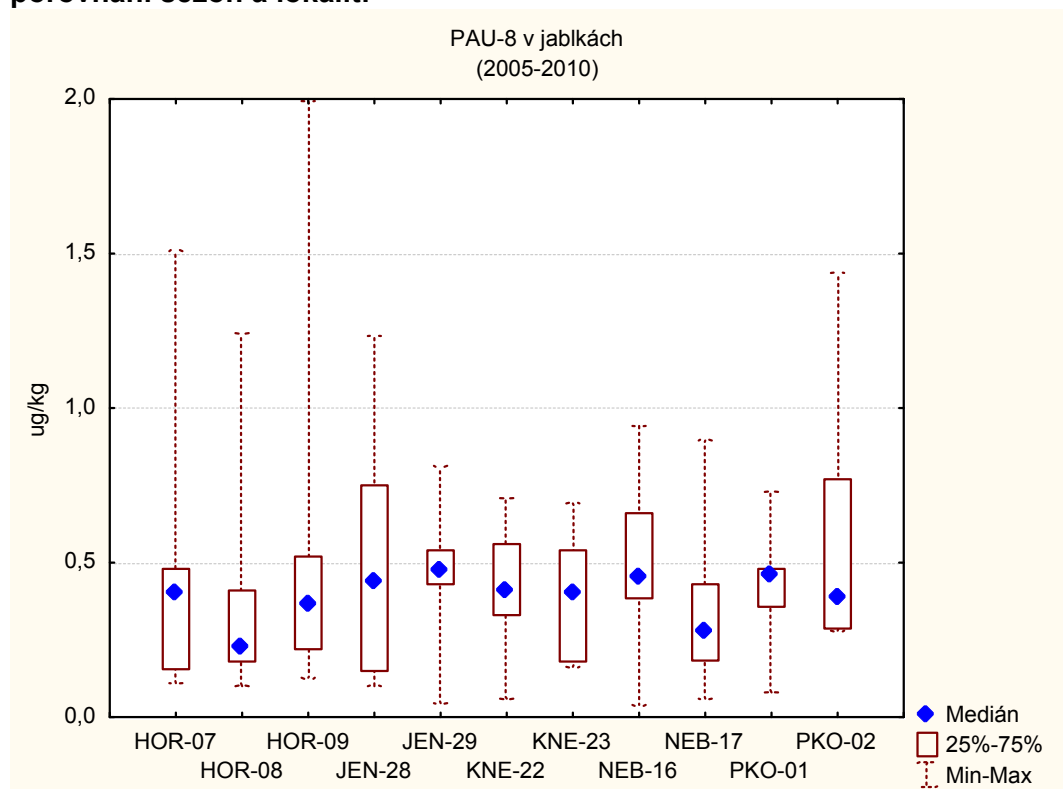


Obrázek 42: Souhrnné charakteristiky pro obsahy PAU-8 v pšenici (porovnání lokalit)

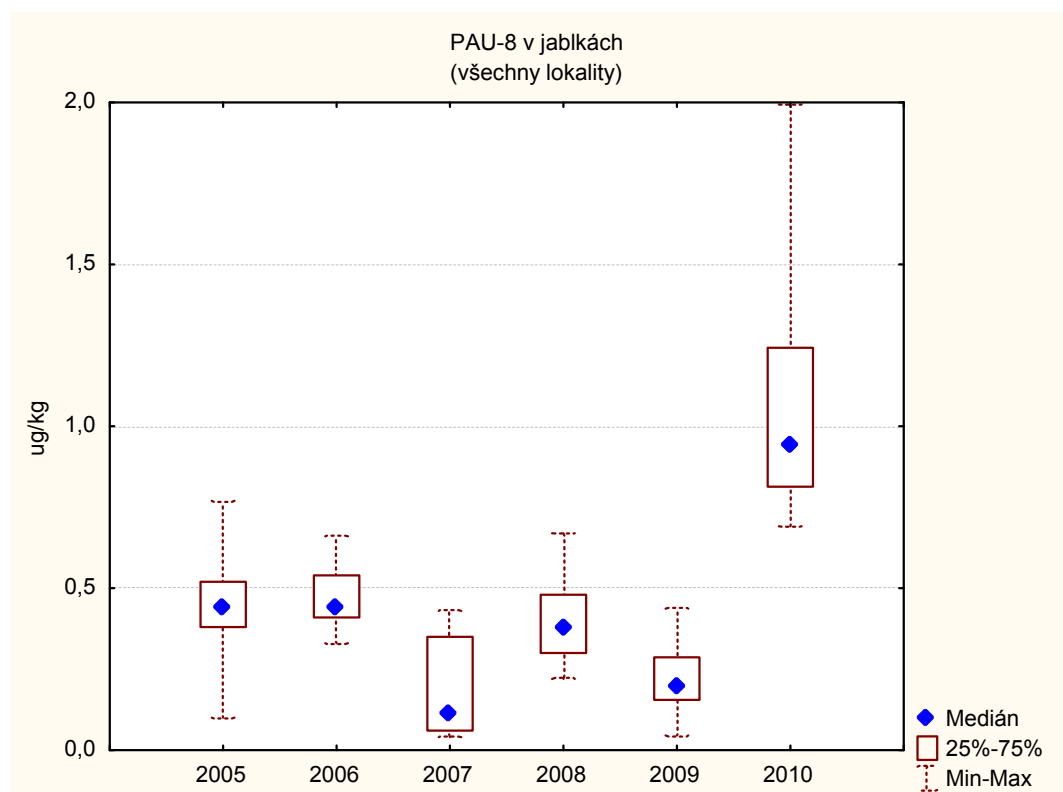


Obrázek 43: Souhrnné charakteristiky pro obsahy PAU-8 v pšenici (porovnání sezon)

