

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně
Sekce zemědělských vstupů



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

Zpráva za rok 2022

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. Miroslav Florián, Ph.D.
ředitel Sekce zemědělských vstupů

Schválil: Ing. Daniel Jurečka, ředitel ústavu

Brno, duben 2023



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.....	27
1.4.1.6 Minerální dusík v půdě.....	28
1.4.1.7 Monitoring mikrobiálních parametrů půd ČR	33
1.4.1.8 Monitoring rostlinné produkce – obsahy rizikových prvků v rostlinách	36
1.4.2 Kontrola hnojiv a pomocných látek	38
1.4.3 Monitoring kalů ČOV	39
1.4.3.1 Rizikové prvky v kalech.....	39
1.4.3.2 Polychlorované bifenyly v kalech	45
1.4.3.3 Polycyklické aromatické uhlovodíky v kalech	47
1.4.3.4 Halogenové organické sloučeniny v kalech	54
1.4.3.5 Organochlorové pesticidy v kalech	55
1.4.3.6 Polybromované difenyletery v kalech	58
1.4.3.7 Perfluoroalkylové sloučeniny v kalech.....	60
1.4.3.8 Mikrobiologická stanovení v kalech.....	63
1.4.4 Hodnocení rybnických sedimentů.....	64
1.5 CITOVANÉ ZDROJE.....	71
2. VÝSLEDKY ANALÝZY KRMIV ODEBRANÝCH V RÁMCI CÍLENÉ KONTROLY A MONITORINGU	72
2.1 Sledování zakázaných látek.....	73
2.1.1 Cílená kontrola přítomnosti zpracovaných živočišných bílkovin v krmivech	73
2.1.2 Cílená kontrola rybí moučky mikroskopicky na přítomnost cizích příměsí.....	74
2.2 Sledování nežádoucích látek	75
2.2.1 Monitoring vybraných perzistentních organických polutantů (POP).....	75
2.2.2 Cílená kontrola dioxinů, furanů a PCB dioxinového typu	76
2.2.3 Monitoring mykotoxinů	77
2.2.4 Cílená kontrola přítomnosti těžkých kovů v krmivech	79
2.2.5 Cílená kontrola přítomnosti dalších nežádoucích látek v krmivech.....	80
2.3 Sledování správného používání doplňkových látek.....	84
2.3.1 Cílená kontrola používání kokcidistatik.....	84
2.3.2 Cílená kontrola dodržování limitů doplňkových látek.....	87
2.3.3 Cílená kontrola kontaminace krmiv léčivy	99
2.4 Sledování dalších bezpečnostních a jakostních ukazatelů.....	101



2.4.1	Cílená kontrola parametrů glycerolu, používaného jako krmná surovina.....	101
2.4.2	Cílená kontrola pesticidů	102
2.4.3	Cílená kontrola přítomnosti a označování genetických modifikací v krmivech	103
2.4.4	Cílená kontrola výskytu zakázaných stimulatorů nebo inhibitorů růstu	103
2.4.5	Monitoring výskytu perfluoroalkylovaných sloučenin (PFAS)	104
2.5	Závěr	105

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 2022 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 a 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 2022, 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 bude sloužit 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 bude sloužit k hodnocení rizik na konkrétních pozemcích, kde byly kaly aplikovány.
 - Výsledky inventarizace jsou využívány pro přípravu legislativních předpisů.
- b) Monitoring rybníčních 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., 2011–2019: Analýza půd I, II, III, jednotné pracovní postupy; Zbíral, J. a kol., 2014: Analýza rostlinného materiálu, jednotné pracovní postupy). Současné byly uplatněny národní nebo mezinárodní normy odběrů vzorků a analytických prací.

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 a kalů 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 6002B 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.

Současné 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) se ve vzorcích kalů stanovují od roku 1999. Analýzy byly prováděny NRL ÚKZÚZ Brno, od roku 2018 externí laboratoří. V roce 2019 a 2022 nebylo stanovení na obsah 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

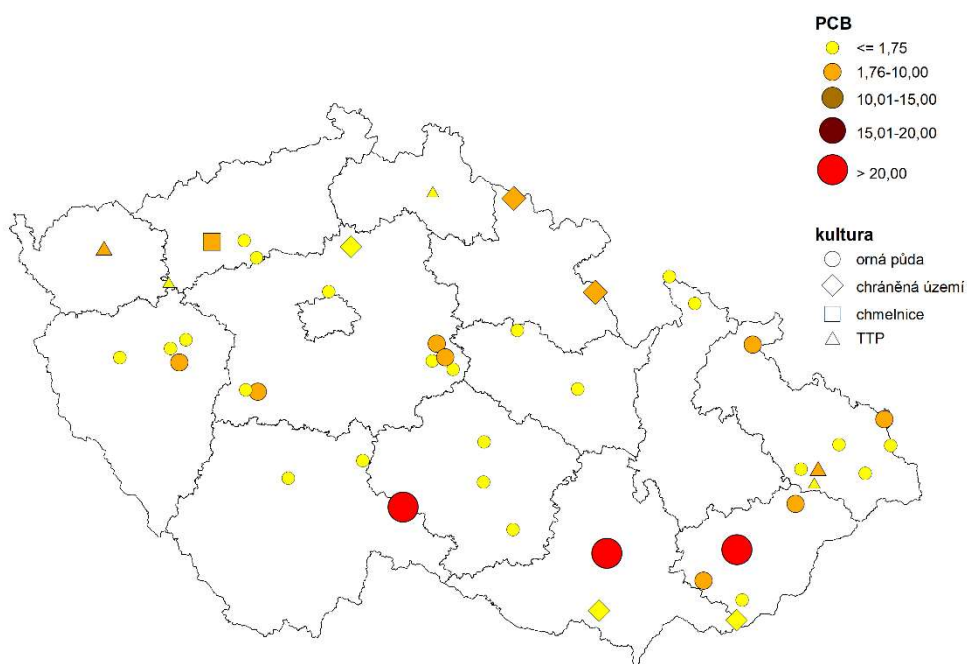
Šárka Poláková

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 2022 odebrány ze 40 stálých monitorovacích ploch Bazálního monitoringu půd (pouze z orníčních horizontů) a 5 lokalit v chráněných územích.

Výsledky stanovení PCB v roce 2022 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 16 pozorovacích plochách, včetně dvou ploch z chráněných území (CHÚ).

Obrázek 1 *Obsahy PCB na monitorovacích plochách BMP v roce 2022 (suma 7 kongenerů, $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš.)*



Základní statistické charakteristiky souboru jsou uvedeny v tabulce 1 (a příloze 3), hodnoty jsou uváděny zvláště pro ornou půdu, trvalé travní porosty (TTP) a chráněná území; souhrnná deskriptivní statistika souboru (2005–2022) je uvedena v příloze 18.

Tabulka 1 *Základní statistická charakteristika obsahů PCB na monitorovacích plochách BMP v roce 2022 (suma 7 kongenerů, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)*

	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Počet
Orná půda	4,81	1,75	1,75	36,5	34
TTP	3,11	1,75	1,75	6,84	5
Chráněná území	2,74	1,75	1,75	5,71	5

Medián sumy 7 kongenerů PCB v orných půdách se v období 2005–2022 pohybuje v rozmezí 1,75 až 3,60 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (nejvyšší hodnoty bylo dosaženo v roce 2006). Medián z roku 2022 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 2022 činí 1,75 $\mu\text{g.kg}^{-1}$.

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 2022 byl nejčastěji nad mezí stanovitelnosti detekován kongener 153 (16x), následovaly kongenery 138 a 180 (13x, resp. 11x). Celkem pětkrát byl detekován kongener 101 (a to na plochách s celkově nejvyššími obsahy PCB), pouze jedenkrát kongener 118. LOQ nebyla ani jednou překročena u kongenerů 28 a 52. Nejvyšší obsah byl naměřen u kongeneru 180, a to 14,9 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.

Nejvyšší obsahy PCB jsou pravidelně zjišťovány na plochách 7045BO (medián sumy 7 kongenerů PCB 2005–2021 činí 11,5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.), 7902KO (36,5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) a 7901KO (37,3 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) a také ve vzorcích ze Studniční hory (6,7 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ 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 tomto 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 2022 překročena na třech monitorovacích plochách – 7901KO (k.ú. Tečovice, okr. Zlín), 7902KO (k.ú. Chřlice, okr. Brno-město) a 3901KO (k.ú. Žirovnice, okr. Pelhřimov), vše na orné půdě. 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

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
orná půda	1	2	2	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
TTP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Závěry

- V roce 2022 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 2005–2022 se pohybuje v ornici orných půd mezi 1,75–3,60 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Pro rok 2022 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 2022 překročena v ornici 3 pozorovacích ploch orných půd.

1.4.1.2 Polycyklické aromatické uhlovodíky v půdě

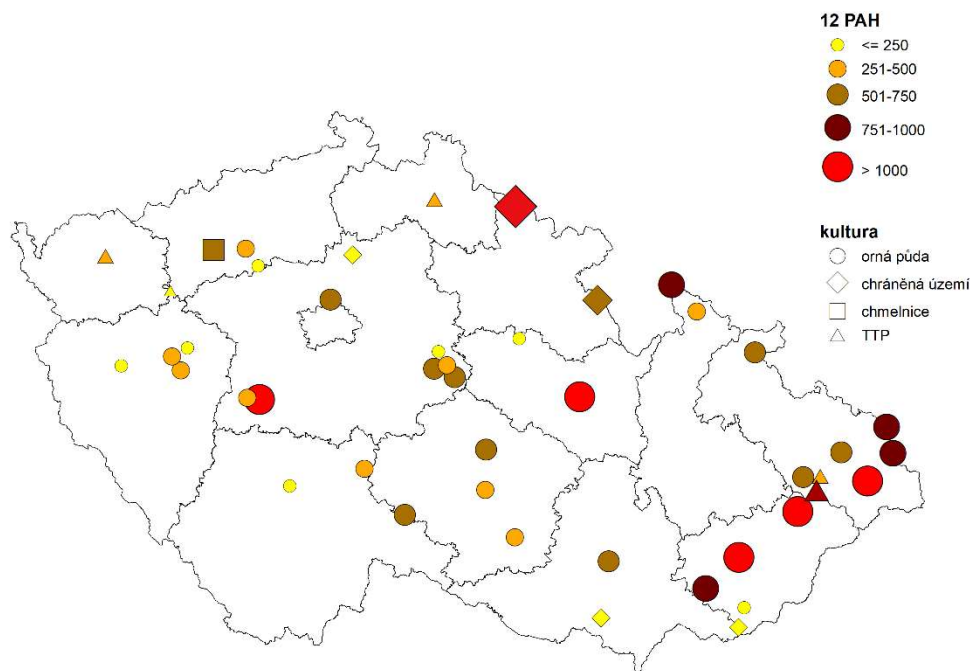
Šárka Poláková

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 2022 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 2022 (suma 12 PAH, $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš.)*



Základní statistická charakteristika souboru za rok 2022 je uvedena v tabulce 3. Přehled základní statistiky pro sumu 12 PAH od roku 2005 shrnuje příloha 6 a souhrnná statistika souboru (2005–2022) je uvedena v příloze 18.

V souboru ploch s ornou půdou kolísaly hodnoty pro sumu 12 PAH v ornici v roce 2022 v rozmezí 92 až 2693 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš. Rozsah mediánů (2005–2022) činí 473–710 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš.,

v roce 2022 byla vypočtena hodnota mediánu 542 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Ve svrchním horizontu TTP kolísají mediány v letech sledování 2005–2022 mezi 290 až 1174 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., přičemž nejnižší medián je právě z roku 2022. 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 2022: 205 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Přibližně od roku 2009 lze pozorovat ve všech kulturách setrvalý stav, bez výrazného kolísání mediánů. Mediány obsahů PAH ve svrchních horizontech orných půd a TTP jsou prakticky shodné, nicméně v posledních dvou letech bylo pozorováno snižování mediánu.

Tabulka 3 Základní statistická charakteristika obsahů PAH na monitorovacích plochách BMP v roce 2022 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., ornice)

		Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Počet
Orná půda	Σ 12 PAH	703	542	92	2693	34
	Σ 16 PAH	734	570	113	2753	34
Trvalé travní porosty	Σ 12 PAH	413	290	131	890	5
	Σ 16 PAH	438	314	152	918	5
Chráněná území	Σ 12 PAH	524	205	149	1505	5
	Σ 16 PAH	587	228	171	1701	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 2022 celkem 6 vzorků, z toho byl 1 vzorek z CHÚ (KRNAP, Studniční hora).

