

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně
Sekce zemědělských vstupů



**KONTROLA A MONITORING CIZORODÝCH LÁTEK
V POTRAVNÍCH ŘETĚZCÍCH**

Zpráva za rok 2023

Zpracovali: Mgr. Šárka Poláková, Ph.D.
Ing. Ladislav Kubík, Ph.D.
Ing. Lenka Prášková, Ph.D.
Ing. Jaroslav Houček
Mgr. Stanislav Malý, Ph.D.
Ing. Jiří Fiala, Ph.D.

Předkládá: Ing. Josef Svoboda, Ph.D.
ředitel Sekce zemědělských vstupů

Schválil: Ing. Daniel Jurečka, ředitel ústavu

Brno, duben 2024

OBSAH

1. KONTROLA A MONITORING CIZORODÝCH LÁTEK V ZEMĚDĚLSKÉ PŮDĚ A VSTUPECH DO PŮDY	5
1.1 ÚVOD	5
1.2 CÍLE	7
1.3 METODIKA PRACÍ	9
1.4 VÝSLEDKY.....	11
1.4.1 Bazální monitoring půd.....	11
1.4.1.1 Polychlorované bifenyly v půdě.....	11
1.4.1.2 Polycyklické aromatické uhlovodíky v půdě.....	14
1.4.1.3 Persistentní chlorované pesticidy v půdě.....	19
1.4.1.4 Účinné látky používané v přípravcích na ochranu rostlin v půdě.....	24
1.4.1.5 Uhlovodíky C10-C40 v půdě.....	29
1.4.1.6 Minerální dusík v půdě.....	30
1.4.1.7 Monitoring mikrobiálních parametrů půd ČR	36
1.4.1.8 Monitoring rostlinné produkce – obsahy rizikových prvků v rostlinách	39
1.4.2 Kontrola hnojiv a pomocných látek	42
1.4.3 Monitoring kalů ČOV	44
1.4.3.1 Rizikové prvky v kalech.....	44
1.4.3.2 Polychlorované bifenyly v kalech	50
1.4.3.3 Polycyklické aromatické uhlovodíky v kalech	53
1.4.3.4 Halogenové organické sloučeniny v kalech	59
1.4.3.5 Organochlorové pesticidy v kalech	60
1.4.3.6 Polybromované difenyletery v kalech	63
1.4.3.7 Perfluoroalkylové sloučeniny v kalech.....	65
1.4.4 Hodnocení rybníčních sedimentů.....	68
1.5 CITOVANÉ ZDROJE.....	75
2. VÝSLEDKY ANALÝZY KRMIV ODEBRANÝCH V RÁMCI CÍLENÉ KONTROLY A MONITORINGU	76
2.1 Sledování zakázaných látek.....	77
2.1.1 Cílená kontrola přítomnosti zpracovaných živočišných bílkovin v krmivech	77
2.1.2 Cílená kontrola rybí moučky mikroskopicky na přítomnost cizích příměsí.....	78
2.2 Sledování nežádoucích látek	79
2.2.1 Monitoring vybraných perzistentních organických polutantů (POP).....	79
2.2.2 Cílená kontrola dioxinů, furanů a PCB dioxinového typu	80
2.2.3 Monitoring mykotoxinů	81
2.2.4 Cílená kontrola přítomnosti těžkých kovů v krmivech	83
2.2.5 Cílená kontrola přítomnosti dalších nežádoucích látek v krmivech.....	84
2.3 Sledování správného používání doplňkových látek.....	88
2.3.1 Cílená kontrola používání kokcidostatik.....	88
2.3.2 Cílená kontrola dodržování limitů doplňkových látek.....	91
2.3.3 Cílená kontrola kontaminace krmiv léčivy	103
2.4 Sledování dalších bezpečnostních a jakostních ukazatelů.....	106
2.4.1 Cílená kontrola parametrů glycerolu, používaného jako krmná surovina.....	106



2.4.2	Cílená kontrola pesticidů	107
2.4.3	Cílená kontrola přítomnosti a označování genetických modifikací v krmivech	108
2.4.4	Cílená kontrola výskytu zakázaných stimulatorů nebo inhibitorů růstu	108
2.5	Závěr	109

1. Kontrola a monitoring cizorodých látek v zemědělské půdě a vstupech do půdy

1.1 ÚVOD

Přehled prací prováděných Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským, Sekcí zemědělských vstupů (Oddělení půdy a lesnictví, Oddělení krmiv, Oddělení hnojiv, Odbor zemědělské inspekce) ve spolupráci s Národní referenční laboratoří ÚKZÚZ, v roce 2023 v oblasti kontroly a monitoringu cizorodých látek v zemědělské půdě a vstupech do půdy:

1) Bazální monitoring zemědělských půd (BMP)

- odběry vzorků půd a vyhodnocení obsahů organických polutantů na vybraných pozorovacích plochách,
- odběry a analýzy vzorků rostlin v subsystému kontaminovaných ploch a na referenčních plochách v základním subsystému,
- odběry vzorků půd a vyhodnocení mikrobiologických parametrů na vybraných pozorovacích plochách,
- odběry vzorků půd a vyhodnocení obsahů minerálního dusíku na vybraných pozorovacích plochách,
- výkop a popis pedologických sond na pozorovacích plochách BMP, včetně analýz vzorků půd z jednotlivých horizontů.

2) Monitoring vstupů do půdy

- Monitoring kvality kalů a kvality půdy a rostlin po aplikaci kalů ČOV
 - odběry vzorků kalů s přednostním výběrem ČOV, jejichž kaly jsou využity v zemědělství,
 - odběry a analýzy vzorků půd na pozemcích po aplikaci kalů,
 - odběry a analýzy vzorků rostlin na pozemcích po aplikaci kalů, na nichž byly zjištěny nadlimitní obsahy rizikových prvků.
- Monitoring rybníčních a říčních sedimentů
 - odběry vzorků sedimentů (sledování výživových charakteristik, obsahu rizikových prvků, organických polutantů).
- Aktivní biomonitoring
 - tato aktivita byla z důvody úspory finančních a lidských zdrojů v roce 2019 přerušena.
- Monitoring atmosférické depozice
 - od října 2005 je monitoring atmosférické depozice pozastaven a převeden na tzv. „přerušovaný“ cyklus sledování.

3) Registr kontaminovaných ploch

- zahušťování odběrů na územích se zjištěnými nadlimitními obsahy sledovaných rizikových prvků,
- zahušťování odběrů na územích s dosud neprovedenými analýzami (extrakce lučavkou královskou),
- odběry vzorků půd u ekologicky hospodařících zemědělců.

4) Kontrola hnojiv

- kontrolní činnost vyplývající ze zákona č. 156/1998 Sb., ve znění pozdějších předpisů

5) Kontrola krmiv

- přítomnost zakázaných látek a produktů v krmivech,
- kontrola výskytu nežádoucích látek a produktů v krmivech,
- dodržování podmínek používání doplňkových látek v krmivech,
- sledování dalších problematik týkajících se bezpečnosti krmiv.

Zpráva hodnotí výsledky za rok 2023, navazuje na výsledky z minulých let a pokud je to možné, hodnotí též vývoj sledovaných parametrů.

1.2 CÍLE

Cíle kontroly a monitoringu rizikových prvků a rizikových látek jsou formulovány v souladu s požadavky MZe a MŽP tak, aby výsledky sloužily především jako podpora pro rozhodování na všech úrovních státní správy a při přípravě návrhů a novely legislativních předpisů. Současně jsou výsledky všech oblastí sledování využívány jako zdroje dat pro vědeckovýzkumné projekty.

Bazální monitoring půd

- Pro orgány státní správy poskytuje informace o stavu a vývoji vlastností půd. Tyto informace slouží především jako soubor referenčních hodnot pro posuzování výsledků dalších šetření. Data jsou porovnávána s výsledky programu AZZP.
- Na úrovni ÚKZÚZ, MZe a MŽP je systém monitoringu navázán na zahraniční systémy monitoringů, slouží k prezentaci výsledků na mezinárodní úrovni a spolupráci se zahraničními odborníky (vazba zejména na Německo, Slovensko, Švýcarsko, Rakousko, Maďarsko).
- Výsledky jsou využívány také pro hodnocení a validaci analytických metod.
- Poskytuje materiály pro ročenky a statistické přehledy.

Monitoring vstupů do půdy

- a) Monitoring kvality kalů a kvality půdy a rostlin po aplikaci kalů ČOV
 - V návaznosti na registr kontaminovaných ploch byla v roce 1997 zahájena postupná tvorba databáze pozemků s aplikací kalů ČOV. Tato databáze slouží k hodnocení rizik na konkrétních pozemcích, kde byly kaly aplikovány.
 - V roce 2003 byla zahájena postupná tvorba databáze rostlin pěstovaných na pozemcích s aplikací kalů. Také tato databáze slouží k hodnocení rizik na konkrétních pozemcích, kde byly kaly aplikovány.
 - Výsledky inventarizace jsou využívány pro přípravu legislativních předpisů.
- b) Monitoring rybničních a říčních sedimentů
 - Ústav provádí testování sedimentů s ohledem na další způsoby nakládání s vytěženými sedimenty, především s ohledem na jejich použití v zemědělských ekosystémech.
 - Databáze získaných analytických dat slouží jako zdroj informací pro orgány státní správy.
 - Databáze analytických dat tvoří samostatnou vrstvu v LPIS a měla by usnadnit vyhodnocení vhodnosti aplikace sedimentů na zemědělskou půdu.
 - Výsledky šetření byly použity při tvorbě legislativních opatření.

Registr kontaminovaných ploch

- a) Výsledky registru tvoří celoplošnou databázi charakterizující stav kontaminace zemědělských půd rizikovými prvky.
- b) Na úrovni MZe a MŽP slouží výsledky jako podkladové materiály k přípravě legislativních opatření.
- c) Je umožněno využití výsledků pro správní činnost s využitím aplikace do GIS.
- d) Databáze analytických výsledků tvoří samostatnou vrstvu v LPIS a usnadňuje např. vyhodnocení jiných šetření.

Kontrola hnojiv

V rámci procesu registrace hnojiv a následné kontroly jsou zjišťovány obsahy rizikových prvků a látek v hnojivech jako nutný podklad pro vlastní registraci nebo pro případné stažení výrobku z oběhu.

Kontrola krmiv

Výsledky poskytují informace o plošné úrovni bezpečnosti vyrobených krmných produktů. Slouží jako podkladové materiály ÚKZÚZ pro systematické zaměření kontrol v následujícím období.

V rámci kontrolního systému ÚKZÚZ data umožňují detekovat závadné produkty na trhu a cíleně dohledávat a odstraňovat nedostatky při jejich výrobě nebo zpracování.

Výrobci krmných produktů zveřejněné informace využívají při modifikaci interních preventivních a kontrolních systémů řízení rizik.

1.3 METODIKA PRACÍ

Terénní, analytické a vyhodnocovací práce jsou prováděny v souladu s platnými metodikami vypracovanými pro jednotlivé úkoly a s požadavky MZe (metodické postupy Sekce zemědělských vstupů; Zbíral, J. a kol., 2011–2022: Analýza půd I, II, III, jednotné pracovní postupy; Zbíral, J. a kol., 2014: Analýza rostlinného materiálu, jednotné pracovní postupy).

Terénní a vyhodnocovací práce byly zabezpečovány pracovníky Sekce zemědělských vstupů, analytické práce převážně Národní referenční laboratoří. Vlastní laboratorní analýzy byly prováděny v regionálních laboratořích v Plzni, Brně a Opavě, vybrané analýzy krmiv ve smluvních laboratořích. Všechny laboratoře jsou zapojeny do vnitřního systému řízení jakosti, organizovaného Národní referenční laboratoří a všechny jsou akreditovány ČIA. Laboratoře se pravidelně účastní mezilaboratorních porovnávacích zkoušek na národní i mezinárodní úrovni.

Z důvodu úspor jsou od roku 2012 prováděny odběry půdních vzorků na stanovení organických polutantů pouze z orničního horizontu. Odběry těchto půdních vzorků jsou od roku 2015 prováděny na jaře (v březnu), před započítáním agrochemických operací.

Dále byly vzhledem ke změnám ve využívání pozemků provedeny následující změny v souboru půd orných (OP) a trvalých travních porostů (TTP) určených ke stanovení organických polutantů: od roku 2007 je plocha 8904KO evidována v souboru ploch TTP (změna kultury z orné půdy na TTP). V roce 2011 byla do souboru ploch TTP zařazena plocha 5905KO (změna ve využívání pozemku z orné půdy na TTP). V roce 2008 byl ukončen monitoring na ploše 4901KO (TTP) (výstavba rodinných domů), jako náhrada byla založena plocha 4904KO (TTP) – monitoring byl v plném rozsahu zahájen v roce 2009. V tomtéž roce byla ze souboru ploch TTP převedena plocha 4903KO do souboru ploch orných půd (rozorání travního porostu, zemědělská výroba). V roce 2013 došlo k přesunu monitorovací plochy 8026BO (orná půda) přibližně o 500 m a to z důvodu výstavby rodinných domů. V témže roce byl na přesunutě ploše (8026BOP) zahájen monitoring v plném rozsahu (včetně vzorkování v základním odběrovém cyklu). V roce 2019 byla založena nová plocha 6031B Volanov jako náhrada za plochu 6004B Trutnov, která musela být zrušena. V roce 2020 byl ukončen monitoring organických polutantů (a také pravidelné odběry zemědělských plodin) na ploše 4902KO, a to z důvodů dlouhodobého odmítání spolupráce. Od roku 2021 jsou tyto aktivity v plném rozsahu navázány na plochu 4013BO. V roce 2022 došlo k posunu plochy 8019BO zcela mimo původní uložení, a proto bude plocha přečíslována na 8028BO. Na ploše zůstávají zachovány všechny dosavadní aktivity.

V roce 2012 byl zahájen screening obsahů vybraných kongenerů PBDE v zemědělských půdách a dalších environmentálních matricích (sedimentech a od roku 2010 kalech ČOV), jako odezva na zařazení PBDE na seznam látek Stockholmské úmluvy a na návrh EFSA na monitoring těchto látek v potravinách. Jelikož v půdních vzorcích nebyly nalezeny obsahy PBDE nad mezí stanovitelnosti, od roku 2016 již nejsou PBDE v půdních vzorcích stanovovány. Ve vzorcích kalů analýzy pokračují.

Současně s PBDE byly na seznam Stockholmské úmluvy zařazeny i perfluorované látky (PFAS). Screening vybraných PFAS byl zahájen v roce 2013 analýzami odpadních kalů z ČOV.

V roce 2019 byly z úsporných důvodů sníženy počty vzorků kalů z 80 na 40 a zároveň došlo k omezení monitoringu organických polutantů z 21 vzorků na 14.

Halogenové organické sloučeniny (AOX) ve vzorcích kalů byly stanovovány od roku 1999. Analýzy byly prováděny NRL ÚKZÚZ Brno, od roku 2018 externí laboratoří. V roce 2019, 2022 a 2023 nebylo stanovení obsahu AOX v kalech provedeno z důvodu finančních úspor.

1.4 VÝSLEDKY

1.4.1 Bazální monitoring půd

1.4.1.1 Polychlorované bifenyly v půdě

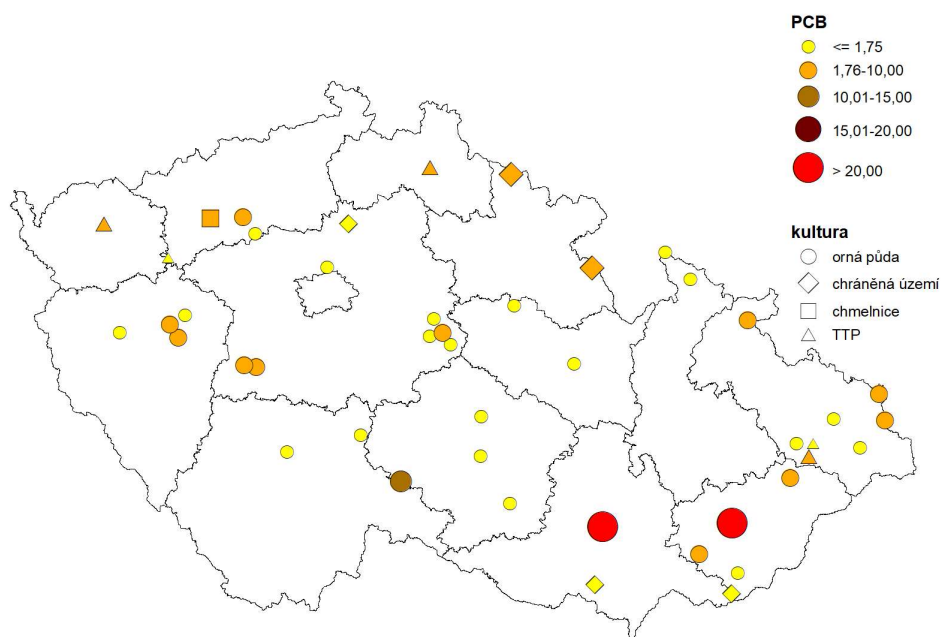
Šárka Poláková

Polychlorované bifenyly (PCB) jsou skupinou organických sloučenin skládajících se z bifenyly ($C_{12}H_{10}$) a různého počtu připojených atomů chlóru. Důvodem pro jejich produkci byla mimořádná chemická stálost (nehořlavost) a výborné elektroizolační schopnosti. Spolu s jejich toxicitou představuje právě jejich chemická stálost zásadní problém, neboť jejich biodegradace probíhá v přírodě jen velmi pomalu a za specifických podmínek. Nejvýznamnějším transportním médiem je atmosféra. PCB jsou transportovány v plynné formě, nebo vázané na pevné částice. Po depozici většinou dojde k silné adsorpci na půdní částice. K vertikálnímu pohybu v půdním tělese dochází především prostřednictvím promíchávání, a to jak technogenního (orba), tak biologického (např. žížaly) původu. V letních měsících, za zvýšených teplot, dochází ke „ztrátám“ volatilizací (k výparu) zejména nížechlorovaných PCB.

Půdní vzorky ke stanovení PCB byly v roce 2023 odebrány ze 40 stálých monitorovacích ploch Bazálního monitoringu půd (pouze z orníčních horizontů) a 5 lokalit v chráněných územích.

Výsledky stanovení PCB v roce 2023 uvádí příloha 1 a 2. V příloze 1 jsou ke každé pozorovací ploše uvedeny obsahy jednotlivých kongenerů PCB i celková suma 7 stanovovaných kongenerů. V příloze 2 jsou graficky znázorněny obsahy PCB na všech pozorovacích plochách. Obsahy vyšší než mez stanovitelnosti byly nalezeny pouze na 20 pozorovacích plochách, včetně dvou ploch z chráněných území (CHÚ).

Obrázek 1 *Obsahy PCB na monitorovacích plochách BMP v roce 2023 (suma 7 kongenerů, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)*



Základní statistické charakteristiky souboru jsou uvedeny v tabulce 1 (a příloze 3), hodnoty jsou uváděny zvlášť pro ornou půdu, trvalé travní porosty (TTP) a chráněná území.

Tabulka 1 *Základní statistická charakteristika obsahů PCB na monitorovacích plochách BMP v roce 2023 (suma 7 kongenerů, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)*

	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Počet
Orná půda	4,16	1,75	1,75	36,1	35
TTP	3,14	2,08	1,75	5,59	5
Chráněná území	2,60	1,75	1,75	5,21	5

Medián sumy 7 kongenerů PCB v orných půdách se v období 2005–2023 pohybuje v rozmezí 1,75 až 3,60 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (nejvyšší hodnoty bylo dosaženo v roce 2006). Medián z roku 2023 činí 1,75 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Rozsah mediánů v půdních vzorcích z chráněných území činí 1,75–4,80 $\mu\text{g.kg}^{-1}$. Hodnoty jsou velmi podobné orným půdám. Mediány obsahů PCB v TTP kolísají v rozsahu 1,75–4,08 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ a jsou vyšší než hodnoty mediánů v orných půdách a CHÚ. Jedním z důvodů, proč tomu tak je, může být menší hloubka odběru vzorku. Nicméně je nutné mít stále na paměti, že v tomto souboru ploch je pouze pět travních porostů. Medián z roku 2023 činí 2,08 $\mu\text{g.kg}^{-1}$. Během posledních 20 let lze pozorovat mírný pokles mediánů ve všech třech uvedených kulturách; od roku 2019 je stav setrvalý, mediány minimální.

V půdních vzorcích BMP je stanovováno 7 kongenerů PCB (28, 52, 101, 118, 138, 153, 180). Nálezy jednotlivých kongenerů jsou ve většině případů nižší než mez stanovitelnosti (LOQ = 0,5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$). V roce 2023 byl nejčastěji nad mezí stanovitelnosti detekován kongener 153 (20x), následovaly kongenery 138 a 180 (13x, resp. 12x). Dvakrát byl detekován kongener 101 a jedenkrát kongener 28. LOQ nebyla ani jednou překročena u kongenerů 52 a 118. Nejvyšší obsah byl naměřen u kongeneru 180, a to 12,5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.

Nejvyšší obsahy PCB jsou pravidelně zjišťovány na plochách 7901KO (medián sumy 7 kongenerů PCB 2005–2023 činí 36,6 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.), 7902KO (36,3 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) a 7045BO (11,1 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Na pomyslném čtvrtém místě se umístila Studniční hora (6,13 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) a první pětku doplňuje lokalita 4904KO (5,59 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.).

Obsahy rizikových prvků a látek v půdě se hodnotí na základě vyhlášky č. 153/2016 Sb., o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy a o změně vyhlášky č. 13/1994 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu. Vyhláška definuje preventivní a indikační hodnoty. Preventivní hodnoty představují horní mez geogenního a antropogenního pozadí obsahů látek v půdě a jejich překročení může vést k ohrožení funkcí půdy. V takovém případě je zakázáno na půdu aplikovat sedimenty či čistírenské kaly. Při překročení indikačních hodnot může vzniknout riziko ohrožení zdraví lidí, zvířat i ohrožení kvality pěstovaných plodin.

Vyhláška č. 153/2016 Sb. uvádí pro obsah PCB v půdě preventivní hodnotu 20 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., a to pro sumu 7 kongenerů (25, 52, 101, 118, 138, 153 a 180). Preventivní hodnota pro obsah PCB v půdě byla v roce 2023 překročena na dvou monitorovacích plochách – 7901KO (k.ú. Tečovice, okr. Zlín) a 7902KO (k.ú. Chrlice, okr. Brno-město), obě lokality na orné půdě. Po přihlídnutí k nejistotě měření by obsah PCB na lokalitě 7901KO požadavkům vyhlášky vyhověl. Indikační hodnota nebyla překročena.

Počty vzorků překračující limit stanovený vyhláškou č. 153/2016 Sb. jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2 Počty vzorků překračujících preventivní hodnotu pro obsah PCB

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
orná půda	1	2	2	2	2	1	1	2	1	2	2	1	1	0	2	2	2	2	1
TTP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Závěry

- V roce 2023 byly PCB stanoveny na 34 plochách s ornou půdou, 5 plochách s TTP, na 1 chmelnici a v pěti vzorcích nenarušených půd CHÚ.
- Rozsah mediánů obsahů sumy 7 kongenerů PCB (28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) v letech 2005–2023 se pohybuje v ornici orných půd mezi 1,75 až 3,60 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Pro rok 2023 byl pro ornou půdu vypočten medián 1,75 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.
- Mediány obsahů 7 kongenerů PCB v půdách chráněných území se vyskytují v rozsahu 1,75–4,80 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.
- Mediány obsahů 7 kongenerů PCB v půdách TTP jsou mírně vyšší než v orných půdách a kolísají v rozmezí 1,75 až 4,08 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.
- Preventivní hodnota obsahu PCB v zemědělských půdách, 20 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., stanovená vyhláškou č. 153/2016 Sb., byla v roce 2023 překročena v ornici 1 pozorovací plochy na orné půdě.

1.4.1.2 Polycyklické aromatické uhlovodíky v půdě

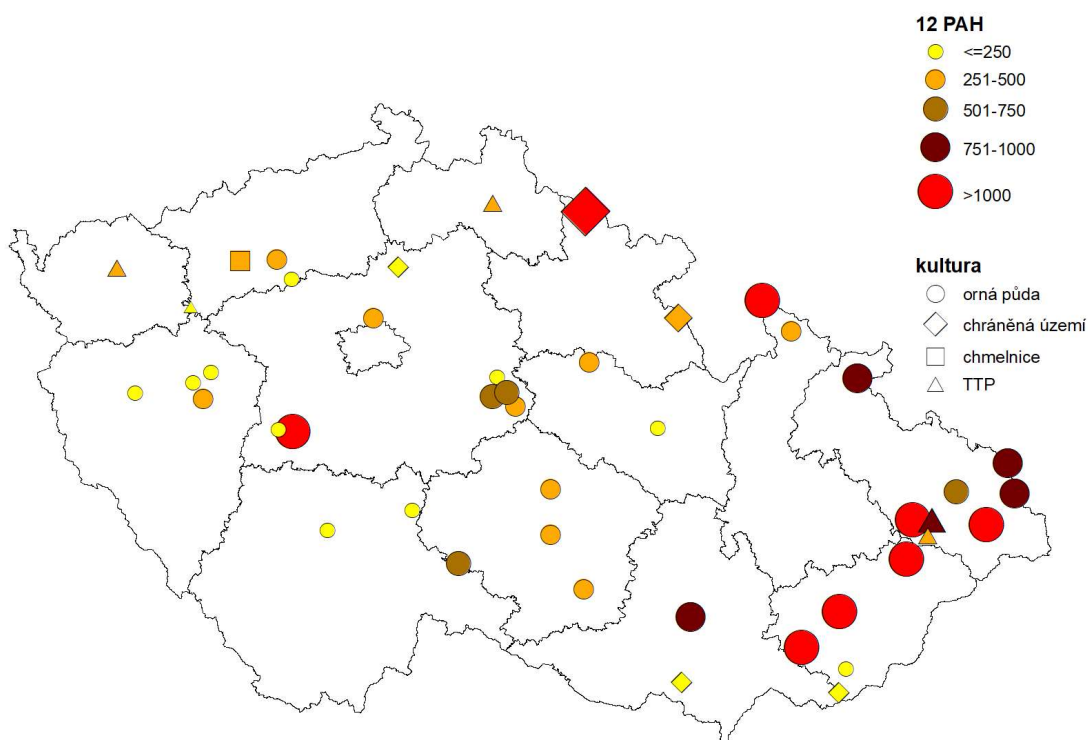
Šárka Poláková

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH), jsou chemické sloučeniny složené z uhlovodíkových cyklů (aromatických jader) bez heterogenních atomů nebo substituentů. V životním prostředí se vyskytují především v důsledku lidské činnosti – zejména nedokonalého spalování uhlíkatých paliv. V závislosti na struktuře mají některé z nich karcinogenní účinky. Vázané na pevné částice se snadno pohybují vzduchem, v půdě jsou nejčastěji vázané na organickou hmotu. Nejdůležitějším procesem jejich odbourávání z půdního prostředí je biodegradace, v menší míře se uplatňuje vymývání do podzemních vod a odpar do půdního vzduchu. Půdu je nutné chápat jako zásobárnu mnoha znečišťujících látek, včetně PAH. Obsahy PAH tedy odráží spíše dlouhodobou akumulaci než okamžité vstupy.

Polycyklické aromatické uhlovodíky jsou ve vzorcích BMP stanovovány od roku 1997. Od roku 2006 je stanovováno všech 16 EPA PAH.

V roce 2023 byly obsahy 16 individuálních PAH stanoveny ve vzorcích ze 40 vybraných pozorovacích ploch BMP a z 5 lokalit v chráněných územích, a to pouze v orničním (svrchním) horizontu (příloha 4). Součástí přílohy je také vypočtená suma všech stanovovaných PAH (suma 16 PAH) a suma 12 PAH uvedených ve vyhlášce č. 153/2016 Sb. Graficky jsou obsahy sumy 12 PAH na všech plochách BMP i v CHÚ vyjádřeny v příloze 5.

Obrázek 2 *Obsahy sumy 12 PAH na monitorovacích plochách BMP v roce 2023 (suma 12 PAH, $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš.)*



Základní statistická charakteristika souboru za rok 2023 je uvedena v tabulce 3. Přehled základní statistiky pro sumu 12 PAH od roku 2005 shrnuje příloha 6.

V souboru ploch s ornou půdou kolísaly hodnoty pro sumu 12 PAH v ornici v roce 2023 v rozmezí 65,2 až 2015 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Rozsah mediánů (2005–2023) činí 470–710 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., nejnižší medián byl vypočten právě pro rok 2023. Ve svrchním horizontu TTP kolísají mediány v letech sledování 2005–2022 mezi 286 až 1174 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., přičemž nejnižší medián je právě z roku 2023. Mediány obsahů sumy 12 PAH v půdách CHÚ jsou vyrovnané a zhruba 3x nižší než obsahy v orných půdách, rozsah činí 98–238 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (medián 2023: 110 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Mediány orných půd a půd v chráněných územích nevykazují žádný trend, u TTP pozorujeme postupný pokles mediánů. Tento je způsoben zejména změnami obsahů na lokalitě 5017BO, které patřily v rámci TTP k nejvyšším, výrazně meziročně kolísaly a od roku 2019 výrazně klesají.

Tabulka 3 Základní statistická charakteristika obsahů PAH na monitorovacích plochách BMP v roce 2023 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., ornice)

		Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Počet
Orná půda	Σ 12 PAH	587	470	65,2	2015	34
	Σ 16 PAH	615	494	86,2	2071	34
Trvalé travní porosty	Σ 12 PAH	381	286	104	811	5
	Σ 16 PAH	404	307	125	843	5
Chráněná území	Σ 12 PAH	391	110	74	1193	5
	Σ 16 PAH	417	131	95	1233	5

Obsahy PAH v půdě se hodnotí podle vyhlášky č. 153/2016 Sb. Preventivní hodnota pro sumu PAH činí 1,0 mg.kg^{-1} suš., přičemž do sumy PAH se započítává 12 individuálních uhlovodíků (antracen ANT, benzo(a)antracen BAA, benzo(b)fluoranten BBF, benzo(k)fluoranten BKF, benzo(a)pyren BAP, benzo(ghi)perylene BPE, fenantren PHE, fluoranten FLT, chrysen CHR, indeno(123-cd)pyren IPY, naftalen NAP, pyren PYR). Preventivní hodnotu překročilo v roce 2023 celkem 8 vzorků, z toho byl 1 vzorek z CHÚ (KRNP, Studniční hora). Po zohlednění nejistoty by požadavkům vyhlášky nevyhověly 2 vzorky (8905KO a 8021BO).

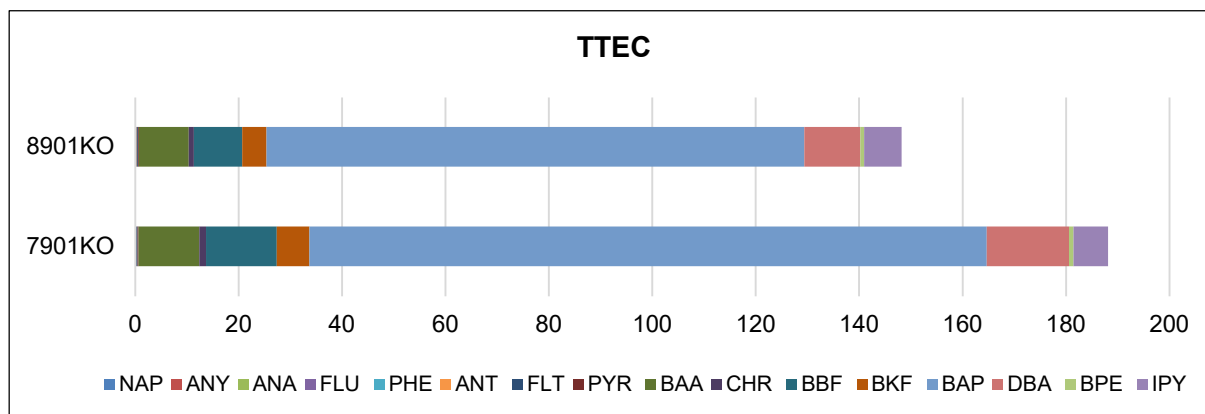
Tabulka 4 Počty vzorků překračujících stanovenou preventivní hodnotu pro obsah PAH v půdě (orná půda včetně chmelnice)

Rok	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Orná půda	5	7	5	5	6	5	6	2	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	2
TTP	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Polycyklické aromatické uhlovodíky se běžně hodnotí dohromady jako suma 12, nebo 16 individuálních uhlovodíků. Jednotlivé látky však mají rozdílnou chemickou strukturu, která je zodpovědná za rozdílné chemické vlastnosti, chování v životním prostředí a za rozdílnou zdravotní závadnost. K objektivnímu posouzení toxicity směsí PAH byl zaveden faktor toxického ekvivalentu (Toxicity Equivalent Factor, TEF, příloha 7), pomocí kterého je vyjádřena toxicita jednotlivých uhlovodíků vzhledem k nejtoxičtějším z nich – benzo(a)pyrenu (BAP) a dibenzo(a,h)antracenu (DBA). Celková toxicita směsi je pak sumou součinů koncentrací jednotlivých látek a příslušného TEF, tzv. TTEC (Total Toxicity Equivalent Concentration).

TTEC ve vzorcích z monitoringu půd (2023) se pohybuje v rozsahu 9,6-295 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (příloha 4) a představuje 9,0-15,0 % z celkové sumy 16 PAH. Příklad využití TTEC lze dokumentovat na plochách 7901KO a 8901KO, které mají prakticky stejný obsah PAH (suma 16 PAH ve vzorcích z těchto ploch činí cca 1,2 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš.), ale toxicita směsi PAH je rozdílná (obrázek 3).

Obrázek 3 TTEC na vybraných monitorovacích plochách ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš.)



V sumě 12 PAH jsou nejvíce zastoupeny FLT a PYR, jejichž podíl činí v zemědělských půdách, tj. v orných půdách, chmelnici a travních porostech 18,7, resp. 15,1. BAP je zastoupen přibližně 9 %. Ve vzorcích z chráněných území dosahuje největšího podílu FLT (14,4 %) a PYR (11,3 %).

Benzo(a)pyren (BAP)

BAP je jeden ze dvou nejtoxičtějších uhlovodíků ve směsi monitorovaných PAH. V roce 2023 se obsah BAP v zemědělských půdách pohyboval v rozsahu 6,0–207 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš. (tabulka 5). Mediánové obsahy BAP v zemědělských půdách a v půdách chráněných území od roku 2005 jsou znázorněny na obrázku 4. Mediány kolísají, ale trend není patrný.

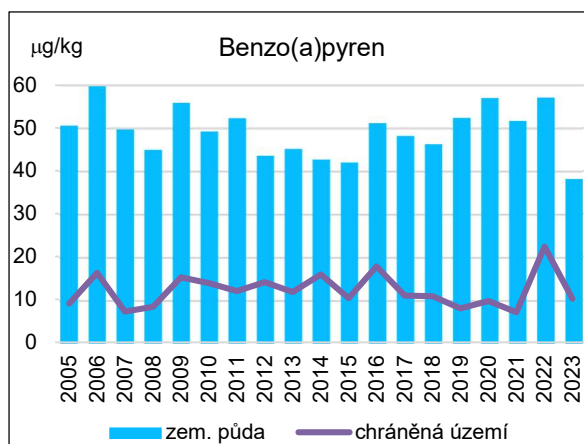
V zemědělských půdách se podíl BAP v sumě 12 PAH v roce 2023 pohyboval v rozmezí 7,0 až 10,9 %, se střední hodnotou 9,5 %; po zvýšení mediánové hodnoty v roce 2022 došlo k návratu na hodnoty posledních přibližně šesti let. V rámci sledovaných pěti lokalit v chráněných územích procento zastoupení BAP kolísá více než je tomu u zemědělských půd, ale podobně zde došlo z nárůstu podílu v roce 2022 k poklesu na očekávatelné hodnoty.

Během sledování se podíl BAP v sumě 12 PAH na monitorovaných lokalitách neustále mírně zvyšuje. Tento trend zachycuje obrázek 5. Rostoucí procento BAP je jasně patrné. Procento BAP v sumě PAH roste i když celkový obsah PAH (mediány) mírně klesá v případech zemědělských půd, případně stagnuje v případě půd v chráněných územích (obrázek 6).

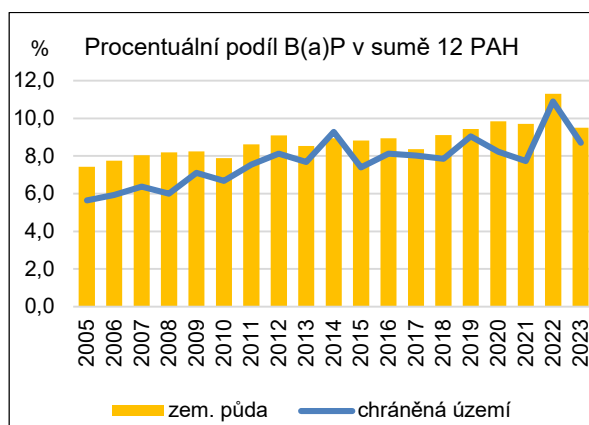
Tabulka 5 Základní statistika obsahů BAP v zemědělských půdách a půdách chráněných území (2023, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)

2023	zemědělská půda	chráněná území
Průměr	53,1	29,0
Medián	38,2	10,1
Minimum	6,0	6,4
Maximum	207	90,7
Počet	40	5

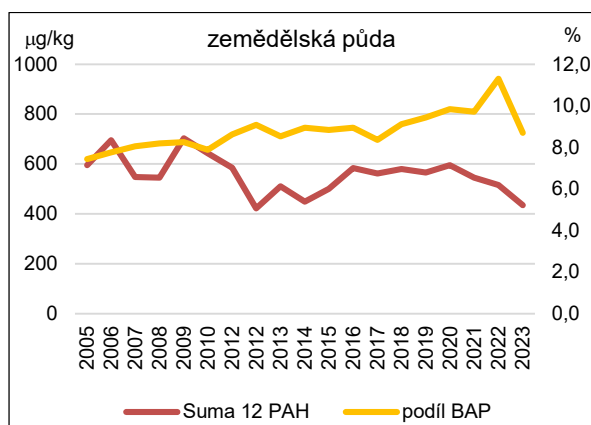
Obrázek 4 Obsah BAP v zemědělských půdách a půdách CHÚ (medián, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)



Obrázek 5 Procentuální zastoupení BAP v sumě 12 PAH v zem. půdách a půdách CHÚ (medián, %)



Obrázek 6 Obsah sumy 12 PAH v zemědělských půdách a procentuální podíl BAP (mediány)



Závěry

- V roce 2023 byly PAH stanoveny na 34 plochách s ornou půdou, 5 plochách s TTP, na 1 chmelnici a v 5 vzorcích nenarušených půd CHÚ.
- Rozsah mediánů sumy 12 PAH v orných půdách (ornice, 2005–2023) činí 470 až 710 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (medián 2023: 470 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Ve svrchním horizontu TTP kolísají hodnoty mediánů mezi 286 až 1174 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (medián 2023: 286 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) a na plochách CHÚ v rozsahu 98–238 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (medián 2023: 110 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.).
- Preventivní hodnotu stanovenou vyhláškou č. 153/2016 Sb. (1,0 mg.kg^{-1} suš.) pro polycyklické aromatické uhlovodíky celkem (suma 12 PAH), překročily v roce 2023 dva vzorky.

- Obsahy PAH na monitorovaných plochách byly vyjádřeny pomocí TEF. TTEC tvoří přibližně 9 až 15 % z celkové sumy 12 PAH.
- Největší podíl v sumě 12 PAH zaujímají FLT a PYR.
- Podíl BAP v sumě 12 PAH činí v roce 2023 přibližně 9,5 % a od roku 2005 neustále mírně roste.

1.4.1.3 Persistentní chlorované pesticidy v půdě

Šárka Poláková

Do skupiny organochlorových pesticidů (OCP) patří HCH (hexachlorcyklohexan), HCB (hexachlorbenzen) a DDT (dichlordifenyltrichloretan) a produkty jeho rozpadu – DDE a DDD. Masivní aplikace OCP v první polovině 20. století stála u úspěšného vymýcení chorob přenášených bodavým hmyzem (malárie, tyfus) v Evropě a Severní Americe. Jejich průkazná toxicita a vysoce pravděpodobná karcinogenita u člověka, jejich chemická odolnost a hromadění v tělech vyšších organismů stojících na vrcholu potravního řetězce vedly v druhé polovině 20. století k téměř celosvětovému zákazu jejich používání.

Po dobu čtyř let (1994–1997) byly obsahy organochlorových pesticidů na našem území sledovány na proměnlivém souboru pozorovacích ploch. V letech 1998 a 1999 nebyly tyto látky v půdě vůbec stanovovány. Od roku 2000 se provádí sledování na stálém souboru pozorovacích ploch (40 pozorovacích ploch na zemědělské půdě a 5 pozorovacích ploch v chráněných územích). Od roku 2012 jsou z úsporných důvodů odebrány pouze vzorky ornice.

Výsledky stanovení za rok 2023 jsou pro všechny pozorovací plochy uvedeny v příloze 8. Grafické znázornění obsahů jednotlivých pesticidů lze nalézt v přílohách 9–13, s výjimkou HCH, jehož hodnoty jsou pouze u tří pozorovacích ploch vyšší než mez stanovitelnosti ($0,5 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš.). Popisnou statistiku výsledků uvádí tabulka 6 (a příloha 14).

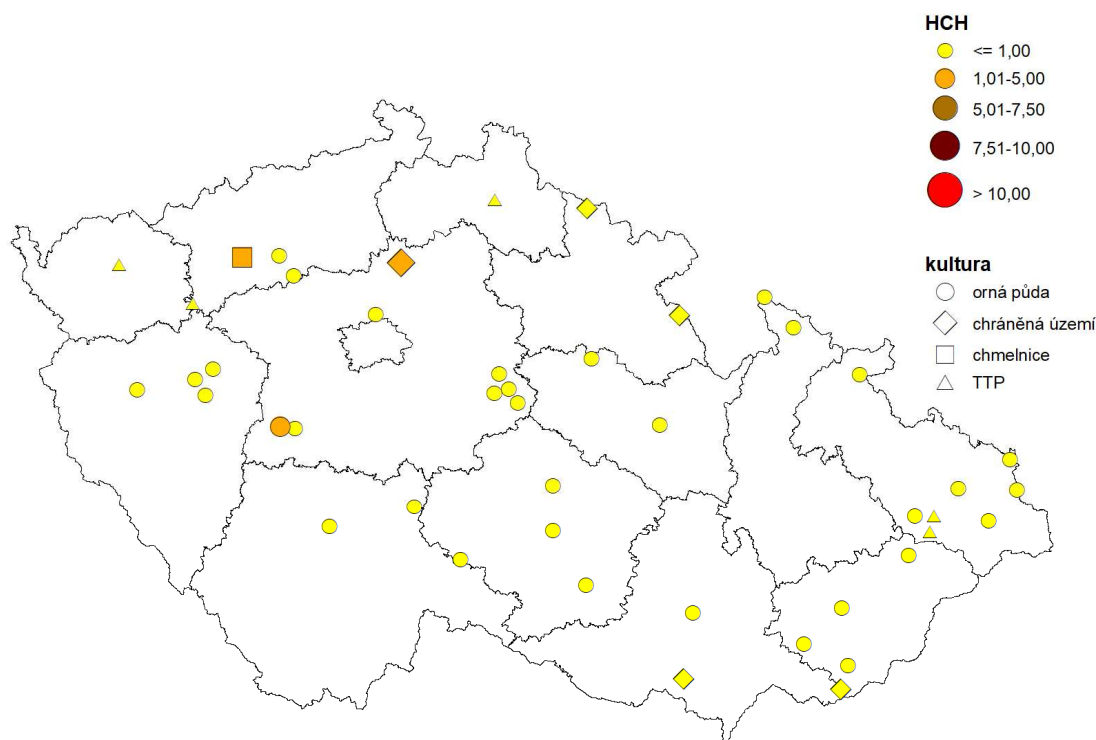
Tabulka 6 Základní statistická charakteristika jednotlivých OCP na monitorovacích plochách BMP v roce 2023 ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš., ornice)

		Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Počet
Orná půda	HCH	1,03	1,00	1,00	1,90	34
	HCB	2,21	1,95	0,25	7,22	34
	DDTtotal	27,4	9,75	2,00	179	34
Trvalé travní porosty	HCH	1,00	1,00	1,00	1,00	5
	HCB	5,12	2,33	0,25	18,4	5
	DDTtotal	23,4	8,80	1,81	69,4	5
Chráněná území	HCH	1,09	1,00	1,00	1,44	5
	HCB	1,26	0,77	0,25	3,80	5
	DDTtotal	11,0	6,88	1,50	34,8	5

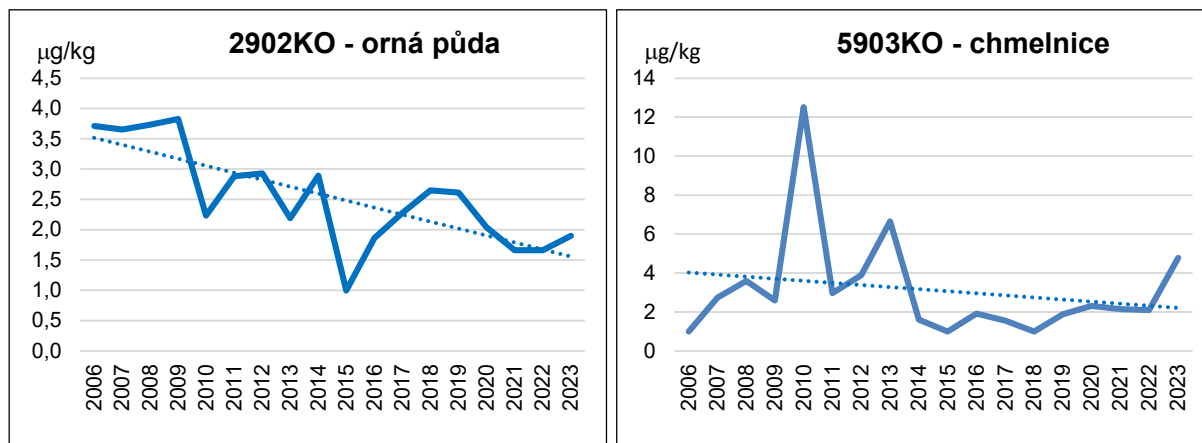
Obsahy **HCH** na plochách Bazálního monitoringu půd jsou dlouhodobě zanedbatelné. Mez stanovitelnosti (LOQ = 0,5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) byla v roce 2023 překročena pouze na chmelnici (5903KO), v jednom vzorku orné půdy (2902KO) a ve vzorku z lokality v CHÚ, z Kroužku (9001). Nálezy na zemědělské půdě jsou opakované (obrázek 8). Ve vzorku z plochy 5903KO je každoročně detekován β -izomer HCH, někdy doprovázený α -izomerem. Na ploše 2902KO opakovaně nacházíme γ -HCH.

Medián sumy všech čtyř izomerů HCH v orných půdách, TTP i CHÚ je 1,0 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (orniční/svrchní horizont).

Obrázek 7 Obsahy HCH na monitorovacích plochách BMP v roce 2023 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)

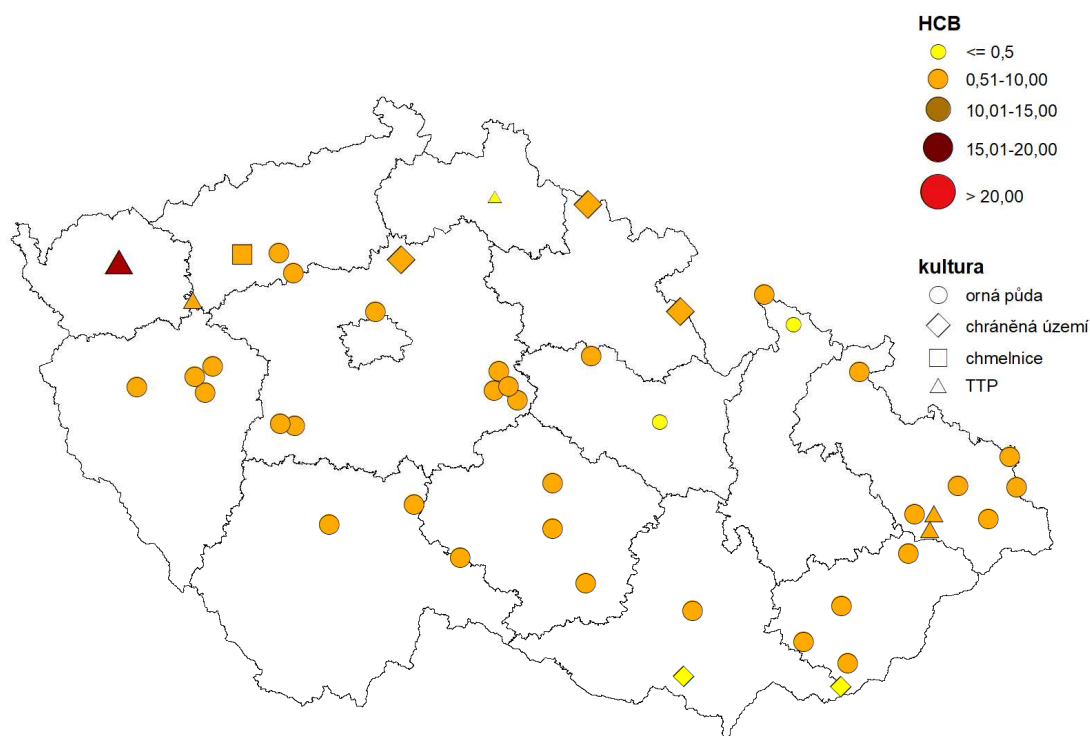


Obrázek 8 Obsahy HCH na plochách s opakovanými nálezy



Od roku 2005 kolísají mediány obsahů **HCB** v ornici orných půd v rozmezí 1,73–3,93 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (medián vypočtený pro rok 2023: 1,95 $\mu\text{g.kg}^{-1}$). Rozsah mediánů obsahů HCB ve vzorcích trvalých travních porostů činí 1,48–5,28 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. ve svrchním horizontu (medián 2023 činí 2,33 $\mu\text{g.kg}^{-1}$). Průběh i rozsah hodnot mediánů HCB na orné půdě a TTP je srovnatelný. Obsahy HCB v půdách chráněných území jsou přibližně 3x nižší (rozsah mediánů od < 0,5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. do 1,46 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.; v roce 2023 0,77 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.), nejvyšší obsahy HCB jsou zjišťovány na lokalitě Kroužek (9001). Ve vzorcích z lokality Děvín (9004) byl HCB nalezen pouze jedenkrát v roce 2019, na lokalitě Porážky (9005) nebyl HCB nikdy detekován.

Obrázek 9 **Obsahy HCB na monitorovacích plochách BMP v roce 2023 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)**



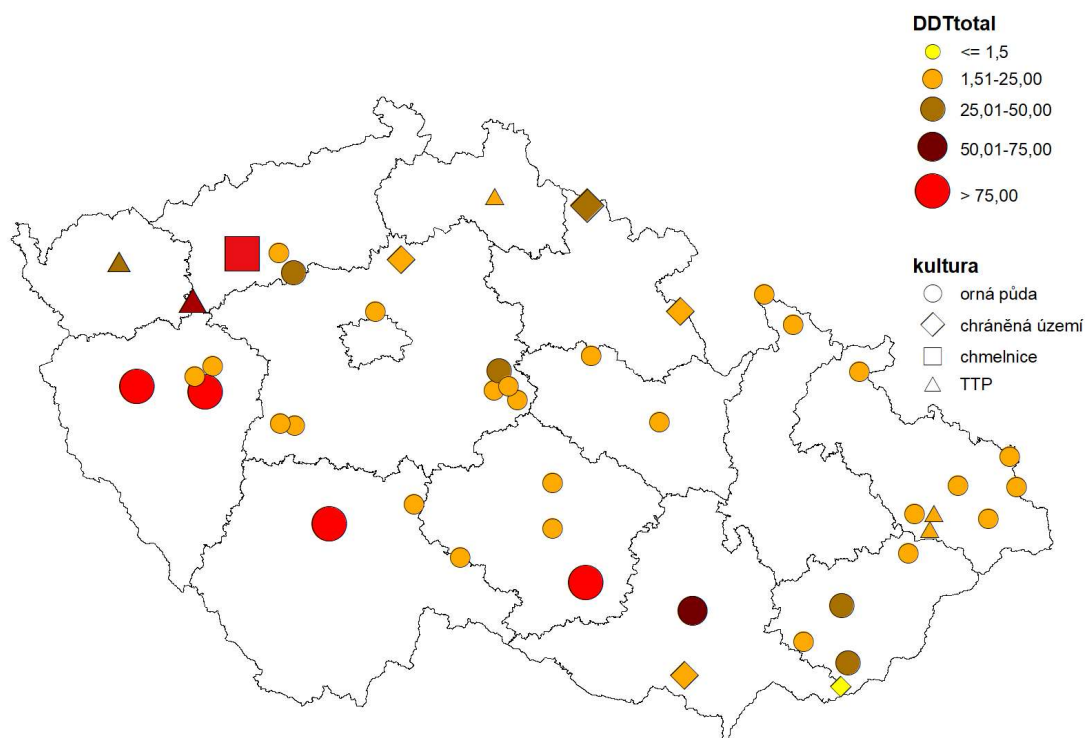
Mediány **sumy DDT** v orné půdě (suma o,p'- a p,p'- izomerů DDT) kolísají od roku 2005 v rozmezí 5,38–16,5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (2023: 4,79 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Mediány obsahů sumy DDT ve vzorcích půd z trvalých travních porostů kolísají ve svrchním horizontu v rozmezí 3,33 až 14,4 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (2023: 3,38 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Mediány DDT z chráněných území mají podobný průběh jako je tomu u TTP a orných půd, v roce 2023 medián činil 3,75 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Stále platí, že obsahy DDT klesají v pořadí orná půda > TTP > chráněná území, přičemž mediány se stále více vzájemně vyrovnávají. Medián obsahů DDT v orných půdách vytrvale klesá.