**Souhrnné charakteristiky pro obsahy PAU-8 v jablkách:
porovnání sezon a lokalit:**

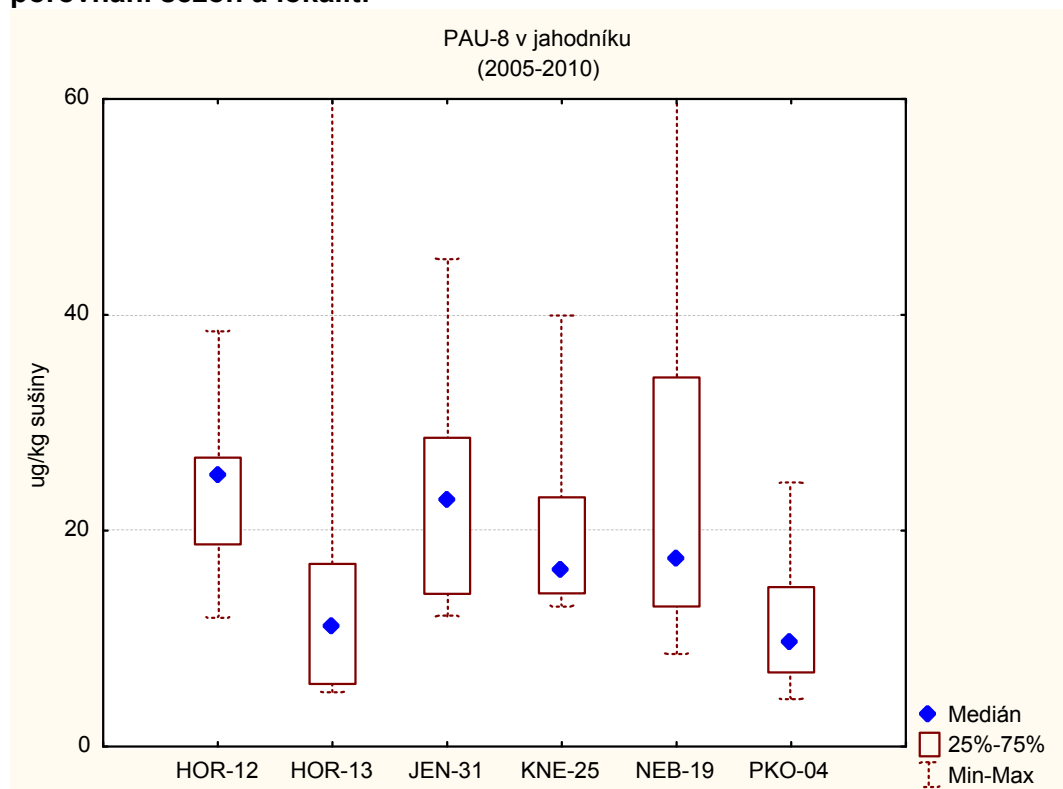


Obrázek 44: Souhrnné charakteristiky pro obsahy PAU-8 v jablkách (porovnání lokalit)

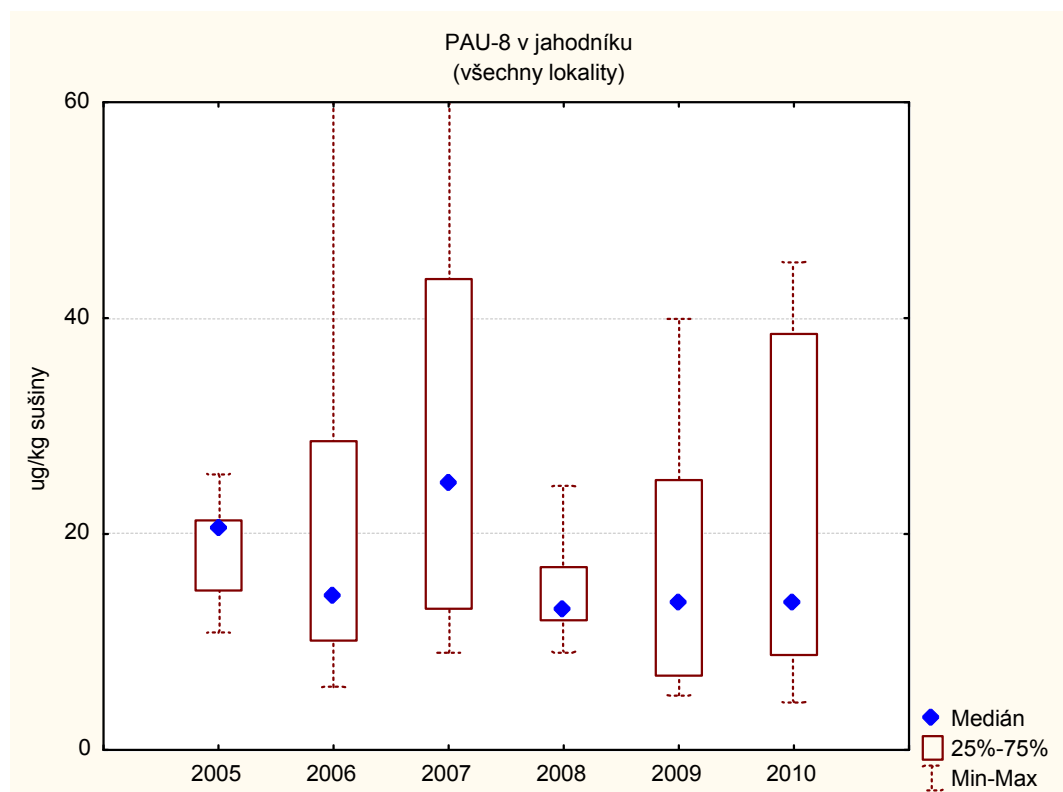


Obrázek 45: Souhrnné charakteristiky pro obsahy PAU-8 v jablkách (porovnání sezon)