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

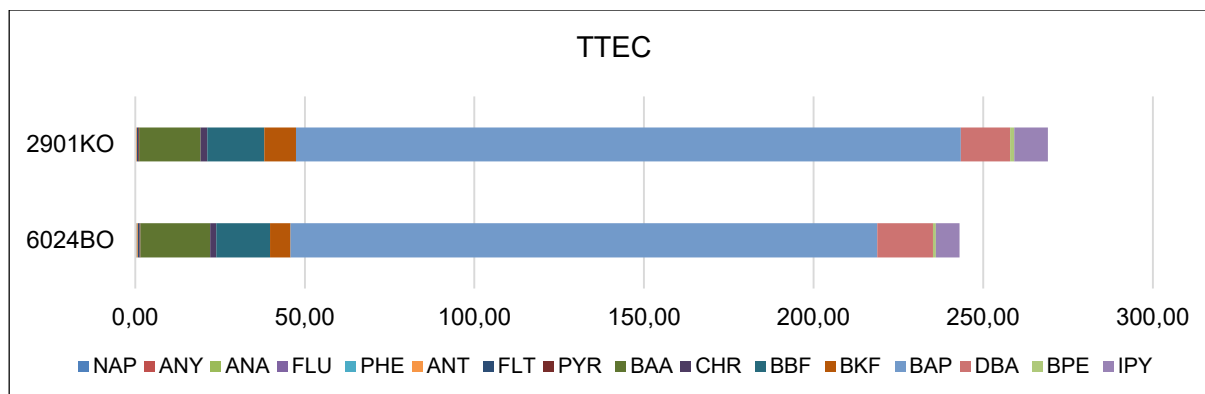
Rok	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Orná půda	6	12	9	8	11	7	8	8	9	4	4	7	8	6	7	11	7	5
TTP	2	3	1	2	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0

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 (2022) se pohybuje v rozsahu 14–405 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ (příloha 4) a představuje 11,0–18,6 % z celkové sumy 12 PAH. Zástupci ploch s vysokými obsahy PAH jsou PP 6024BO (Σ 16 PAH činí 2143 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. a TTEC 243 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) a plocha 2901KO,

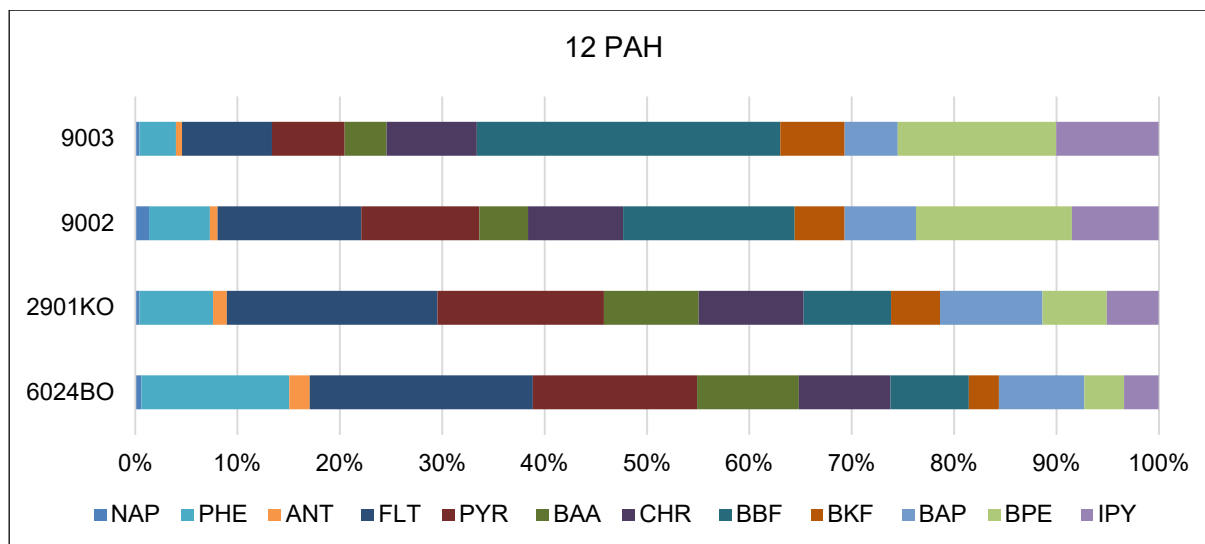
na které celková suma PAH činí $2034 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš., ale TTEC $269 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš. a toxicita směsi v tomto vzorku je tedy vyšší. Zastoupení jednotlivých uhlovodíků v obou vzorcích se prakticky neliší až na obsah BAP, který ve vzorku 6024BO přesahuje 50 %, kdežto ve vzorku 2901KO 70 % hodnoty TTEC (obrázek 3).

Obrázek 3 TTEC na vybraných monitorovacích plochách



K již zmíněným dvěma lokalitám jsou na obrázku 4 doplněny další lokality, a to 9002 – Studniční hora (KRNAP) a 9003 – Bukačka (CHKO Orlické hory). Ze srovnání procentuálního podílu individuálních uhlovodíků v sumě 12 PAH (obrázek 4) na těchto plochách je vidět, že 6024BO a 2901KO mají vyšší zastoupení čtyřjaderných PAH (FLT, PYR, BAA) a BAP, zatímco ve vzorcích ze Studniční hory a Bukačky se zvyšuje podíl pěti- a šestijaderných PAH, zejména BBF, BPE a IPY. Důvodem jsou zřejmě odlišné zdroje PAH v jednotlivých lokalitách a tzv. ageing PAH na lokalitách v chráněných územích.

Obrázek 4 Podíl individuálních uhlovodíků na sumě 12 PAH, vybrané plochy



V sumě 12 PAH jsou nejvíce zastoupeny FLT a PYR, jejichž podíl činí v zemědělských půdách, tj. v orných půdách, chmelnicích a travních porostech 18,4, resp. 15,2 %. Více než 10 procenty je zastoupen také BAP. V pěti vzorcích z chráněných území v roce 2022 přesáhlo 10% hranici pět uhlovodíků – FLT, BPE, PYR, BBF a BAP.

Benzo(a)pyren

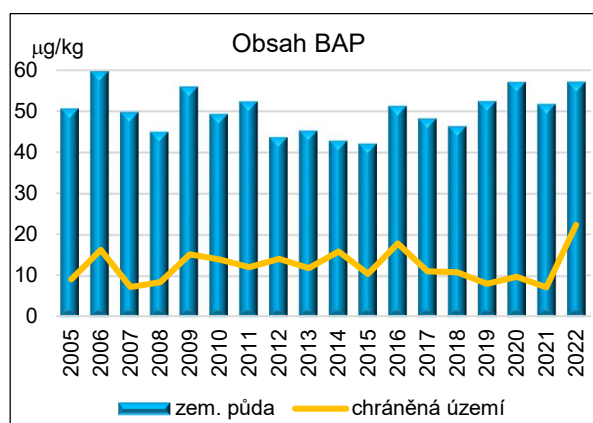
BAP je jeden ze dvou nejtoxičtějších uhlovodíků ve směsi monitorovaných PAH. V roce 2022 se obsah BAP pohyboval v rozsahu 9,5–292 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (tabulka 5), přičemž obsah BAP kopíruje celkové obsahy.

Na obrázku 5 jsou znázorněny mediánové obsahy BAP v zemědělských půdách a v půdách chráněných území od roku 2005. Mediány kolísají, ale trend není patrný.

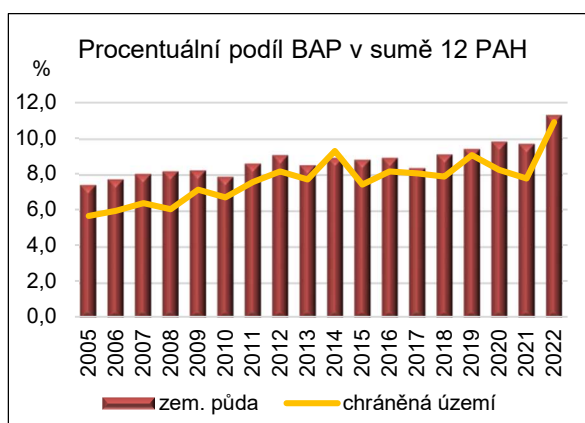
Tabulka 5 Základní statistika obsahu BAP v zemědělských půdách a půdách chráněných území (2022, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)

2022	zemědělská půda	chráněná území
Průměr	72,6	38,3
Medián	57,1	22,3
Minimum	9,5	16,2
Maximum	292,0	105,0
Počet	40	5

Obrázek 5 Obsah BAP v zemědělských půdách a půdách CHÚ (medián, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)



Obrázek 6 Procentuální zastoupení BAP v sumě 12 PAH v zem. půdách a půdách CHÚ (medián, %)



V zemědělských půdách se podíl BAP v sumě 12 PAH v roce 2022 pohyboval v rozmezí 8,4 až 15,3 %, se střední hodnotou 11,3 % – tyto hodnoty jsou ve srovnání s předchozími roky vyšší. Také v chráněných územích byl podíl BAP v roce 2022 vyšší než v předchozích letech, medián činil 10,9 % (příloha 8). Během sledování se podíl BAP na monitorovaných lokalitách neustále mírně zvyšuje. Tento trend zachycuje obrázek 6. Rostoucí procento BAP je jasně patrné. Procento BAP v sumě PAH roste i když celkový obsah PAH (mediány) mírně klesá v případě zemědělských půd, případně stagnuje v případě půd v chráněných územích.

Závěry

- V roce 2022 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, 2005–2022) činí 473–710 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (medián 2022: 542 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Ve svrchním horizontu TTP kolísají hodnoty mediánů mezi 290 až 1174 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (medián 2022: 290 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) a na plochách CHÚ v rozsahu 98–238 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (medián 2022: 205 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.).
- Preventivní hodnotu stanovenou vyhláškou č. 153/2016 Sb. (1,0 mg.kg^{-1} suš.) pro polycyklické aromatické uhlovodíky celkem (suma 12 PAH), překročilo v roce 2022 celkem 6 vzorků, z toho byl 1 vzorek z CHÚ (KRNP, Studniční hora).
- Obsahy PAH na monitorovaných plochách byly vyjádřeny pomocí TEF. TTEC tvoří přibližně 11 až 18 % z celkové sumy PAH.
- Největší podíl v sumě 12 PAH zaujímají FLT a PYR.
- Podíl BAP v sumě 12 PAH činí v roce 2022 přibližně 11 % 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 2022 jsou pro všechny pozorovací plochy uvedeny v příloze 9. Grafické znázornění obsahů jednotlivých pesticidů lze nalézt v přílohách 10–14, s výjimkou HCH, jehož hodnoty jsou pouze u dvou pozorovacích ploch vyšší než mez stanovitelnosti ($0,5 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš.). Popisnou statistiku výsledků uvádí tabulka 6 (a příloha 15); souhrnná deskriptivní statistika (2005–2022) je uvedena v příloze 18.

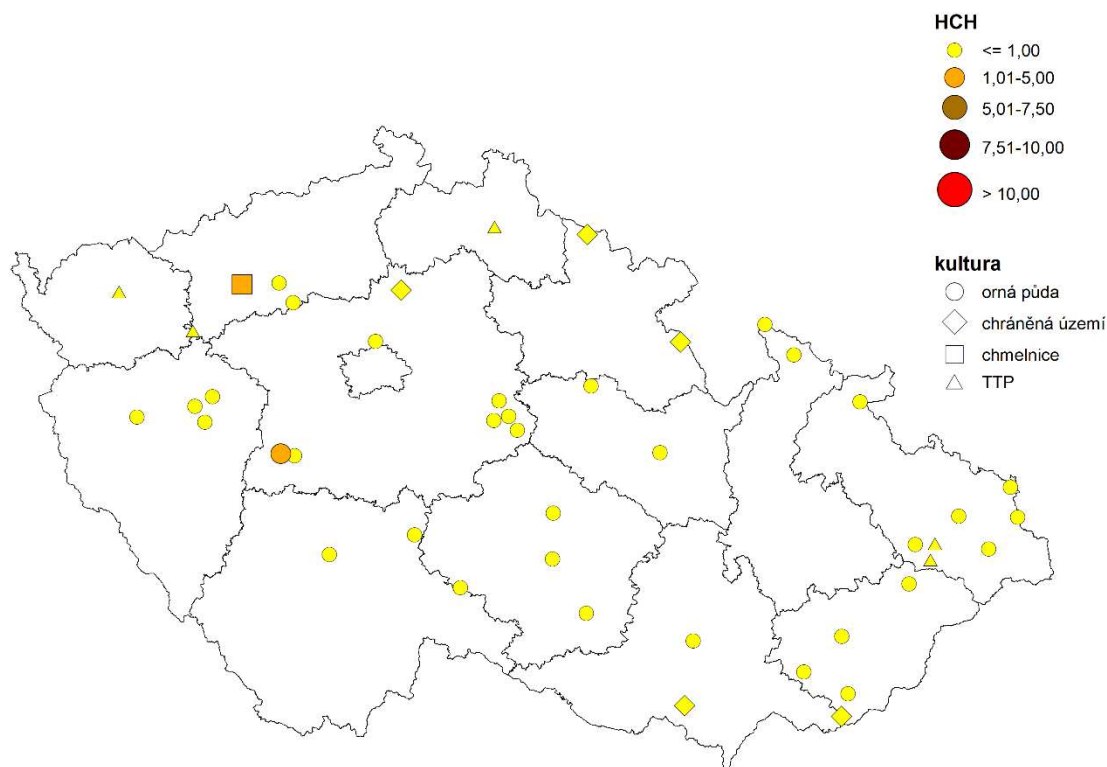
Tabulka 6 Základní statistická charakteristika jednotlivých OCP na monitorovacích plochách BMP v roce 2022 ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš., ornice)

		Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Počet
Orná půda	HCH	1,02	1,00	1,00	1,66	34
	HCB	2,48	1,93	< 0,50	8,36	34
	DDTtotal	27,3	14,7	1,98	149	34
Trvalé travní porosty	HCH	1,00	1,00	1,00	1,00	5
	HCB	4,89	2,10	< 0,50	18,2	5
	DDTtotal	26,0	11,6	1,50	84,5	5
Chráněná území	HCH	1,00	1,00	1,00	1,00	5
	HCB	1,20	0,66	< 0,50	3,58	5
	DDTtotal	12,6	5,50	1,50	42,0	5

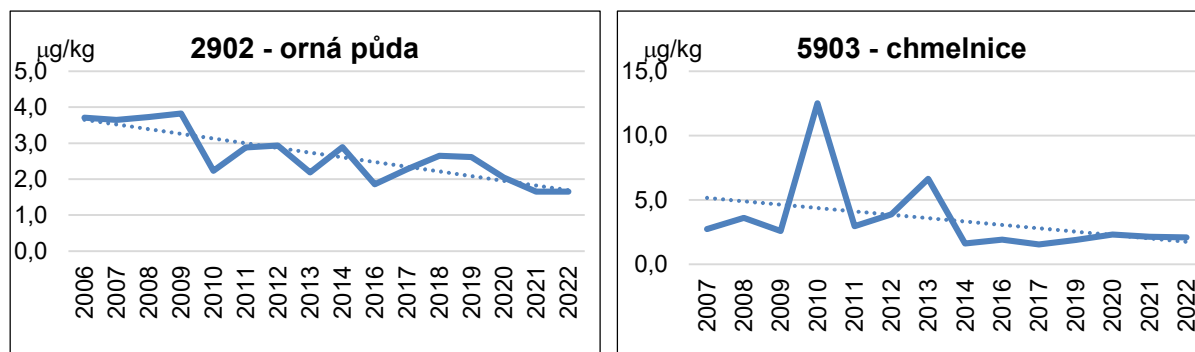
Obsahy **HCH** na plochách Bazálního monitoringu půd jsou dlouhodobě zanedbatelné. Mez stanovitelnosti (LOQ = 0,5 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš.) byla v roce 2022 překročena pouze v jednom vzorku orné půdy (2902KO) a na chmelnici (5903KO). Nálezy jsou opakované (obrázek 8). Ve vzorku z plochy 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 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš. (orňiční/svrchní horizont).

Obrázek 7 Obsahy HCH na monitorovacích plochách BMP v roce 2022 ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš.)

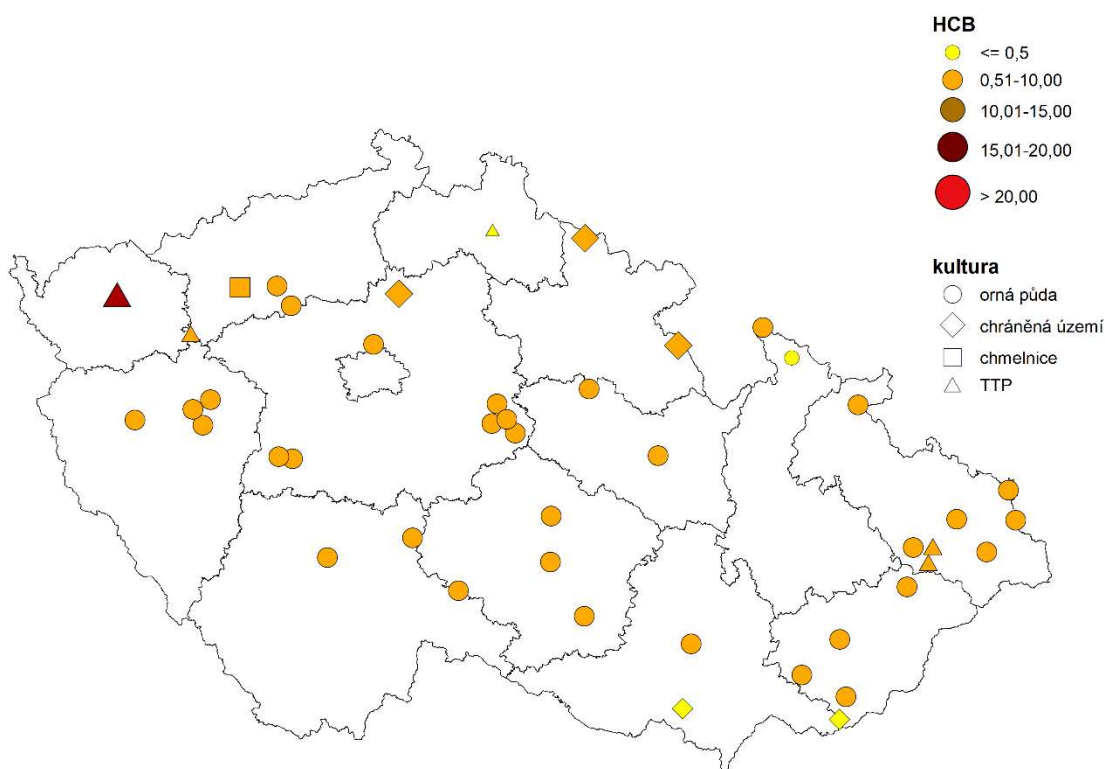


Obrázek 8 Obsahy HCH na plochách s opakovanými nálezy

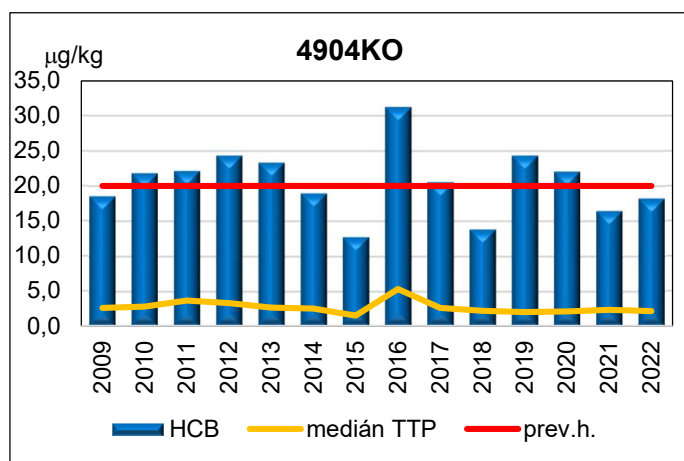


Od roku 2005 kolísají mediány obsahů **HCB** v ornici orných půd v rozmezí 1,73–3,93 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš. (medián vypočtený pro rok 2022: 1,93 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$). Rozsah mediánů obsahů HCB ve vzorcích trvalých travních porostů činí 1,48–5,28 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš. ve svrchním horizontu (medián 2022 činí 2,10 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$). Průběh i rozsah hodnot mediánů HCB na orné půdě a TTP je srovnatelný. Obsahy HCB v půdách chráněných území jsou nižší (rozsah mediánů od < 0,5 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš. do 1,46 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš.; v roce 2022 0,66 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 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 2022 ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš.)



Obrázek 10 Obsahy HCB na ploše 4904KO včetně mediánových a průměrných hodnot trvalých travních porostů



Preventivní hodnota pro obsah HCB v půdě je 20 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš; v roce 2022 nebyla ve vzorcích BMP překročena. Ve sledovaném souboru ploch byla preventivní hodnota od roku 2005 překročena celkem 11x, z toho 8x na ploše 4904KO (obrázek 10). Tato plocha byla zprovozněna až v roce 2009 jako náhrada za jinou plochu, která musela být zrušena z důvodu výstavby rodinných domů. Jedná se o trvalý travní porost.

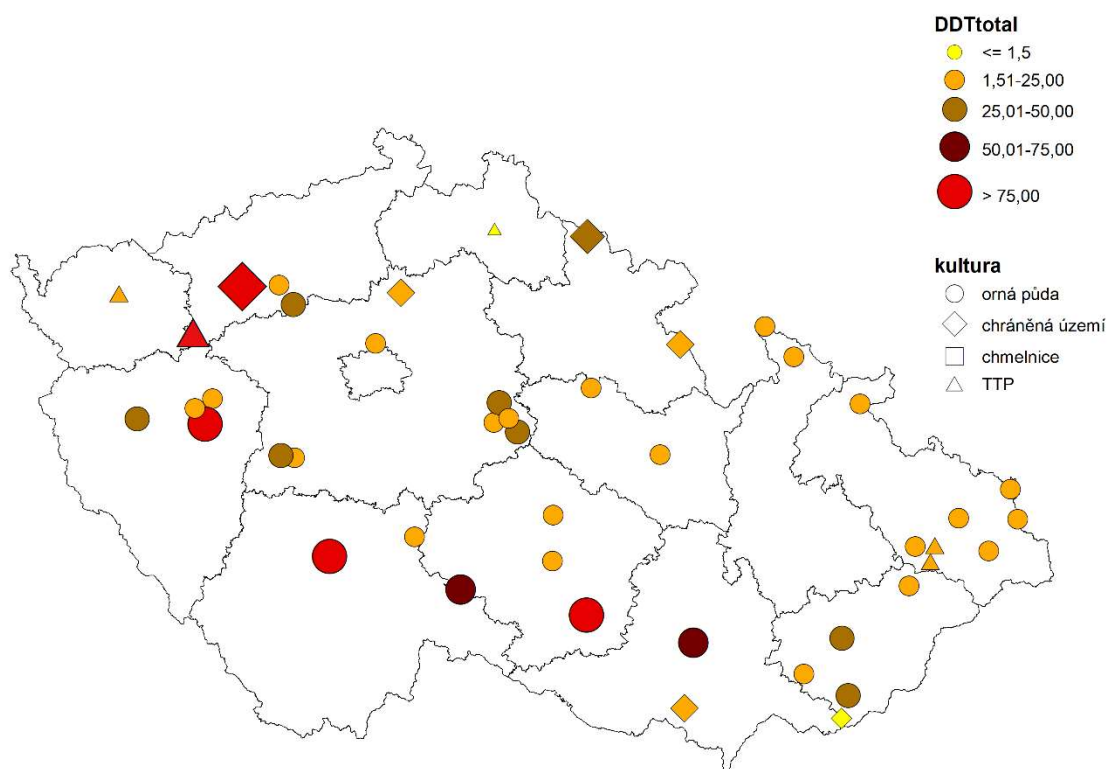
Mediány **sumy DDT** v orné půdě (suma o,p'- a p,p'- izomerů DDT) kolísají od roku 2005 v rozmezí 5,38–16,5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (2022: 7,11 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Mediány obsahů sumy DDT ve vzorcích půd z trvalých travních porostů kolísají ve svrchním horizontu v rozmezí 3,33 až 14,4 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (2022: 6,97 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Mediány DDT z chráněných území mají podobný průběh jako je tomu u TTP a orných půd, v roce 2022 medián činil 2,99 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.

Mediány **sumy DDE** v orných půdách kolísají v letech 2005–2022 mezi 4,70 a 13,3 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (2022: 6,52 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) a v půdách s TTP v rozmezí 3,46 až 15,2 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (2022: 5,15 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Průběh mediánů na orné půdě a TTP je, stejně jako v předchozích případech, velmi podobný, přičemž mediány TTP jsou nižší než u orné půdy. Půdy chráněných území vykazují nejnižší mediány DDE.

Obsahy **sumy DDD** na monitorovaných plochách (orná půda, TTP i chráněné území) jsou velmi nízké. V roce 2022 byly obsahy DDD nižší než LOQ nalezeny přibližně na 2/3 monitorovacích ploch.

Základní statistika k uvedeným parametrům je uvedena v příloze 15.

Obrázek 11 Obsahy **DDTtotal** na monitorovacích plochách BMP v roce 2022 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)



V příloze 15 jsou uvedeny také základní statistické parametry DDTtotal. Ve výsledcích z 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 (2005–2022) k překročení preventivní hodnoty, je graficky znázorněn v přílohách 16 a 17.

Počty vzorků, u nichž došlo k překročení preventivní hodnoty podle vyhlášky č. 153/2016 Sb. jsou uvedeny v tabulce 7. V roce 2022 došlo k překročení preventivní hodnoty pro sumu látek DDT na třech plochách s ornou půdou, na chmelnici a na jedné ploše TTP. Po přihlídnutí k nejistotě měření by požadavkům vyhlášky vyhověl vzorek z pozorovací plochy 5905KO (TTP). 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
HCB	20	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Σ DDT	75	7	7	8	6	6	8	7	5	8	4	3	5	5	5	4	5	4	4
HCH	10	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

Trvalé travní porosty																			
	prev.h.	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
HCB	20	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0
Σ DDT	75	1	0	2	1	3	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
HCH	10	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

Závěry

- V roce 2022 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 2022 $1,93 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Medián obsahu HCB ve vzorcích z trvalých travních porostů dosáhl $2,10 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Průběh i rozsah hodnot mediánů HCB na orné půdě a TTP je srovnatelný. Obsahy HCB v půdách CHÚ jsou 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 2022 činí, 7,11, 6,52 resp. $0,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ 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 2022 u parametru DDTtotal ve třech vzorcích orných půd a na chmelnici. 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
Celkem	52	68	71	70	70	90	100	100	100
Herbicidy	30	38	41	42	42	61	64	64	64
Fungicidy	20	22	22	22	22	21	27	27	27
Insekticidy	2	5	4	4	4	6	6	6	6
Metabolity	-	3	4	2	2	2	3	3	3

V půdních vzorcích BMP bylo v roce 2022 nalezeno celkem 48 účinných látek, z toho 22 herbicidů, 21 fungicidů, 2 insekticidy a 3 metabolity. Jejich přehled a základní statistické parametry jsou uvedeny v příloze 19. Příloha 20 zobrazuje počet nálezů jednotlivých účinných látek v roce 2022. V příloze 21 je zobrazeno 40 účinných látek, které se ve vzorcích vyskytly průměrně více než 1x v roce.