Mediány **sumy DDE** v orných půdách kolísají v letech 2005–2023 mezi 4,70 a 13,3 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (2023: 3,80 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) a v půdách s TTP v rozmezí 3,46 až 15,2 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (2023: 5,61 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Průběh mediánů na orné půdě a TTP je, stejně jako v předchozích případech, velmi podobný, mediány TTP jsou nižší než u orné půdy. Nicméně, v posledních letech se hodnota mediánů vyrovnala. Půdy chráněných území vykazují nejnižší mediány DDE (rozsah 2005–2023 činí 1,34–4,00 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., medián 2023: 2,63 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.).

Obsahy **sumy DDD** na monitorovaných plochách (orná půda, TTP i chráněné území) jsou velmi nízké. V roce 2023 byly obsahy DDD nižší než LOQ nalezeny na 23 monitorovacích plochách.

Základní statistika k uvedeným parametrům je uvedena v příloze 14.

Obrázek 10 Obsahy DDTtotal na monitorovacích plochách BMP v roce 2023 ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš.)



V příloze 14 jsou uvedeny také základní statistické parametry celkové sumy látek skupiny DDT (DDTtotal). Od roku 2021 je vidět velké snížení průměrné a maximální hodnoty u orných půd – toto je důsledek změn v souboru ploch. Z důvodu naprostého nerespektování monitorovací činnosti jsme museli ukončit každoroční vzorkování na ploše 4902KO (nahrazena plochou 4013BO), na které byly pravidelně měřeny nejvyšší obsahy látek skupiny DDT.

Průběh obsahů jednotlivých organochlorových pesticidů na plochách, na kterých došlo v období (2005–2023) k překročení preventivní hodnoty pro obsah HCB a sumy látek skupiny DDT, je graficky znázorněn v přílohách 15 a 16.

Počty vzorků, u nichž došlo k překročení preventivní hodnoty podle vyhlášky č. 153/2016 Sb. jsou uvedeny v tabulce 7. V roce 2023 došlo k překročení preventivní hodnoty pro sumu látek DDT na čtyřech plochách s ornou půdou a na chmelnici. Po přihlídnutí k nejistotě měření by požadavkům vyhlášky vyhověly vzorky z pozorovacích ploch 3017BO a 4903KO; obě orná půda. Preventivní hodnoty pro HCB a HCH překročeny nebyly. K překročení indikačních hodnot nedošlo.

Tabulka 7 Počty vzorků překračujících preventivní hodnotu (prev.h., $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) pro obsah organochlorových pesticidů v půdě podle vyhlášky č. 153/2016 Sb. – orná půda + chmelnice a TTP (ornice, svrchní horizont)

Orná půda																				
	prev.h.	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
HCB	20	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Σ DDT	75	7	5	6	5	4	4	7	5	4	3	4	2	4	5	3	4	3	3	3
HCH	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
z celkového počtu		35	35	35	35	35	34	34	34	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35

Trvalé travní porosty																				
	prev.h.	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
HCB	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Σ DDT	75	1	1	1	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HCH	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
z celkového počtu		5	5	5	5	5	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Závěry

- V roce 2023 bylo sledování persistentních organochlorových pesticidů provedeno pouze v ornici (svrchní vrstvě) na stálém souboru 40 pozorovacích ploch na zemědělské půdě a 5 pozorovacích plochách v chráněných územích.
- Obsahy jednotlivých izomerů HCH se ve většině případů nachází pod mezí stanovitelnosti ($0,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Medián (pro všechny kultury) je $1,0 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.
- Medián obsahu HCB v ornici orných půd činil v roce 2023 $1,95 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Medián obsahu HCB ve vzorcích z trvalých travních porostů dosáhl $2,33 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Průběh i rozsah hodnot mediánů HCB na orné půdě a TTP je srovnatelný. Obsahy HCB v půdách CHÚ jsou přibližně 3x nižší, medián se drží pod hodnotou $1 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.
- Látky skupiny DDT: mediány obsahů DDT, DDE a DDD v orných půdách vypočtené pro rok 2023 činí, 4,79, 3,80 resp. $0,82 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Nejnižší obsahy těchto látek se nacházejí v půdách chráněných území, následují travní porosty a nejvyšší obsahy nacházíme v orných půdách.
- K překročení preventivních hodnot podle vyhlášky č. 153/2016 Sb. došlo v roce 2023 pouze u parametru DDTtotal ve třech vzorcích orných půd. Preventivní hodnoty pro HCB a HCH překročeny nebyly, stejně tak nedošlo k překročení indikačních hodnot pro žádný parametr.

1.4.1.4 Účinné látky používané v přípravcích na ochranu rostlin v půdě

Šárka Poláková

Obsoletní pesticidy jsou v rámci monitoringu půd sledovány od 90. let minulého století. V roce 2014 byl zahájen monitoring moderních přípravků na ochranu rostlin, resp. v současnosti používaných účinných látek. Tyto látky musí vykazovat vysoký rozdíl mezi toxicitou pro cílové a necílové organismy, dobrou biodegradabilitu a neovlivňovat endokrinní systém savců. Jsou dlouhodobě sledovány v povrchových i podzemních vodách, ale pro jejich obsahy v půdách nejsou stanoveny žádné limitní hodnoty. Monitoring účinných látek POR probíhá na 40 pozorovacích plochách BMP a na 5 plochách v chráněných územích a jeho prostřednictvím získáváme informace o reálných obsazích těchto sloučenin v půdě, které můžeme porovnat s informacemi o aplikaci POR na monitorovacích plochách BMP získávaných přímo od zemědělců dotazníkovým způsobem.

V roce 2014 byly půdní vzorky odebrány při sklizni nebo těsně po ní (květen–říjen), v roce 2015 došlo k úpravě metodiky, a to především u termínu vzorkování. Půdní vzorky jsou nyní odbírány v průběhu února a března proto, aby se maximálně omezila pravděpodobnost aplikace POR před odběrem vzorku a vzorek reprezentoval zbytkové obsahy látek v půdě.

Ke stanovení byly vybrány látky nejčastěji aplikované na tyto plochy v období pěti let před začátkem samotného monitoringu (1998–2012), a látky nejčastěji aplikované v zemědělské praxi obecně. V roce 2014 bylo v každém vzorku stanoveno celkem 52 účinných látek. V následujících letech byl seznam stanovovaných látek rozšiřován. V roce 2019 byl rozsah sledovaných látek v BMP dále obohacen o účinné látky, u kterých po převedení analýz na tehdy pořízený systém UPLC-MS/MS TQ-XS Xevo Waters, došlo ke zlepšení pracovních charakteristik. V roce 2020 došlo k revalidaci analytické metody, což vedlo ke snížení kvantifikačních limitů u většiny stanovovaných látek a tedy i k většímu počtu pozitivních nálezů.

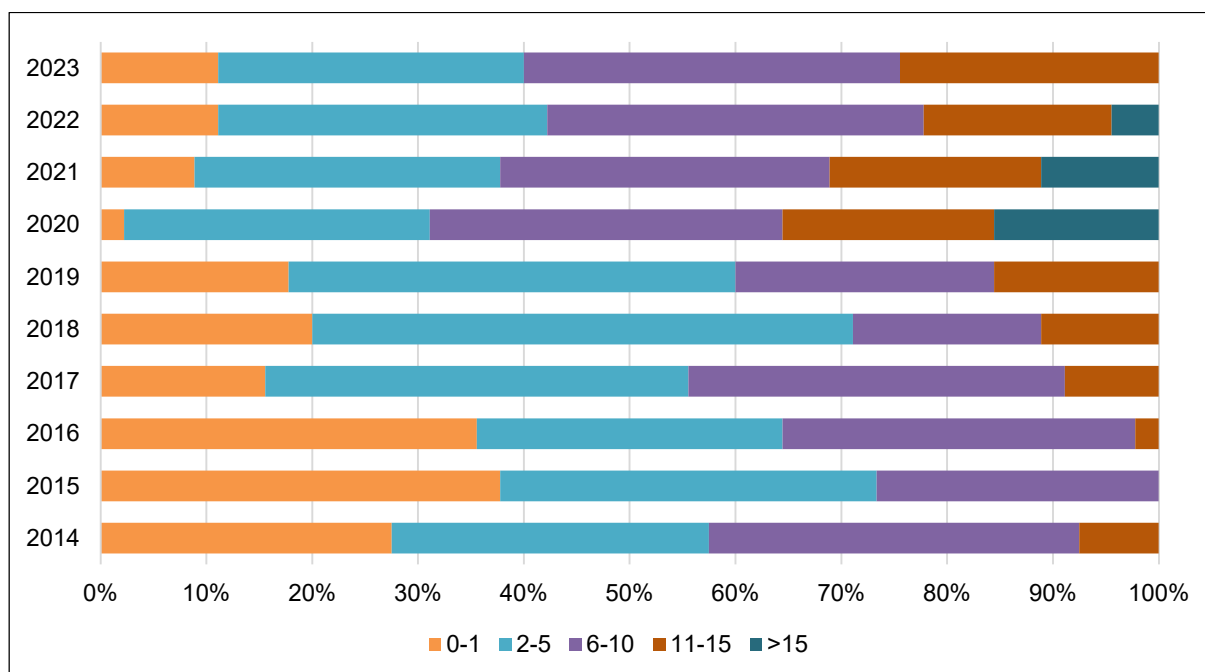
Tabulka 8 Počet sledovaných účinných látek (rozdělení podle účinku)

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Celkem	52	68	71	70	70	90	100	100	100	100
Herbicidy	30	38	41	42	42	61	64	64	64	64
Fungicidy	20	22	22	22	22	21	27	27	27	27
Insekticidy	2	5	4	4	4	6	6	6	6	6
Metabolity	-	3	4	2	2	2	3	3	3	3

V půdních vzorcích BMP bylo v roce 2023 nalezeno celkem 41 účinných látek, z toho 17 herbicidů, 20 fungicidů, 1 insekticid a 3 metabolity. Jejich přehled a základní statistické parametry jsou uvedeny v příloze 17. Příloha 18 zobrazuje počet nálezů jednotlivých účinných látek v roce 2023. V příloze 19 je zobrazeno 41 účinných látek, které se ve vzorcích vyskytly průměrně více než 1x v roce.

Následující obrázek zobrazuje počty účinných látek detekované v jednom vzorku. Aby byl graf přehlednější, byly vytvořeny kategorie / skupiny počtu nálezů po pěti nálezech (0–1 detekovaná účinná látka, 2–5 detekovaných účinných látek, 6–10 úč. l., 11–15 úč. l. a více než 15 detekovaných účinných látek). Revalidace analytické metody, ke které došlo v roce 2020 se zcela jasně projevila zvýšením zastoupením lokalit v kategoriích s 11–15 a více než 15 detekovanými účinnými látkami. Průměrný (i mediánový) počet detekovaných účinných látek v období 2020–2023 je 8 účinných látek v jednom půdním vzorku, tj. na lokalitě.

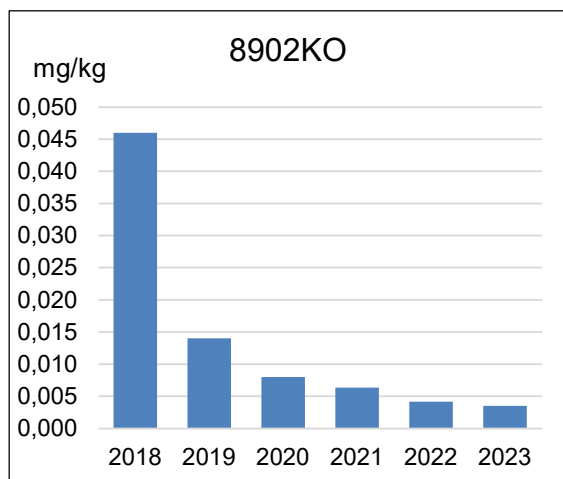
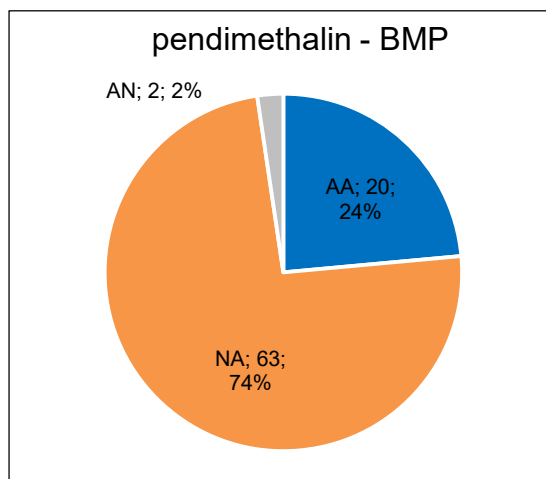
Obrázek 11 Zastoupení lokalit v jednotlivých kategoriích podle počtu účinných látek detekovaných v jednom vzorku (tj. na jedné lokalitě)



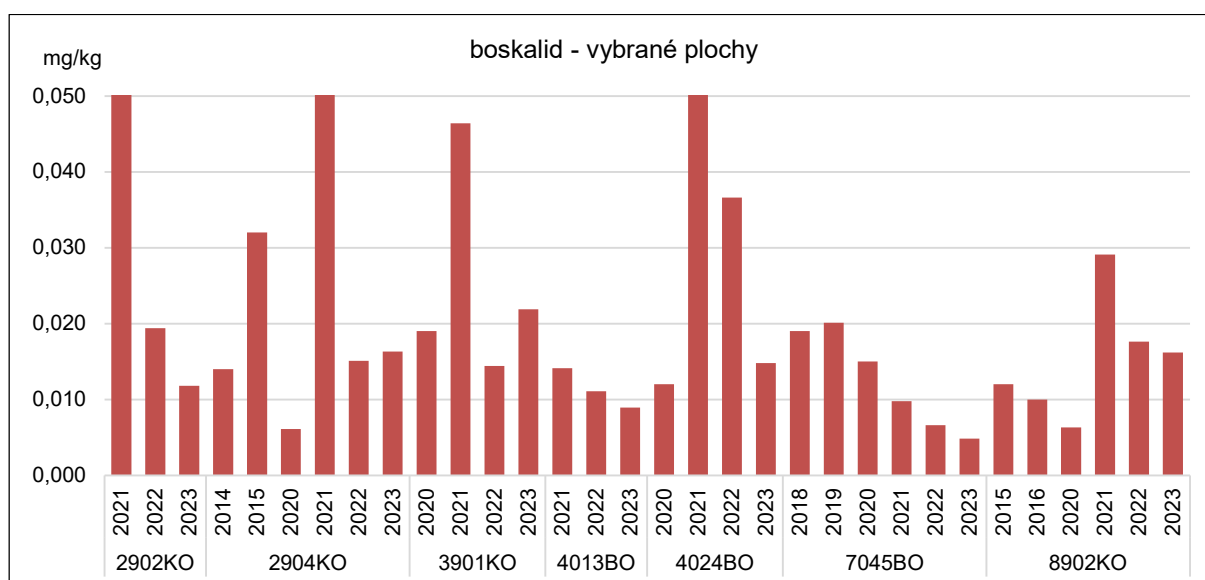
V loňském roce byl nejčastěji detekovanou látkou metabolit atrazinu 2-hydroxyatrazin – detekován na 39 lokalitách, a to ve všech sledovaných kulturách včetně 2 lokalit v chráněných územích (9002 Studniční hora, KRNAP a 9003 Bukačka, CHKO Orlické hory). Se 32 nálezy následoval metabolit terbuthylazinu 2-hydroxyterbuthylazin, opět detekován ve všech kulturách včetně lokalit 9002 a 9003 v chráněných územích. Na 3. až 5. místě co do četnosti nálezů byly v půdních vzorcích stanoveny tyto látky: epoxykonazol (25 lokalit), diflufenikan (24 lokalit) a tebukonazol (23 lokalit). Tyto látky patří také do prvních pěti nejčastěji detekovaných látek celkově.

Nejvyšší nález byl v roce 2023 naměřen u *pendimethalinu*, $0,130 \text{ mg.kg}^{-1}$ na lokalitě 6024BO. Dle našich informací zde byl *pendimethalin* aplikován od roku 2013 pouze 1x, a to na podzim v roce 2022. Aplikace se projevila tímto vysokým nálezem.

Pendimethalin je herbicidní látka používaná k hubení jednoděložných a dvouděložných plevelů v širokém spektru pěstovaných plodin. Jedná se o látku relativně stálou, což dokazují opakované nálezy na několika lokalitách BMP. Jako příklad je níže uvedena lokalita 8902KO kam byl v roce 2017 aplikován přípravek Stomp 400 SC. Během šesti let došlo k poklesu obsahu *pendimethalinu* v půdě přibližně o 1 řád (obrázek 12). Následující koláčový graf (obrázek 13) shrnuje pozorování ze všech monitorovaných lokalit od roku 2014 a zobrazuje, zda byl *pendimethalin* po aplikaci v půdě detekován či nikoli. Pouze na 2 lokalitách byl aplikován přípravek s *pendimethalinem* aniž by byl detekován v následném vzorku, na 20 lokalitách byl *pendimethalin* aplikován a v následném vzorku byl i nalezen a v 63 případech byl *pendimethalin* detekován na lokalitě dva a více let po aplikaci.

Obrázek 12 Obsah pendimethalinu na lokalitě 8902KO

Obrázek 13 Podíl lokalit, na kterých byl pendimethalin detekován následující rok po aplikaci (AA), dva a více let po aplikaci (NA) a na kterých byl pendimethalin aplikován, ale nebyl detekován (AN).


Jednou z látek s vysokými průměrnými a především mediánovými obsahy (v kombinaci s vysokým počtem nálezů) je *boskalid* (příloha 17). Po aplikaci bylo naměřeno 0,012–0,053 mg.kg⁻¹ suš. a koncentrace nad 0,01 mg.kg⁻¹ suš. mohou být v půdě naměřeny ještě další dva roky (obrázek 14). Na základě našich pozorování lze říci, že boskalid je látka, kterou je možno v půdě detekovat dva a více let po aplikaci.

Obrázek 14 Obsahy boskalidu na vybraných lokalitách BMP


Deset let zkušeností nám dovolilo roztrždit jednotlivé účinné látky dle opakování nálezů v čase do několika skupin – látky, které v půdě nacházíme několik let po aplikaci, látky, které v půdě nacházíme 1 rok po aplikaci, látky, které jsme v půdě nedetkovali. Kromě toho stále existuje

poměrně velká skupina sledovaných účinných látek, které nelze zařadit ani do jedné z uvedených kategorií. Jedná se o účinné látky, jež jsou aplikovány zřídka a za celé období sledování máme jen velmi malý počet nálezů (tabulka 9).

Tabulka 9 Skupiny látek, dle jejich nálezů v půdě

Látky nalézané v půdě několik let po aplikaci	azoxystrobin, boskalid, cyprokonazol, diflufenikan, epoxykonazol, fenmedifam, fenpropidin, flusilazol*, chinoxyfen*, chloridazon*, chlortoluron, karbendazim*, linuron*, metamitron, metolachlor, pendimethalin, prochloraz, propikonazol*, tebukonazol, tebutylazin
Látky nalézané v půdě 1 rok po aplikaci	difenokonazol, fenpropimorf, flufenacet, chlorpyrifos*, isoproturon*, klomazon, metkonazol, pethoxamid, prothiokonazol-desthio, spiroxamin
Látky, které nebyly v půdě nalezeny	acetochlor*, aminopyralid, atrazin*, dikamba*, dimethoát*, florasulam, fluazifop*, fluazifor-P-butyl, fluroxypyr, foramsulfuron, haloxyfop-2-ethoxyethyl*, haloxyfop-methyl*, hexazinone*, chizalofop-P-ethyl, chlorsulfuron*, jodosulfuron-methyl, klopýralid, lenacil, MCPA, mekoprop*, metribuzin, metsulfuron-methyl, ometoát*, pirimifos-methyl*, propachizafop, propachlor*, prosulfokarb, pyroxulam, simazine*, sulfosulfuron, terbutryn*, thifensulfuron-methyl, triasulfuron*

*Přípravky na ochranu rostlin s látkami označenými hvězdičkou již nejsou v ČR povoleny.

Na jednotlivých monitorovaných plochách bylo v roce 2023 detekováno 0–14 různých účinných látek. Průměrný počet za rok 2023 činí 7 účinných látek v jednom vzorku (medián: 8 úč. l.). Průměrný (i mediánový) počet za roky 2020–2023 činí 8 účinných látek v jednom půdním vzorku, tj. na jedné lokalitě.

Maximální počet detekovaných účinných látek (14) byl v roce 2023 zjištěn na monitorovací ploše 2904KO, stejně jako v předchozím roce. Stejný počet účinných látek byl dále detekován na lokalitě 6904KO. Prudké zvýšení počtu nálezů se na plochách 2904KO a 6904KO projevil po revalidaci analytické metody a snížení kvantifikačních limitů.

Pouze na čtyřech lokalitách nebyla v roce 2023 detekována žádná účinná látka. Jedná se o tři plochy v chráněných územích (9001 Kroužek, 9004 Děvín, 9005 Porážky) a jeden travní porost (5017BO). I na těchto plochách však již byly v minulosti některé látky detekovány: metabolity 2-hydroxyterbutylazin a 2-hydroxyatrazin v roce 2020 v koncentracích těsně nad LOQ; na lokalitě 9001 Kroužek dokonce diflufenikan v roce 2022. Na ploše 5017BO byl od roku 2014 detekován pouze fenpropidin v roce 2020.

V současné době (s dostupnou analytickou technikou) byl během sledování, tj. od roku 2014 zaznamenán výskyt alespoň jedné účinné látky na každé monitorovací ploše.

Závěry

- V roce 2023 byly účinné látky POR stanoveny v půdních vzorcích ze 40 monitorovacích ploch (34 ploch s ornou půdou, 5 ploch s TTP, 1 chmelnice) a také z 5 ploch v chráněných územích.
- Bylo stanovováno celkem 100 účinných látek POR.
- Celkem bylo v roce 2023 detekováno 41 různých účinných látek, z toho 17 herbicidů, 20 fungicidů, 1 insekticid a 3 metabolity. Nejčastěji byl ve vzorcích detekován metabolit atrazinu, 2-hydroxyatrazin, následovaný metabolitem terbutylazinu 2-

hydroxyterbuthylazinem, na více než 20 plochách byl nalezen epoxykonazol, diflufenikan a tebukonazol

- Na jednotlivých monitorovacích lokalitách bylo v roce 2023 detekováno 0–14 účinných látek. Průměrný počet účinných látek v jednom půdním vzorku je 7 (medián: 8 úč. l.).
- Na každé monitorované ploše, včetně ploch v chráněných územích, byla v průběhu sledování detekována minimálně 1 účinná látka (2014–2023).

1.4.1.5 Uhlovodíky C10-C40 v půdě

Šárka Poláková

Uhlovodíky C10-C40 jsou látky omezeně rozpustné ve vodě, jedná se především o tuky, oleje a ropné produkty. Za znečištěním půdy těmito látkami stojí úniky benzínu, nafty nebo maziv.

Pro obsahy uhlovodíků C10-C40 je od roku 2016 vyhláškou č. 153/2016 Sb. stanovena preventivní hodnota 100 mg.kg⁻¹. O reálných obsazích v půdě je však pouze omezené množství informací. Proto ÚKZÚZ v roce 2016 přistoupil k postupnému screeningu tohoto parametru na 40 plochách BMP v rámci sledování organických polutantů. Vzorky byly postupně odebrány a zanalyzovány v letech 2016–2019. Hodnota nad mezí stanovitelnosti byla zjištěna pouze na pěti z nich – 4904KO, 5903KO, 7045BO, 7901KO a 7902KO. Jistou zajímavostí je, že plocha 4904KO je travní porost. Od roku 2020 se parametr C10-C40 stanovuje právě na těchto pěti monitorovacích plochách (příloha 20).

K překročení preventivní hodnoty dochází na jedné lokalitě – 7901KO. V roce 2023 byl v uvedeném vzorku naměřen obsah C10-C40 108 mg.kg⁻¹ suš., a to znamená, že po zohlednění nejistoty měření je vzorek hodnocen jako vyhovující.

Závěry

- V roce 2023 byl parametr C10-C40 stanoven v 5 půdních vzorcích.
- K překročení preventivní hodnoty nedošlo.

1.4.1.6 Minerální dusík v půdě

Lenka Prášková

Anorganický dusík představuje podle RICHTERA *et* HLUŠKA (1994) 1–2 % celkového obsahu a je reprezentován hlavně nitrátovými a amonnými ionty. Přechodně se v půdě vyskytují také oxidy dusíku (N_2O , NO , NO_2) a meziprodukty mikrobiálních procesů např. hydroxylamin (NH_2OH), nitramid ($N_2H_2O_2$), které jsou však nestabilní a podléhají oxidačním a redukčním procesům. V konečném důsledku z nich vznikají NH_4^+ resp. NO_3^- ionty. Sorpce aniontu NO_3^- v půdě je velmi nízká z důvodu převládající sorpce kationtů a proto se nalézá převážně v půdním roztoku. Jeho obsah v půdním roztoku ovlivňuje resorpce rostlinami a mikroorganismy a vodní srážky. Na zvýšení obsahu se podílí biologická aktivita a intenzita hnojení (FECENKO *et* LOŽEK, 2000). Amonný iont je převážně výměně sorbován na půdní koloidní komplex, v půdním roztoku jsou jeho koncentrace velmi malé a rostliny jej přijímají převážně při kontaktu kořenů s pevnou půdní fází a při nižší teplotě (BALÍK *et al.*, 2001).

V průběhu roku dochází ke značným změnám anorganického dusíku v půdě. Sezónně může být v půdě od několika miligramů minerálního dusíku v kilogramu půdy až po více než 100 mg.kg^{-1} . V jarním období se zintenzivňuje činnost nitrifikačních bakterií, minerální dusík dosahuje svého jarního maxima a NH_4^+ se mění na pohyblivou formu NO_3^- (BIELEK, 1998). Odběr dusíku rostlinami a sezónní pokles nitrifikace se stabilizuje na letní minimum. Příznivé vlhkostní a teplotní podmínky v závěru léta a na podzim zvyšují obsah minerálního dusíku na podzimní maximum. Tuto sezónní variabilitu minerálního dusíku je třeba respektovat a využívat při stanovování dávek dusíku jak k základnímu hnojení, tak i pro přihnojování během vegetace. Aplikace organické hmoty s širokým poměrem C:N může dusík dočasně imobilizovat (FECENKO *et* LOŽEK, 2000).

V půdách BMP jsou od roku 1993 v podzimním období odebírány vzorky ornice (O) a podorničí (P). V letech 1993–1996 a po přestávce v roce 2000 byly vzorky odebírány ze všech pozorovacích ploch BMP, přičemž u ploch TTP byly odebírány 3 vrstvy (O, P, R). Od roku 2004 jsou vzorky odebírány každoročně a pouze z 23 vybraných pozorovacích ploch (15 orných, 3 TTP, 1 sad, 4 plochy, kde se v průběhu let střídala orná půda a TTP) a odebírány jsou pouze vrstvy O, P (včetně TTP).

Vzorky jsou odebírány po ukončení všech agrotechnických operací k předešlé i následné plodině a zároveň před zamrznutím půdního profilu. Podmínkou zahájení vzorkování je uplynutí alespoň 14 dní po poslední operaci s půdou a 3–4 týdny po hnojení statkovými hnojivy nebo opožděné zaorávce jetelovin. Ve vyšších polohách s časným zámrzem lze s odběry vzorků začít po 15. říjnu, v nižších polohách s pozdějším nástupem zimy je možné odběry ukončit do 15. prosince. Hloubka odběrů se řídí kulturou.

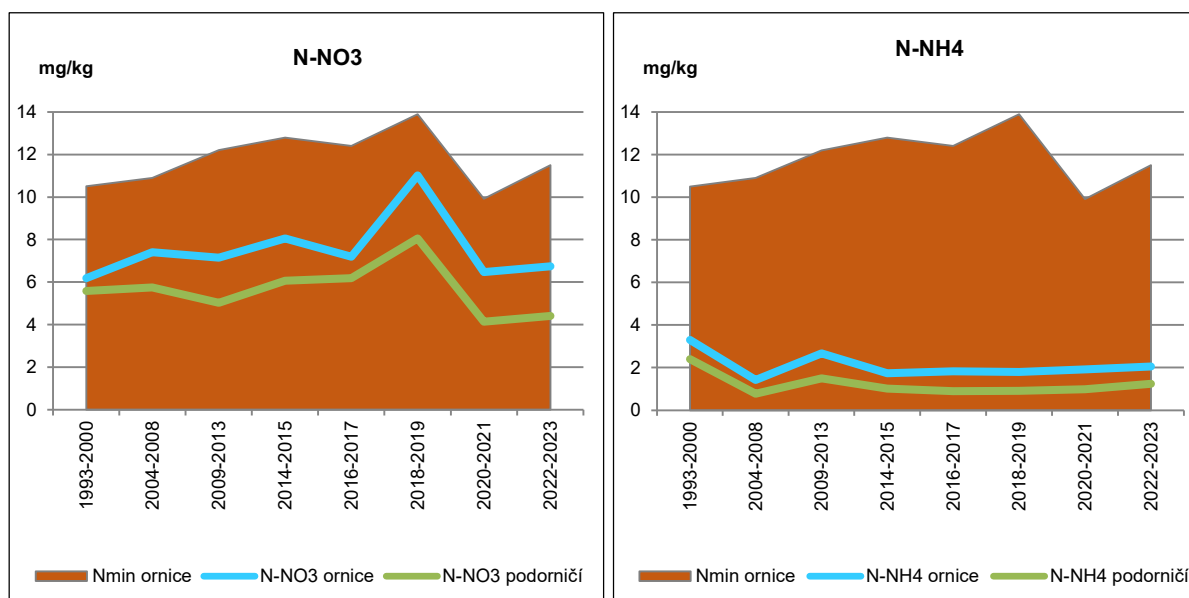
Ve vzorcích byl stanoven nitrátový (N- NO_3) a amonný (N- NH_4) dusík. Minerální dusík (N_{min}) je vypočítán ze součtu obsahů N- NO_3 + N- NH_4 . Výsledky obou forem dusíku jsou vyjádřeny v mg.kg^{-1} sušiny; v odběrových letech do roku 2000 byl nitrátový dusík stanoven v původním vzorku půdy, poté se již vyjadřoval v mg.kg^{-1} sušiny. Nitrátový dusík se stanovoval dusičnanovou iontově selektivní elektrodou a nově spektrofotometricky v ultrafialové oblasti při 210 nm. Amoniakální dusík se stanovoval fotometricky indofenolovou metodou nebo na amoniakální iontově selektivní elektrodě a nově spektrofotometricky s použitím činidla salicylanu sodného.

Tabulka 10 Základní statistická charakteristika obsahů minerálního dusíku ve vzorcích z odběrů v roce 2023 ($N\text{-NO}_3$ v mg.kg^{-1} sušiny, $N\text{-NH}_4$ v mg.kg^{-1} sušiny, N_{min} v mg.kg^{-1} sušiny)

	Horizont	Počet vzorků	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	10% percent.	90% percent.
N-NO₃	O	23	8,73	6,43	0,74	27,0	2,06	17,6
	P	23	6,06	3,15	1,11	19,2	1,33	15,1
N-NH₄	O	23	3,60	1,99	< 0,20	15,9	0,14	8,70
	P	23	2,06	1,08	< 0,20	8,0	0,14	5,83
N_{min}	O	23	12,3	11,9	3,58	27,0	4,87	22,4
	P	23	8,12	7,46	1,83	19,6	2,82	17,8

Statistické hodnocení obsahů $N\text{-NO}_3$, $N\text{-NH}_4$ a N_{min} v půdách BMP pro roky 1993–2023 je uvedeno v příloze 21 a pro rok 2023 je v tabulce 10. Medián $N\text{-NO}_3$ z celé periody let pro orníční horizont má hodnotu $6,50 \text{ mg.kg}^{-1}$ (pro rok 2023 má hodnotu $6,43 \text{ mg.kg}^{-1}$). Podorníční vykazuje nižší obsahy než ornice ($5,50 \text{ mg.kg}^{-1}$ – 1993–2023; $3,15 \text{ mg.kg}^{-1}$ – 2023). Medián $N\text{-NH}_4$ je rovněž jako nitrátový dusík vyšší v horizontu O ($2,80 \text{ mg.kg}^{-1}$ – 1993–2023; $1,99 \text{ mg.kg}^{-1}$ – 2023) proti P ($1,94 \text{ mg.kg}^{-1}$ – 1993–2023; $1,08 \text{ mg.kg}^{-1}$ – 2023). Hodnoty mediánů nitrátového i amonného dusíku v ornici i podorníci v roce 2023 jsou nižší oproti celé sledované periodě let 1993–2023. Při podrobnějším pohledu na řadu výsledků na obrázku 15 můžeme říci, že v posledním desetiletí obsahy nitrátového dusíku odpovídají hodnotám z počátku sledování; (s výkyvem v letech 2018–2019) a obsahy amonného dusíku poklesly.

Obrázek 15 Vývoj mediánů obsahu nitrátového a amonného dusíku v půdě na vzorkovaných plochách BMP v letech 1993–2023, mg.kg^{-1} sušiny



Nitrátový dusík v ornici představuje určité nebezpečí pro jakost vod, protože v závislosti na průběhu počasí, zejména intenzity srážek, může být v různé míře vyplavován do hlubších vrstev půdy. Největším potenciálním rizikem je vysoký obsah $N\text{-NO}_3$ na konci podzimu, kdy

již nemůže být ve větší míře využit vegetací, ale naopak vytváří zásobu snadno pohyblivých nitrátových iontů, které jsou z hlediska vyplavování nejnebezpečnější.

Pro hodnocení obsahu N-NO₃ v půdě bylo použito rozdělení oblastí do dvou skupin podle nadmořských výšek podle kritérií zavedených a provozně odzkoušených při řešení problematiky „Stanovení ekologicky únosných obsahů minerálního dusíku v půdách pásem hygienické ochrany vodních zdrojů“ – zpráva ÚKZÚZ Brno, 1995. Hodnocení bylo prováděno s ohledem na nadmořskou výšku stanoviště (tabulka 11).

Tabulka 11 *Hodnocení obsahu N-NO₃ v půdě (mg.kg⁻¹)*

obsah N-NO ₃	do 450 m n. m.	nad 450 m n. m.
velmi bezpečný	do 5,0	do 4,0
bezpečný	5,1 – 10,0	4,1 – 8,0
přiměřený	10,1 – 15,0	8,1 – 12,0
nadměrný	15,1 – 20,0	12,1 – 16,0
rizikový	nad 20,1	nad 16,1

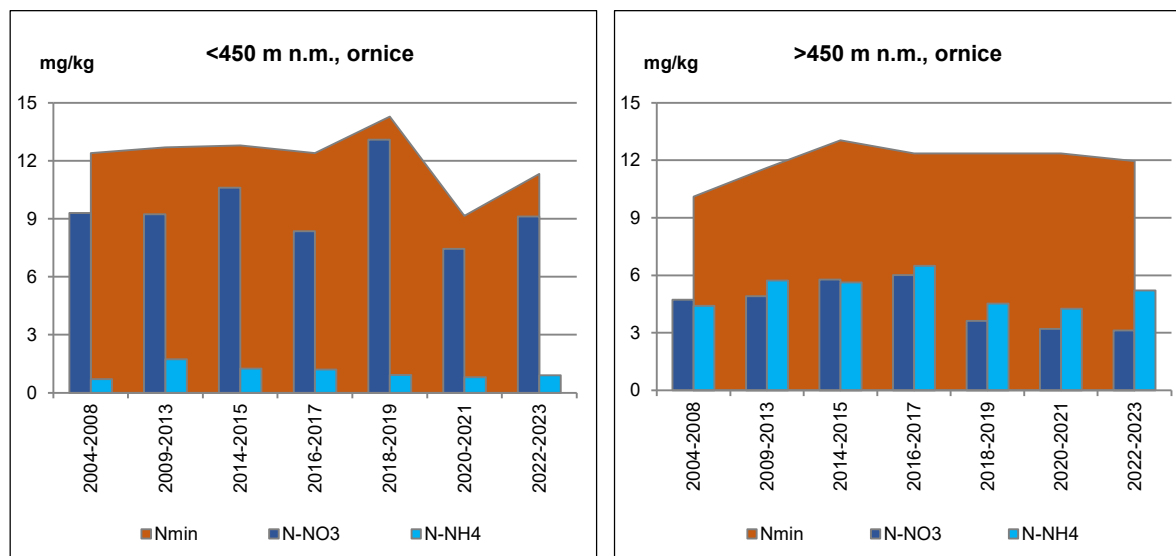
Tabulka 12 *Základní statistická charakteristika obsahů minerálního dusíku ve vzorcích ze stálého počtu 23 ploch BMP v letech 2004–2023 s rozdělením ploch podle nadmořské výšky, (mg.kg⁻¹ sušiny)*

Nadm. výška		Horizont	Počet vzorků	Průměr	Medián	Min.	Max.	10% percent.	90% percent.
< 450	N-NO ₃	O	283	12,9	9,72	0,53	94,3	3,14	26,3
		P	279	9,43	7,44	0,10	83,1	1,83	19,7
	N-NH ₄	O	279	2,33	1,15	0,10	19,3	0,10	6,34
		P	279	1,47	0,70	0,10	16,9	0,10	3,78
	Nmin	O	283	15,2	12,4	1,10	94,8	4,90	28,1
		P	279	10,9	8,30	0,20	83,9	2,66	22,1
> 450	N-NO ₃	O	156	7,22	4,76	0,74	69,1	1,94	14,1
		P	156	5,16	2,62	0,10	38,7	0,91	11,8
	N-NH ₄	O	156	6,03	5,18	0,10	22,9	1,56	11,7
		P	156	2,45	2,13	0,10	10,0	0,62	4,56
	Nmin	O	156	13,4	11,6	2,70	77,1	6,48	21,6
		P	156	7,64	5,70	0,10	40,0	2,75	14,6

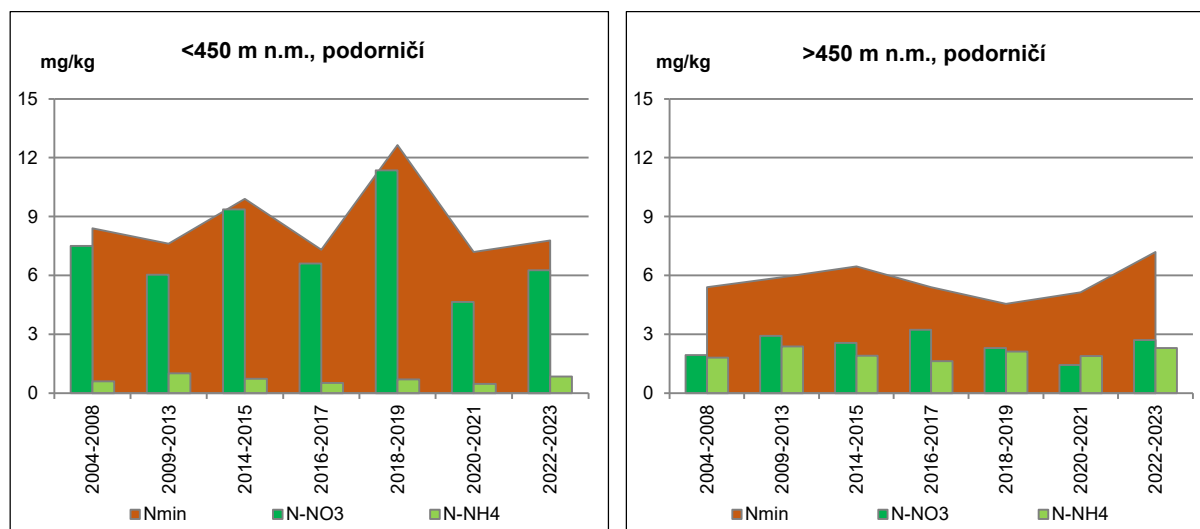
Rozdělení oblastí podle nadmořských výšek bylo použito pro hodnocení odběrů z let 2004–2023, kdy byly odběry vzorků prováděny každoročně na stálém počtu 23 ploch (tabulka 12). Rozdělení na oblasti bylo použito nejen pro hodnocení obsahu dusíku nitrátového, ale i amonného. Z výsledků zřetelně vyplynulo, že oblasti do 450 m n. m. obsahují v orníčním i podorníčním horizontu vyšší množství nitrátového dusíku než oblasti nad 450 m n. m. U amonného dusíku je tomu přesně naopak (vyšší obsahy jsou v ornici i podorníči u oblastí s nadmořskými výškami nad 450 m). Obrázky 16 a 17 ukazují vývoj v uvedené periodě let v ornici a podorníči v závislosti na nadmořských výškách. Je zde patrný pokles obsahu nitrátového i amonného dusíku v ornici v oblastech nad 450 m n.m. v posledních šesti letech.

V ornici oblastí s nadmořskou výškou do 450 m lze vysledovat pokles v obsazích amonného dusíku v posledním desetiletí. Výkyv v obsahu nitrátů v letech 2018–2019, který je patrný na předchozím obrázku, se ukázal být vázán pouze na plochy v oblastech do 450 m n.m.

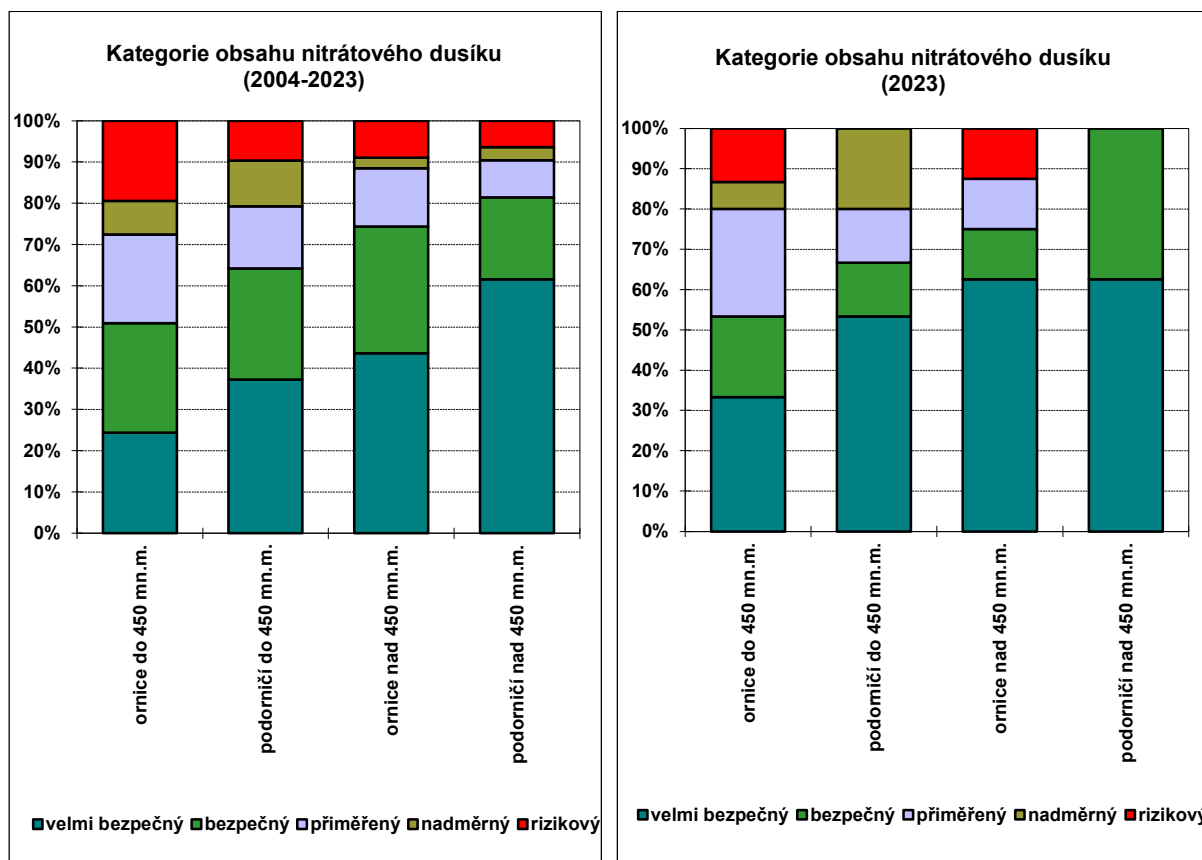
Obrázek 16 Vývoj mediánů obsahu dusíku v ornici s ohledem na nadmořskou výšku (do 450 m n.m. a nad 450 m n.m.) na stálých 23 plochách BMP v letech 2004–2023, $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny



Obrázek 17 Vývoj mediánů obsahu dusíku v podorničí s ohledem na nadmořskou výšku (do 450 m n.m. a nad 450 m n.m.) na stálých 23 plochách BMP v letech 2004–2023, $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny



Obrázek 18 Procentické zastoupení vzorků v jednotlivých kategoriích obsahů nitrátového dusíku v ornici a podorničí 23 stálých ploch BMP, perioda let 2004–2023, rok 2023



Rozčlenění na jednotlivé kategorie podle obsahů nitrátového dusíku z tabulky 11 bylo použito ke grafickému zobrazení zjištěných obsahů N-NO₃ v půdě z let 2004–2023 a z roku 2023 (obrázek 18). Obsahy N-NO₃ jsou zařazeny do pěti kategorií (velmi bezpečný, bezpečný, přiměřený, nadměrný a rizikový) podle nadmořských výšek do 450 m n. m. a nad 450 m n. m. Obrázek ukazuje velmi zřetelný rozdíl mezi oblastmi. U ploch s nadmořskou výškou nad 450 m převládají kategorie bezpečných obsahů (velmi bezpečný a bezpečný). V těchto dvou kategoriích se nalézá více jak 70 % vzorků odebraných jak v ornici, tak v podorničí, naproti tomu v oblastech do 450 m n. m. je to 51 % (ornice) a 64 % (podorničí). Podobný rozdíl platí i u odběrů z roku 2023, kde je rozdíl mezi oblastmi ještě zřetelnější. Nicméně u obou oblastí v roce 2023 nebyl zaznamenán žádný vzorek v podorničí s rizikovým obsahem N-NO₃.

Závěry

- Minerální dusík je na plochách BMP stanovován od roku 1993.
- Od roku 2004 je prováděno stanovení nitrátového i amonného dusíku v ornici a podorničí na 23 stálých plochách BMP (15 orných, 3 TTP, 1 sad, 4 plochy, kde se v průběhu let střídala orná půda a TTP).
- Medián souboru vzorků z let 1993–2023 měl pro nitrátový dusík v ornici hodnotu 6,50 mg.kg⁻¹ a pro amonný dusík 2,80 mg.kg⁻¹; pro rok 2023 hodnotu 6,43 mg.kg⁻¹ –

nitratový dusík a $1,99 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ – amonný dusík. Ornice i podorničí za rok 2023 vykazuje nižší obsahy pro nitratový i pro amonný dusík v porovnání s celkovými mediány 1993–2023.

- Oblasti do 450 m n. m. jak v orničním, tak i podorničním horizontu vykazaly v půdě vyšší obsahy nitratového a nižší obsahy amonného dusíku ve vzorcích v porovnání s oblastmi nad 450 m n. m.
- Porovnání obsahů podle kategorií ukázalo, že se v roce 2023 v žádném vzorku z podorničí nevyskytoval rizikový obsah nitratového dusíku.

1.4.1.7 Monitoring mikrobiálních parametrů půd ČR

Stanislav Malý

V rámci monitoringu mikrobiálních parametrů bylo během prvního týdne měsíce října vzorkováno 45 lokalit, z nichž pět se pět nacházelo na území CHKO. Půda byla odebírána z vrstvy 0–15 cm. Vzorky byly bezprostředně pro doručení do laboratoře prosety (2 mm) a uskladněny při -20 °C. Před analýzou byly rozmrazovány týden v ledničce a před vlastním měřením preinkubovány a to v závislosti na dané metodě. Výjimkou bylo stanovení enzymatických aktivit pomocí fluorogenních substrátů, (horkou) vodou extrahovatelný C a analýza DNA, které byly zahájeny ihned po rozmražení. Přehled laboratorních stanovení uvádí tabulka 13.

Tabulka 13 *Přehled analýz provedený v rámci monitoringu mikrobiálních vlastností půd ČR v roce 2023 (OdMB – Národní referenční laboratoř, oddělení mikrobiologie a biochemie)*

Metoda	Počet vzorků	Pracoviště ÚKZÚZ
oxidovatelný uhlík	45	OdMB Brno
pH (KCl)	45	Odbor NRL Brno
zrnitostní rozbor	45	Odbor NRL Brno
kationtová výměnná kapacita	45	Odbor NRL Brno
(horkou) vodou extrahovatelný C (WSC, HWSC)	45	OdMB Brno
uhlík mikrobiální biomasy (MBC)	45	OdMB Brno
dusík mikrobiální biomasy (MBN)	45	OdMB Brno
bazální respirace titračně (RES)	45	OdMB Brno
bazální respirace systémem OxiTop (RB)	45	OdMB Brno
substrátem indukovaná respirace systémem OxiTop (RS)	45	OdMB Brno
růstové křivky: specifická růstová rychlost (μ)	45	OdMB Brno
amonifikace	45	OdMB Brno
nitrifikační aktivita	45	OdMB Brno
aktivita ureázy	45	OdMB Brno
restrikční analýza fragmentu genu amoA	29	OdMB Brno
aktivita vybraných půdních enzymů (6)	45	OdMB Brno

Mikrobiální metody používané v rámci bazálního monitoringu převážně souvisí s transformací organické hmoty. Jedná se o logický důsledek skutečnosti, že většina mikroorganismů v dobře aerovaných zemědělských půdách patří svým metabolismem mezi chemoorganoheterotrofy. Organismy s tímto typem metabolismu získávají potřebnou energii oxidací organických látek a ze stejného zdroje i C pro syntézu biomasy. Současný pohled na transformaci půdní organické hmoty (SOM) postavil do centra mikrobiální aktivitu. Analýza dat byla proto zaměřena na hodnocení vlivu obhospodařování na mikrobiální fyziologii a na související vztahy s jednotlivými frakcemi SOM.

Analýza hlavních komponent (PCA), vypočítaná na šesti mikrobiálních fyziologických charakteristikách, ukázala rozdělení půd podle obhospodařování na první ose, která vysvětlila 47,8% variability v datech (obrázek 19). Všechny sledované parametry byly statisticky odlišné v orných půdách a půdách trvalých travních porostů (TTP) (tabulka 14).

Vyšší hodnoty stechiometrického poměru uvolněného C jako CO₂ a množství spotřebovaného O₂ (RES:RB) v orných půdách odráží nižší efektivitu mikrobiálního bazálního metabolismu v porovnání s TTP. Tato skutečnost může souviset s pozitivním vztahem RES:RB s proměnnou

SUVA (obrázek 19), která ukazuje na vliv vyššího zastoupení obtížněji rozložitelných látek v nízkomolekulární frakci půdní organické hmoty orných půd. V této souvislosti je třeba si uvědomit, že hodnoty SUVA, absorbance vodného půdního výluhu při 254nm vztažené na koncentraci C, jsou určeny obsahem aromatických jader v organických sloučeninách, jejichž rozklad je energeticky náročný. Vyšší poměr substrátem indukované respirace a mikrobiální biomasy stanovené fumigačně-extrakční metodou (RS:MBC) v orných půdách naznačuje vyšší podíl mikrobiální biomasy, která bezprostředně reaguje na vstup snadno metabolizovatelného substrátu. Toto, poněkud překvapující zjištění, naznačuje vyšší přítomnost mikroorganismů s *r* růstovou strategií. Pro tyto mikroorganismy je typický rychlý růst v případě dostupnosti snadno metabolizovatelného substrátu při nízké efektivitě jeho využití. Tuto hypotézu podporuje vyšší specifická růstová rychlost μ v orných půdách (tabulka 14). Hodnoty μ udávají podíl biomasy, která se rozdělí za jednotku času.

Tabulka 14 Porovnání fyziologických parametrů v orných půdách (72) a půdách TTP (27)

parametr	jednotka	orná	TTP	p
MBC:Cox	%	1,14	1,59	0,0020
RES:MBC	$\mu\text{gCO}_2\text{-C.mgMBC}^{-1}$	4,50	3,10	0,0008
RES:RB		1,50	1,08	<0,0001
RS:MBC	$\mu\text{gO}_2\text{.h}^{-1}\text{.mgMBC}^{-1}$	114	75,3	0,0001
RB:RS		0,075	0,111	0,0002
μ	h^{-1}	0,139	0,096	<0,0001

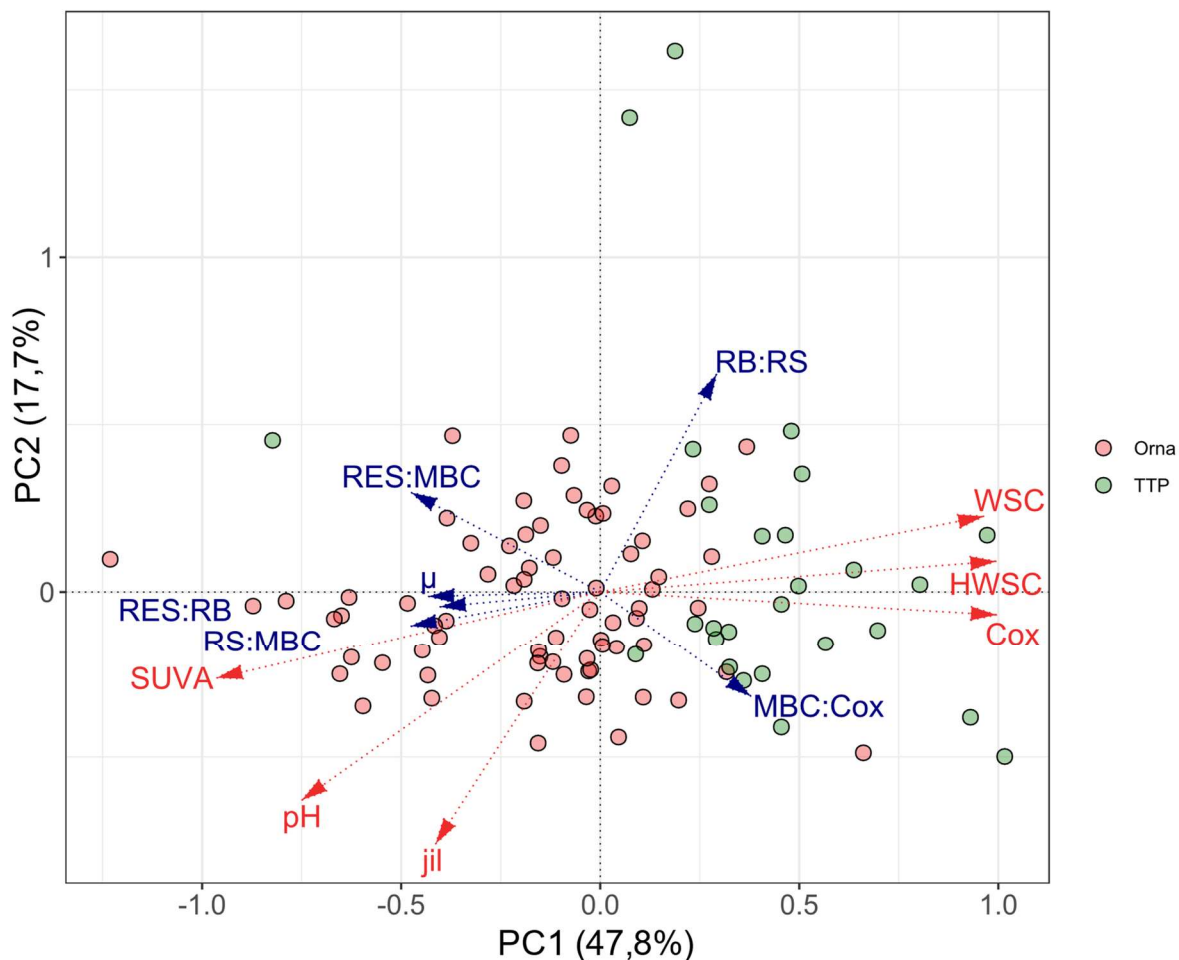
Zkratky viz tabulka 13.

