

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 (2005-2011)

<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. 2011 - 31.10. 2011
<i>Vydána dne:</i>	29.11. 2011
<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>	Prof. Ing. Vladimír Kocourek, CSc.; Ing. Lucie Drábová; Doc. Dr. Ing. Kateřina Riddellová; Ing. Šárka Přinosilová

OBSAH

I.	Cíl monitoringu.....	3
II.	Podmínky monitoringu.....	3
1.	Realizační pracoviště	3
2.	Vzorkovací plán, rozsah sledování vybraných škodlivin.....	3
3.	Výběr typu vzorků, monitorovaných lokalit a sledovaných škodlivin	3
III.	Výsledky monitoringu	8
2.	Toxické kovy	16
3.	Zbytky paliva a těžké aromatické uhlovodíky	30
IV.	Závěry studie 2005 – 2011	43
V.	Použité literární zdroje	44
VI.	Seznam zkratk	45
VII.	Přílohy.....	47

Seznam příloh:

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 období vzorkování 2005 – 2011 (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 - 2011 (*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 v květnu 2009. 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. Pro rok 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, xylen). 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 Jevan, kde je přímý vliv letecké dopravy jen omezený.

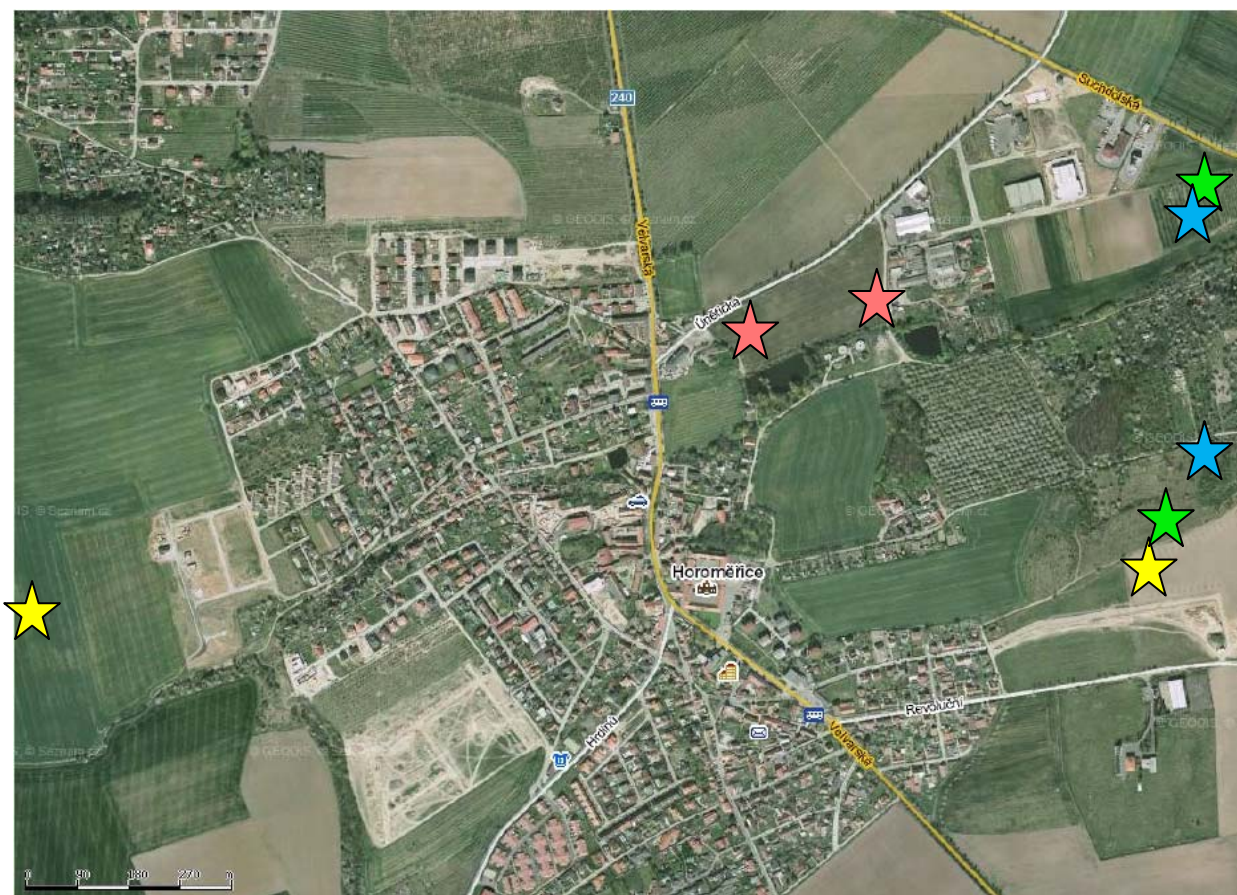
V [Příloze 3a a 3b](#) je přehled meteorologických údajů ve vzorkovacích sezonách 2005 až 2011 s vyznačením dní odběru. Kromě přehledu teplot, slunečního svitu a srážek jsou k dispozici také údaje o frekvenci směru a rychlosti větru. Tyto údaje předal zadavatel monitoringu a byly naměřeny v prostoru letiště Praha (přesná lokalizace uvedena). Červenec 2011 byl z hlediska průměrných teplot, srážek a doby slunečního svitu v průměru výrazně chladnější a též poněkud vlhčí (144 mm) oproti předchozím letům 2009 a 2010; vítr ze směru 220 – 290

stupňů, většinou do 5 m/s. Srpen 2011 byl teplotně průměrný, s nadprůměrným množstvím srážek (úhrn činil 203 mm oproti 123 mm v srpnu 2010 a 23 mm v srpnu 2009). Ve dnech předcházejících odběru vzorků se významné srážky vyskytly v srpnu, kdy současně teploty dosahovaly měsíčních maxim. V prostoru LKPR byl v srpnu 2011 zaznamenán vítr nejčastěji v rozmezí 1-10 m/s, převážně ze směru 200-250 stupňů.

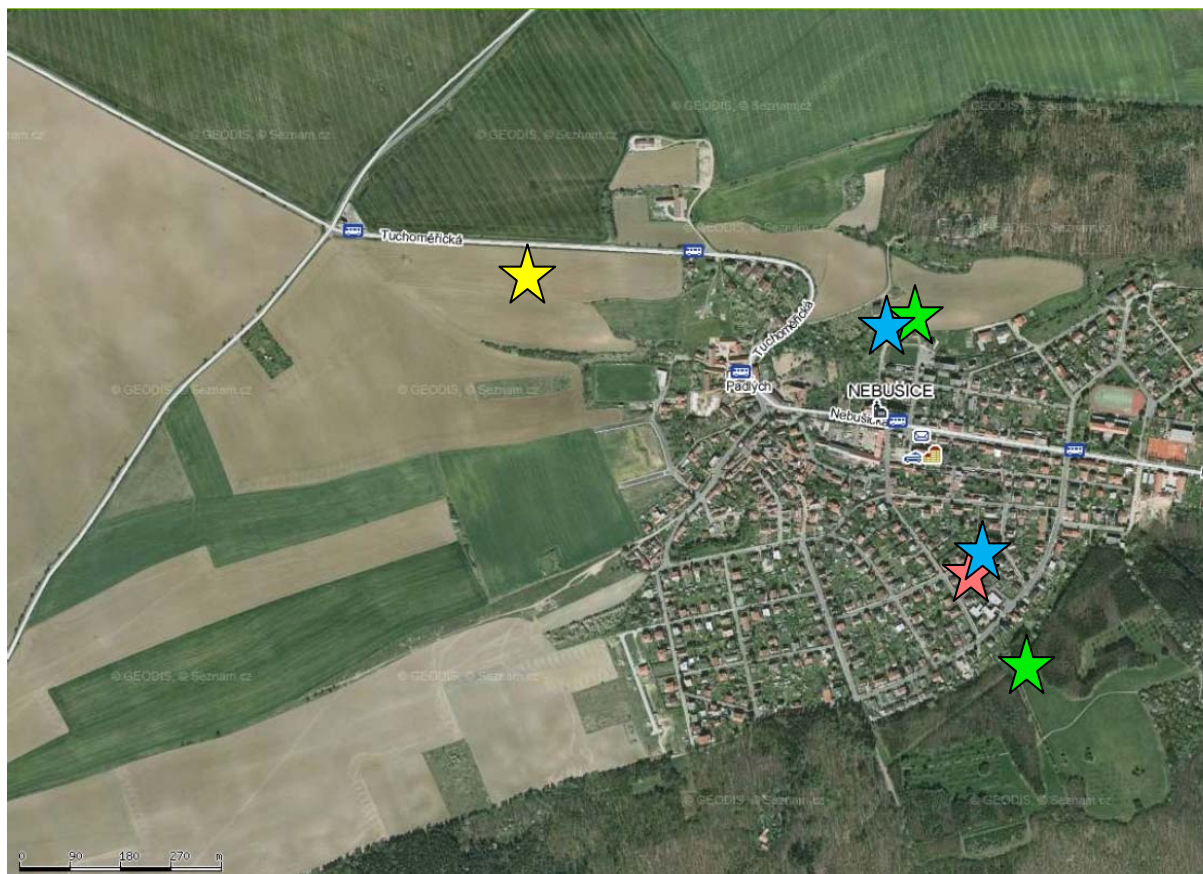
Rozmístění vzorkovaných lokalit je zřejmé z **Obrázků 1a až 1g**. U jednotlivých odběrních bodů jsou pro orientaci barevně vyznačeny vzorkované plodiny. Vzájemné vzdálenosti v rámci katastrálního území jedné obce jsou (vzhledem k předpokládanému rozptylu škodlivin) relativně malé. Používané plné kódy 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 ve 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 – 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 digitálními fotografiemi je vždy pořadové číslo lokality, kód obce nebo letiště a kód plodiny.



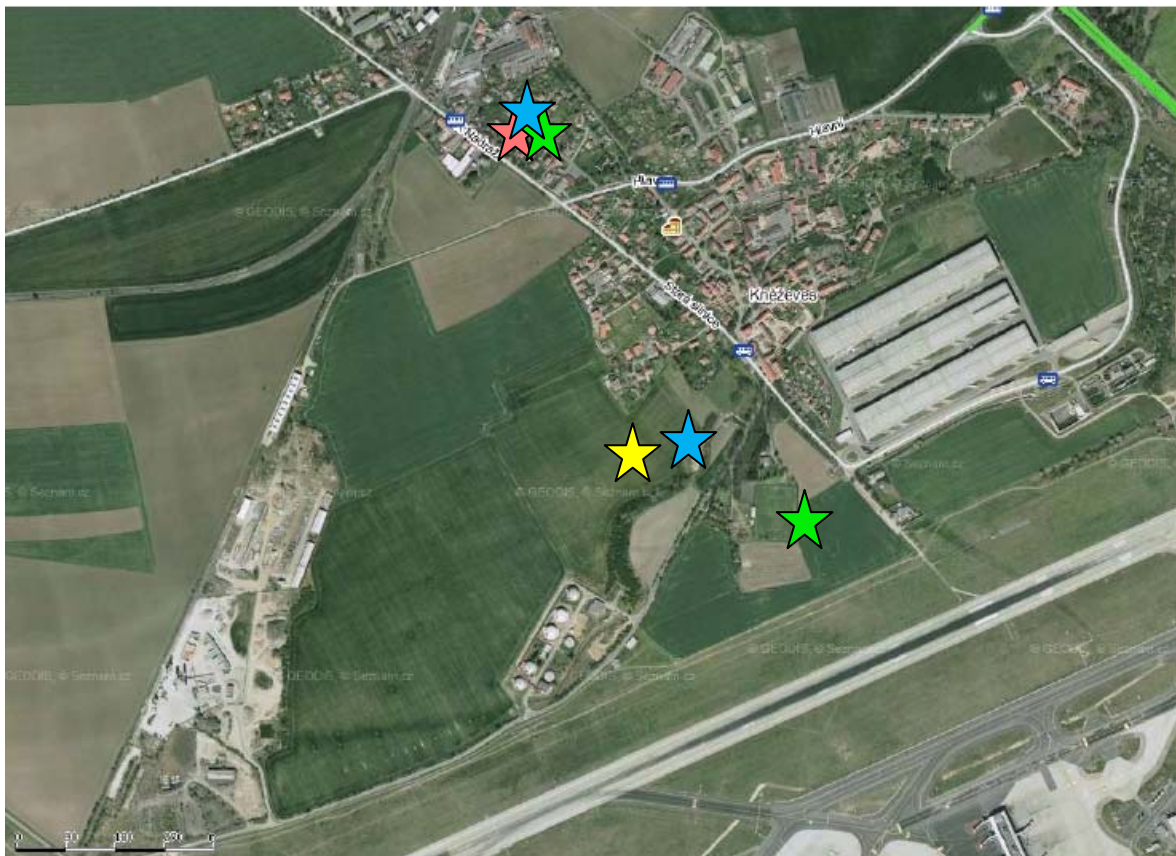
Obrázek 1a: Orientační mapa odběru vzorků v **Horoměřicích**; přesná lokalizace viz [Příloha 5](#)). Vysvětlivky: žlutá- pšenice; modrá- jablka; zelená – travní porost; červená – listy jahodníku.



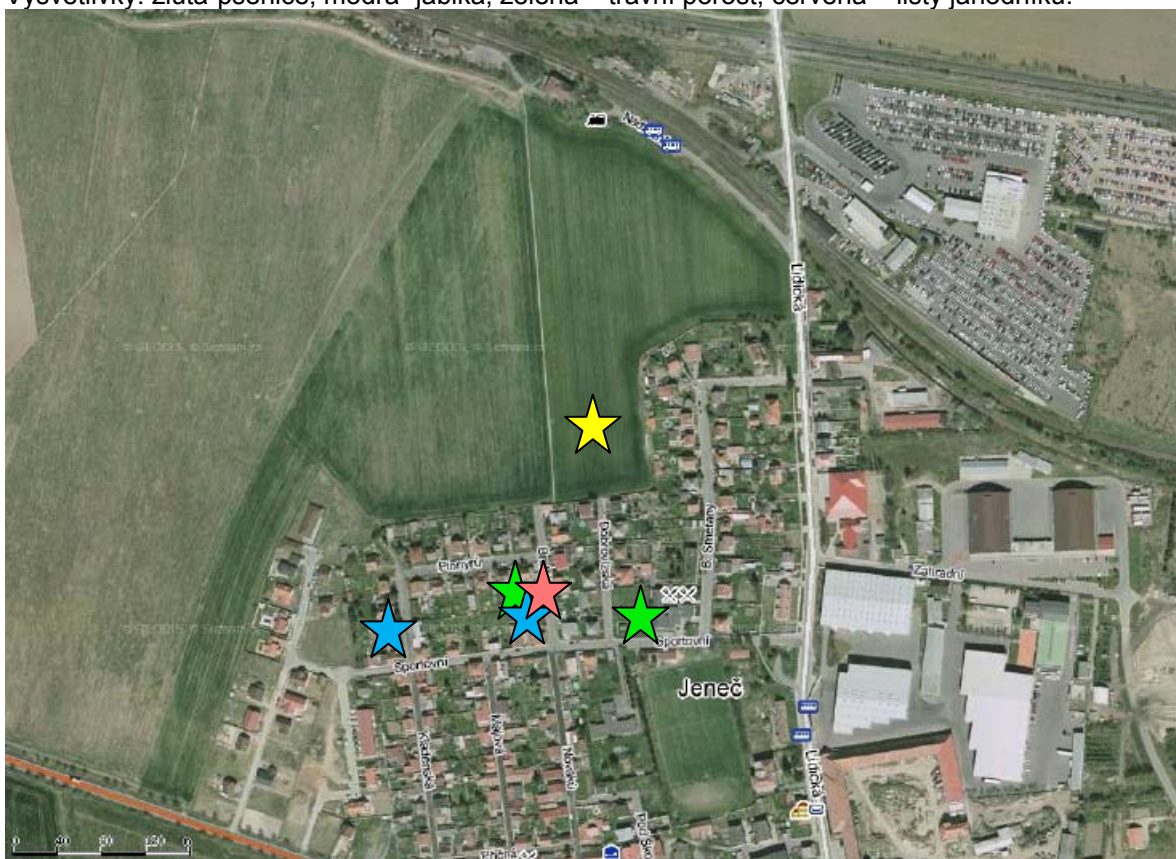
Obrázek 1b: Orientační mapa odběru vzorků v **Nebušicích**; přesná lokalizace viz [Příloha 5](#)).
Vysvětlivky: žlutá-pšenice; modrá- jablka; zelená – travní porost; červená – listy jahodníku.



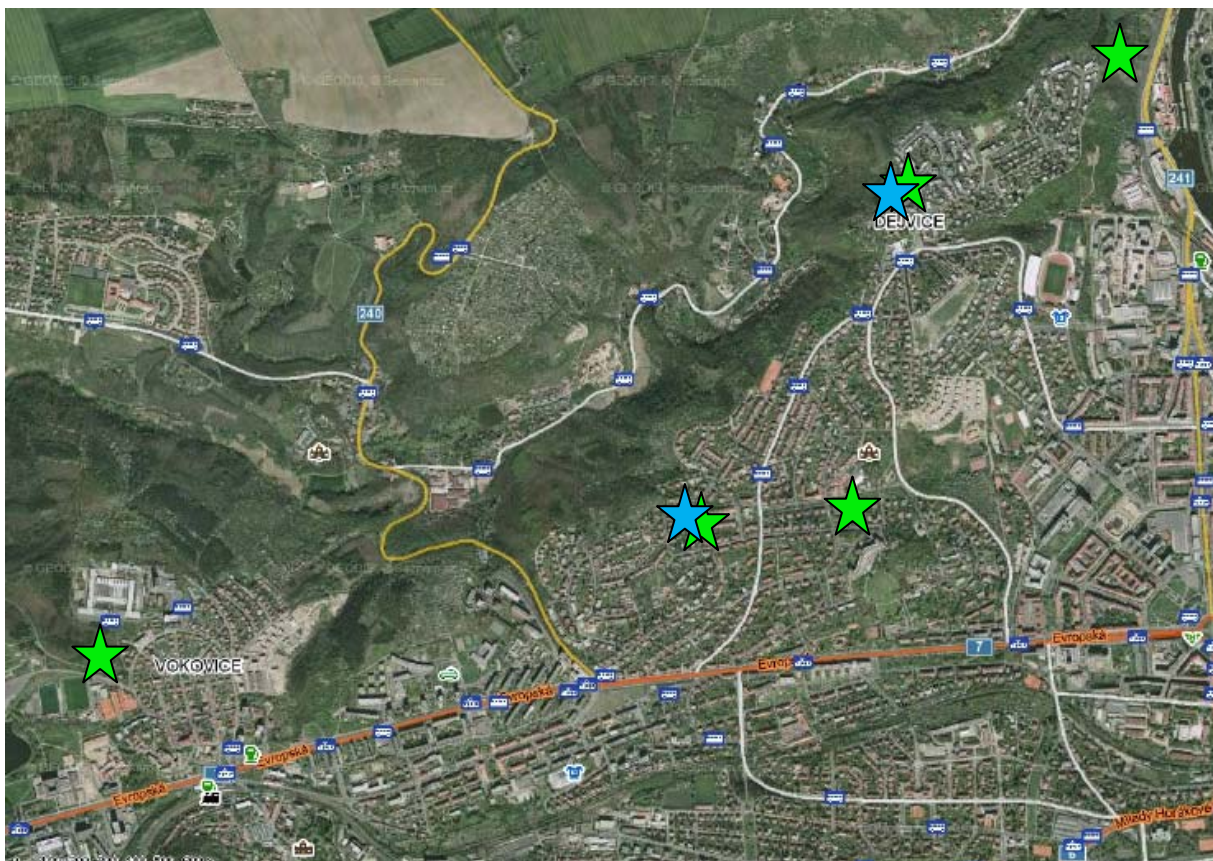
Obrázek 1c: Orientační mapa odběru - **Přední Kopanina**; přesná lokalizace viz [Příloha 5](#)).
Vysvětlivky: žlutá-pšenice; modrá- jablka; zelená – travní porost; červená – listy jahodníku.



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.

1.1 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) (zkušební laboratoř č. 1316.2, s osvědčením o akreditaci č. 319/2009) jako zkušební metoda KM 08: 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 v evropských databázích reprezentuje zátěž potravin a plodin a indikuje 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:

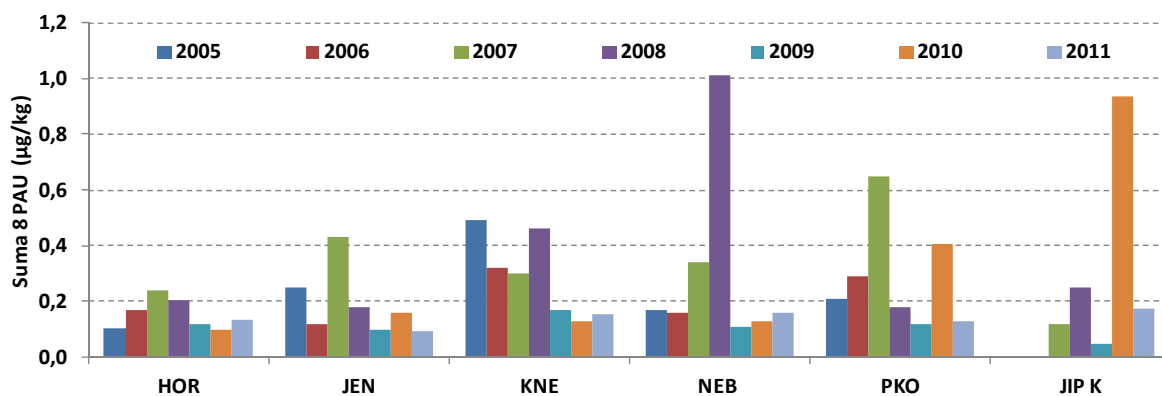
Benzo[a]anthracen, Chrysen, Benzo[b]fluranten, Benzo[k]fluranthen, Benzo[a]pyren, Benzo[g,h,i]perylen, Dibenzof[a,h]anthracen a Indeno[1,2,3-cd]pyren

1.2 Výsledky a diskuse nálezů PAU

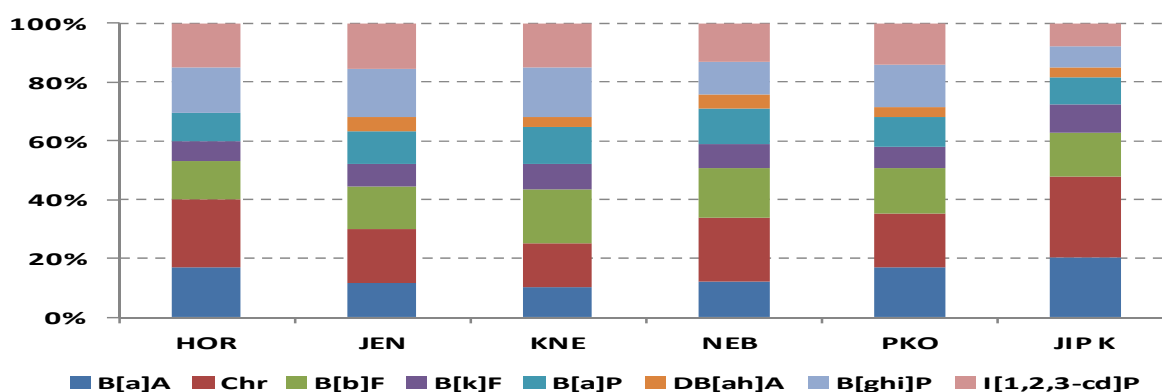
Pšenice

Jak je patrné z **Obrázku 3** a statistických grafů v **příloze 4**, nedošlo v roce 2011 oproti předchozím rokům ve sledovaných lokalitách k výrazným změnám v nálezech PAU, s výjimkou lokalit PKO a JIPK, kde byly v letošním roce nalezeny hladiny PAU výrazně nižší. Celkově hladiny PAU v pšenici odpovídají hodnotám zjištěným jinými studii [2, 3] pro lokality v jiných oblastech ČR s víceméně průměrnou zátěží PAU a odpovídají i nálezům v kontrolní lokalitě Jílového u Prahy (JIPK).

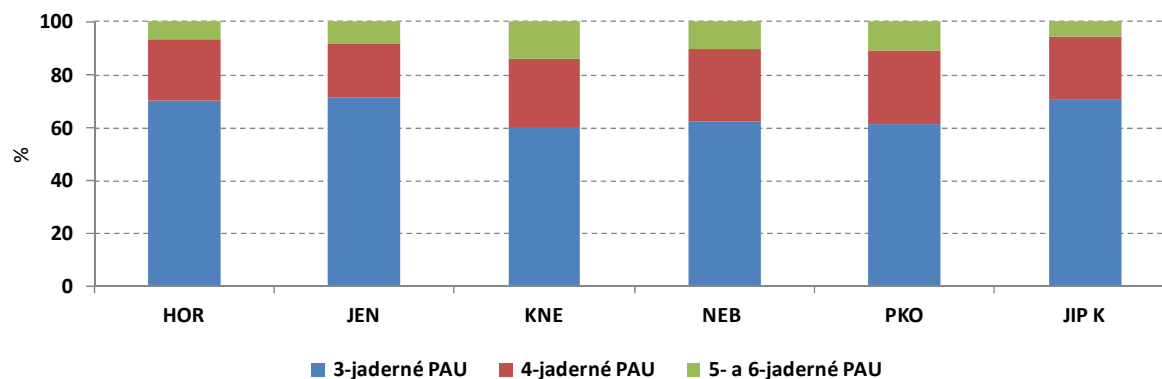
Procentuální zastoupení jednotlivých PAU i jednotlivých skupin PAU zůstává ve většině sledovaných lokalit obdobné jako v předchozích letech a odpovídá charakteru povrchu plodiny, na kterém dochází k omezenému záchytu pevných částic s adsorbovanými „těžšími“ PAU. Ve spektru sledovaných PAU tak dominují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



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



Obrázek 4: Relativní zastoupení PAU (8 PAU) v pšenici (průměr lokalit)



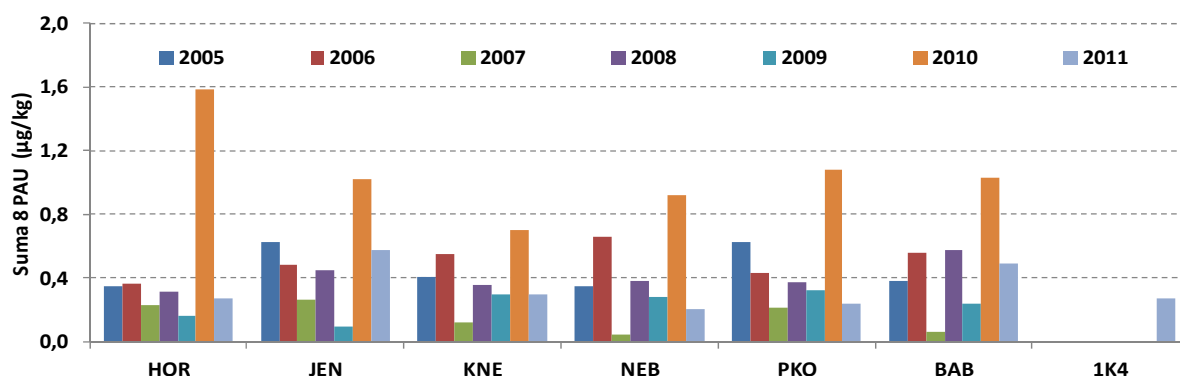
Obrázek 5: Relativní zastoupení jednotlivých skupin PAU v pšenici (průměr lokality)

Jablka

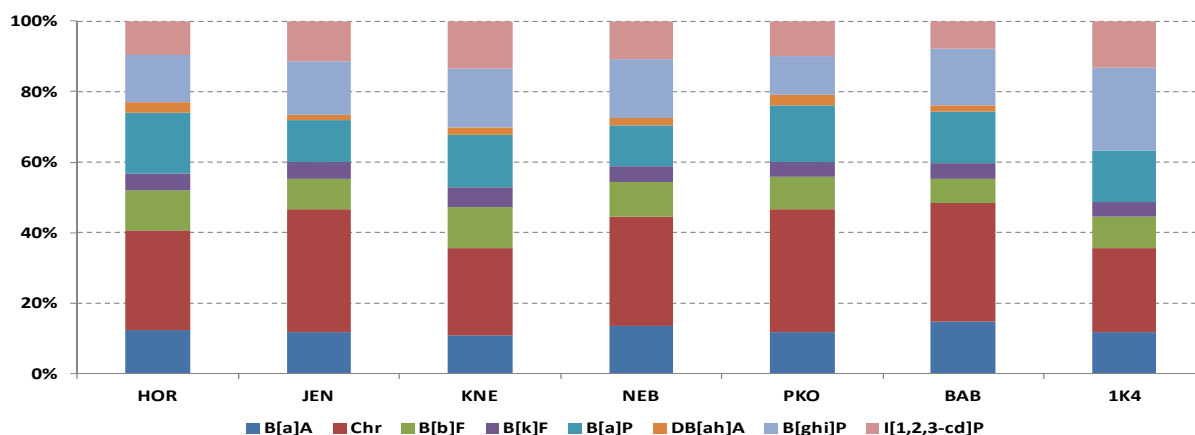
Oproti roku 2010 jsou hodnoty nálezů PAU (Obrázek 6 a statistické grafy v příloze 4) zjištěné v roce 2011 poněkud nižší ve všech sledovaných lokalitách. Nálezy PAU zaznamenané na jablkách v roce 2010 však byly oproti předchozím sezonám zvýšené, což bylo přisuzováno menšímu množství srážek v měsíci červenci a srpnu. Nálezy PAU se v letošním roce pohybují spíše na spodní hranici intervalu rozsahu hodnot zjištěných pro požadovou zátěž ČR v letech 1995-2000. To lze vysvětlit omýváním plodů v důsledku četnějších srážek v sezoně 2011 (a samozřejmě částečnou eliminací PAU z ovzduší mokrou depozicí).

V průběhu sledovaných let nebyly zjištěny významné rozdíly v relativním zastoupení jednotlivých PAU mezi jednotlivými sledovanými lokalitami, jak je patrné z **Obrázku 7**. To znamená, že charakter zátěže PAU a zastoupení zdrojů zůstává prakticky beze změn.

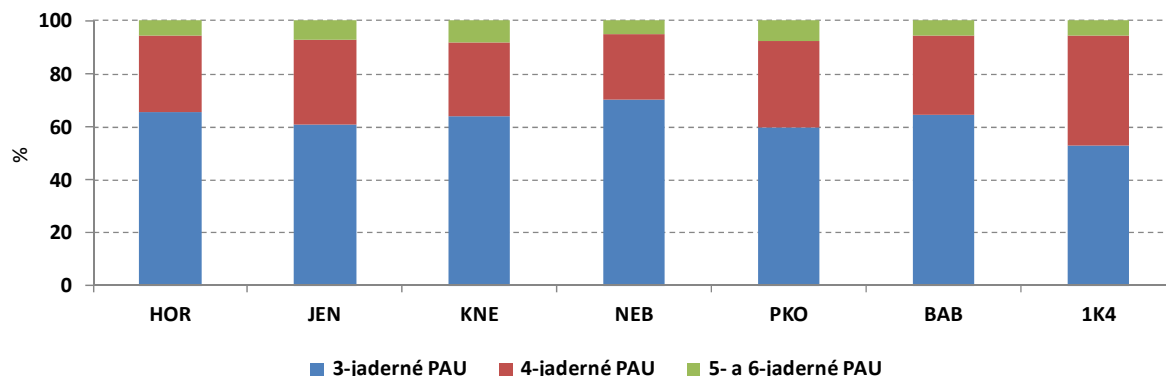
Ve spektru PAU (**Obrázky 7 a 8**) zjištěném u jablek převažují PAU tří- a čtyř-jaderné. Největší podíl z celkového nálezu obvykle představuje phenanthren, který v tomto případě tvoří až 70 % z celkového obsahu PAU. Pěti- a šestijaderné PAU, mezi které patří některé toxické látky, tvoří naopak pouze 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 jablek neumožňuje větší záchyt „pevných“ částic s adsorbovanými PAU. Voskovitý povrch jablek, u kterého naopak dochází k přímé absorpci PAU z plynné fáze atmosféry do vosku, má za následek dominantní zastoupení 3-jaderných PAU ve sledovaném spektru.