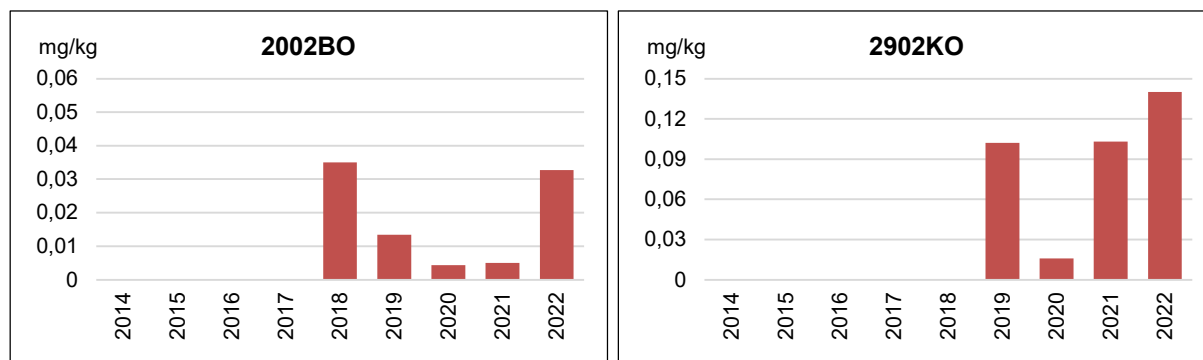
V loňském roce byl na 39 monitorovaných plochách detekován 2-hydroxyatrazin (metabolit atrazinu), a to i ve vzorcích z chráněných území (9002 Studniční hora, KRNP a 9003 Bukačka, CHKO Orlické hory). Podobně tomu bylo u 2-hydroxyterbuthylazinu (metabolit terbuthylazinu) – celkem 32 nálezů a opět i na plochách 9002 a 9003. Jedná se o látky s dlouhodobou nejvyšší četností nálezů v půdních vzorcích. 2-hydroxyatrazin vzniká z atrazinu, jehož použití v Evropské unii je od roku 2005 zakázáno. Atrazin však může být do půdy aplikován společně (jako nečistota) s terbuthylazinem, který atrazin nahradil. Mezi

další nečistoty terbuthylazinu patří i simazin, jehož použití je také zakázáno, sám o sobě nebyl dosud v žádném vzorku detekován, nicméně může tvořit stejné metabolity jako atrazin.

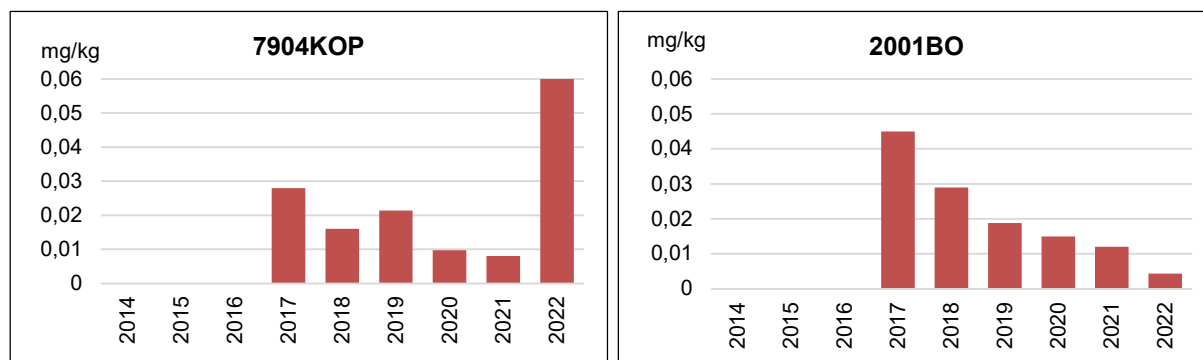
Na třetím místě se s 26 nálezy umístil diflufenikan. Jedná se o herbicid velmi perzistentní povahy, který je na monitorovaných plochách opakovaně detekován. Počty nálezů se zvýšily od roku 2020, kdy došlo ke snížení LOQ z 0,004 na současných 0,001 mg.kg⁻¹. V roce 2022 byl diflufenikan detekován dokonce na lokalitě v chráněné oblasti – 9001 (Kroužek, CHKO Kokořínsko) v koncentraci 0,002 mg.kg⁻¹; jedná se o dosud jediný nález v CHÚ. Příčinou by mohl být úlet z pole nacházejícího se asi 30 m od odběrového místa vzhůru po svahu. Toto je však pouze domněnka. Informace o aplikaci přípravku s diflufenikanem v roce 2021 jsou k dispozici pouze u tří monitorovacích ploch. Na obrázku 12 lze pozorovat, jak se každá aplikace na těchto plochách projevila. Obrázek doplňuje plocha 2001BO s pouhou jedinou aplikací v roce 2016 jako ukázka postupné degradace diflufenikanu v půdě.

Bohužel na základě detekovaného obsahu nelze určit, zda k aplikaci došlo v předchozím roce. Ve sledovaném souboru ploch byla od roku 2014 aplikace diflufenikanu potvrzena 29x, výše nálezů činí od 0,009 do 0,160 mg.kg⁻¹ (medián 0,049 mg.kg⁻¹).

Obrázek 12 Obsah diflufenikanu na vybraných monitorovacích plochách

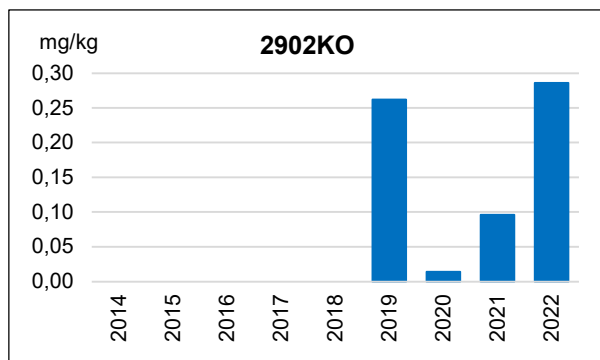


Na plochu 2002BO byl diflufenikan aplikován v roce 2017, 2018 a 2021, na plochu 2902KO v letech 2018, 2020 a 2021.



Na plochu 7904KOP došlo k aplikaci diflufenikanu v letech 2016 a 2022. Pouze jediná aplikace v roce 2016 proběhla na ploše 2001BO.

Pouze o jeden nález méně, tj. 25, mají tebukonazol a epoxykonazol – látky ze skupiny azolových pesticidů, v půdě perzistentní.

Obrázek 13 Obsah chlortoluronu na lokalitě 2902KO

Nejvyšší obsah byl detekován na ploše 2902KO, a to u látky chlortoluron (obrázek 13). Naměřený obsah činil $0,286 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. (Chlortoluron byl aplikován společně s diflufenikanem v přípravku Agility v letech 2017, 2018 a 2021. Lze pozorovat shodný průběh obsahů diflufenikanu na předcházejícím obrázku.) Ve většině případů lze po aplikaci chlortoluronu pozorovat relativně vysoký nález, který

ovšem v následujícím roce prudce klesá.

Na jednotlivých monitorovaných plochách bylo v roce 2022 detekováno 0–17 různých účinných látek.

Maximální počet detekovaných účinných látek (17) byl zjištěn na monitorovací ploše 2904KO.

Na třech lokalitách nebyla v roce 2022 detekována žádná účinná látka. Jedná se o dvě plochy v chráněných územích (9004 Děvín, 9005 Porážky) a jeden travní porost (5017BO). Na uvedených plochách v CHÚ byly doposud detekovány pouze dva metabolity (2 hydroxyterbuthylazin a 2-hydroxyatrazin), a to v roce 2020 v koncentracích těsně nad LOQ. 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 2022 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 2022 detekováno celkem 48 různých účinných látek, z toho 22 herbicidů, 21 fungicidů, 2 insekticidy a 3 metabolity. Nejčastěji byl ve vzorcích detekován metabolit atrazinu, 2-hydroxyatrazin, následovaný metabolitem terbuthylazinu 2-hydroxyterbuthylazinem, na více než 20 plochách byl nalezen diflufenikan, epoxykonazol a tebukonazol.
- Na jednotlivých monitorovacích lokalitách bylo v roce 2022 detekováno 0–17 účinných látek.
- Na každé monitorované ploše, včetně ploch v chráněných územích, byla v průběhu sledování detekována minimálně 1 účinná látka (2014–2022).

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.

K překročení preventivní hodnoty došlo na jedné lokalitě – 7901KO. Stejně tomu bylo i v předchozích třech měřeních. Obsahy C10-C40 naměřené v roce 2022 jsou vyšší, případně srovnatelné (u plochy 7902KO), než v předchozích letech.

Plochy, u nichž obsah C10-C40 překročil alespoň jedenkrát mez stanovitelnosti, jsou uvedeny v příloze 22.

Závěry

- V roce 2022 byl parametr C10-C40 stanoven v 5 půdních vzorcích.
- K překročení preventivní hodnoty došlo na jedné lokalitě.
- Obsahy C10-C40 naměřené v roce 2022 byly vyšší, než v předchozím měření.

1.4.1.6 Minerální dusík v půdě

Ladislav Kubík

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 9 Statistické vyjádření obsahů minerálního dusíku ve vzorcích z odběrů v roce 2022 (N-NO₃ v mg.kg⁻¹ sušiny, N-NH₄ v mg.kg⁻¹ sušiny, Nmin v mg.kg⁻¹ sušiny)

	Horizont	Počet vzorků	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	10% percent.	90% percent.
N-NO ₃	O	23	9,29	7,05	2,02	29,4	2,44	21,5
	P	23	7,26	5,89	1,46	21,8	2,39	15,0
N-NH ₄	O	23	4,28	2,10	< 0,20	16,7	0,39	13,5
	P	23	2,58	1,39	< 0,20	14,1	0,38	5,56
Nmin	O	23	13,6	11,3	4,52	29,8	5,77	25,1
	P	23	9,82	8,55	2,61	29,0	5,67	17,5

Statistické hodnocení obsahů N-NO₃, N-NH₄ a Nmin v půdách BMP pro roky 1993–2022 je uvedeno v příloze 23 a pro rok 2022 je v tabulce 9. Medián N-NO₃ z celé periody let pro orníční horizont má hodnotu 6,20 mg.kg⁻¹ (pro rok 2022 má hodnotu 7,05 mg.kg⁻¹). Podorníční vykazuje nižší obsahy, ale maximální hodnota byla dosažena vyšší než tomu bylo v případě ornice, a to 227 mg.kg⁻¹. Mediány amonného dusíku jsou v porovnání s nitrátovým dusíkem nižší v horizontu O (2,80 mg.kg⁻¹ – 1993–2022; 2,1 mg.kg⁻¹ – 2022) i P (1,97 mg.kg⁻¹ – 1993–2022; 1,39 mg.kg⁻¹ – 2022). V případě hodnot mediánů nitrátového dusíku v ornici v roce 2022 jsou tyto vyšší oproti celé sledované periodě let 1993–2022, ale hodnoty amonného dusíku jsou nižší. Zároveň byly v ornici naměřeny i vyšší mediánové hodnoty Nmin.

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-NO₃ 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 10).