Z hlediska syntézy mikrobiální biomasy je třeba si všimnout negativního vztahu diskutovaných mikrobiálních parametrů (RES:RB, RS:MBC, μ) s C extrahovatelným horkou vodou (HWSC) ($p < 0,001$ ve všech případech). Frakce HWSC je tvořena zejména vysokomolekulárními biopolymery (např. proteiny, nukleové kyseliny), které tvoří pojivo minerálních částí půdních agregátů. Jedná se o další potvrzení toho, že organický substrát je v případě dostupnosti v orných půdách rychle využit, ale za cenu nižší efektivitě. Vliv obhospodařování se rovněž projevil na obsahu C vázaného v mikrobiální biomase vzhledem k Cox, kdy hodnoty tzn. mikrobiálního kvocientu MBC:Cox byly vyšší v půdách TTP (obrázek 19). Toto zjištění je v souladu s předchozí hypotézou o efektivnějším využití organických sloučenin v půdách travních porostů. Významnou měrou se na nižších hodnotách MBC:Cox v orných půdách podílí orba, která vede k destrukci půdních agregátů.

Poměr mezi bazální a substrátem indukovanou respirací RB:RS je určen zejména pH ($r^2_{\text{RB:RS,pH}} = 0,46$; $p < 0,001$) a v podstatně menší míře obsahem jílovitých částic ($r^2_{\text{RB:RS,jil}} = 0,11$; $p < 0,001$). Vyšší hodnoty poměru RB:RS byly nalezeny v půdách kyselejších a lehčích (obrázek 19). Možným vysvětlením je vyšší poměr hub vzhledem k bakteriím, který je typický pro půdy s nižším pH. Houby zpravidla reagují pomaleji na přísun nízkomolekulárních látek, což může vysvětlit vyšší hodnoty RB:RS.

Uvedená analýza ukázala významný vliv obhospodařování na fyziologii mikrobiálních společenstev, která se následně promítá do transformace SOM. Znalost mikrobiální fyziologie je proto důležitá pro pochopení procesů vedoucích k tvorbě organické hmoty určitých vlastností (např. persistentní SOM) v závislosti na obhospodařování.

Obrázek 19 Ordinační diagram analýzy hlavních komponent



Ordinační diagram analýzy hlavních komponent (PC1, PC2) vypočtené na mikrobiologických parametrech (modře). Půdní fyzikálně-chemické vlastnosti a frakce organické hmoty (červeně) byly pomocí korelace promítnuty do ordinačního prostoru. Zkratky viz tabulka 13 SUVA – absorbance při 254nm vztažená na jednotku vodou extrahovatelného C.

1.4.1.8 Monitoring rostlinné produkce – obsahy rizikových prvků v rostlinách

Lenka Prášková

V roce 2023 bylo analyzováno 86 vzorků rostlin z 52 lokalit Bazálního monitoringu půd na obsah rizikových prvků. V příloze 22 jsou uvedeny výsledky těchto měření ve 100% sušině. Pro celé období sledování (1997–2023) byly vypočítány průměrné obsahy (příloha 23). V některých případech se jedná o výsledek jedné nebo několika málo analýz, kdy nebyly vyloučeny extrémní hodnoty a tyto hodnoty by proto měly být chápány jako orientační.

Hodnocení vzorků v této zprávě je prováděno podle limitů pro potraviny (Nařízení Komise (ES) č. 1881/2006) a podle limitů pro krmiva (Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/32/ES). Abychom mohli obsahy prvků v rostlinách s uvedenou legislativou porovnávat, musíme nejprve provést převedení na čerstvou hmotu (v případě Nařízení pro potraviny) a převedení na 88% sušinu (v případě Směrnice pro krmiva). K přepočtu na čerstvou hmotu posloužily tabulkové hodnoty sušiny (Čvančara, 1962).

V roce 2021 došlo v Nařízení Komise (ES) č. 1881/2006 (ve znění Nařízení Komise 2021/1323) k některým změnám, které se týkají hodnocení obsahů Cd, a to z důvodu toxicity kadmia zejména pro ledviny, především pro buňky proximálního tubulu, kde se v průběhu času Cd hromadí a může vést k poruchám funkce ledvin (Nařízení Komise (EU) 2021/1323, 2021). Nově jsou Nařízením stanoveny limitní obsahy pro olejnatá semena řepky (0,15 mg Cd.kg⁻¹), hořčice (0,30 mg.kg⁻¹), slunečnice (0,50 mg Cd.kg⁻¹) a máku (1,20 mg Cd.kg⁻¹). Pro orientaci, jak vysoké obsahy Cd se nachází v semenech olejnin pěstovaných na plochách BMP, poslouží zde v textu obrázek 20 pro semena hořčice, slunečnice a máku a obrázek v příloze 24 pro semena řepky. Další změnou je zpřísnění limitních hodnot u zrna obilovin (např. u pšenice obecné došlo ke změně z 0,2 na 0,1 mg Cd.kg⁻¹, u žita a ječmene z 0,1 na 0,05 mg Cd.kg⁻¹); zelenina a ovoce se rozdělila do podrobnějších skupin a rovněž zde došlo ke zpřísnění limitů. Došlo také k aktualizaci obsahů olova (ve znění Nařízení Komise 2021/1317); nicméně tyto změny se netýkaly námi sledovaných produktů.

Nadlimitními byly shledány v roce 2023 z hlediska potravin (i po započtení nejistoty měření) 4 vzorky. Tři vzorky nevyhověly limitu kadmia a jeden vzorek nevyhověl limitu olova. Z hlediska obsahu Cd byl nadlimitní 1 vzorek zrna pšenice ozimé z plochy 8902KO (naměřená hodnota byla 0,204 mg Cd.kg⁻¹ 100% sušiny, po odečtení nejistoty měření a převedení na čerstvou hmotu byl výsledek 0,151 mg Cd.kg⁻¹ čerstvé hmoty), 1 vzorek zrna ovsa z plochy 8906KO (naměřená hodnota byla 0,158 mg Cd.kg⁻¹ 100% sušiny, po odečtení nejistoty měření a převedení na čerstvou hmotu byl výsledek 0,117 mg Cd.kg⁻¹ čerstvé hmoty) a 1 vzorek semena řepky ozimé z plochy 2902KO (naměřená hodnota byla 0,482 mg Cd.kg⁻¹ 100% sušiny, po odečtení nejistoty měření a převedení na čerstvou hmotu byl výsledek 0,361 mg Cd.kg⁻¹ čerstvé hmoty). Limitu olova nevyhověl vzorek zrna žita z plochy 2901KO (naměřená hodnota byla 0,364 mg Pb.kg⁻¹ 100% sušiny, po odečtení nejistoty měření a převedení na čerstvou hmotu byl výsledek 0,250 mg Pb.kg⁻¹ čerstvé hmoty). Limitu olova po odečtení nejistoty měření vyhověl vzorek zrna ječmene ozimého z plochy 7902KO (naměřená hodnota byla 0,263 mg Pb.kg⁻¹ 100% sušiny; nejistota měření byla 100 %, protože se jednalo o hodnotu menší než 0,3 mg Pb.kg⁻¹). Vzorky nadlimitní z hlediska potravin vyhověly limitům pro krmiva.

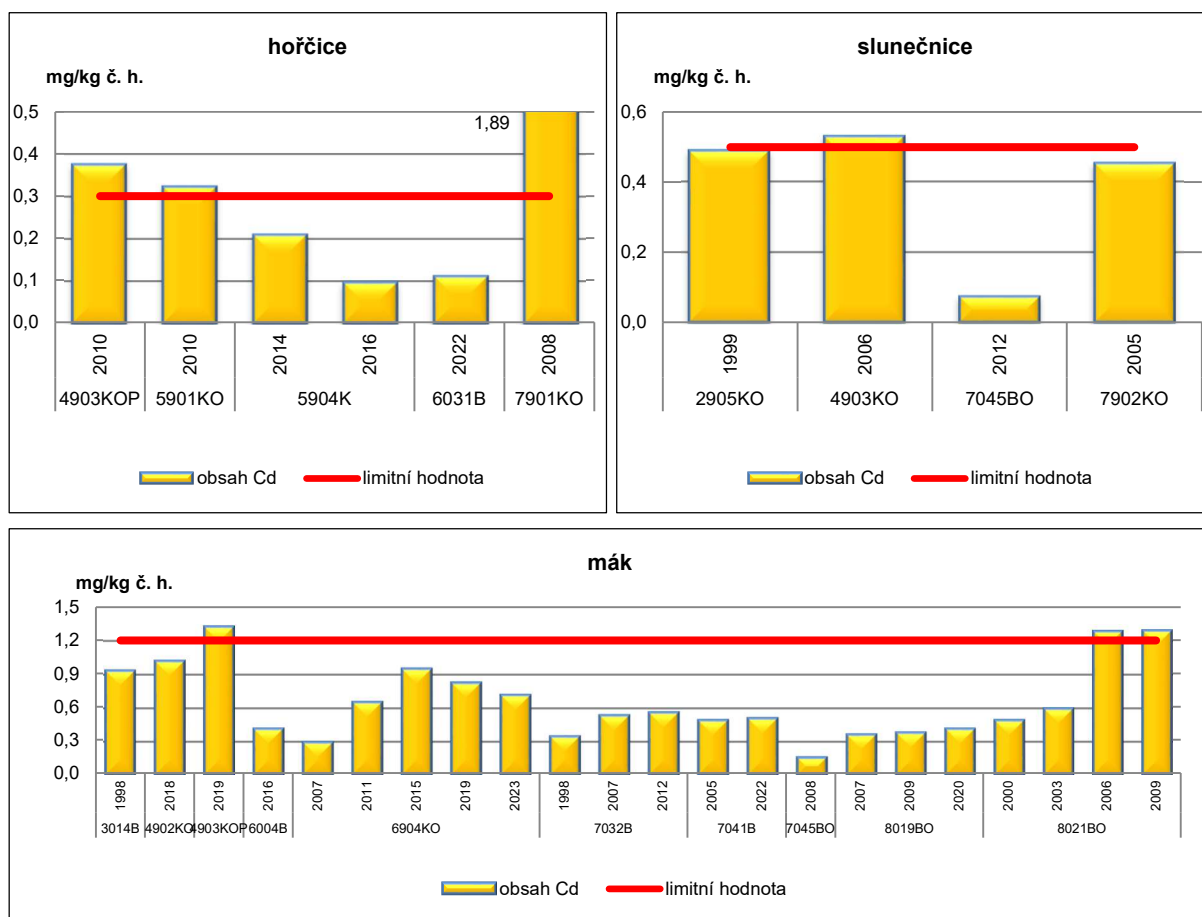
Mák byl v roce 2023 pěstován na jedné ploše (6904KO). Semeno plně vyhovělo požadavkům Nařízení Komise (ES) č. 1881/2006, ale nevyhovělo hodnocení podle vyhlášky č. 329/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů. Vyhláška navíc kromě kadmia limituje i obsah arzenu, rtuti a olova a má přísnější požadavky na obsah kadmia (limit ve vyhlášce – 0,8 mg Cd.kg⁻¹, limit v Nařízení 1,2 mg Cd.kg⁻¹). Arzen byl podle vyhlášky nadlimitní (limitní hodnota je 0,1 mg As.kg⁻¹; zjištěný obsah po započtení nejistoty byl 0,248 mg As.kg⁻¹).

Z hlediska krmiv, jejichž limity jsou stanovené Směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2002/32/ES ve znění Nařízení Komise (EU) 2017/2229, byly nadlimitní 2 vzorky (1x sláma ječmene jarního z plochy 2904KO, nadlimitním prvkem byl arzén (naměřená hodnota byla $3,546 \text{ mg As.kg}^{-1}$ 100% sušiny, po odečtení nejistoty měření a převedení na čerstvou hmotu byl výsledek $2,746 \text{ mg As.kg}^{-1}$ čerstvé hmoty). Pokud by sláma ječmene jarního byla použita jako rostlinná moučka, která má povolený vyšší obsah arzenu (4 mg.kg^{-1}), pak by tento vzorek požadavkům vyhlášky vyhověl. Dále nevyhověl 1x vzorek zelené hmoty z trvalého travního porostu z plochy 5905KO, nadlimitním prvkem byla rtuť (naměřená hodnota byla $0,426 \text{ mg Hg.kg}^{-1}$ 100% sušiny, po odečtení nejistoty měření a převedení na čerstvou hmotu byl výsledek $0,319 \text{ mg Hg.kg}^{-1}$ čerstvé hmoty). Stav obsahů rtuti v plodinách pěstovaných na ploše 5905KO dokumentuje obrázek 21.

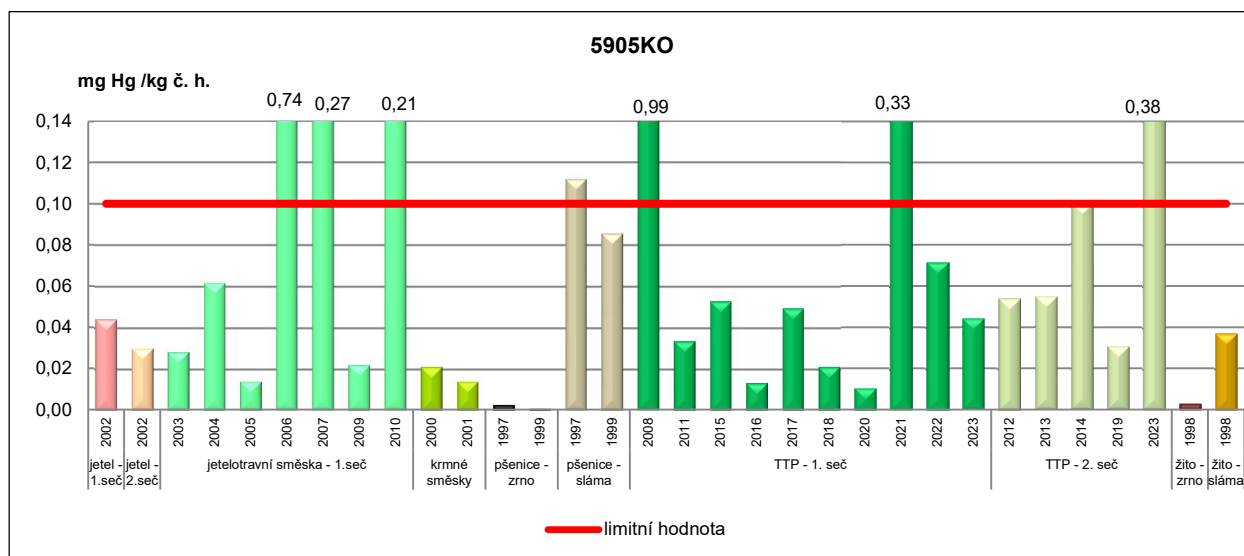
V roce 2023 byl celkem v 6 vzorcích zjištěn nadlimitní obsah prvku (4 vzorky hodnocené jako potraviny a 2 vzorky hodnocené jako krmiva).

Vzorky rostlin s překročenými limitními hodnotami u jednotlivých plodin uvádí příloha 25. V příloze 26 jsou vypsány limitní hodnoty vycházející z platných Nařízení.

Obrázek 20 Obsahy kadmia v olejninách pěstovaných na plochách Bazálního monitoringu půd v letech 1997–2023 (mg.kg^{-1} čerstvé hmoty)



Obrázek 21 Obsah rtuťi v pěstovaných plodinách na ploše 5905KO v letech 1997–2023 (mg.kg⁻¹ čerstvé hmoty, vyznačena limitní hodnota Hg pro krmiva)



Závěry

- V roce 2023 byla provedena analýza 86 vzorků rostlin z 52 pozorovacích ploch BMP.
- V šesti případech došlo k překročení limitních hodnot; a to jak u rostlinných produktů k potravinářskému využití (4 vzorky), tak pro využití z hlediska krmiv (2 vzorky).
- K překročení limitních hodnot došlo v šesti případech z šesti ve vzorcích z kontaminovaného subsystému monitoringu.

1.4.2 Kontrola hnojiv a pomocných látek

Jaroslav Houček

Oddělení hnojiv schvaluje hnojiva (včetně rostlinných biostimulantů, pomocných půdních látek a substrátů – dále jen hnojiva) uváděná do oběhu čtyřmi legálními způsoby. Jedná se o registraci a ohlášení (podle zákona č. 156/1998 Sb., o hnojivech), vzájemné uznávání (podle Nařízení EP a Rady (ES) č. 2019/515) a CE hnojiva (podle Nařízení EP a Rady (ES) č. 2019/1009). CE hnojiva jsou však evidována a následně zveřejněna v Registru hnojiv pouze na základě žádosti výrobce, resp. dodavatele, protože tato hnojiva ze své podstaty žádné evidenci ani povinnému hlášení nepodléhají.

Podle zákona o hnojivech bylo vydáno celkem 557 rozhodnutí v režimu registrace a ohlášeno bylo 179 hnojiv. V režimu vzájemného uznávání byl ohlášen 141 výrobek, dále byla evidována 262 CE hnojiva.

V rámci odborného dozoru bylo odebráno celkem 267 vzorků, z toho 172 registrovaná hnojiva, 41 ohlášené hnojivo, 10 hnojiv ES, 23 CE hnojiva, 5 vzájemně uznaných výrobků a 15 hnojiv určených k aplikaci na vlastní pozemky; byl odebrán také vzorek 1 hnojiva, které bylo uváděno do oběhu nelegálně. Na základě nevyhovujících výsledků analýz vzorků bylo zrušeno 6 rozhodnutí o registraci a 6 ohlášení hnojiva. Důvodem bylo kromě nevyhovujících jakostních ukazatelů také překročení limitu rizikových prvků (tabulka 15). Dále bylo zahájeno správní řízení u 1 CE hnojiva.

Cílené kontroly (tabulka 16) zaměřené na komposty, digestáty a statková hnojiva byly prováděny jednak u registrovaných a ohlášených výrobků (jako součást odborného dozoru), jednak jako kontrola výrobků určených pro vlastní potřebu.

Do působnosti oddělení patří také schvalování programů použití kalů podle zákona č. 541/2020 Sb., o odpadech. Byla podána 351 žádost, z toho 7 žádostí bylo zamítnuto. Nejčastějším důvodem zamítnutí programů bylo zamýšlené použití kalů na půdách s vysokou a velmi vysokou zásobou fosforu.

Tabulka 15 Hnojiva, u nichž byly v roce 2023 zjištěny nadlimitní obsahy rizikových prvků (červeně vyznačen limit rizikových prvků)

Výrobek	Překročení limitů rizikových prvků (v mg prvku/kg vysušeného vzorku)
Minerální hnojivo	Cd (52,5/ 50)
Minerální hnojivo	Cd (52,3/ 50)
Kompost	Cu (343/ 150); Hg (1,55/ 1); Ni (51,9/ 50); Zn (1110/ 600)
Kompost	Cu (162/ 150); Hg (1,1/ 1); Zn (641/ 600)
Kompost	Cu (192/ 150); Zn (654/ 600)
Digestát	Cu (1 300/ 250)
Digestát	Cu (256/ 250)
Organické hnojivo	Cd (2,52/ 2,0)

Tabulka 16 Cílené kontroly v roce 2023 – komposty, digestáty, statková hnojiva (červeně vyznačen limit rizikových prvků)

	Počet odebraných vzorků (překroč. limitů rizikových prvků/ nedodržení jakostních ukazatelů)	Překročení limitů rizikových prvků (v mg prvku/ kg vysušeného vzorku)
Komposty	98 (3/1)	Cu (343/ 150), Hg (1,55/ 1), Ni (51,9/ 50), Zn (1110/ 600); Cu (162/ 150), Hg (1,1/ 1), Zn (641/ 600); Cu (192/ 150), Zn (654/ 600)
Digestáty	18 (2/1)	Cu (1 300/ 250); Cu (256/ 250)
Statková hnojiva	12 (0/-)	

1.4.3 Monitoring kalů ČOV

Lenka Prášková

Na základě zákona č. 147/2002 Sb., o Ústředním kontrolním a zkušebním ústavu zemědělském, ve znění pozdějších předpisů, §3, jsou kaly monitorovány jako jeden ze vstupů do půdy. Monitoring je zaměřen především na ty ČOV, u nichž je předpoklad, že určitá část produkce kalů je směřována v konečné fázi na zemědělskou půdu a dále na velké, dlouhodobě monitorované ČOV. Tím je dán náš předvýběr a proto se naše výsledky nemohou vztahovat na čistotu kalů celorepublikově.

V roce 2023 byly vzorky kalů odebrány v jarním období na 40 vybraných ČOV.

V laboratořích ÚKZÚZ byl stanoven obsah rizikových prvků (RP) a ve vybraných vzorcích organické polutanty. Z rizikových prvků je sledován obsah arzenu (As), kadmia (Cd), chromu (Cr), rtuti (Hg), niklu (Ni), olova (Pb), mědi (Cu) a zinku (Zn), které jsou hodnoceny vyhláškou, a dále prvky beryllium (Be), kobalt (Co), molybden (Mo) a vanad (V). Z organických polutantů jsou to polychlorované bifenyly, polycyklické aromatické uhlovodíky a organochlorové pesticidy. Od roku 2012 je stanovováno 9 kongenerů PBDE. Od roku 2013 jsou ve vzorcích určených ke stanovení organických polutantů stanovovány také vybrané perfluorované sloučeniny – PFAS. Od roku 2016 jsou v externí laboratoři stanovovány ve vzorcích z vybraných čtyř ČOV mikrobiologické parametry. Stanovení AOX a mikrobiologických parametrů nebylo od roku 2022 prováděno.

Obsahy jednotlivých prvků a organických polutantů jsou od roku 2021 hodnoceny podle vyhlášky č. 273/2021 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění pozdějších předpisů.

Jednotlivé ČOV jsou uváděny pod interními kódy.

1.4.3.1 Rizikové prvky v kalech

Statistické vyhodnocení obsahů rizikových prvků v kalech ČOV za rok 2023 je uvedeno v příloze 27. Byly odebrány vzorky z 11 krajů. Nebyl zastoupen kraj Hlavní město Praha, Královéhradecký a Zlínský. Příloha 28 graficky zobrazuje průměry a mediány obsahů rizikových prvků v jednotlivých krajích. V kraji Karlovarském byly v roce 2023 nalezeny nejvyšší hodnoty obsahů rizikových prvků As, Be, Co, Cu, V, Zn. Kraj Ústecký se vyznačoval vysokými hodnotami Cr. Tento výskyt je však ovlivněn faktem, že v kraji Karlovarském bylo odebráno pouze po jednom vzorku kalu a v kraji Ústeckém dva vzorky.

Obsah molybdenu byl velmi výrazný v roce 2023 v kalu z Moravskoslezského kraje (byl zde rovněž odebrán pouze jeden vzorek kalu – 8103A), který dosáhl obsahu 170 mg Mo.kg⁻¹. Molybden není svým obsahem v kalech limitován, nicméně tato hodnota je svou úrovní výjimečná. Kal z této ČOV byl odebírán celkem 12 krát za dobu monitorování kalů z ČOV (1994–2023); naposledy v roce 2023 a v roce 2017. Za dobu sledování bylo dosaženo u této ČOV průměrné hodnoty 21,6 mg Mo.kg⁻¹ a mediánu 8,77 mg Mo.kg⁻¹. Pro vysoký obsah Mo bude vzorek kalu z ČOV 8103A znovu odebrán v roce 2024. Obsah molybdenu se pohyboval v letech 1994–2023 v celém souboru kalů (2398 vzorků) v rozmezí 0,84–270 mg.kg⁻¹, přičemž průměrný obsah byl 7,03 mg.kg⁻¹ a medián 5,00 mg.kg⁻¹. Obsahy nad 100 mg.kg⁻¹ byly výjimečné (vyskytovaly se u 0,38 % vzorků). Molybden se využívá v metalurgii při výrobě speciálních ocelí, kde zajišťuje jejich tvrdost, mechanickou a korozní odolnost. Může se také vyskytovat v odpadech ze sklářského, keramického a elektrotechnického průmyslu (<https://arnika.org/toxicke-latky/databaze-latek/molybden>).

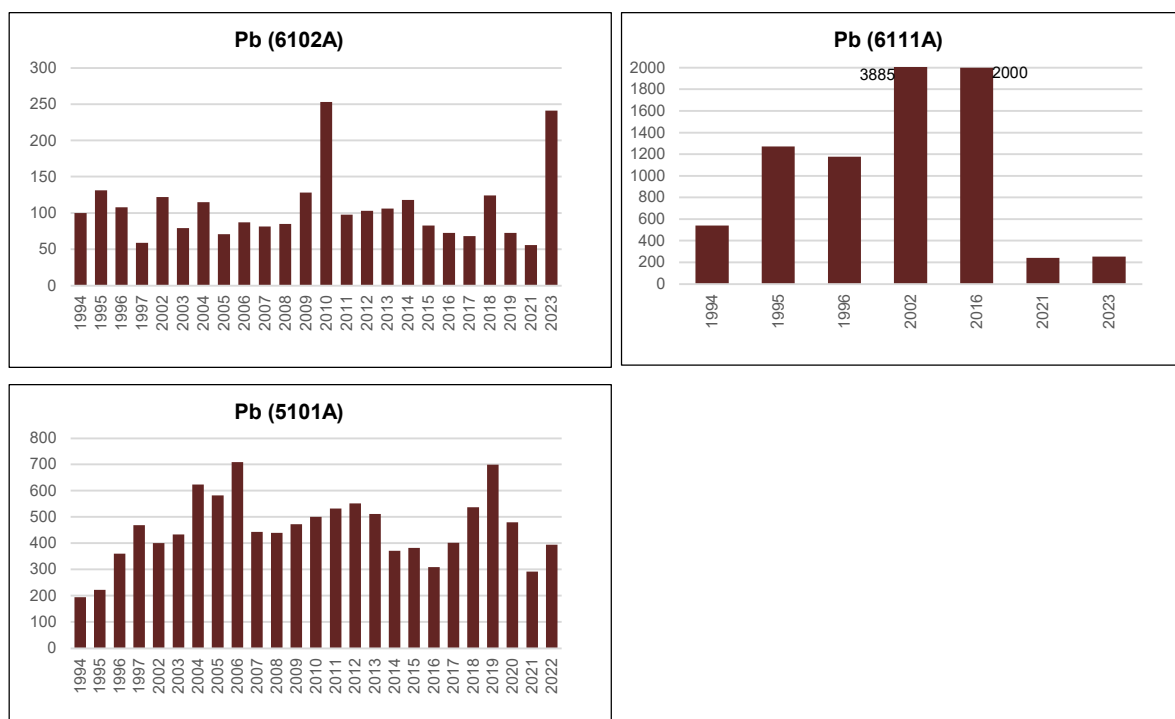
Kraj Vysočina se v roce 2023 vyznačoval velkým rozdílem mezi průměrným obsahem a mediánem u olova (průměr byl 93,9 mg .kg⁻¹ a medián 36,4 mg .kg⁻¹). V tomto kraji bylo

odebráno sedm vzorků, přičemž pět z nich mělo obsahy mezi 26,4 a 41,7 mg .kg⁻¹. Příčinou vysokého rozdílu mezi středními hodnotami byly dva kaly s označením 6102A a 6111A, které oba dosáhly nadlimitního obsahu Pb (241 a 252 mg Pb.kg⁻¹). Limitní hodnota podle vyhlášky č. 273/2021 Sb. je 200 mg Pb.kg⁻¹). Kaly z těchto ČOV byly odebírány i v minulých letech; jejich vývoj co se týče obsahu hodnot Pb dokumentuje obrázek 22. Olovo nalézá hlavní uplatnění především v olověných akumulátorech, ve slitinách chránících před rentgenovými a gama paprsky, v municích, pájkových slitinách a v přesných váhách. Zdrojem v prostředí jsou spalovací procesy, výroba akumulátorů, těžba, metalurgický, chemický a sklářský průmysl (<https://arnika.org/toxicke-latky/databaze-latek/tezke-kovy/olovo>). Nicméně kal z těchto dvou ČOV není přímo aplikován na ZPF, ale je používán ke kompostování. Kaly, které se kompostují, nemusí z hlediska obsahu rizikových prvků vyhovovat žádným legislativním limitům – v současné době jsou obsahy prvků v surovinách do kompostu upravovány pouze ČSN 46 5735 Průmyslové komposty, která není obecně závazná a má pouze doporučující charakter (tabulka 17). Podle této normy by oba uvedené kaly doporučení z hlediska obsahu olova ve vstupující surovině vyhověly. Norma udává hodnotu pro vstupující surovinu 500 mg Pb.kg⁻¹ vysušeného vzorku.

Tabulka 17 Limitní hodnoty obsahu rizikových prvků v surovinách určených ke kompostování dle normy ČSN 46 5735, mg.kg⁻¹ vysušeného vzorku

Norma ČSN 46 5735	mg.kg ⁻¹ vysušeného vzorku								
	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Zn
	50	13	1000	1200	10	25	200	500	3000

Obrázek 22 Vývoj obsahu Pb v kalech ČOV, které v roce 2023 překročily limitní hodnotu pro olovo (200 mg Pb.kg⁻¹) danou vyhláškou č. 273/2021 Sb. (ČOV 6102A, 6111A) a v kalu ČOV, která vykázala nejvyšší hodnotu mediánu za uplynulých 10 let vzorkování (ČOV 5101A)(mg.kg⁻¹)



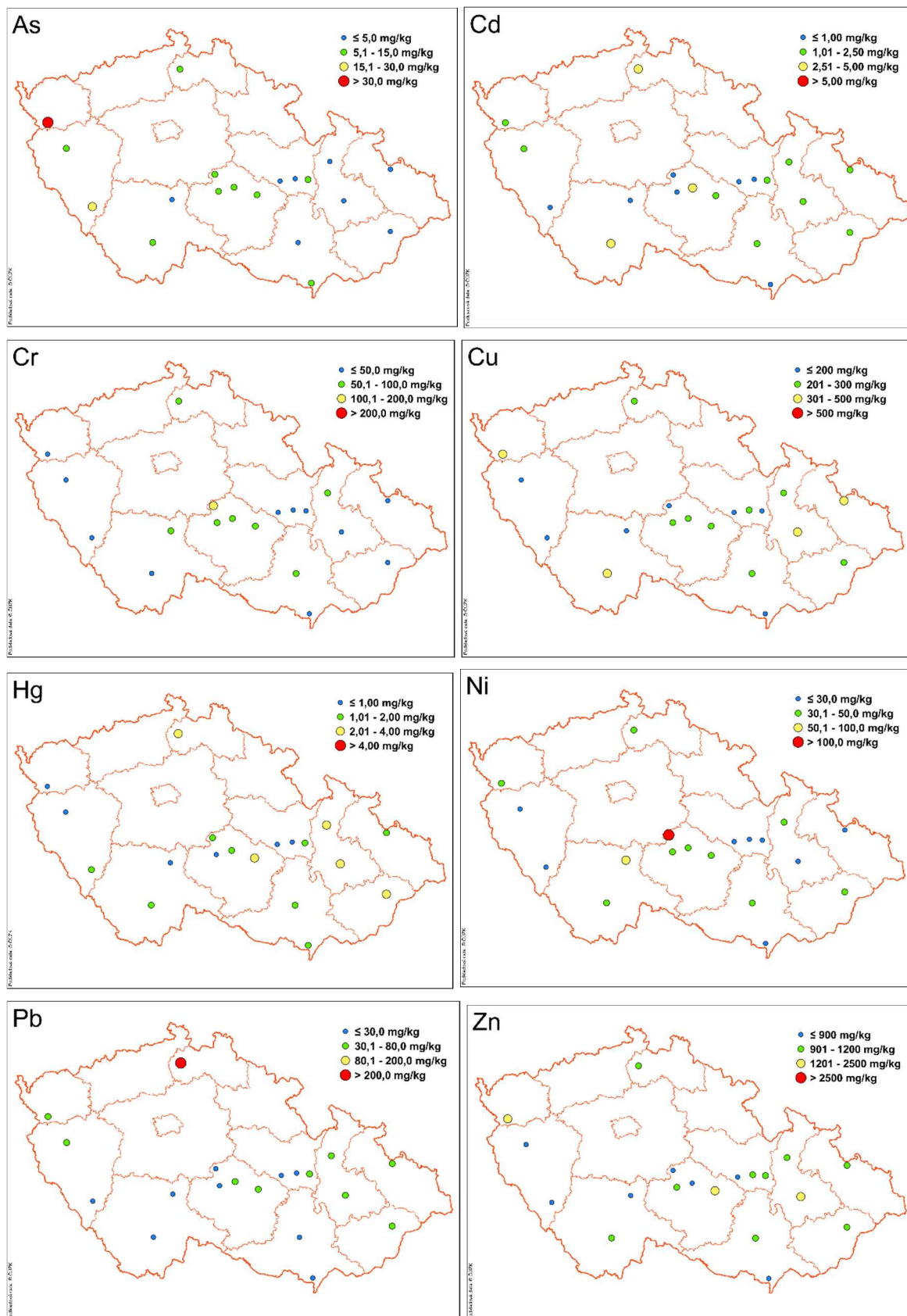
V příloze 29 je uveden výčet všech ČOV (celkem 3 ČOV), na kterých byl v roce 2023 zjištěn nadlimitní výskyt sledovaných RP. Není sem započítána ČOV 4105A z Karlovarského kraje, u které byl po odečtení nejistoty měření zjištěn podlimitní obsah prvku As (zanalyzovaný obsah – 33,5 mg As.kg⁻¹, obsah po započítání nejistoty měření – 23,4 mg As.kg⁻¹). Tato ČOV má dlouhodobě vyšší obsahy As neboť vykázala z hlediska obsahu tohoto prvku nejvyšší hodnotu mediánu za uplynulých 10 let vzorkování (obrázek 23). Vývoj obsahů As v kalu z této ČOV je graficky zpracován na obrázku 24. Pro obrázek 23 a 24 byly použity hodnoty bez odečtení nejistot měření. Přehled počtu vzorků kalů s nadlimitním obsahem rizikových prvků uvádí tabulka 18. Z této tabulky je patrné, že z celkových odebraných 40 vzorků kalů byly 3 vzorky nadlimitní a u těchto vzorků byly zjištěny 3 překročení limitních obsahů rizikových prvků. Ze 40 vzorků nejvíce krát překročilo limitní hodnotu olovo (2 překročení, což odpovídá 5 % vzorků).

Tabulka 18 *Počty vzorků kalů překračující limitní hodnoty stanovené vyhláškou č. 273/2021 Sb., ve znění pozdějších předpisů s počtem překračujících jednotlivých rizikových prvků a počty ČOV s nadlimitním obsahem alespoň jednoho rizikového prvku*

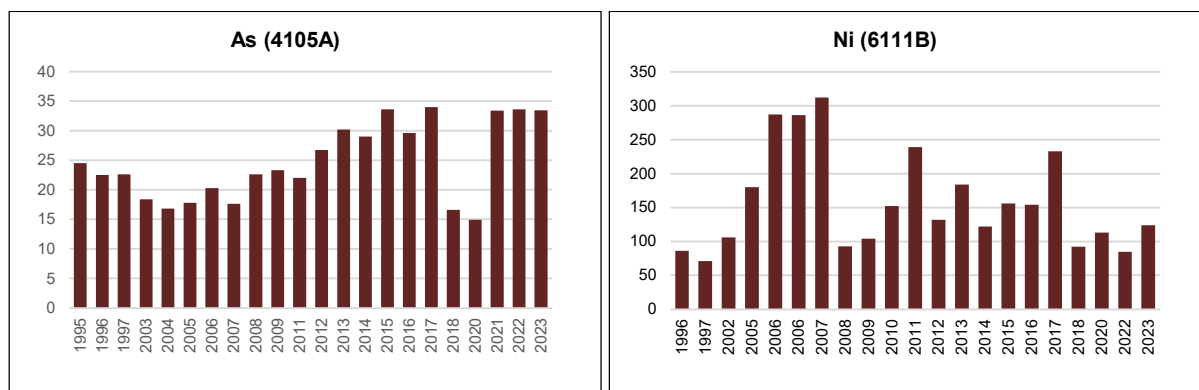
Rok 2023	Počet nadlimitních prvků								Počet vzorků kalů z ČOV		
	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	Celkem	Z toho nadlimitní	
										počet	%
	0	0	0	0	0	1	2	0	40	3	7,5

Hodnoty mediánů jsou graficky znázorněny na obrázku 23, a to u těch ČOV, které byly odebrány 8–10x za posledních 10 let. Celkem se jedná o 19 ČOV. Nejvyšší kategorie (označená červeně) představuje limitní hodnotu obsahu podle vyhlášky. Z obrázku je patrné, že soubor 19 ČOV měl z hlediska mediánů obsahů Ni a Pb za uplynulou dekádu největší zastoupení v kategoriích nízkých obsahů; nikl v kategorii obsahů 30–50 mg.kg⁻¹ (9 ČOV – 47 %) a olovo ve dvou kategoriích obsahů, a to >30 mg.kg⁻¹ (9 ČOV – 47 %) a v kategorii obsahů 30–80 mg.kg⁻¹ (rovněž 9 ČOV – 47 %). Podíl ČOV u těchto dvou prvků, které za desetiletou periodu vykázaly medián vyšší než je mezní koncentrace obsahu pro použití kalu na zemědělské půdě byly pro prvek Ni 5 % (1 ČOV) a pro prvek Pb rovněž 5 % (1 ČOV). Nejvyšší hodnotu mediánu u niklu a olova stabilně vykazuje ČOV 6111B pro nikl (123 mg Ni.kg⁻¹, limitní hodnota je 100 mg Ni.kg⁻¹) z Kraje Vysočina, která byla vzorkována 8x a ČOV 5101A pro olovo (395 mg Pb.kg⁻¹, limitní hodnota je 200 mg Pb.kg⁻¹) z Libereckého kraje, která byla vzorkována 9x. Vývoj obsahů na těchto dvou ČOV za celou dobu monitorování je znázorněn na obrázku 22 (ČOV 5101A) a na obrázku 24 (ČOV 6111B).

Obrázek 23 Obsah rizikových prvků ve vzorcích kalů ČOV, které byly v průběhu 10 let (2014–2023) odebrány 8–10x, nejvyšší kategorie je limitní hodnotou (medián, $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)



Obrázek 24 Vývoj obsahu Ni a As ve vzorcích kalů z ČOV, které v průběhu 10 let (2014–2023) vykázaly nejvyšší medián obsahu As (ČOV 4105A) a nejvyšší medián obsahu Ni (ČOV 6111B) ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)



Grafické znázornění vývoje aritmetických průměrů a mediánů obsahů RP v kalech ČOV za období sledování 2001 až 2023 je uvedeno v příloze 31. Při porovnání obsahů na počátku sledování (polovina 90. let) a v současnosti lze říci, že došlo k výraznému snížení obsahů kadmia, rtuti, olova a zinku. U těchto prvků se v polovině 90. let pohybovaly průměrné obsahy na úrovni $4,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ u rtuti, $5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ u kadmia, $120 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ u olova a $1600 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ u zinku. U mědi, niklu a zinku bylo možné pozorovat pokles hodnot mediánů přibližně do roku 2010, poté se tento trend zastavil a projevuje se opět nárůst s meziročními výkyvy. Dnes jsou průměrné hodnoty uvedených prvků následující: $0,97 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ u rtuti, $1,18 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ u kadmia, $45,7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ u olova a $833 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ u zinku. U arzenu a chromu se hodnoty mediánů udržují víceméně na stejné úrovni roku 2001.

V rámci České republiky nevyhověly v roce 2023 limitním hodnotám rizikových prvků stanoveným ve vyhlášce č. 273/2021 Sb. 3 vzorky kalů ze 40 ČOV (7,5 %). Tyto kaly by tedy nebylo možné aplikovat na zemědělskou půdu. K limitním hodnotám pro rizikové prvky navíc přistupují další kritéria (obsah organických polutantů, mikrobiální znečištění), takže lze očekávat, že pro přímé použití na zemědělskou půdu bude počet nevyhovujících vzorků kalů ještě vyšší.

Tabulka 19 Počet vzorků s nadlimitním obsahem alespoň jednoho rizikového prvku v kalech z ČOV v České republice (2001–2023)

Rok	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Celkem ČOV	195	199	96	101	100	101	107	106	102	103	90	88
Z toho nadlimitních	Počet	90	87	34	33	29	42	23	23	26	16	13
	%	46,2	43,7	35,4	32,7	29,0	41,6	21,5	21,7	25,5	15,3	20,0

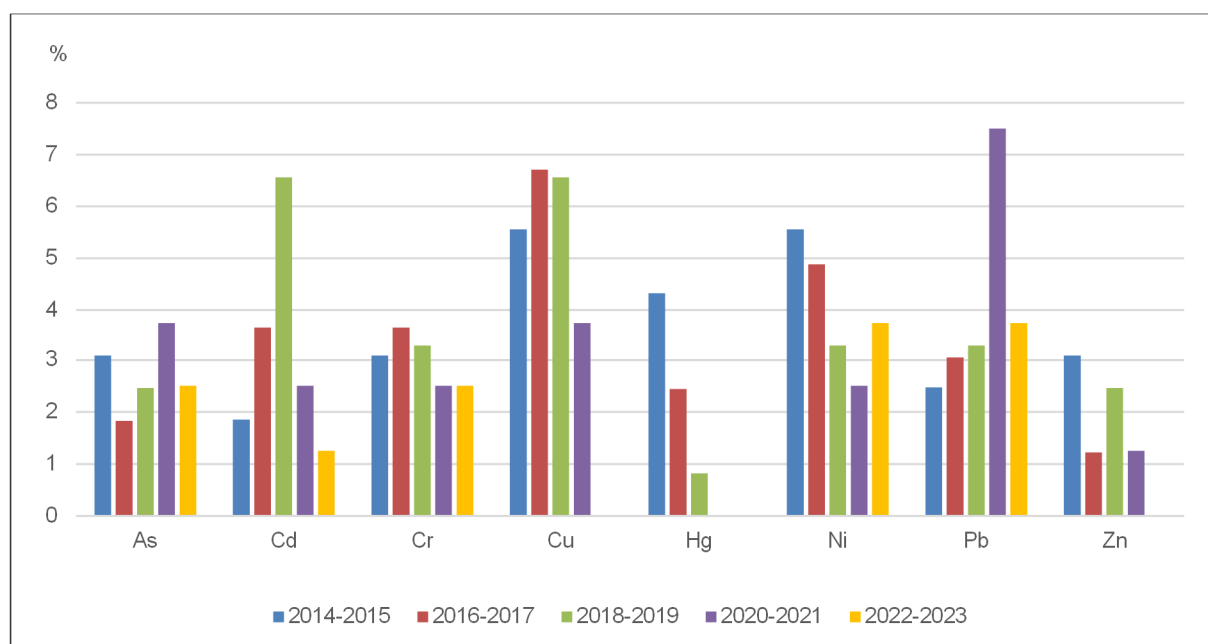
Rok	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	
Celkem ČOV	78	78	82	80	82	82	40	40	40	40	40	
Z toho nadlimitních	Počet	13	15	14	18	13	16	7	9	7	6	3
	%	16,7	19,2	17,1	22,5	15,9	19,5	17,5	22,5	17,5	15,0	7,5

V průběhu let dochází z pohledu překračování limitních obsahů rizikových prvků ke snižování počtu nevyhovujících vzorků kalů (tabulka 19). Za posledních 10 let nepřekročil počet nadlimitních vzorků jednu čtvrtinu z odebraných vzorků a v roce 2023 dosáhl rekordního minima za celou periodu sledování.

Následující obrázek 25 a příloha 30 demonstruje změny v obsazích rizikových prvků v posledních 10 letech, které jsou vyjádřeny pomocí mezních hodnot (platných od roku 2016). Na počátku dekády byla nejvíce nadlimitním prvkem měď a nikl. Nikl převažuje i v posledních dvou letech a to spolu s olovem, u něhož počet nadlimitních vzorků narůstá. V posledních dvou letech jsme v našem výběru nezaznamenali ani jeden vzorek s nadlimitním obsahem mědi. Rovněž tak zinek nebyl v posledních dvou letech v žádném vzorku nadlimitní a rtuť dokonce v posledních čtyřech letech.

V průběhu monitoringu kalů docházelo k postupné redukci počtu vzorků, kdy od roku 2013 bylo vzorkováno 80 ČOV a od roku 2019 do současnosti 40 vzorků kalů ročně. Jedná se tedy o vybraný soubor ČOV a uvedená tvrzení nelze úplně zobecnit.

Obrázek 25 Procentuální překročení mezních hodnot u rizikových prvků



Závěry

- V roce 2023 bylo na obsah rizikových prvků v rámci monitoringu kalů z ČOV odebráno a zanalyzováno 40 vzorků kalů z ČOV. Z tohoto souboru nevyhověly vyhlášce č. 273/2021 Sb. 3 vzorky ČOV, tedy 7,5 %.
- Dvakrát byla limitní hodnota v kalech překročena v případě olova a jednou v případě niklu.
- Při porovnání obsahů na počátku sledování (polovina 90-tých let) a v současnosti došlo k výraznému snížení obsahů kadmia, rtuti, olova a zinku. Přibližně do roku 2010 byl patrný klesající trend, který i nadále pokračuje u Hg a Cd. Opětný nárůst se projevuje u obsahů niklu. Střední hodnoty obsahů arzénu a chromu se nemění a udržují se na úrovni roku 2001.
- Počet ČOV, které produkují kaly s nevyhovujícími obsahy rizikových prvků s nadlimitním obsahem alespoň jednoho rizikového prvku se v rámci monitoringu, který provádí ÚKZÚZ na vybraném souboru ČOV směřovanou k využití na zemědělském půdním fondu za posledních 10 let ustálil na hodnotě okolo 20 % s výrazným poklesem až na 7,5 % v roce 2023.

1.4.3.2 Polychlorované bifenyly v kalech

Polychlorované bifenyly jsou v kalech ČOV stanovovány od roku 1998. K původně sledovaným šesti kongenerům (28, 52, 101, 138, 153, 180) přibyl v roce 2002 sedmý (118). Celkem byly obsahy PCB v roce 2023 stanoveny ve 14 vzorcích kalů. Podrobnou tabulku obsahů jednotlivých kongenerů PCB i sumy 7 kongenerů uvádí příloha 32. Grafické znázornění obsahů sumy 7 kongenerů PCB ve vzorcích z jednotlivých ČOV je uvedeno v příloze 33. Základní statistické charakteristiky souboru jsou uvedeny v tabulce 20. Od roku 2016 byly kaly hodnoceny podle vyhlášky č. 437/2016 Sb., která udávala limitní hodnotu pro sumu 7 kongenerů PCB (do roku 2016 platila vyhláška č. 382/2001 Sb., která udávala limitní hodnotu pro sumu 6 kongenerů). V současné době je hodnocení prováděno podle nové vyhlášky č. 273/2021 Sb.

Tabulka 20 Základní statistické charakteristiky obsahu PCB v kalech ČOV (2023, 14 vzorků, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ sušiny)

	Kongenery PCB							Suma 7 kongenerů
	28	52	101	118	138	153	180	
Průměr	1,59	1,92	6,20	2,35	11,7	22,1	14,5	60,4
Medián	1,14	1,41	3,73	1,77	7,39	13,8	8,37	37,6
Minimum	0,64	0,67	1,16	0,60	1,99	4,13	2,44	12,1
Maximum	4,08	6,32	23,2	9,29	42,4	85,9	59,9	219
10.percentil	0,92	0,86	1,55	0,79	3,16	5,20	3,07	15,7
90.percentil	2,70	3,44	17,7	3,99	30,9	61,7	41,6	164
Limitní hodnota pro sumu 7 kongenerů PCB podle vyhlášky č. 273/2021 Sb.								600
Počet překročení limitu v roce 2023								0

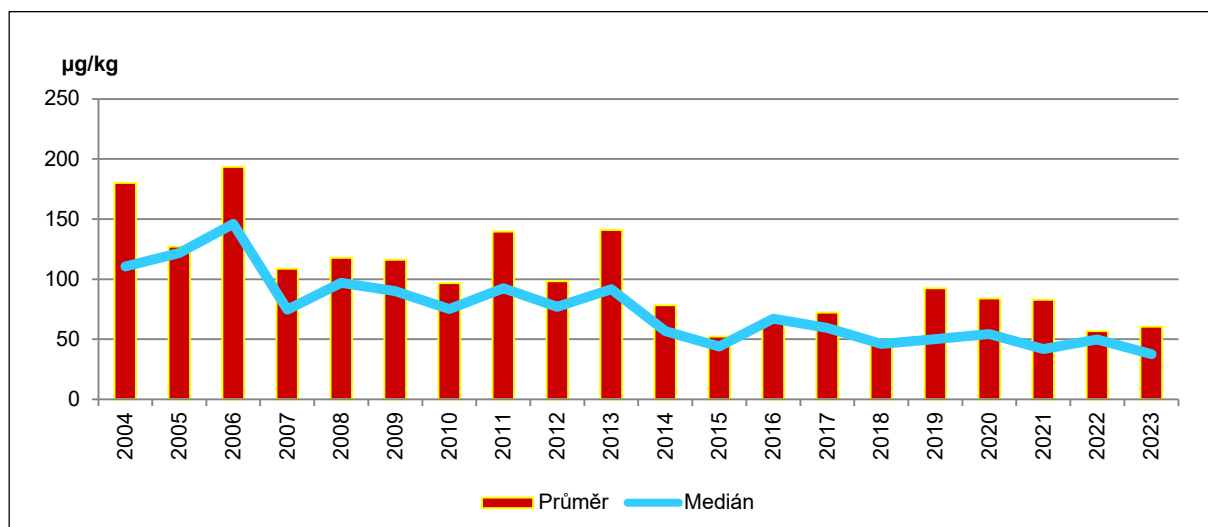
Nejnižší střední hodnoty v roce 2023 vykazoval kongener 28. Kongenery 52 a 118 běžně rovněž vykazují nízké hodnoty v řádu jednotek. Výjimkou byl rok 2019, kdy jeden vzorek kalu (6103A z kraje Vysočina) dosáhl u kongeneru 28 resp. 52 hodnot 259 resp. 136 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. a tím ovlivnil celkovou sumu 7 kongenerů. V roce 2020 byl tento kal znovu odebrán a takto vysoké hodnoty se nepotvrdily, rovněž tak předcházející vzorkování z let 2009–2012 a 2018 vykazovalo nízké hodnoty.

Sumy 7 kongenerů PCB v kalech kolísaly v roce 2023 v rozpětí od 12,1 do 219 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (vzorek kalu 4105A), aritmetický průměr činil 60,4 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. a medián 37,6 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.

Vývoj středních hodnot obsahů sumy 7 kongenerů PCB (28, 52, 101, 118, 138, 153 a 180) v kalech ČOV je zobrazen na obrázku 26; od roku 2007 došlo k jejich snížení a relativní stabilitě mediánů a od roku 2014 došlo k dalšímu snížení. Příloha 50 uvádí základní statistiku celého souboru dat od roku 2004 včetně počtu zjištěných nadlimitních vzorků kalů. Grafické zobrazení vývoje sumy 7 kongenerů PCB a počtu nadlimitních vzorků kalů v periodách od roku 2004 znázorňuje příloha 51 a příloha 52.

Limitní hodnota pro obsah PCB v kalech (7 kongenerů) činí 0,6 mg.kg^{-1} suš. Od roku 2014 tuto limitní hodnotu nepřesáhl žádný vzorek.

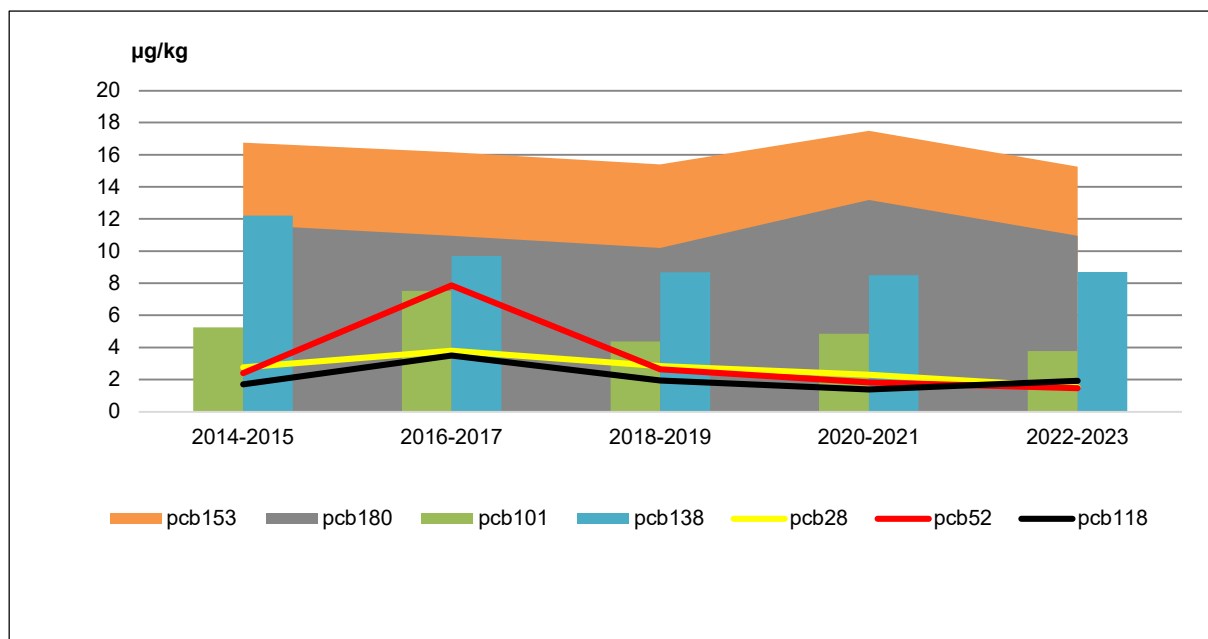
Obrázek 26 Střední hodnoty obsahů sumy 7 kongenerů PCB v kalech ČOV (2004–2023, $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš.)