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



Obrázek 7: Relativní zastoupení PAU v jablkách.

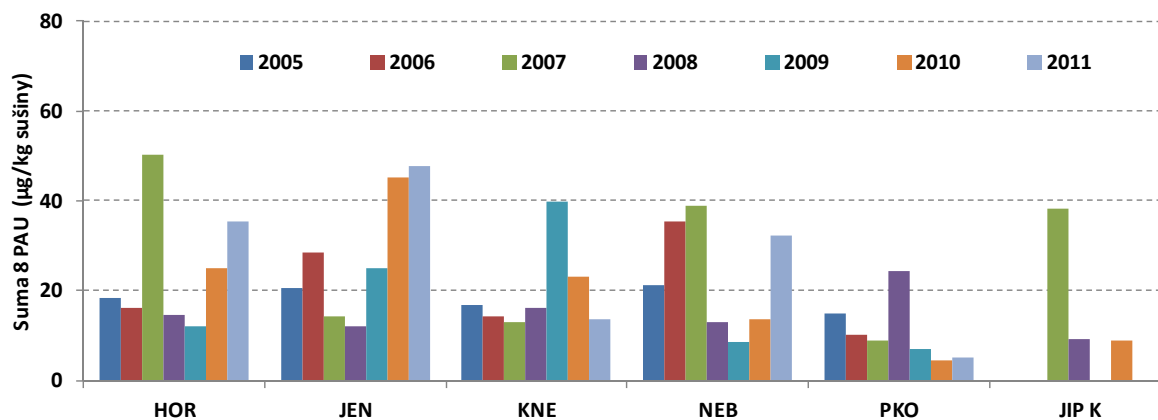


Obrázek 8: Relativní zastoupení jednotlivých skupin PAU v jablkách (průměr lokalit)

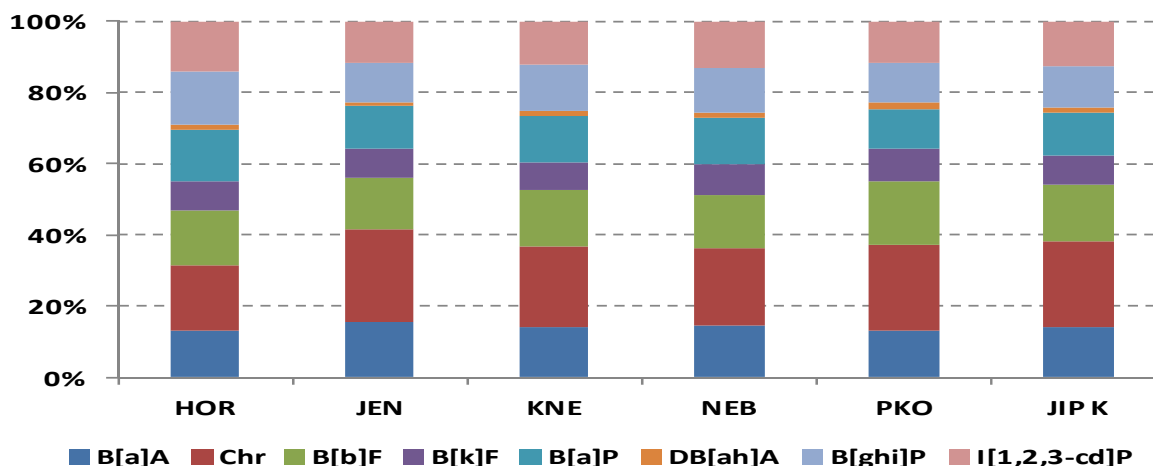
Listy jahodníku

Z porovnání celkového množství PAU nalezených ve vzorcích listu jahodníku v jednotlivých letech (**Obrázek 9** a statistické grafy v **příloze 4**) nedošlo v r. 2011 ve většině sledovaných lokalit k výrazným změnám oproti předchozím letům (2005 – 2010). Výjimkou je lokalita NEB, kde byly v letošním roce zaznamenány nálezy PAU poněkud vyšší, což může být důsledek lokálního/incidentního zdroje kontaminace.

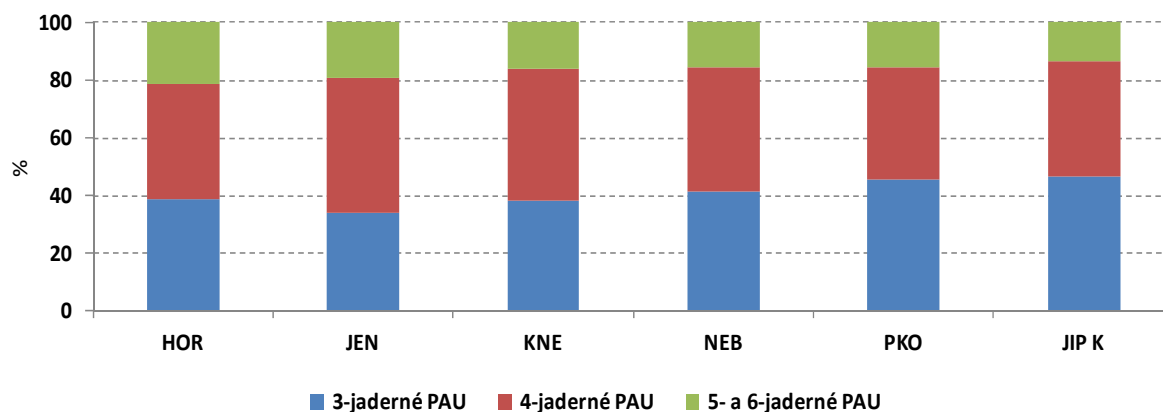
Jak vyplývá z **Obrázků 10** a **11**, zastoupení jednotlivých PAU i jednotlivých skupin PAU je v meziročním porovnání podobné ve všech sledovaných lokalitách, přičemž je zřejmé, že v případě listů jahodníku s více členitým povrchem s trichomy dochází k záchytu pevných částic na povrch matrice a tedy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



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



Obrázek 10: Relativní zastoupení PAU v listech jahodníku

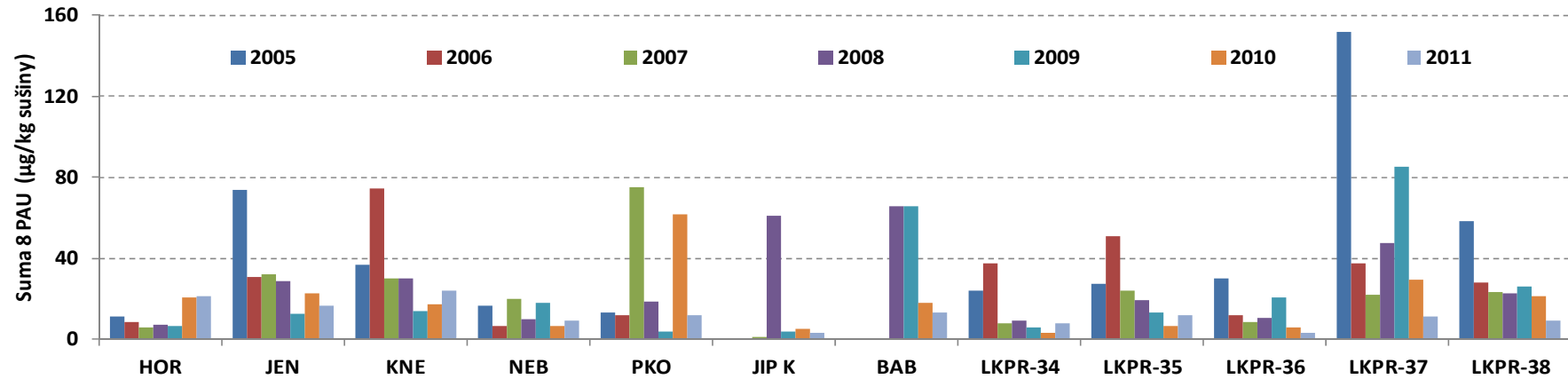


Obrázek 11: Relativní zastoupení jednotlivých skupin PAU v listech jahodníku (průměr lokalit)

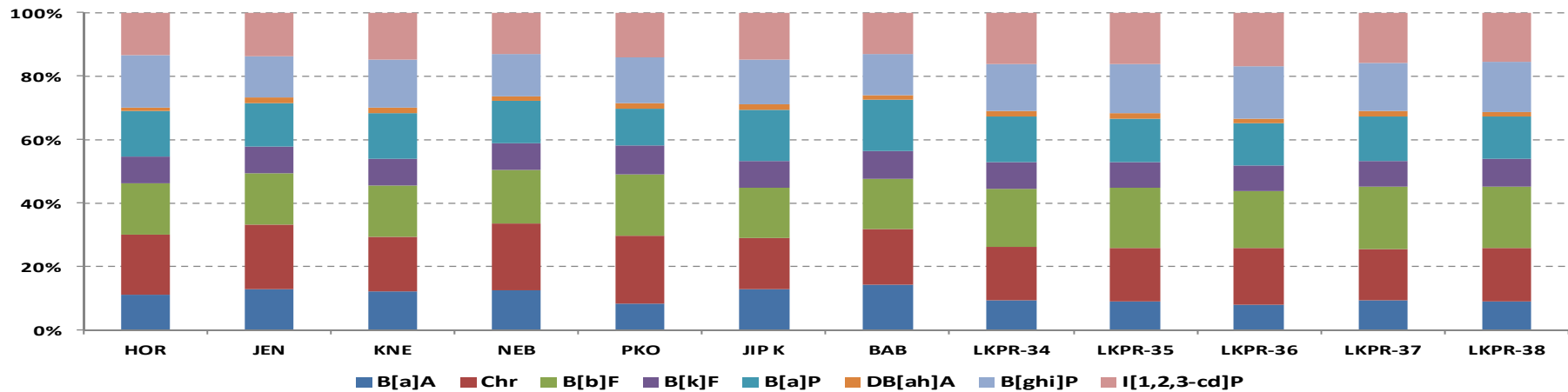
Trvalý travní porost

Z porovnání celkového množství PAU nalezeného v trvalém travním porostu v jednotlivých letech (**Obrázek 12**) vyplývá, že nálezy v roce 2011 kolísaly přibližně na stejné úrovni jako v předchozích letech. Mírné zvýšení nálezů bylo zaznamenáno jen v lokalitách HOR a KNE, významně nižší hodnota kontaminace byla letos zaznamenána v lokalitě PKO, kde byla v předchozím roce zjištěna vyšší hladina PAU způsobená pravděpodobně náhodným místním zdrojem kontaminace. V areálu Letiště Praha (LKPR34-38) byly letos naměřeny jen velmi nízké hodnoty (**Obrázek 12**).

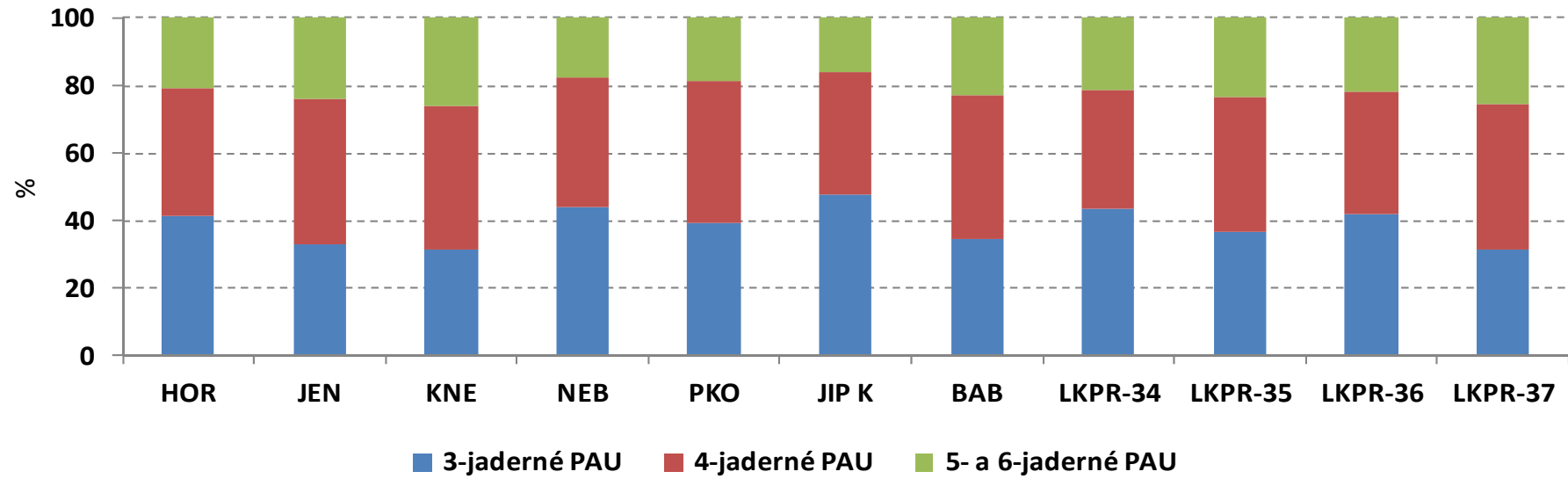
Jak vyplývá z **Obrázků 13 a 14**, v případě relativního zastoupení jednotlivých PAU a skupin PAU nebyly mezi jednotlivými sledovanými lokalitami zjištěny významné rozdíly. Dle očekávání i zde je patrný obecně vyšší podíl toxických vícejaderných PAU způsobený zachytem pevných částic na povrch sledované matrice.



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



Obrázek 13: Relativní zastoupení PAU v trvalém travním porostu. Pozn.: Vzorek NEB K (2006) byl od r. 2007 nahrazen vzorkem JIP K



Obrázek 14: Relativní zastoupení jednotlivých skupin PAU v trvalém travním porostu (průměr lokalit)
 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 - 2011 je uveden v **Tabulce V**. Podrobnější údaje o nálezech PAU v roce 2011 jsou uvedeny v **Tabulkách VIII - XI** v **Příloze 4**. Jak ze souhrnné **Tabulky V** 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 velké sezonní variabilitě (a též nejistotě vzorkování a analýz na těchto stopových hladinách) je hodnocení rozdílů mezi lokalitami či rozpoznávání časových trendů poněkud obtížné.

Tabulka V: Celkový přehled výsledků (suma 8 sledovaných PAU) zjištěných v letech 2005 až 2011

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
	2011	0,1	0,1	0,2
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
	2011	0,3	0,2	0,5
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
	2011	11,2	3,4	31,8
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
	2011	19,7	8,8	73,8

* 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 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 rtuti byl stanoven pomocí analyzátoru AMA 254.

2.2 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 32**, kde jsou pro každou lokalitu uvedeny výsledky za celé období 2005 – 2011 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 universální bioindikátor zátěže pro srovnávací účely. Druhou nejčtenější maticí 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. 2011 opět nalezen zvýšený obsah některých těžkých kovů u vzorku travního porostu BAB42 a BAB44. Zvýšené hladiny olova, chromu a vanadu byly v těchto odběrních bodech zaznamenány již v předchozích letech. Potvrzuje se tedy, že se zde jedná o rozsáhlejší místní znečištění, jehož zdroj zůstává stále neznámý. Ostatní vzorky TTP z dalších lokalit BAB vykazují víceméně průměrné hodnoty znečištění těžkými kovy.

Zvýšené obsahy těžkých kovů v roce 2011 obsahuje (opět) travní porost z lokalit **KNE27 a JEN33**. Ve všech případech se zvýšené 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 zřejmě není.

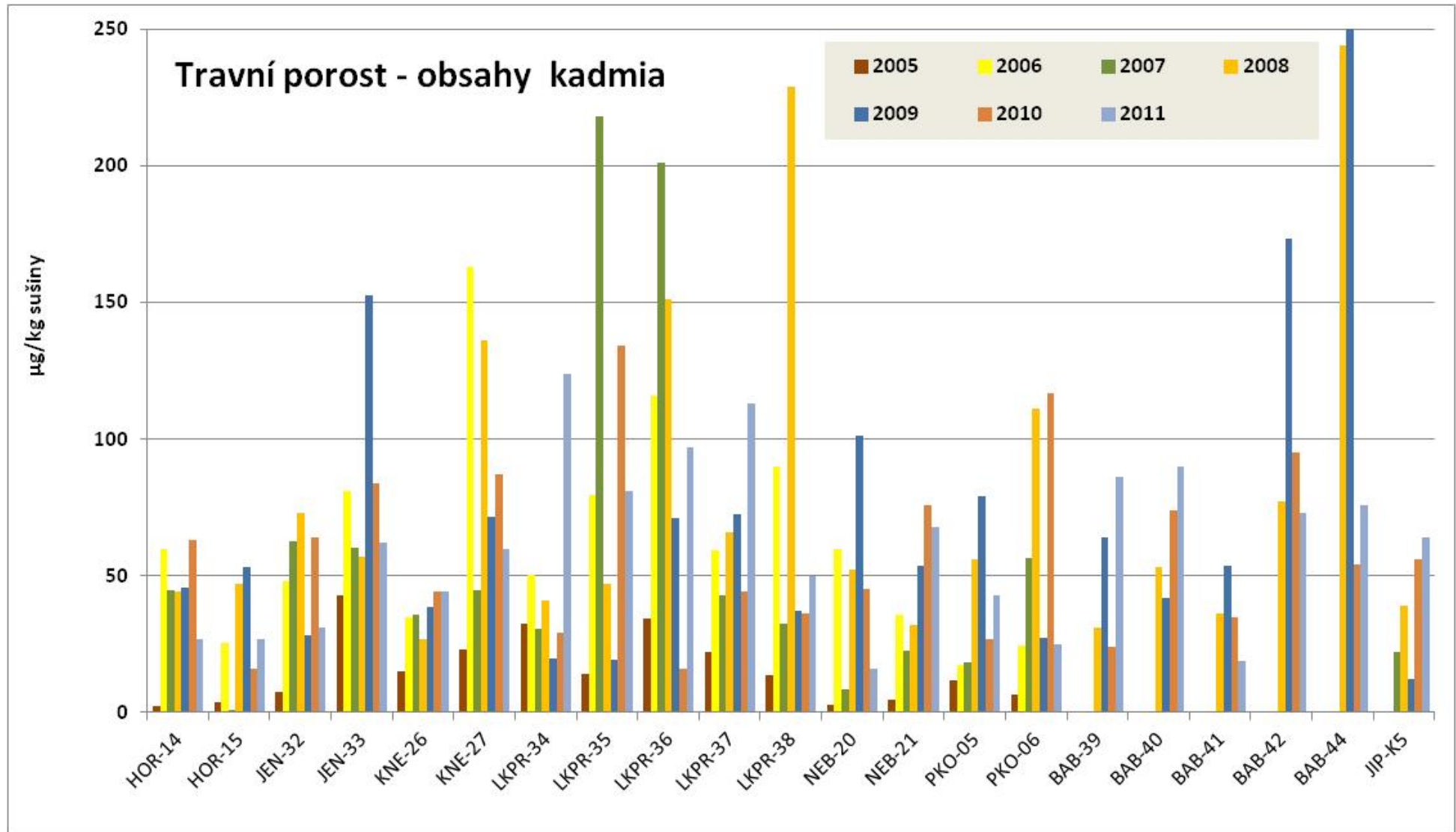
Meziročně velmi proměnlivé byly koncentrace některých těžkých kovů v travním porostu uvnitř areálu letiště Praha. Z porovnání jednotlivých let 2005-2011 (viz **Obr. 15-20 a Příloha 4**) je ale zřejmé, že zátěž v areálu je značně proměnlivá, zřejmě v závislosti na okamžitých meteorologických a provozních podmínkách v období odběru vzorků. Větrnějšímu počasí s častými srážkami lze připsat dobré rozptylové podmínky v době odběru travního porostu a následně i nízké koncentrace deponovaných pevných částic (prachu) s obsahem PAU a těžkých kovů.

Vyšetření pšenice a jablek na obsahy stopových prvků přineslo v roce 2011 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

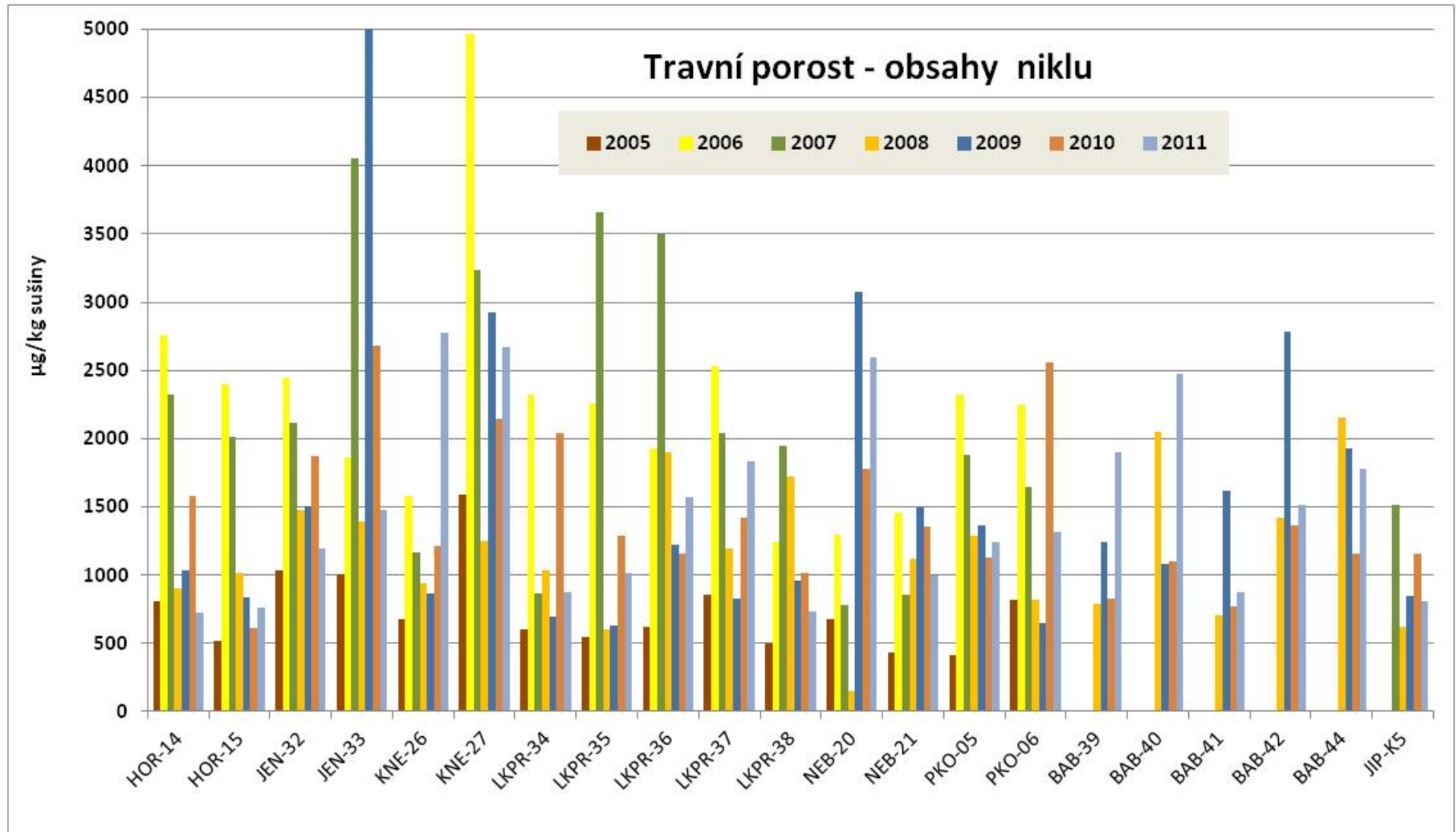
přípustného množství povoleného pro potravinářskou či krmnou pšenici [4] a kolísání mezi sezonami i mezi lokalitami nebyly prokázány. Pro olovo je limitní hodnota v obilovinách stanovena Nařízením č.1881/2006/ES [4] až 200 µg/kg a pro kadmium 100 µg/kg. V tomto roce nepřesáhla žádná hodnota pro olovo 50 µg/kg, pro kadmium byla maximální hodnota 41 µg/kg, medián 26 µg/kg.

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).

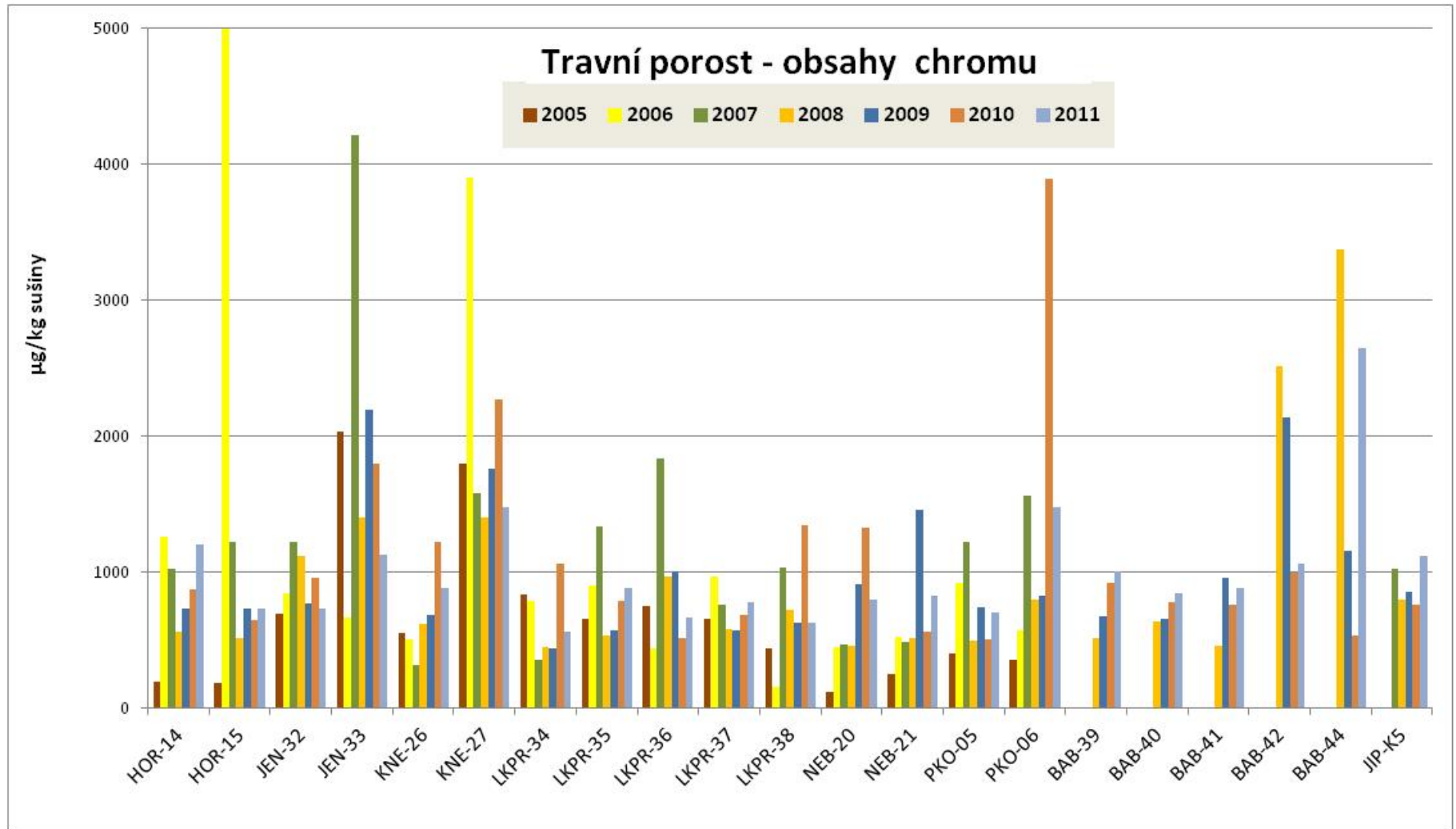
Časové trendy v kontaminaci sledovaných plodin stopovými prvky nejsou (vzhledem k velké meziroční variabilitě) za dané období 2005-2011 statisticky průkazné. Porovnání mediánových hodnot doplněných v roce 2011 pro jednotlivé plodiny nepotvrzuje náznaky celkového poklesu hladin rtuti a olova – viz tabulky a souhrnné **grafy v Příloze 4**. Statistiky dat 2005-2011 ukazují dlouhodobě nejvyšší zátěž travního porostu niklem, vanadem, olovem a kadmii zejména v odběrních bodech **KNE27, JEN33 a BAB44**. Mírně zvýšenou zátěží kadmii se k takto znečištěným lokalitám přidává ještě travní porost z areálu Letiště Praha.