**Souhrnné charakteristiky pro obsahy PAU-8 v listech jahodníku:
porovnání sezon a lokalit:**

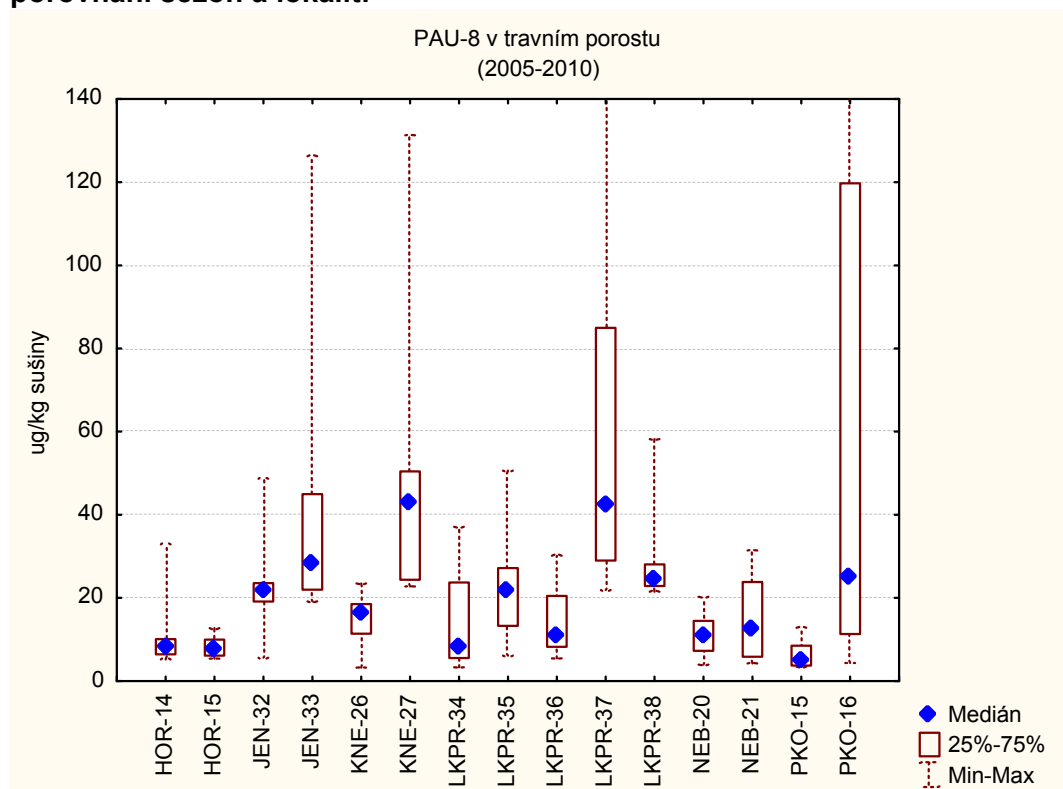


Obrázek 46: Souhrnné charakteristiky pro obsahy PAU-8 v listech jahodníku (porovnání lokalit)

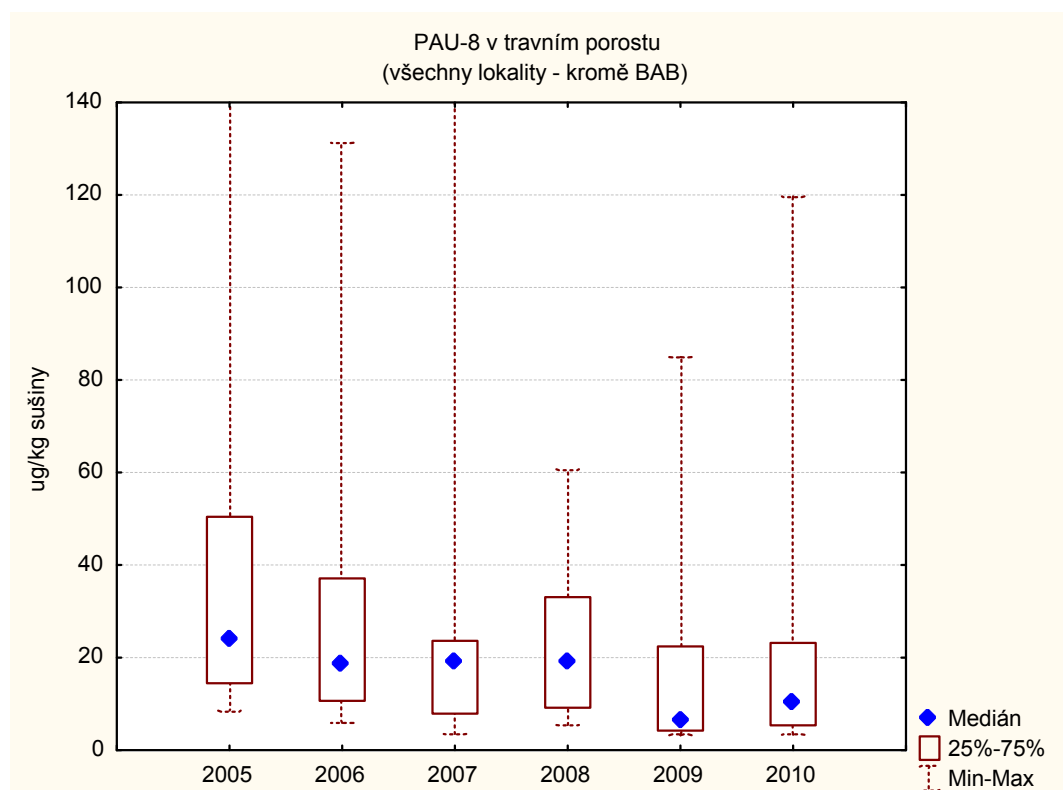


Obrázek 47: Souhrnné charakteristiky pro obsahy PAU-8 v listech jahodníku (porovnání sezon)