Obrázek 27 vyjadřuje změny obsahu mediánů jednotlivých kongenerů PCB v posledních 10 letech. Z obrázku je patrná tendence ve snižování obsahů většiny kongenerů. Jednotlivé kongenery poklesly při porovnání konce a začátku dekády o 44,6 % (PCB 28), o 39,0 % (PCB 52), o 28,7 % (PCB 138), o 28,2 % (PCB 101) o 8,96 % (PCB 153), o 6,01 % (PCB 180). Kongener PCB 118 naopak vykázal nárůst a to o 12,3 %. Medián celkové sumy 7 kongenerů PCB poklesl vzhledem k začátku dekády o 17,3 %.

V průběhu monitoringu kalů docházelo k postupné redukci počtu vzorků, kdy od roku 2013 bylo vzorkováno na organické polutanty 21 ČOV a od roku 2019 do současnosti 14 vzorků kalů ročně. Jedná se tedy o vybraný soubor ČOV a uvedená tvrzení nelze úplně zobecnit.

Obrázek 27 Vývoj mediánových hodnot obsahů jednotlivých kongenerů PCB v kalech ČOV v poslední dekádě let (2014–2023), $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš.



Závěry

- V roce 2023 byl obsah polychlorovaných bifenylnů stanoven ve 14 vzorcích kalů.
- Sumy 7 kongenerů PCB v kalech kolísaly v roce 2023 v rozpětí hodnot od 12,1 do 219 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., aritmetický průměr činil 60,4 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. a medián 37,6 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.
- Střední hodnoty obsahů PCB v kalech od roku 2007 mají klesající tendenci.
- Z odebraných vzorků kalů ČOV v roce 2023 žádný vzorek nepřekročil limitní hodnotu obsahu sumy 7 kongenerů PCB pro aplikaci kalů na zemědělskou půdu stanovenou ve vyhlášce č. 273/2021 Sb. (0,6 mg.kg^{-1} suš.).

1.4.3.3 Polycyklické aromatické uhlovodíky v kalech

Polycyklické aromatické uhlovodíky jsou ve vzorcích kalů sledovány od roku 2000. Zpočátku bylo stanovováno 15 individuálních uhlovodíků, ke kterým v roce 2006 přibyl poslední zbývající uhlovodík (acenaphtylene ANY) a od té doby je stanovováno 16 indikátorových PAH podle US EPA.

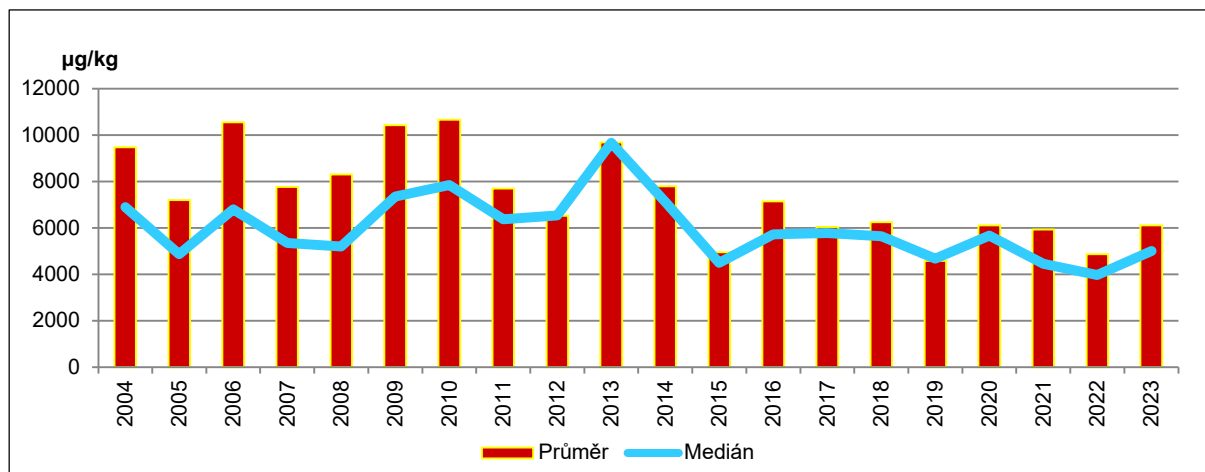
V roce 2023 byly PAH stanoveny ve 14 vzorcích kalů. Přehled obsahů všech 16 individuálních PAH a jejich sumy jsou uvedeny v příloze 34, základní statistické charakteristiky v tabulce 21. Grafické znázornění sumy 12 PAH významných z hlediska určení limitní hodnoty (podle vyhlášky č. 273/2021 Sb.) je uvedeno v příloze 35.

Tabulka 21 Základní statistické charakteristiky obsahů individuálních PAH v kalech ČOV (2023, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)

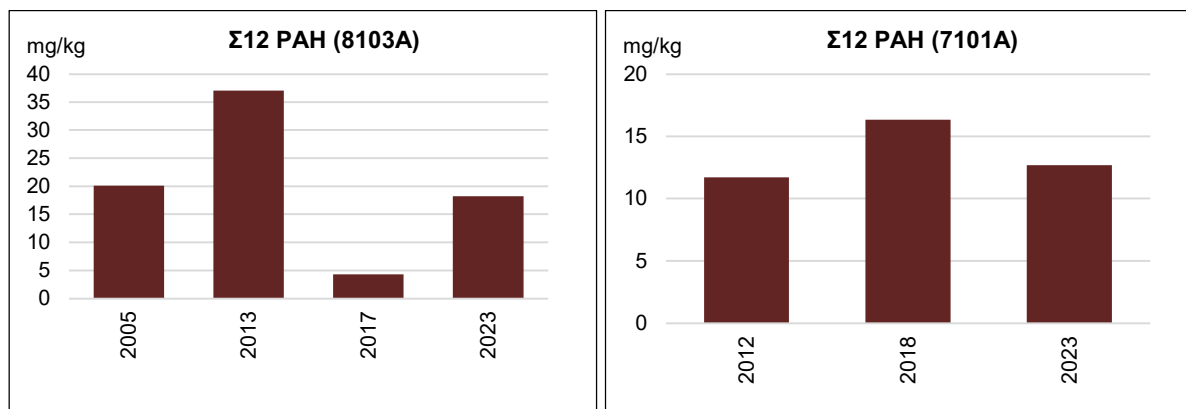
Individuální PAH	Průměr	Medián	Minimum	Maximum
NAP	265	245	68,6	586
ANY	<30	<30	<30	<30
ANA	35,0	25,6	<5	133
FLU	140	75,7	8,92	390
PHE	363	297	32,5	832
ANT	49,0	38,0	4,30	124
FLT	1065	801	62,5	3022
PYR	922	716	52,5	2356
BAA	425	333	13,6	1230
CHR	508	399	22,0	1634
BBF	610	430	30,2	2158
BKF	317	271	14,0	1094
BAP	612	474	22,5	2180
DBA	54,8	34,9	<3	212
BPE	526	427	28,9	1881
IPY	451	401	<10	1580
SUMA16 PAH	6357	5250	916	18801
SUMA12 PAH	6112	5003	851	18240

Suma 16 EPA PAH v kalech ČOV odebraných v roce 2023 se pohybuje v rozmezí 0,92–18,1 mg.kg^{-1} , medián souboru činí 5,25 mg.kg^{-1} , průměrná hodnota je 6,36 mg.kg^{-1} . Suma 12 PAH je v rozsahu 0,85–18,2 mg.kg^{-1} , medián 5,00 mg.kg^{-1} , průměr 6,11 mg.kg^{-1} .

Obrázek 28 a příloha 36 uvádí průběh aritmetických průměrů a mediánů obsahů PAH v odebíraných vzorcích kalů ČOV od roku 2004 a příloha 50 základní statistiku tohoto souboru dat včetně počtu zjištěných nadlimitních vzorků kalů. PAH patřily k nejproblématictějším parametrům, vždyť z celkových 493 analyzovaných vzorků byl ve 110 (v 22,3 % vzorků) zjištěn vyšší obsah sumy 12 PAH než 10 mg.kg^{-1} (mezní hodnota obsahu PAH v kalech aplikovaných na zemědělskou půdu platná od roku 2016).

Obrázek 28 Střední hodnoty obsahů sumy 12 PAH v kalech ČOV (2004–2023, $\mu\text{g.kg}^{-1}$)

Hodnocení obsahů PAH v kalech z hlediska jejich využití v zemědělství v současné době umožňuje vyhláška č. 273/2021 Sb., která stanovuje mezní (maximální) hodnotu koncentrace PAH v kalech 10 mg.kg^{-1} suš. pro sumu 12 individuálních PAH (antracen, chrysen, fenantren, fluoranten, pyren, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)antracen, benzo(a)pyren, benzo(ghi)perylen, indeno(123cd)pyren a naftalen). Limitní hodnotu 10 mg.kg^{-1} překročil v roce 2023 jeden vzorek kalu s označením 8103A z Moravskoslezského kraje ($18,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ suš. sumy 12 PAH). Kal s označením 7101A z Olomouckého kraje po započtení nejistoty měření vykázal podlimitní hodnotu $9,01 \text{ mg.kg}^{-1}$ suš. sumy 12 PAH. Průběh obsahů sumy 12 PAH v jednotlivých letech u ČOV 8103A a 7101A je vyobrazen na obrázku 29.

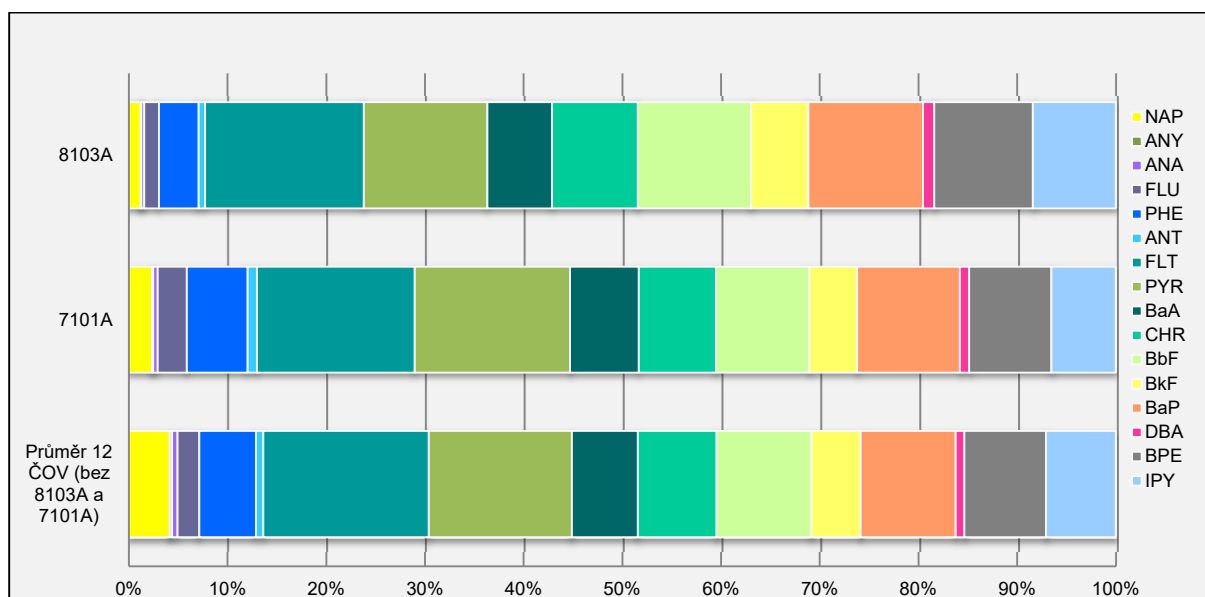
Obrázek 29 Vývoj obsahů sumy 12 PAH v kalu z ČOV 8103A a 7101A v jednotlivých odběrových letech ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)

Grafické zastoupení nadlimitních vzorků kalů a zobrazení vývoje mediánů sumy 12 PAH v periodách od roku 2004 znázorňuje příloha 51 a příloha 52. Z příloh lze konstatovat snížení podílu nadlimitních vzorků a to o 58,7 % a snížení hodnot mediánů sumy 12 PAH o 18,9 % v periodě let 2020–2023 oproti periodě 2004–2007. V poslední dekádě let postupuje snižování mediánů obsahů sumy 12 PAH a to z 7115 mg.kg^{-1} suš. v roce 2014 na 5003 mg.kg^{-1} suš. v roce 2023 (tj. o 29,7 %). Je zde nutné zopakovat, že se jedná o výběr ČOV a výsledky nelze zcela zobecnit.

K objektivnímu posuzování toxicity směsi PAH byl zaveden faktor toxického ekvivalentu (Toxicity Equivalent Factor, TEF), který umožňuje vyjádřit toxicitu každého individuálního uhlovodíku vzhledem k nejtoxičtějším z nich – benzo(a)pyrenu (BAP) a dibenzo(a,h)antracenu (DBA), jejichž TEF je roven 1 (příloha 7) (Nisbet et LaCoy, 1992). Celkový toxický ekvivalent směsi PAH se vyjádří pomocí hodnoty TTEC (Total Toxicity Equivalent Concentration), která je vypočítána jako suma součinu koncentrací jednotlivých složek směsi a příslušného TEF. Lze tedy stanovit, které z látek ve směsi se na celkové karcinogenitě podílí významně, a které jsou zanedbatelné.

Toxický ekvivalent TTEC se v kalech v sumě 16 PAH v roce 2023 pohybuje v rozmezí 31,6–3042 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., v případě sumy 12 PAH se pohyboval v rozmezí 30,0–2829 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (příloha 34), s maximálním podílem BAP. Pokud chceme porovnat nadlimitní kal 8103A a kal 7101A, který byl po odečtení nejistoty měření podlimitní, z hlediska toxického ekvivalentu TTEC, podílu BAP a podílu DBA na celkové sumě, musíme pro porovnání zvolit sumu všech 16 PAH (do limitní hodnoty sumy 12 individuálních PAH podle vyhlášky č. 273/2021 Sb. není zahrnut DBA). Pro sumu 16 PAH, dosáhl kal 8103A hodnoty 3042 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. TTEC, 71,7 % BAP a 6,98 % DBA a kal 7101A hodnotu 1900 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., 72,6 % BAP a 6,44 % DBA. Obsah DBA dosáhl v kalech 8103A a 7101A nejvyšších hodnot ze všech kalů v roce 2023 (212 a 122 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.); průměrná hodnota byla 54,8 $\mu\text{g DBA.kg}^{-1}$ suš. a medián 34,9 $\mu\text{g DBA.kg}^{-1}$ suš. Pro zajímavost je podíl jednotlivých uhlovodíků na sumě 16 PAH v kalech 8103A a 7101A v porovnání s ostatními dvanácti kaly graficky znázorněn na obrázku 30.

Obrázek 30 Poměrné zastoupení jednotlivých uhlovodíků v celkové sumě 16 PAH v kalu 8103A a 7101A v porovnání s ostatními 12 kaly z ČOV odebranými v roce 2023 (%)



Benzo(a)pyren

BAP patří ke dvěma nejtoxičtějším uhlovodíkům ve směsi PAH. V roce 2023 se jeho obsahy pohybovaly v rozsahu 22,5–2180 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. a kopírovaly celkový obsah PAH. Velmi zjednodušeně lze říci, že s rostoucí sumou 12 PAH se zvyšuje také obsah BAP (obrázek 31).

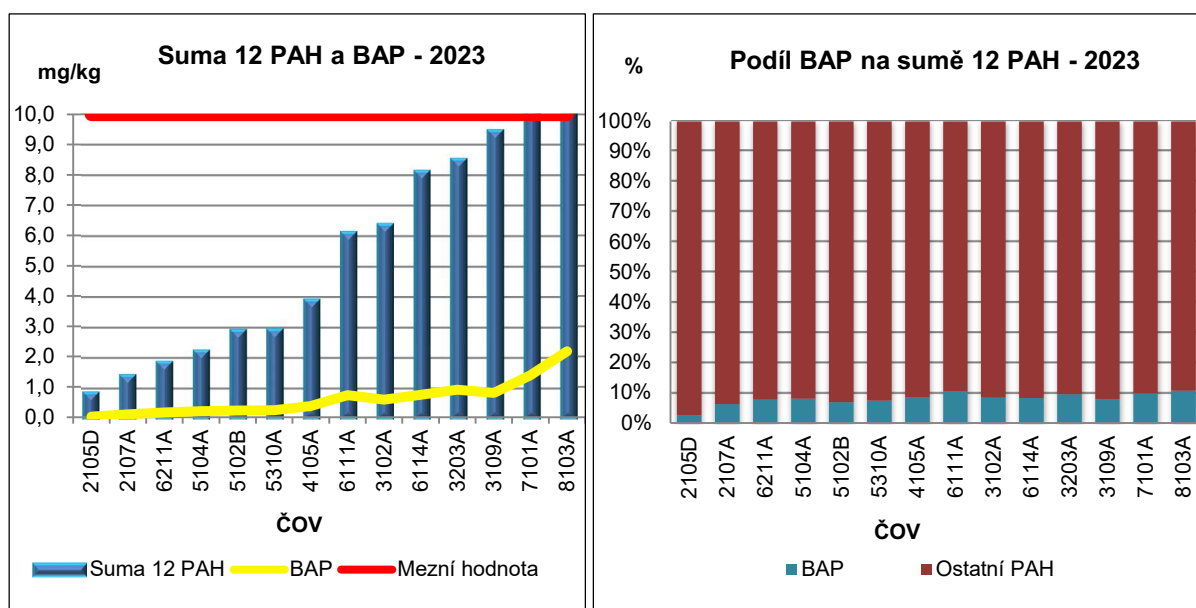
Na obrázku 32 je znázorněn podíl BAP ve vzorcích kalů z roku 2023. Pohybuje se v rozmezí 2,64–12,0 %. V roce 2022 byl jeho podíl mezi 10,4 a 17,0 % (12,5 %, medián) a znamenal zatím nejvyšší hodnotu zastoupení BAP na sumě 12 PAH v kalech (v předchozích letech se

jednalo přibližně o 8 %). Vývoj podílu BAP v kalech ČOV, které byly vzorkovány v roce 2023 a alespoň jedenkrát v uplynulých letech, je znázorněn v příloze 37.

Od roku 2020 má podíl BAP v sumě 12 PAH zvyšující se tendenci (obrázek 34). V roce 2022 byl jeho podíl v těchto kalech, jak už bylo řečeno, nad 10 % a to bez ohledu na to, zda celkový obsah PAH či pouze obsah BAP proti předchozím odběrům vzrostl či klesl. Pro kaly z roku odběru 2023 bylo zjištěno (příloha 37), že více než polovina kalů vykázala navýšení obsahů BAP oproti předchozímu vzorkování, 18 % zaznamenalo klesající tendenci a 9 % setrvalý stav (tři kaly nebyly do výčtu zahrnuty, neboť byly v roce 2023 vzorkovány poprvé).

Obrázek 31 Suma 12 PAH a obsah BAP v kalech v roce 2023
(maximum osy y tvoří mezní hodnota obsahů PAH v kalech dle vyhlášky č. 273/2001 Sb.)

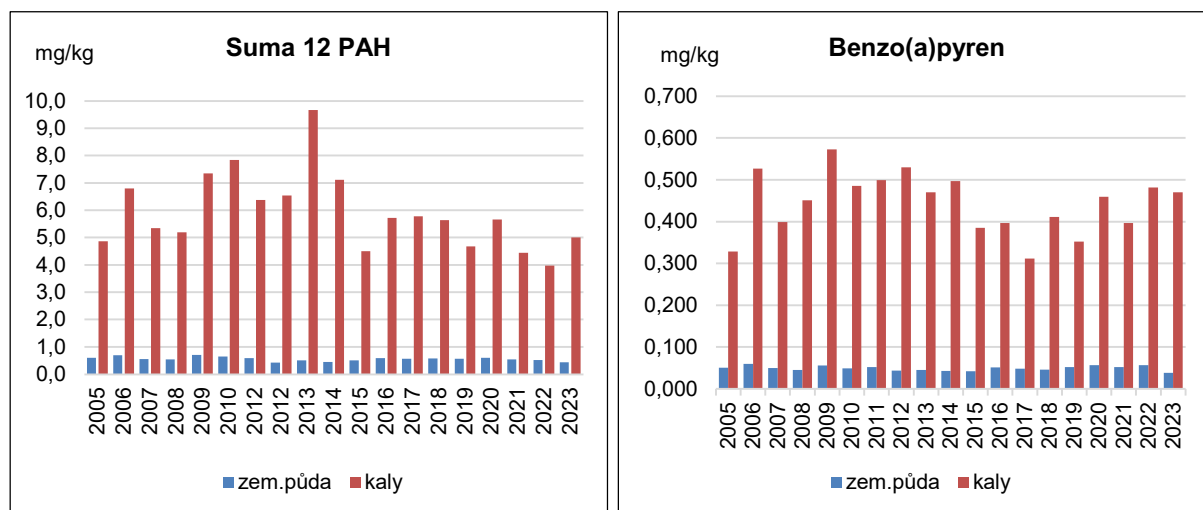
Obrázek 32 Procentuální podíl BAP v sumě 12 PAH v kalech v roce 2023



Zemědělské půdy vs. kaly

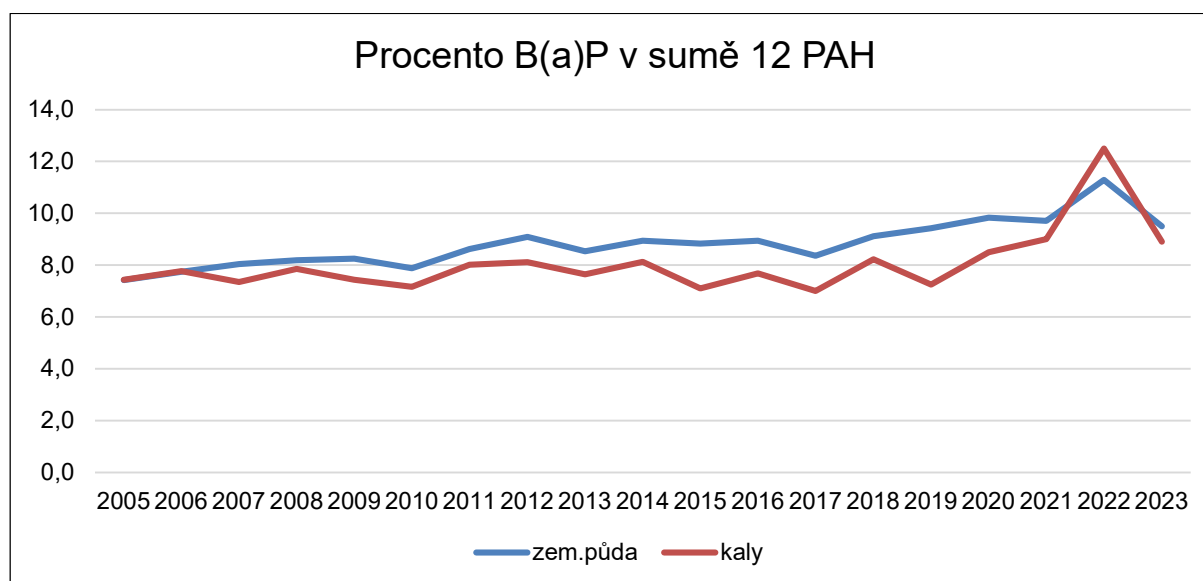
Na obrázku 33 jsou zobrazeny mediány obsahů sumy 12 PAH v zemědělské půdě a v kalech. Obsahy PAH v zemědělských půdách jsou řádově nižší než v kalech a stejně je tomu i u benzo(a)pyrenu.

Obrázek 33 Porovnání obsahů sumy 12 PAH a BAP v zemědělských půdách a kalech (mg.kg⁻¹ suš.)



Podíl BAP v sumě 12 PAH je však u zemědělských půd i kalů přibližně stejný (obrázek 34) – kolem 9 %, v zemědělských půdách je tento podíl dokonce vyšší než v kalech. U zemědělských půd procento zastoupení BAP v sumě 12 PAH vytrvale mírně roste. U kalů lze pozorovat rostoucí podíl BAP v posledních přibližně čtyřech letech.

Obrázek 34 Procentuální zastoupení BAP v sumě 12 PAH v zemědělské půdě a v kalech



Závěry

- V roce 2023 byl obsah polycyklických aromatických uhlovodíků stanoven ve 14 vzorcích kalů.
- Suma 16 EPA PAH se pohybuje v rozmezí 0,92–18,8 mg.kg⁻¹, medián souboru je 5,25 mg.kg⁻¹, průměrná hodnota 6,36 mg.kg⁻¹. Suma 12 PAH je rozsahu 0,85 až 18,2 mg.kg⁻¹, medián 5,00 mg.kg⁻¹, průměr 6,11 mg.kg⁻¹.
- Podle nové vyhlášky č. 273/2021 Sb. je limitní hodnota stanovena na 10 mg.kg⁻¹ pro sumu 12 PAH. Tuto hodnotu překročil v roce 2023 jeden vzorek.
- Ve vybraném souboru ČOV se počet ČOV s nadlimitním obsahem 12 PAH postupně snižuje.
- Celkový toxický ekvivalent vyjádřený jako TTEC se ve vzorcích kalů v roce 2023 pohyboval v rozmezí 31,6 až 3042 µg.kg⁻¹ suš., v případě sumy 12 PAH je TTEC v rozsahu 30,0–2829 µg.kg⁻¹ suš., s maximálním podílem BAP.
- Podíl BAP v sumě 12 PAH dlouhodobě činil přibližně 8 %. Od roku 2020 lze pozorovat nárůst až nad 10 % v roce 2022. V roce 2023 je patrný opětovný pokles pod 10 %.

1.4.3.4 Halogenové organické sloučeniny v kalech

Halogenové organické sloučeniny (AOX) se ve vzorcích kalů stanovují od roku 1999. Analýzy byly prováděny NRL ÚKZÚZ Brno, od roku 2018 externí laboratoří. V roce 2019, 2022 a v roce 2023 nebylo stanovení na obsah AOX v kalech provedeno z důvodu finančních úspor. Příloha 50 uvádí základní statistiku celého souboru dat od roku 2004 včetně počtu zjištěných nadlimitních vzorků kalů. Grafické zobrazení vývoje obsahů a počtu nadlimitních vzorků kalů v periodách od roku 2004 znázorňuje příloha 51 a příloha 52.

1.4.3.5 Organochlorové pesticidy v kalech

Obsahy HCB a látky skupiny DDT se ve vzorcích kalů stanovují od roku 2008. Obsahy HCH se stanovují od roku 2010. V roce 2023 bylo stanovení provedeno ve 14 vzorcích. Jejich základní statistika je uvedena v tabulce 22. V příloze 38 jsou uvedeny konkrétní obsahy k jednotlivým vzorkům a graficky vyjádřeny v přílohách 39, 40 a 41. Základní statistika vzorků za jednotlivé roky 2008–2023 je uvedena v příloze 42.

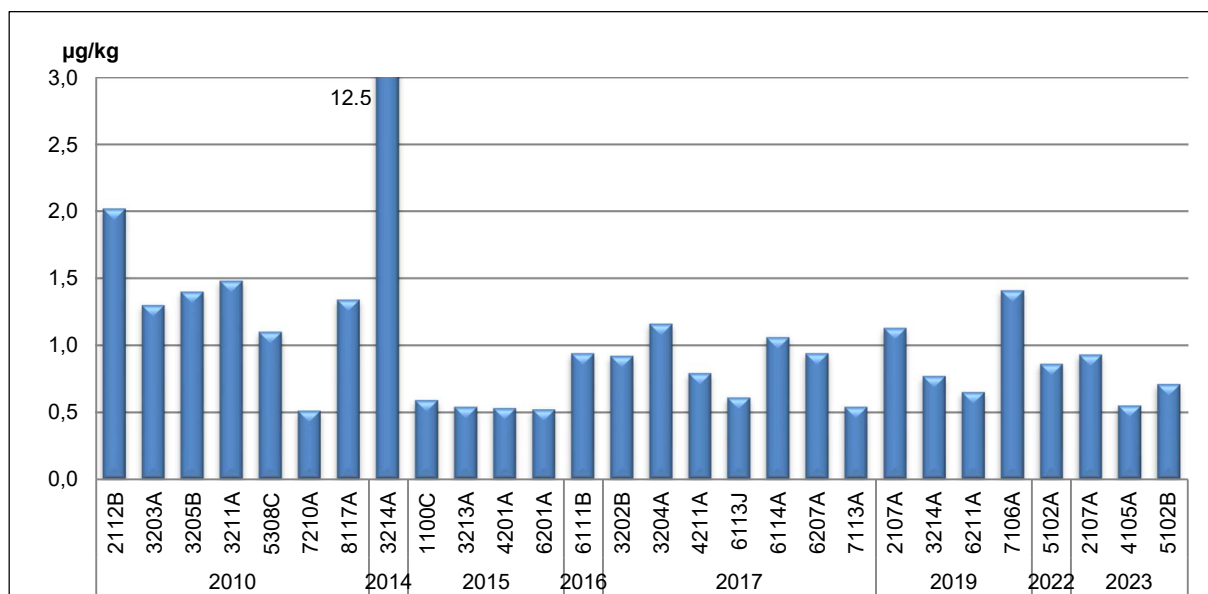
Tabulka 22 Základní statistické charakteristiky obsahu jednotlivých organochlorových pesticidů v kalech ČOV (2023, 14 vzorků, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ sušiny)

	HCH ($\alpha\beta\gamma\delta$)	HCB	DDE	DDD	DDT	DDT _{total}
Průměr	1,13	1,80	11,8	8,79	2,03	22,7
Medián	1,00	1,99	11,6	6,14	1,52	20,8
Minimum	1,00	0,64	4,26	1,25	< 0,50	8,16
Maximum	1,68	2,88	20,43	33,37	6,78	47,0
10.percentil	1,00	0,89	6,61	2,77	< 0,50	13,7
90.percentil	1,61	2,60	17,6	15,6	3,81	32,1

Obsahy všech izomerů α , β , γ , δ) **HCH** byly v roce 2023 u analyzovaných vzorků pod mezí stanovitelnosti (LOQ = $0,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) kromě kalu s označením 4105A, 5102B a 2107A, u kterých byl nad mezí stanovitelnosti zjištěn obsah β -HCH (0,55; 0,71; $0,93 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) a obsah δ -HCH ($0,62 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. u kalu s označením 4105A). Také v ostatních letech se hodnoty izomerů pohybují víceméně pod mezí stanovitelnosti s výjimkou izomeru β -HCH. V období 2010–2023 bylo na HCH analyzováno 276 vzorků. Z nich bylo 89,9 % pod mezí stanovitelnosti. Zbylých 10,1 % dosahovalo obsahů u izomeru β -HCH od 0,51 do $12,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Maximální hodnota $12,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. se vyskytla u kalu 3214A v roce 2014. V roce 2014 se tento obsah β -HCH spolu s vysokou hodnotou α -HCH ($19,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) podílel na dosud nejvyšší hodnotě sumy HCH zjištěné za celé období sledování ($37,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., příloha 42). Tento kal byl odebrán opět v roce 2019, kdy vykázal hodnotu izomeru β -HCH $0,77 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (obrázek 35). Hodnoty obsahu α -HCH zatím pouze dvakrát za období 2010–2023 vystoupaly nad mez stanovitelnosti a to u již zmíněného kalu 3214A v roce 2014 a u kalu 5102A v roce 2022. Kal 3214A navíc v roce 2014 vykázal také obsah δ -HCH nad mezí stanovitelnosti ($4,94 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) a to zatím poprvé za období 2010–2023.

Příloha 50 uvádí základní statistiku celého souboru dat od roku 2010.

Obrázek 35 Obsahy izomeru β -HCH v kalech ČOV, u kterých byly hodnoty vyšší než je mez stanovitelnosti (2010–2023, $\mu\text{g.kg}^{-1}$)

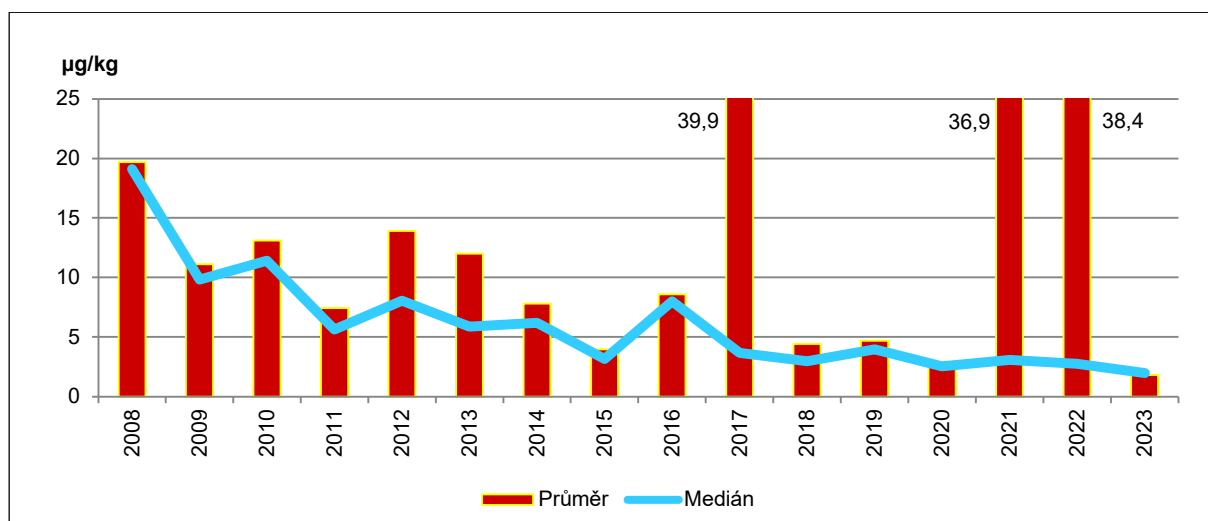


Obsahy **HCB** v roce 2023 kolísají v rozsahu $0,64\text{--}2,88 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (tabulka 22). Za období sledování 2008–2023 jsou hodnoty zpracovány do tabulky v příloze 42. Zatím nejvyšší hodnota HCB v kalu ($753 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) byla zjištěna v roce 2017 a druhé dvě nejvyšší v roce 2021 a 2022 (474 a $497 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Tyto hodnoty byly zjištěny v kalech s identifikačním kódem 4214A z Ústeckého kraje a výrazně ovlivnily v těchto letech průměrnou hodnotu celého souboru ($39,9$, $36,9$ a $38,4 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. – obrázek 36, příloha 42). Kal s tímto kódem byl vzorkován také v roce 2013, kdy dosáhl hodnoty HCB $120 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.

Z obrázku 36 jasně vyplývá snižování mediánů obsahů HCB v kalech.

Příloha 50 uvádí základní statistiku celého souboru dat od roku 2008. Grafické zobrazení vývoje obsahů v periodách od roku 2008 znázorňuje příloha 52.

Obrázek 36 Střední hodnoty HCB v kalech ČOV (2008–2023 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)

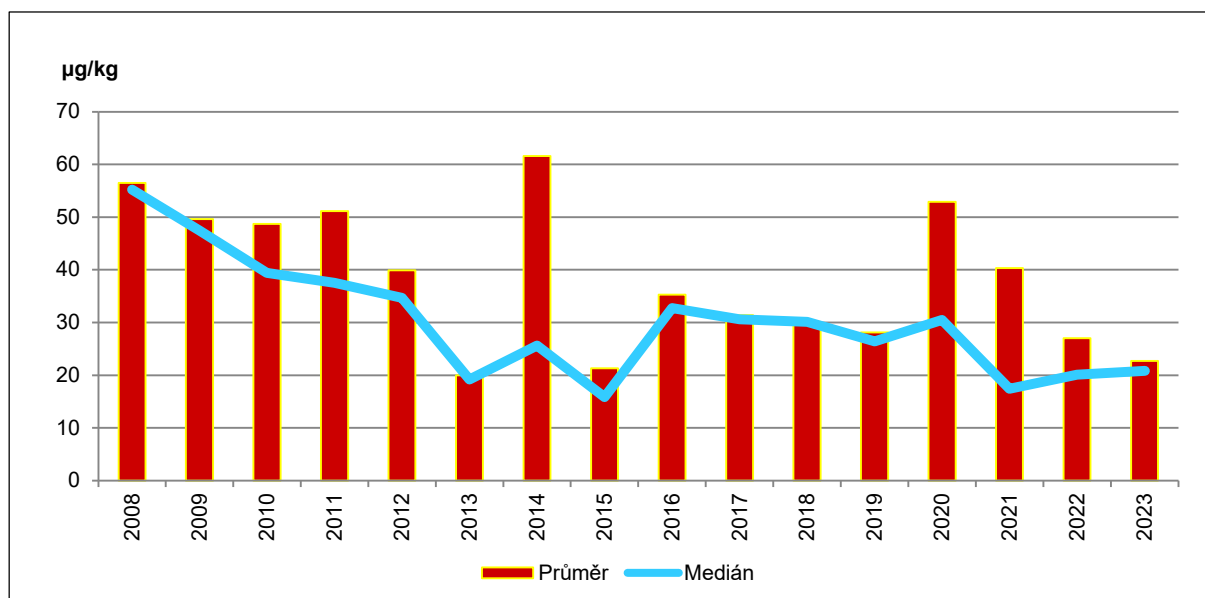


Hodnoty **látek skupiny DDT** (DDT_{total}) kolísají v roce 2023 v rozmezí 8,16–47,0 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., medián činí 20,8 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., průměr činí 22,7 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (tabulka 22). Suma každé jednotlivé látky (DDE, DDD, DDT) je tvořena součtem jejich o,p'- a p,p'- izomerů. Vzájemný poměr jednotlivých látek skupiny DDT obecně vzrůstá v pořadí $DDT < DDD < DDE$. DDE vzniká transformací DDT a DDD při výrobě DDT, nebo jako produkt mikrobiálního rozkladu DDT v půdě. V roce 2021 byl nalezen nejvyšší obsah DDT_{total} (298 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) v kalu s kódem 4214A, na tomto vysokém obsahu měl vliv vysoký obsah DDD (289 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Tento kal byl znovu odebrán v roce 2022 a jeho obsah DDT_{total} byl na nižší úrovni 69,3 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., obsah DDD 55,6 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. U tohoto kalu vzájemný poměr jednotlivých látek vzrůstá v tomto pořadí: $DDT < DDE < DDD$.

Příloha 50 uvádí základní statistiku celého souboru dat od roku 2008. Grafické zobrazení vývoje obsahů v periodách od roku 2008 znázorňuje příloha 52.

Limitní hodnoty pro obsah organochlorových pesticidů v kalech nejsou vyhláškou č. 273/2021 Sb. stanoveny.

Obrázek 37 Střední hodnoty DDT_{total} v kalech ČOV (2008–2023, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)



Závěry

- V roce 2023 bylo provedeno stanovení OCP ve 14 vzorcích kalů.
- Obsahy HCH jsou dlouhodobě zanedbatelné.
- Obsahy HCB kolísají v rozsahu 0,64–2,88 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš, medián je 1,99 $\mu\text{g.kg}^{-1}$.
- Suma látek skupiny DDT (DDT_{total}) kolísá v rozmezí 8,16–47,0 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., medián činí 20,8 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.
- Vzájemný poměr jednotlivých látek obecně vzrůstá v pořadí $DDT < DDD < DDE$.

1.4.3.6 Polybromované difenylethery v kalech

Polybromované difenylethery (PBDE) jsou látky ze skupiny bromovaných zpomalovačů/retardátorů hoření (brominated flame retardants, BFR). Tyto látky jsou součástí široké škály textilií, plastů, stavebních materiálů, elektroniky. Jejich chemická struktura je podobná chemické struktuře PCB, DDT a PBB (polybromovaných bifenyly), a proto i jejich chemické a environmentální vlastnosti jsou podobné – jedná se o hydrofobní látky (vazba na tuky, bioakumulace), v prostředí perzistentní (odolné proti chemické i biologické degradaci), toxické pro živé organismy a schopné dálkového transportu. Prokázané nálezy PBDE v lidské tukové tkáni, mateřském mléce a krvi a vlastnosti shodné s vlastnostmi POPs vedly v roce 2009 k zařazení PBDE do seznamu látek uvedených ve Stockholmské úmluvě o perzistentních organických polutantech.

PBDE se velmi snadno sorbují na pevné částice (např. zeminu, sedimenty, prachové částice). Vdechování kontaminovaného prachu je společně s konzumací tučných ryb hlavním zdrojem PBDE pro lidský organismus. Jsou popisovány také případy transportu PBDE ze zeminy a čistírenských kalů do rostlin jako další možnost vstupu těchto látek do potravního řetězce.

V roce 2010 ÚKZÚZ poprvé přistoupil ke stanovení těchto látek v kalech metodou GC MS/MS. V témže roce byla metoda akreditována. ÚKZÚZ provádí stanovení 9 kongenerů PBDE: 28, 47, 66, 85, 99, 100, 153, 154, 183.

Od roku 2010 byl obsah 9 kongenerů PBDE stanoven vždy v 10 až 14 vzorcích kalů. V roce 2023 byly PBDE stanoveny v 10 vzorcích kalů.

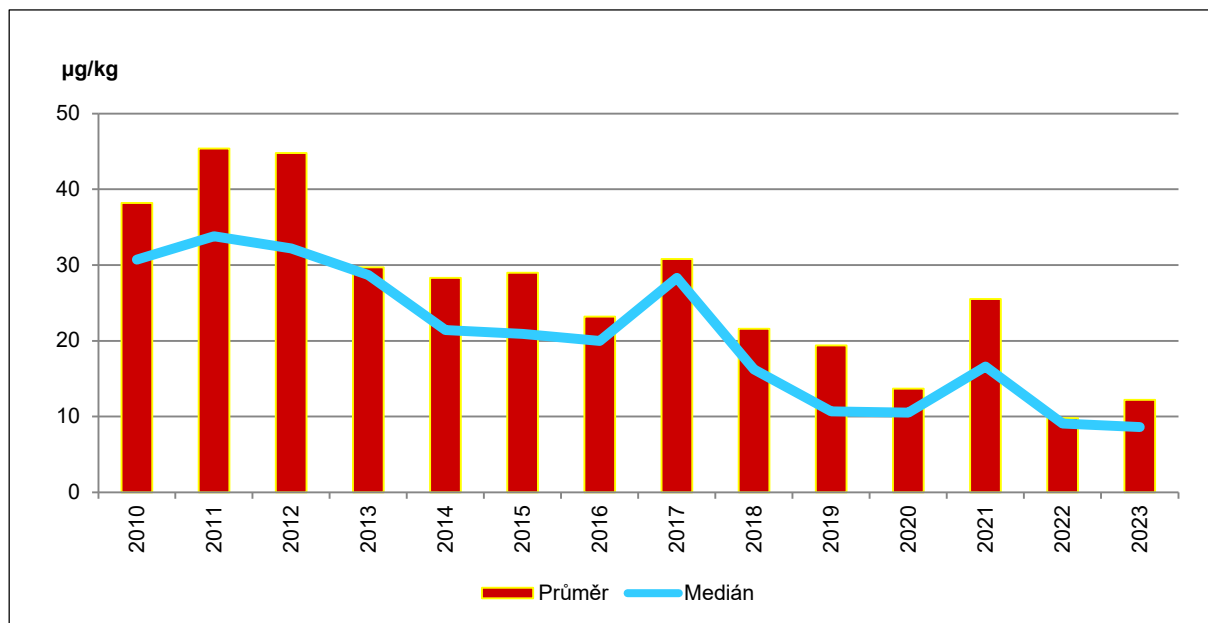
Obsahy jednotlivých kongenerů PBDE stanovených ve vzorcích kalů odebraných v roce 2023 jsou uvedeny v příloze 43 a grafické znázornění sumy 9 kongenerů v příloze 44. Základní statistiku obsahů sumy 9 kongenerů PBDE pro vzorky odebrané v roce 2023 a odebírané od roku 2010, shrnuje tabulka 23 a příloha 45.

Tabulka 23 Základní statistika obsahů PBDE v kalech ČOV (2023, $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš., 10 vzorků)

	BDE 28	BDE 47	BDE 66	BDE 85	BDE 99	BDE 100	BDE 153	BDE 154	BDE 183
Průměr	0,18	3,36	0,15	0,22	4,40	0,97	0,80	0,58	1,58
Medián	0,16	2,58	0,13	0,17	2,82	0,60	0,53	0,35	1,27
Minimum	< 0,10	0,65	< 0,10	< 0,10	0,75	0,13	0,20	0,16	0,59
Maximum	0,45	9,43	0,42	0,72	14,6	3,31	1,80	1,78	4,11
10. perc.	< 0,10	0,93	< 0,10	< 0,10	1,12	0,18	0,34	0,16	0,63
90. perc.	0,28	6,61	0,29	0,42	8,04	1,76	1,64	0,99	2,92

Průměrná hodnota sumy 9 kongenerů PBDE ve vzorcích z roku 2023 činí $12,2 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš., medián $8,64 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš. a jak je patrné na obrázku 38 střední obsahy sumy 9 kongenerů PBDE se v kalech snižují.

U analyzovaných vzorků se obsah některého z kongenerů nalézal pod mezí stanovitelnosti (LOQ = $0,10 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš.). Nejvyšší průměrný a zároveň i mediánový obsah vykázal kongener BDE 99. Jeho maximální obsah byl $14,6 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš. (kal s identifikačním číslem 2107A ze Středočeského kraje). Nejnižší střední obsahy vykázal kongener BDE 66. Hodnoty průměrů a mediánů za celou dobu sledování jsou zobrazeny na obrázku 38. Příloha 50 uvádí základní statistiku celého souboru dat od roku 2010. Grafické zobrazení vývoje obsahů v periodách od roku 2010 znázorňuje příloha 52.

Obrázek 38 Střední hodnoty sumy 9 PBDE v kalech ČOV (2010–2023, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)

Limitní hodnoty pro obsah PBDE v kalech nejsou vyhláškou č. 273/2021 Sb. stanoveny.

Závěry

- V roce 2023 bylo provedeno stanovení PBDE v 10 vzorcích kalů.
- Průměrný obsah 9 kongenerů PBDE v kalech v roce 2023 činil $12,2 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.; medián měl hodnotu $8,64 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.

1.4.3.7 Perfluoroalkylové sloučeniny v kalech

Perfluoroalkylové sloučeniny (PFAS) patří mezi perzistentní halogenované kontaminanty. Je to velká skupina synteticky vyráběných látek, které mají výjimečné fyzikální a chemické vlastnosti – jsou extrémně stabilní. Vykazují vysokou schopnost bioakumulace (ale na rozdíl od běžných perzistentních polutantů – POPs se neukládají v tukové tkáni, ale vážou se na proteinové složky tkání; ukládají se především v játrech). Mají potenciál k dálkovému transportu, jsou proto přítomny i v oblastech, kde nebyly nikdy vyráběny ani používány.

Pro uvedené vlastnosti jsou PFAS využívány při povrchové úpravě tkanin, koberec, obalových materiálů na potraviny, u ochranných nátěrů. PFAS snižují povrchové napětí a tím chrání povrchy před nečistotami – mastnotou, špínou, ale i před samotným smáčením vodou. Uplatňují se při výrobě polovodičů, jsou používány jako aditiva do hasicích pěn určených k hašení hořlavých tekutin. Dále jsou známé aplikace ve fotografickém průmyslu, lékařství, hornictví. Jsou součástí průmyslových a domácích čistících prostředků, nátěrových hmot, hydraulických kapalin pro letecký průmysl, pesticidů. Perfluorooktanová kyselina (PFOA) se také používá jako pomocné činidlo při výrobě polytetrafluorethylenu známého spíše pod názvy Teflon, Gore-Tex nebo Scotchgard.

I přes vysokou stabilitu perfluorovaných sloučenin dochází v životním prostředí k jejich (částečnému) rozkladu. PFAS podléhají degradaci na PFOA a perfluorooktansulfonát a jeho soli (PFOS), které se v současné době považují za výsledný produkt degradace PFAS, a které se již v životním prostředí dále nerozkládají.

Uvedené skutečnosti vedly v roce 2009 k zařazení PFOS na seznam zakázaných látek Stockholmské úmluvy o perzistentních organických polutantech. 17. března 2010 vydal Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA) doporučení o monitorování přítomnosti PFAS v potravinách.

ÚKZÚZ přistoupil ke stanovení obsahů vybraných PFAS ve vzorcích odpadních kalů ČOV v roce 2013. Tyto látky se stanovovaly v 21 vzorcích. V roce 2023 byly laboratorní rozborů provedeny u 14 vzorků kalů z ČOV.

Celkem je ve vzorcích stanovováno 6 látek:

PFHxA	perfluorohexanová kyselina
PFHpA	perfluoroheptanová kyselina
PFOA	perfluorooktanová kyselina
PFNA	perfluorononanová kyselina
PFDA	perfluorodekanová kyselina
PFOS	perfluorooktansulfonan

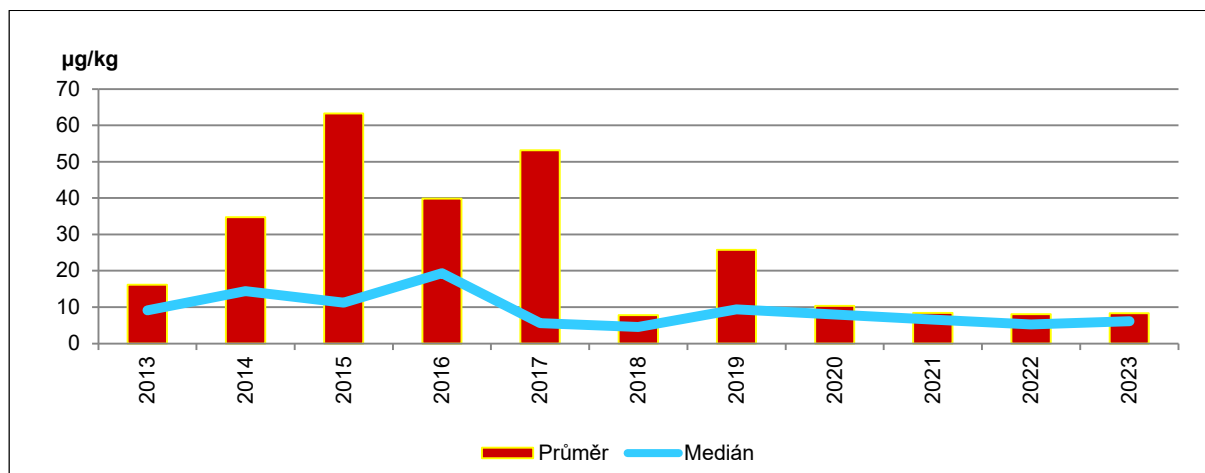
Detekované obsahy PFAS v jednotlivých vzorcích kalů jsou uvedeny v příloze 46 a graficky v příloze 47. Průměrné hodnoty obsahů a rozsah stanovených hodnot uvádí tabulka 24.

Tabulka 24 Základní statistické charakteristiky vybraných perfluoroalkylových sloučenin ve 14 vzorcích kalů ČOV odebraných v roce 2023 ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš.)

	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFOS
Průměr	0,19	0,09	0,86	0,45	2,37	4,36
Medián	0,05	0,05	0,75	0,31	1,32	2,31
Minimum	< 0,10	< 0,10	0,18	0,16	0,50	1,30
Maximum	0,75	0,28	2,25	1,54	8,63	15,2

Ve vzorcích kalů se nejnižší obsahy nalézaly u látek PFHpA, PFHxA. U těchto látek hodnoty často ležely pod mezí stanovitelnosti ($LOQ = 0,1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš.). Nejvyšších středních hodnot dosahoval PFOS, přičemž nejvyšší obsah PFOS ($15,2 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš.) se našel u kalu 5102B z Libereckého kraje, nejnižší ($1,30 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš.) ve vzorku 3203A z Plzeňského kraje.

Obrázek 39 Střední hodnoty sumy 6 PFAS v kalech ČOV (2013–2023, $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš.)