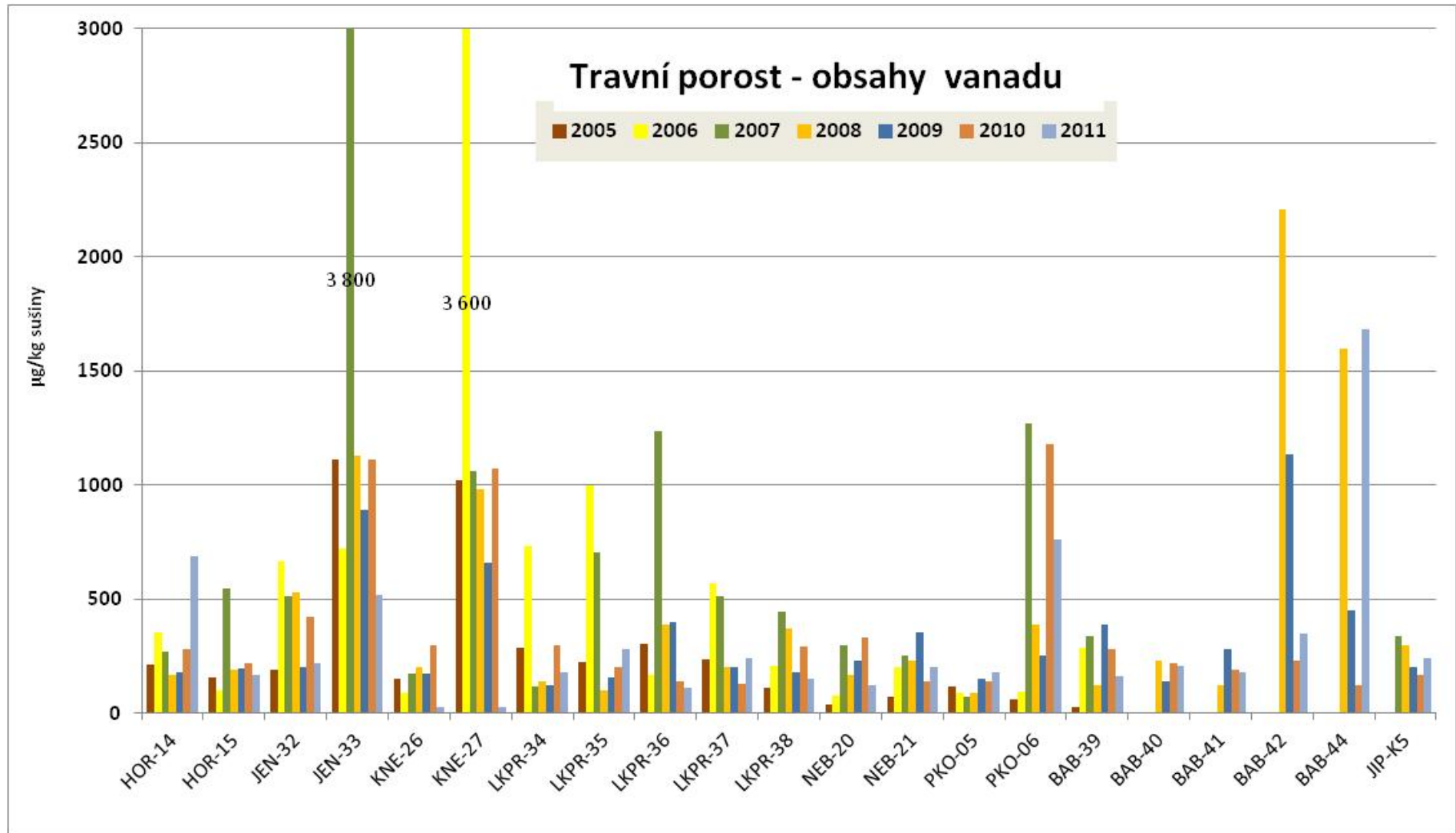
Obrázek 15: Obsahy kadmia v TTP – 2005 až 2011



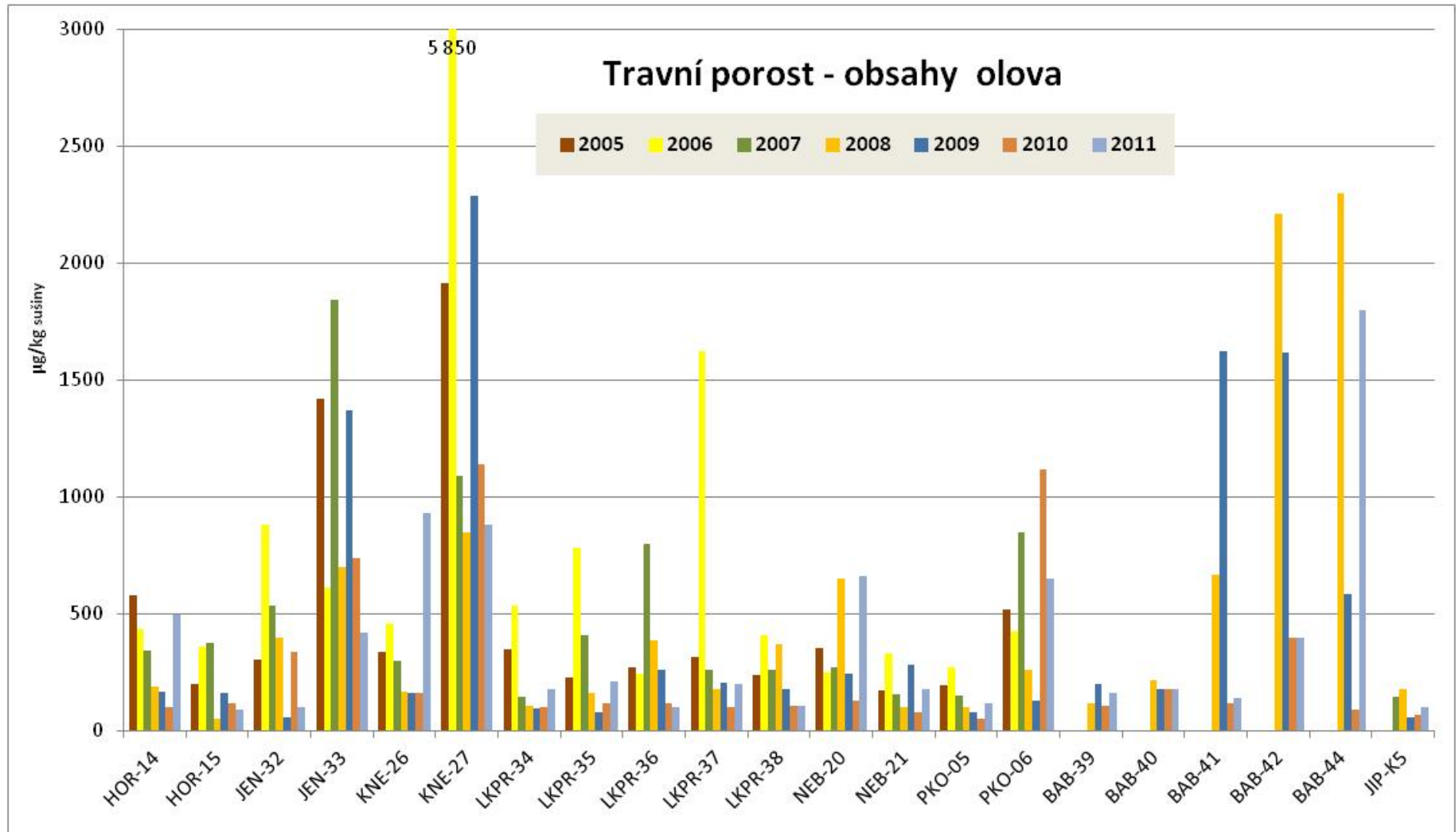
Obrázek 16: Obsahy niklu v TTP – 2005 až 2011



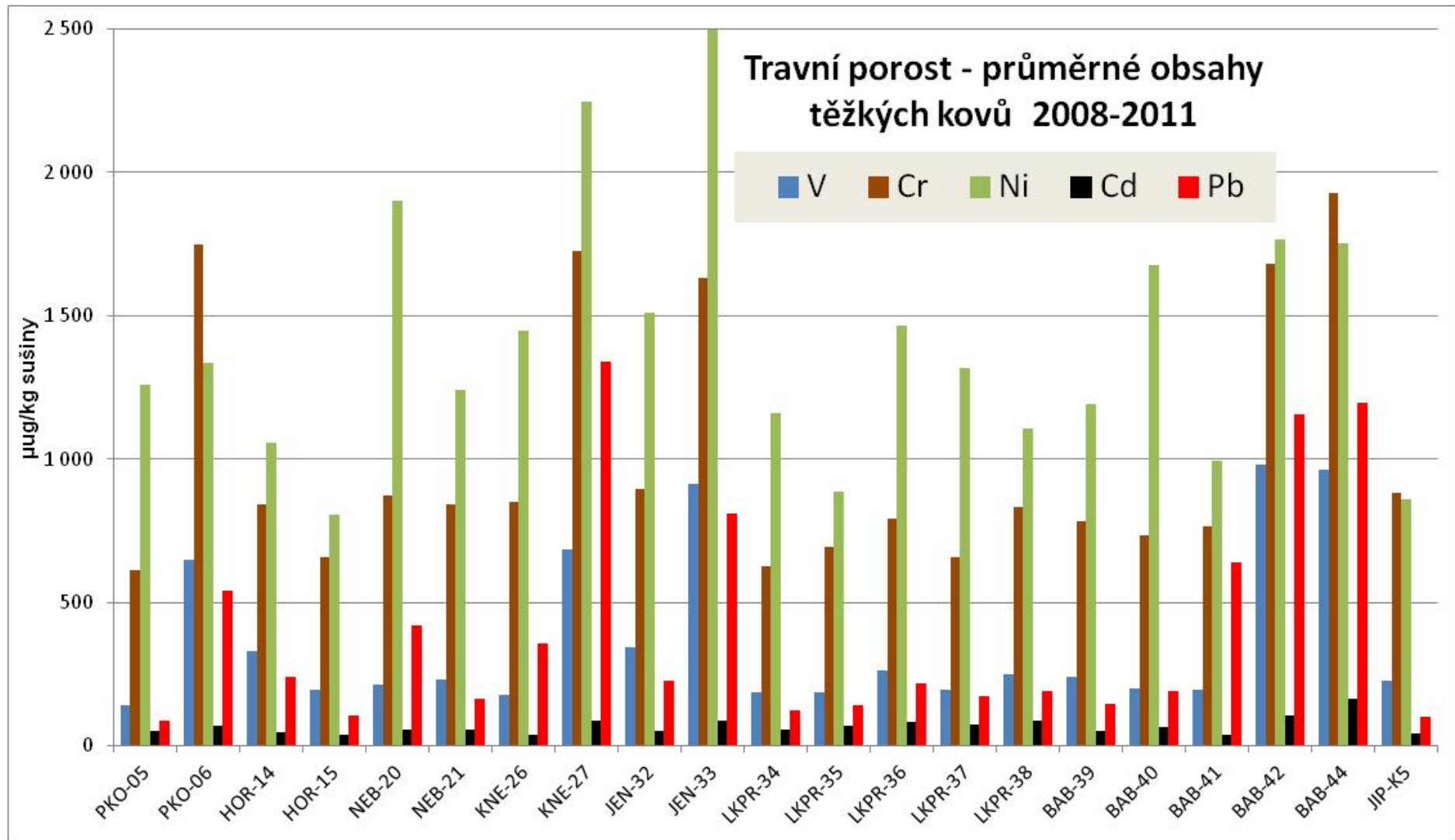
Obrazek 17: Obsahy chromu v TTP – 2005 až 2011



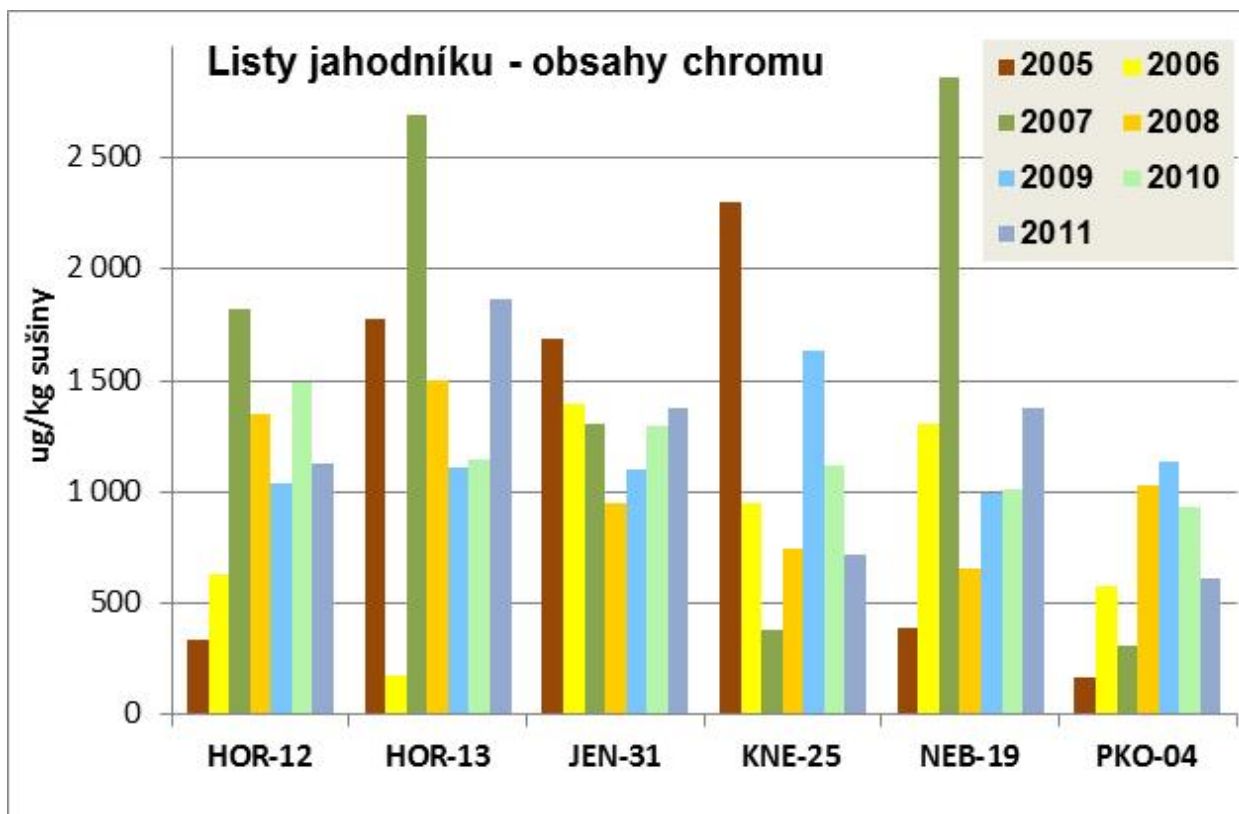
Obrazek 18: Obsahy vanadu v TTP – 2005 až 2011



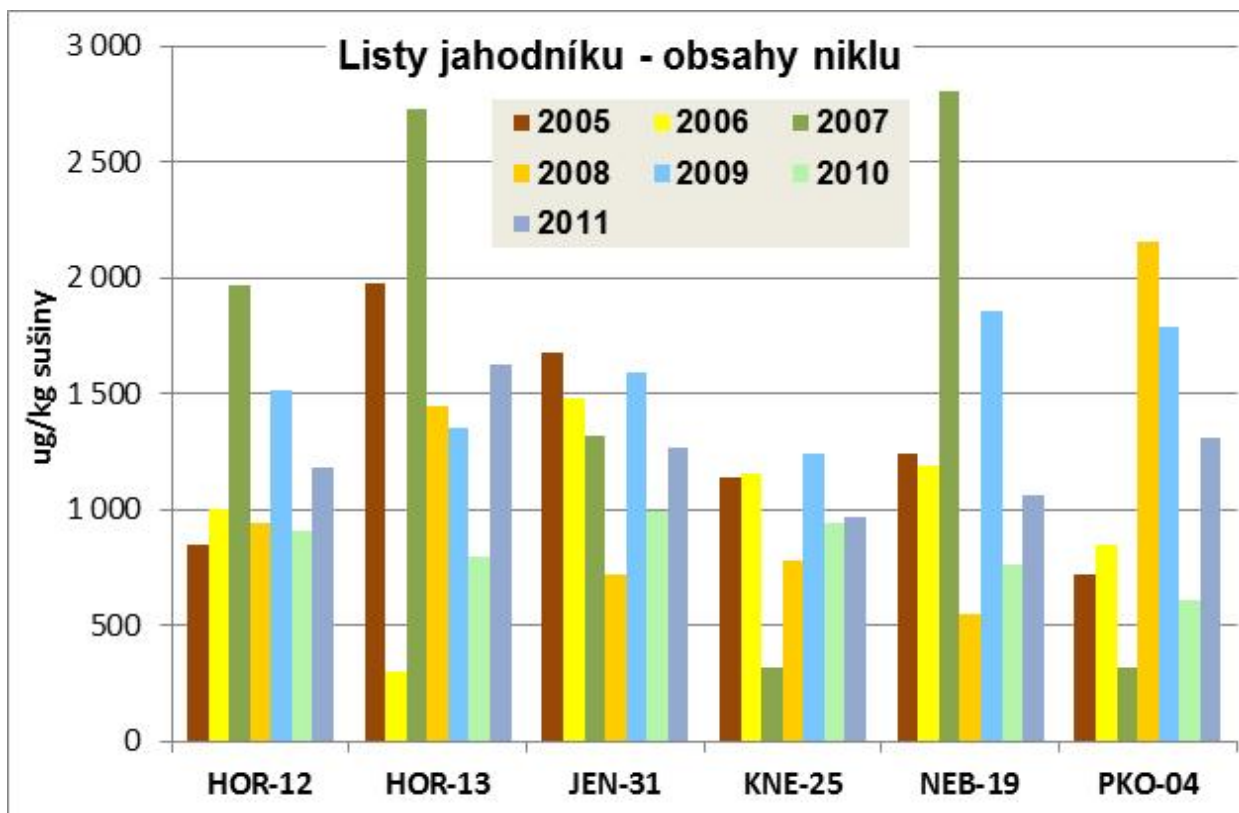
Obrazek 19: Obsahy olova v TTP – 2005 až 2011



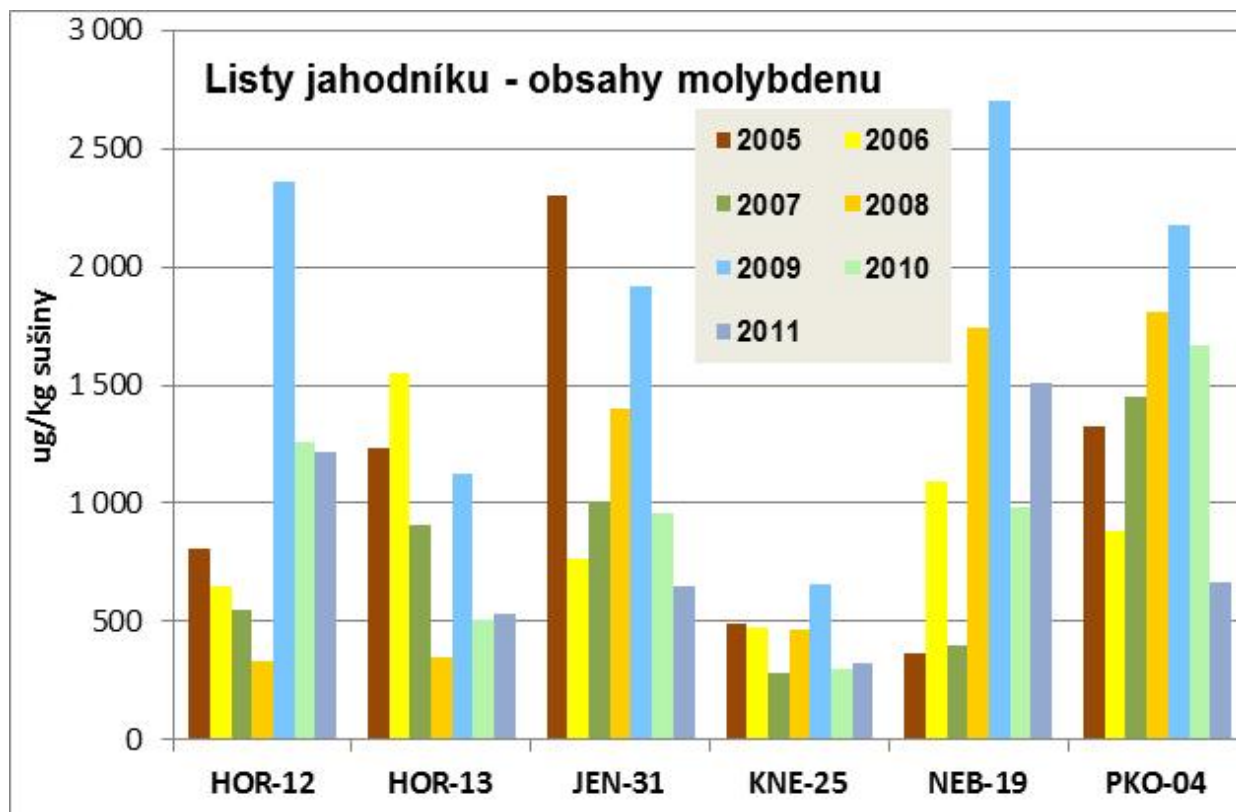
Obrázek 20: Porovnání průměrných obsahů různých těžkých kovů v TTP v letech 2008 až 2011



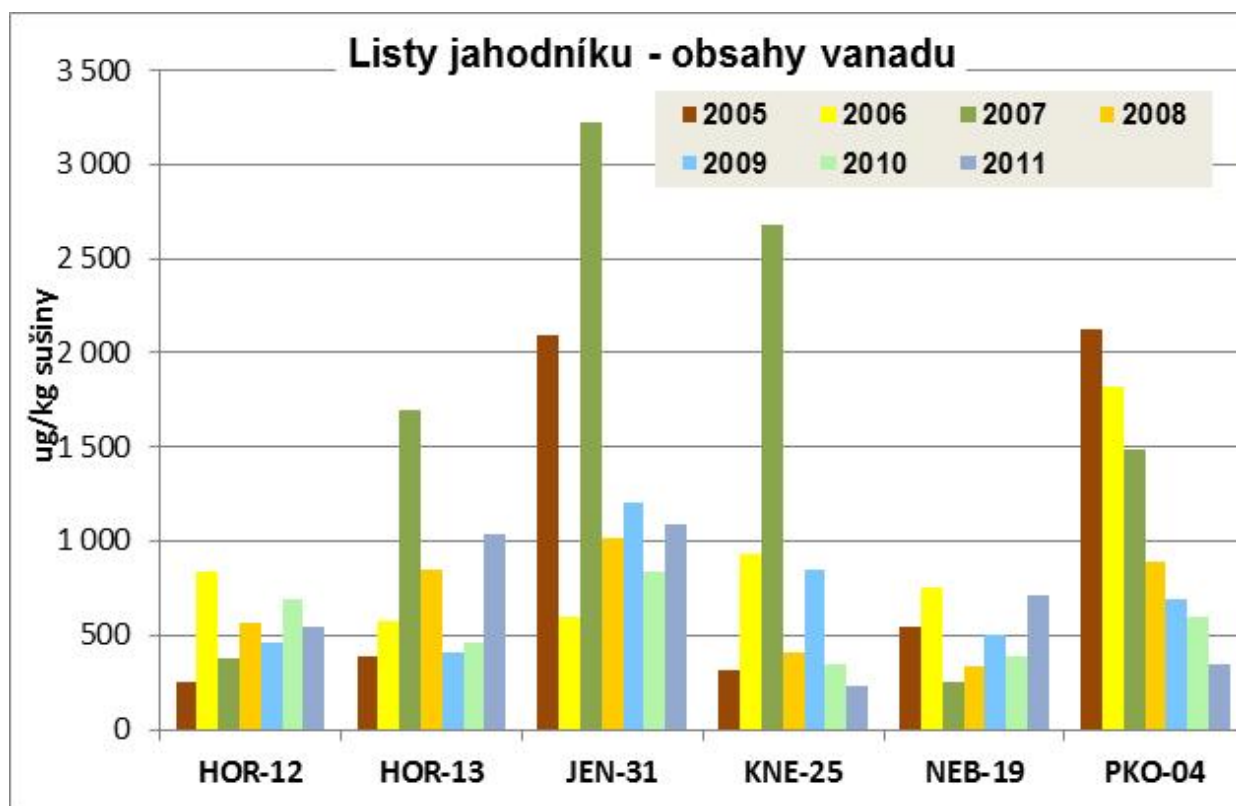
Obrázek 21 Obsahy chromu v listech jahodníku – 2005 až 2011



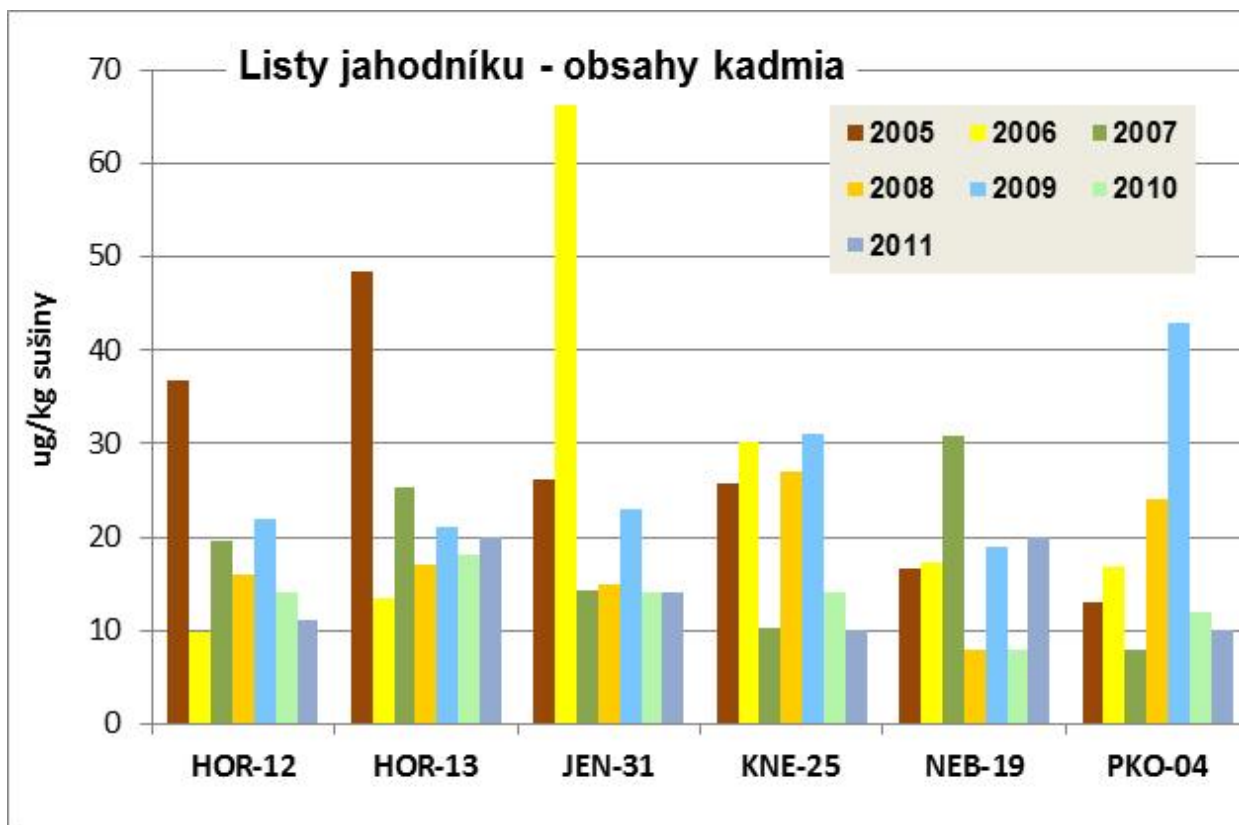
Obrázek 22: Obsahy niklu v v listech jahodníku – 2005 až 2011



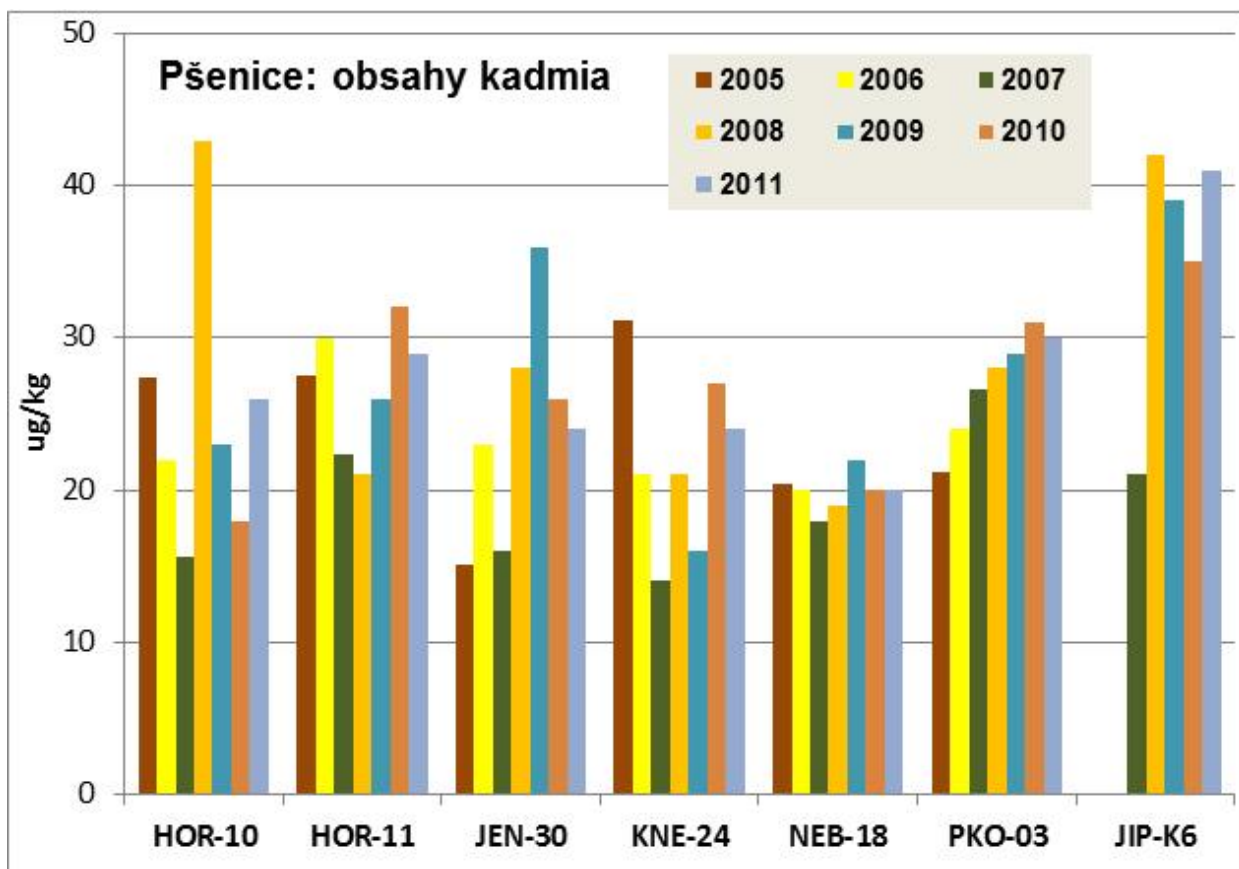
Obrázek 23: Obsahy molybdenu v listech jahodníku – 2005 až 2011