**Souhrnné charakteristiky pro obsahy PAU-8 v travním porostu:
porovnání sezon a lokalit:**

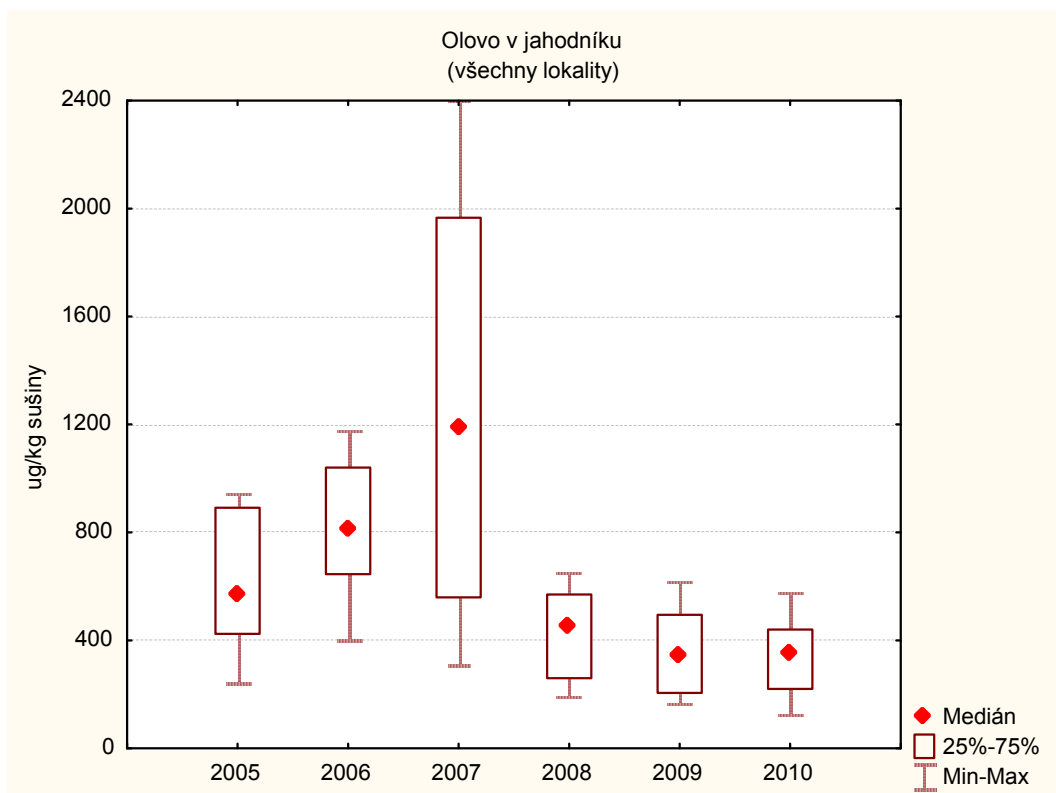


Obrázek 48: Souhrnné charakteristiky pro obsahy PAU-8 v travním porostu (porovnání lokalit)

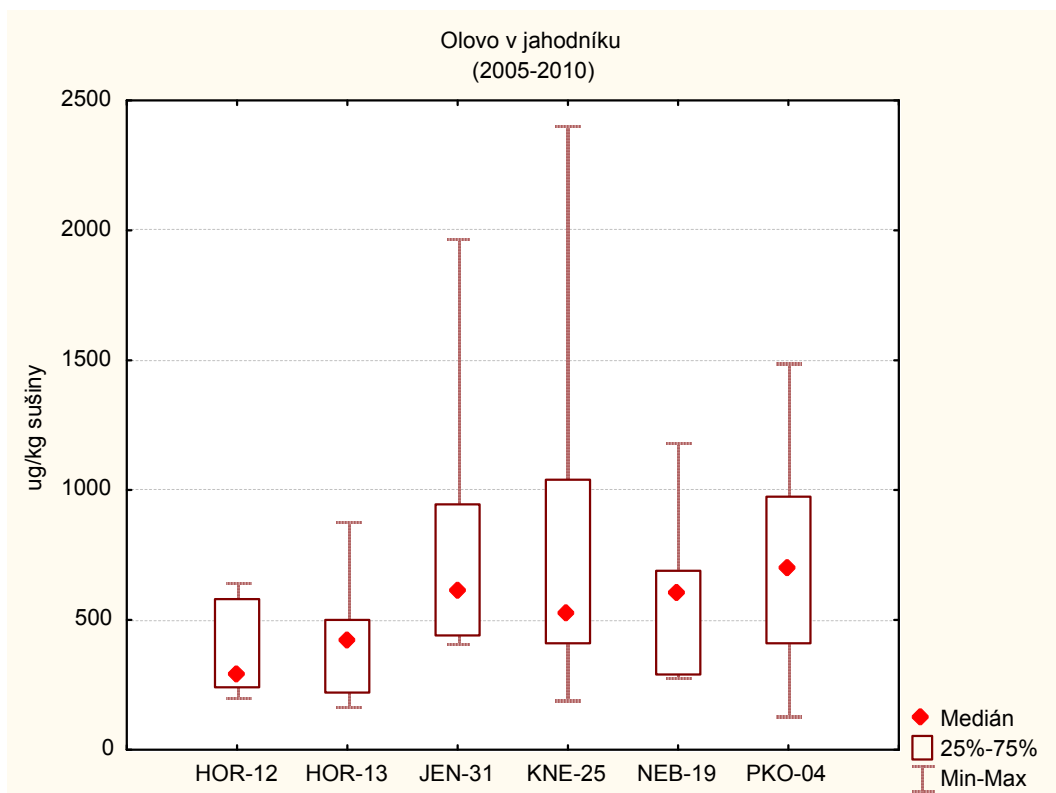


Obrázek 49: Souhrnné charakteristiky pro obsahy PAU-8 v travním porostu (porovnání sezon)