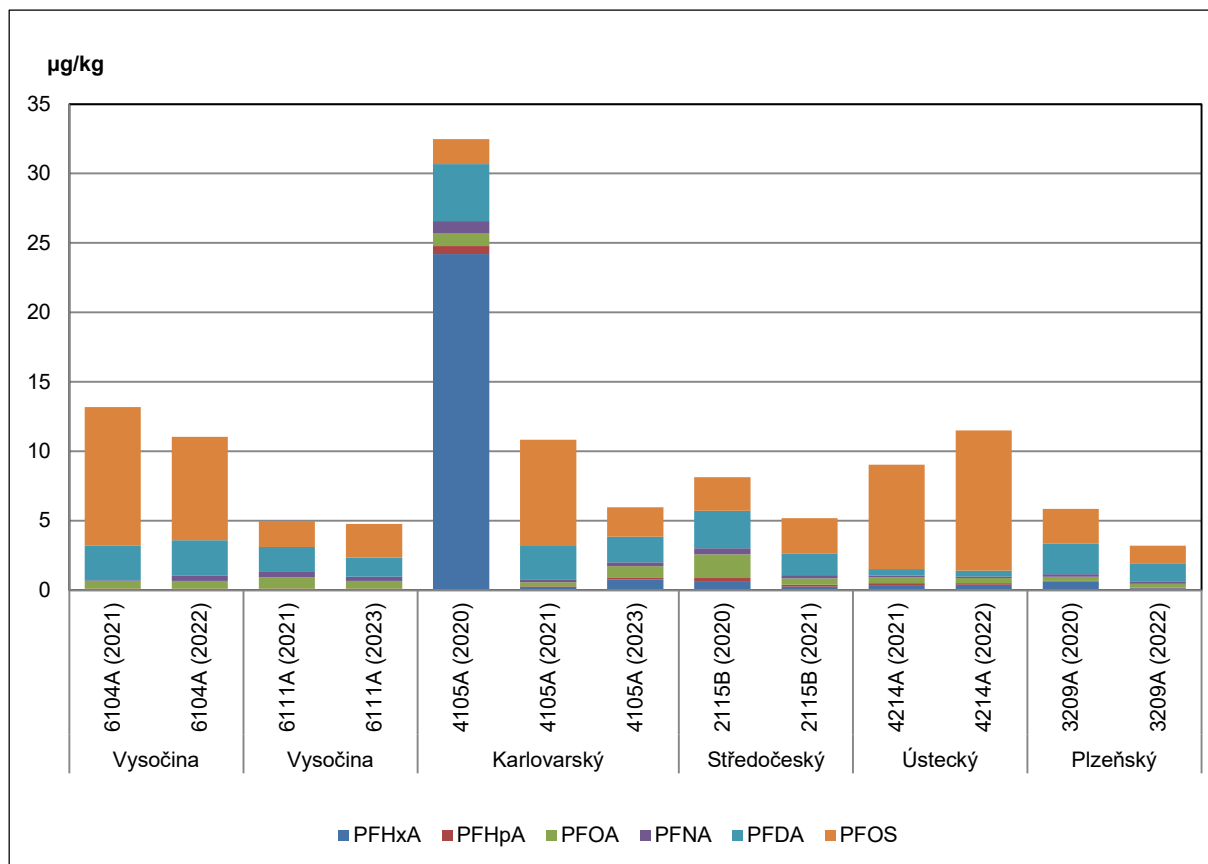
Průměry a mediány sumy 6 PFAS z let 2013–2023 jsou zobrazeny na obrázku 39, základní statistika v příloze 48. Hodnoty vykazují v letech snižující se tendenci, nicméně je třeba brát v potaz fakt, že hodnoty jsou odvislé od vzorkovaných ČOV, které byly do souboru zrovna v daném roce zahrnuty. Podle dostupných informací lze předpokládat, že obsahy PFAS budou souviset s velikostí ČOV.

Od roku 2020 se zjišťuje u ČOV jejich velikost (koeficient EO) skutečná nebo projektovaná, proto můžeme obsahy sledovaných perfluoroalkylových sloučenin vztáhnout k tomuto údaji. V příloze 49 jsou zobrazeny grafy perfluoroalkylových sloučenin v závislosti na velikosti ČOV za období 2020–2023. Grafy ukazují, že pro jednotlivé perfluoroalkylové sloučeniny a jejich sumu neexistuje stejná závislost na koeficientu EO. Rovněž tak v rámci jedné ČOV se při opakovaných odběrech ukázala různorodost ve výši obsahů jednotlivých látek (obrázek 40).

Příloha 50 uvádí základní statistiku celého souboru dat od roku 2013. Grafické zobrazení vývoje obsahů v periodách od roku 2013 znázorňuje příloha 52.

Limitní hodnoty pro obsah PFAS v kalech nejsou vyhláškou č. 273/2021 Sb. stanoveny.

Obrázek 40 Obsahy jednotlivých PFAS v ČOV, které byly mezi roky 2020–2023 opakovaně vzorkovány. ČOV jsou v grafu řazeny dle velikosti EO (6104A – 8 tis., 6111A – 11 tis., 4105A – 17 tis., 2115B – 37 tis., 4214A – 169 tis., 3209A – 374 tis., ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš.))



Závěry

- V roce 2023 bylo provedeno stanovení PFAS ve 14 vzorcích kalů.
- S nejvyšším mediánem se ve vzorcích vyskytovala látka: PFOS ($2,31 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$).
- Nejnižší mediány vykazaly látky: PFHpA a PFHxA.
- Nejvyšší obsah byl nalezen u látky PFOS ve vzorku 5102B – $15,2 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš., z Libereckého kraje.

1.4.4 Hodnocení rybníčních sedimentů

Ladislav Kubík

Sediment z vodního toku či vodní nádrže (rybníku) vzniká prostou sedimentací (usazováním) erodovaných pevných částic, které jsou přirozeně unášeny vodou. Při poklesu rychlosti proudění, a to jak rozšířením profilu, poklesem spádu toku nebo zvětšením hloubky vodoteče, dochází k přirozené sedimentaci unášených částic. Vzniklý materiál může mít povahu šterkopísků a písků v proudných úsecích toků, nebo až jílovitohlinitých až jílovitých substrátů v rybnících. Jde o přirozený děj, který je urychlován antropogenními zásahy do krajiny. Surový sediment vykazuje značný podíl zvodnění až do 80 %, může obsahovat různé látky a cizorodé předměty v závislosti na struktuře zemědělské a průmyslové výroby v povodí.

Důvodem kumulace sedimentů a zanášení dna jsou nadále přetrvávající splachy zemědělské půdy z okolí rybníků, vodních děl a toků. Nevhodné hospodaření v povodí způsobuje nadměrnou erozi, pronikání a usazování rizikových prvků a látek v rybnících a tocích. V České republice vykazuje třetina rybníků nadměrné zatížení sedimenty. Sedimenty jsou ve velkých objemech do rybníků transportovány podle charakteru a stavu říční sítě a hospodářské činnosti v povodí a způsobují velmi rychlé zanášení méně proudných úseků povrchových vod. Důsledkem ukládání sedimentů je postupné omezování až znemožňování vodohospodářských, biologických a ekologických funkcí vodních nádrží a toků.

Od 1. ledna 2021 je v účinnosti nový zákon o odpadech č. 541/2020 Sb., který pokládá sedimenty za odpad. Přímé použití sedimentů na zemědělský půdní fond však není zakázáno a řídí se zvláštními právními předpisy – zákonem č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu, ve znění pozdějších předpisů, zákonem o hnojivech č. 156/1998 Sb. ve znění pozdějších předpisů a ustanoveními vyhlášky č. 257/2009 Sb., o používání sedimentů na zemědělské půdě.

Rozhodujícím ukazatelem pro využití sedimentů na zemědělskou půdu je míra kontaminace rizikovými prvky a organickými polutanty ve vztahu k vyhlášce č. 257/2009 Sb. Pro využití sedimentů k aplikaci na zemědělskou půdu je také významná "hnojivá" hodnota sedimentů, tzn. zrnitostní složení, podíl organické hmoty, pH a obsah živin. Zrnitostní složení sedimentů může být značně rozdílné, což vyplývá ze zákonitostí sedimentačních procesů. S variabilitou zrnitostního složení sedimentů do značné míry koreluje i jejich chemické složení. Látky organické i anorganické povahy jsou poutány především na povrchu nejjemnějších půdních částic splavených z orniční vrstvy zemědělské půdy. Jako vhodný ukazatel pro hodnocení jejich přínosu k zúrodnění půd se jeví přístupný obsah živin, který je používán pro hodnocení úrodnosti v rámci Agrochemického zkoušení zemědělských půd, proto ve vzorcích byla zjišťována výměnná půdní reakce sedimentů (pH/CaCl₂) a obsah základních živin P, K, Ca a Mg podle Mehlicha 3.

Tabulka 25 Sedimenty – základní statistické parametry – zrnitost, spalitelné látky, pH a obsahy živin (1995–2023)

	zrnitost (% částic < 0,01 mm)	spalitelné. látky (% sušiny)	pH/CaCl ₂	přístupné živiny v mg.kg ⁻¹ (Mehlich 3)			
				P	K	Mg	Ca
Průměr	32,42	9,31	5,83	38,4	215	352	4326
Medián	32,90	8,22	5,70	25,3	190	317	2643
Min.	2,00	0,50	2,80	1,00	8,70	7,10	261
Max.	75,25	97,90	7,80	287	1070	1640	38100
Poč. vz.	329	571	605	568	569	569	568

Tabulka 26 Sedimenty – základní statistické parametry – obsahy rizikových prvků (1995–2023)

	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg ¹	Ni	Pb	V	Zn
	mg.kg ⁻¹ sušiny (extrakce lučavkou královskou)										
Průměr	12,0	1,27	10,2	13,1	55,4	30,1	0,12	35,9	46,4	49,8	150
Medián	8,11	1,17	0,46	12,7	48,1	24,5	0,10	32,4	26,6	47,5	113
Min.	0,75	0,15	0,05	1,03	1,75	1,20	0,01	1,15	2,50	4,00	6,32
Max.	274	7,16	1660	59,7	439	1250	1,85	452	3350	163	2010
Poč. vz.	649	506	657	603	658	656	660	655	650	501	658
Limit	30	5	1	30	200	100	0,8	80	100	180	300

¹ obsah Hg je stanoven jako celkový obsah**Tabulka 27 Sedimenty – základní statistické parametry – obsahy PCB (2002–2023), DDT, HCH, HCB (2007–2023), PAH (2009–2023) a C10-C40 (2016–2023)**

	PCB ¹	PAH ²	DDT ³	HCH ⁴	HCB	C10-C40
	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	μg.kg ⁻¹	μg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹
Průměr	0,010	4,80	0,031	1,00	1,20	76,8
Medián	0,004	1,90	0,016	1,00	0,74	51,4
Min.	0,0002	0,03	0,002	1,00	0,25	10,0
Max.	0,136	50,3	0,353	1,29	8,28	944
Poč. vz.	119	82	87	80	87	162
Limit	0,2	6	0,1	-	-	300

¹ suma 7 kongenerů PCB (28, 52, 101, 118, 138, 153, 180)² suma 12 PAH³ suma DDT včetně metabolitů⁴ suma 4 izomerů HCH (α, β, γ, δ)**Tabulka 28 Sedimenty – průměrné hodnoty sledovaných parametrů (zrnitost, spalitelné látky, pH a obsahy živin) – celkový průměr, vodní toky, polní, návesní a lesní rybníky a vodní nádrže (1995–2023)**

	zrnitost (% částic < 0,01 mm)	spalitelné. látky (% sušiny)	pH/CaCl ₂	přístupné živiny v mg.kg ⁻¹ (Mehlich 3)			
				P	K	Mg	Ca
Celkový průměr	32,4	9,3	5,8	38,4	215	352	4326
Vodní tok	24,9	8,8	6,0	62,8	206	323	4356
Polní rybník	33,5	8,4	5,8	34,8	199	356	4000
Návesní rybník	31,0	10,4	6,0	43,9	274	374	5331
Lesní rybník	35,8	11,6	5,2	25,9	159	302	3342
Vodní nádrže	38,1	6,5	6,6	51,6	187	283	4816

Tabulka 29 Sedimenty – průměrné hodnoty sledovaných parametrů (rizikové prvky) – celkový průměr, vodní toky, polní, návesní a lesní rybníky a vodní nádrže (1995–2023)

	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg ¹	Ni	Pb	V	Zn
mg.kg ⁻¹ sušiny (extrakce lučavkou královskou)											
Celkový průměr	12,0	1,27	10,2	13,1	55,4	30,1	0,12	35,9	46,4	49,8	150
Vodní tok	14,9	1,12	0,85	12,0	57,3	69,4	0,16	32,3	43,6	43,8	207
Polní rybník	12,4	1,25	18,5	12,6	53,5	24,9	0,10	33,4	33,2	49,4	122
Návesní rybník	12,6	1,23	0,68	14,9	60,7	35,6	0,15	43,3	80,6	55,7	209
Lesní rybník	7,87	1,54	0,67	11,3	47,3	20,9	0,12	29,3	27,3	44,1	103
Vodní nádrže	8,49	1,04	0,66	13,6	72,4	29,1	0,12	48,6	23,7	44,8	125

¹ obsah Hg je stanoven jako celkový obsah

Tabulka 30 Sedimenty – základní statistické parametry – obsahy PCB (2002–2023), DDT, HCH, HCB (2007–2023), PAH (2009–2023) a C10-C40 (2016–2023) – celkový průměr, vodní toky, polní, návesní a lesní rybníky a vodní nádrže

	PCB ¹	PAH ²	DDT ³	HCH ⁴	HCB	C10-C40
	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	µg.kg ⁻¹	µg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹
Celkový průměr	0,010	4,08	0,031	1,00	1,22	76,8
Vodní toky	0,018	20,02	0,024	1,00	2,48	154
Polní rybníky	0,009	2,01	0,013	1,00	0,61	59
Návesní rybníky	0,010	6,34	0,058	1,01	1,88	106
Lesní rybníky	0,020	1,38	0,029	1,00	0,46	44
Vodní nádrže	0,002	0,58	0,003	1,00	0,25	61

¹ suma 7 kongenerů PCB (28, 52, 101, 118, 138, 153, 180)

² suma 12 PAH

³ suma DDT včetně metabolitů

⁴ suma 4 izomerů HCH (α, β, γ, δ)

Od roku 1995 do konce roku 2023 bylo odebráno a zanalyzováno celkem 663 vzorků sedimentů. Jednotlivé sedimenty jsou rozděleny do kategorií – z uvedeného počtu je 356 rybníků polních, 189 rybníků návesních (tato klasifikace vyplynula z postupného hodnocení výsledků, kdy návesní rybníky vykazovaly častěji vyšší hodnoty zjišťovaných živin a hlavně rizikových prvků a látek), dále je v souboru 71 rybníků lesních, 38 sedimentů z toků a 9 sedimentů z vodních nádrží.

Protože převaha rozborů byla přibližně do roku 2000 prováděna na základě objednávek projektantů, nebo přímo vlastníků jednotlivých nádrží, byl rozsah stanovení převážně podřizován jejich požadavkům, takže často byly prováděny pouze rozborů na obsah rizikových prvků (zhruba v polovině případů nebyla zjišťována „hnojivá hodnota“ sedimentů). Přesný počet jednotlivých stanovení je vždy uveden ve statistickém zhodnocení každé sledované hodnoty (tabulky 25, 26, 27 a přílohy 54, 55).

Tabulka 31 Sedimenty – počty a procenta vzorků překračující limitní hodnoty – celkem, vodní toky, polní, návesní, lesní rybníky a vodní nádrže (1995–2023) – vyhláška č. 257/2009 Sb.

		As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg ¹	Ni	Pb	V	Zn	PCB ²	PAH ³	DDT ⁴	C10–C40
Celkem	poč. vz.	649	506	657	603	658	656	660	655	650	501	658	119	82	87	162
	počet nadlim.*	31	2	64	2	4	4	3	9	13	0	34	0	14	3	2
	% nadlim.	4,8	0,4	9,7	0,3	0,8	0,6	0,5	1,4	2,0	0	5,2	0	17,1	3,4	1,2
Vodní toky	poč. vz.	38	36	38	38	38	38	38	38	36	36	38	10	6	8	15
	počet nadlim.*	3	0	4	0	1	1	0	0	0	0	5	0	4	0	1
	% nadlim.	7,9	0	10,5	0,0	2,6	2,6	0	0	0	0	13,2	0	66,7	0	6,7
Polní rybníky	poč. vz.	347	269	351	321	354	352	353	351	351	269	354	57	40	41	86
	počet nadlim.*	15	1	34	0	2	1	0	2	6	0	11	0	2	0	0
	% nadlim.	4,3	0,4	9,7	0	0,6	0,3	0	0,6	1,7	0,0	3,1	0	5,0	0	0
Návesní rybníky	poč. vz.	185	127	189	167	186	186	189	186	184	122	186	42	29	30	38
	počet nadlim.*	13	0	18	2	1	2	3	7	7	0	17	0	8	3	1
	% nadlim.	7,0	0,0	9,5	1,2	0,5	1,1	1,6	3,8	3,8	0	9,1	0	27,6	10,0	2,6
Lesní rybníky	poč. vz.	70	65	70	68	71	71	71	71	70	65	71	8	6	7	21
	počet nadlim.*	0	1	7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	% nadlim.	0	1,5	10,0	0	0	0	0	0	0	0	1,4	0	0	0	0
Vodní nádrže	poč. vz.	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	2	1	1	2
	počet nadlim.*	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	% nadlim.	0	0	11,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

*vzorek je brán jako nadlimitní po započítání nejistoty měření pro daný prvek

¹ obsah Hg je stanoven jako celkový obsah

² suma 7 kongenerů PCB (28, 52, 101, 118, 138, 153, 180)

³ suma 12 PAH

⁴ suma DDT včetně metabolitů

Základní charakteristiky jednotlivých kategorií sedimentů a obsahy rizikových prvků

Sedimenty **vodních toků** (tabulka 28) jsou hlavně hrubší zrnitosti, podle Novákovy klasifikační stupnice půdních druhů by patřily mezi písčitohlinité půdy (středně těžké), jejich pH je převážně slabě kyselé. Mají spíše lehce podprůměrné obsahy spalitelných látek (organické hmoty) a nízké průměrné obsahy přístupných živin (K, Mg) až na Ca a P, jejichž hodnoty jsou nadprůměrné až vysoce nadprůměrné. Z rizikových prvků (tabulka 29) mají dlouhodobě vysoce nadprůměrné obsahy As, Cu, Hg a Zn.

Polní rybníky (tabulka 28) jsou převážně střední zrnitosti, podle Novákovy klasifikační stupnice půdních druhů by patřily mezi hlinité půdy (středně těžké), s pH většinou v oblasti kyselé, mají lehce podprůměrné obsahy spalitelných látek (organické hmoty). Obsahy přístupných živin u polních rybníků vykazují lehce podprůměrné až průměrné hodnoty. Sedimenty polních rybníků (tabulka 29) mají v průměru nejvyšší obsahy Cd a lehce nadprůměrné obsahy As. Obsahy ostatních prvků v polních rybnících se shodují s celkovými průměry nebo jsou nižší.

Návesní rybníky (tabulka 28) mají podobně jako polní rybníky střední zrnitost, pH převážně v oblasti slabě kyselé, mají lehce nadprůměrné obsahy spalitelných látek (organické hmoty).

Obsahy živin jsou nadprůměrné (K, Mg) až velmi nadprůměrné (P, Ca). Sedimenty návesních rybníků mají zpravidla vyšší průměrné obsahy rizikových prvků než ostatní kategorie rybníků (tabulka 28), nejmarkantnější je to zejména u Pb a Zn, naopak obsahy Cd jsou hluboce pod celkovým průměrem.

Sedimenty **lesních rybníků** (tabulka 28) jsou zrnitostně těžší než předchozí druhy sedimentů, podle Novákovy klasifikační stupnice půdních druhů by patřily mezi hlinité půdy (středně těžké). Mají vysoký podíl jemných částic zejména organického původu, dosahují také nejvyšších průměrných obsahů spalitelných látek (organické hmoty), avšak jejich výměnné pH patří k nejnižším (kyselé) a stejně tak i obsahy přístupných živin (P, K, Mg, Ca) stanovených v Mehlichu 3 jsou velmi nízké. Z rizikových prvků (tabulka 29) v porovnání s celkovými průměry jsou nadprůměrné obsahy Be, ostatní rizikové prvky vykazují nižší nebo podobné hodnoty vůči celkovým průměrům.

Sedimenty **vodních nádrží** (tabulka 28) obsahují ze všech sledovaných kategorií největší procento jemných částic, podle Novákovy klasifikační stupnice půdních druhů by patřily mezi hlinité půdy, rovněž středně těžké. Obsahy spalitelných látek jsou v průměru nízké, hodnoty pH jsou spíše neutrální. Obsahy živin se pohybují kolem celkových průměrů až na obsahy Ca, které jsou lehce vyšší. Vyšší průměrné obsahy z rizikových prvků (tabulka 29) mají Co, Cr a Ni, obsahy ostatních prvků jsou nižší nebo shodné s celkovým průměrem.

V roce 2023 z odebraných 20 vzorků sedimentů překročily limitní hodnoty po započítání nejistoty měření celkem 4 vzorky pro rizikové prvky uvedené ve vyhlášce č. 257/2009 Sb. Z těchto čtyř vzorků měl jeden z nich současně dva rizikové prvky (Cd a Ni) s nadlimitními obsahy jak uvádí příloha 53.

Obsahy rizikových látek (PCB, PAH, DDT, HCH, HCB a uhlovodíky C10-C40)

V letech 2002–2023 byly stanoveny obsahy PCB ve 119 vzorcích sedimentů, v 87 vzorcích byly stanoveny obsahy organochlorových pesticidů (HCH, HCB, látek skupiny DDT), dále pak v 82 vzorcích sedimentů stanoveny obsahy 12 PAH a ve 162 vzorcích stanoveny obsahy C10-C40. Konkrétní hodnoty a grafy jednotlivých parametrů pro vzorky odebrané v roce 2023 jsou uvedeny v příloze 57.

Sedimenty **vodních toků** (tabulka 30) mají nadprůměrné obsahy PCB a značně nadprůměrné obsahy PAH, než je celkový průměr. Hodnoty PAH jsou stanoveny zatím u šesti vzorků sedimentů vodních toků, z nichž dva vzorky s extrémně vysokými obsahy PAH jsou odebrány z jednoho místa (Pustějovský potok) v časovém rozestupu 6 let. Také průměrné hodnoty HCB jsou v porovnání s celkovým průměrem dvojnásobné. Průměrné obsahy DDT se pohybují lehce pod celkovým průměrem a hodnoty HCH jsou pod mezí stanovitelnosti. Obsahy C10-C40 jsou nejvyšší ze všech sledovaných kategorií.

Polní rybníky (tabulka 30) mají průměrné obsahy rizikových látek v porovnání s celkovými průměry většinou nižší nebo srovnatelné.

U **návesních rybníků** jsou průměrné obsahy PAH, DDT, HCH, HCB a C10-C40 vyšší než celkový průměr, naopak průměrné obsahy PCB nepřekračují celkový průměr.

Sedimenty **lesních rybníků** (tabulka 30) mají průměrné obsahy rizikových látek v porovnání s celkovými průměry nižší nebo srovnatelné, výjimkou jsou obsahy PCB, které jsou celkově nejvyšší ze všech kategorií sedimentů.

Vodní nádrže nejsou výrazně zastoupeny v analýzách na rizikové látky, z celkového počtu 9 vzorků pouze dva byly analyzovány na PCB (tabulka 30), a jen jeden vzorek na DDT, HCH,

HCb a PAH. Obsahy těchto rizikových látek v sedimentu vodních nádrží jsou hluboce pod průměrnými hodnotami. Obsahy C10-C40 jsou lehce pod průměrnou hodnotou.

Mediány sledovaných parametrů pro všechny kategorie sedimentů jsou graficky uvedeny v příloze 56.

V tabulce 31 jsou prezentovány počty a procenta vzorků překračující limitní hodnoty po započtení nejistoty měření uvedené ve vyhlášce č. 257/2009 Sb. Za celé sledované období bylo zjištěno 166 překročení limitních hodnot platných pro rizikové prvky. U některých vzorků sedimentů je indikováno překročení limitních hodnot více prvků současně. Nejčastěji překračovanými rizikovými prvky jsou Cd (9,7 %), následuje Zn (5,2 %) a As (4,8 %). Vodní nádrže s devíti vzorky v databázi mají jeden vzorek přesahující limitní hodnotu pro Cd. Ze zbývajících kategorií mají lesní rybníky nejméně vzorků (9) překračujících limitní hodnoty. Problematickými prvky pro lesní rybníky jsou Cd (10 %), Be (1,5 %) a Zn (2,8 %). V počtu překročených limitních hodnot pro rizikové prvky následují vodní toky (14), nejčastěji je překračována limitní hodnoty pro Cd (10,5 %), následuje Zn (13,2 %) a As (7,9 %). Polní (72) a návesní (70) rybníky mají téměř stejný počet nadlimitních vzorků. U všech sledovaných skupin sedimentů, je problematickým rizikovým prvkem Cd, po něm následuje je Zn. Limitní hodnoty pro PCB dosud nepřekročil žádný vzorek, limitní hodnoty pro PAH překročilo celkem 14 vzorků, z toho nejvíce u návesních rybníků (8); limitní hodnoty DDT překročily 3 vzorky, všechny z kategorie návesních rybníků. Limitní hodnotu pro C10-C40 překročily 2 vzorky – jeden z vodního toku, který limitní hodnotu překročil více než trojnásobně (944 mg.kg⁻¹) a jeden z návesního rybníku.

Závěry

- Z uvedených výsledků vyplývá značná variabilita sedimentů ve všech zjišťovaných parametrech, která je silně závislá na charakteru povodí.
- Zrnitostně sedimenty zahrnují prakticky všechny kategorie podle Novákovy klasifikační stupnice pro půdy, přičemž více než polovinu tvoří sedimenty „středně těžké“. Do určité míry je zrnitost odrazem charakteru půd v povodí jednotlivých vodních ploch.
- Pro zemědělskou půdu je významný obsah organické hmoty, která je základem pro tvorbu humusu. V sedimentech je obsah organické hmoty stanoven jako spalitelné látky. Jejich obsah ovšem rovněž silně kolísá v závislosti na kategorii sedimentu, nejvyšších hodnot dosahují lesní rybníky, po nich následují návesní rybníky, vodní toky, poté polní rybníky, nejméně spalitelných látek se nachází v sedimentech vodních nádrží. Medián obsahu spalitelných látek se dlouhodobě pohybuje kolem 8 % sušiny.
- pH sedimentů se nachází u většiny vzorků v oblasti kyselé až slabě kyselé, kyselá reakce (pH < 5,9) byla zjištěna u 54 % sedimentů, neutrální (pH = 5,9–7,1) u 32 % a alkalická (pH > 7,1) u 14 %. Předpokládá se, že po vytěžení a provzdušnění sedimentu může dojít k poklesu pH a k jeho následnému okyselení.
- Obsah přístupných živin podle kritérií pro hodnocení orných půd se v procesu sedimentace mění oproti obsahům v půdách v povodí; prokazují se v porovnání s hodnotami z AZPP především nižší obsahy fosforu oproti obsahům zjišťovaným v průměru u orných půd, obsahy draslíku jsou podobné obsahům v orných půdách, naopak obsahy vápníku a hořčíku jsou jedenapůlkrát vyšší.

- Obsah rizikových prvků hodnocených podle vyhlášky č. 257/2009 Sb. (extrakt lučavkou královskou) ukazuje na nejčastější kontaminaci kadmiem (Cd) – 64 vzorků (9,7 %), zinkem (Zn) – 34 vzorků (5,2 %) a arsenem (As) – 31 vzorků (4,8 %). Nejvyšší počet nadlimitních vzorků na rizikové prvky mají rybníky polní (72), za nimi těsně následují návesní rybníky (70), vodní toky (14), lesní rybníky (9) a vodní nádrže (1).
- Vzorky testované na PCB dosud nepřekročily limitní hodnotu danou vyhláškou. Limitní hodnota pro obsah DDT v sedimentu byla překročena u 3 vzorků a to pouze u sedimentů z návesních rybníků. Limitní hodnota pro PAH byla překročena u 14 vzorků z toho čtyřikrát u toků, dvakrát u polního rybníku a osmkrát u návesního rybníku. Limitní hodnota pro C10–C40 byla překročena dvakrát, jednou vzorkem z návesního rybníku a jednou vzorkem z vodního toku, ten ji překročil trojnásobně (944 mg.kg^{-1}).
- V roce 2023 se odebralo 20 vzorků sedimentů na rozboru obsahů rizikových prvků, z toho u 5 vzorků byla provedena rozšířená analýza o rizikové látky (organické polutanty). Z těchto vzorků nevyhovělo vyhlášce č. 257/2009 Sb. z hlediska obsahů rizikových prvků po započítání nejistoty měření 4 vzorky, z toho 1 vzorek měl současně nadlimitní dva rizikové prvky (Cd a Ni) z hlediska obsahů rizikových látek vyhověly všechny vzorky. Nejčastěji byla v roce 2023 překročena limitní hodnota pro rizikový prvek – Cd (4 nadlimitní vzorky). Z hlediska aplikace sedimentů na ZPF se jako nejproblémovější z rizikových látek a prvků dlouhodobě jeví Cd, Zn, As a PAH, výjimečně se objeví kontaminace DDT a uhlovodíky C10-C40.

1.5 CITOVANÉ ZDROJE

Balík, J.; Černý, J.; Tlustoš, P., Sýkora, K.; Štípek, K. Výživa a hnojení ozimé řepky sírou. In *Sborník z konference „Racionální použití průmyslových hnojiv“*. ČZU, Praha, **2001**.

Bielek, P. *Dusík v poľnohospodárskych pôdach Slovenska*; VÚPÚ, Bratislava, **1998**. ISBN 80-85361-44-2

Čvančara, F. *Zemědělská výroba v číslech, I. díl.*, Státní zemědělské nakladatelství, Praha, **1962**.

Fecenko, J.; Ložek, O. *Výživa a hnojenie poľných plodín*; SPU, Nitra, **2000**. ISBN 80-7137-777-5

Nařízení Komise (EU) 2021/1323 ze dne 10. srpna 2021, kterým se mění nařízení (ES) č. 1881/2006, pokud jde o maximální limity kadmia v některých potravinách, **2021**.

Nisbet, I. C.; LaGoy, P. K. Toxic equivalency factors (TEFs) for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). *Regul. Toxicol. Pharmacol.* **1992**, 3, 290–300.

Richter, R.; Hlušek, J. *Výživa a hnojení rostlin*; VŠZ, Brno, 1994.

<https://arnika.org/toxicke-latky/databaze-latek/molybden> (14.2.2024)

<https://arnika.org/toxicke-latky/databaze-latek/tezke-kovy/olovo> (14.2.2024)

2. Výsledky analýzy krmiv odebraných v rámci cílené kontroly a monitoringu

Jiří Fiala

V roce 2023 prováděl Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský sledování cizorodých zakázaných a nežádoucích látek a produktů v krmivech na základě zjištění v předchozích letech, doporučení Komise k monitoringu a podle dalších právních předpisů. Vzorke odebírali pracovníci odboru zemědělské inspekce a analyzovány byly v akreditovaných laboratořích ústavu nebo smluvních laboratořích.

Sledování bylo rozděleno do čtyř hlavních částí:

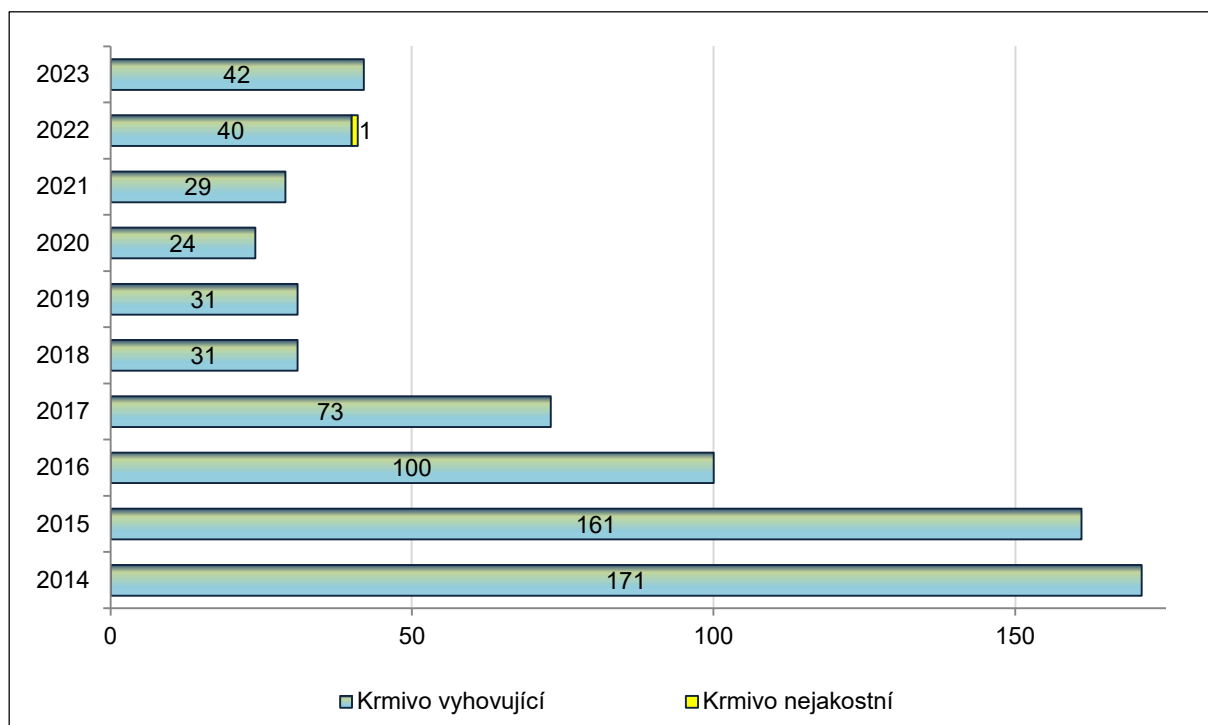
- Sledování výskytu zakázaných látek a produktů v krmivech
- Sledování výskytu nežádoucích látek a produktů v krmivech
- Sledování správného používání doplňkových látek v krmivech
- Sledování dalších problematik, týkajících se bezpečnosti a kvality krmiv

2.1 Sledování zakázaných látek

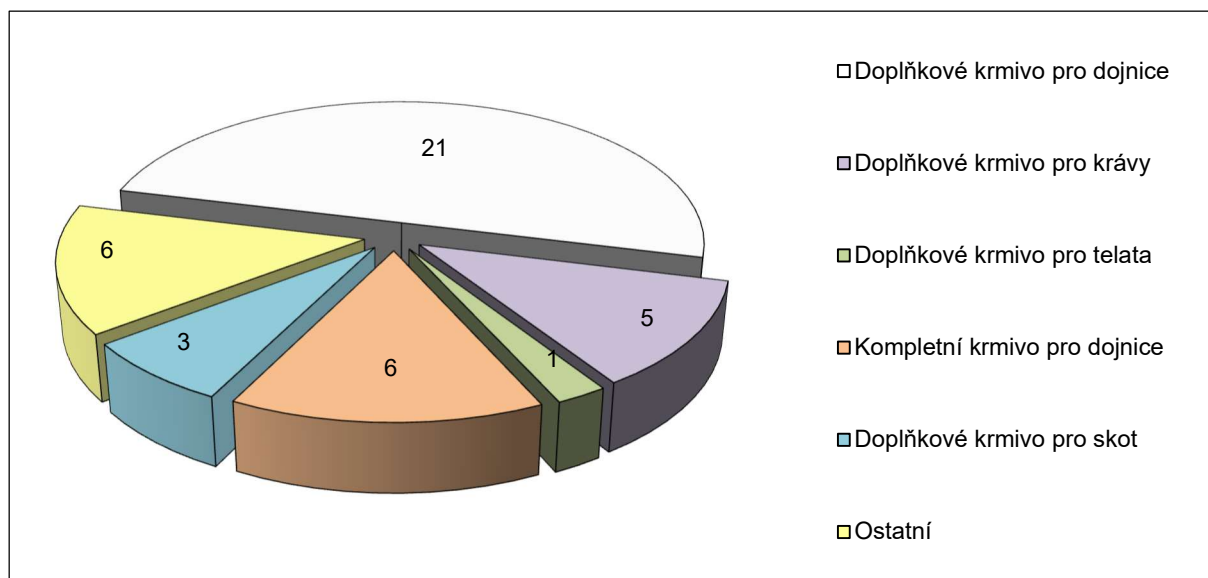
2.1.1 Cílená kontrola přítomnosti zpracovaných živočišných bílkovin v krmivech

Kontrola je zaměřená na možnou kontaminaci krmiv zpracovanými živočišnými bílkovinami (PAP). V roce 2023 bylo prověřeno 42 vzorků krmiv, určených převážně pro přežvýkavce. Všechny vzorky byly posouzeny jako vyhovující.

Obrázek 41 Výsledky cílené kontroly přítomnosti PAP v krmivech v období 2014–2023



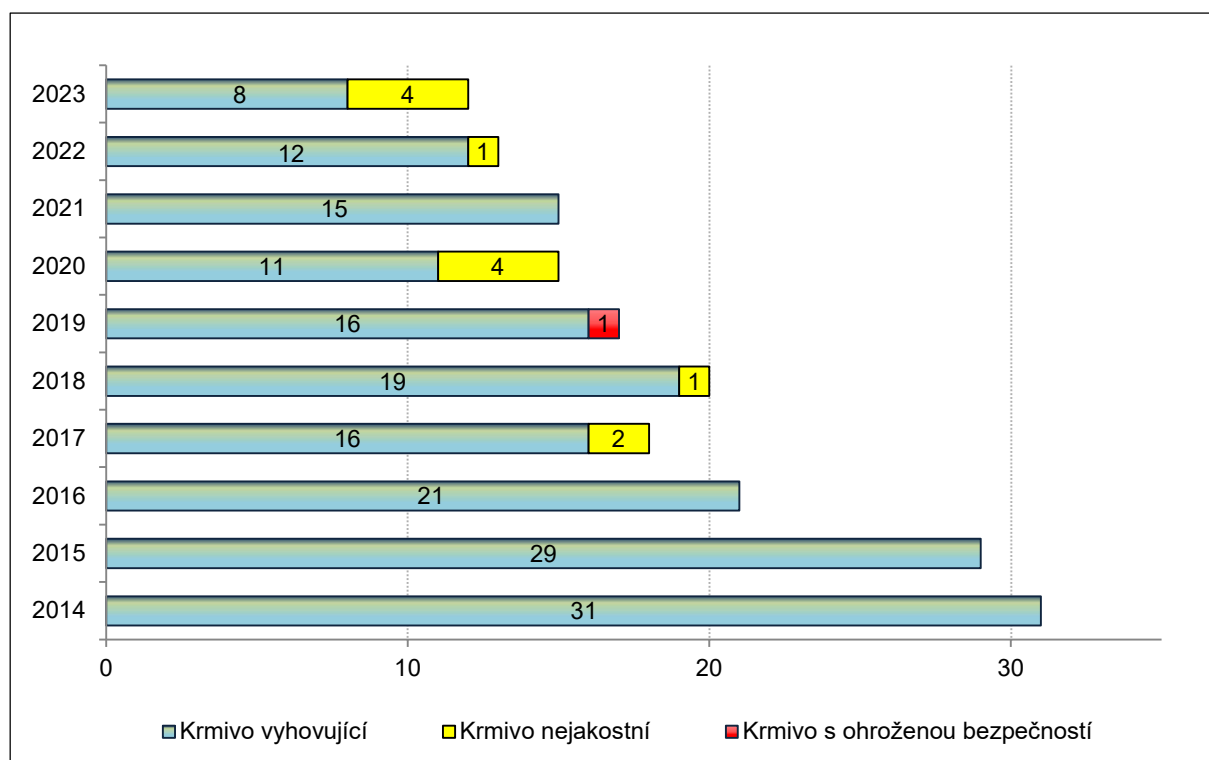
Obrázek 42 Zastoupení vzorků v rámci cílené kontroly přítomnosti zpracovaných živočišných bílkovin



2.1.2 Cílená kontrola rybí moučky mikroskopicky na přítomnost cizích příměsí

Cílem kontroly je ověřit nepřítomnost cizích příměsí nebo nedeklarovaných tkání suchozemských živočichů v rybí moučce, které snižují jakost krmné suroviny, nebo také v souvislosti s povolením používat rybí moučku do mléčných krmných směsí pro přežvýkavce. Pro mikroskopické posouzení bylo v roce 2023 odebráno 12 vzorků krmiv. V žádném vzorku nebylo zjištěno porušení cílené kontroly přítomnosti cizí tkání suchozemských živočichů, avšak 4 vzorky nevyhověly deklarovanému obsahu tuku (3x) nebo hrubého proteinu (1x).

Obrázek 43 Výsledky cílené kontroly přítomnosti cizích příměsí v rybí moučce v období 2014–2023

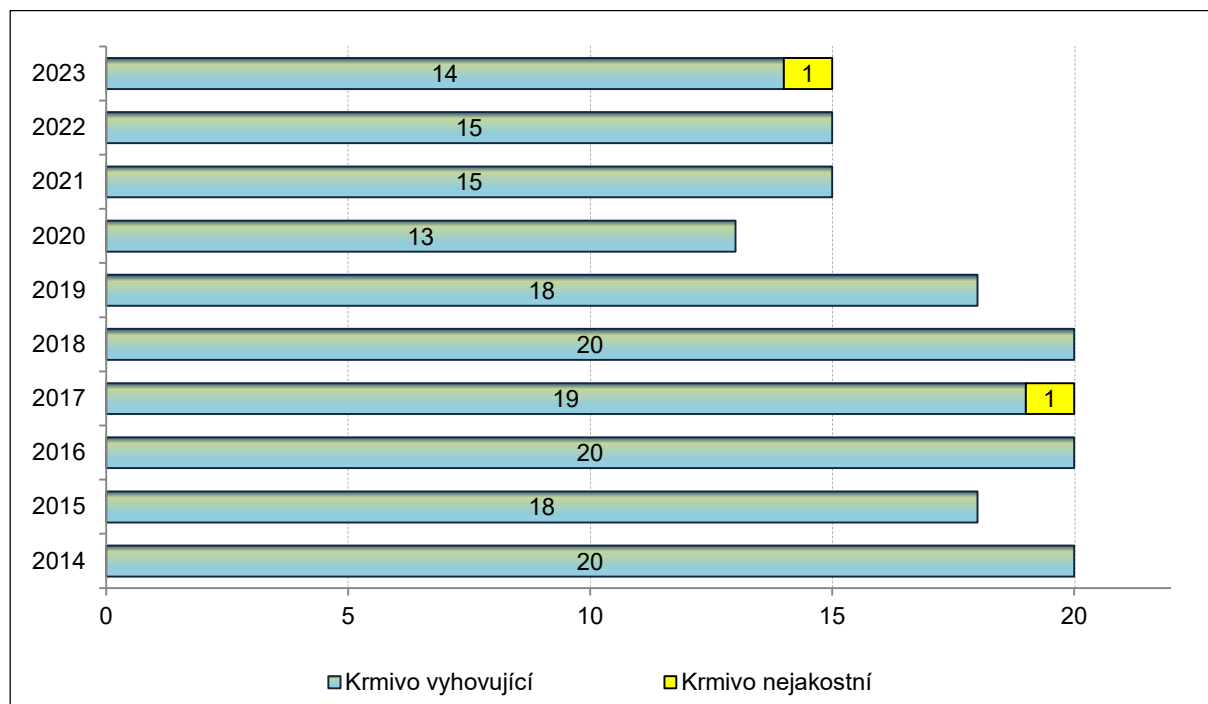


2.2 Sledování nežádoucích látek

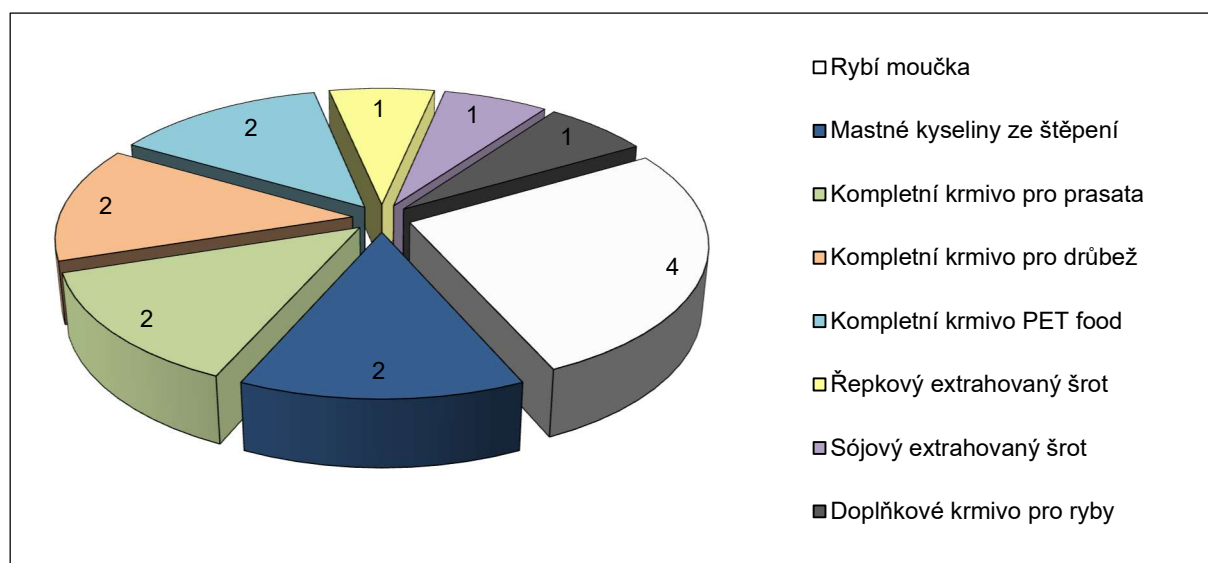
2.2.1 Monitoring vybraných perzistentních organických polutantů (POP)

V rámci kontroly bylo analyzováno 15 vzorků krmných surovin, nejčastěji rybí moučky. Obsah PCB byl sledován současně s přítomností dioxinů, aby bylo možné posoudit expozici zvířete všemi souvisejícími toxiny. Všechny vzorky vyhověly zaměření cílené kontroly, avšak vzorek doplňkové krmné směsi pro ryby nevyhověl zjištěnou úrovní vlhkosti deklarované jakosti.

Obrázek 44 Výsledky cílené kontroly přítomnosti POP v krmivech v období 2014–2023



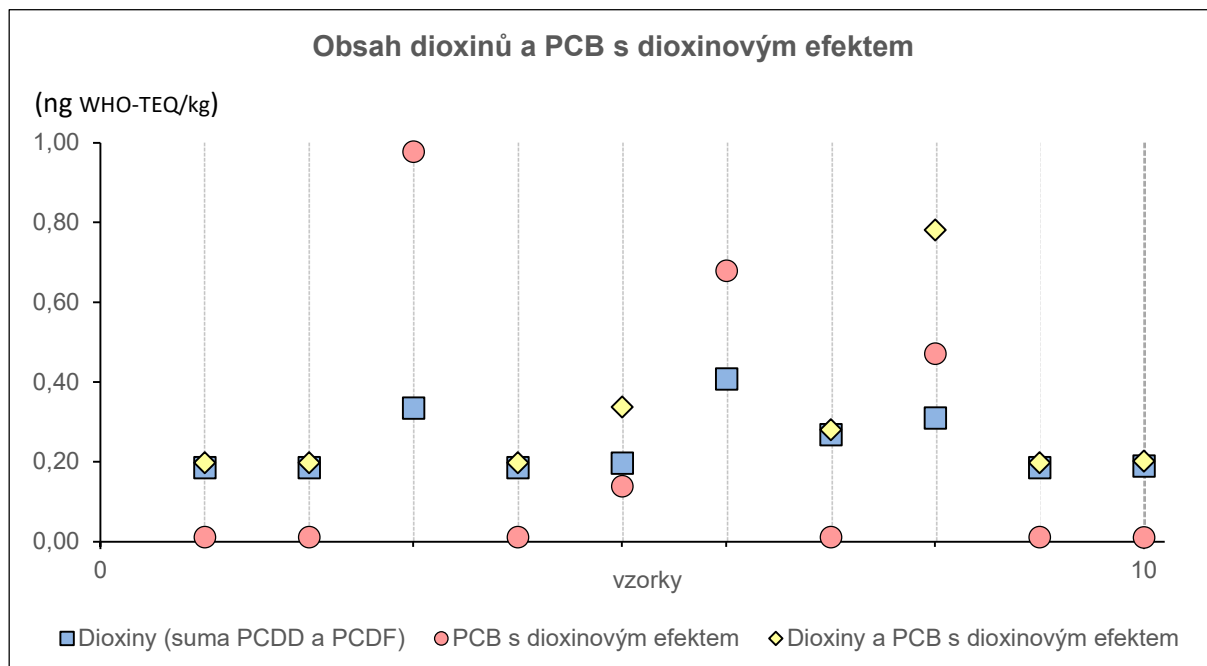
Obrázek 45 Zastoupení vzorků v rámci cílené kontroly vybraných perzistentních organických polutantů (POP)



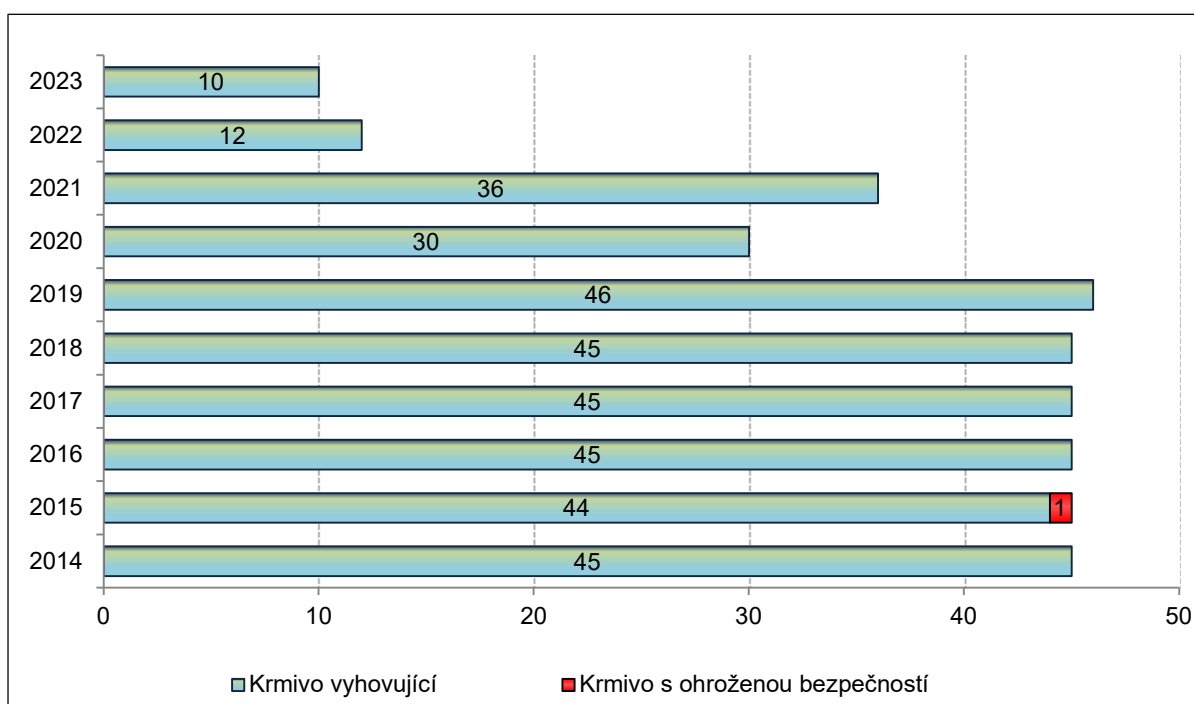
2.2.2 Cílená kontrola dioxinů, furanů a PCB dioxinového typu

V rámci cílené kontroly bylo analyzováno celkem 10 vzorků krmných surovin, doplňkových krmných směsí nebo doplňkových látek. Stanovené limity se pohybují od 0,75 do 6 ng WHO-TEQ.kg-1 pro dioxiny a od 1,25 do 24 ng WHO-TEQ.kg-1 pro sumu dioxinů a PCB. Všechny vzorky vyhověly platným limitům sledovaných látek.

Obrázek 46 Zjištěné obsahy dioxinů a PCB s dioxinovým efektem v krmivech



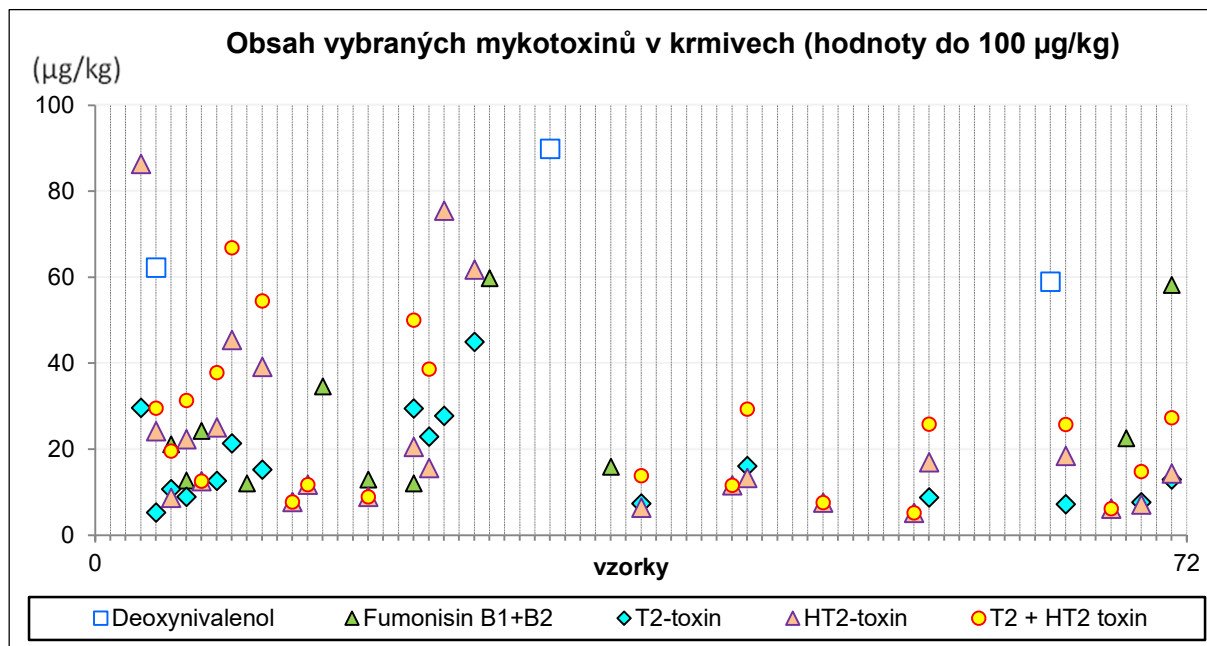
Obrázek 47 Výsledky cílené kontroly dioxinů v krmivech v období 2014–2023



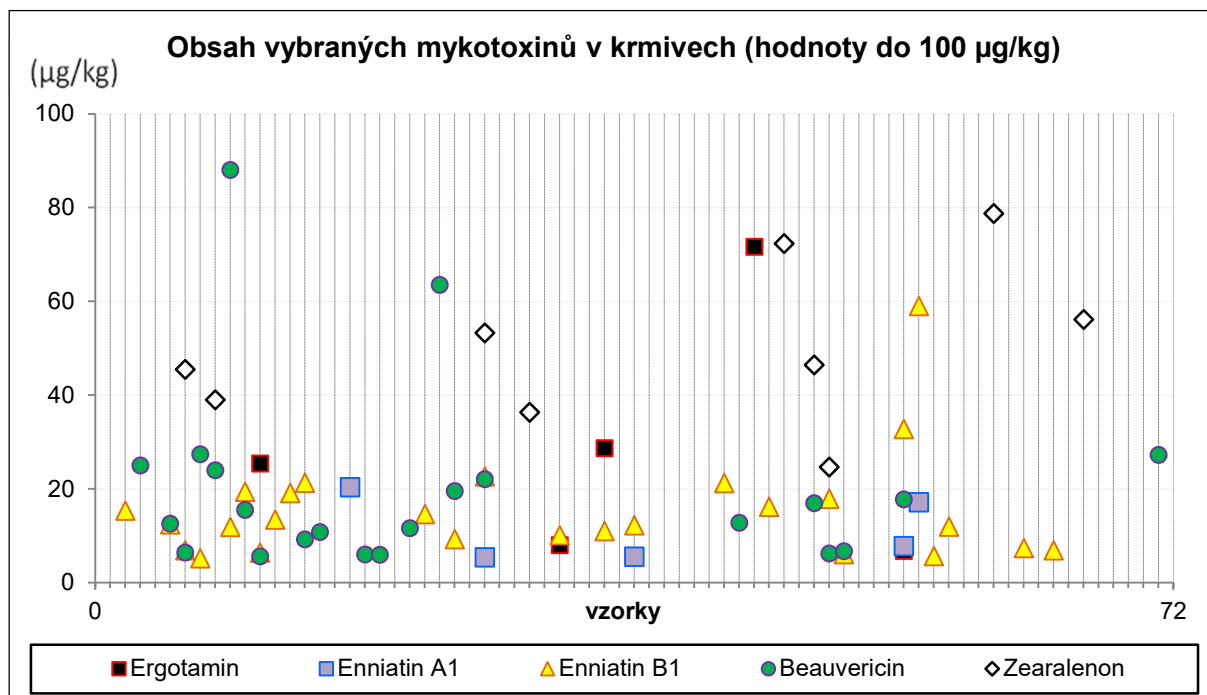
2.2.3 Monitoring mykotoxinů

V rámci této kontroly se zjišťuje přítomnost aflatoxinů B₁, B₂, G₁, G₂, zearalenonu, ochratoxinu A, fumonisinů B₁ a B₂, deoxynivalenolu, T-2 a HT-2 toxinu, beauvericinu, enniatinů A, A₁, B, B₁, nivalenolu a dalších mykotoxinů. Bylo odebráno 72 vzorků krmiv, převážně obilovin. Překročení maximálního limitu aflatoxinu B₁ ani doporučených směrných hodnot obsahu dalších mykotoxinů nebylo zjištěno u žádného vzorku. Jeden vzorek ječmene byl posouzen jako nejakostní pro nevyhovující botanickou čistotu, zjištěna byla významná příměs zrna pšenice.