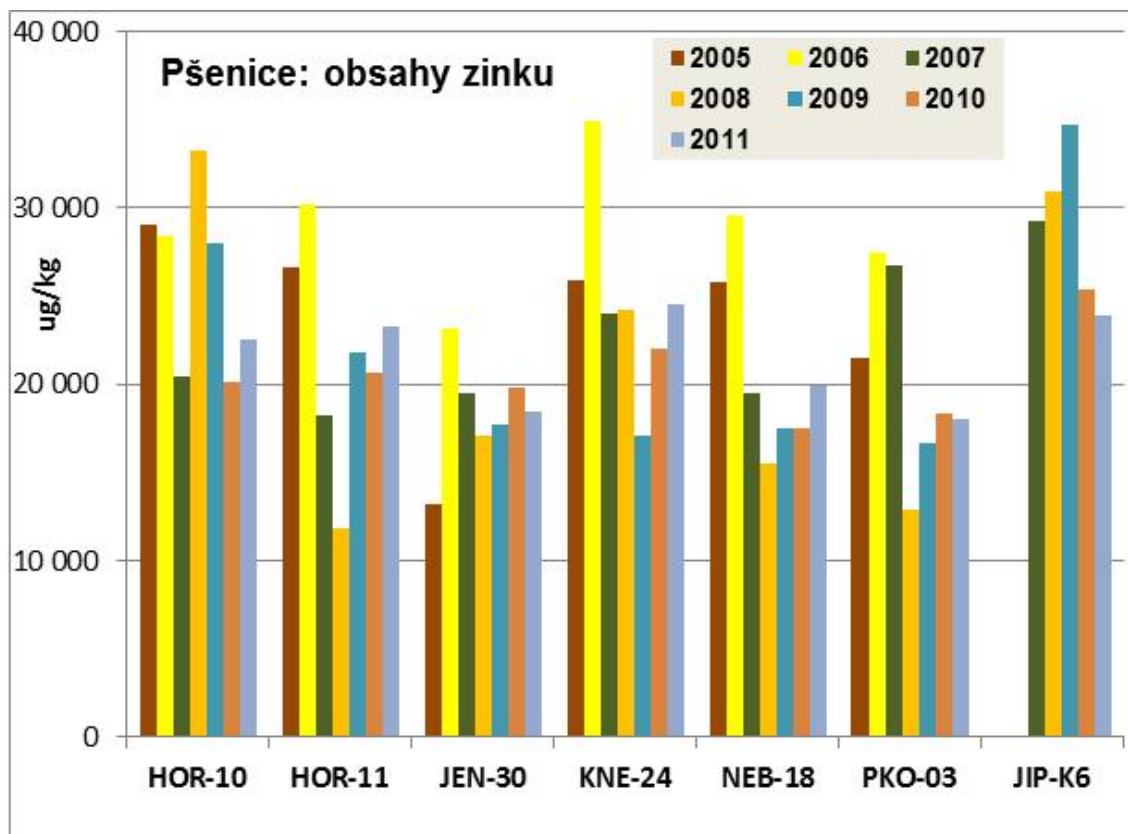
Obrázek 24: Obsahy vanadu v listech jahodníku – 2005 až 2011



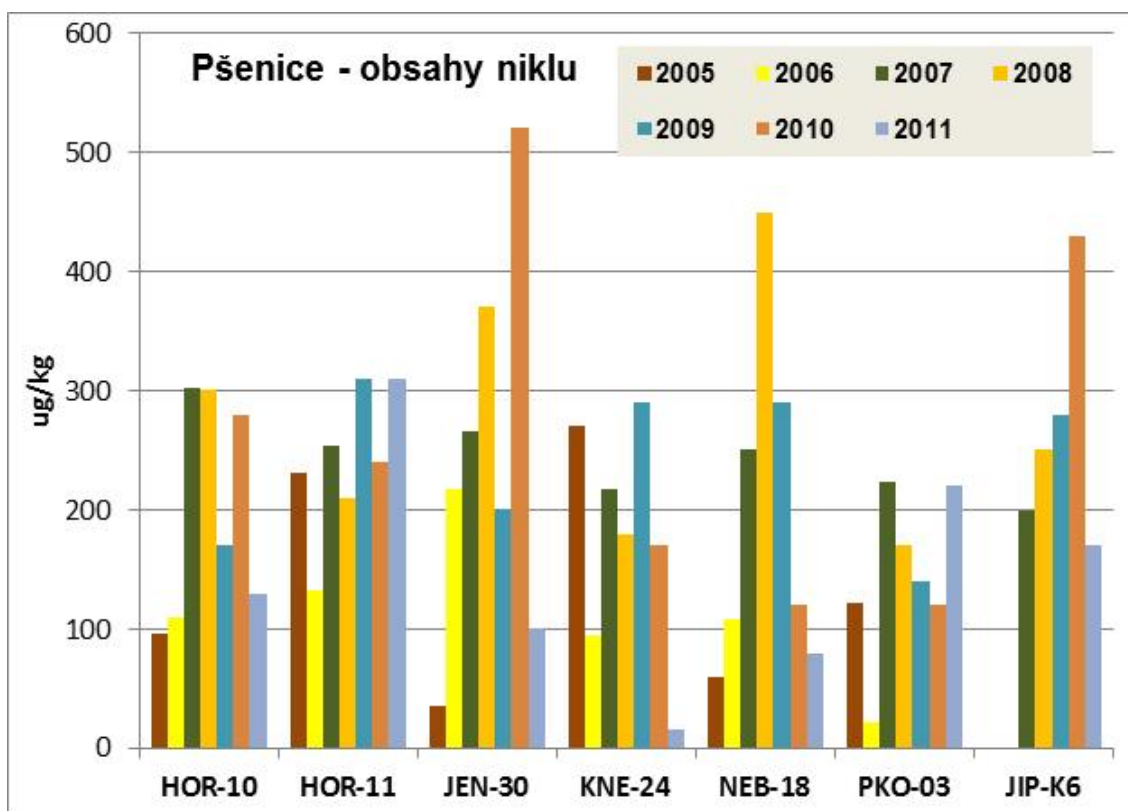
Obrázek 25: Obsahy kadmia v listech jahodníku v období 2005 – 2011



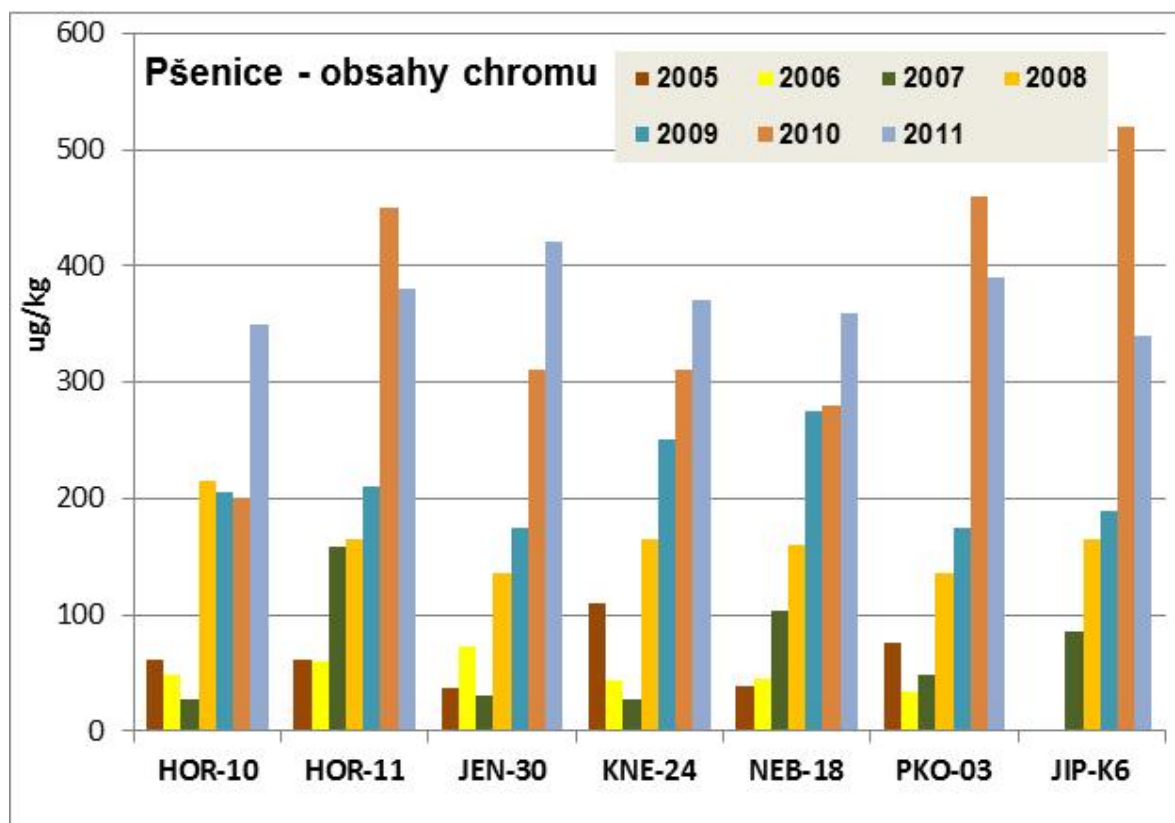
Obrázek 26: Obsahy kadmia v pšenici – 2005 až 2011



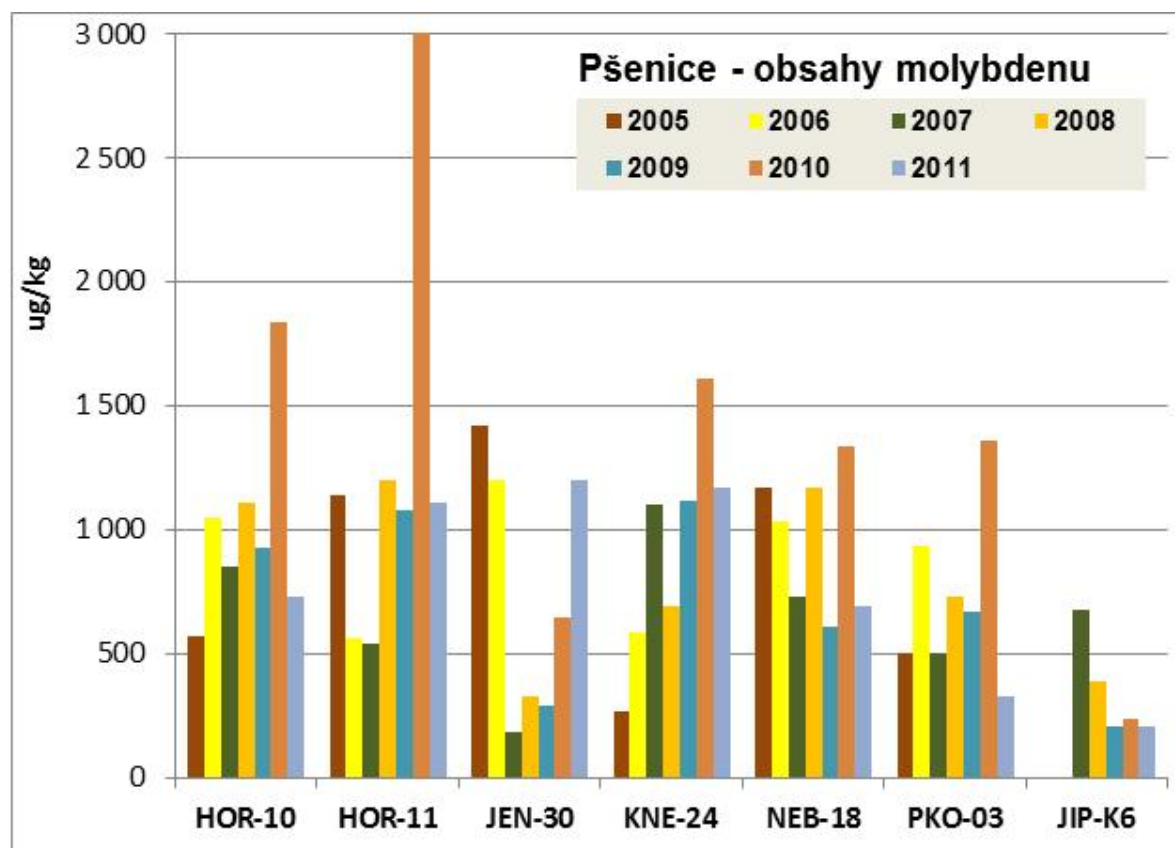
Obrázek 27: Obsahy zinku v pšenici – 2005 až 2011



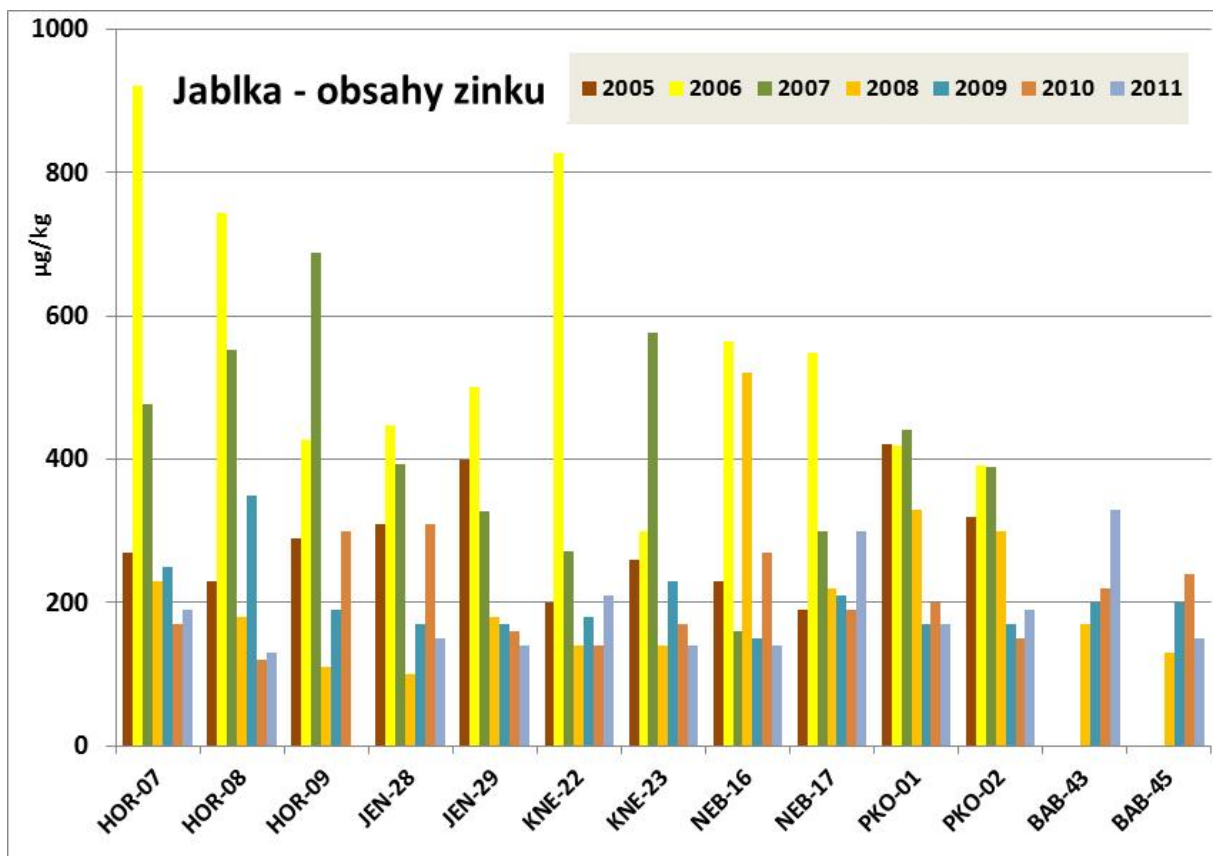
Obrázek 28: Obsahy niklu v pšenici – 2005 až 2011



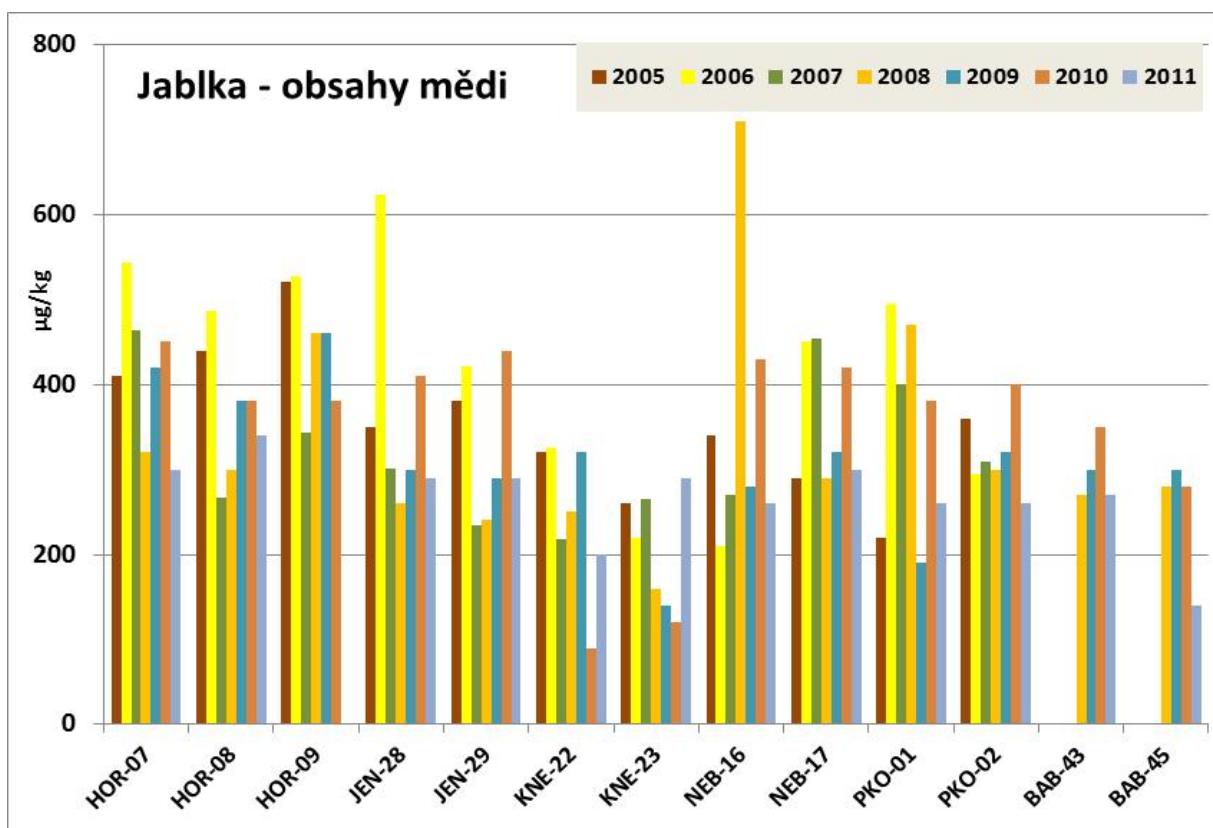
Obrázek 29: Obsahy chromu v pšenici – 2005 až 2011



Obrázek 30: Obsahy molybdenu v pšenici – 2005 až 2011



Obrázek 31: Obsahy zinku v jablkách – 2005 až 2011



Obrázek 32: Obsahy mědi v jablkách – 2005 až 2011

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 matic (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 matic. 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 (head-space) 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 listy 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 karuselu ke zpracování automatizovanou SPME technikou. Po proběhnutí sorpce následuje zavedení vlákna do nástřikového systému GC a desorpce analyzovaných látek.

Identifikace cílových látek je prováděna na základě porovnání parametrů pík 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 slepého pokusu), pro vyhodnocení je vždy použita hladina s odezvou blízkou odezvě v neznámém vzorku. Výsledky se vyjadřují v μg/kg, pokud je obsah nižší než mez stanovitelnosti metody, výsledek se udává jako <LOQ. Necílový screening markerů paliva je založen na stejné analytické koncovce (GC/TOFMS). Zde je ale plně využít potenciál této instrumentální techniky, který umožňuje sběr plných hmotnostních spekter a tzv. spektrální dekonvoluci, tedy samostatnou identifikaci pík v koeluci. Výsledkem je pak detekce i těch sloučenin, které nebyly ve vzorcích cíleně hledány.

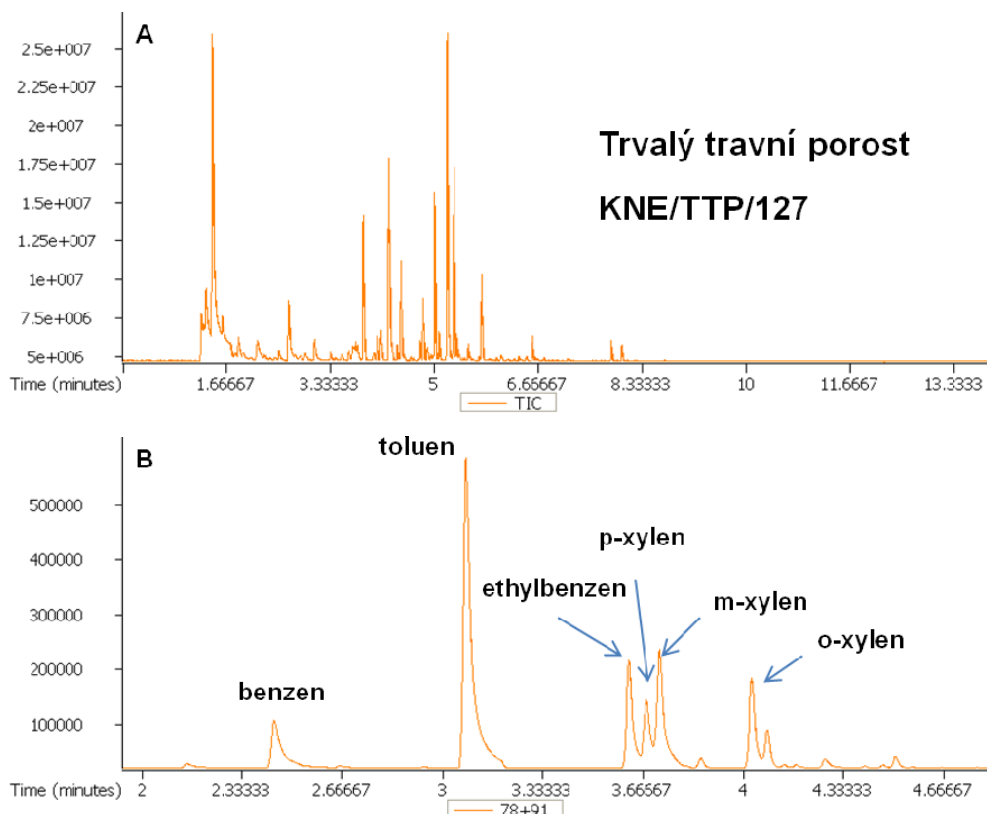
Touto metodou byly analyzovány všechny odebrané vzorky na případný obsah reziduí leteckého paliva a dále na obsah směsi těkavých aromatických uhlovodíků souhrnně nazývaných BTEX. Všechny vzorky byly analyzovány dvakrát.

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 šířka píku, poměr S/N pro detekci pík, minimální hodnota parametru similarity hmotnostních spekter. Tyto parametry přímo vycházejí z daného měření a determinují následnou detekci pík, identifikaci analytů pomocí knihovny hmotnostních spekter a dekonvoluci.

3.3 Výsledky analýz

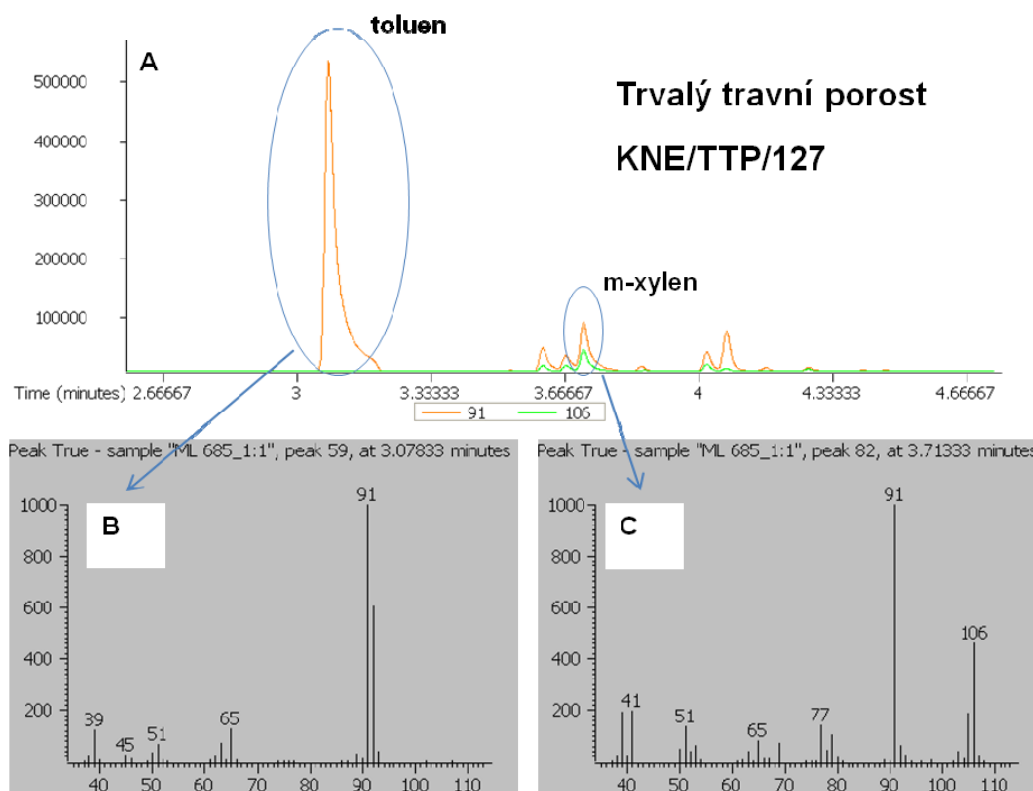
A. Výsledky stanovení skupiny látek BTEX.

Typický příklad chromatografického výstupu z analýzy látek BTEX metodou SPME GC/TOF-MS je na **Obrázku 33**. Pro ilustraci potenciálu použité techniky je na tomto obrázku použit reálný vzorek trvalého travního porostu KNE/TTP/127, do kterého bylo přidáno přesné množství BTEX (spike). Výsledky obsahu BTEX ve všech odebraných vzorcích plodin a travního porostu jsou uvedeny v databázové **Příloze 5**.



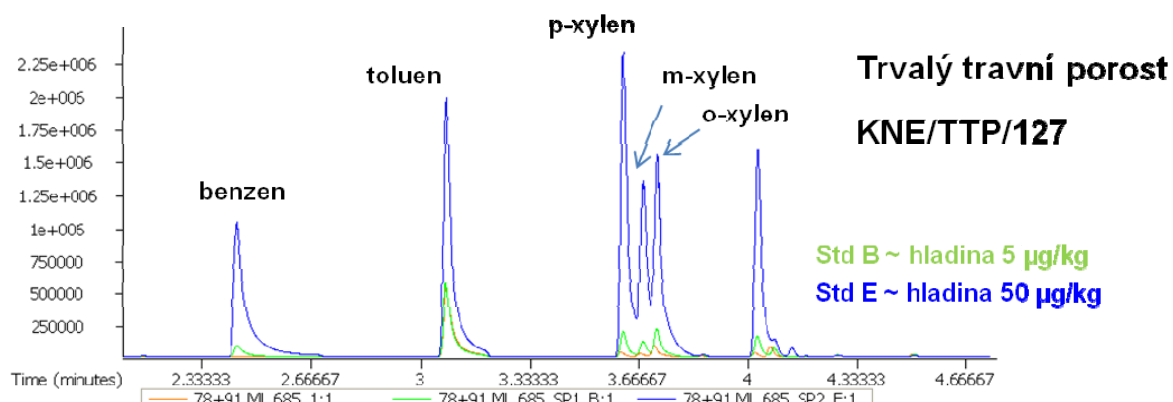
Obrázek 33: Záznam SPME–GC/TOFMS analýzy KNE/TTP/127 s přidavkem látek BTEX ($50 \mu\text{g}/\text{kg}$). (A) Celkový profil těkavých látek vzorku (TIC), (B) Identifikace jednotlivých analytů (SIM).

Identifikace jednotlivých látek BTEX přítomných ve vzorku trvalého travního porostu KNE/TTP/127 je ilustrována na **Obrázku 34**. Konfirmace identity byla provedena na základě hmotnostních spekter, a to jednak podle přímého srovnání s referenčními standardy a jednak porovnáním s knihovnou spekter NIST MS Search, verze 2.0.



Obrázek 34: (A) Záznam SPME–GC/TOFMS analýzy vzorku KNE/TTP/127. 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 35**, kde jsou „přirozené“ nálezy látek BTEX ve vybraných vzorcích porovnány s „umělým“ přídavkem známého množství (5 a 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$).

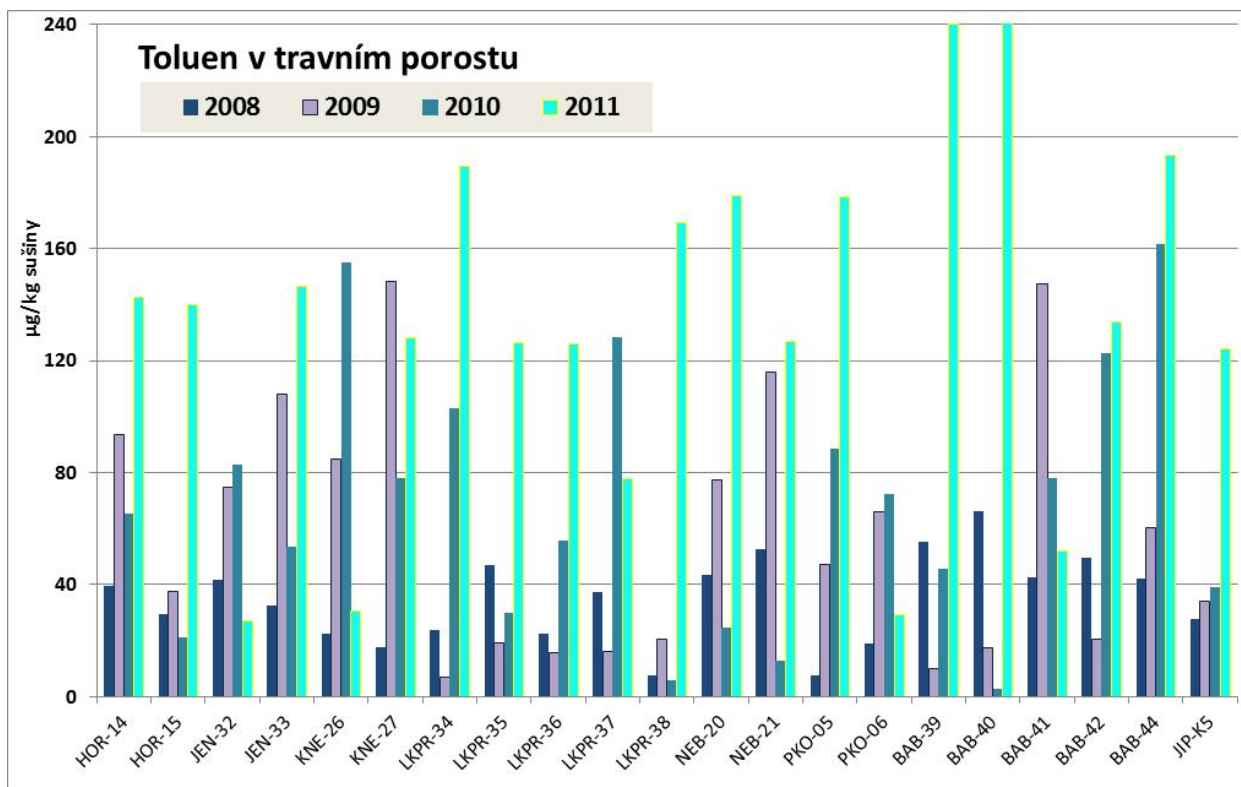


Obrázek 35: Srovnání obsahu cílových analytů v matrici (oranžová linka) a matrici s přídavkem standardu BTEX (zelená linka přídavek na hladině 5 $\mu\text{g}/\text{kg}$, modrá linka přídavek na hladině 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$).