**Souhrnné charakteristiky pro obsahy olova v listech jahodníku:
porovnání sezon a lokalit:**

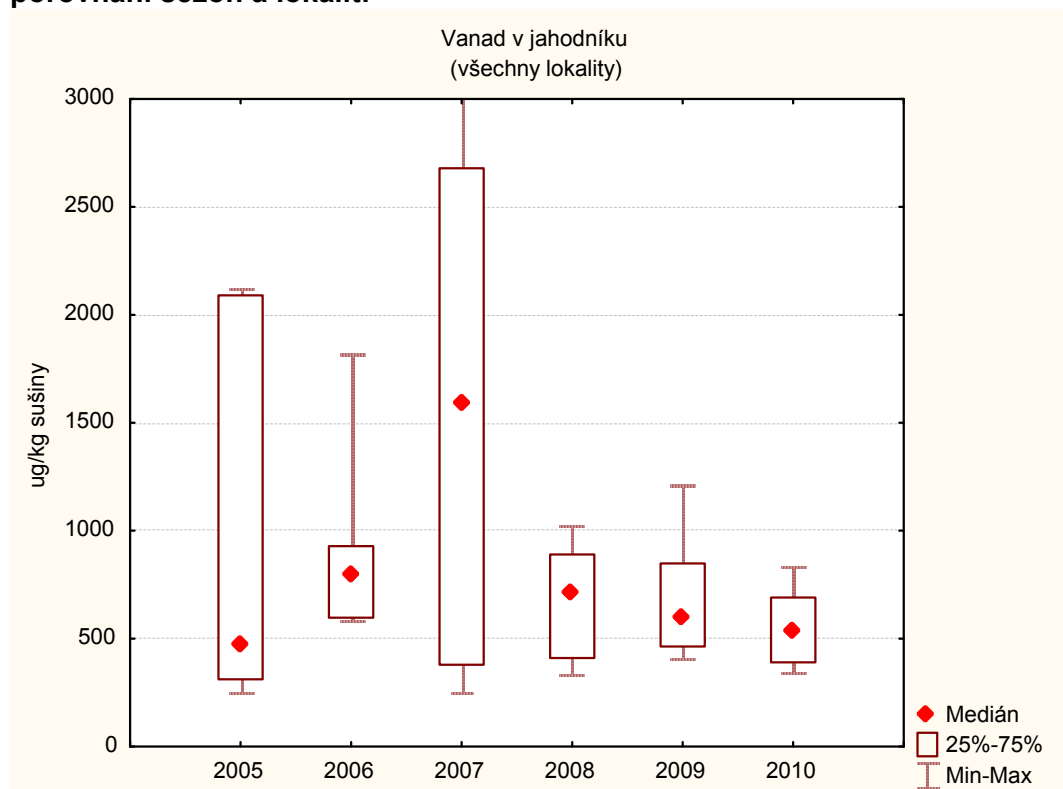


Obrázek 50: Souhrnné charakteristiky pro obsahy olova v listech jahodníku (porovnání sezon)

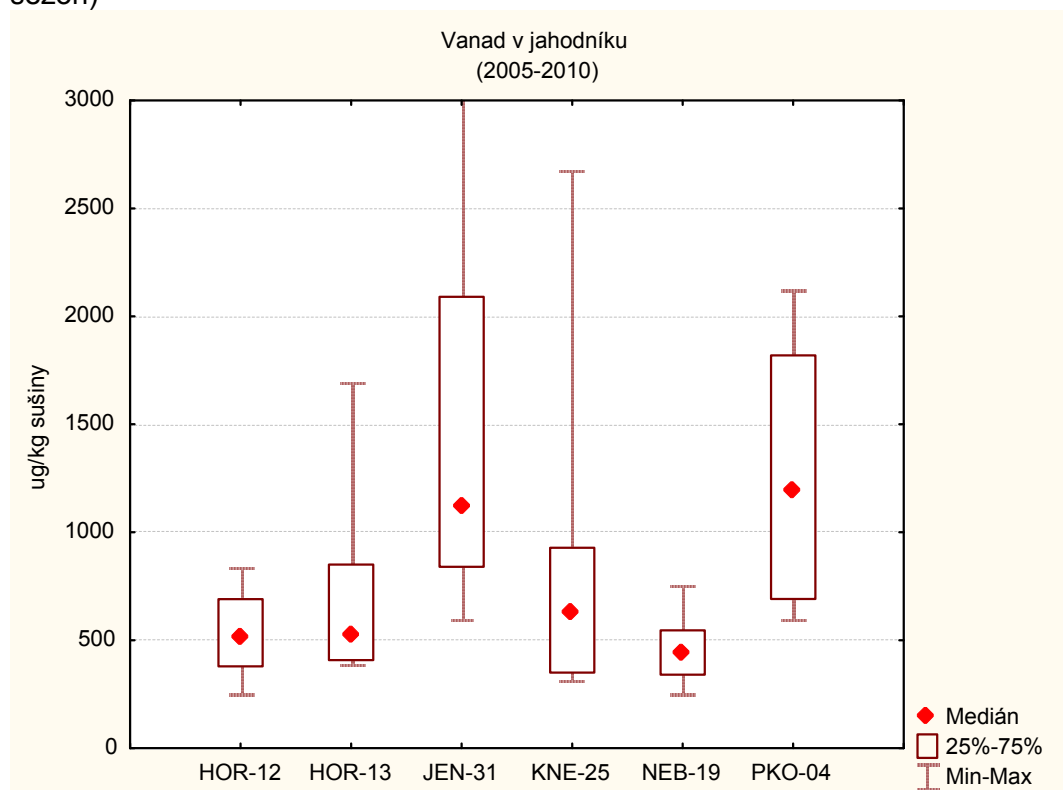


Obrázek 51: Souhrnné charakteristiky pro obsahy olova v listech jahodníku (porovnání lokalit)