Tabulka 10 Hodnocení obsahu N-NO₃ v půdě (mg.kg⁻¹)

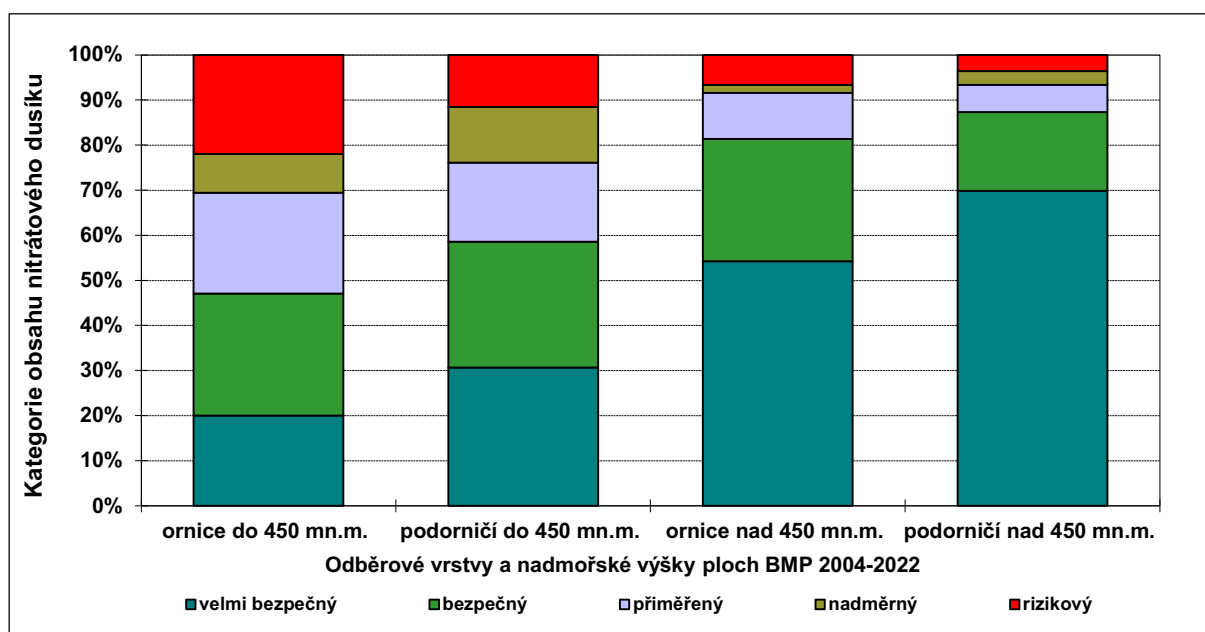
obsah N-NO ₃	do 450 m n. m.	nad 450 m n. m.
velmi bezpečný	do 5,0	do 4,0
bezpečný	5,1 – 10,0	4,1 – 8,0
přiměřený	10,1 – 15,0	8,1 – 12,0
nadměrný	15,1 – 20,0	12,1 – 16,0
rizikový	nad 20,1	nad 16,1

Tabulka 11 Statistické vyjádření obsahů minerálního dusíku ve vzorcích ze stálého počtu 23 ploch BMP v letech 2004–2022 s rozdělením ploch podle nadmořské výšky (mg.kg⁻¹ sušiny)

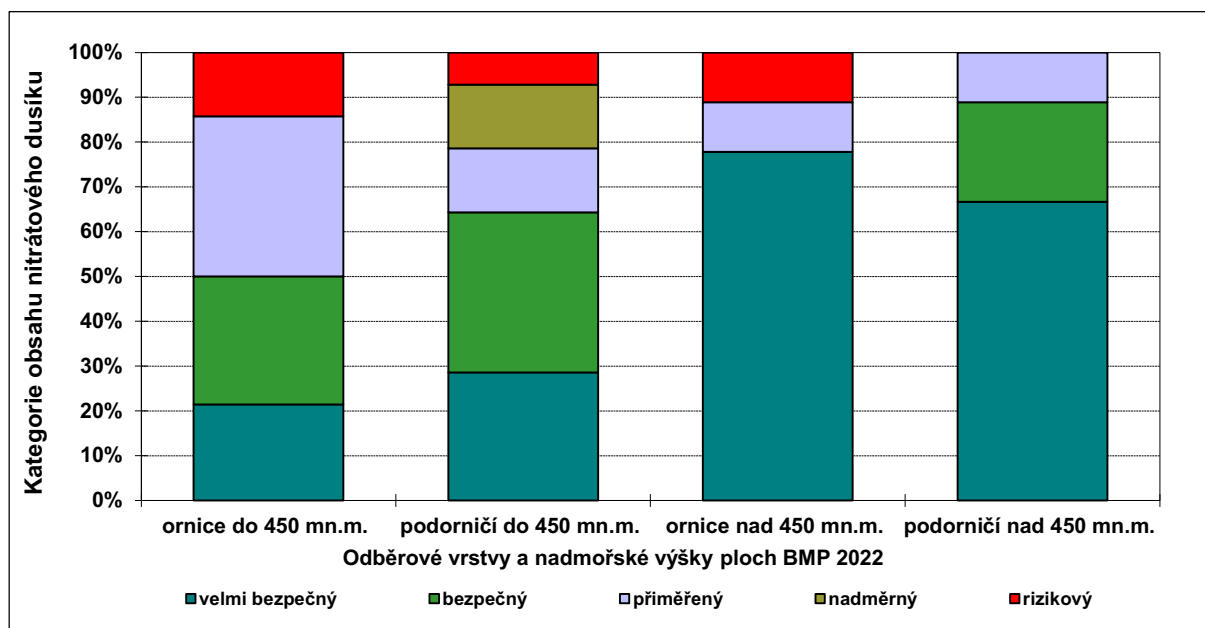
Nadm. výška		Horizont	Počet vzorků	Průměr	Medián	Min.	Max.	10% percent.	90% percent.
< 450	N-NO ₃	O	255	13,7	10,5	0,53	94,3	3,7	27,0
		P	249	10,3	8,2	< 0,20	83,1	2,1	21,2
	N-NH ₄	O	251	1,7	0,96	< 0,20	15,6	< 0,20	4,11
		P	249	1,2	0,66	< 0,20	16,9	< 0,20	2,54
	Nmin	O	255	15,4	12,1	1,10	94,8	4,90	29,2
		P	249	11,5	9,10	0,20	83,9	2,50	23,3
> 450	N-NO ₃	O	166	7,08	4,66	0,74	69,1	1,97	13,4
		P	166	4,94	2,38	< 0,20	38,7	0,91	11,8
	N-NH ₄	O	166	6,62	5,73	< 0,20	22,9	1,68	12,3
		P	166	2,75	2,29	< 0,20	10,0	0,70	5,46
	Nmin	O	166	13,7	12,2	2,70	77,1	6,63	22,1
		P	166	7,68	6,00	< 0,20	40,0	2,80	14,4

Rozdělení oblastí podle nadmořských výšek bylo použito pro hodnocení odběrů z let 2004–2021, kdy byly odběry vzorků prováděny každoročně na stálém počtu 23 ploch (tabulka 11). 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 podorníci u oblastí s nadmořskými výškami nad 450 m).

Obrázek 14 Procentické zastoupení vzorků v jednotlivých kategoriích obsahů N-NO₃ v ornici a podorníci 23 stálých ploch BMP, 2004–2022



Obrázek 15 Procentické zastoupení vzorků v jednotlivých kategoriích obsahů N-NO₃ v ornici a podorničí 23 stálých ploch BMP, 2022



Rozčlenění na jednotlivé kategorie podle obsahů nitrátového dusíku z tabulky 11 bylo použito ke grafickému zobrazení zjištěných obsahů N-NO₃ v půdě z let 2004–2022 a z roku 2022 (obrázek 14, 15). 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. Obrázky 14 a 15 ukazují velmi zřetelný rozdíl mezi oblastmi. U oblastí s nadmořskými výškami nad 450 m n. m. v periodě let 2004–2022 v kategoriích bezpečných obsahů (velmi bezpečný a bezpečný) se nalézají více jak 80 % vzorků odebraných jak v ornici, tak v podorničí, naproti tomu v oblastech do 450 m n. m. je to pouze 47 % (ornice) do 59 % (podorničí). Podobný rozdíl platí i u odběrů z roku 2022, kde je rozdíl mezi oblastmi ještě zřetelnější.

Závěry

- Minerální dusík je na plochách BMP stanovován od roku 1993.
- Medián souboru 1224 vzorků z let 1993–2022 měl pro nitrátový dusík v ornici hodnotu 6,20 mg.kg⁻¹ a pro amonný dusík 2,80 mg.kg⁻¹; pro rok 2022 hodnotu 7,05 mg.kg⁻¹ – nitrátový dusík a 2,10 mg.kg⁻¹ – amonný dusík. Podorničí za rok 2022 vykazuje nižší obsahy pro nitrátový, ale vyšší obsahy pro amonný dusík v porovnání s celkovými mediány 1993–2022. V roce 2022 byly hodnoty nitrátového dusíku oproti letům 1993–2022 v ornici vyšší a hodnoty amonného dusíku nižší.
- 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).
- V letech 2004–2022 byly zjištěny vyšší obsahy nitrátového dusíku ve vzorcích z oblastí do 450 m n. m. jak v ornčním, tak i podorničním horizontu než v oblastech nad 450 m n. m. Obsahy amonného dusíku ve sledovaném období byly

vyšší v oblastech nad 450 m n. m. jak v ornici tak i v podorničí oproti oblastem do 450 m n. m.

- Porovnání obsahů nitratového dusíku podle kategorií ve vzorcích z roku 2022 ukázalo, že se v podorničí nad 450 m. n. m nevyskytuje kategorie rizikový obsah oproti periodě let 2004–2022.

1.4.1.7 Monitoring mikrobiálních parametrů půd ČR

Stanislav Malý

Během prvního týdne měsíce října bylo odebráno 39 vzorků orných půd a půd trvalých travních porostů z ploch bazálního půdního monitoringu ÚKZÚZ a pět půd trvalých travních porostů (TTP) ze sítě pozorovacích ploch CHKO. Přehled laboratorních analýz uvádí tabulka 12.

Tabulka 12. Přehled analýz provedený v rámci monitoringu mikrobiálních vlastností půd ČR v roce 2022 (OdMB – Národní referenční laboratoř, Oddělení mikrobiologie a biochemie).

metoda	počet vzorků	pracoviště ÚKZÚZ
oxidovatelný uhlík	44	OdMB Brno
pH (KCl)	44	Odbor NRL Brno
zrnitostní rozbor	44	Odbor NRL Brno
kationtová výměnná kapacita	44	Odbor NRL Brno
uhlík mikrobiální biomasy	44	OdMB Brno
dusík mikrobiální biomasy	44	OdMB Brno
bazální respirace titračně	44	OdMB Brno
bazální respirace systémem OxiTop	44	OdMB Brno
substrátem indukovaná respirace systémem OxiTop	44	OdMB Brno
růstové křivky: specifická růstová rychlost (μ)	44	OdMB Brno
amonifikace	44	OdMB Brno
nitrifikační aktivita	44	OdMB Brno
aktivita ureázy	44	OdMB Brno
restrikční analýza fragmentu genu amoA	24	OdMB Brno
aktivita vybraných půdních enzymů (6)	44	OdMB Brno
vodou extrahovatelný C	44	OdMB Brno
horkou vodou extrahovatelný C	44	OdMB Brno

Hodnocení dat bylo zaměřeno na změny v obsahu organické hmoty v půdě v souvislosti se změnou obhospodařování. Statistická analýza byla provedena na oxidovatelném C (Cox) a horkou vodou extrahovatelném C (HWSC). Zatímco v prvním případě se prakticky jedná o celkový organický C, ve druhém jde většinou o vysokomolekulární látky (např. proteiny) vázané na povrchích minerálních částic. Kvantitativně tato frakce tvoří jednotky procent Cox. Cílem hodnocení bylo zjistit, s jakou přesností lze půdy klasifikovat na základě obou uvedených parametrů jako orné a TTP. Získané kritérium bylo následně použito pro odhad stavu akumulace půdní organické hmoty v půdách, kde v minulosti došlo ke změně obhospodařování.

Sada dat získaná na 72 orných půdách a 22 půdách TTP půdního bazálního monitoringu byla náhodně rozdělena přibližně na poloviny (trénovací sada, testovací sada). Trénovací sada byla použita pro nalezení optimálního kritéria pro klasifikaci půd a druhá pro ověření modelu. Orné půdy byly z hlediska statistické analýzy označeny jako negativní, půdy TTP jako pozitivní. Celkově nastaly čtyři případy: skutečně negativní (správně klasifikovaná orná půda, značíme TN), falešně pozitivní (orná klasifikovaná jako TTP, FP), skutečně pozitivní (správně

klasifikovaná TTP, TP) a falešně negativní (TTP hodnocená jako orná, FN). Následně byly vypočítány dvě statistiky: sensitivita jako poměr $TP/(TP+FN)$ a specifická (TN/(TN+FP)). V prvním případě se jedná o podíl správně klasifikovaných půd TTP, ve druhém o podíl správně hodnocených orných půd. Řada vzrůstajících hodnot Cox a HWSC byla testována jako potenciální klasifikační kritérium. Pokud nalezená hodnota Cox/HWSC byla nižší než daná hodnota, půda byla označena jako orná, v opačném případě jako TTP. Porovnáním se skutečnými daty byla vypočtena sensitivita a specifická. Navržené kritérium pro klasifikaci vycházelo z vážené optimalizace sensitivity a specificity, přičemž vyšší specifická znamená nižší specifická a naopak. Celý tento postup byl opakován pětkrát, výsledkem byly průměrné hodnoty obou statistik (tabulka 13). Tyto hodnoty byly ověřeny na testovací sadě dat.