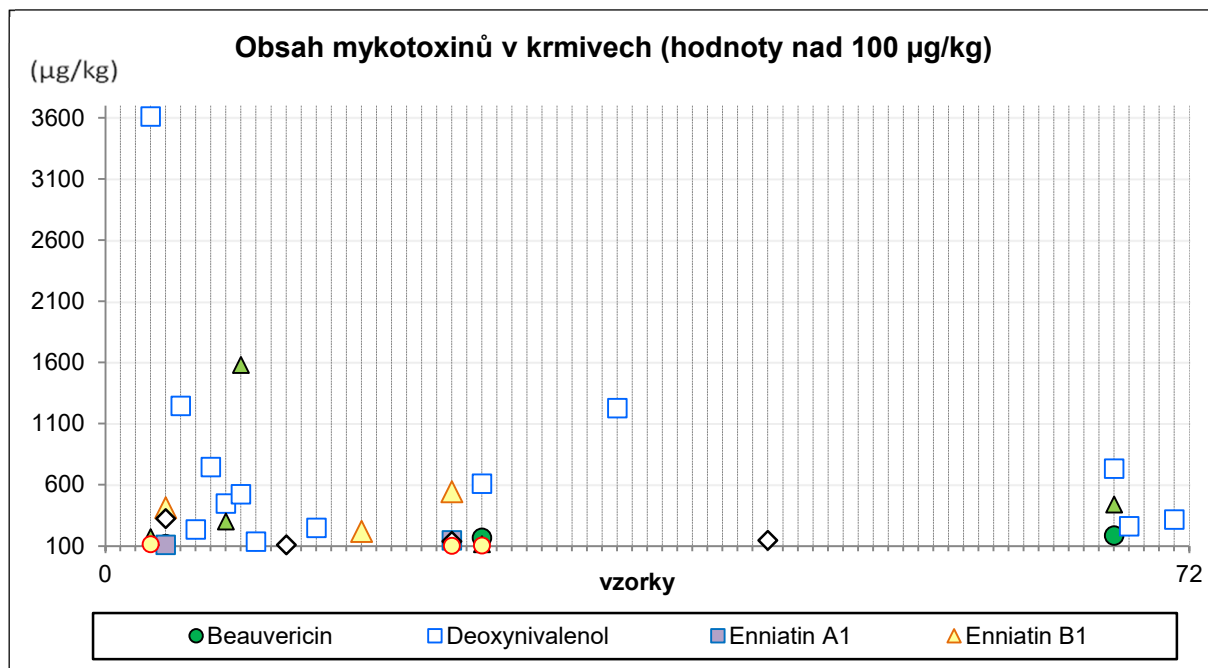
Obrázek 48 Zjištěné obsahy vybraných mykotoxinů do 100 µg.kg⁻¹ (vyznačeny jsou hodnoty nad mezi detekce)



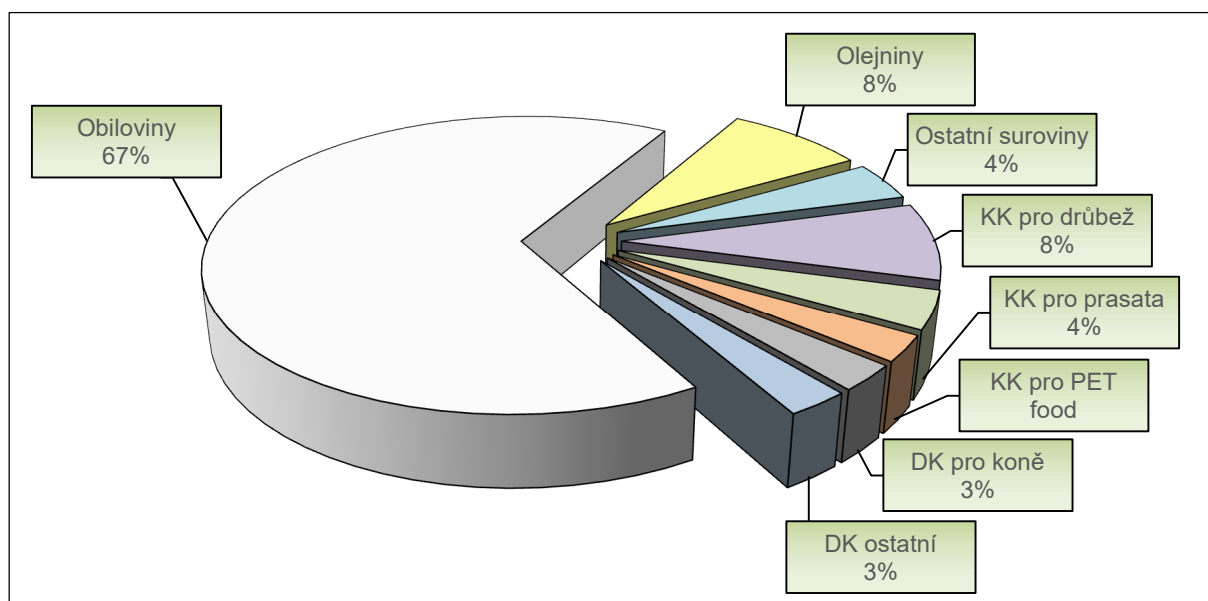
Obrázek 49 Zjištěné obsahy vybraných mykotoxinů do 100 µg.kg⁻¹ (vyznačeny jsou hodnoty nad mezi detekce)



Obrázek 50 Zjištěné obsahy vybraných mykotoxinů vyšší než 100 µg.kg⁻¹



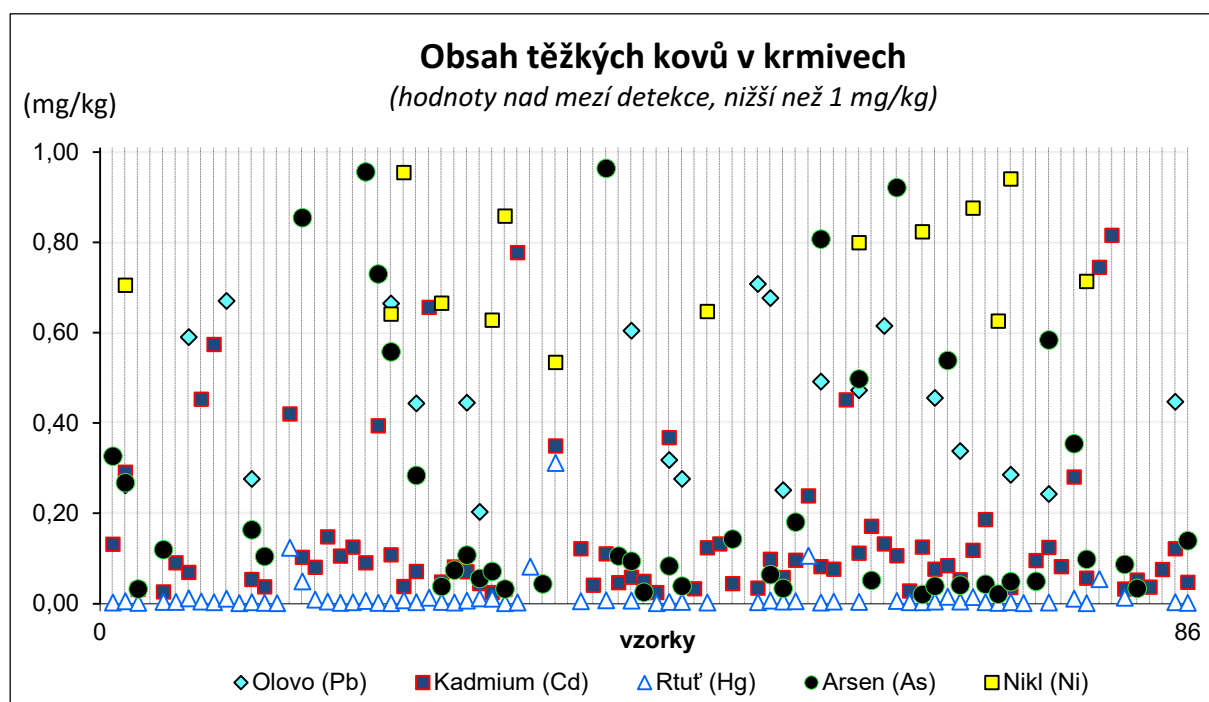
Obrázek 51 Zastoupení vzorků v rámci cílené kontroly mykotoxinů



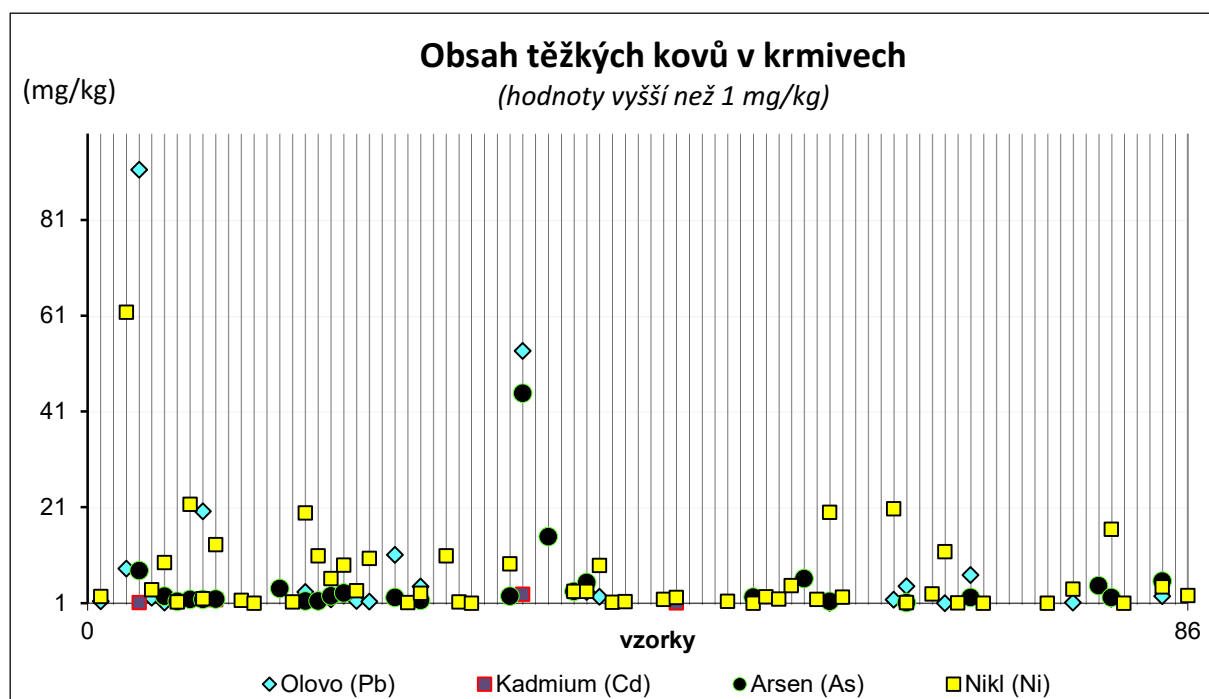
2.2.4 Cílená kontrola přítomnosti těžkých kovů v krmivech

ÚKZÚZ analyzoval 86 úředních vzorků pro stanovení obsahu těžkých kovů. Byl sledován obsah olova, kadmia, rtuť, arsenu a niklu. Všechny analyzované vzorky vyhověly platným maximálním limitům obsahu sledovaných těžkých kovů, avšak tři vzorky krmných surovin nevyhověly deklarované jakosti a jeden vzorek pivovarských kvasnic byl posouzen jako falšovaný mikroskopicky zjištěným podílem rostlinných komponentů (zejména řepky a sóji).

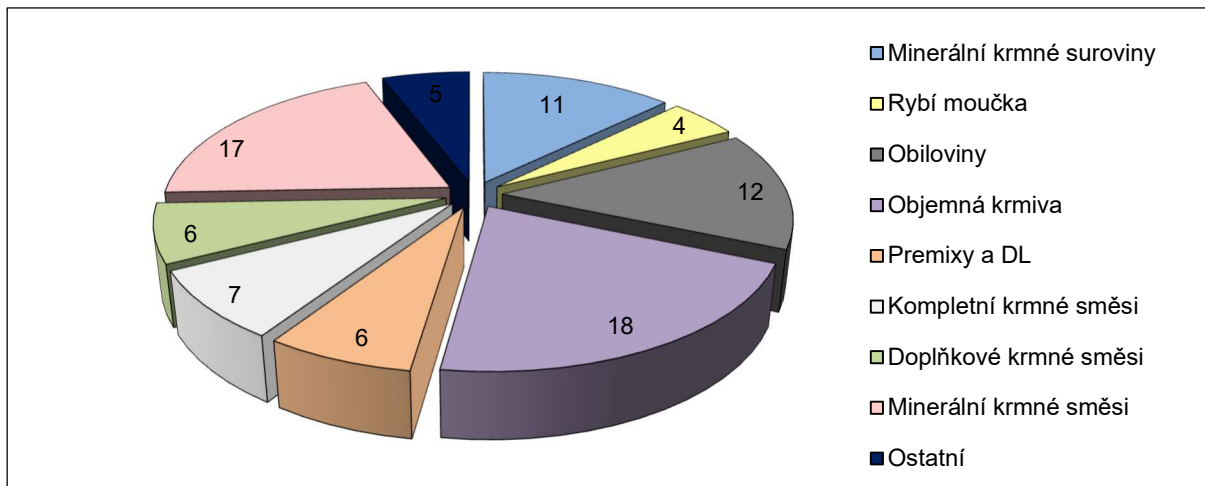
Obrázek 52 Obsah těžkých kovů v krmivech nad detekčním limitem přístroje (hodnoty nižší než 1 mg.kg^{-1})



Obrázek 53 Obsah těžkých kovů v krmivech (hodnoty vyšší než 1 mg.kg^{-1})



Obrázek 54 Zastoupení odebraných krmiv v rámci cílené kontroly obsahu těžkých kovů



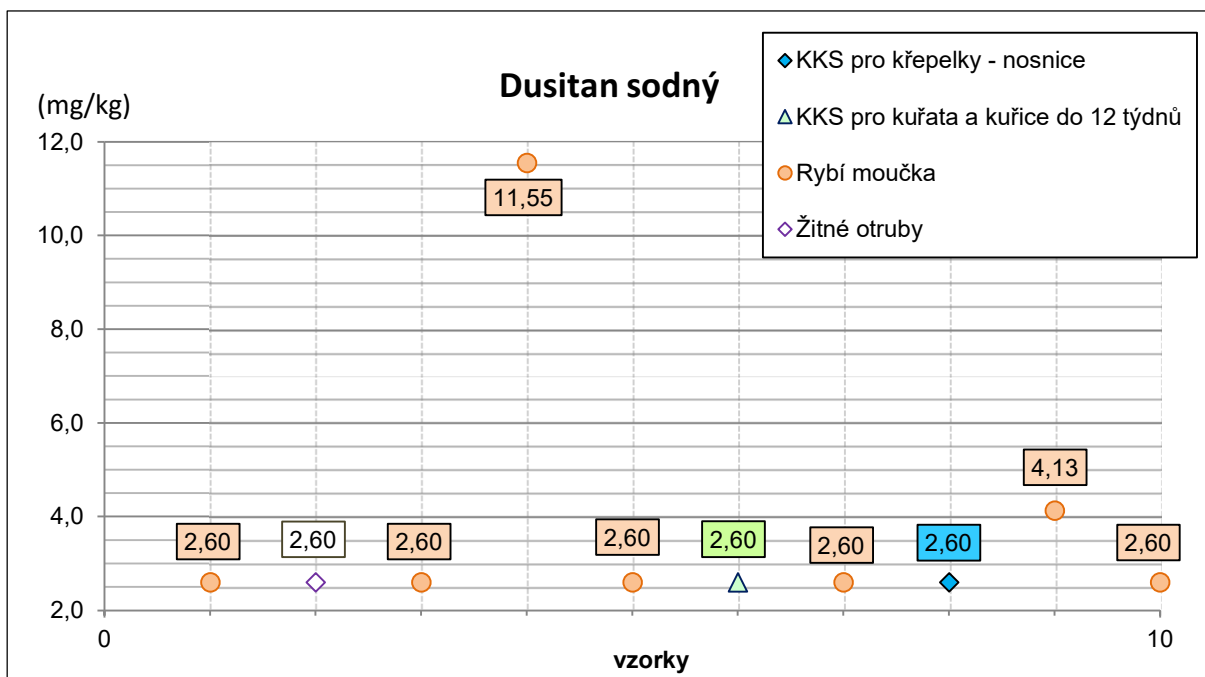
2.2.5 Cílená kontrola přítomnosti dalších nežádoucích látek v krmivech

Tato cílená kontrola zjišťuje obsah dusitanů, fluoridů, vinylthioxazolidonu, teobrominu a melaminu ve vybraných vzorcích krmiv.

Dusitany

V rámci cílené kontroly bylo odebráno 10 vzorků krmiv s převahou rybí moučky pro stanovení obsahu dusitanů. Ověřuje se, zda nebylo použito konzervování krmiv dusitany. Všechny vzorky byly vyhodnoceny jako vyhovující, obsah 8 vzorků byl nižší než detekční limit přístroje 2,6 mg.kg⁻¹. Maximální povolený obsah dusitanů je 15 mg.kg⁻¹ v krmných směsích a 30 mg.kg⁻¹ v rybí moučce.

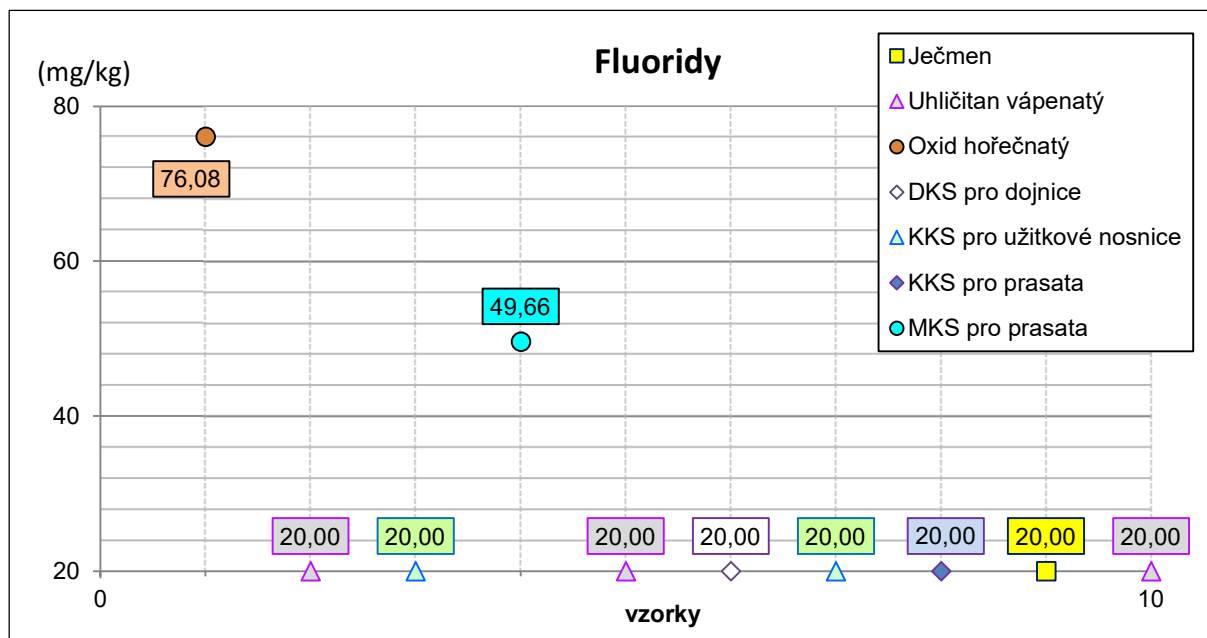
Obrázek 55 Obsah dusitanu sodného v odebraných vzorcích krmiv



Fluor

Bylo odebráno 10 vzorků krmných surovin nebo krmných směsí za účelem stanovení obsahu fluoridů. Z odebrané skupiny krmiv žádný analyzovaný vzorek neporušil cíleně ověřovaným obsahem fluoru stanovené maximální povolené limity. Stanovení 8 vzorků se pohybovalo pod hranicí detekčního limitu 20 mg.kg⁻¹.

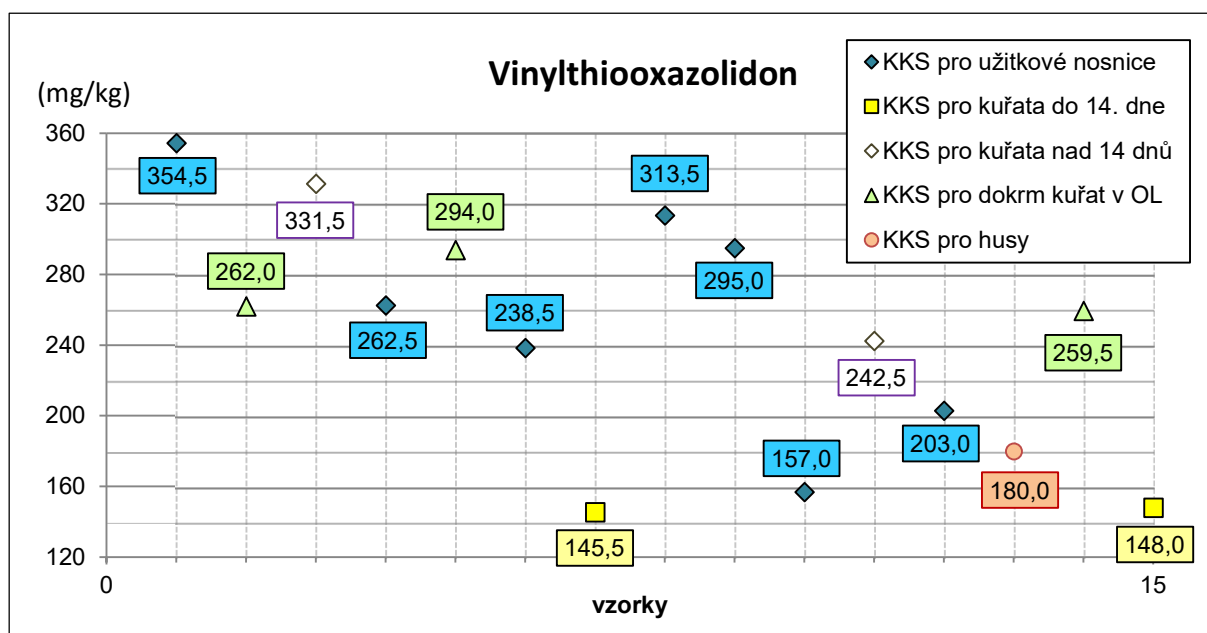
Obrázek 56 Obsah fluoridů v odebraných vzorcích krmiv



Vinylthiooxazolidon

Kontrolou bylo odebráno 15 vzorků kompletních krmných směsí pro drůbež s podílem řepky za účelem ověření dodržení maximálního povoleného limitu obsahu vinylthiooxazolidonu. Všechny vzorky byly posouzeny jako vyhovující.

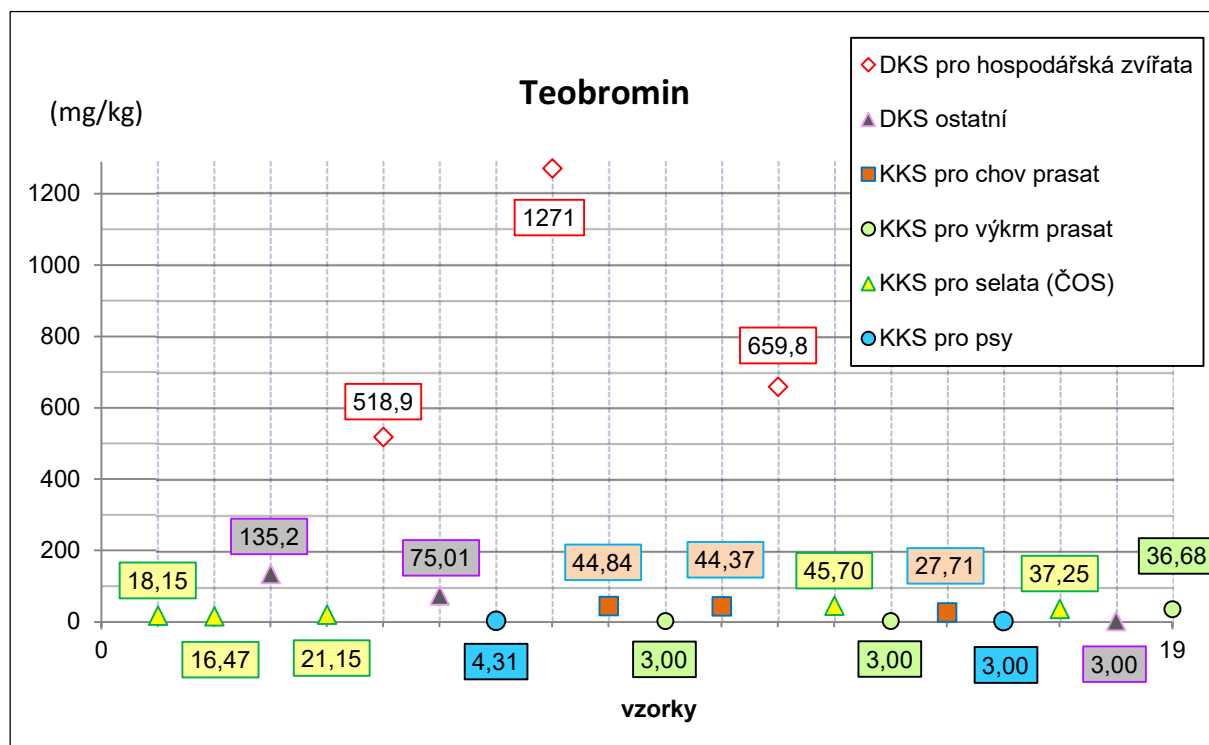
Obrázek 57 Obsah vinylthiooxazolidonu v odebraných vzorcích krmiv



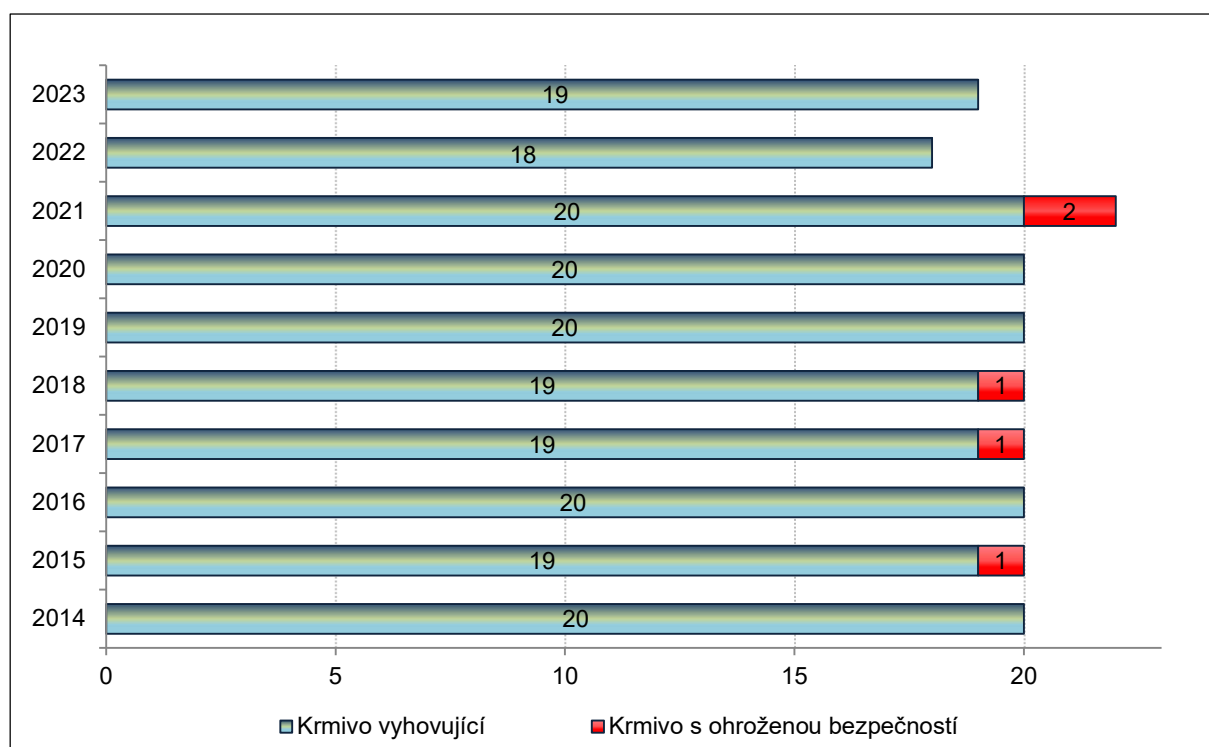
Teobromin

V rámci této cílené kontroly ÚKZÚZ prověřuje krmné směsi s obsahem kakaových slupek, kaka, čokolády a dalších výrobků z cukrovinek. Celkem bylo posouzeno 19 vzorků kompletních a doplňkových krmných směsí. Kontrolou nebyl zjištěn žádný závadný výrobek.

Obrázek 58 Obsah teobrominu v odebraných krmivech



Obrázek 59 Výsledky cílené kontroly obsahu teobrominu v krmivech v období 2014–2023



Melamin a kyselina kyanurová

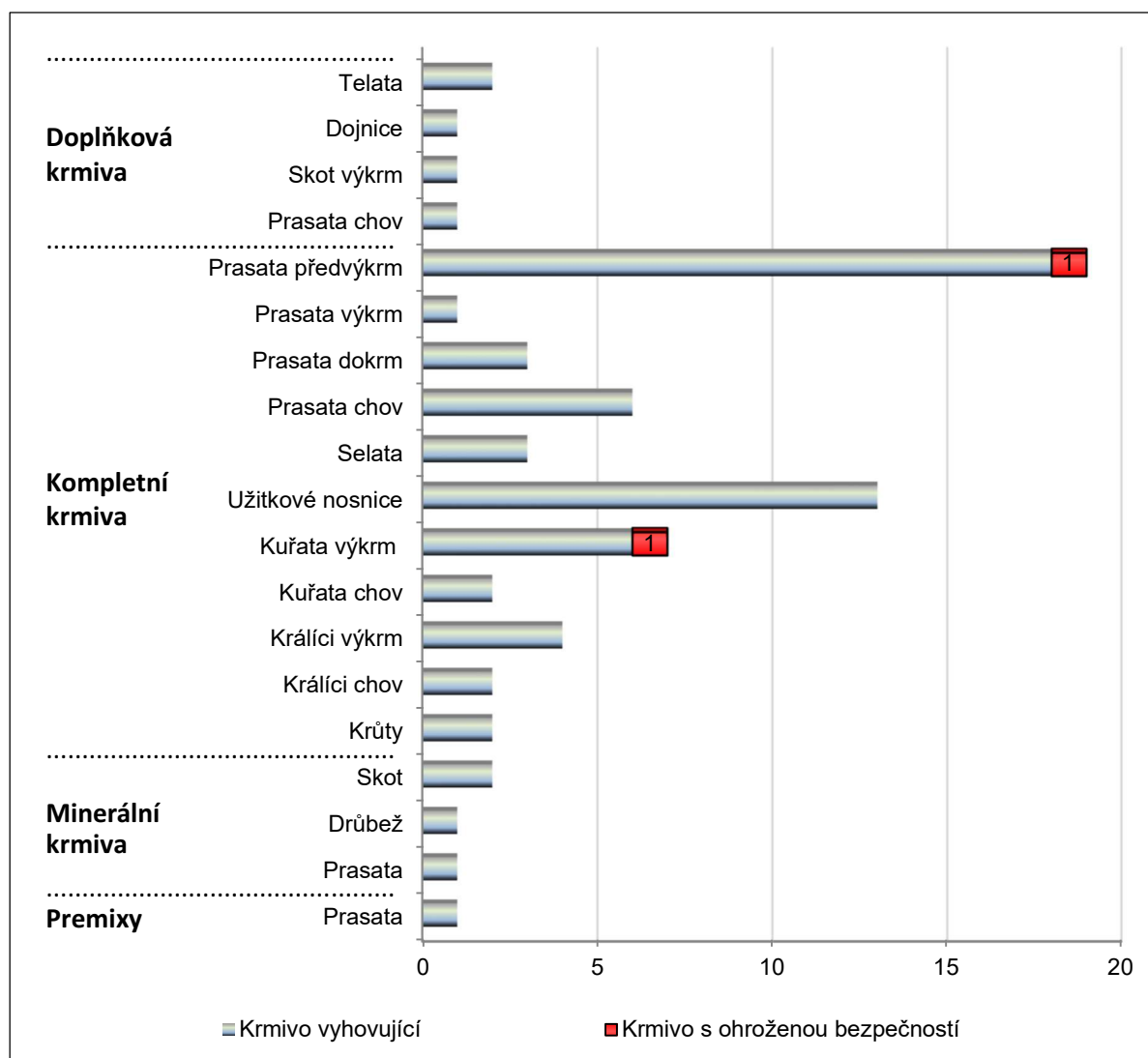
Bylo odebráno 10 vzorků krmných směsí a surovin za účelem stanovení obsahu melaminu a kyseliny kyanurové. Žádné nevyhovující krmivo nebylo zjištěno. Výsledky obou analytů se téměř vždy pohybovaly pod úrovní detekčního limitu analytických přístrojů $0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$.

2.3 Sledování správného používání doplňkových látek

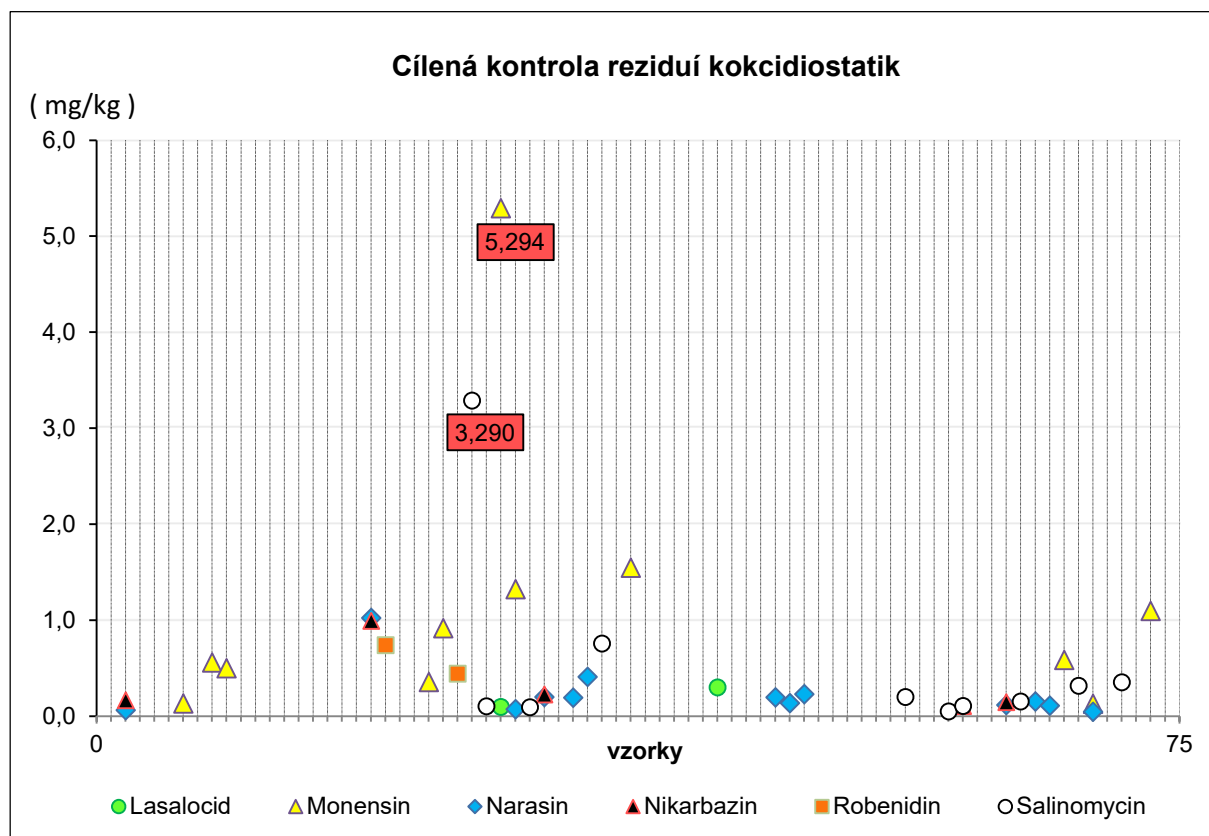
2.3.1 Cílená kontrola používání kokcidiostatik

Cílená kontrola ověřuje dodržování deklarovaného obsahu kokcidiostatika a dodržování maximálního povoleného limitu nevyhnutelné křížové kontaminace, případně zda se doplňkové látky nevyskytují v krmivech pro druhy či kategorie zvířat, pro které nejsou povoleny. V rámci kontroly bylo odebráno celkem 75 vzorků kompletních nebo doplňkových krmných směsí, minerálních krmiv a premixů. Byly zjištěny 2 případy překročení maximálního limitu rezidua kokcidiostatika v následně vyrobeném krmivu (3,29 mg/kg salinomycinu v kompletní směsi pro výkrm brojlerů resp. 5,29 mg/kg monensinu v kompletním krmivu pro předvýkrm prasat). Případy byly došetřeny ve spolupráci se státní veterinární správou pro eliminaci rizika ohrožení bezpečnosti potravinového řetězce.

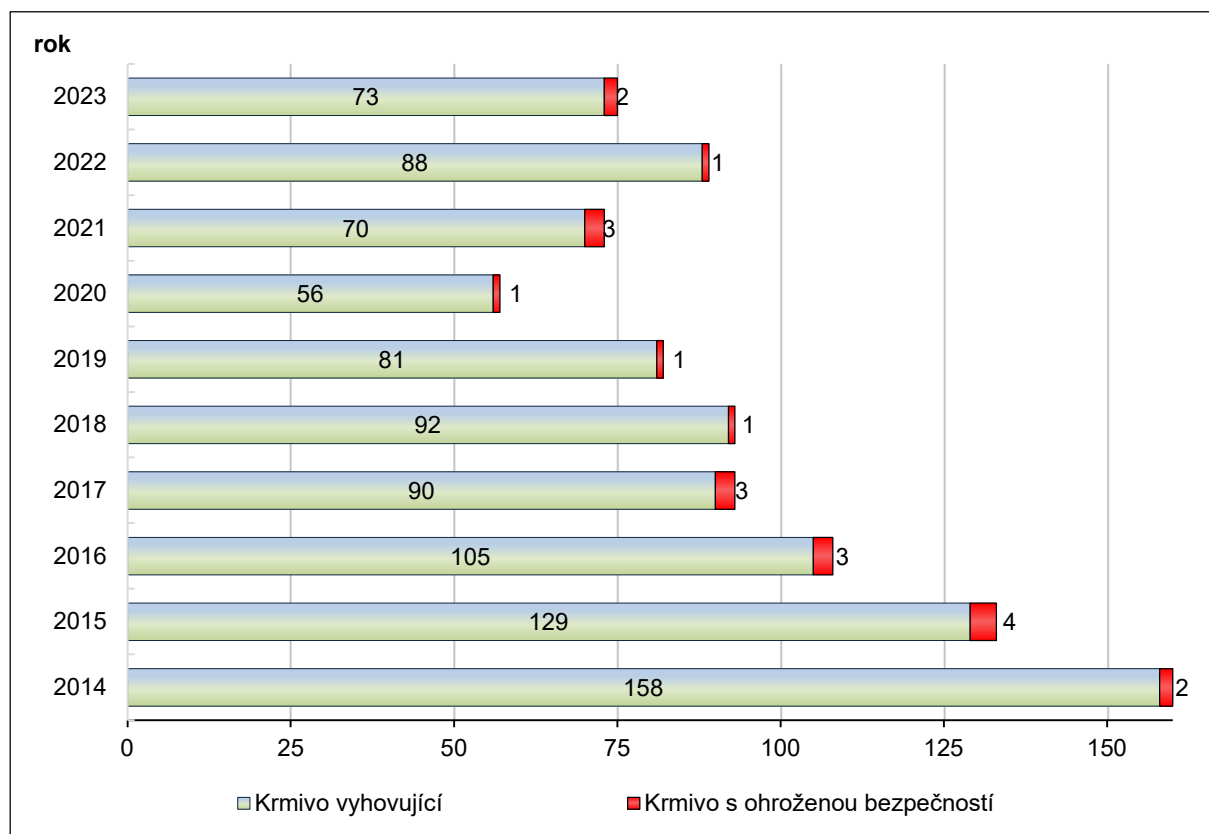
Obrázek 60 Odebrané vzorky v rámci cílené kontroly křížové kontaminace krmiv kokcidiostatiky



Obrázek 61 Obsah reziduí kokcidiostatik v krmivech a premixech nad mezí detekce analýzy (v červených polích hodnota nevyhovujících vzorků)

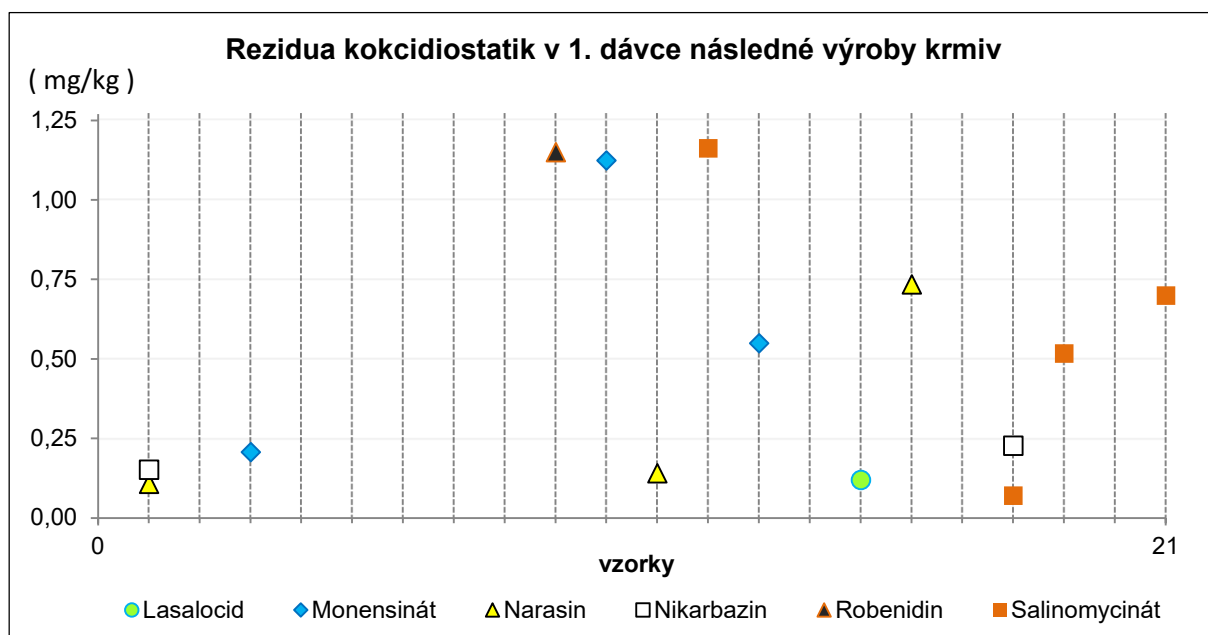


Obrázek 62 Výsledky cílené kontroly křížové kontaminace krmiv kokcidiostatiky 2014–2023

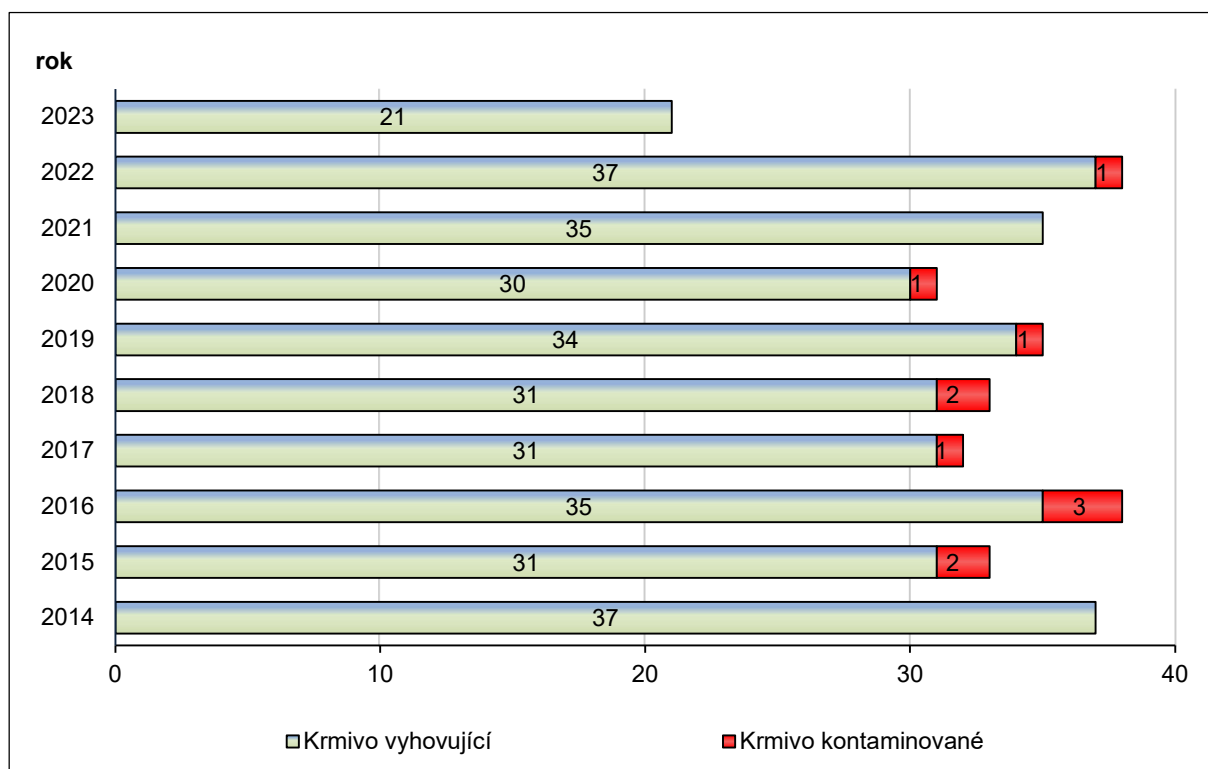


V rámci cílené kontroly byly rovněž sledovány reziduální stopy kokcidiosatik v krmivu, které bylo homogenně zpracováno míchacím zařízením výrobce bezprostředně po použití kokcidiosatik. Bylo tak prověřeno 21 vzorků materiálu, odebraného po dokončení míchacího cyklu první, tedy nejrizikovější dávky následné výroby krmiv. Tato kontrola prověřuje účinnost prováděných dekontaminačních opatření provozovatele po výrobě krmiv s kokcidiosatiky. Všechny vzorky byly posouzeny jako vyhovující.

Obrázek 63 Rezidua kokcidiosatik v 1. míchačce následné výroby, hodnoty nad mezi detekce stanovení



Obrázek 64 Cílená kontrola křížové kontaminace kokcidiosatik v 1. míchačce následné výroby krmiv

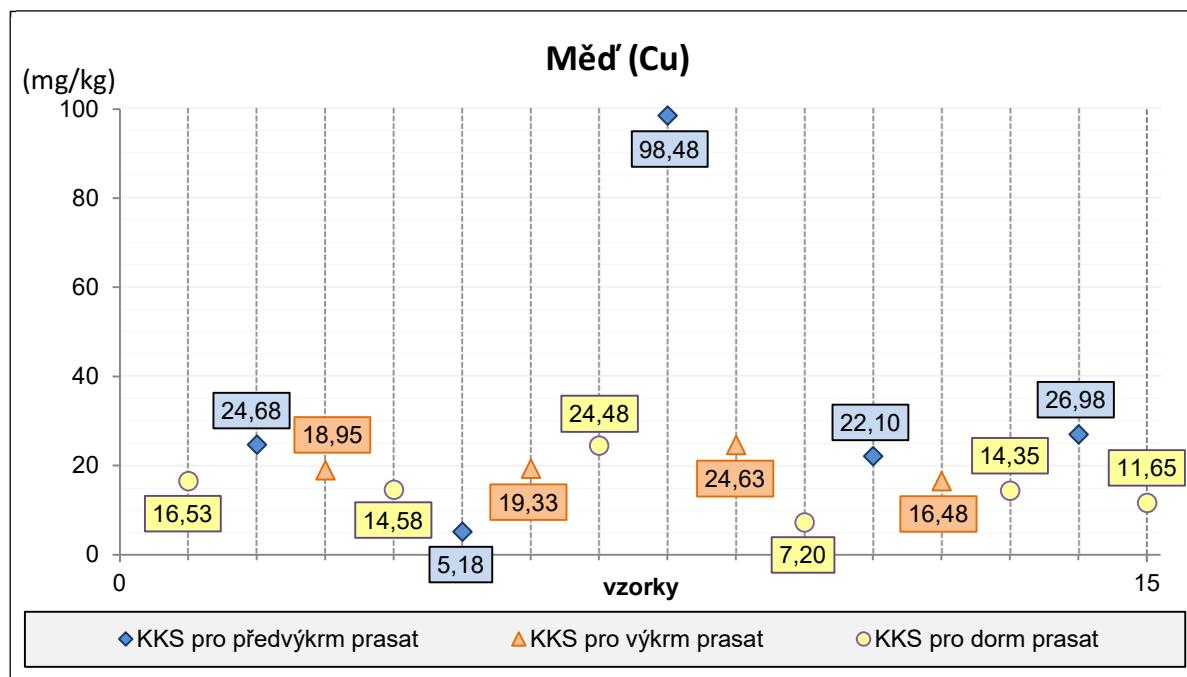


2.3.2 Cílená kontrola dodržování limitů doplňkových látek

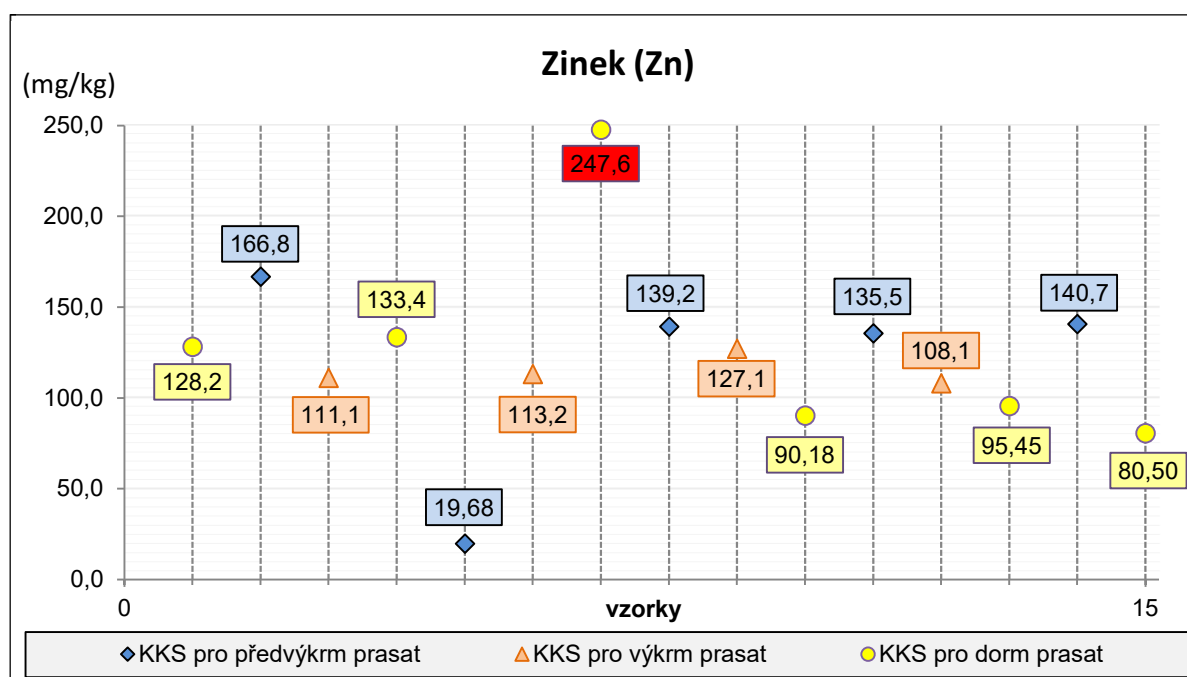
Při této kontrole se sledovalo dodržování maximálních limitů mědi, zinku, manganu, železa, selenu, jódu, vitamínu A a vitamínu D₃. Ověřeno bylo 49 vzorků kompletních směsí. Maximální limit DL bylo překročen u 4 krmiv: pro *nosnice* (limit Zn, vit. D₃); *nosnice* (Zn, Mn); *dokrm prasat* (Zn, Se), *prasnice* (Zn). Jiné 4 nejakostní vzorky nevyhověly deklarovanému obsahu DL: směs pro *nosnice* (nejakost vit. D₃); *výkrm prasat* (I); *odchov kuřic* (I); *křepelky* (I).