**Souhrnné charakteristiky pro obsahy vanadu v listech jahodníku:
porovnání sezon a lokalit:**

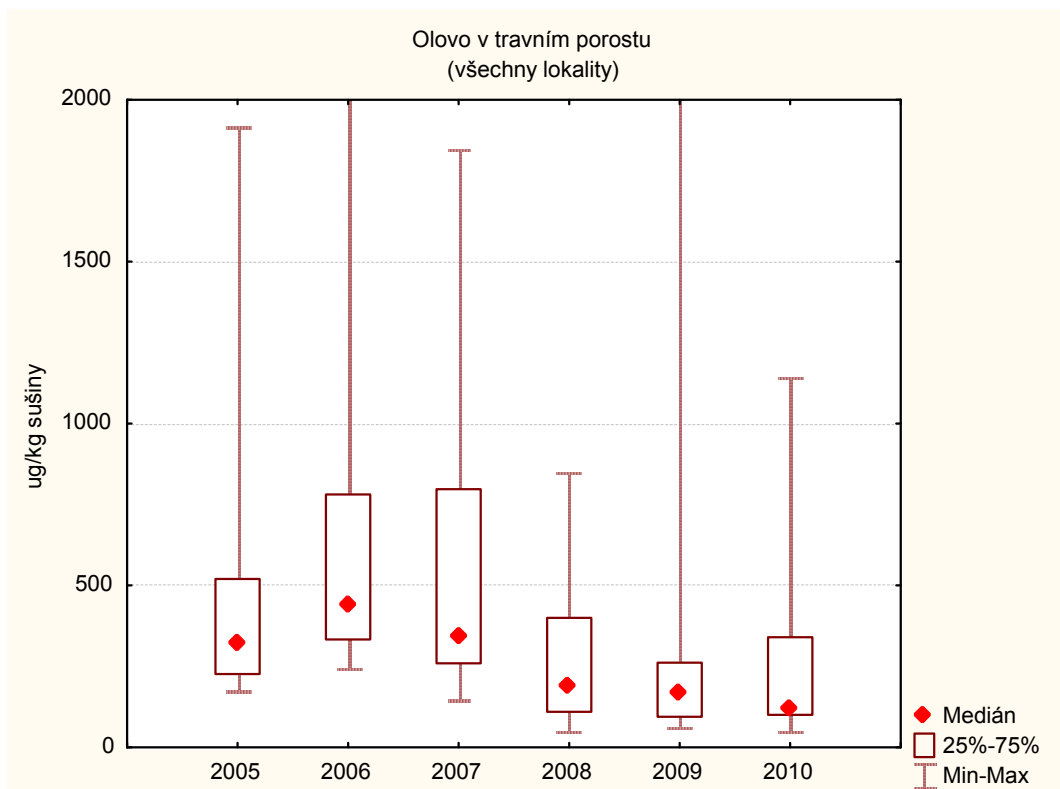


Obrázek 51: Souhrnné charakteristiky pro obsahy vanadu v listech jahodníku (porovnání sezon)

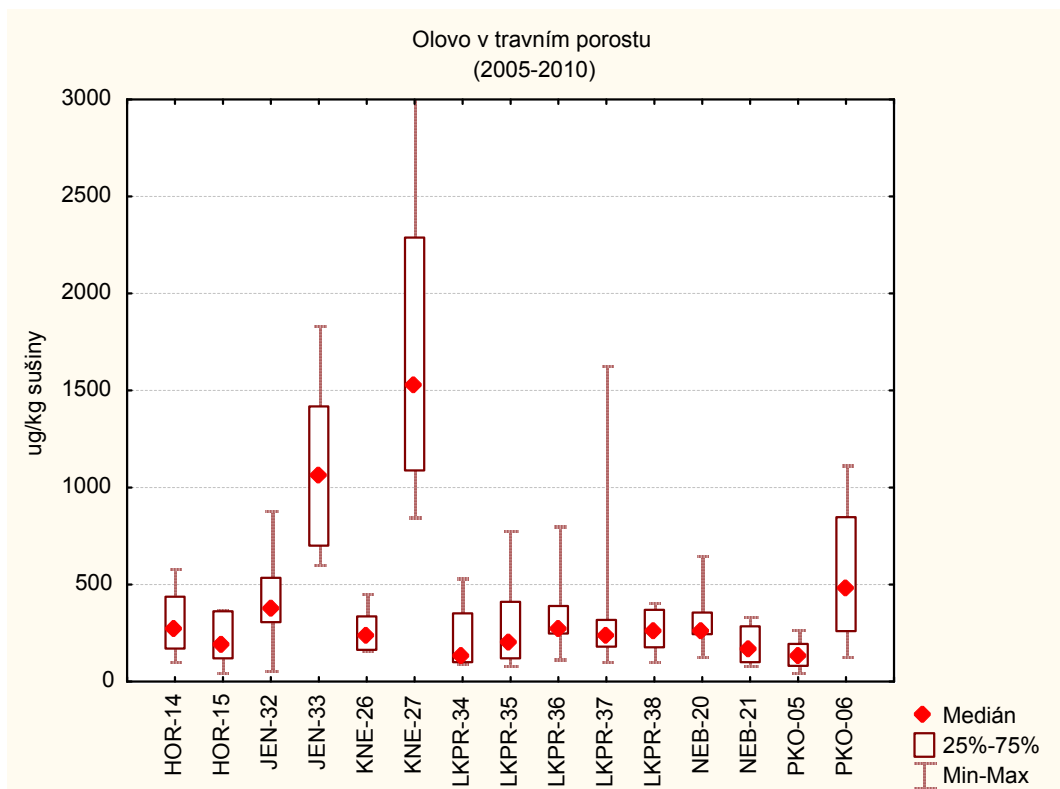


Obrázek 52: Souhrnné charakteristiky pro obsahy vanadu v listech jahodníku (porovnání lokalit)