Tabulka 13. Výsledky klasifikace půd do kategorií Orná / TTP v testovací sadě na základě analýz trénovací sady dat. Význam zkratk je uveden v textu.

metoda	statistika	hodnota
Cox	klasifikační kritérium	2,57 %
	sensitivita	0,82
	specifická	0,93
	TP	8,40
	TN	35,2
	FP	2,60
	FN	1,80
HWSC	klasifikační kritérium	1,09 mg/g
	sensitivita	0,84
	specifická	99,5
	TP	8,60
	TN	37,60
	FP	0,20
	FN	1,60

Výsledky uvedené v tabulce 13 ukazují, že pro oba parametry, Cox i HWSC, lze nalézt věrohodná klasifikační kritéria. Více než 80 % orných půd a 90 % TTP testovací sady bylo tímto způsobem správně zařazeno. Výsledky ukázaly, že HWSC byl citlivější parametr vzhledem ke způsobu obhospodařování než Cox, zejména je to patrné v případě specificity, která byla v tomto případě vyšší než 90 %. Pravděpodobně se jedná o důsledek těsnějšího vztahu HWSC k půdní biologii, která reaguje rychleji na změny podmínek. Vzhledem k malému počtu půd se jedná pouze o hrubé kritérium, vyšší počty vzorků umožní do klasifikace zahrnout i fyzikálně-chemické parametry. Uvedený postup nicméně ukazuje funkční přístup k nalezení kritické hodnoty pro klasifikaci půd na základě daného parametru a validaci tohoto postupu.

Výsledky statistické analýzy půd se změnou obhospodařování ukázaly, že dvě plochy původně vedené jako TTP (6013, 6021) vykazují vzhledem k obsahu organické hmoty vlastnosti půd orných (tabulka 14). Protože od změny uplynulo 18 a 24 let, jedná se o očekávaný výsledek. Celkem na 15 plochách došlo k zatravnění orné půdy. Výsledky ukázaly, že přibližně 20 let je doba, za kterou hodnoty Cox a HWSC dosáhnou úrovně charakteristické pro TTP. Za bližší

povšimnutí stojí lokality 3011, 6005 a 7042. Půda na ploše 3011 odpovídá TTP, přestože mezi zatravněním a vzorkováním uplynulo pouze 6 let. Vysvětlení pravděpodobně spočívá v aktivní mikroflóře. Obsah celkové mikrobiální biomasy a její aktivní složky stanovené pomocí substrátem indukované respirace, stejně jako bazální respirace, odpovídají TTP. Příčina tohoto jevu ale není jasná. Naopak půdy z původně orných ploch 6005 a 7042, které byly zatravněny 27 a 22 let před vzorkováním, vykazují obsahy Cox a HWSC blížíci se půdám orným. Zejména v případě HWSC nicméně téměř dosahují kritické hodnoty 1,09 mg/g. V případě plochy 6005 se může částečně jednat o vliv nižší hodnoty pH (3,9), která inhibuje mikrobiální aktivitu.

Popsané hodnocení ukázalo možnosti využití základní techniky statistického učení pro binární klasifikaci půd na základě naměřeným půdních vlastností.

Tabulka 14. *Výsledky klasifikace půd se změnou obhospodařování na základě Cox a HWSC. TO: změna TTP na ornou půdu, OT: změna orné půdy na TTP, Od – první rok změny obhospodařování, Doba – počet roků mezi změnou obhospodařování a odběrem. Data jsou seřazena podle směru změny obhospodařování a doby, která uplynula mezi prvním rokem po změně a odběrem. Klasifikační kritéria jsou uvedena v tabulce 13.*

Plocha	Změna	Cox [%]	HWSC [mg.g ⁻¹]	Cox	HWSC	Od	Odběr	Doba
6013	TO	2,17	0,73	Orná	Orná	2001	2019	18
6021	TO	2,27	0,72	Orná	Orná	1995	2019	24
3011	OT	2,49	0,97	Orná	Orná	2015	2021	6
3003	OT	3,82	1,62	TTP	TTP	2011	2019	8
4012	OT	1,50	0,78	Orná	Orná	2008	2019	11
8020	OT	1,56	0,81	Orná	Orná	2010	2021	11
2017	OT	1,70	0,68	Orná	Orná	2005	2020	15
4011	OT	1,93	1,00	Orná	Orná	2005	2020	15
3004	OT	2,42	1,33	Orná	TTP	2004 ¹	2020	16
5010	OT	2,07	0,96	Orná	Orná	2004	2021	17
2018	OT	2,77	1,00	TTP	Orná	1998	2020	22
7042	OT	2,30	1,02	Orná	Orná	1999	2021	22
8011	OT	2,88	1,21	TTP	TTP	1998	2020	22
8007	OT	2,79	1,45	TTP	TTP	1996	2019	23
5007	OT	4,28	1,81	TTP	TTP	1998	2021	23
6022	OT	2,88	1,32	TTP	TTP	1994	2020	26
6005	OT	2,19	1,07	Orná	Orná	1993	2020	27

¹Travní porost od 1998 s ročním přerušením v roce 2003 (triticale).

1.4.1.8 Monitoring rostlinné produkce – obsahy rizikových prvků v rostlinách

Lenka Prášková

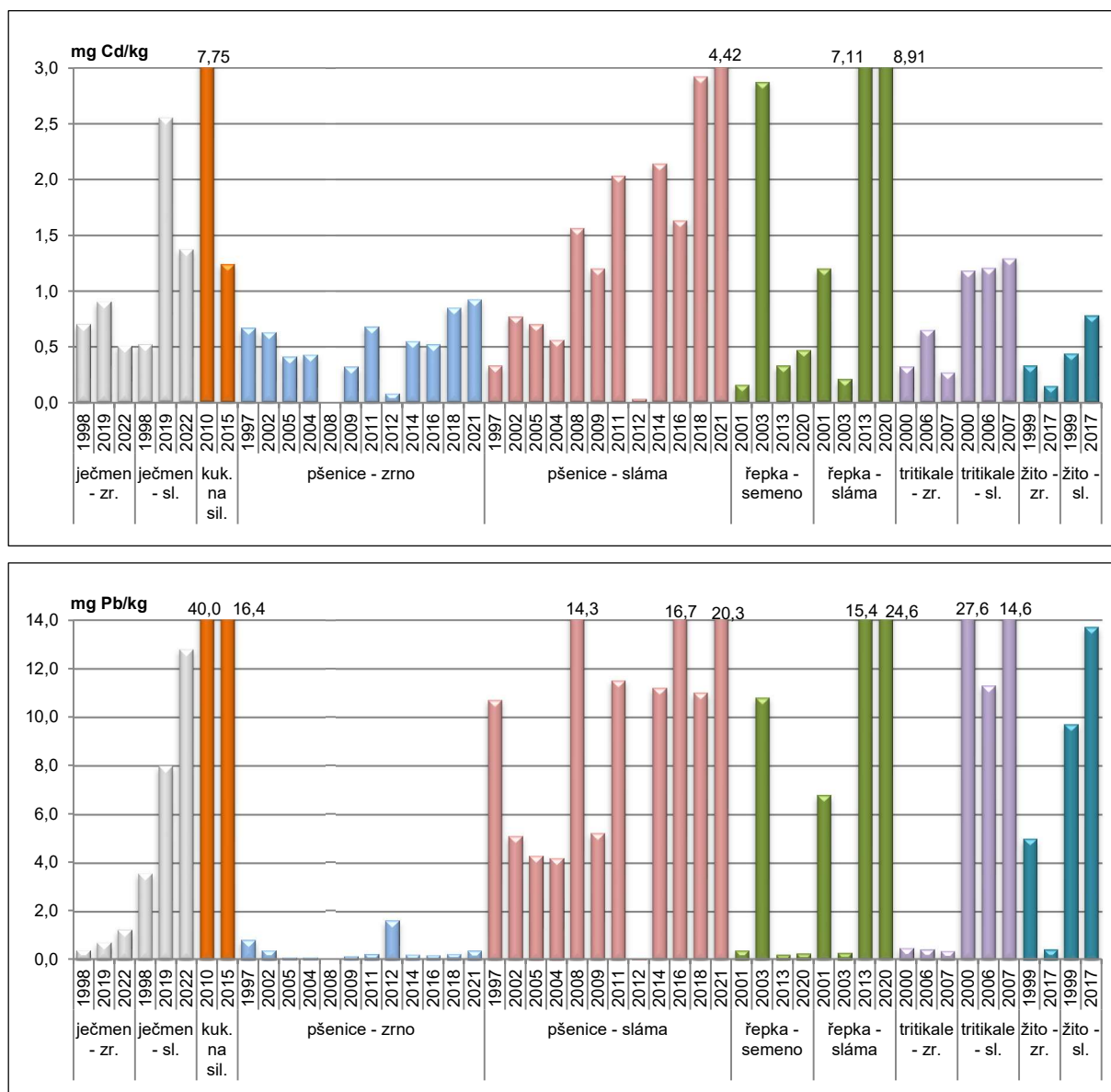
V roce 2022 bylo analyzováno 85 vzorků rostlin z 52 lokalit. V příloze 24 jsou uvedeny výsledky měření obsahů rizikových prvků v rostlinách z pozorovacích ploch Bazálního monitoringu půd. Pro celé období sledování (1997–2022) byly vypočítány průměrné obsahy rizikových prvků v rostlinách (příloha 25). 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).

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. Nově jsou Nařízením stanoveny limitní obsahy pro olejnatá semena řepky ($0,15 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$), hořčice ($0,30 \text{ mg.kg}^{-1}$), slunečnice ($0,50 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$) a máku ($1,20 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$); zpřísněny jsou limitní hodnoty u zrna obilovin (např. u pšenice obecné došlo ke změně z $0,2$ na $0,1 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$, u žita a ječmene z $0,1$ na $0,05 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$); 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 z hlediska potravin bylo i po započtení nejistoty měření v roce 2022 shledáno 7 vzorků. Dva vzorky zrna ječmene ozimého (z plochy 2902KO a 8010BO), dva vzorky zrna pšenice ozimé (z plochy 6904KO a 7901KO), jeden vzorek zrna pšenice jarní (z plochy 2901KO), jeden vzorek zrna ovsa (z plochy 5002B) a jeden vzorek semene máku (z plochy 7041B). Ve vzorku z pozorovací plochy 2902KO byla zároveň překročena nejvyšší přípustná hodnota pro obsah kadmia i pro obsah olova. Stejná situace s překročením limitů u obou prvků na této ploše byla i loni, kdy na ploše byla pěstována pšenice ozimá. Jaké jsou zjištěné obsahy kadmia v pěstovaných plodinách na této ploše, dokládá obrázek 16. Semeno máku plně vyhovělo hodnocení Nařízení Komise (ES) č. 1881/2006, ale nevyhovělo hodnocení podle vyhlášky č. 329/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů, které navíc limituje i obsah arzenu a rtuti. Právě rtuť zde byla nadlimitní (limitní hodnota je $0,012 \text{ mg Hg.kg}^{-1}$; zjištěný obsah po započtení nejistoty byl $0,080 \text{ mg Hg.kg}^{-1}$). Nově je možno od roku 2021 hodnotit semeno řepky, které má v Nařízení určený limitní obsah a to pro kadmium ($0,15 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$). V monitoringu byla na celkem 6 plochách v roce 2022 pěstována řepka. Z odebraných vzorků žádný nepřekročil limitní hodnotu.

Z hlediska krmiv, jejichž limity jsou stanovené Směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2002/32/ES ve znění Nařízení Komise (EU) 2017/2229, byly nadlimitní 3 vzorky (1x sláma kukuřice na zrno, 1x sláma pšenice ozimé – u obou byl nadlimitním prvkem byl arzén, 1x sláma ječmene ozimého – nadlimitním prvkem bylo olovo). Vzorky pocházely z kontaminovaných ploch – 2904KO, 6904KO, 2902KO). Vzorek slámy ječmene ozimého pocházel z plochy 2902KO, kde bylo zjištěno nadlimitní také zrno z hlediska potravin (viz text výše). Pokud by sláma kukuřice na zrno a sláma pšenice ozimé byly použity jako rostlinné moučky, které mají vyšší povolený obsah arzenu (4 mg.kg^{-1}), pak by tyto vzorky požadavkům vyhlášky vyhověly. Bulva a chrást řepy cukrové byly hodnoceny jako krmiva podle limitů pro krmné suroviny a pícniny a byly podlimitní.

Obrázek 16 Obsahy kadmia a olova v pěstovaných plodinách na ploše 2902KO v letech 1997–2022, mg.kg⁻¹


V roce 2022 byl celkem v 10 vzorcích zjištěn nadlimitní obsah prvku (7 vzorků hodnocených jako potraviny a 3 vzorky hodnocené jako krmiva).

Vzorky rostlin s překročenými limitními hodnotami u jednotlivých plodin uvádí příloha 26. V příloze 27 jsou uvedeny limitní hodnoty vycházející z platných Nařízení.

Závěry

- V roce 2022 byla provedena analýza 85 vzorků rostlin z 52 pozorovacích ploch BMP.
- V deseti případech došlo k překročení limitních hodnot; a to jak u rostlinných produktů k potravinářskému využití, tak pro využití z hlediska krmiv.
- K překročení limitních hodnot došlo v pěti případech z osmi 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 od července 2022 také 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. Jedná se o obdobný systém jako u hnojiv ES (podle Nařízení EP a Rady (ES) č. 2003/2003), která bylo možné uvádět do oběhu (a případně zveřejnit v Registru hnojiv) do července 2022.

Podle zákona o hnojivech bylo vydáno celkem 547 rozhodnutí v režimu registrace a ohlášena byla 393 hnojiva. V režimu vzájemného uznávání bylo ohlášeno 116 výrobků, dále bylo evidováno 18 hnojiv ES a 61 CE hnojivo.