KRMIVA PRO PRASATA (15 vzorků)

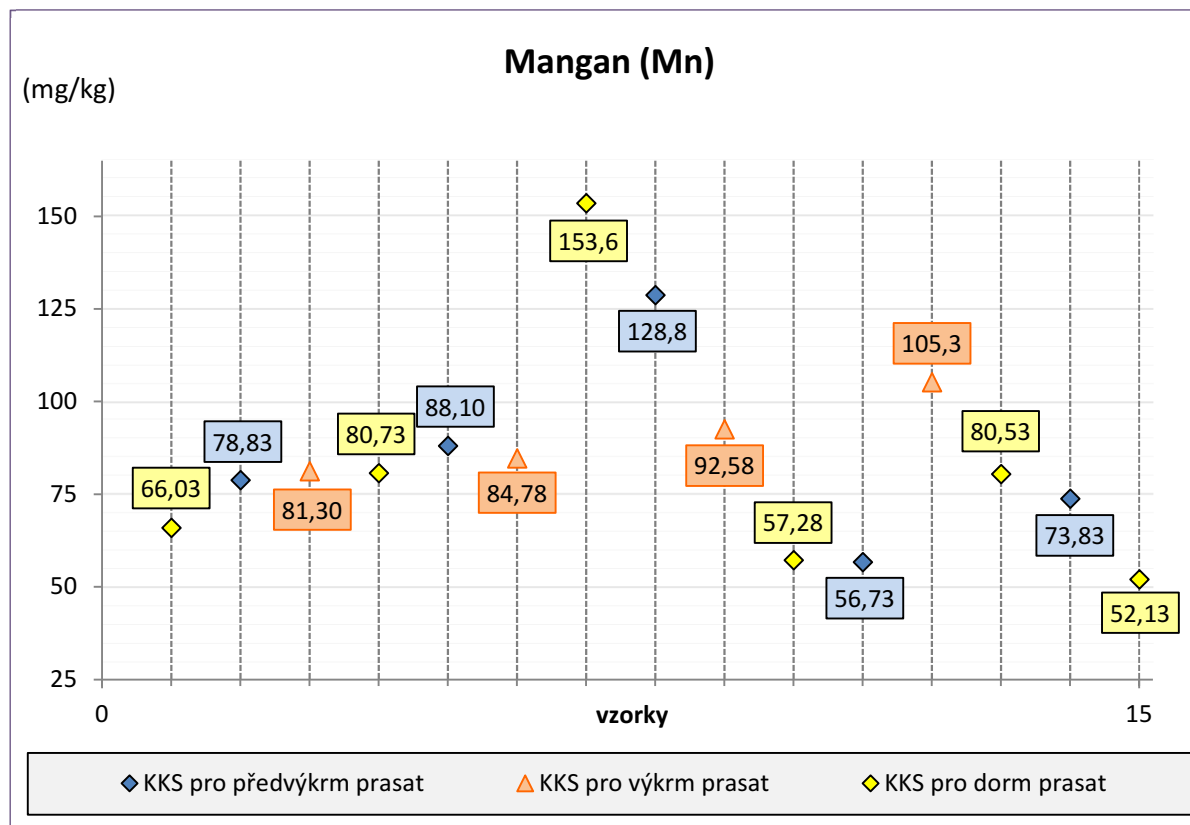
Obrázek 65 Obsah mědi v krmivech pro výkrm a chov prasat



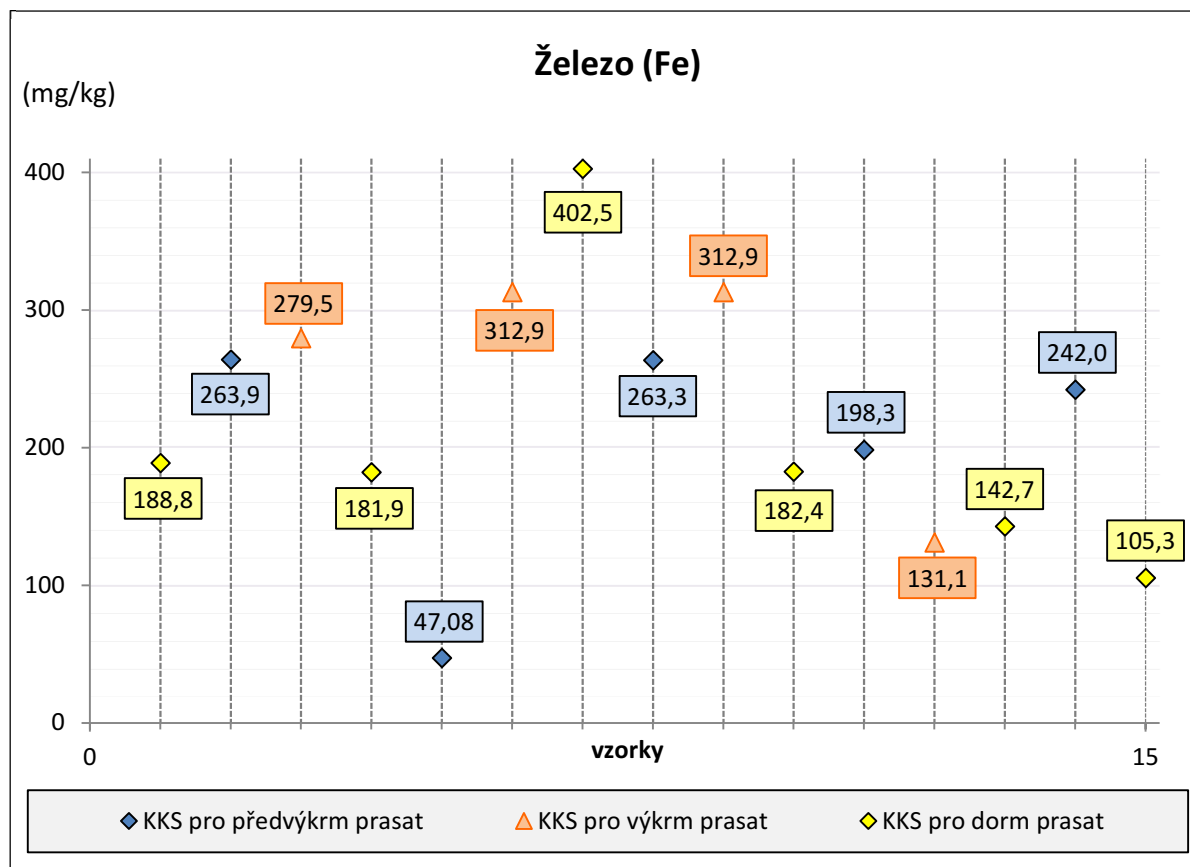
Obrázek 66 Obsah zinku v krmivech pro výkrm a chov prasat (v červeném poli hodnota nevyhovujícího vzorku)



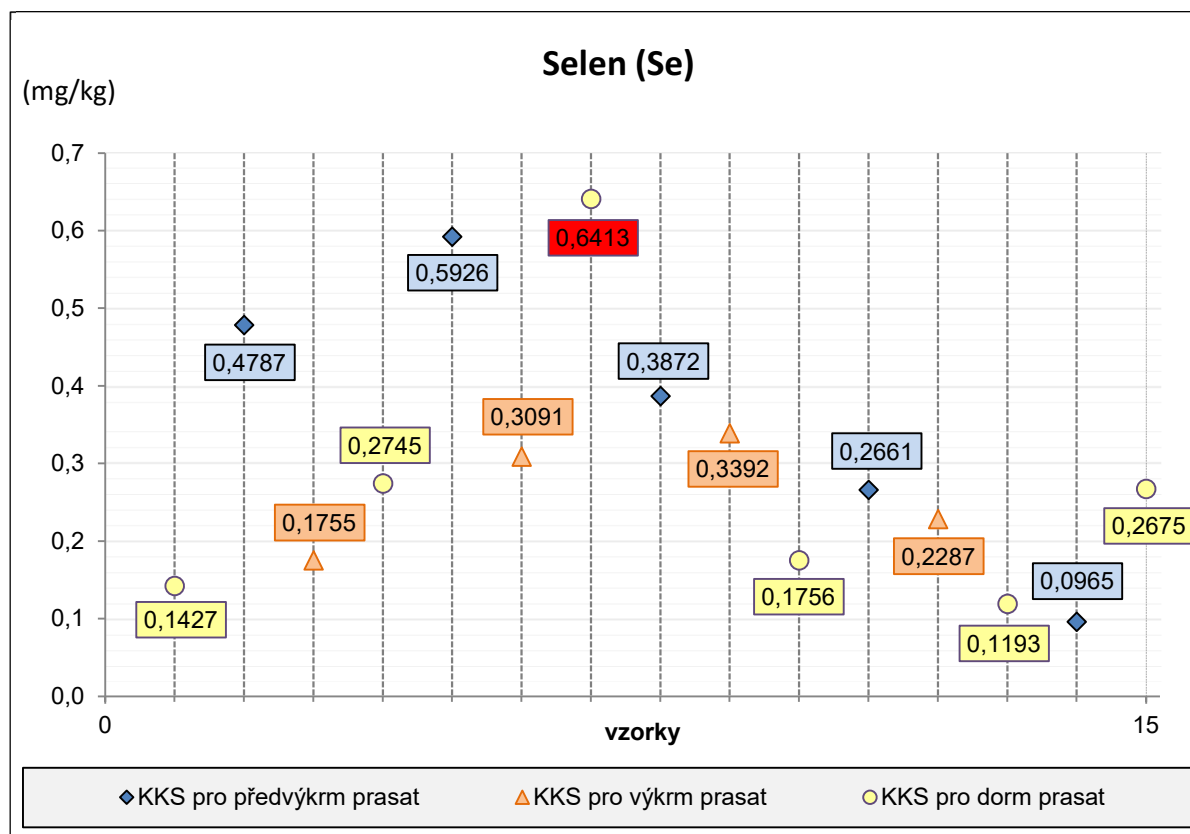
Obrázek 67 Obsah manganu v kompletních krmných směsích pro výkrm a chov prasat



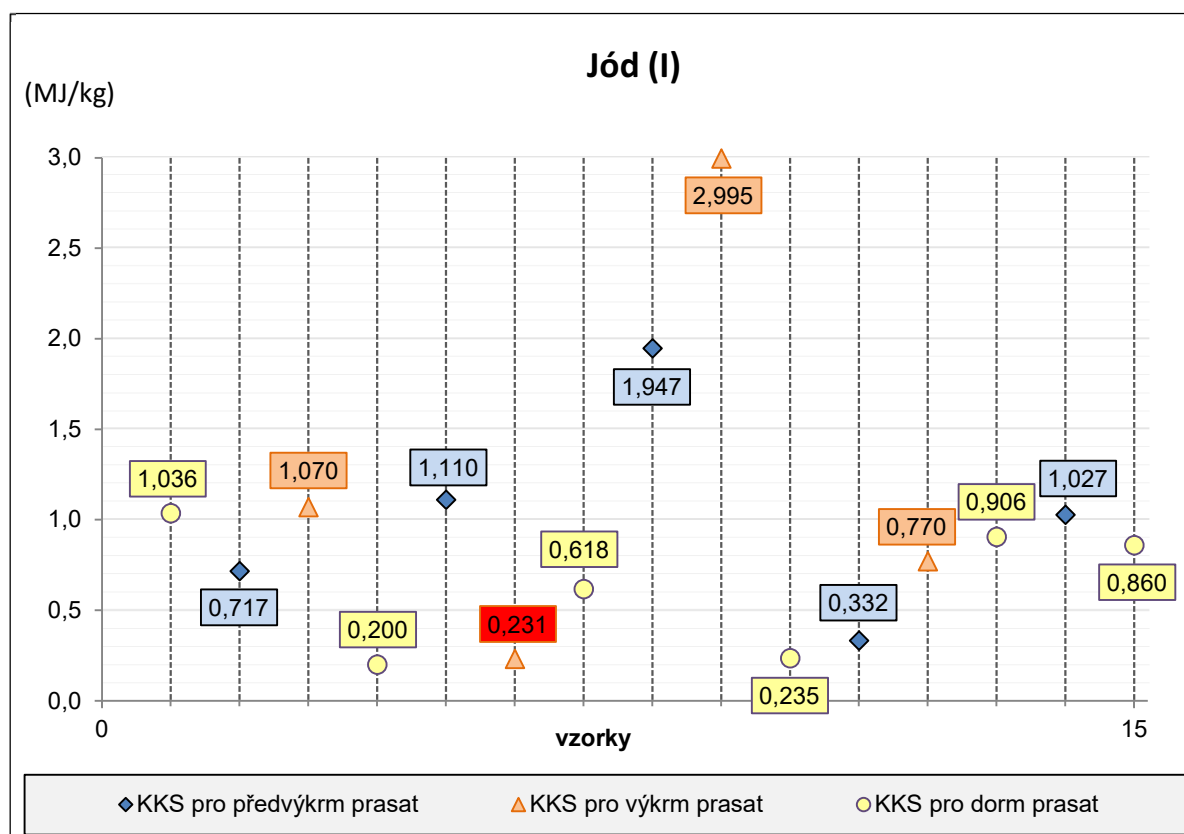
Obrázek 68 Obsah železa v kompletních krmných směsích pro výkrm a chov prasat



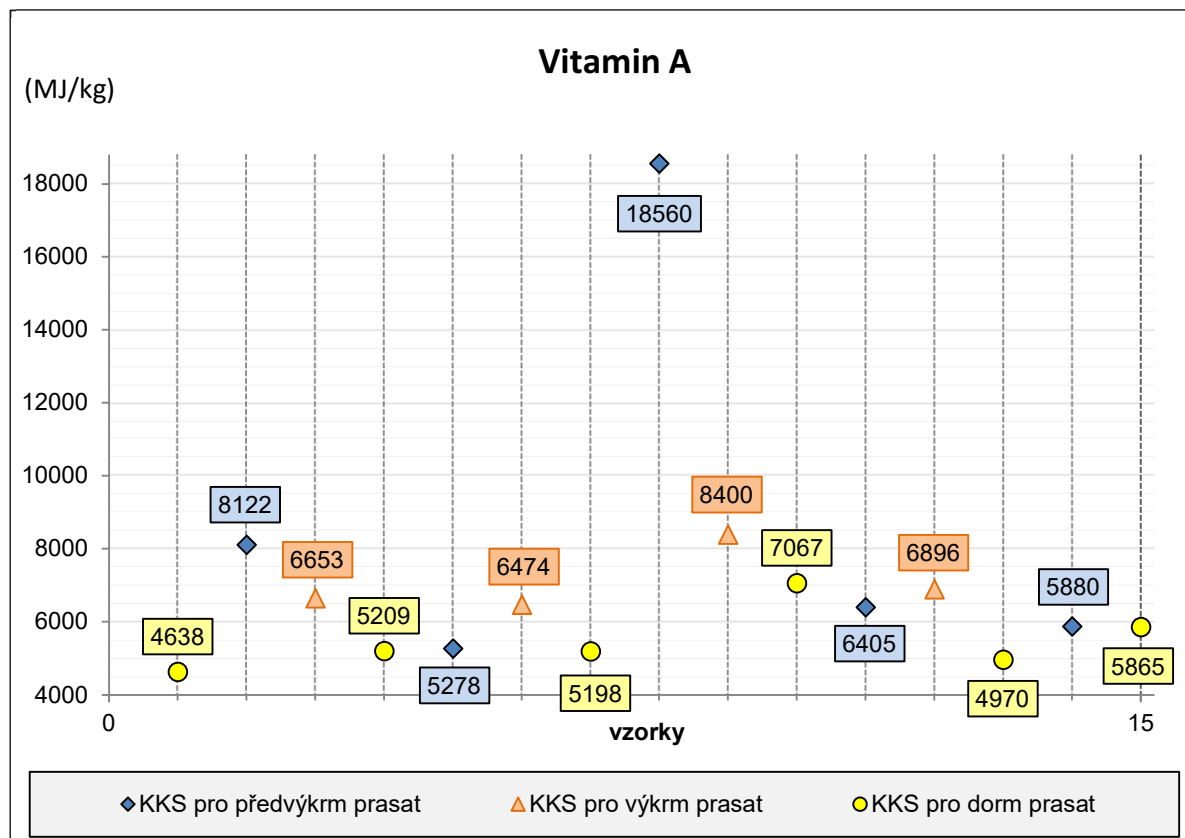
Obrázek 69 Obsah selenu v kompletních krmných směsích pro výkrm a chov prasat (v červeném poli hodnota nevyhovujícího vzorku)



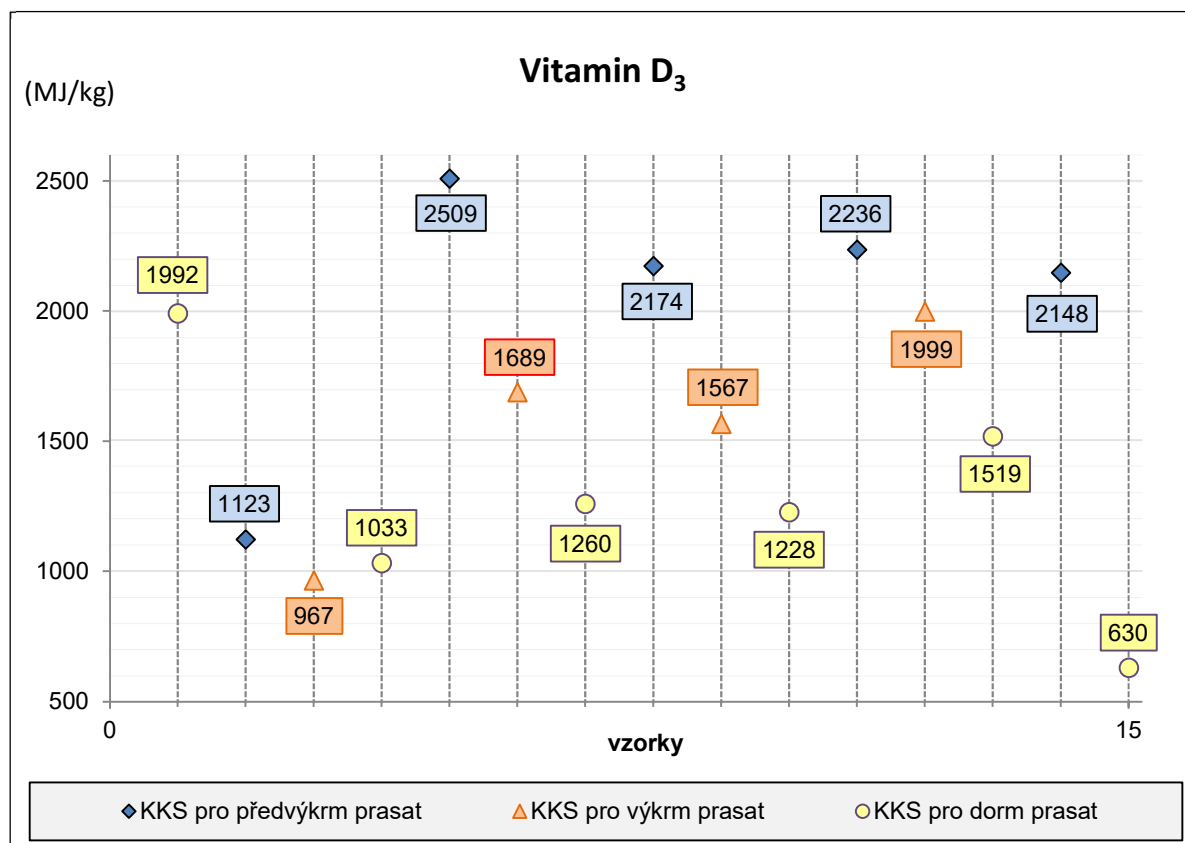
Obrázek 70 Obsah jódu v kompletních krmných směsích pro výkrm a chov prasat (v červeném poli hodnota nevyhovujícího vzorku)



Obrázek 71 Obsah vitamínu A v kompletních krmných směsích pro výkrm a chov prasat

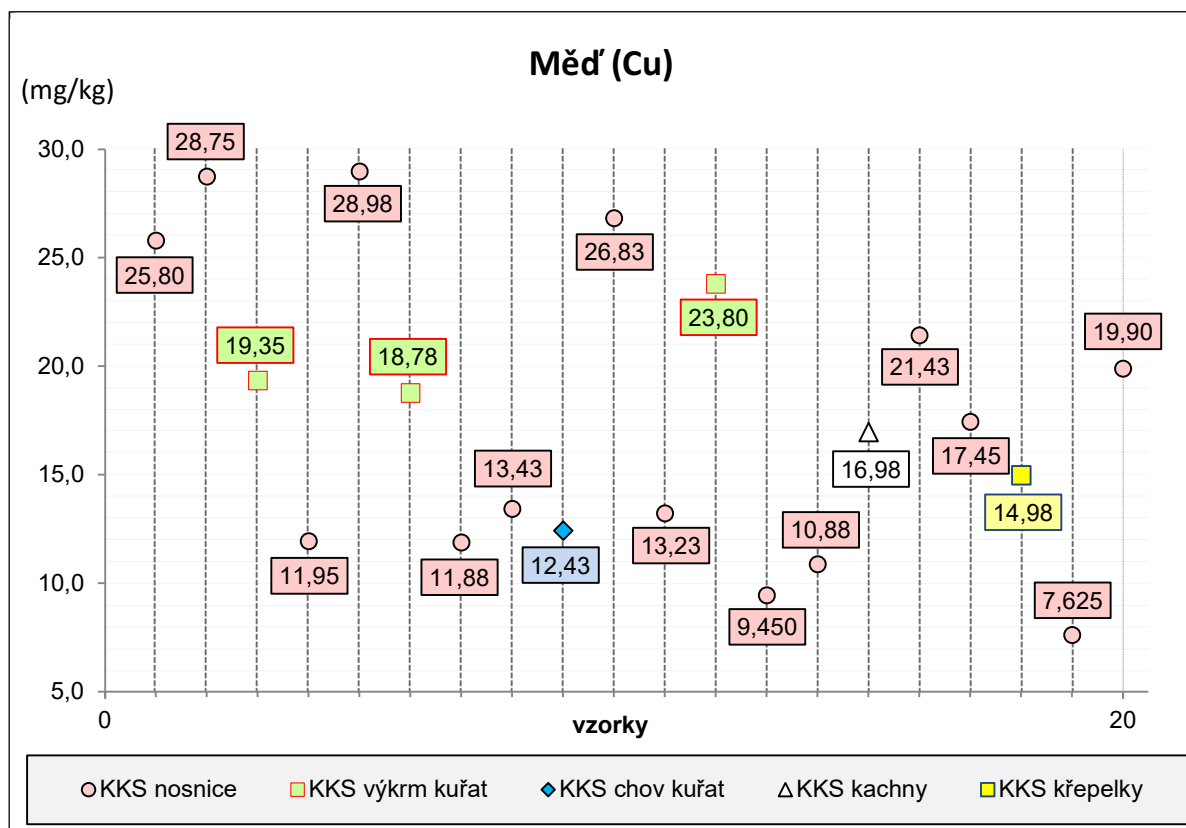


Obrázek 72 Obsah vitamínu D₃ v krmivech pro výkrm a chov prasat

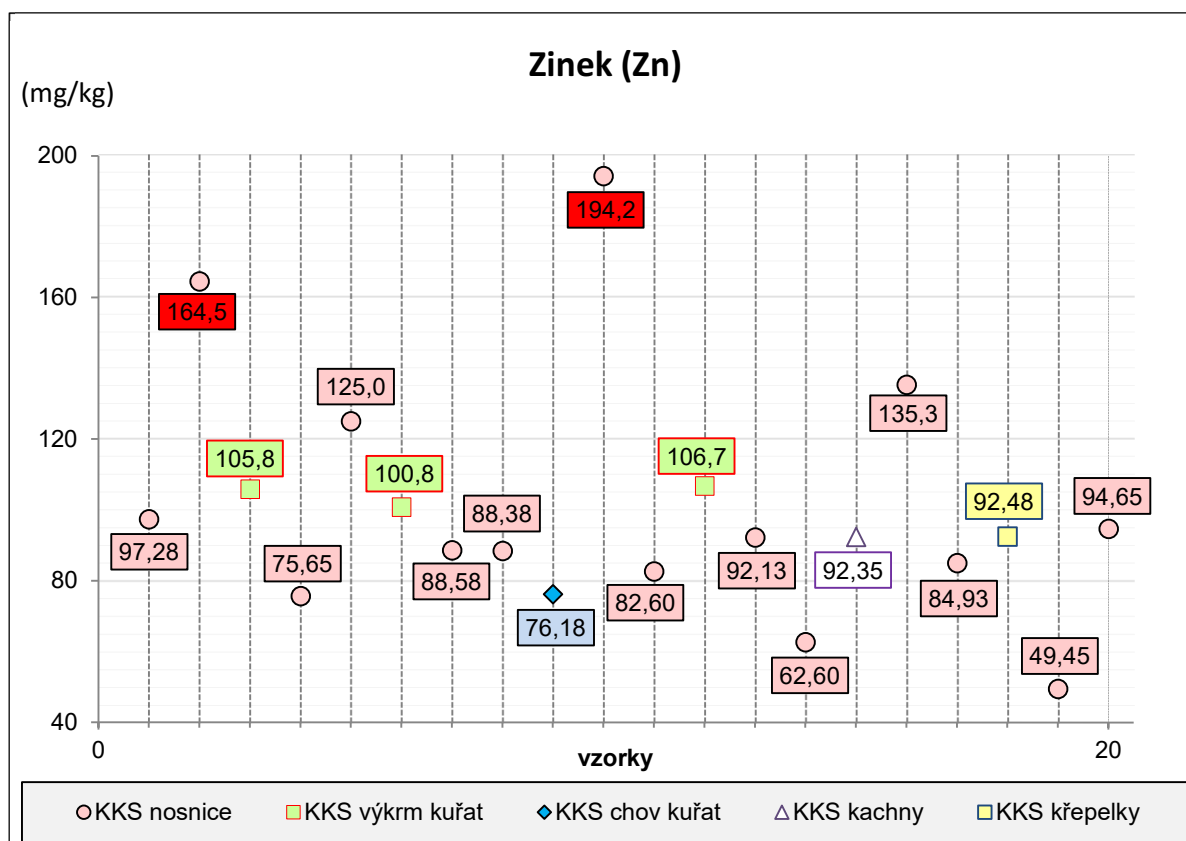


KRMIVA PRO DRŮBEŽ (20 vzorků)

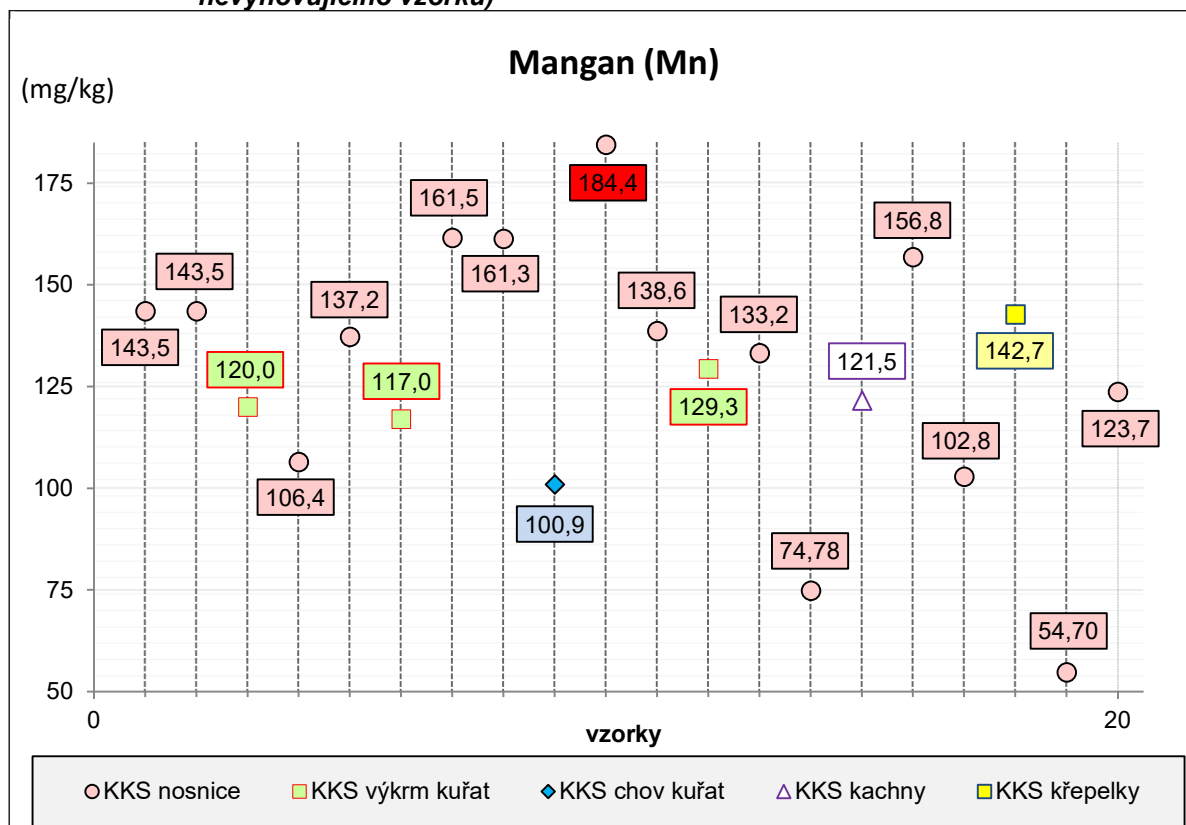
Obrázek 73 Obsah mědi v krmivech pro drůbež



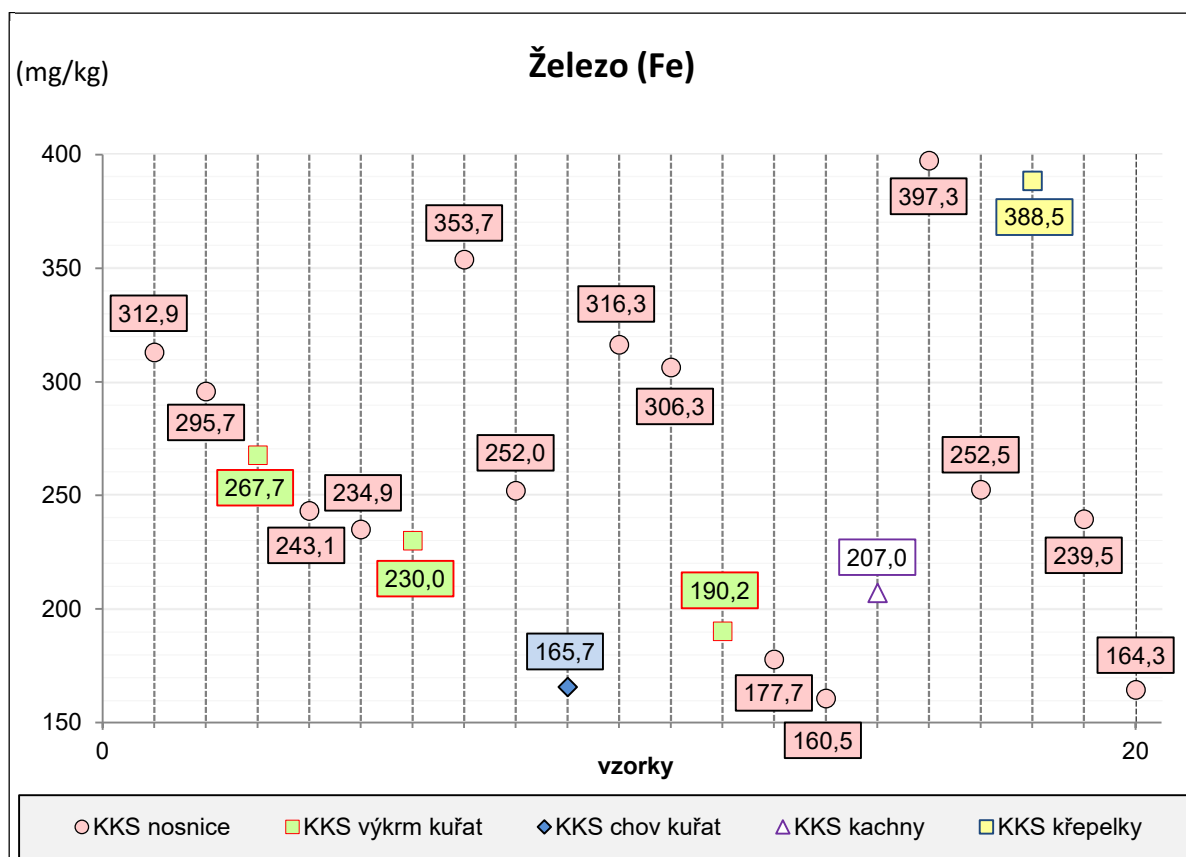
Obrázek 74 Obsah zinku v krmivech pro drůbež



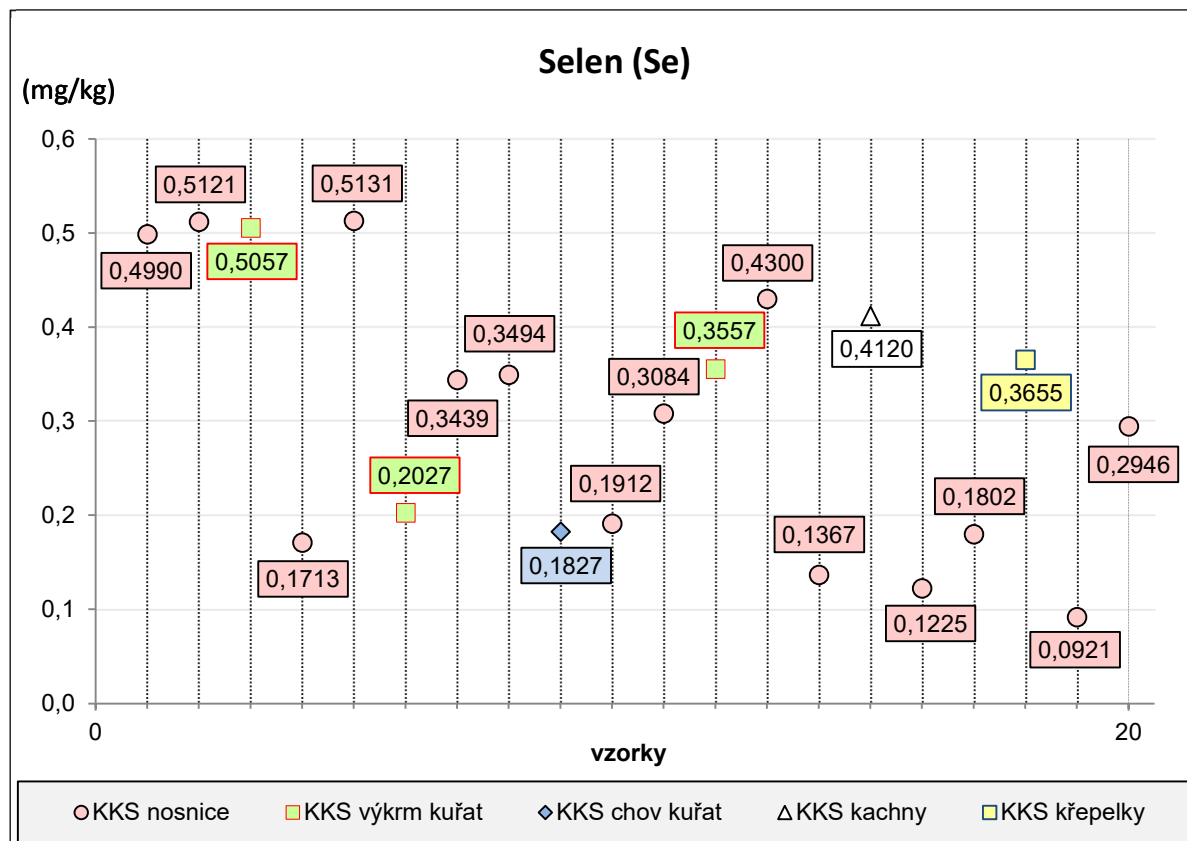
Obrázek 75 Obsah manganu v krmivech pro drůbež (v červeném poli hodnota nevyhovujícího vzorku)



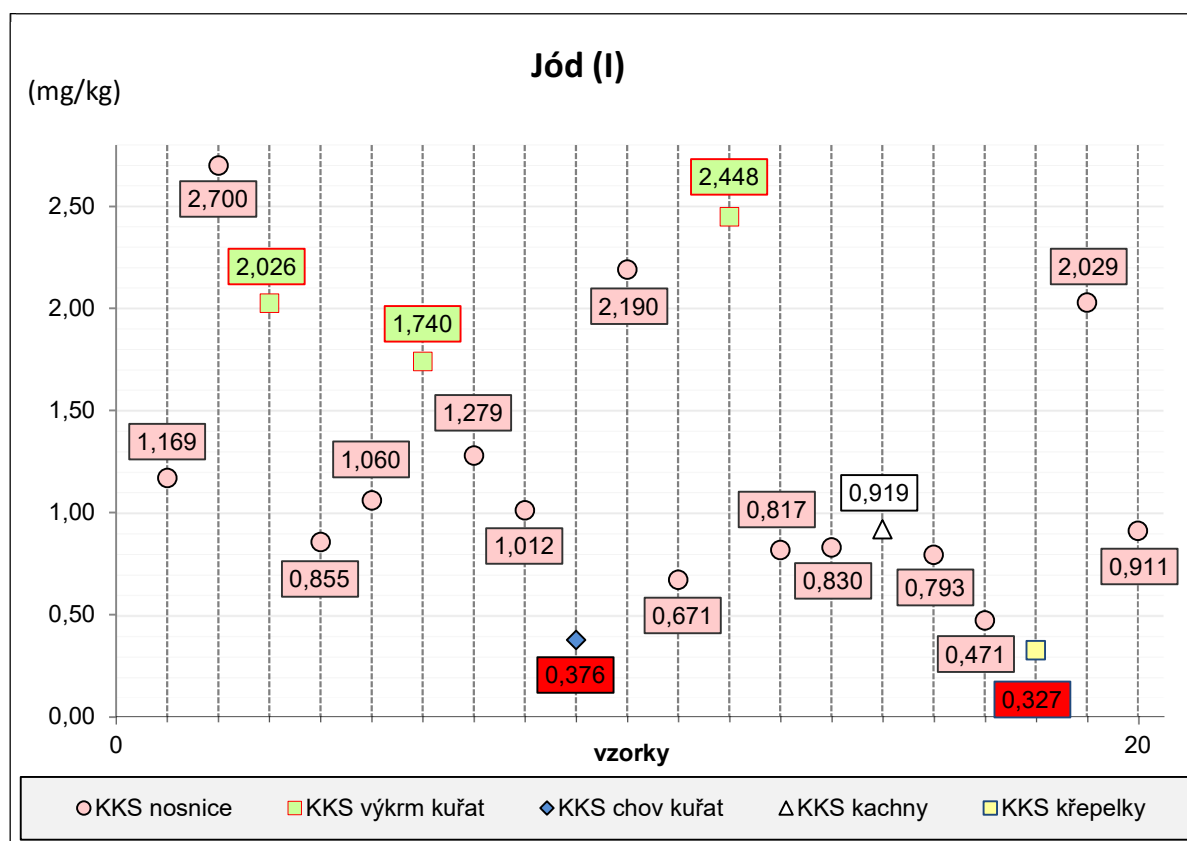
Obrázek 76 Obsah železa v krmivech určených pro drůbež



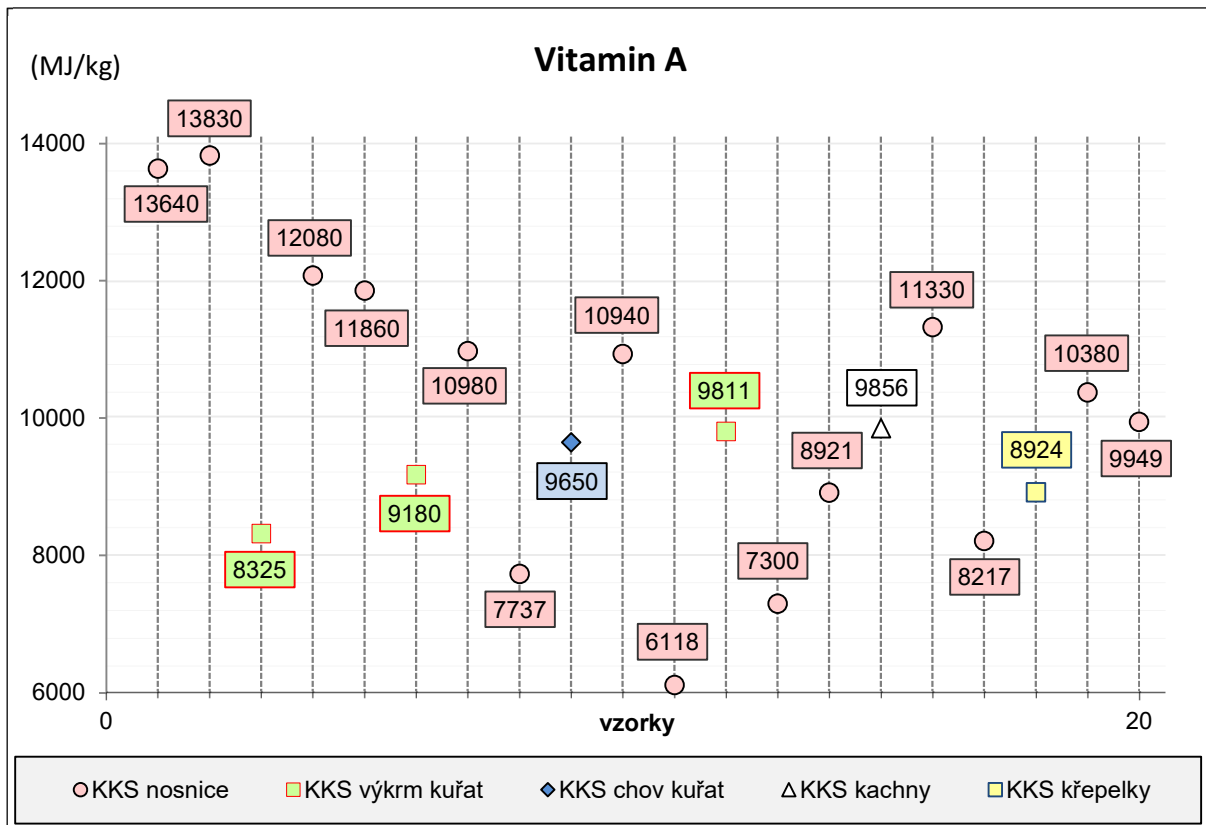
Obrázek 77 Obsah selenu v krmivech pro drůbež



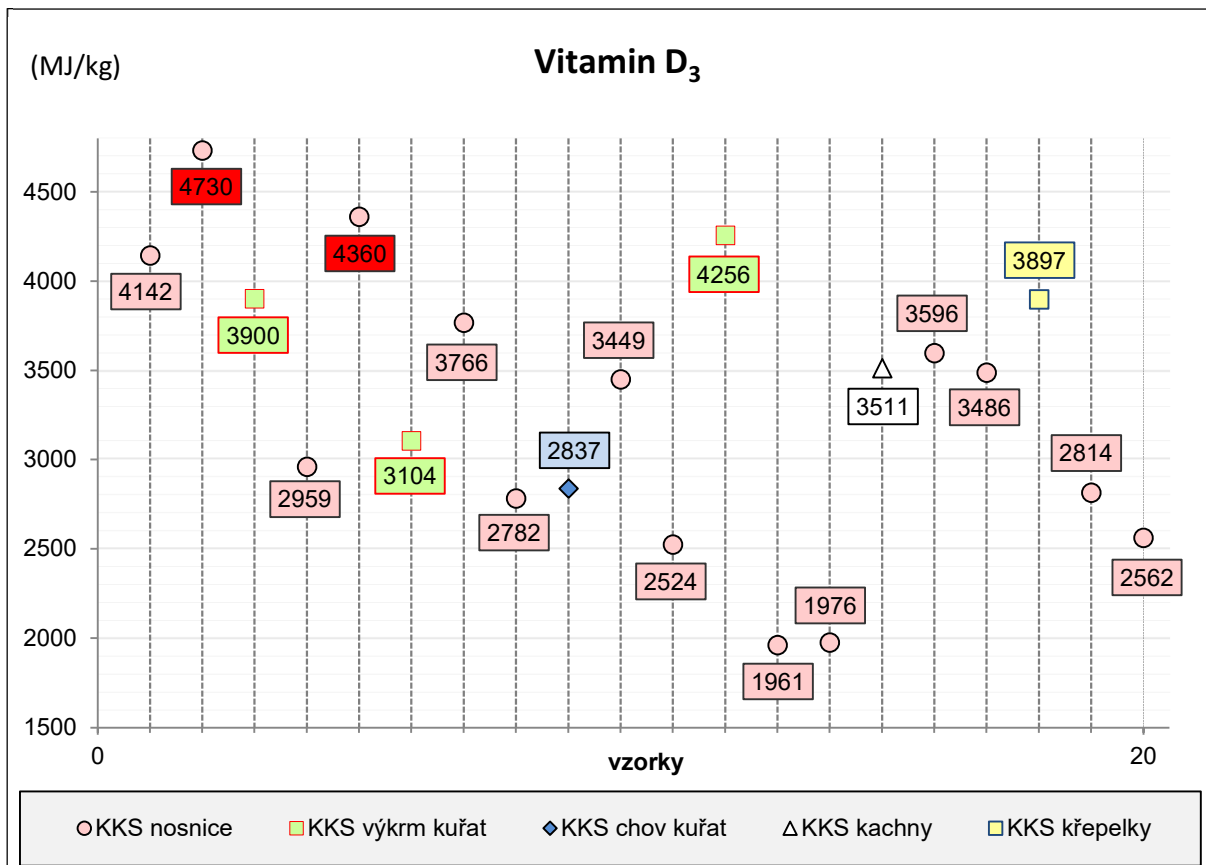
Obrázek 78 Obsah jódu v krmivech pro drůbež (v červených polích hodnoty nevyhovujících vzorků)



Obrázek 79 Obsah vitamínu A v krmivech pro drůbež

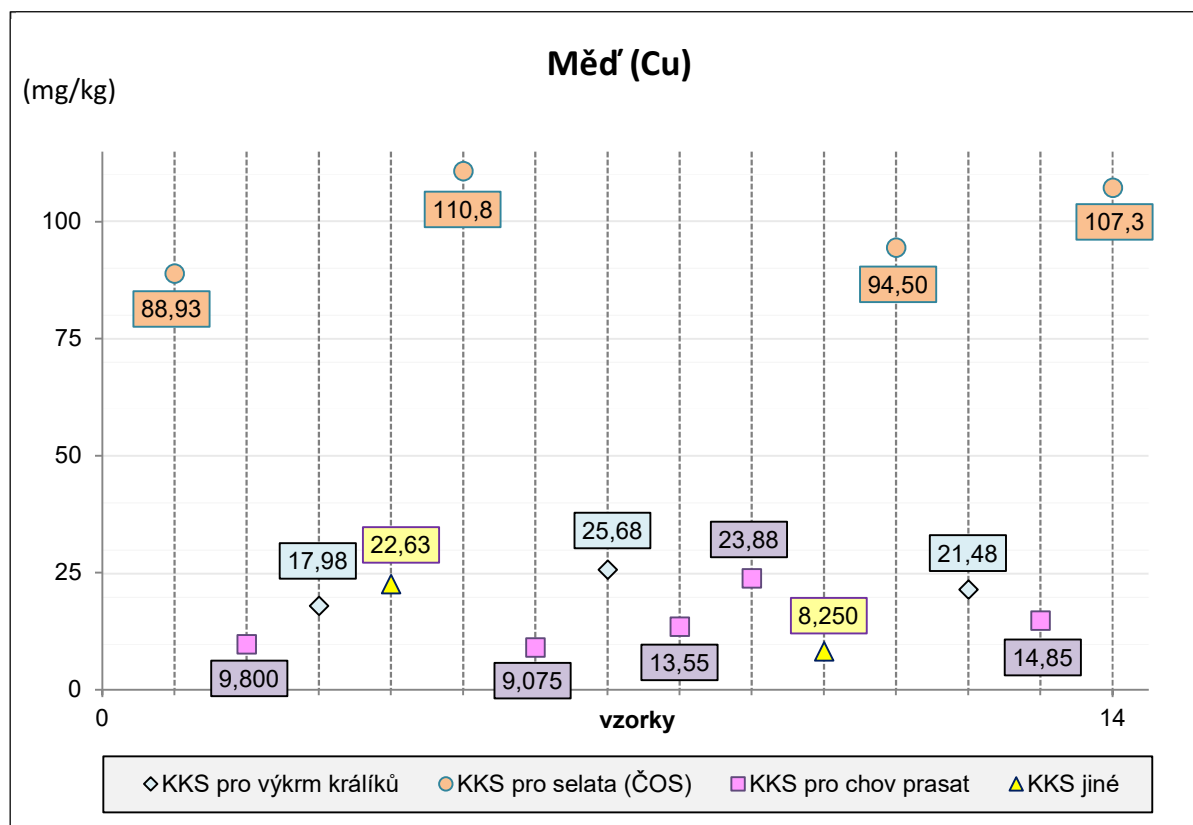


Obrázek 80 Obsah vitamínu D₃ v krmivech pro drůbež

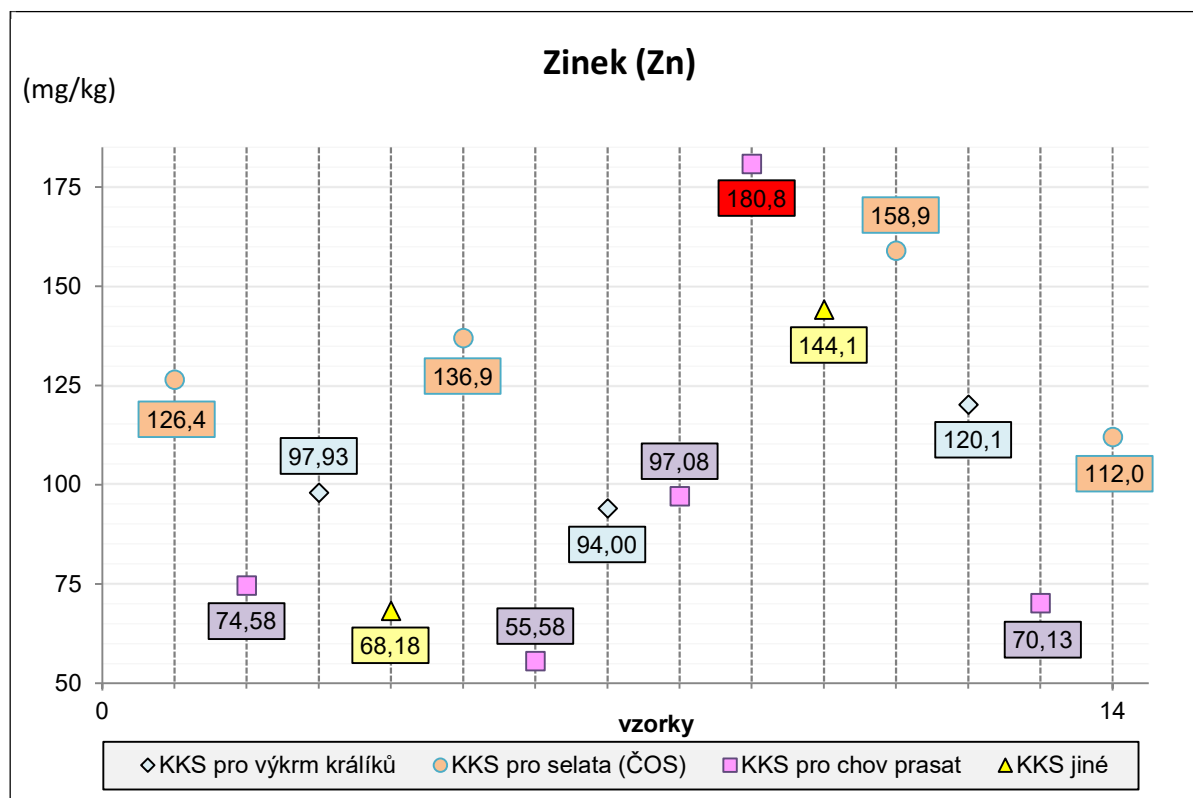


KRMIVA OSTATNÍ (14 vzorků)