**Souhrnné charakteristiky pro obsahy olova v travním porostu:
porovnání sezon a lokalit:**

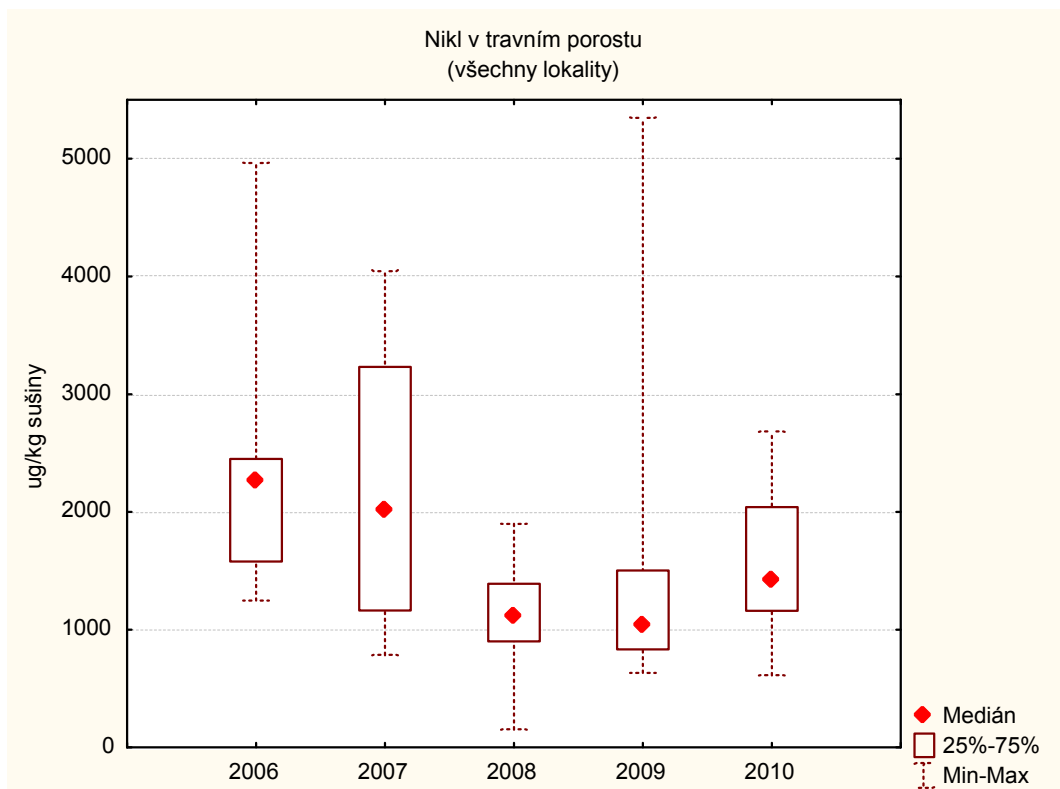


Obrázek 53: Souhrnné charakteristiky pro obsahy olova v travním porostu (porovnání sezon)

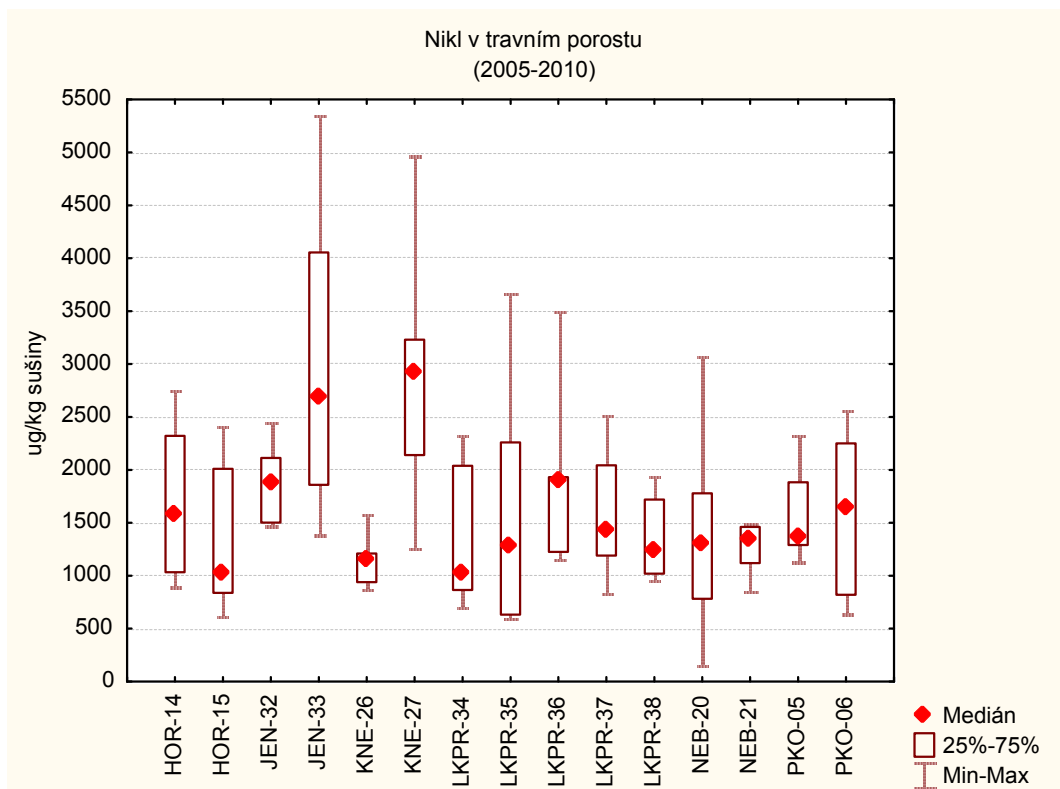


Obrázek 54: Souhrnné charakteristiky pro obsahy olova v travním porostu (porovnání lokalit)