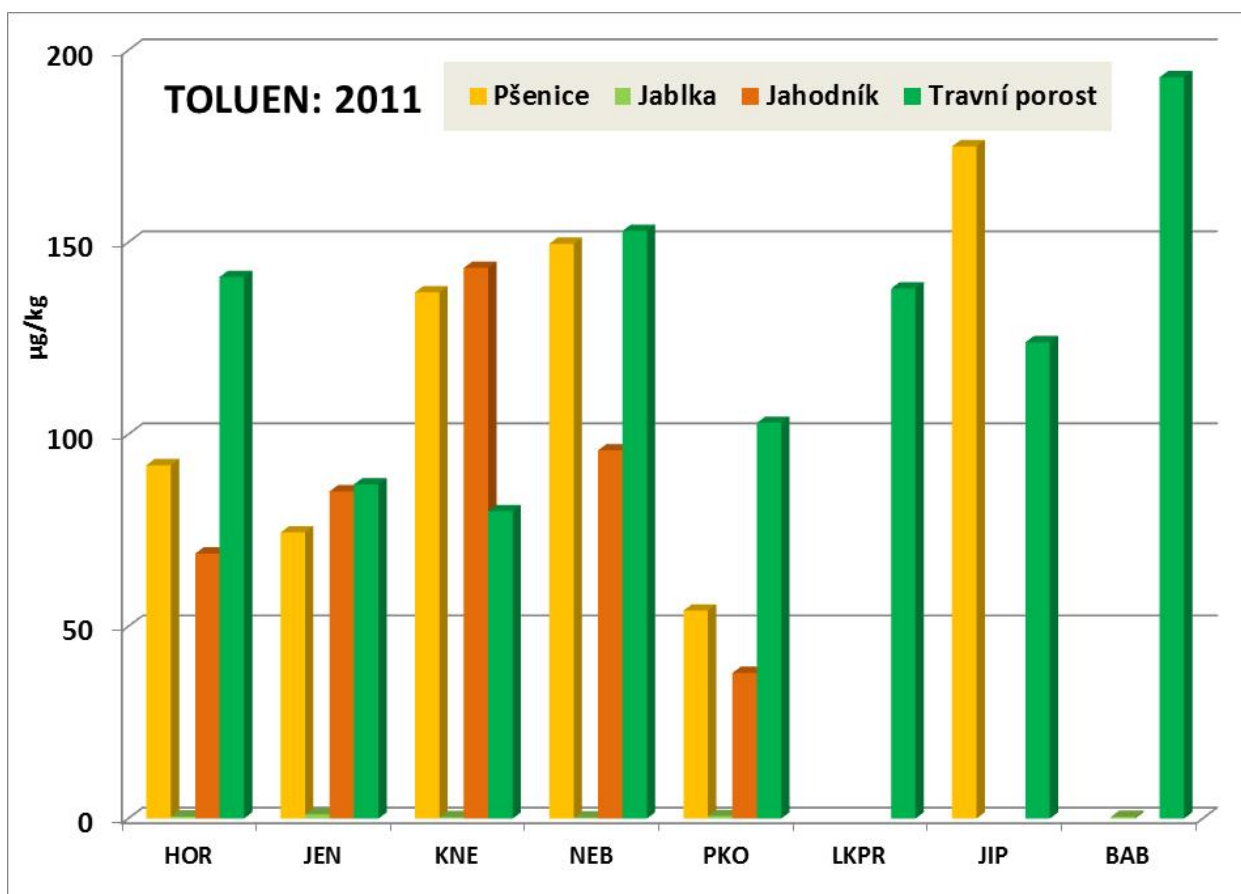
Porovnání nálezů majoritního toluenu v trvalém travním porostu ze všech lokalit v roce 2011 dokumentuje **Obrázek 36**, který nabízí též porovnání těchto hodnot s hodnotami zjištěnými v letech předchozích. Při hodnocení rozdílů je nutno vzít do úvahy vyšší nejistotu dat nežli je obvyklé v případě ostatních sledovaných kontaminujících látek. To je způsobeno především velkou těkavostí analytů citlivých na podmínky při odběru, transportu a při pre-analytickém zpracování vzorků. Obsahy těchto látek jsou zcela závislé na okamžitých meteorologických podmínkách a incidentních zdrojích. Zátěž plodin látkami BTEX vypovídá jen o krátkodobé (okamžité) expozici vegetace imisím, žádné kumulativní vlastnosti u těchto látek nelze předpokládat. Jejich vysoká těkavost také umožňuje velmi snadný atmosférický přenos na větší vzdálenosti od emisních zdrojů, což rovněž interpretaci nízkých nálezů ztěžuje.

Nejvyšších hodnot toluenu v roce 2011 v průměru dosáhl travní porost z odběrních bodů na Babě (BAB39, BAB40 a 44). Z prostoru LKPR byly poněkud vyšší obsahy v travním porostu pouze v bodě LKPR34 a LKPR38. V listech jahodníku byly výrazněji zvýšené 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.

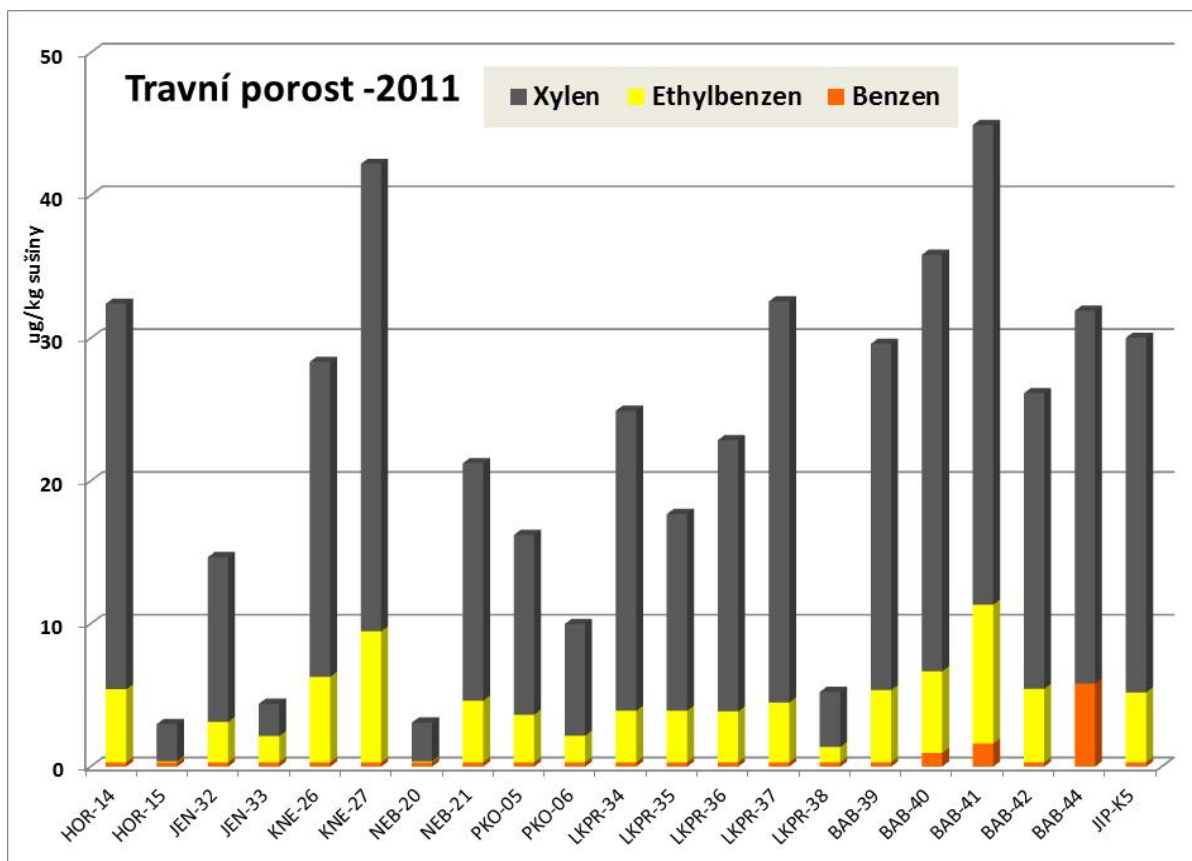
Přesto jsou na **Obrázku 37** pro ilustraci porovnány průměrné obsahy toluenu v různých matricích. Pomineme-li jablka, kde jsou nálezy toluenu velmi nízké a pro porovnání zátěže nepoužitelné, zaujme zvýšená kontaminace pšenice v NEB, KNE a kontrolním bodě JIP oproti všem ostatním lokalitám, kde byla pšenice kontaminována poněkud méně.



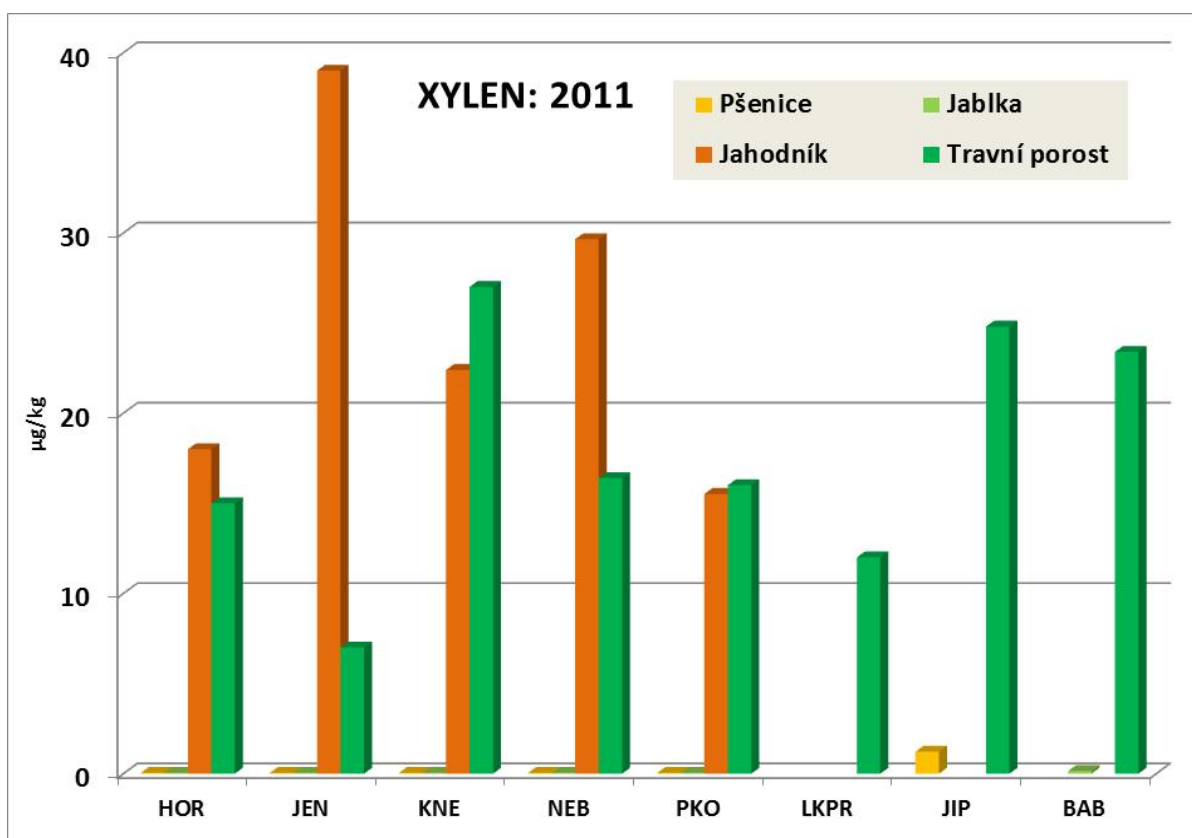
Obrázek 36: Obsahy toluenu v TTP – časové porovnání let 2008 až 2011



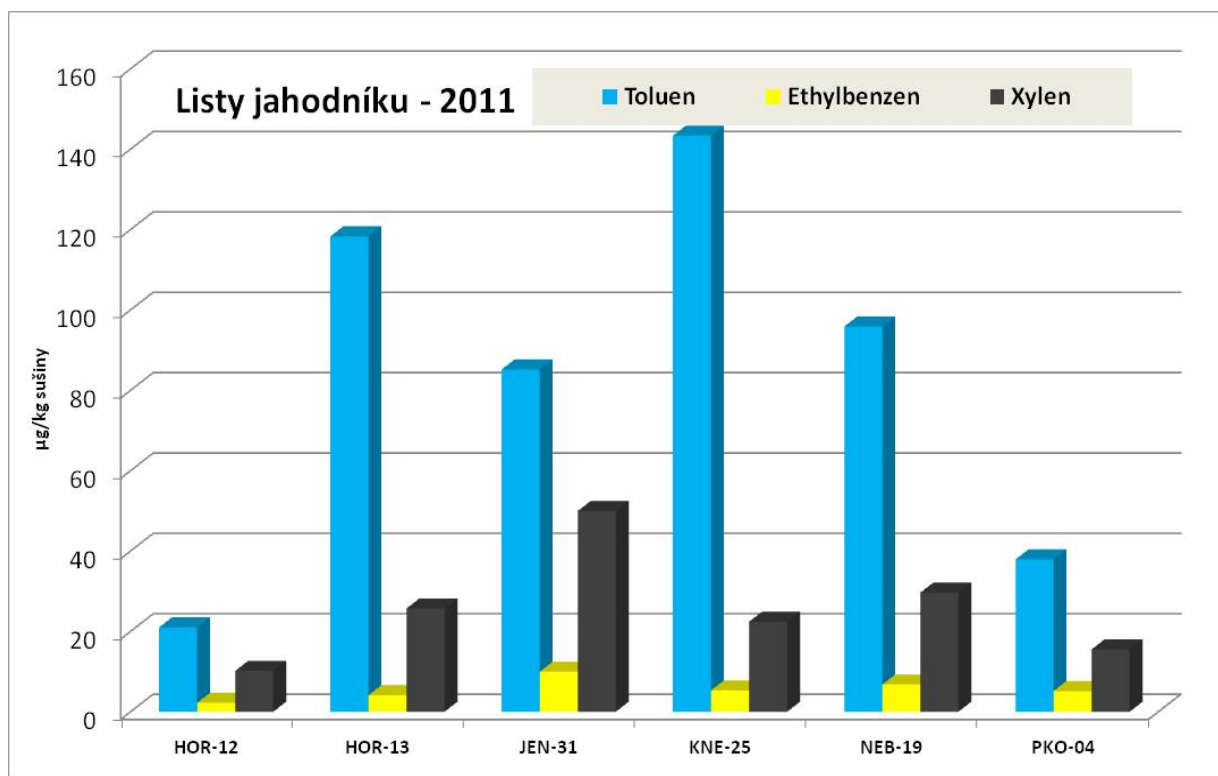
Obrázek 37: Obsahy toluenu 2011: porovnání plodin - průměrné hodnoty za obec (pšenice a jablka v mikrogramech na kg čerstvé hmotnosti, ostatní na sušinu)



Obrázek 38: Obsahy benzenu, ethylbenzenu a xyleny v travním porostu – 2011



Obrázek 39: Obsahy xyleny 2011: porovnání plodin - průměrné hodnoty za obec (pšenice a jablka v mikrogramech na kg čerstvé hmotnosti, ostatní na sušinu)



Obrázek 40: Obsahy BTEX v listech jahodníku - 2011

U lokalit BAB40, BAB41 a BAB44 lze pozorovat poměrně vysoké obsahy benzenu, které indikují odlišné zdroje znečištění těkavými aromatickými uhlovodíky nežli u ostatních lokalit (viz **Obrázek 38**).

Zajímavé jsou nálezy benzenu, ethylbenzenu a xyleny – viz **Obrázek 38 a 39**. Zde byly nalezeny opět zvýšené obsahy v travním porostu některých bodů BAB a KNE. Jen mírně zvýšené hodnoty byly zaznamenány v bodě LKPR37, zatímco v ostatních bodech LKPR nálezy nevybočují z průměru, přestože letecký provoz probíhal v bezprostřední vzdálenosti. Tento rozdíl lze vysvětlit směrem větru v bezprostřední době odběru a dobře dokumentuje, že BTEX odrážejí okamžitý stav, nikoli dlouhodobější zátěž. Vyšší obsahy xyleny v jahodníku v porovnání s travním porostem tuto skutečnost rovněž potvrzují. Listy jahodníku byly kontaminovány xylenem a ethylbenzenem především v lokalitách Jenče – viz **Obrázek 40**.

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

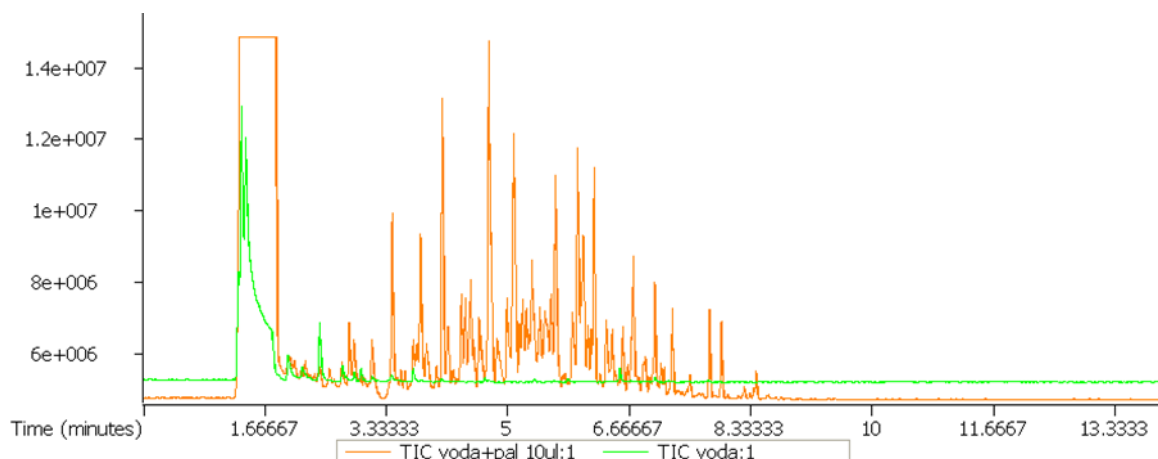
Všechny vzorky byly analyzovány dvakrát a každý vzorek byl pak porovnán se vzorkem, do něhož bylo přidáno přesné množství paliva Jet A (spike). Takto uměle kontaminované vzorky simulují situaci, kdy dojde ke znečištění plodiny leteckým palivem.

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

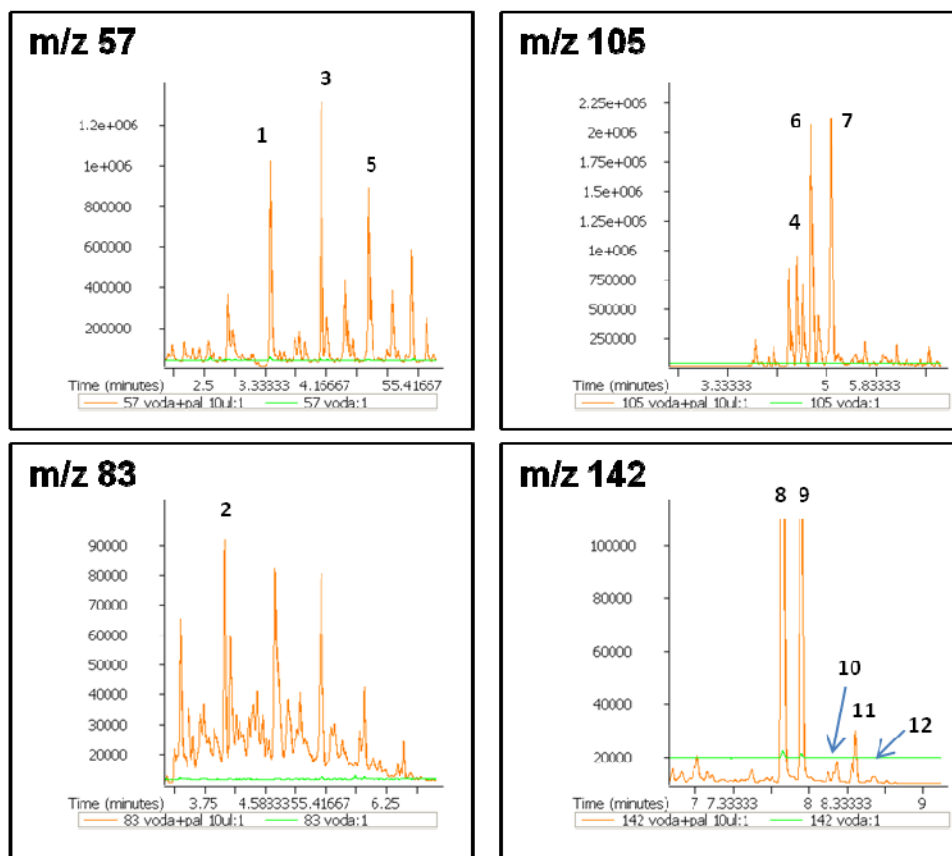
- (i) Případný marker byl identifikován metodou založenou na SPME ve více odebraných vzorcích alespoň dvou typů matrice,
- (ii) Současně byl takový potenciální marker identifikován i v kontrolním vzorku destilované vody, do které bylo přidáno palivo Jet A (cca 2,9 mg/l).
- (iii) Současně nebyl tento 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 (2,9 mg/l) je na **Obrázku 41** (záznam TIC, Total Ion Current) a **42** (záznam iontů o m/z 57, 83, 105 a 142).

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



Obrázek 41: 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 (2,9 mg/l - oranžová linka).



Obrázek 42: Srovnání chromatogramů SPME–GC/TOFMS analýzy (záznam iontů o m/z 57, 83, 105 a 142) kontrolního vzorku destilované vody (zelená linka) a vzorku destilované vody s přidavkem paliva Jet A (2,9 mg/l - oranžová linka). Číslicí jsou označeny vytipované markery paliva – návrh identifikace viz tabulka XY.

Tabulka VI: Identifikované potenciální markery paliva.

Číslo markeru	RT/min	návrh identifikace
1	3.41	undekan
2	4.01	1-methylethylcyklohexan
3	4.10	dodekan
4	4.49	1,2,3-trimethylbenzen
5	4.74	tridekan
6	4.74	1,2,4-trimethylbenzen
7	5.09	1-ethyl-4-methylbenzen
8	7.77	1(2)methylnaftalen
9	7.93	1(2)methylnaftalen
10	8.25	1,5(2,6)(2,7)dimethylnaftalen
11	8.41	1,5(2,6)(2,7)dimethylnaftalen
12	8.58	1,5(2,6)(2,7)dimethylnaftalen

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 VII**.

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

Stejně jako v roce 2010 se v pšenici tyto markery vůbec nevyskytovaly a jejich nejvyšší incidence byla v trvalém travním porostu. Oproti loňskému roku však byly (s jedinou výjimkou v lokalitě JEN) methylnaftaleny nalezeny i v listech jahodníku, sporadicky (3 případy) se vyskytovaly na jablkách.

Obecně byl v roce 2011 výskyt methylnaftalenů v analyzovaných vzorcích frekventovanější než v roce 2010. Jako snížený se oproti loňskému roku jevil výskyt trimethylbenzenů (marker 4 a 6) a ethylmethylbenzenu (marker 7). Snížený výskyt těchto markerů je v souladu s celkově nižšími hladinami etylbenzenu a xylenu (tj dimethylbenzenů) ve vzorcích (viz část A Stanovení BTEX). Nižší byl oproti loňskému roku i výskyt alkanů undekanu (marker 1) a tridekanu (marker 5).

Tabulka VII: 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/PSE/103	ML 555/11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	HOR/PSE/100	ML 556/11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	HOR/PSE/111	ML 557/11	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	NEB/PSE/118	ML 558/11	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
	KNE/PSE/124	ML 559/11	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	JEN/PSE/130	ML 560/11	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	KON/PSE/100	ML 566/11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	JIP/PSE/1K6	ML 567/11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
tráva	BAB/TTP/139	ML 569/11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BAB/TTP/140	ML 570/11	-	-	-	X	-	-	-	X	X	-	-	-
	BAB/TTP/141	ML 571/11	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-
	PKO/TTP/105	ML 678/11	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
	PKO/TTP/106	ML 679/11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	HOR/TTP/114	ML 680/11	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	-	-
	HOR/TTP/115	ML 681/11	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
	NEB/TTP/120	ML 682/11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	NEB/TTP/121	ML 683/11	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-	-
	KNE/TTP/126	ML 684/11	-	-	-	X	-	-	-	X	X	-	-	-
	KNE/TTP/127	ML 685/11	-	-	-	X	-	-	X	X	-	X	-	-
	JEN/TTP/132	ML 686/11	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-
	JEN/TTP/133	ML 687/11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	LKPR/TTP/134	ML 693/11	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	-
	LKPR/TTP/135	ML 694/11	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
	LKPR/TT//136	ML 695/11	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-
	LKPR/TTP/137	ML 696/11	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
	LKPR/TTP/138	ML 697/11	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-
	BAB/TTP/142	ML 698/11	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
	BAB/TTP/144	ML 699/11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JIP/TTP/1K5	ML 709/11	-	-	-	X	-	X	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/LJA/104	ML 561/11	-	X	-	X	-	X	X	X	X	-	-	-
	HOR/LJA/112	ML 562/11	-	-	-	X	-	X	X	X	-	-	-	-
	HOR/LJA/113	ML 563/11	-	-	-	-	-	X	X	X	-	-	-	-
	KNE/LJA/125	ML 564/11	-	-	-	X	-	-	X	X	-	-	-	-
	JEN/LJA/131	ML 565/11	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-
	NEB/LJA/119*	ML 568/11	-	X	-	X	-	X	X	X	-	-	-	-
jablka	BAB/JAB/143	ML 700/11	-	-	-	X	X	-	-	X	-	-	-	-
	BAB/JAB/145	ML 701/11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	JEN/JAB/129	ML 677/11	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
	JEN/JAB/128	ML 676/11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	KNE/JAB/123	ML 675/11	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
	KNE/JAB/122	ML 674/11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-
	NEB/JAB/116	ML 673/11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	HOR/JAB/109	ML 672/11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	HOR/JAB/108	ML 671/11	-	-	-	-	X	-	-	X	X	-	X	-
	PKO/JAB/102	ML 670/11	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-
	PKO/JAB/101	ML 669/11	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
	NEB/JAB/117	ML 650/11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	JIP/JAB/1K7	ML 708/11	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-

* Jahodové listy; odběr 26.7.2011, 10:00; Nebušice, Koubovi

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 zřejmě 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 – 2011

Monitoring indikátorových rostlinných matric terestrického ekosystému pokračoval v roce 2011 za definovaných meteorologických podmínek (poněkud deštivější červenec i srpen) a potvrdil výsledky a závěry z předchozích let.

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 12, resp. 8) polycyklických aromatických uhlovodíků - PAU (doporučených dle EPA a EK), dále o těkavé aromatickými 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 odebrán 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 2005-2011 k významnějšímu či dlouhodobému překročení hladin PAU, které jsou obvyklé v městské oblasti silně zatížené dopravou, případně dalšími lokálními emisními zdroji.
2. Zátěž pšenice a travního porostu kancerogenními PAU (PAU-8) je nejvyšší v lokalitách Kněževes. Od roku 2005 průměrné hladiny PAU-8 naměřené v travním porostu všech lokalit v okolí Letiště Praha mírně poklesly.
3. 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, topeniště a jiné spalovací procesy. Samotný vliv emisí z leteckých motorů nelze spolehlivě oddělit od vlivu intenzivní automobilové dopravy v monitorované oblasti, přičemž ta je ale ze značné části spojená právě s pozemním provozem letiště Praha.
4. Zátěž plodin běžně sledovanými prvky - kadmíem, olovem, rtuť, niklem, mědí a zinkem - v jednotlivých lokalitách v blízkosti letiště značně kolísá – mezi lokálními i meziročně. Konkrétní zdroje kontaminace však nelze určit a zřejmě je nelze připsat leteckému provozu. Hladiny těchto těžkých kovů odpovídají literárním údajům i legislativním požadavkům na potraviny a krmiva. Průměrná zátěž plodin a krmiv těžkými kovy nenaznačuje žádné časové trendy. Zátěž pšenice a travního porostu olovem, niklem a vanadem je nejvyšší v lokalitách Kněževes a Jeneč. V průměru let 2005-2011 zvýšené (i když velice variabilní) hladiny kadmia jsou nalézány v bodech LKPR35 a LKPR36.
5. Vyšetření v letech 2005 až 2011 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 v letech 2009-2011 vytipovány a zaslouží proto další pozornost.
6. Vyšetření plodin na obsah těkavých uhlovodíků BTEX (benzen, toluen, ethylbenzen a xyleny) umožňuje porovnat okamžité zatížení odběrních bodů intenzivní dopravou. Kvantitativní výsledky jsou tedy poměrně variabilní a jsou zatíženy značnou nejistotou spojenou se vzorkováním. Nelze prokázat přímou souvislost mezi obsahy BTEX a leteckým provozem.
7. Data získaná v sezonách 2005 až 2011 vypovídají o průměrné úrovni a kolísání kontaminace ovoce, plodin a objemných krmiv v monitorované oblasti v období 7 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 (provoz nákladní dopravy, stavebních strojů, betonárek, skladišť 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.; Jurčíšínová, 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 zkratek

Ace	acenaphthen
Acy	acenaphthylen
Ant	anthracen
B[a]A	benz[a]anthracen
B[a]P	benzo[a]pyren
B[b]F	benzo[b]fluoranthren
B[ghi]P	benzo[ghi]perylen
B[k]F	benzo[k]fluoranthren
BTEX	benzen, toluen, ethylbenzen, xylen
DB[ah]A	dibenz[a,h]anthracen
Flt	fluoranthren
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 lokality 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 měl v roce 2011 označení HOR110, v roce 2010 pak HOR010 a v roce 2009 HOR910.*

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.....
Prof. Ing. Vladimír Kocourek, CSc.
Ing. Lucie Drábová
Doc. Dr. Ing. Kateřina Riddellová
Ing. Šárka Přinosilová

Datum schválení: 29.11.2011



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 jednájí 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



V. J. M. B. J. Č. K.

Ing. Jiří Růžička, 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.