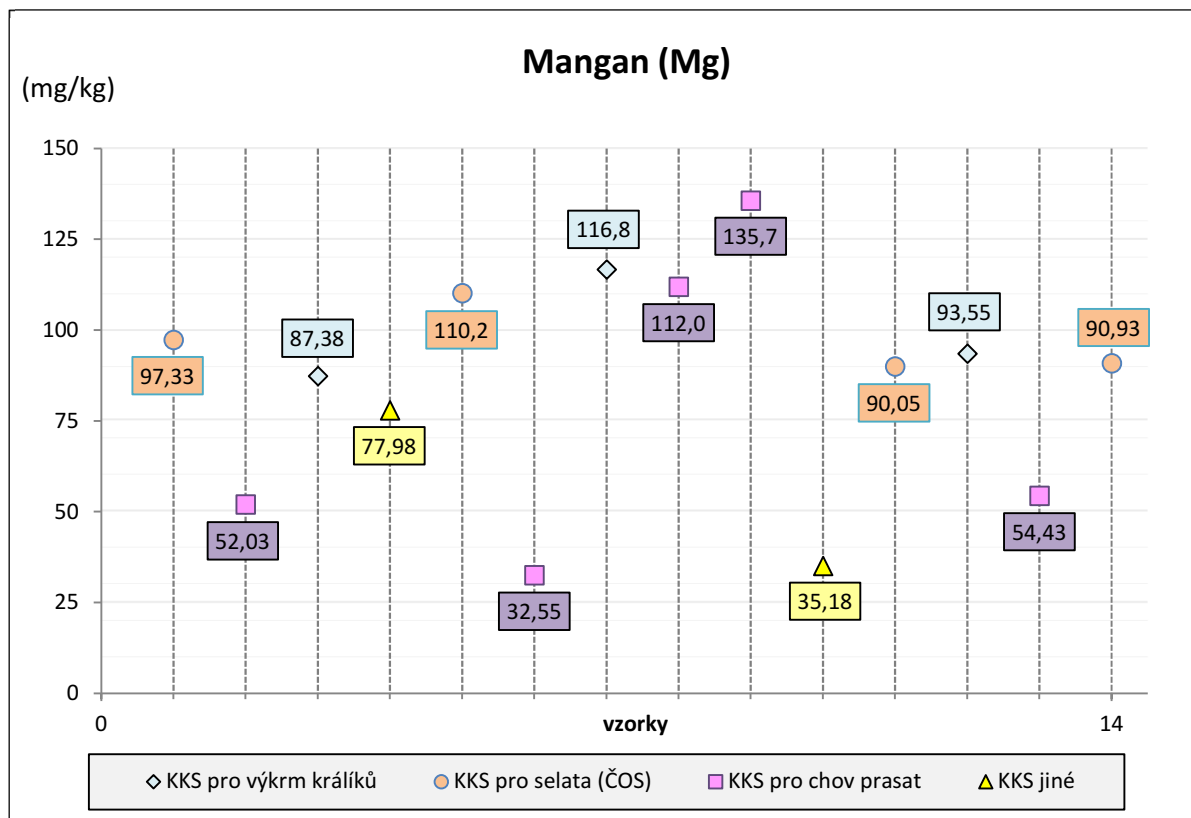
Obrázek 81 Obsah mědi v ostatních krmivech



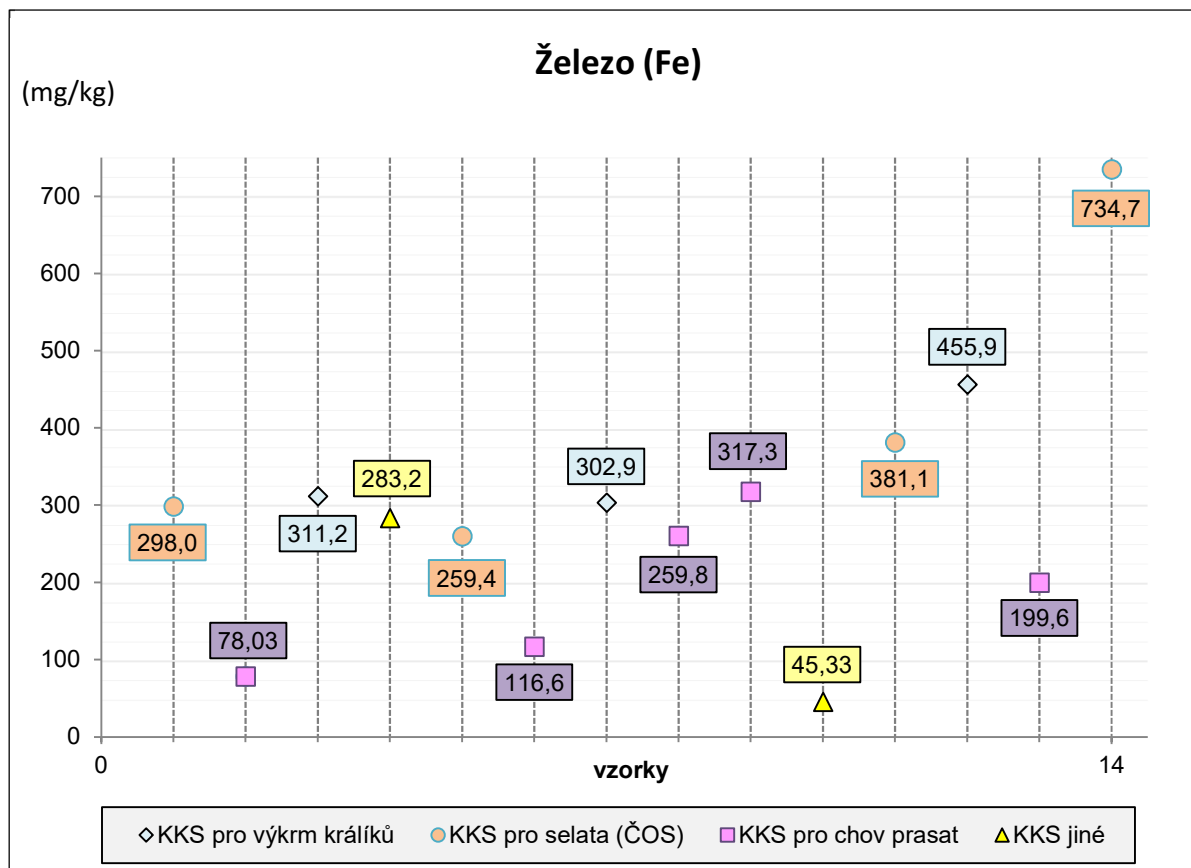
Obrázek 82 Obsah zinku v ostatních krmivech (v červeném poli hodnota nevyhovujícího vzorku)



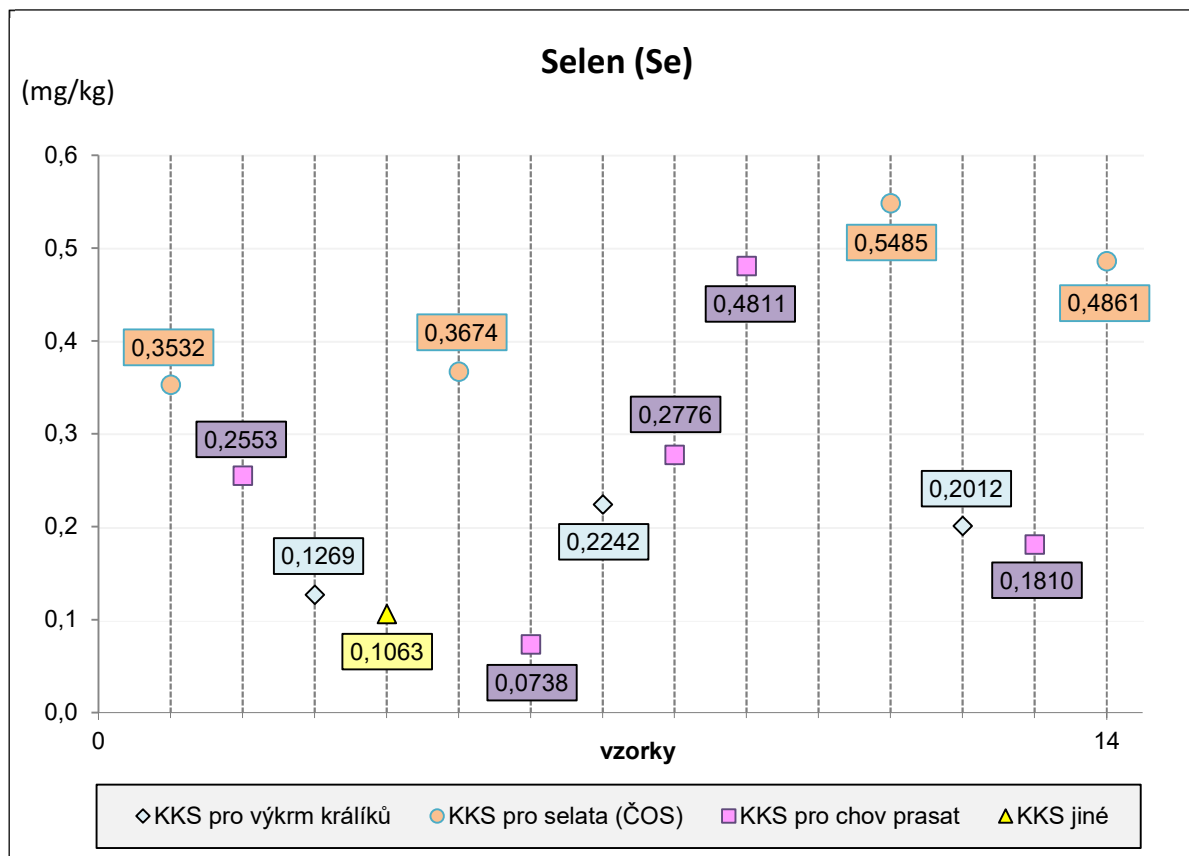
Obrázek 83 Obsah manganu v ostatních krmivech



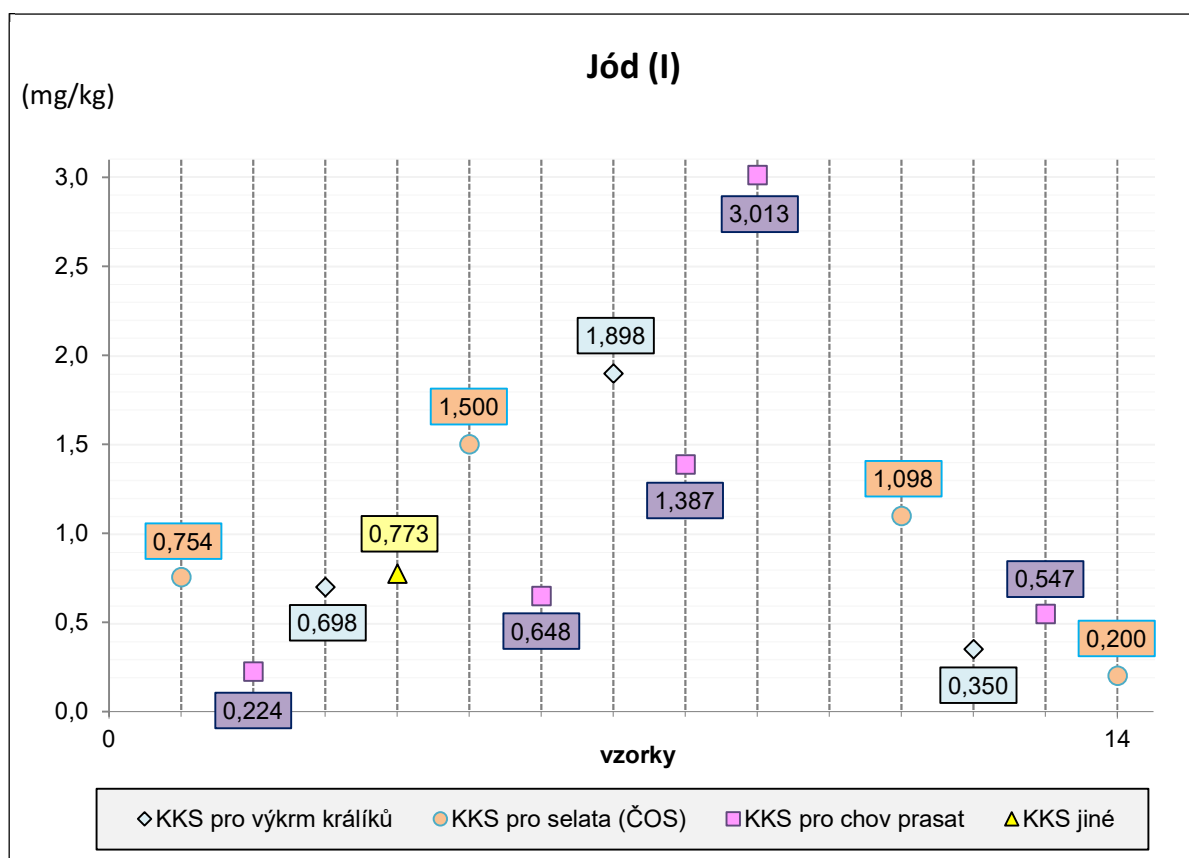
Obrázek 84 Obsah železa v ostatních krmivech



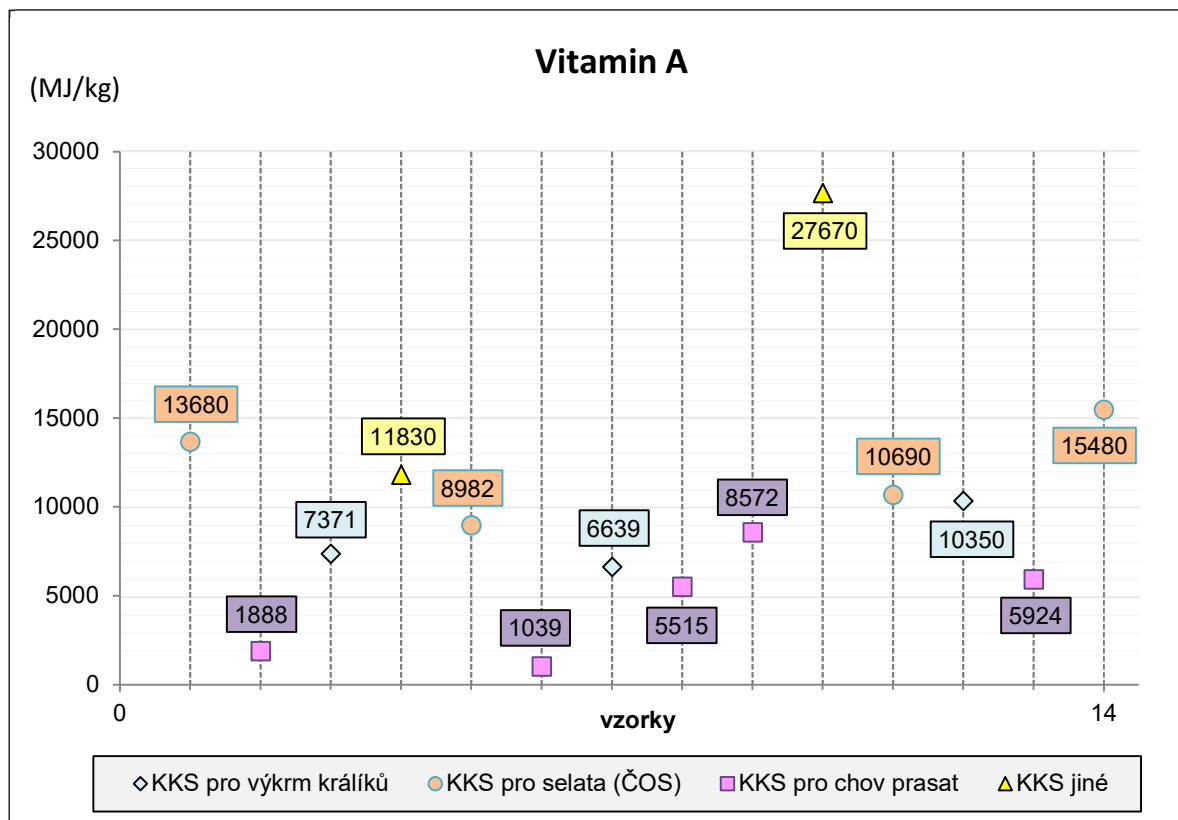
Obrázek 85 Obsah selenu v ostatních krmivech



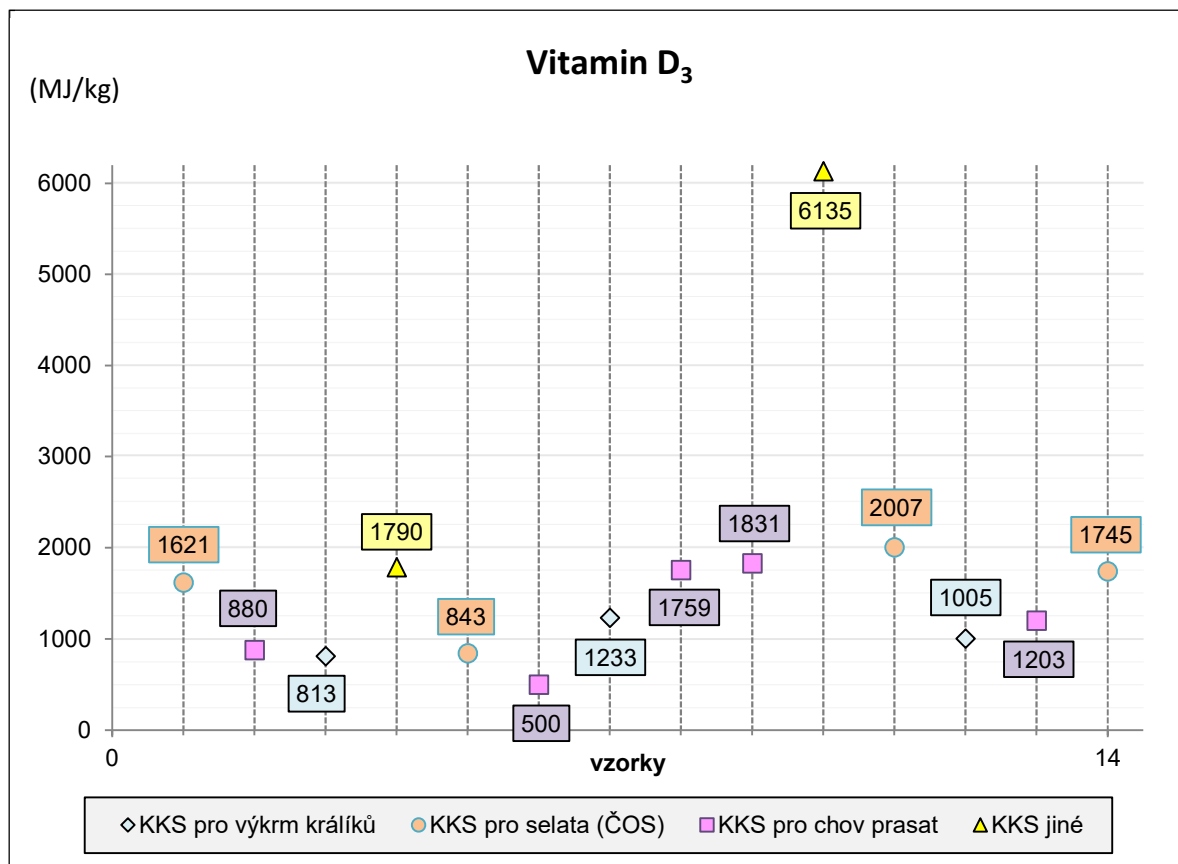
Obrázek 86 Obsah jódu v ostatních krmivech



Obrázek 87 Obsah vitamínu A v ostatních krmivech



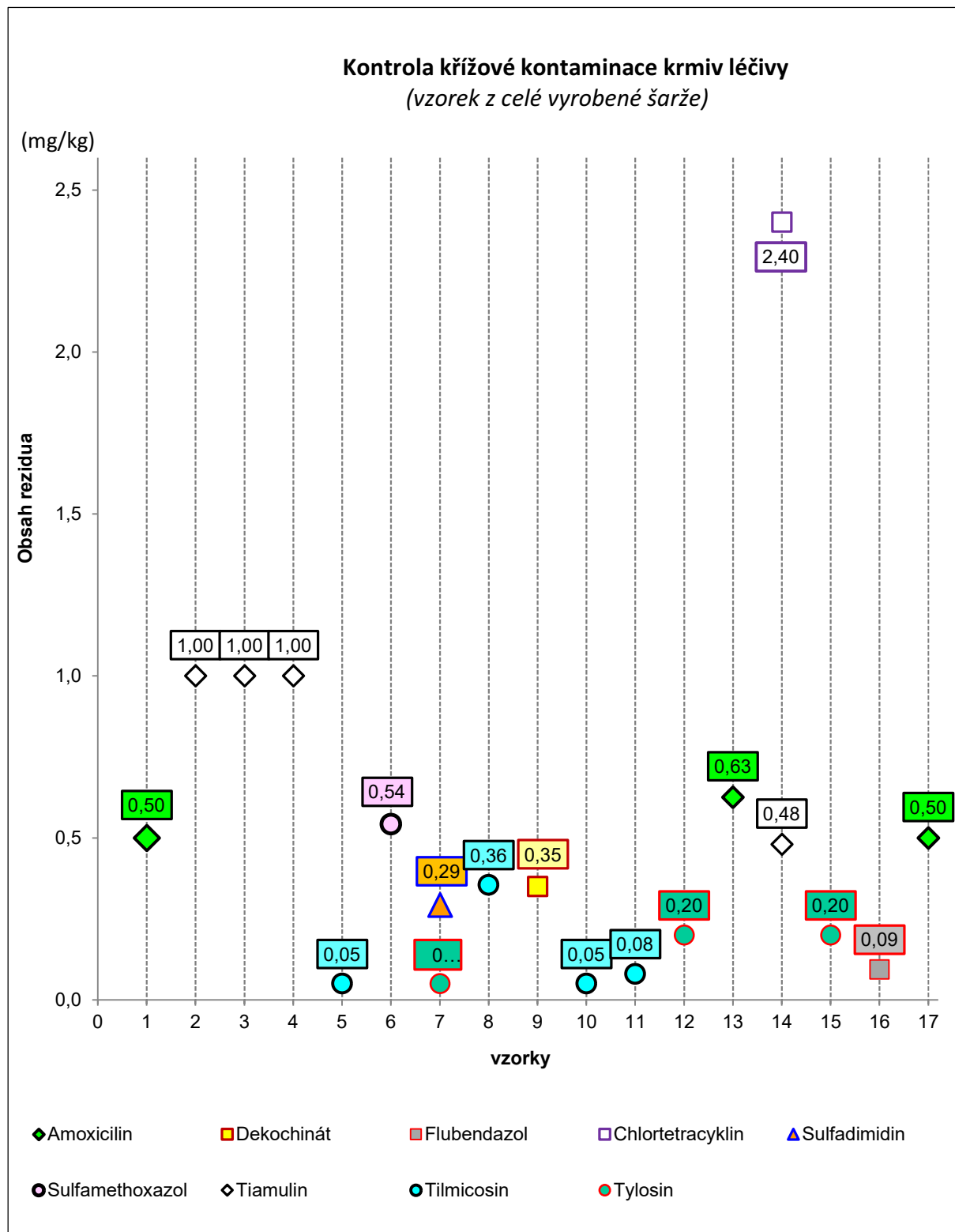
Obrázek 88 Obsah vitamínu D₃ v ostatních krmivech



2.3.3 Cílená kontrola kontaminace krmiv léčivy

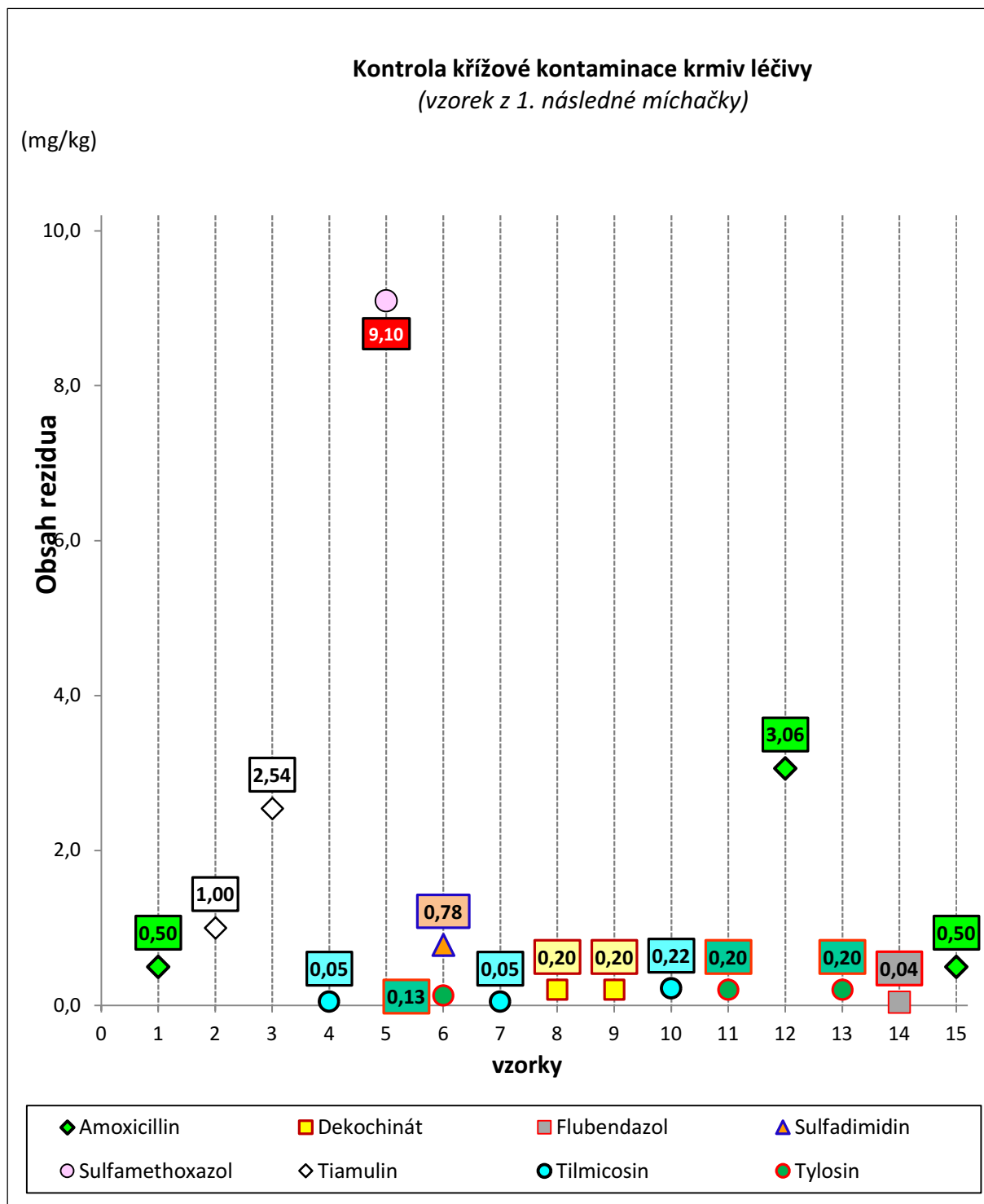
V rámci kontroly bylo odebráno 17 vzorků z celých partií krmných směsí, vyrobených ihned po výrobě medikované směsi. Všechny vzorky vyhověly maximálnímu limitu nevyhnutelné křížové kontaminace obsahu rezidua léčiva na úrovni 1 % dávkované účinné látky.

Obrázek 89 Křížová kontaminace rezidui léčiv v celé partii následného krmiva



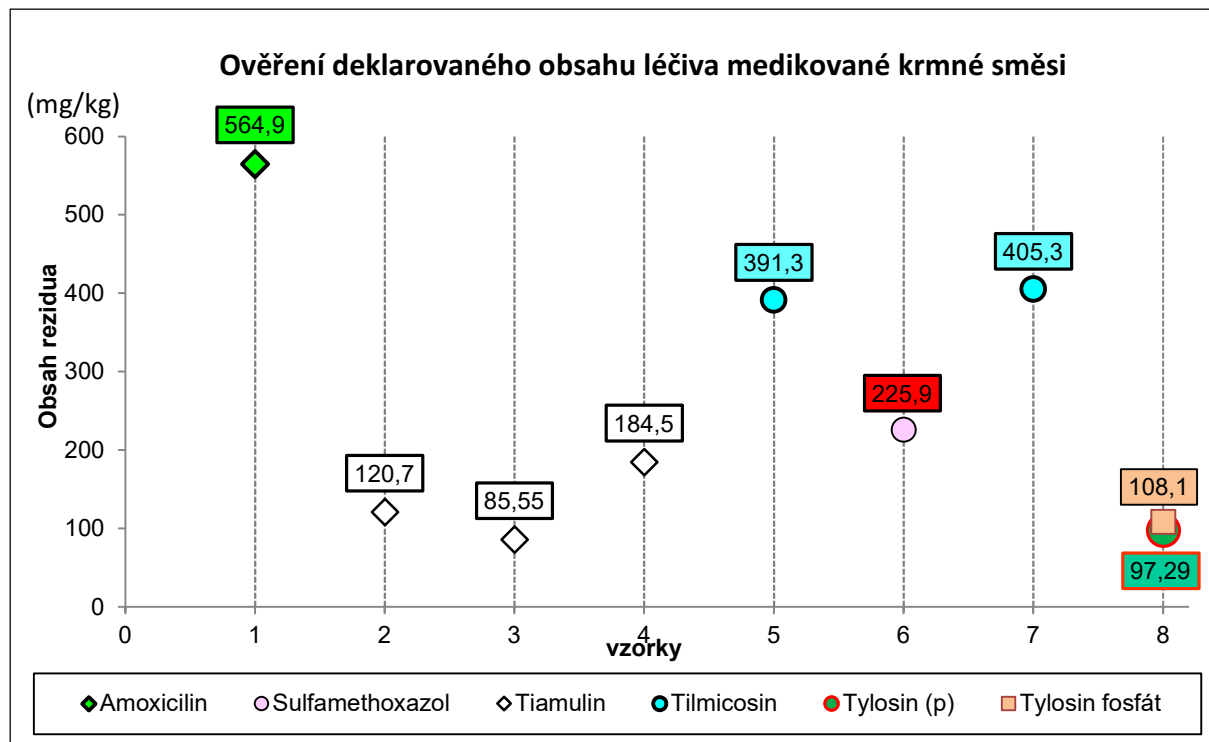
Rovněž byla sledována úroveň reziduí léčiv v první dávce homogenního krmiva, vyrobeného bezprostředně po medikované krmné směsi. Kontrola je zaměřena na posouzení účinnosti dekontaminačních opatření výrobce krmiv. Maximální vyhovující úroveň je přítomnost 1 % obsahu rezidua medikační látky, aplikované v předchozí výrobě. Bylo analyzováno 15 vzorků krmiv. Závadný byl 1 vzorek kompletní směsi pro selata ČOS, ve kterém byl překročen obsah reziduí sulfamethoxazolu. Výrobce krmiva úpravou dekontaminačního programu zvýšil a následně ověřil účinnost opatření pro eliminaci rizika křížové kontaminace krmiv.

Obrázek 90 Křížová kontaminace léčiv u vzorků krmiv z 1. míchačky (v červeném poli hodnota nevyhovujícího vzorku)

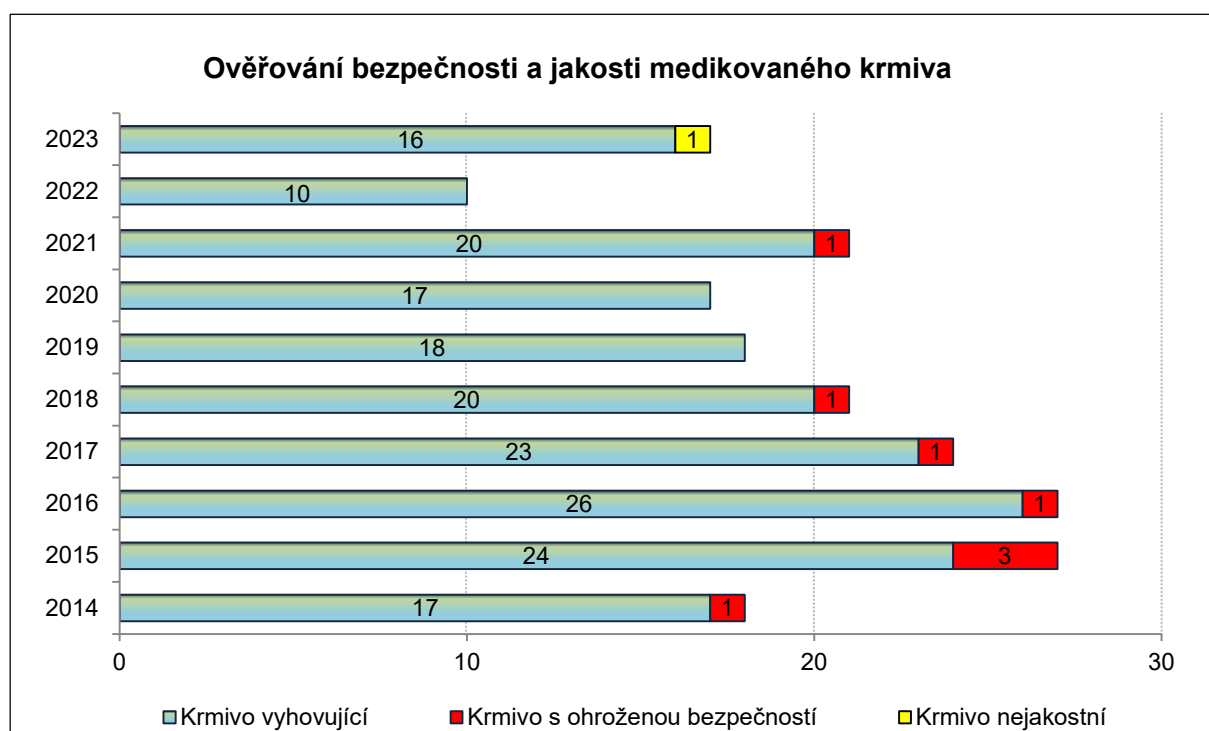


Za účelem ověření deklarovaného obsahu medikační látky bylo odebráno 8 vzorků vyrobených medikovaných krmných směsí. Materiál medikované krmné směsi pro předvýkrm prasat nevyhověl deklarované jakosti zjištěným obsahem účinné látky sulfamethoxazolu.

Obrázek 91 *Ověření deklarovaného obsahu léčiva v medikované směsi (v červeném poli nevyhovující hodnota analyty)*



Obrázek 92 *Výsledky ověřování bezpečnosti a jakosti medikovaného krmiva v letech 2014 - 2023*

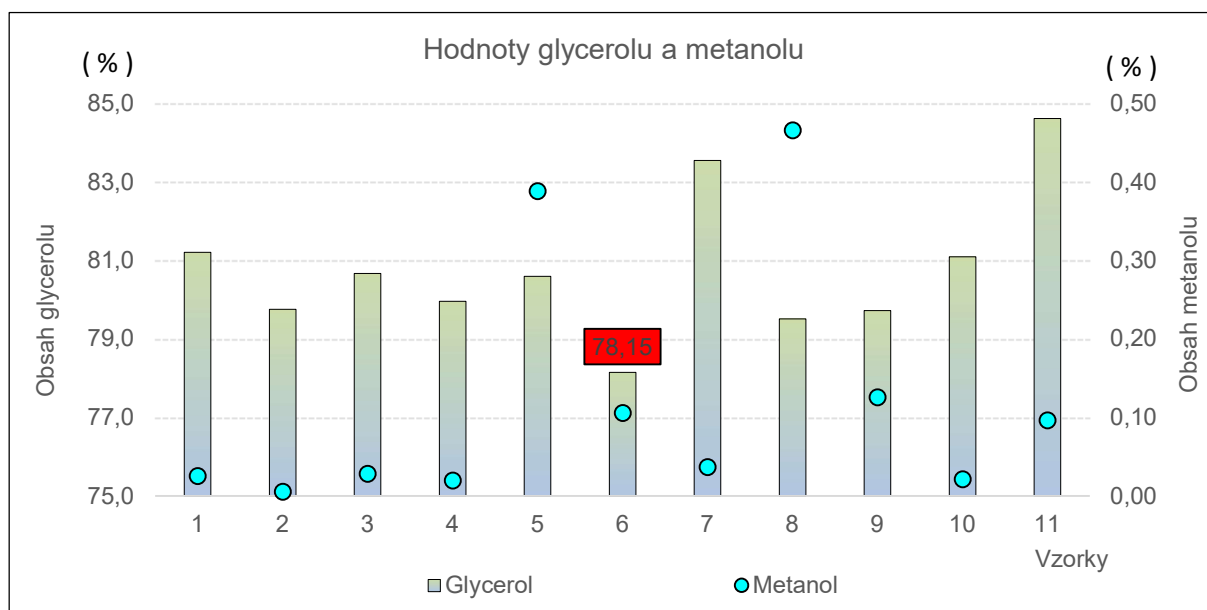


2.4 Sledování dalších bezpečnostních a jakostních ukazatelů

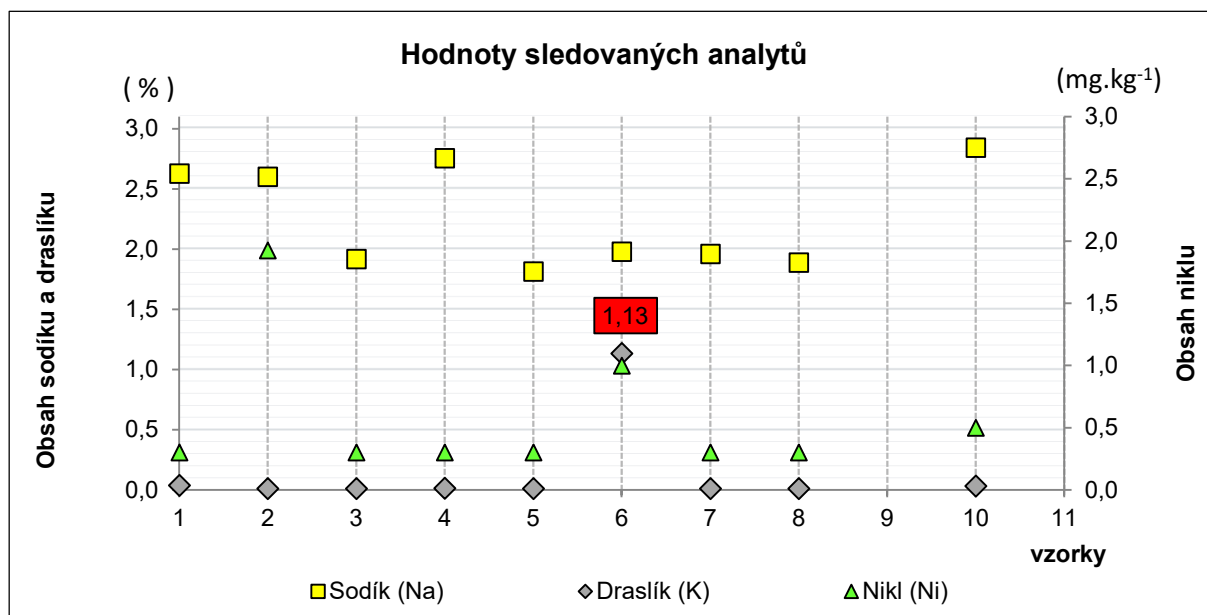
2.4.1 Cílená kontrola parametrů glycerolu, používaného jako krmná surovina

Bylo odebráno 11 vzorků surového glycerínu, u kterých byl sledováno nepřekročení maximálního limitu obsahu metanolu a dodržení deklarovaného obsahu glycerolu, MONG (organické hmoty bez glycerolu), sodíku, draslíku, niklu a popela. Obsah metanolu byl vždy vyhovující maximálnímu limitu obsahu 0,5 %, avšak dva vzorky byly posouzeny jako nejakostní. U jednoho vzorku byla zjištěna odchylka od deklarovaného obsahu glycerolu a draslíku, ve druhém závadném vzorku nebyl dodržena deklarace obsah popela.

Obrázek 93 Zjištěný podíl glycerolu a metanolu v krmném glycerínu (v červeném poli nevyhovující hodnota)



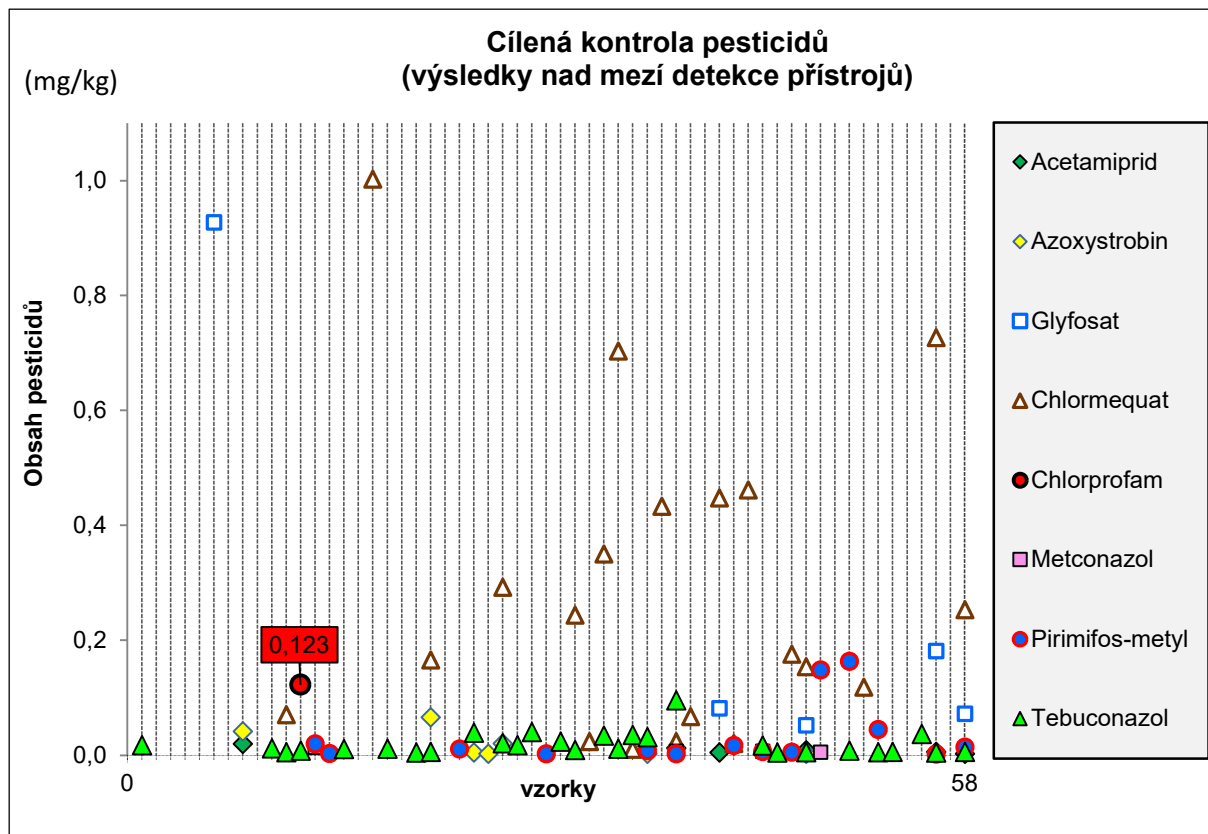
Obrázek 94 Zjištěné hodnoty sledovaných prvků v krmné surovině glycerínu (v červeném poli nevyhovující hodnota)



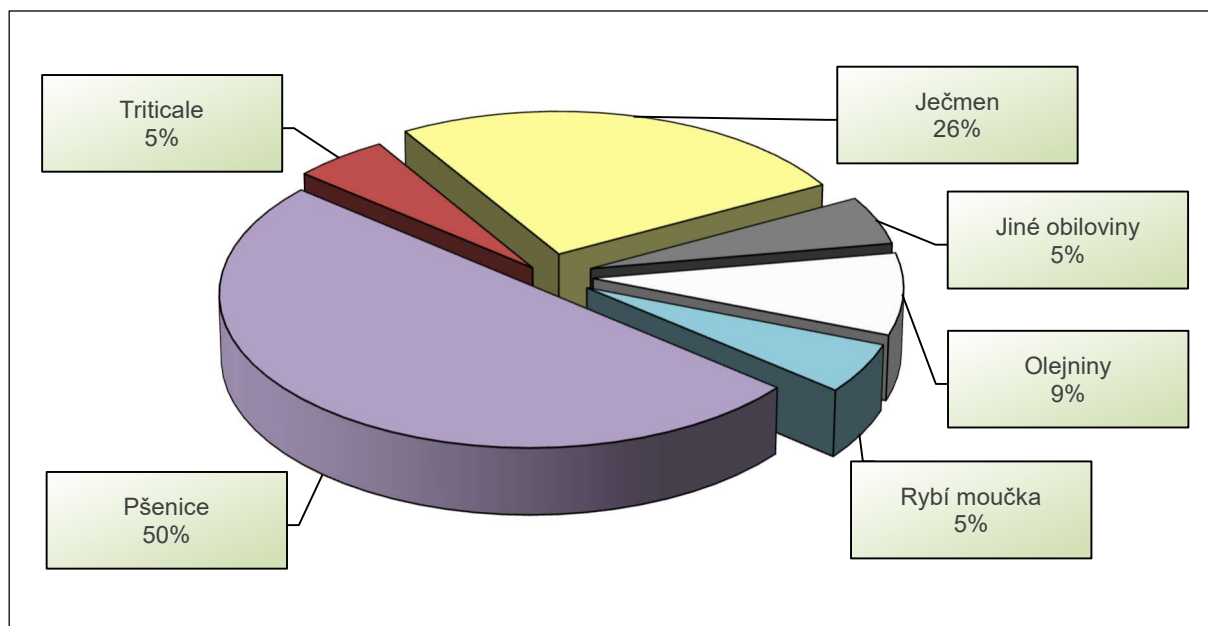
2.4.2 Cílená kontrola pesticidů

Přítomnost reziduí pesticidů byla ověřena u 58 vzorků krmných surovin, zejména obilovin. Odebraný vzorek suroviny ječmen ozimý nevyhověl maximálnímu limitu rezidua pesticidu chlorprofam. Bylo zakázáno surovinu používat ke krmení zvířat a uloženo její stažení z trhu.

Obrázek 95 Obsah vybraných pesticidů nad hranicí detekce přístrojů (v červeném poli nevyhovující hodnota)



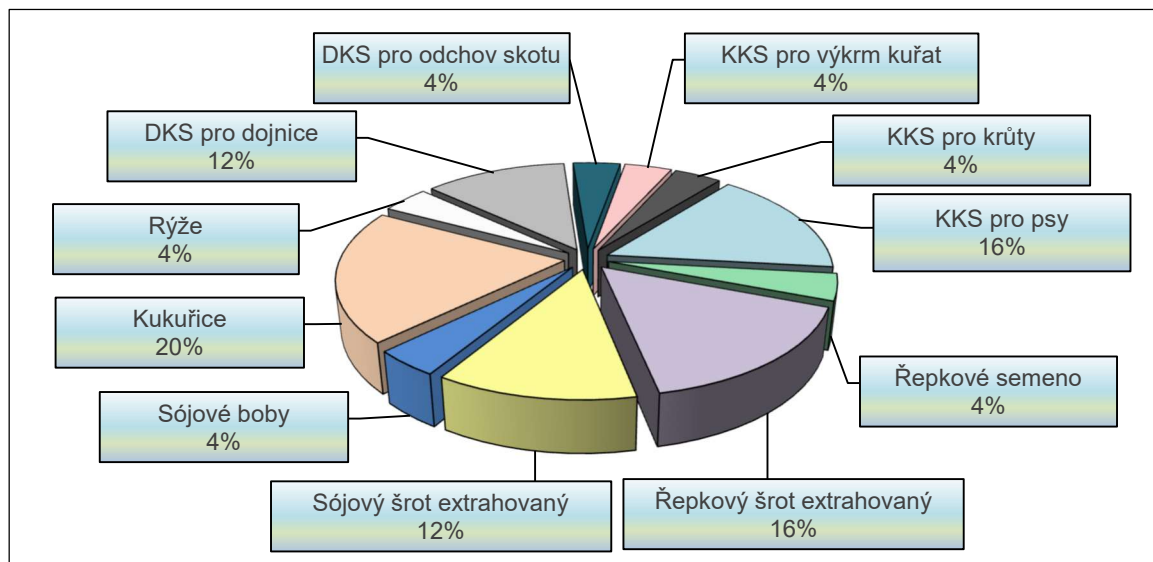
Obrázek 96 Zastoupení odebraných krmiv v rámci cílené kontroly reziduí pesticidů



2.4.3 Cílená kontrola přítomnosti a označování genetických modifikací v krmivech

V rámci kontroly se sleduje přítomnost povolených genetických modifikací, náležité označení krmiv obsahujících GM složky a rovněž nepřítomnost modifikací nepovolených. Cílenou kontrolu bylo odebráno 25 vzorků krmiv. Žádný nevyhovující výsledek nebyl zjištěn.

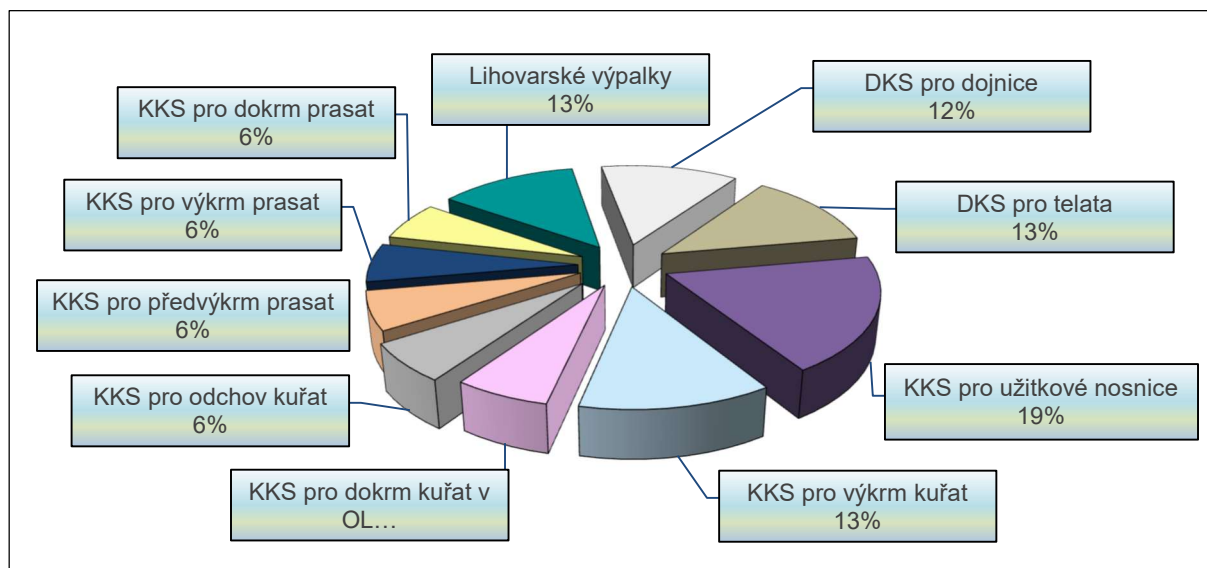
Obrázek 97 Zastoupení krmiv odebraných v rámci cílené kontroly přítomnosti GMO



2.4.4 Cílená kontrola výskytu zakázaných stimulantů nebo inhibitorů růstu

Bylo prověřeno 15 vzorků krmných směsí nebo krmných surovin, zda neobsahují nepovolené antibiotické stimulanty. U krmných surovin z vedlejší výroby procesů kvašení se ověřuje, zdali neobsahují antimikrobiální látky, které se používají při zpracování k regulaci kvasných procesů. Jeden vzorek doplňkového krmiva pro vysokoprodukční dojnice nesplnil požadavky na bezpečnost nevyhovujícím obsahem monensinu, byla zakázána jeho distribuce nebo zkrmení.

Obrázek 98 Odebraná krmiva pro ověření nepřítomnosti zakázaných stimulantů růstu



2.5 Závěr

V roce 2023 ÚKZÚZ v rámci cílené kontroly a monitoringu krmiv prověřil celkem 597 vzorků krmiv, z tohoto počtu bylo závadných celkem 26 vzorků (4,4 %).

Zjištěním závady v souvislosti se zaměřením jednotlivých cílených kontrol bylo zboží znalecky hodnoceno jako nevyhovující 9 vzorků krmiv (1,5 %). Z tohoto počtu bylo 5 partií krmiv s ohroženou bezpečností, u kterých ÚKZÚZ uložil zvláštní opatření pro zabránění jejich dalšího používání nebo uvádění na trh, 3 krmiva se závažnou nejakostí deklarovaných parametrů složení a 1 krmivo se zjištěnou křížovou kontaminací reziduem léčiva z předcházející výroby medikované směsi. Výrobci bylo uloženo zvláštní opatření zvýšit účinnost postupů prováděných pro eliminaci rizika křížové kontaminace necílových krmiv.

Mimo nevyhovujících výsledků parametrů, na které se provedené kontroly cíleně zaměřují, bylo na trhu zjištěno dalších 17 závadných krmiv. Ve 2 případech se jednalo o falšované krmné suroviny (pivovarské kvasnice sušené s mikroskopicky zjištěnými rostlinnými komponenty neodpovídaly obsahem vlákniny, lysinu i threoninu hodnotám obvyklým pro toto krmivo a surovina lososová moučka rovněž s mikroskopicky zjištěnými rostlinnými komponenty stanoveným obsahem vlákniny a amonného dusíku neodpovídala obvyklým hodnotám). Dalších 15 vzorků krmiv bylo posouzeno jako nejakostní z důvodu zjištěné odchylky od deklarovaného obsahu.

V předcházejícím roce 2022 cílené kontrole a monitoringu ÚKZÚZ nevyhovělo z 634 odebraných krmiv celkem 15 vzorků (2,4 %). Z tohoto počtu bylo 6 krmiv nejakostních, 1 krmivo se závažnou nejakostí více deklarovaných parametrů, 1 krmivo falšované, 2 krmiva nevhodná pro stanovený účel použití, 2 krmiva s kontaminací rezidui léčiv předcházející výroby a 3 vyrobené partie krmiv s ohroženou bezpečností.

Lze konstatovat, že v uplynulém roce 2023 ÚKZÚZ meziročně zaznamenal trend výrazného zvýšení četnosti záhytu nevyhovujících úředních vzorků krmiv cílenou kontrolou, avšak nejčastěji s nejnižším stupněm závažnosti zjištěného porušení. Růst počtu závadných vzorků se týkal zejména skupiny krmiv nejakostních, tedy případů nedodržení obsahu jednoho z deklarovaných znaků v označení krmiva.

V příštích letech bude ÚKZÚZ v kontrole výskytu zakázaných a nežádoucích látek u krmiv pokračovat. Zvýšená pozornost je trvale zaměřena na eliminaci rizika křížové kontaminace výroby krmiv po aplikaci kokcidostatik nebo léčiv, aby byla prioritně zachována bezpečnost potravinového řetězce.