**Souhrnné charakteristiky pro obsahy niklu v travním porostu:
porovnání sezon a lokalit:**

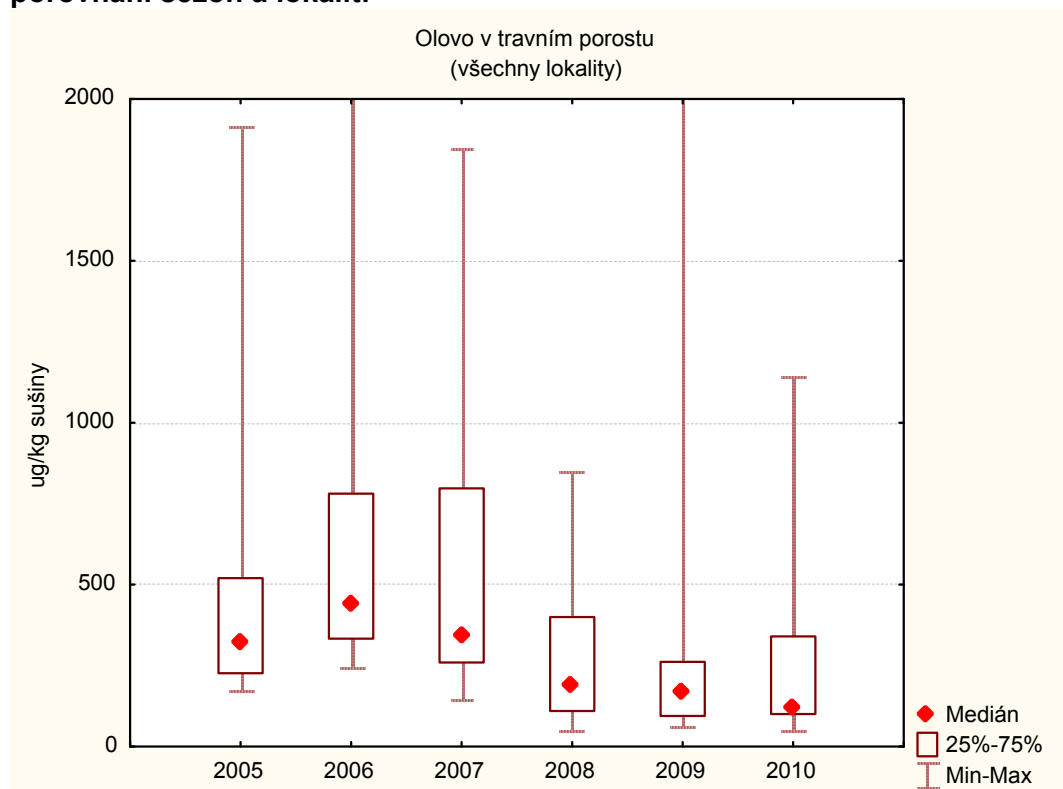


Obrázek 55: Souhrnné charakteristiky pro obsahy niklu v travním porostu (porovnání sezon)

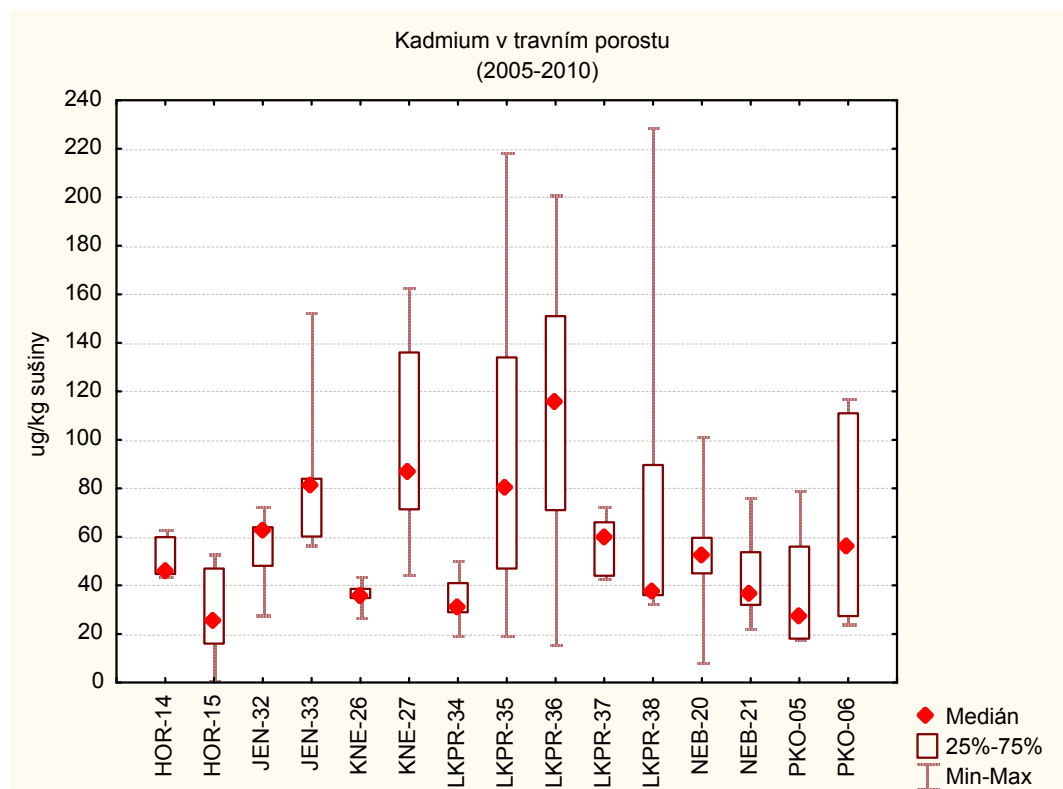


Obrázek 56: Souhrnné charakteristiky pro obsahy niklu v travním porostu (porovnání lokalit)

**Souhrnné charakteristiky pro obsahy kadmia v travním porostu:
porovnání sezon a lokalit:**



Obrázek 57: Souhrnné charakteristiky pro obsahy kadmia v travním porostu (porovnání sezon)



Obrázek 58: Souhrnné charakteristiky pro obsahy kadmia v travním porostu (porovnání lokalit)