© FISK VICTORIA SECURITY PRINTING s.r.o. PRAHA

Kopie Osvědčení o akreditaci Metrologické a zkušební laboratoře provádějící zkoušky

Příloha 4**Tabulka VIII:** Obsah sledovaných PAU v pšenici ($\mu\text{g}/\text{kg}$) – porovnání 2011

	HOR 110	HOR 111	JEN 130	KNE 124	NEB 118	PKO 103	JIP 1K6	<i>min.</i>	<i>max.</i>	medián 2011	medián 2010	medián 2009	medián 2008	medián 2007	medián 2006	medián 2005
<i>Phe</i>	0,52	0,74	0,47	0,85	0,32	0,72	1,71	0,32	1,71	0,72	0,79	0,94	0,83	1,53	0,77	0,72
<i>Ant</i>	0,03	0,01	0,03	0,04	0,03	0,04	0,06	0,01	0,06	0,03	0,03	0,02	0,03	0,06	0,02	0,03
<i>Flt</i>	0,04	0,11	0,03	0,12	0,06	0,11	0,25	0,03	0,25	0,11	0,18	0,12	0,17	0,29	0,12	0,15
<i>Pyr</i>	0,02	0,06	<0,01	0,06	0,03	0,07	0,19	<0,01	0,19	0,06	0,08	0,07	0,15	0,29	0,16	0,14
BaA	0,03	0,02	0,02	0,04	0,02	0,02	0,07	0,02	0,07	0,02	0,01	0,01	0,04	0,03	0,05	0,02
Chr	0,01	0,06	<0,01	0,01	0,02	0,01	0,03	<0,01	0,06	0,01	0,04	0,03	0,07	0,06	0,03	0,03
BbF	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01	0,03	0,02	0,02	0,02	0,04	0,05	0,02	0,03
BkF	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02
BaP	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02
DBahA	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,00	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01
BghiP	0,03	0,02	0,02	0,03	0,04	0,03	0,03	0,02	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,05	0,04	0,04
IcdP	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,05	0,01	0,05
Suma 8 PAU	0,13	0,15	0,10	0,16	0,16	0,14	0,18	0,10	0,18	0,15	0,13	0,12	0,24	0,30	0,19	0,19

Tabulka IX: Obsah sledovaných PAU v jablkách (µg/kg) – porovnání 2011

	HOR 108	HOR 109	JEN 128	JEN 129	KNE 122	KNE 123	NEB 116	NEB 117	PKO 101	PKO 102	BAB 043	BAB 045
<i>Phe</i>	2,17	1,22	2,08	2,17	1,73	0,97	1,37	1,38	2,39	2,56	3,56	2,36
<i>Ant</i>	0,08	0,12	0,21	0,17	0,10	0,09	0,09	0,06	0,06	0,08	0,15	0,11
<i>Flt</i>	0,41	0,49	1,00	0,58	0,30	0,26	0,54	0,14	0,22	0,50	0,75	0,40
<i>Pyr</i>	0,18	0,20	0,44	0,39	0,09	0,07	0,11	0,17	0,01	0,22	0,27	0,14
BaA	0,04	0,02	0,07	0,08	<0,01	0,06	<0,01	0,02	<0,01	0,04	0,09	0,04
Chr	0,07	0,07	0,17	0,13	0,06	0,08	0,08	0,04	0,05	0,07	0,23	0,08
BbF	0,03	0,03	0,06	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,03
BkF	0,01	0,01	0,05	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,03	0,02
BaP	0,04	0,04	0,06	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,03
DBahA	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01
BghiP	0,05	0,07	0,10	0,12	0,05	0,09	0,03	0,05	0,06	0,06	0,12	0,07
IcdP	0,02	0,04	0,02	0,03	0,03	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,07	0,07
Suma 8 PAU	0,27	0,28	0,62	0,52	0,21	0,38	0,20	0,22	0,21	0,27	0,64	0,35

	JIP 1K7	min.	max.	medián 2011	medián 2010	medián 2009	medián 2008	medián 2007	medián 2006	medián 2005
<i>Phe</i>	1,59	0,97	3,56	2,08	4,17	1,33	2,83	1,06	2,64	5,53
<i>Ant</i>	0,07	0,06	0,21	0,09	0,12	0,05	0,11	0,07	0,10	0,16
<i>Flt</i>	0,75	0,14	1,00	0,49	0,98	0,64	0,64	0,27	0,77	0,86
<i>Pyr</i>	0,43	0,01	0,44	0,18	0,80	1,23	0,39	0,10	0,44	0,51
BaA	0,03	<0,01	0,09	0,04	0,12	0,04	0,08	0,02	0,04	0,04
Chr	0,07	0,04	0,23	0,07	0,22	0,10	0,17	0,02	0,09	0,13
BbF	0,02	0,02	0,06	0,03	0,09	0,03	0,03	0,02	0,05	0,04
BkF	0,01	0,01	0,05	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
BaP	0,04	0,03	0,06	0,04	0,21	0,02	0,02	0,02	0,09	0,02
DBahA	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,01	0,02	<0,01	0,01	<0,01	<0,01
BghiP	0,06	0,03	0,12	0,06	0,19	0,03	0,03	0,02	0,10	0,03
IcdP	0,04	<0,01	0,07	0,02	0,10	0,02	0,03	0,02	0,07	0,04
Suma 8 PAU	0,17	0,18	0,65	0,27	0,94	0,28	0,36	0,10	0,45	0,44

Tabulka X: Obsah sledovaných PAU v listech jahodníku ($\mu\text{g}/\text{kg}$ sušiny) – porovnání 2011

	HOR 112	HOR 113	JEN 131	KNE 125	NEB 119	PKO 104	min.	max.	medián 2011	medián 2010	medián 2009	medián 2008	medián 2007	medián 2006	medián 2005
<i>Phe</i>	26,9	5,55	23,4	10,8	23,3	10,4	5,55	26,9	17,1	17,0	14,0	34,0	50,2	32,0	24,6
<i>Ant</i>	1,57	0,20	1,76	0,68	0,85	0,25	0,20	1,76	0,76	0,76	0,69	0,73	1,88	0,83	1,09
<i>Flt</i>	23,8	3,71	18,3	8,17	15,4	3,88	3,71	23,8	11,8	13,0	10,4	10,7	26,0	15,3	14,8
<i>Pyr</i>	18,9	2,57	13,3	5,93	9,93	2,39	2,39	18,9	7,93	5,76	6,54	6,55	14,9	9,8	7,26
BaA	8,90	1,01	7,77	1,90	4,94	0,88	0,88	8,90	3,42	1,44	1,57	1,82	4,28	1,70	2,85
Chr	10,72	1,61	17,1	3,55	6,69	2,00	1,61	17,1	5,12	3,11	3,33	3,83	5,48	3,31	4,10
BbF	8,70	1,41	5,59	1,85	4,39	0,63	0,63	8,70	3,12	2,02	2,20	2,10	4,76	2,31	2,78
BkF	5,17	0,81	3,21	1,07	2,67	0,34	0,34	5,17	1,87	1,01	1,14	1,04	2,47	1,16	1,55
BaP	8,96	1,51	4,96	1,69	5,11	0,40	0,40	8,96	3,33	1,90	1,74	1,56	3,71	1,70	2,35
DBahA	0,95	0,13	0,46	0,16	0,43	0,05	0,05	0,95	0,30	0,18	0,18	0,18	0,51	0,18	0,25
BghiP	11,2	1,60	4,95	2,01	4,86	0,59	0,59	11,2	3,44	1,94	1,87	1,18	3,76	1,93	2,43
IcdP	6,79	1,06	3,50	1,24	3,04	0,21	0,21	6,79	2,14	2,07	1,77	1,63	4,44	1,91	2,71
Suma 8 PAU	86,1	9,1	70,7	24,3	49,6	10,6	9,14	86,1	36,9	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 2011 o více než dvojnásobek.

Tabulka XI: Obsah sledovaných PAU v trvalém travním porostu ($\mu\text{g}/\text{kg}$ sušiny) – porovnání 2011

	HOR 114	HOR 115	JEN 132	JEN 133	KNE 126	KNE 127	LKPR 134	LKPR 135	LKPR 136	LKPR 137	LKPR 138
<i>Phe</i>	12,1	6,30	22,8	25,9	10,4	23,2	16,4	21,9	10,7	15,2	15,1
<i>Ant</i>	0,40	0,12	0,61	0,44	0,12	0,57	0,18	0,39	0,22	0,32	0,31
<i>Flt</i>	8,08	3,21	5,82	10,0	3,38	14,2	6,40	11,3	3,53	10,1	7,00
<i>Pyr</i>	6,75	2,56	6,28	10,6	3,05	10,9	4,62	6,71	3,81	6,20	5,46
BaA	3,12	1,33	2,12	3,08	0,83	4,50	0,57	1,35	0,46	1,57	1,10
Chr	4,14	1,69	2,91	4,36	1,28	6,07	1,53	2,73	0,85	2,38	1,85
BbF	4,43	1,54	0,82	3,73	0,66	6,88	1,22	1,75	0,38	1,75	1,47
BkF	2,59	0,95	0,57	2,08	0,43	3,60	0,65	0,98	0,20	0,91	0,77
BaP	5,26	1,81	0,74	3,48	0,61	6,34	0,96	1,45	0,23	1,32	1,00
DBahA	0,42	0,16	0,06	0,36	0,08	0,82	0,11	0,15	0,04	0,16	0,14
BghiP	6,75	2,36	0,99	4,66	1,10	9,28	1,50	2,01	0,50	2,11	1,91
IcdP	3,96	1,35	0,59	2,90	0,62	5,35	0,92	1,32	0,68	1,19	1,09
Suma 8 PAU	30,68	11,18	8,80	24,65	5,61	42,84	7,45	11,74	3,34	11,38	9,32

	NEB 120	NEB 121	PKO 105	PKO 106	BAB 139	BAB 140	BAB 141	BAB 142	BAB 144
<i>Phe</i>	9,60	13,3	8,65	12,8	9,66	12,5	13,02	18,3	13,9
<i>Ant</i>	0,19	0,29	0,09	0,55	0,02	0,04	0,07	0,38	0,52
<i>Flt</i>	3,11	6,24	2,24	6,85	2,97	6,51	5,96	13,07	7,86
<i>Pyr</i>	2,65	4,36	1,83	5,12	1,97	4,07	2,82	10,2	7,19
BaA	0,76	1,66	0,65	2,20	0,51	1,63	0,75	2,98	1,34
Chr	1,55	2,89	0,95	3,23	0,76	2,23	1,39	5,65	2,34
BbF	0,50	1,99	0,33	3,14	0,57	1,94	0,55	5,23	1,80
BkF	0,32	1,14	0,24	1,66	0,34	1,16	0,30	3,20	0,96
BaP	0,34	1,74	0,34	2,90	0,45	1,99	0,34	5,93	1,83
DBahA	0,04	0,16	0,03	0,27	0,05	0,19	0,06	0,58	0,22
BghiP	0,60	2,63	0,59	4,03	0,71	2,58	0,46	6,67	1,62
IcdP	0,39	1,52	0,35	2,34	0,45	1,58	0,42	4,09	1,07
Suma 8 PAU	4,49	13,72	3,48	19,78	7,61	19,71	12,16	34,34	11,17

červeně jsou vyznačeny hodnoty sumy 8 PAU a odběrní body, které překračují medián 2011 o více než dvojnásobek,

pokračování tabulky XI:

	JIP 1K5	min,	max,	medián 2011	medián 2010	medián 2009	medián 2008	medián 2007	medián 2006	medián 2005
<i>Phe</i>	11,60	6,30	25,9	13,6	11,3	9,10	26,6	25,8	14,9	22,3
<i>Ant</i>	0,30	0,09	0,61	0,32	0,30	0,19	0,90	0,54	0,57	0,87
<i>Flt</i>	2,80	2,24	14,2	6,62	6,27	5,10	12,1	14,8	10,0	13,3
<i>Pyr</i>	3,49	1,83	10,9	5,29	3,96	2,96	6,58	7,61	6,36	6,88
BaA	1,10	0,46	4,50	1,35	1,13	0,83	1,70	1,79	1,46	2,12
Chr	0,79	0,79	6,07	2,36	1,84	2,45	3,61	3,90	3,45	4,11
BbF	0,29	0,29	6,88	1,64	2,00	2,62	3,38	3,94	2,99	4,43
BkF	0,19	0,19	3,60	0,93	0,90	1,16	1,65	1,85	1,57	2,11
BaP	0,21	0,21	6,34	1,39	1,86	1,66	2,54	2,46	2,22	3,01
DBahA	0,01	0,01	0,82	0,15	0,19	0,22	0,28	0,33	0,25	0,34
BghiP	0,39	0,39	9,28	1,96	2,13	2,30	2,89	2,06	2,37	3,21
IcdP	0,24	0,24	5,35	1,14	1,79	2,05	2,97	2,60	2,65	3,58
Suma 8 PAU	3,23	3,23	42,8	11,2	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 2011 o více než dvojnásobek,

Tabulka XII: Obsah sledovaných stopových prvků v trvalém travním porostu (µg/kg sušiny) – porovnání 2011

	HOR 114	HOR 115	JEN 132	JEN 133	KNE 126	KNE 127	LKPR 134	LKPR 135	LKPR 136	LKPR 137	LKPR 138	NEB 120	NEB 121	PKO 105	PKO 106
V	690	170	220	520	27	25	180	280	110	240	150	120	200	180	760
Cr	1 200	730	730	1 130	880	1 480	560	880	670	780	630	800	830	700	1 480
Ni	720	760	1 190	1 480	2 770	2 670	870	1 020	1 570	1 830	730	2 600	1 000	1 240	1 320
Cu	6 450	5 960	5 900	9 580	6 050	23 100	4 300	5 940	4 540	4 360	5 300	11 400	7 850	4 850	4 680
Zn	39 800	18 000	30 900	46 400	21 800	51 700	17 800	20 100	11 200	12 900	18 000	37 800	28 600	17 600	18 800
Mo	2 710	6 240	3 430	3 470	2 580	2 420	750	1 610	710	860	2 690	2 130	2 220	5 020	2 420
Cd	27	27	31	62	44	60	124	81	97	113	50	16	68	43	25
Pb	500	90	100	420	930	880	180	210	100	200	110	660	180	120	650
Hg	15	17	21	17	14	28	16	15	16	26	24	12	21	13	18

pokr.	BAB 139	BAB 140	BAB 141	BAB 142	BAB 144	JIP 1K5	min.	max.	medián 2011	medián 2010	medián 2009	medián 2008	medián 2007	medián 2006	medián 2005
V	160	210	180	350	1 680	240	25	1 680	200	230	204	230	513	246	392
Cr	1 010	850	880	1 060	2 650	1 120	560	2 650	880	870	771	620	1 220	726	717
Ni	1 900	2 470	870	1 510	1 780	810	720	2 770	1 320	1 290	1 225	1 120	2 010	2 255	1 783
Cu	6 630	10 300	5 440	9 020	10 700	5 720	4 300	23 100	5 960	7 730	6 498	6 910	8 114	10 023	8 182
Zn	31 400	35 200	24 700	47 200	37 500	24 600	11 200	51 700	24 700	22 500	24 889	27 900	43 614	56 714	34 733
Mo	2 030	1 030	2 580	1 810	4 040	1 220	710	6 240	2 420	4 310	4 360	2 750	3 955	3 361	2 335
Cd	86	90	19	73	76	64	16	124	62	54	54	53	44	55	37
Pb	160	180	140	400	1 800	100	90	1 800	180	120	180	220	345	431	573
Hg	11	19	8	23	45	19	8	45	17	17	11	18	19	109	33

červeně jsou vyznačeny hodnoty, které překračují medián 2011 o více než trojnásobek a lokality se 3 a více „červenými“ parametry.

Tabulka XIII: Obsah stopových prvků v jablkách (µg/kg) – porovnání 2011

	HOR 108	HOR 109	JEN 128	JEN 129	KNE 122	KNE 123	NEB 116	NEB 117	PKO 101	PKO 102	BAB 143	BAB 145	JIP-K7
V	15	11	33	26	27	25	14	18	14	17	27	21	20
Cr	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
Ni	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
Cu	340	300	290	290	200	290	260	300	260	260	270	140	180
Zn	130	190	150	140	210	140	140	300	170	190	330	150	130
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

<i>pokrač</i>	<i>min.</i>	<i>max.</i>	medián 2011	medián 2010	medián 2009	medián 2008	medián 2007	medián 2006	medián 2005
V	11	33	21	15	17,5	7	1	1	2
Cr	<50	0	0	<50	<50	<50	14	7	9
Ni	<50	0	0	55	<50	60	10	17	46
Cu	140	300	260	380	300	290	301	436	355
Zn	130	330	150	200	190	180	394	965	265
Mo	<50	<50	<50	<50	<50	<50	19	17	9
Cd	<1	<1	<1	<1	10	<1	<1	<1	<1
Pb	<10	<10	<10	<10	20	<10	1	2	2
Hg	<1	<1	<1	<1	<5	<1	<1	1	1

Tabulka XIV: Obsah stopových prvků v pšenici (µg/kg) – porovnání 2011

PSE	HOR 110	HOR 111	JEN 130	KNE 124	NEB 118	PKO 103	JIP 1K6
V	80	80	90	80	80	90	80
Cr	350	380	420	370	360	390	340
Ni	130	310	100	15	80	220	170
Cu	4 180	4 290	2 960	2 480	3 530	3 210	3 930
Zn	22 500	23 300	18 400	24 500	19 900	18 000	23 900
Mo	620	170	1 250	1 250	1 350	530	190
Cd	26	29	24	24	20	30	41
Pb	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
Hg	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1

<i>pokrač.</i>	<i>min.</i>	<i>max.</i>	medián 2011	medián 2010	medián 2009	medián 2008	medián 2007	medián 2006	medián 2005
V	80	90	80	60	80	3	3	2	6
Cr	340	420	370	310	205	325	65	47	62
Ni	15	310	130	240	280	255	252	109	109
Cu	2 480	4 290	3 530	3 850	2 860	4 415	3 155	3 515	3 230
Zn	18 000	24 500	22 500	20 100	17 700	16 300	19 600	29 000	25 850
Mo	170	1 350	620	1 360	670	920	792	982	855
Cd	20	41	26	27	26	25	17	23	24
Pb	< 50	< 50	< 50	<50	< 50	8	8	7	9
Hg	<1	<1	<1	<1	1	1	2	3	3

Tabulka XV: Obsah stopových prvků v listí jahodníku ($\mu\text{g}/\text{kg}$ sušiny) – porovnání 2011

LJA	HOR 112	HOR 113	JEN 131	KNE 125	NEB 119	PKO 104
V	540	1 040	1 090	230	710	350
Cr	1 130	1 870	1 380	720	1 380	610
Ni	1 180	1 630	1 270	970	1 060	1 310
Cu	4 540	3 670	2 060	3 970	23 900	3 060
Zn	16 800	12 300	17 400	14 000	19 700	12 900
Mo	1 220	530	650	320	1 510	670
Cd	11	20	14	10	20	10
Pb	470	780	560	400	600	80
Hg	22	20	12	18	15	11

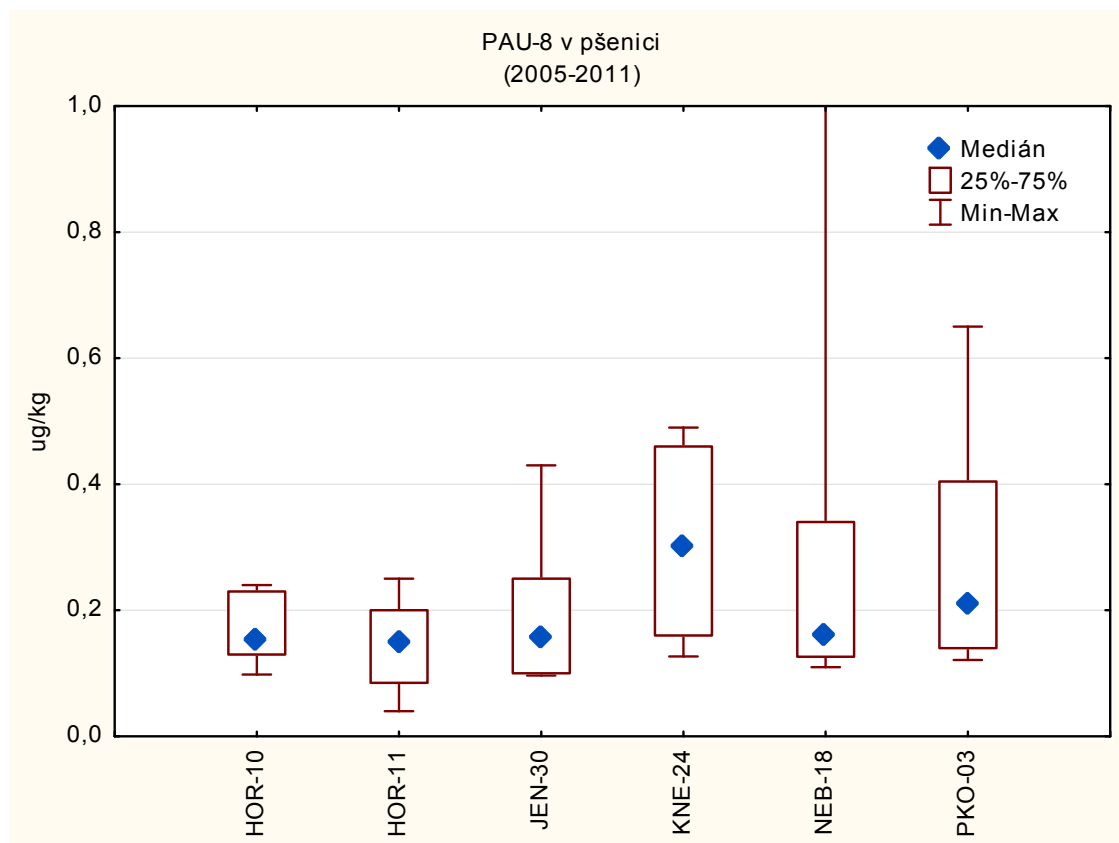
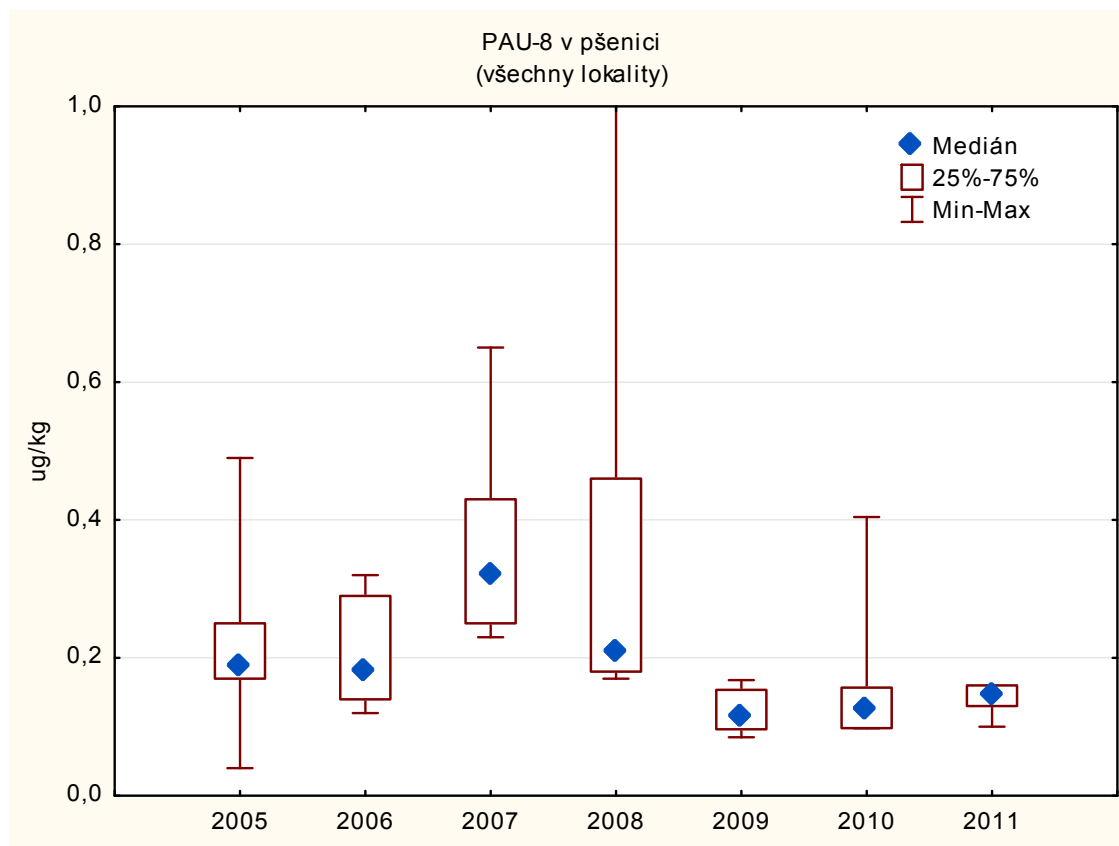
pokrač.	min.	max.	medián 2011	medián 2010	medián 2009	medián 2008	medián 2007	medián 2006	medián 2005
V	230	1 090	625	490	595	710	1 486	758	446
Cr	610	1 870	1 255	1 120	1 105	990	1 302	633	678
Ni	970	1 630	1 225	800	1 552	860	1 316	1 142	1 142
Cu	2 060	23 900	3 820	3 920	5 444	3 585	4 106	3 971	4 222
Zn	12 300	19 700	15 400	14 700	18 045	13 500	27 041	28 000	14 751
Mo	320	1 510	660	960	2 046	935	551	880	1 232
Cd	10	20	13	14	23	17	20	17	26
Pb	80	780	515	290	342	455	951	651	689
Hg	11	22	17	13	16	19	17	86	33

Tabulka XVI: Obsah BTEX v trvalém travním porostu ($\mu\text{g}/\text{kg}$ sušiny)

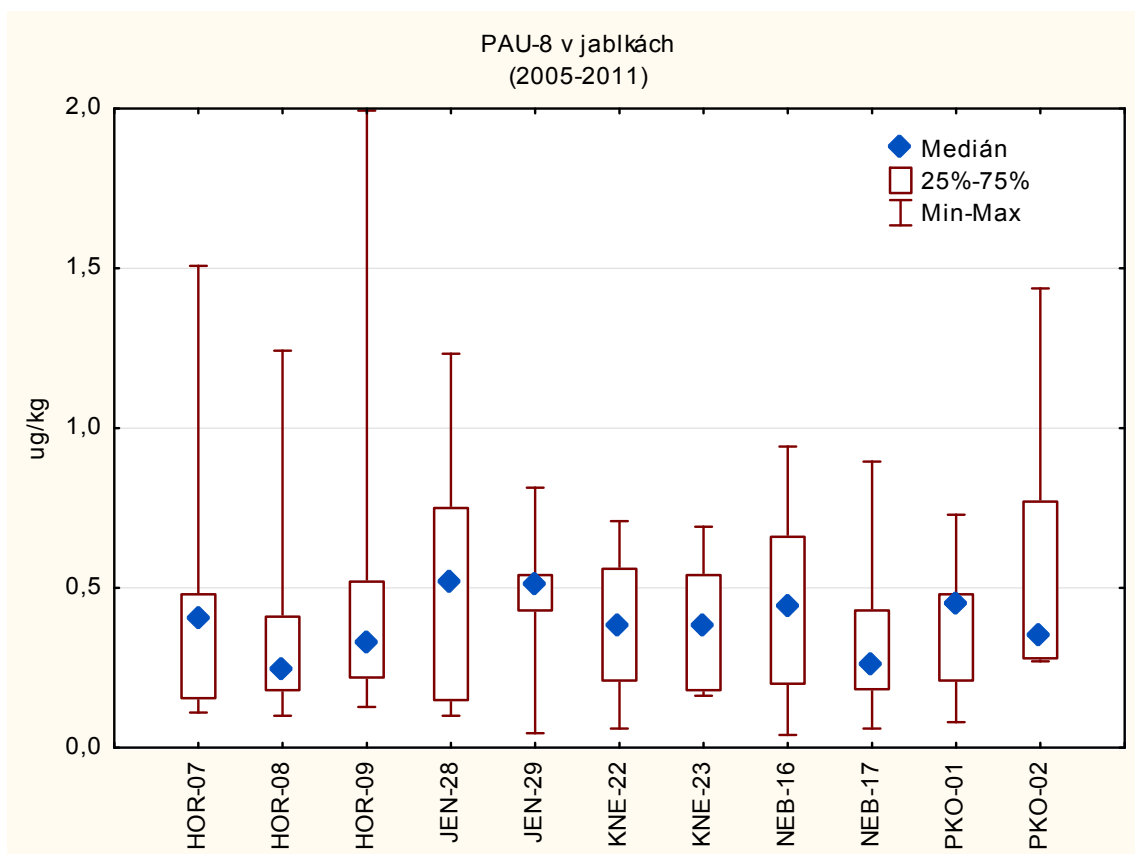
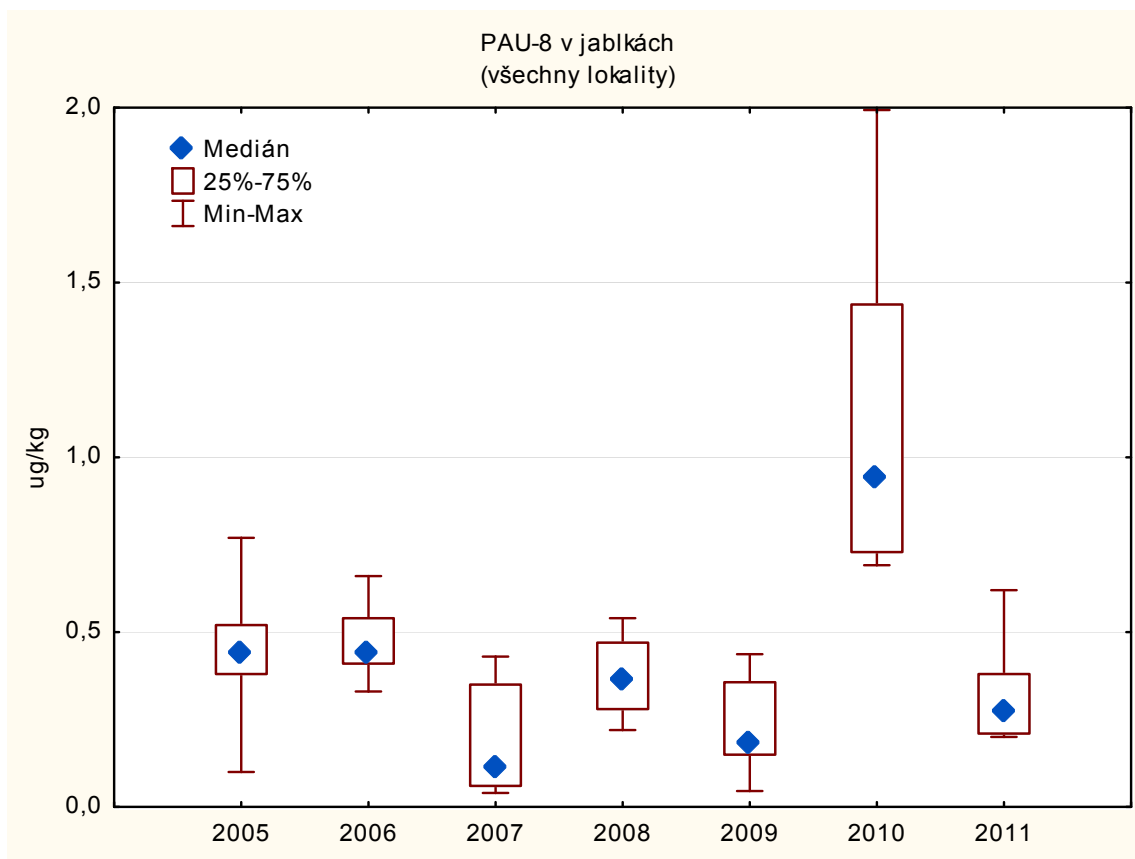
	HOR 114	HOR 115	JEN 132	JEN 133	KNE 126	KNE 127	LKPR 134	LKPR 135	LKPR 136	LKPR 137	LKPR 138	NEB 120	NEB 121	PKO 105	PKO 106
benzen	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6
toluen	143	140	26,8	146	30,4	128	189	126	126	77,8	169	179	127	178	29,1
ethyl-benzen	5,1	<0,15	2,8	1,8	6,0	9,2	<0,15	4,3	3,3	1,9	3,6	3,6	3,6	4,2	1,1
xylén	27,0	2,6	11,5	2,3	22,1	32,7	2,7	16,6	12,6	7,8	21,0	13,8	19,0	28,1	3,9
SUMA	175	143	41,2	151	58,4	170	192	147	142	87,5	194	196	150	211	34,1