V rámci odborného dozoru bylo odebráno celkem 277 vzorků, z toho 169 registrovaných hnojiv, 18 ohlášených hnojiv, 64 hnojiva ES, 10 vzájemně uznaných výrobků a 16 hnojiv určených k aplikaci na vlastní pozemky. Na základě nevyhovujících výsledků analýz vzorků byla zrušena 4 rozhodnutí o registraci a 1 ohlášení hnojiva. Důvodem bylo kromě nevyhovujících jakostních ukazatelů také překročení limitu rizikových prvků (tabulka 15). Dále bylo zahájeno správní řízení u 4 hnojiv ES a 1 vzájemně uznaného výrobku.

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. Nejčastějším důvodem zamítnutí programů bylo zamýšlené použití kalů na půdách s velmi vysokou zásobou fosforu a v ochranných pásmech vodních zdrojů.

Tabulka 15 Hnojiva, u nichž byly v roce 2022 zjištěny nadlimitní obsahy rizikových prvků (červeně vyznačen limit rizikových prvků)

Výrobek	Překročení limitů rizikových prvků (v mg prvku/kg vysušeného vzorku)
Kompost	Cd (2,78/ 2,0)
Kompost	Ni (50,7/ 50)

Tabulka 16 Cílené kontroly v roce 2022 – 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	103 (2/1)	Cd (2,78/ 2,0) Ni (50,7/ 50)
Digestáty	17 (-/1)	
Statková hnojiva	12 (-/-)	

1.4.3 Monitoring kalů ČOV

Lenka Prášková, Ladislav Kubík

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 2022 byly vzorky kalů odebrány v jarním a letním 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), chrómu (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 nebylo v roce 2022 provedeno.

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. K novelizaci vyhlášky při zachování původního čísla došlo k 1.1.2023, přičemž limitní hodnoty prvků a organických polutantů zůstaly nezměněny.

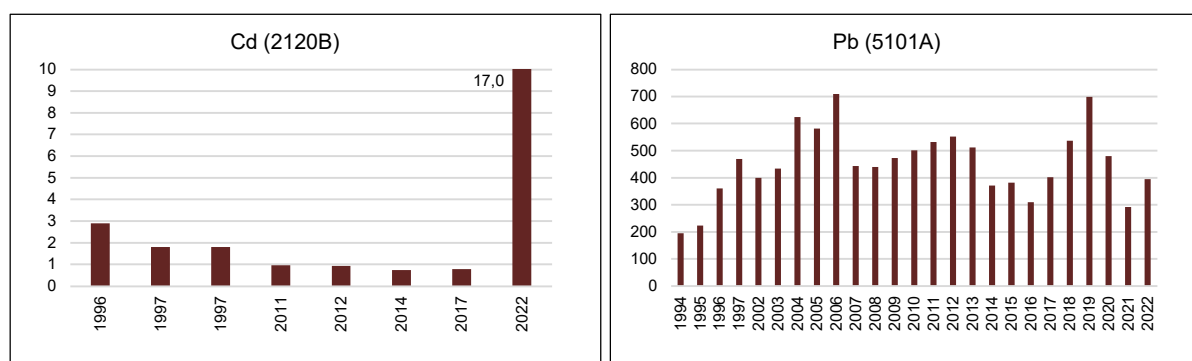
Jednotlivé ČOV jsou uváděny pod interními kódy.

1.4.3.1 Rizikové prvky v kalech

Statistické vyhodnocení obsahů rizikových prvků v kalech ČOV za rok 2022 je uvedeno v příloze 28. Byly odebrány vzorky z 11 krajů. Nebyl zastoupen kraj Hlavní město Praha, Královéhradecký a Moravskoslezský. Příloha 29 graficky zobrazuje průměry a mediány obsahů rizikových prvků v jednotlivých krajích. V kraji Ústeckém a Karlovarském byly v roce 2022 nalezeny nejvyšší hodnoty obsahů rizikových prvků Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Zn (kraj Ústecký) a As, Be, V (kraj Karlovarský). Tento výskyt je však ovlivněn faktem, že v uvedených krajích bylo odebráno pouze po jednom vzorku kalu. Kraj Středočeský se vyznačoval velkým rozdílem mezi průměrným obsahem a mediánem u kadmia (průměr byl 4,25 mg .kg⁻¹ a medián 1,04 mg .kg⁻¹). V tomto kraji bylo odebráno pět vzorků, přičemž čtyři z nich měly obsahy mezi 0,62 a 1,76 mg .kg⁻¹. Příčinou vysokého rozdílu mezi středními hodnotami byl kal s označením 2120B, který dosáhl obsahu 17,0 mg Cd.kg⁻¹, což je více než trojnásobek limitní hodnoty (limitní hodnota podle vyhlášky č. 273/2021 Sb. je 5 mg Cd.kg⁻¹). Kal z této ČOV byl odebírán i v minulých letech; jeho vývoj co se týče obsahu hodnot Cd dokumentuje obrázek 17. Pro vysoký obsah bude vzorek kalu z ČOV pro monitoring znovu odebrán v roce 2023. Nicméně kal z této 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. Podle této normy by uvedený kal doporučení z hlediska obsahu kadmia ve vstupující surovině nevyhověl. Norma udává hodnotu pro vstupující surovinu 13 mg Cd.kg⁻¹. V příloze

30 je uveden výčet všech ČOV, na kterých byl v roce 2022 zjištěn nadlimitní výskyt sledovaných RP. Téměř dvojnásobek limitní hodnoty a to u olova dosáhl kal z ČOV s označením 5101A z Libereckého kraje ($395 \text{ mg Pb.kg}^{-1}$, limitní hodnota je $200 \text{ mg Pb.kg}^{-1}$). Tato ČOV zároveň vykazala v obsahu Pb nejvyšší hodnotu mediánu za uplynulých 10 let vzorkování (obrázek 17, 18).

Obrázek 17 Vývoj obsahu rizikového prvku v kalech dané ČOV v letech, který ve vzorku kalu v roce 2022 několikanásobně převyšoval limitní hodnotu danou vyhláškou č. 273/2021 Sb., mg.kg^{-1}



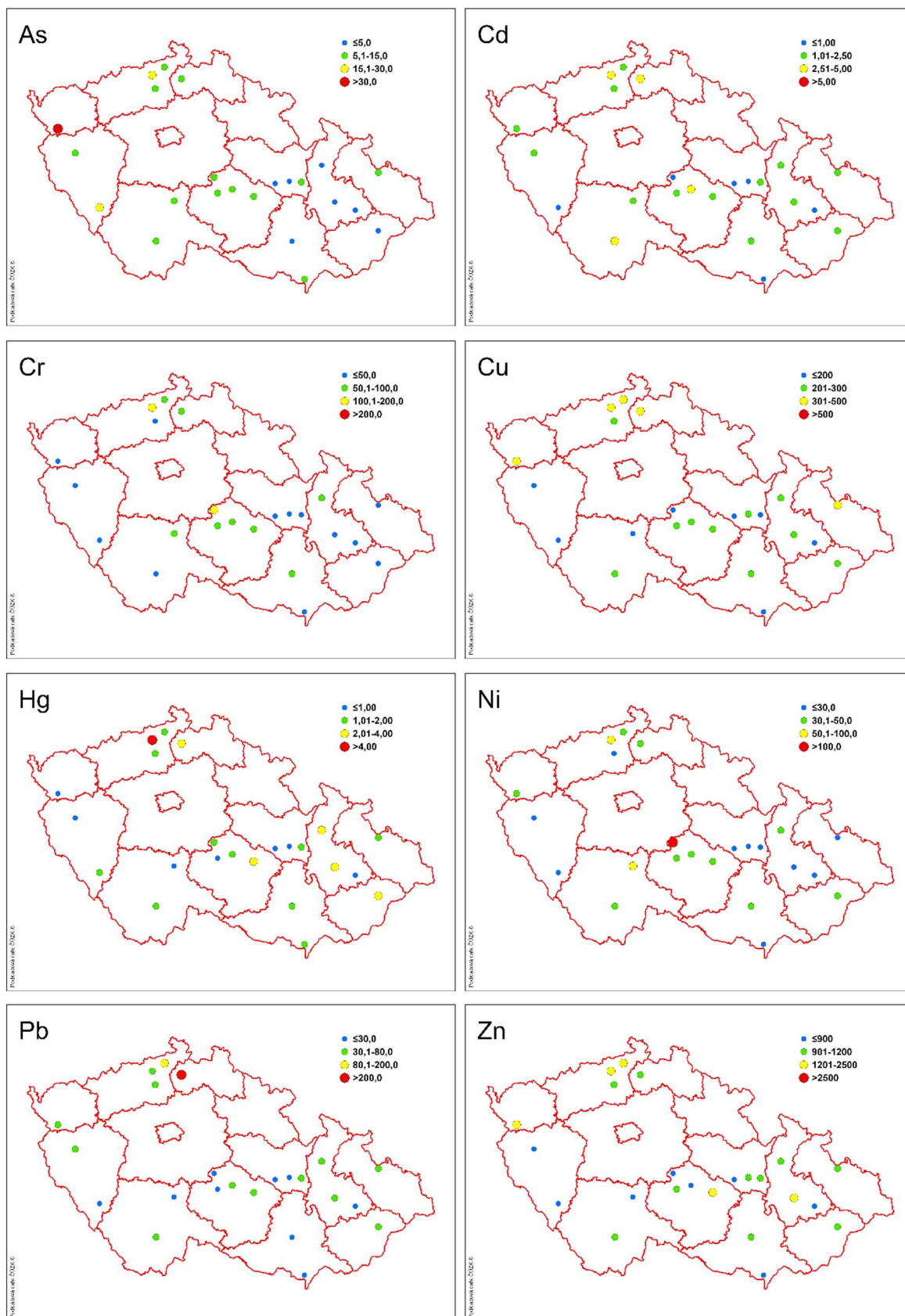
Přehled počtu vzorků kalů s nadlimitním obsahem rizikových prvků uvádí tabulka 15. Z této tabulky je patrné, že z celkových odebraných 40 vzorků kalů bylo 6 vzorků nadlimitních a u těchto vzorků bylo zjištěno 7 překročení limitních obsahů rizikových prvků. Ze 40 vzorků nejvíce krát překročil limitní hodnotu chrom (2 překročení, což odpovídá 5 % vzorků) a nikl (2 překročení, 5 % vzorků).

Tabulka 15 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

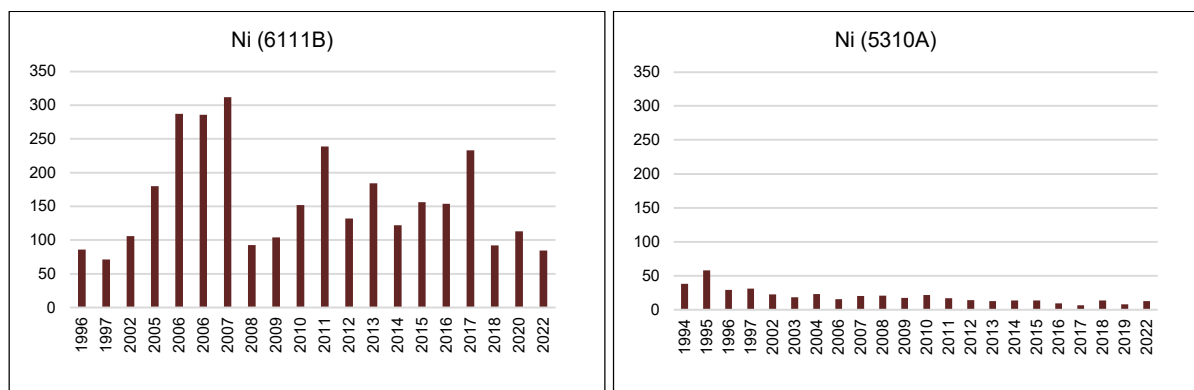
Rok 2022	Počet nadlimitních prvků								Počet vzorků kalů z ČOV		
	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	Celkem	Z toho nadlimitní	
										počet	%
	1	1	2	0	0	2	1	0	40	6	15,0

Hodnoty mediánů jsou graficky znázorněny na obrázku 18, a to u těch ČOV, které byly odebrány 8–10x za posledních 10 let. Celkem se jedná o 23 ČOV. Z obrázku je patrné, že soubor 23 ČOV měl z hlediska mediánů obsahů Cr a Ni za uplynulou dekádu největší zastoupení v kategoriích nízkých obsahů; chrom v kategorii obsahů $1\text{--}50 \text{ mg.kg}^{-1}$, kategorie byla obsazena počtem 13 ČOV (57 %) a nikl v kategorii obsahů $1\text{--}30 \text{ mg.kg}^{-1}$ (10 ČOV – 43 %) a v kategorii obsahů $>30\text{--}50 \text{ mg.kg}^{-1}$ (rovněž 10 ČOV – 43 %). Podíl ČOV, které za desetiletou periodu vykazaly medián vyšší než je mezní koncentrace obsahu pro použití kalu na zemědělské půdě byly 4 % (1 ČOV) a z hlediska obsahů Cr a Ni se týkal pouze niklu. Nejvyšší hodnotu mediánu vykazala ČOV 6111B (medián $138 \text{ mg Ni.kg}^{-1}$, limitní hodnota je $100 \text{ mg Ni.kg}^{-1}$), která byla vzorkována 8x. Nejnižší hodnotu mediánu obsahu Ni vykazala ČOV 5310A (medián $12,6 \text{ mg Ni.kg}^{-1}$), která byla rovněž vzorkována 8x. Vývoj obsahů na těchto dvou ČOV za celou dobu monitorování je znázorněn na obrázku 19.