<i>pokrač.</i>	BAB 139	BAB 140	BAB 141	BAB 142	BAB 144	JIP 1K5	<i>min.</i>	<i>max.</i>	medián 2011	medián 2010	medián 2009	medián 2008	medián 2007
benzen	<0,6	1,0	1,6	<0,6	5,8	<0,6	0,0	5,8	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	9,2
toluen	240	263	51,8	134	193	124	26,8	263	134	65,4	47,1	37,4	24,0
ethyl-benzen	5,1	5,7	9,7	5,1	<0,15	4,9	1,1	9,7	4,3	8,4	1,5	2,0	4,7
xylén	24,2	29,2	33,6	20,7	26,1	24,8	2,3	33,6	20,7	12,6	2,4	14,0	12,6
SUMA	270	298	95,1	160	219	153	34,1	298	153,7	84,5	47,1	47,5	59,6

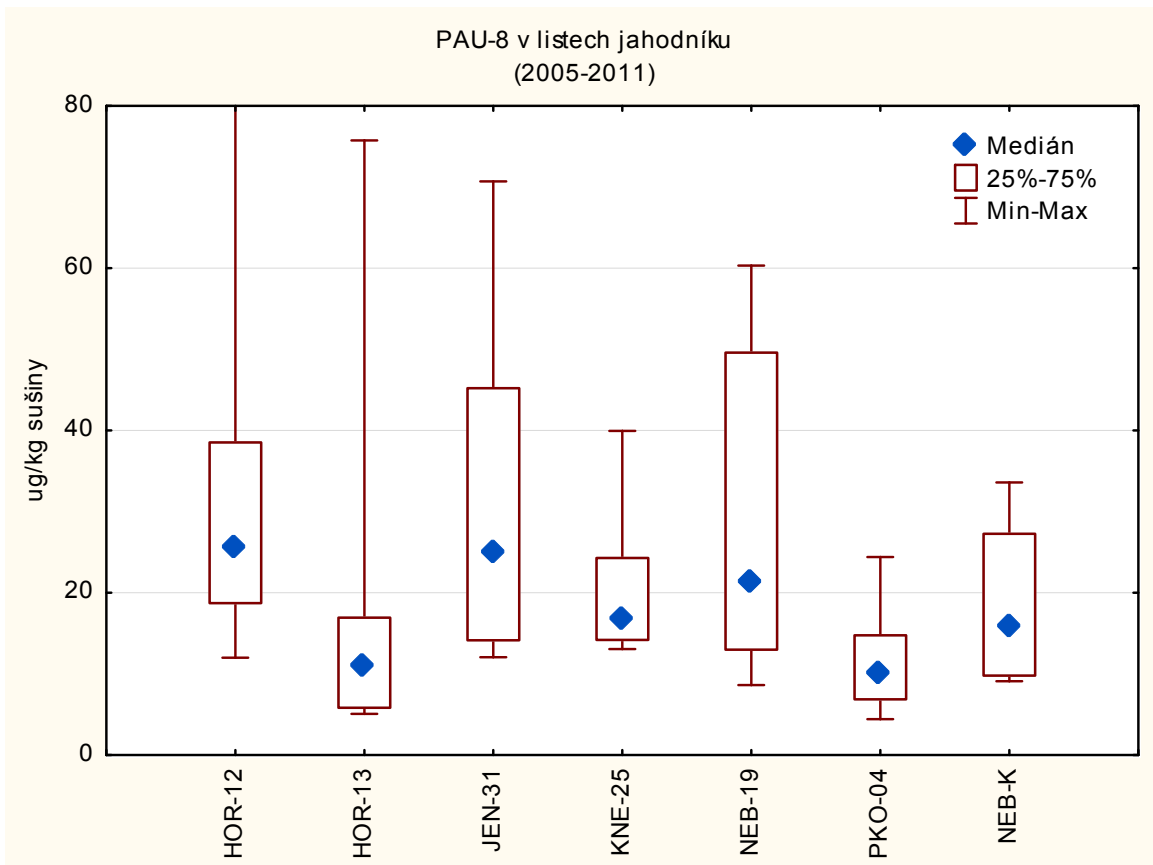
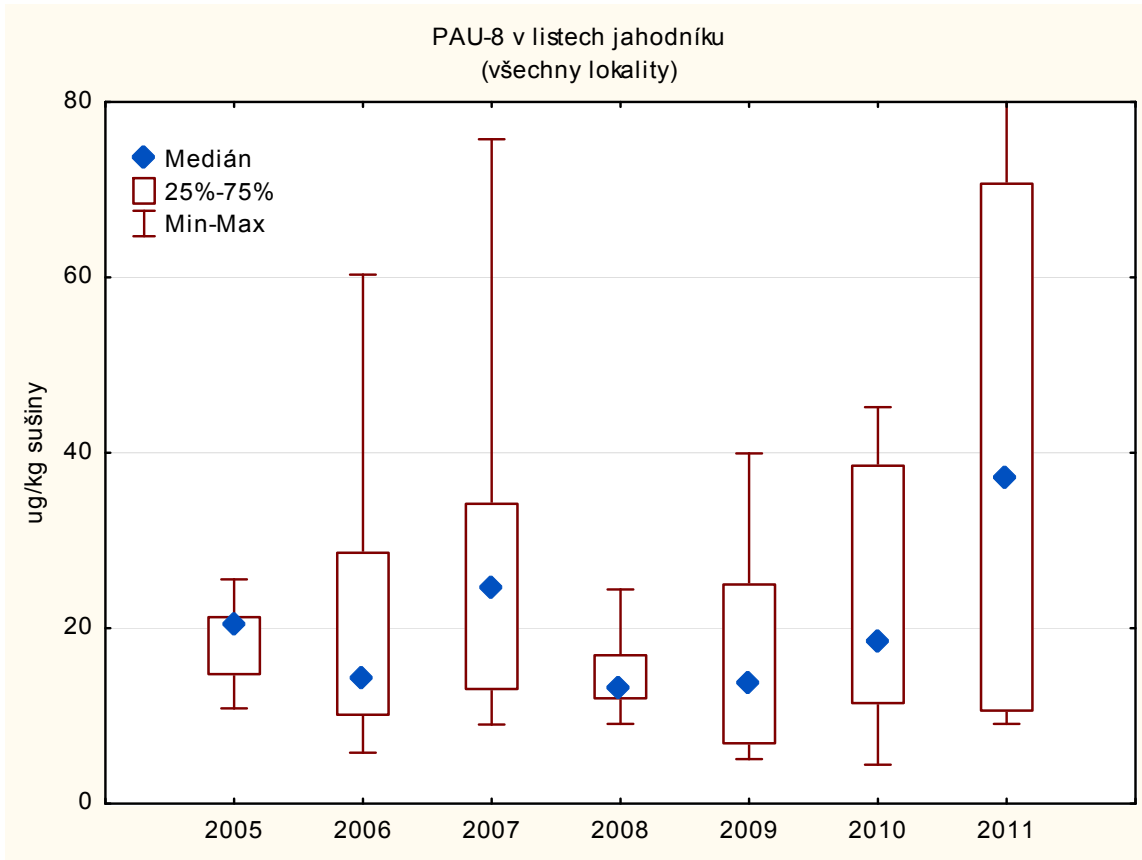
Obrázek 43: Souhrnné charakteristiky pro obsahy PAU-8 v pšenici - porovnání sezon a lokalit



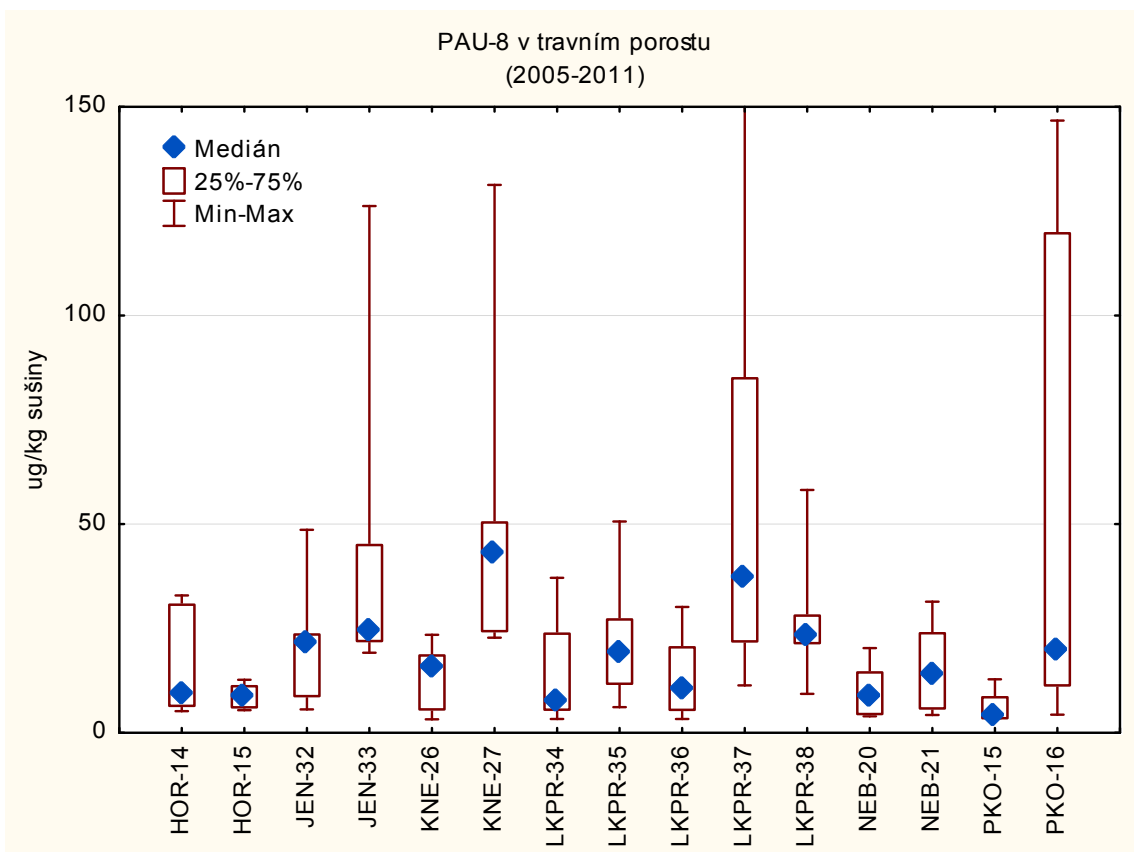
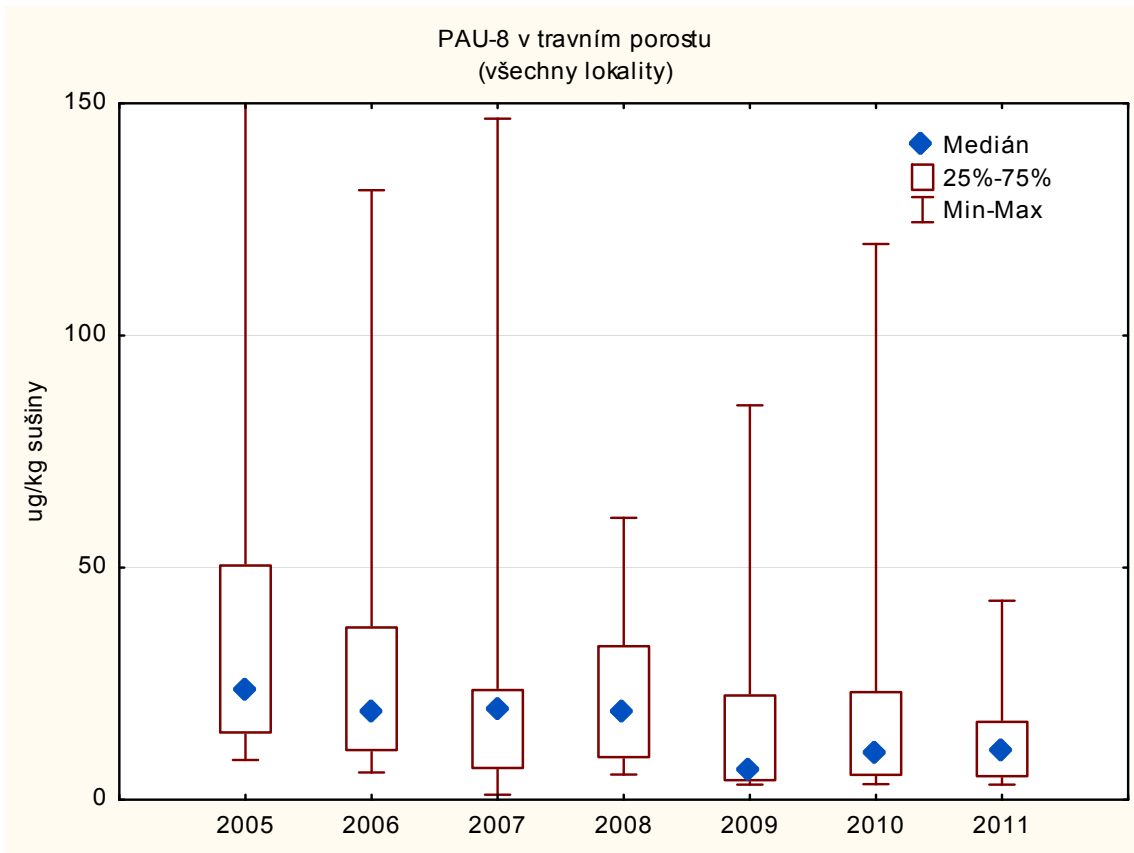
Obrázek 44: Souhrnné charakteristiky pro obsahy PAU-8 v jablkách - porovnání sezon a lokalit



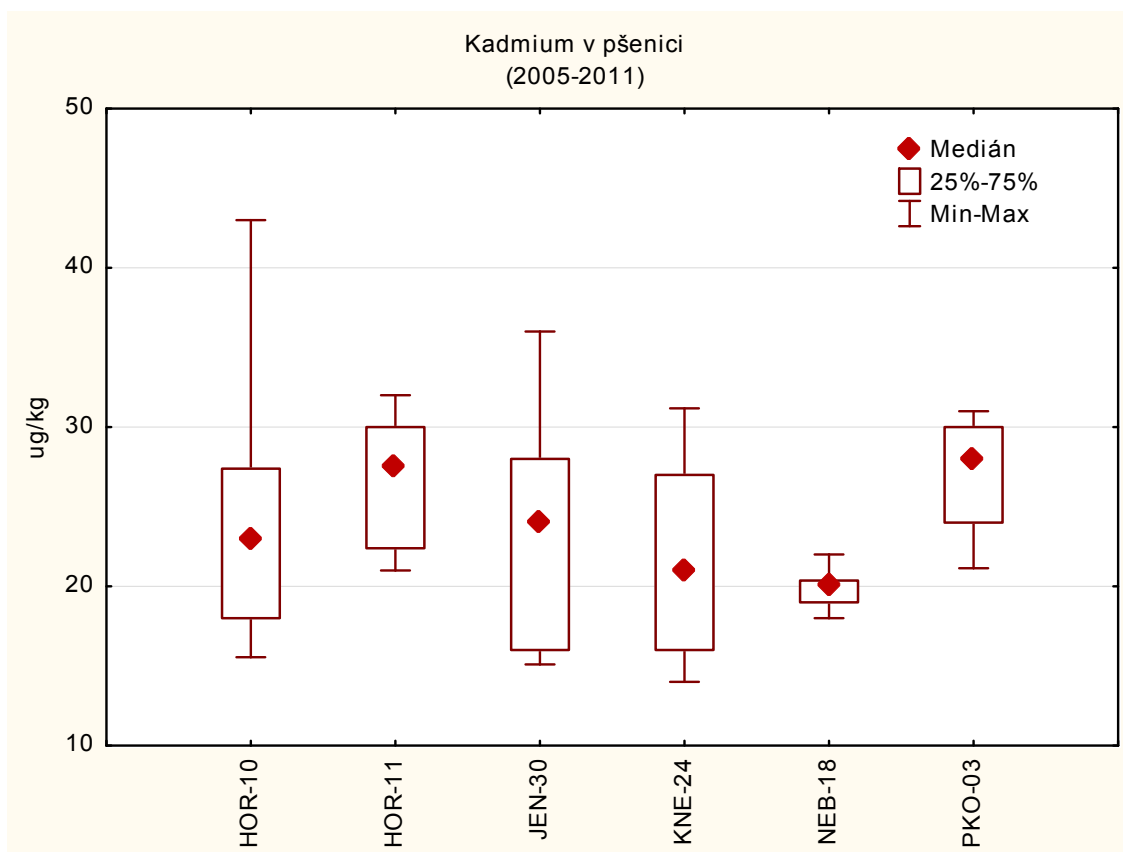
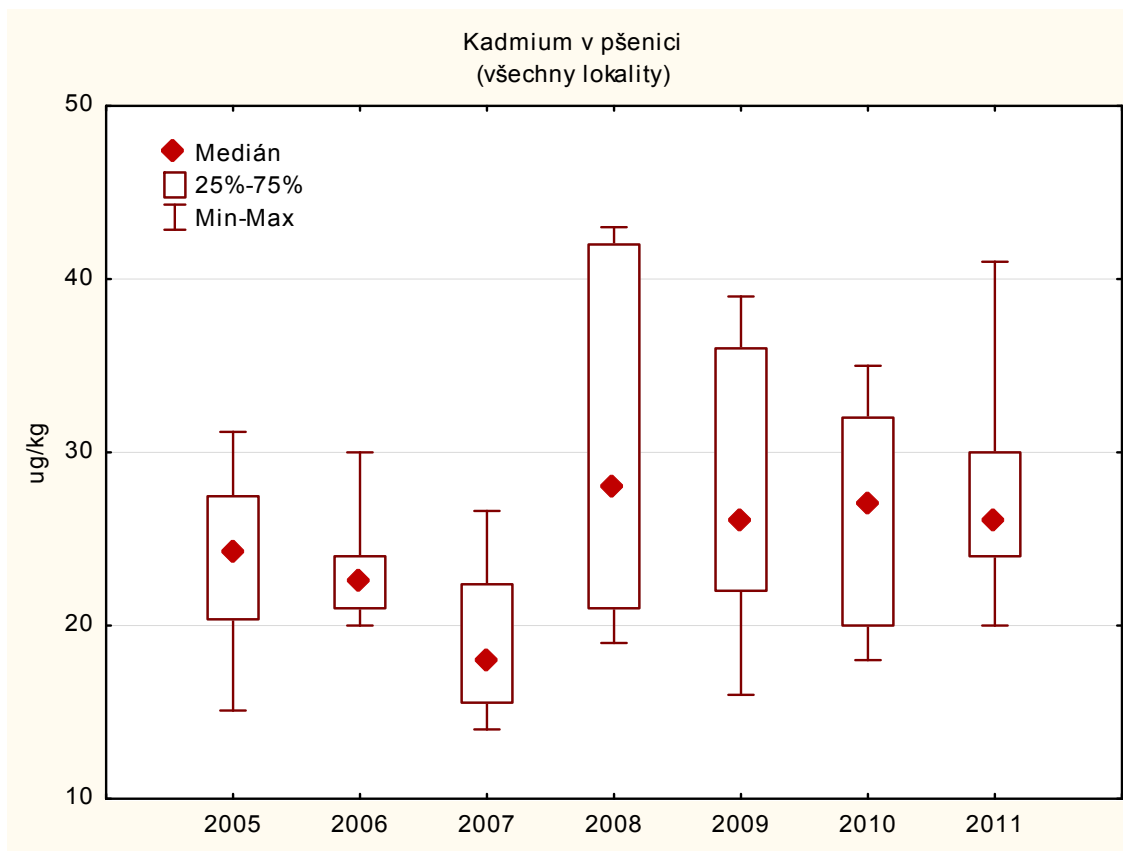
Obrázek 45: Souhrnné charakteristiky pro obsahy PAU-8 v listech jahodníku - porovnání sezon a lokalit



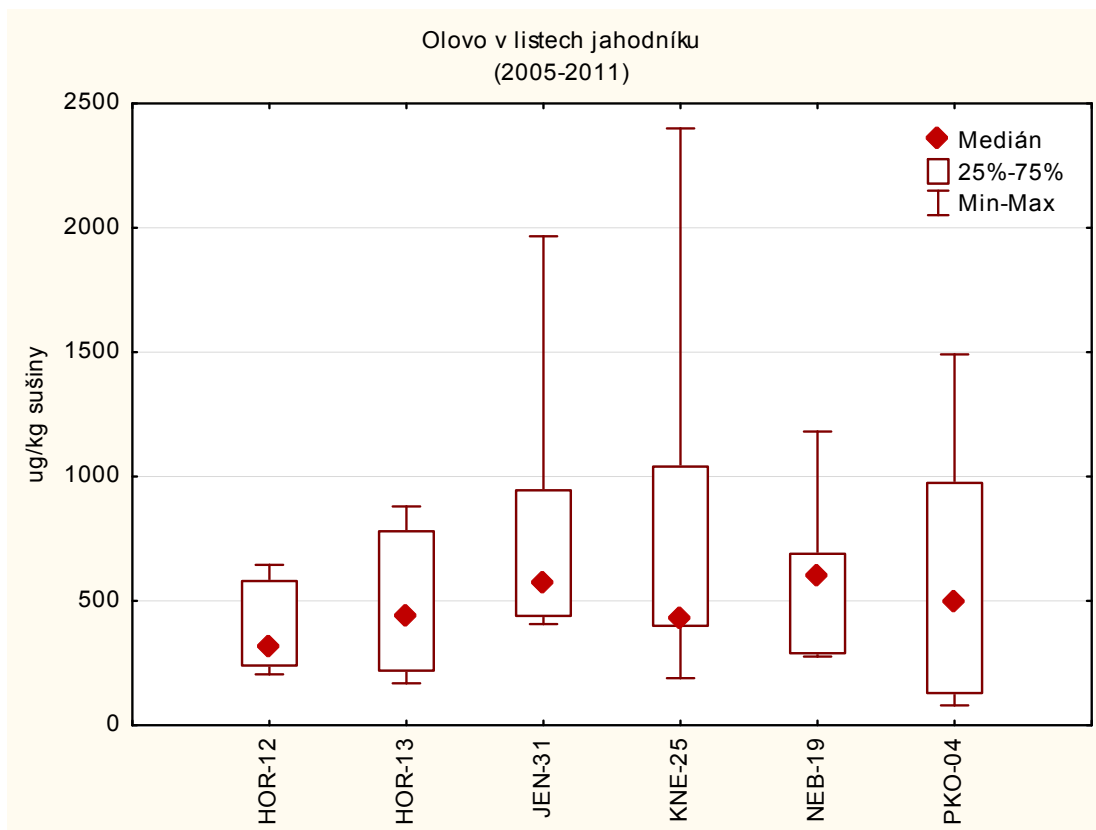
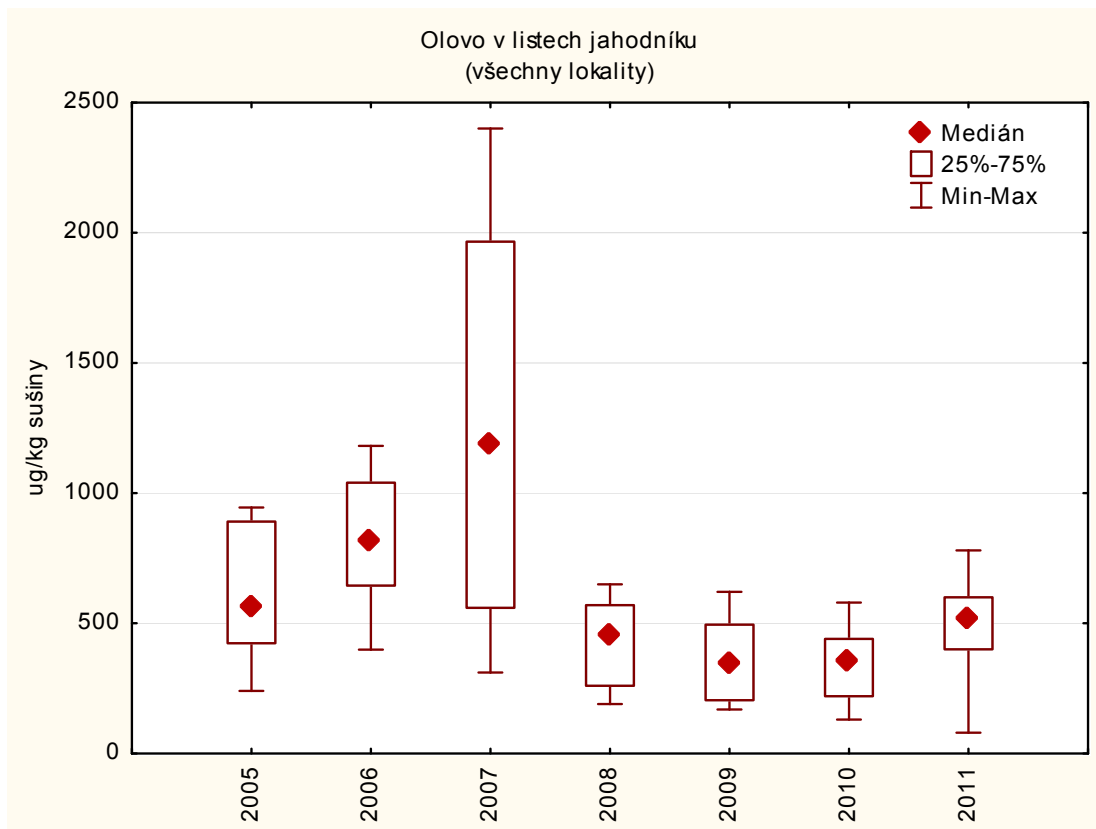
Obrázek 46: Souhrnné charakteristiky pro obsahy PAU-8 v travním porostu - porovnání sezon a lokalit



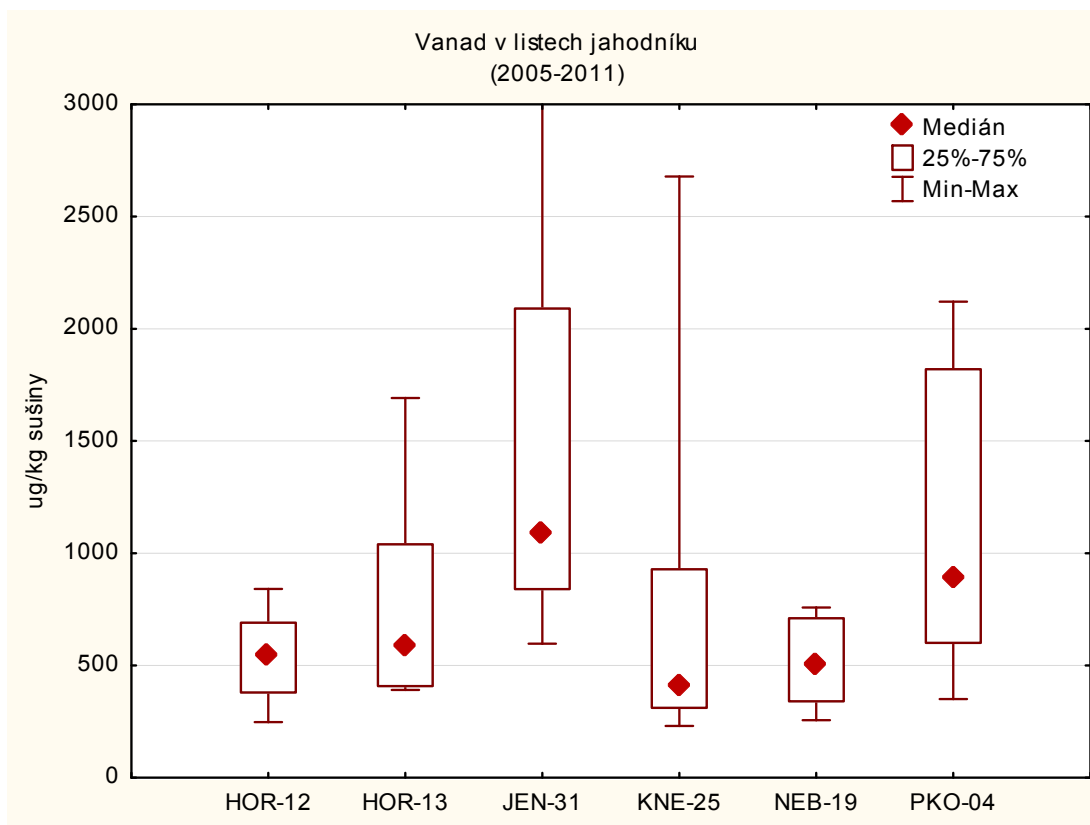
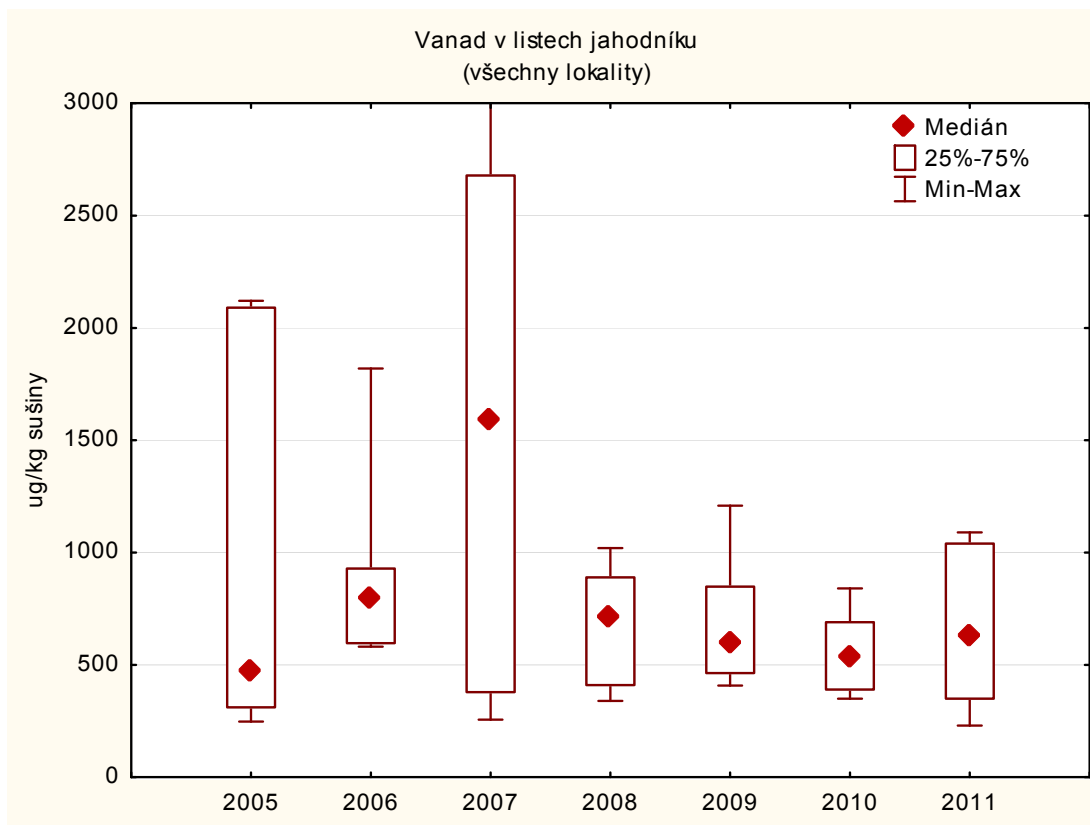
Obrázek 47: Souhrnné charakteristiky pro obsahy **kadmia v pšenici** (zrno ve sklizňové zralosti) - porovnání sezon a lokalit



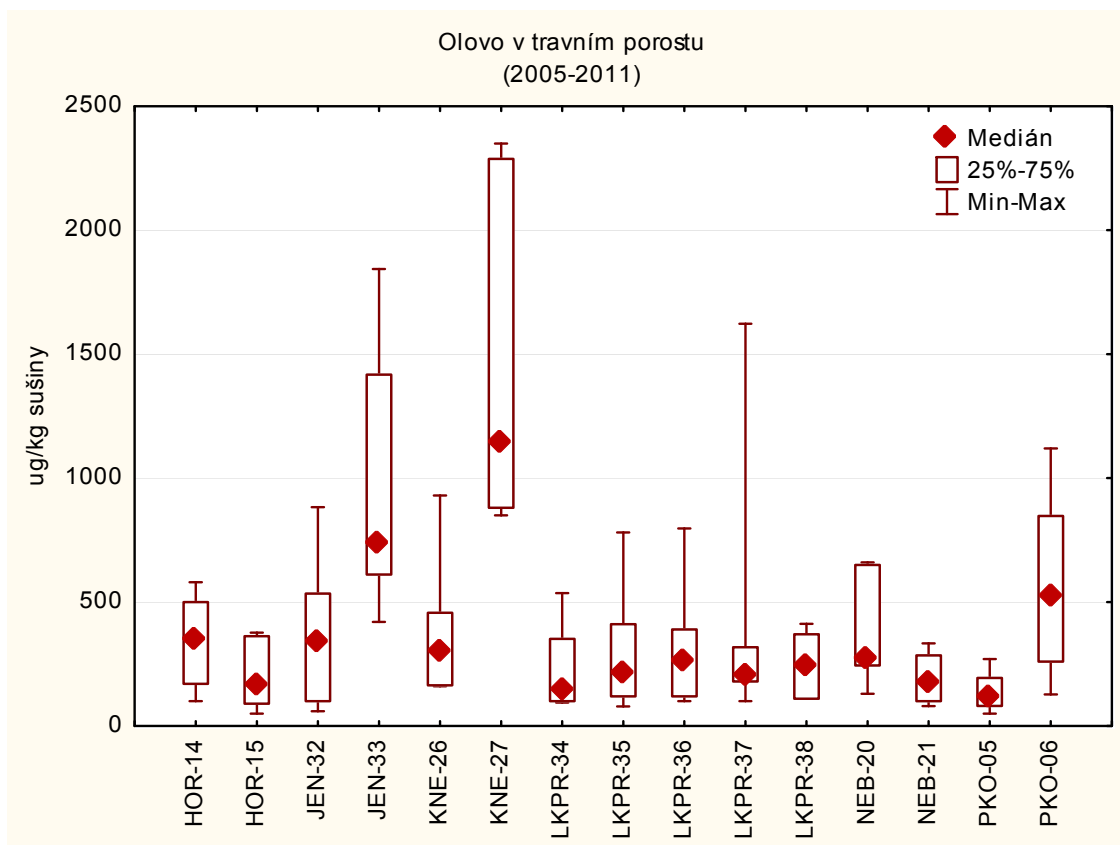
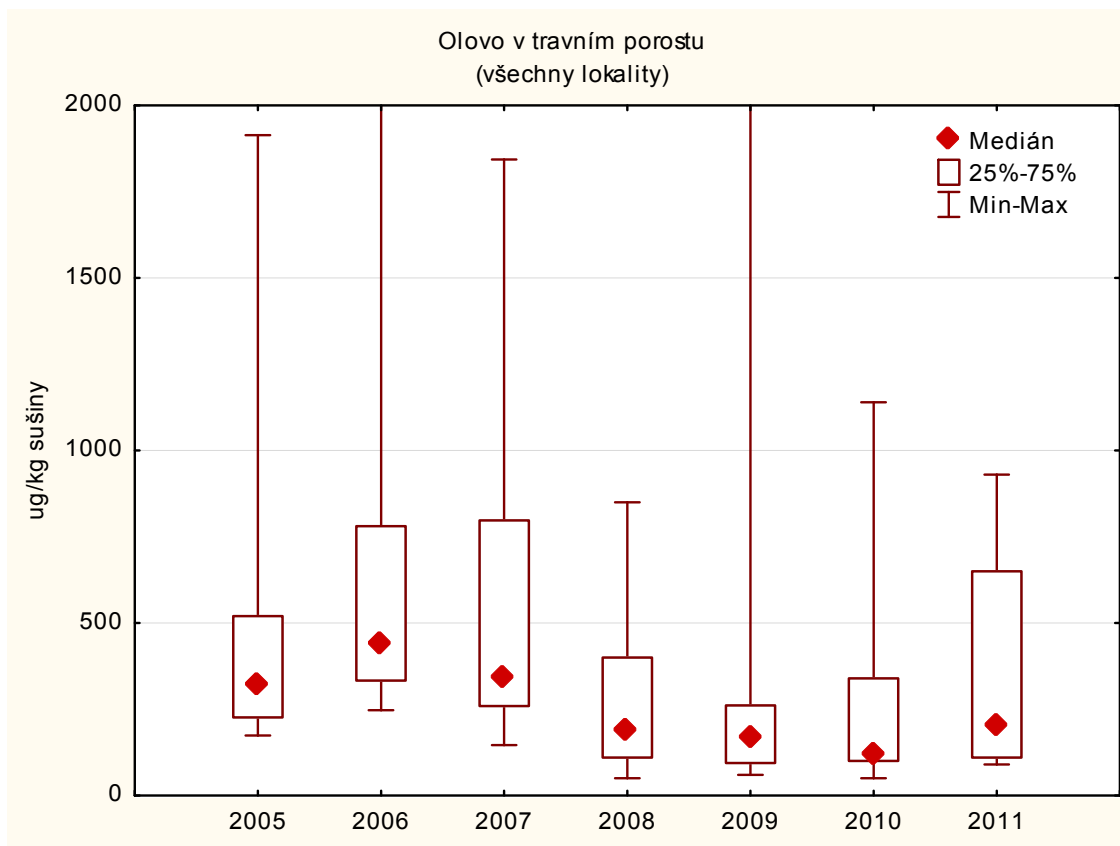
Obrázek 48: Souhrnné charakteristiky pro obsahy olova v listech jahodníku - porovnání sezon a lokalit



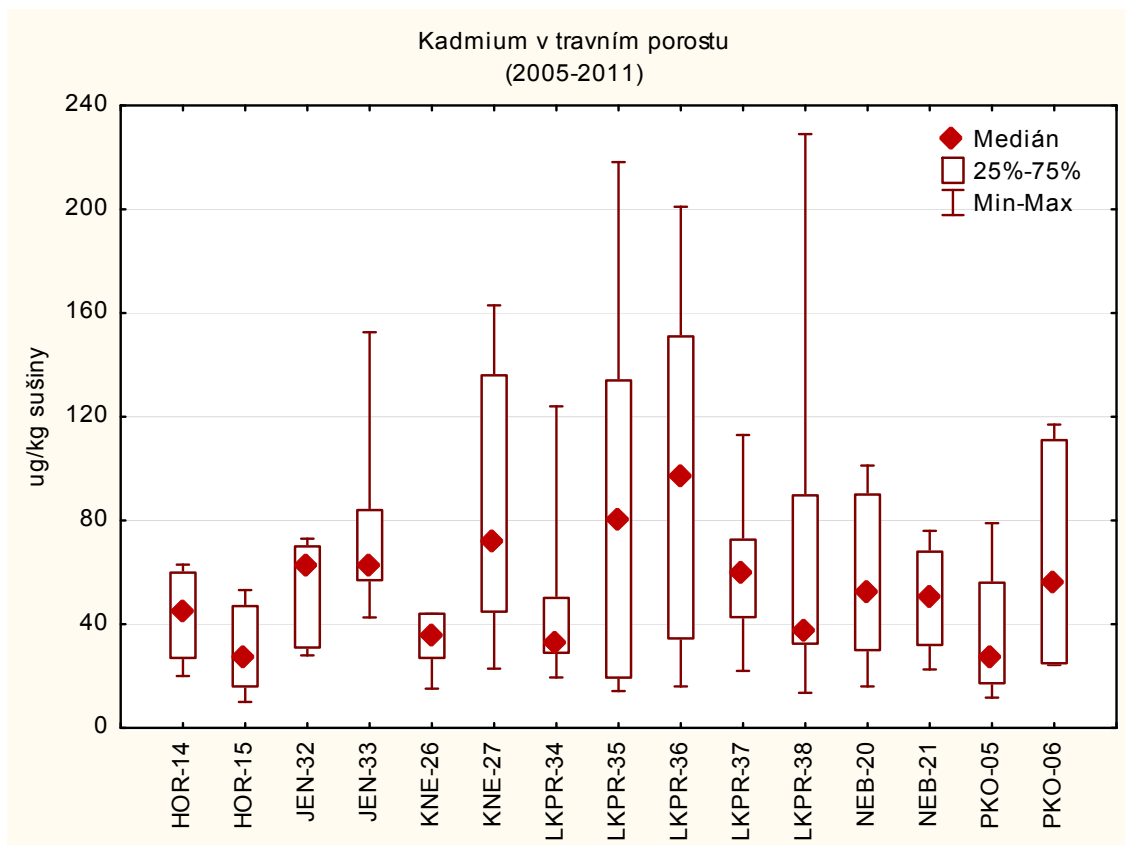
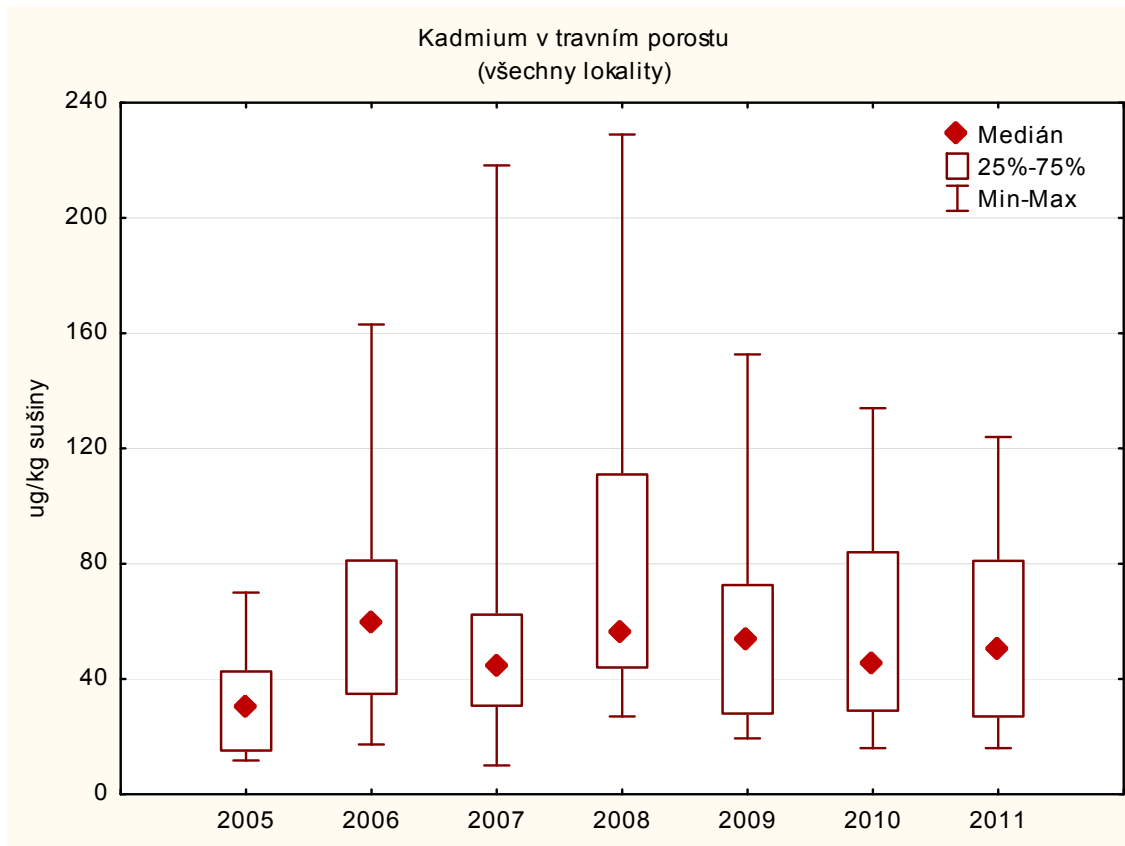
Obrázek 49: Souhrnné charakteristiky pro obsahy vanadu v listech jahodníku - porovnání sezon a lokalit



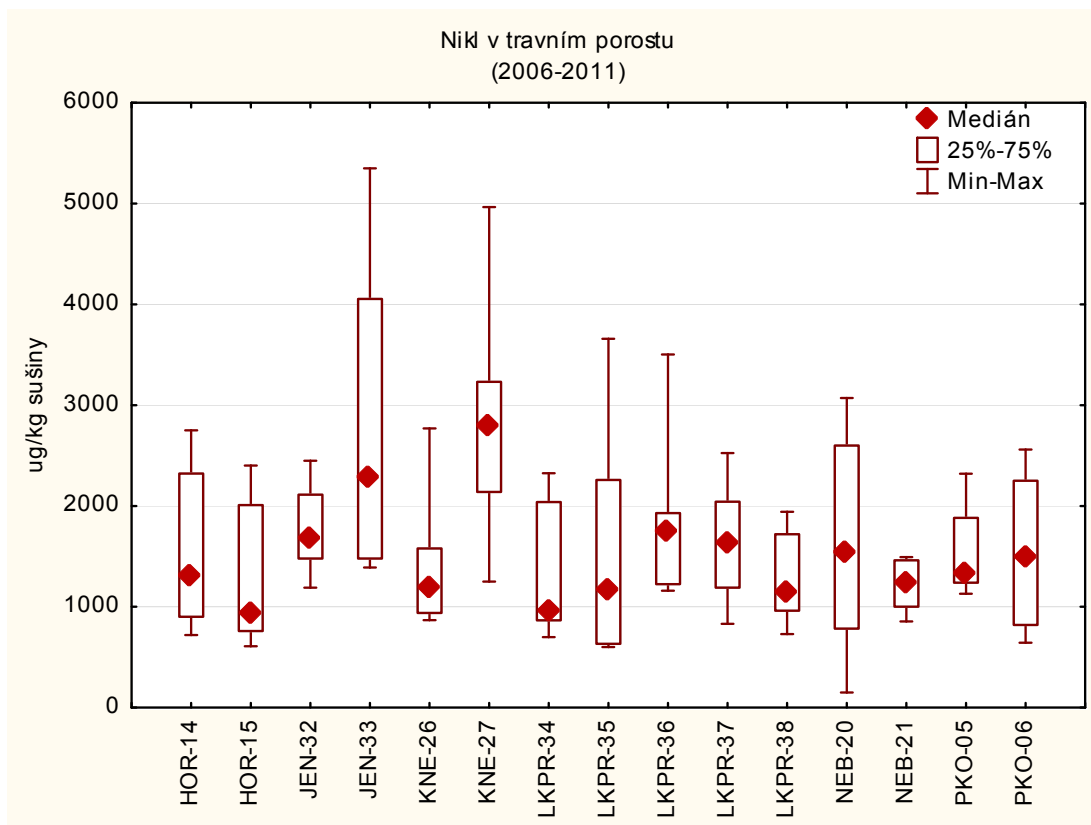
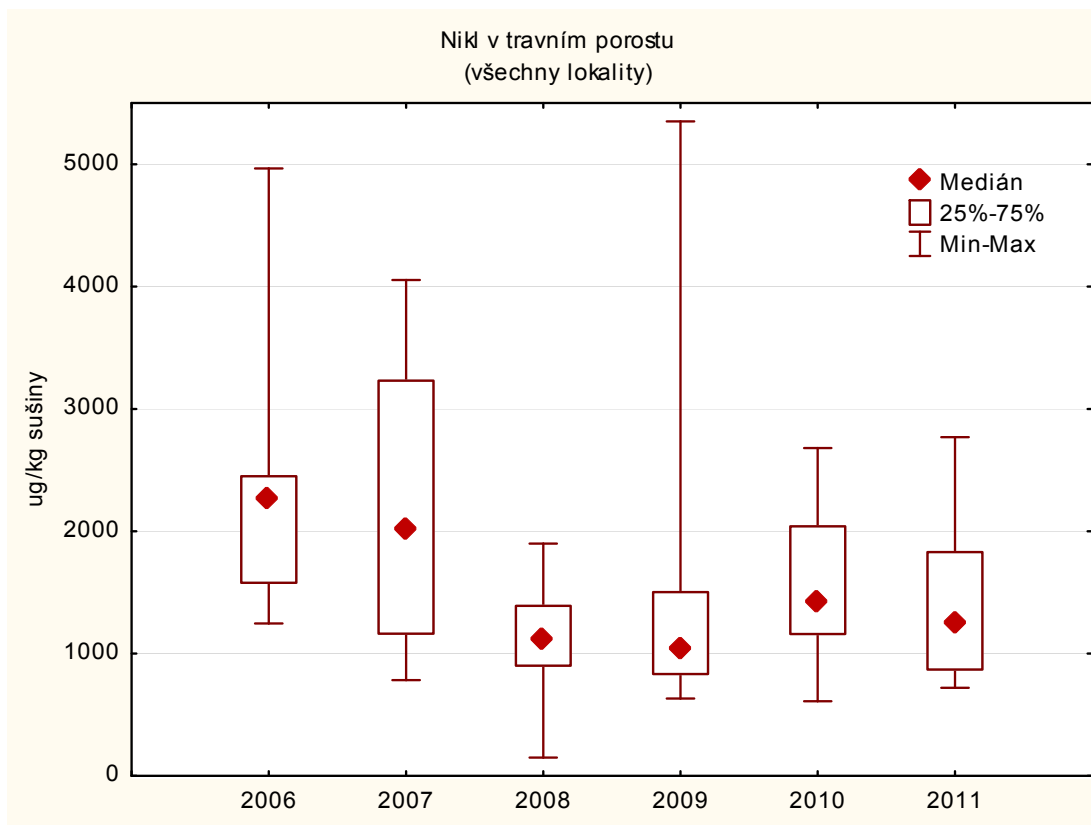
Obrázek 50: Souhrnné charakteristiky pro obsahy olova v travním porostu - porovnání sezon a lokalit



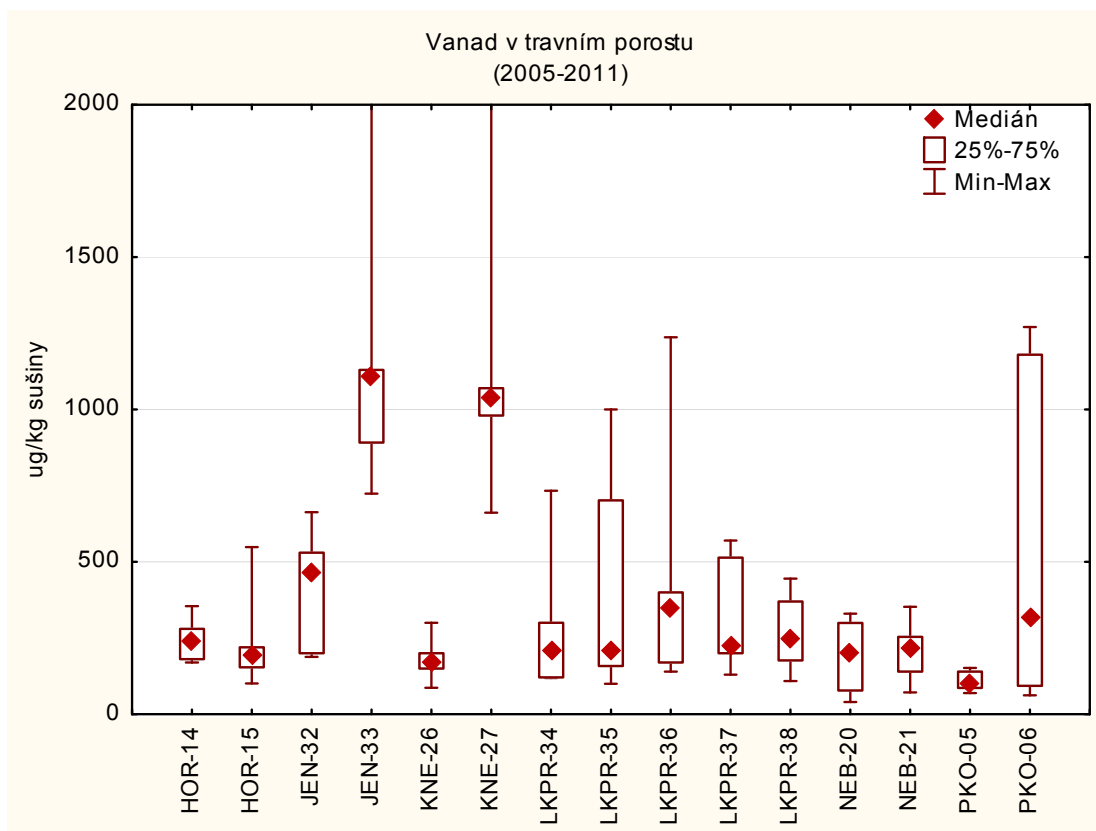
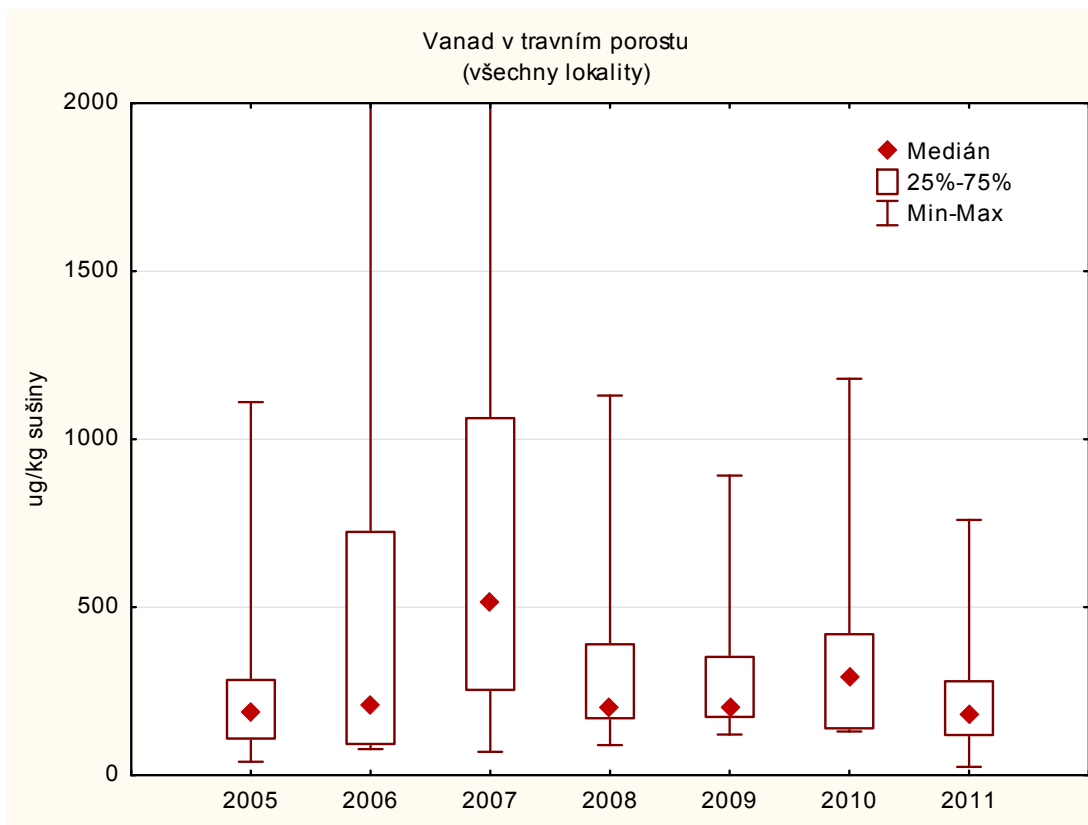
Obrázek 51: Souhrnné charakteristiky pro obsahy **kadmia v travním porostu** - porovnání sezon a lokalit



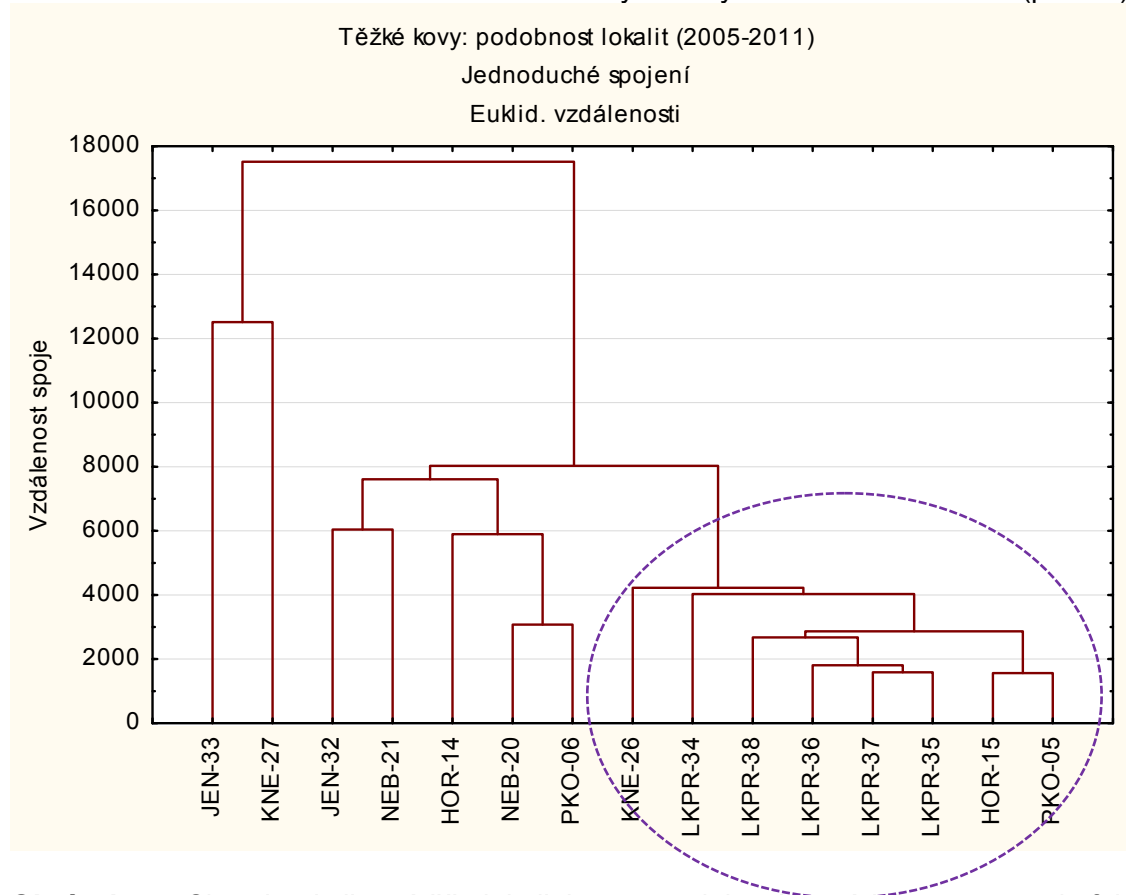
Obrázek 52: Souhrnné charakteristiky pro obsahy niklu v travním porostu - porovnání sezon a lokalit



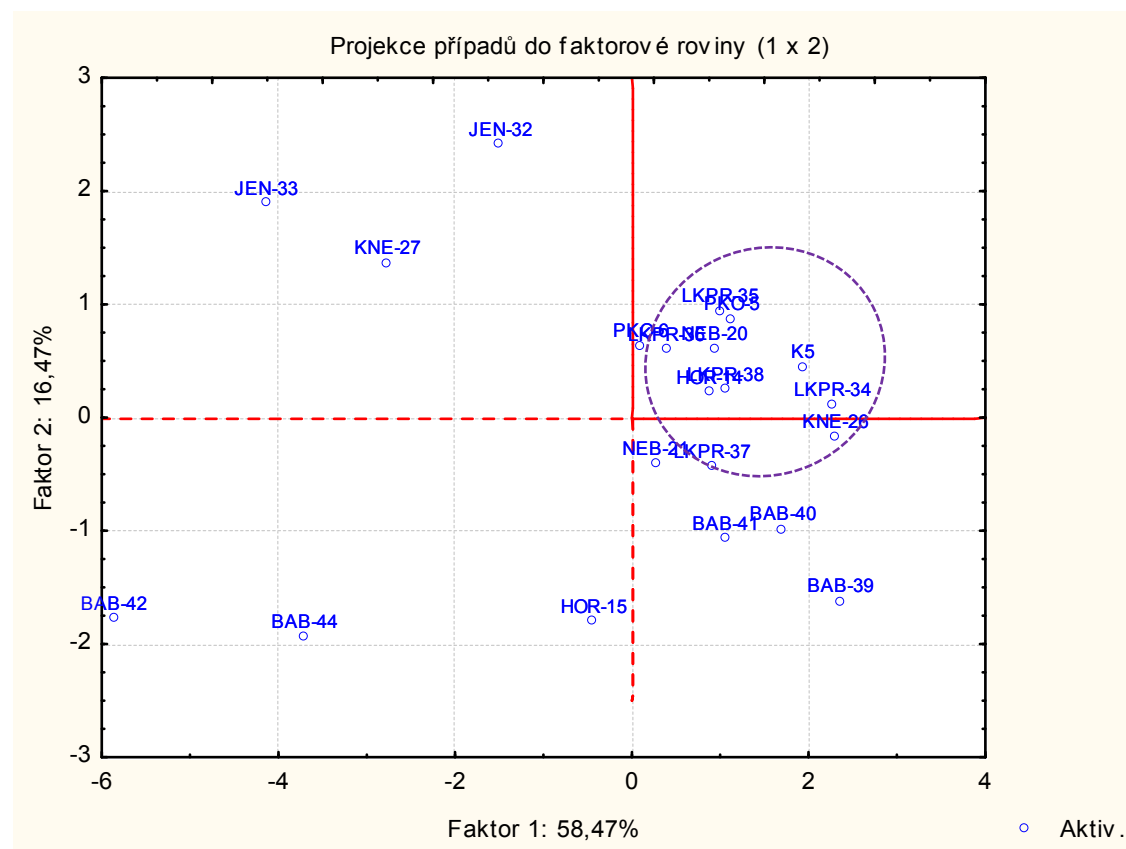
Obrázek 53: Souhrnné charakteristiky pro obsahy vanadu v travním porostu - porovnání sezon a lokalit



Obrázek 54: Charakteristika zátěže lokalit těžkými kovy – metoda shlukování (příklad)



Obrázek 55: Charakteristika zátěže lokalit kovy – projekce hlavních komponent do faktorové roviny (příklad)



Obrázek 55: Charakteristika zátěže lokalit PAU – projekce hlavních komponent do faktorové roviny (příklad)