Obrázek 18 Obsah rizikových prvků ve vzorcích kalů ČOV, které byly v průběhu 10 let (2013–2022) odebírány 8–10x (medián, mg.kg⁻¹)



Obrázek 19 Vývoj obsahu Ni ve vzorcích kalů z ČOV, které v průběhu 10 let (2013–2022) vykazaly nejvyšší medián obsahu Ni (ČOV 6111B) a nejnižší medián obsahu Ni (ČOV 5310A), mg Ni.kg⁻¹



Grafické znázornění vývoje aritmetických průměrů a mediánů obsahů RP v kalech ČOV za období sledování 2001 až 2022 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 mg.kg⁻¹ u rtuti, 5 mg.kg⁻¹ u kadmia, 120 mg.kg⁻¹ u olova a 1600 mg.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 opětý nárůst obsahů u Cu a Ni, obsah Zn se v posledních dvou letech pohybuje okolo úrovně roku 2010. U arzenu a chromu se hodnoty mediánů udržují víceméně na stejné úrovni jako v roce 2001.

V rámci České republiky nevyhovělo v roce 2022 limitním hodnotám rizikových prvků stanoveným ve vyhlášce č. 273/2021 Sb. 6 vzorků kalů ze 40 ČOV (15 %). 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 17 Počet vzorků s nadlimitním obsahem alespoň jednoho rizikového prvku v kalech z ČOV v České republice (2001–2022)

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

Rok	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Celkem ČOV	88	78	78	82	80	82	82	40	40	40	40
Z toho nadlimitních	Počet	13	13	15	14	18	13	16	7	9	7
	%	14,8	16,7	19,2	17,1	22,5	15,9	19,5	17,5	22,5	17,5

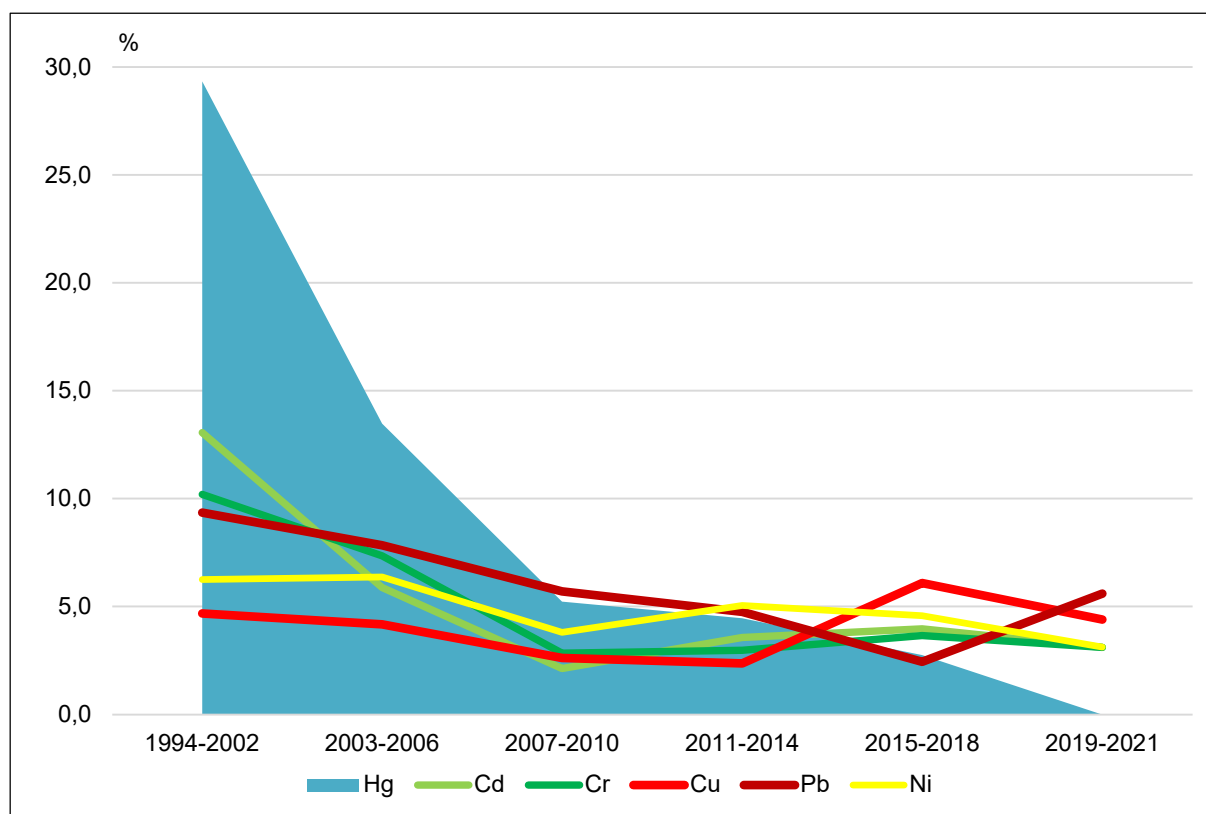
V průběhu let dochází z pohledu překračování limitních obsahů rizikových prvků ke snižování počtu nevyhovujících vzorků kalů (tabulka 17). Za posledních 10 let nepřekročil počet nadlimitních vzorků jednu čtvrtinu z odebraných vzorků.

Monitoring kalů byl zahájen v roce 1994. Již v té době probíhaly aplikace kalů na zemědělskou půdu a naším hlavním cílem bylo zjistit jaká vůbec je kvalita kalů. (První vyhláška spatřila světlo světa v roce 2001.)

Přibližně do roku 2000 se ročně opakovaně vzorkovalo průměrně 180 ČOV, počty vzorků kalů se pohybovaly kolem 300. Poté došlo k redukci počtu vzorků i ČOV na přibližně 100 vzorků a postupně se **měnil také účel vzorkování** (a monitoringu), kteřý se stále více zaměřoval pouze na vybrané ČOV – na ty, jejichž produkce kalů nějakým způsobem směřovala na zemědělskou půdu. Další redukce – na 80 vzorků kalů proběhla v roce 2013 a poslední v roce 2019 – nyní se odebírají vzorky ze 40 ČOV ročně. Jedná se tedy o vybraný soubor ČOV a uvedená tvrzení nelze úplně zobecnit.

Následující obrázek jednoduše demonstruje změny v obsazích rizikových prvků, které jsou vyjádřeny pomocí mezních hodnot (platných od roku 2016). Na počátku monitoringu byla největším problémem rtuť – téměř ve 30 % vzorků byly obsahy Hg vyšší než 4 mg.kg^{-1} (platná mezní hodnota obsahu rtuti v kalech aplikovaných na půdu), v posledních čtyřech letech jsme v našem výběru nezaznamenali ani jeden vzorek s nadlimitním obsahem Hg. Také v případě Cd a Cr došlo k výraznému snížení počtu nadlimitních vzorků. Prakticky žádná změna se neodehrála u Ni. Úbytek vzorků s nadlimitním obsahem Pb byl pozorovatelný do roku 2018, poté však došlo opět k nárůstu na předchozí úroveň. A k nárůstu počtu nadlimitních vzorků došlo také u Cu, která (společně s Pb) v posledních čtyřech letech představuje největší zátěž.

Obrázek 20 Procentuální překročení mezních hodnot u vybraných rizikových prvků



Závěry

- V roce 2022 bylo na obsah rizikových prvků v rámci monitoringu kalů z ČOV odebráno a zanalyzováno 40 vzorků kalů z ČOV. Z tohoto souboru nevyhovělo vyhlášce č. 273/2021 Sb. 6 vzorků ČOV, tedy 15,0 %.
- Nejčastěji byla limitní hodnota v kalech překročena v případě chromu a 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 se poté zastavil a projevuje se opět nárůst obsahů u mědi, niklu a zinku; zinek se v posledních dvou letech pohybuje opět okolo úrovně roku 2010. Střední hodnoty obsahů arzenu 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 %.

1.4.3.2 Polychlorované bifenyly v kalech

Polychlorované bifenyly jsou v kalech ČOV stanovovány od roku 1998. K původně stanovovaným šesti kongenerům (28, 52, 101, 138, 153, 180) přibyl v roce 2002 sedmý (118). Celkem byly obsahy PCB v roce 2022 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 18. 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 18 Základní statistické charakteristiky obsahu PCB v kalech ČOV (2022, 14 vzorků, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ sušiny)

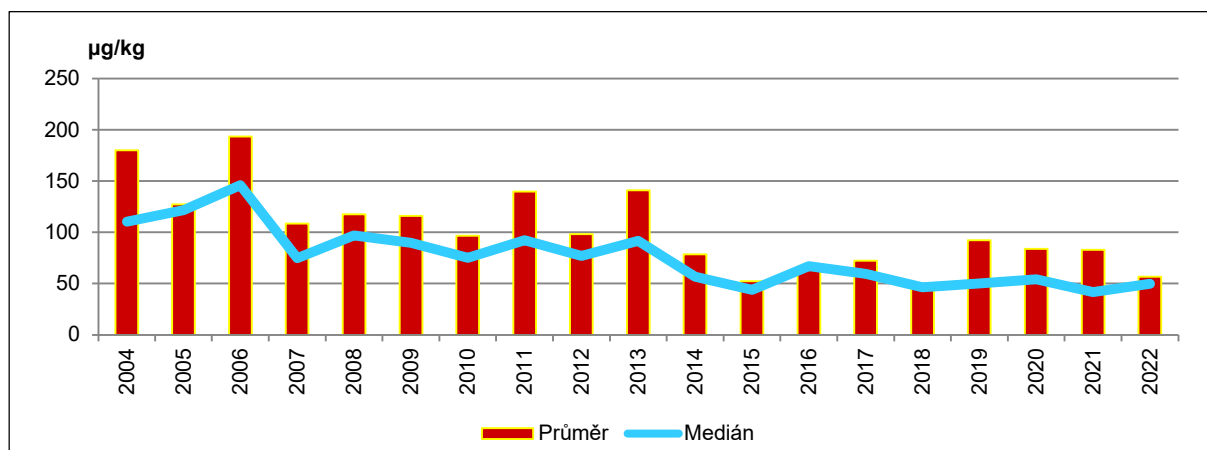
	Kongenery PCB							Suma 7 kongenerů
	28	52	101	118	138	153	180	
Průměr	2,28	2,16	4,89	2,26	10,5	19,2	15,3	56,6
Medián	2,09	1,54	3,93	2,02	9,20	15,7	13,4	49,9
Minimum	0,58	0,96	2,26	0,99	4,28	7,38	5,40	22,4
Maximum	5,10	6,68	16,6	6,02	33,4	61,4	46,6	171
10.percentil	1,06	0,99	2,38	1,18	4,75	9,31	6,51	28,6
90.percentil	4,26	4,35	6,97	3,28	13,4	27,7	25,8	85,0
Limitní hodnota pro sumu 7 kongenerů PCB podle vyhlášky č. 273/2021 Sb.								600
Počet překročení limitu v roce 2022								0

Nejnižší střední hodnoty v roce 2022 vykazoval kongener 52. Kongenery 28 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 2022 v rozpětí od 22,4 do 171 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (vzorek kalu 7108A), aritmetický průměr činil 56,6 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. a medián 49,9 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.

Vývoj středních hodnot obsahů sumy 7 kongenerů PCB (28, 52, 101, 118, 138, 153 a 180) v kalech ČOV je zobrazen na obrázku 21; od roku 2007 došlo k jejich snížení a relativní stabilitě mediánů a od roku 2014 došlo k dalšímu snížení. Souhrnná statistika 480 vzorků kalů ČOV odebraných za období 2004–2022 je uvedena v příloze 34.

Obrázek 21 Střední hodnoty obsahů sumy 7 kongenerů PCB v kalech ČOV (2004–2022, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)



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

Závěry

- V roce 2022 byl obsah polychlorovaných bifenylů stanoven ve 14 vzorcích kalů.
- Sumy 7 kongenerů PCB v kalech kolísaly v roce 2022 v rozpětí hodnot od $22,4$ do $171 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., aritmetický průměr činil $56,6 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. a medián $49,9 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.
- Střední hodnoty obsahů PCB v kalech od roku 2007 mají klesající tendenci.
- Z odebraných vzorků kalů ČOV v roce 2022 žádný vzorek nepřekročil limitní hodnotu obsahu sumy 7 kongenerů PCB pro aplikaci kalů na zemědělskou půdu stanovenou ve vyhlášce č. 273/2021 Sb. ($0,6 \text{ mg.kg}^{-1}$ 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 2022 byly PAH stanoveny ve 14 vzorcích kalů. Přehled obsahů všech 16 individuálních PAH a jejich sumy jsou uvedeny v příloze 35, základní statistické charakteristiky v tabulce 19. Grafické znázornění sumy 12 PAH významných z hlediska určení limitní hodnoty (podle vyhlášky č. 273/2021 Sb.) je uvedeno v příloze 36.

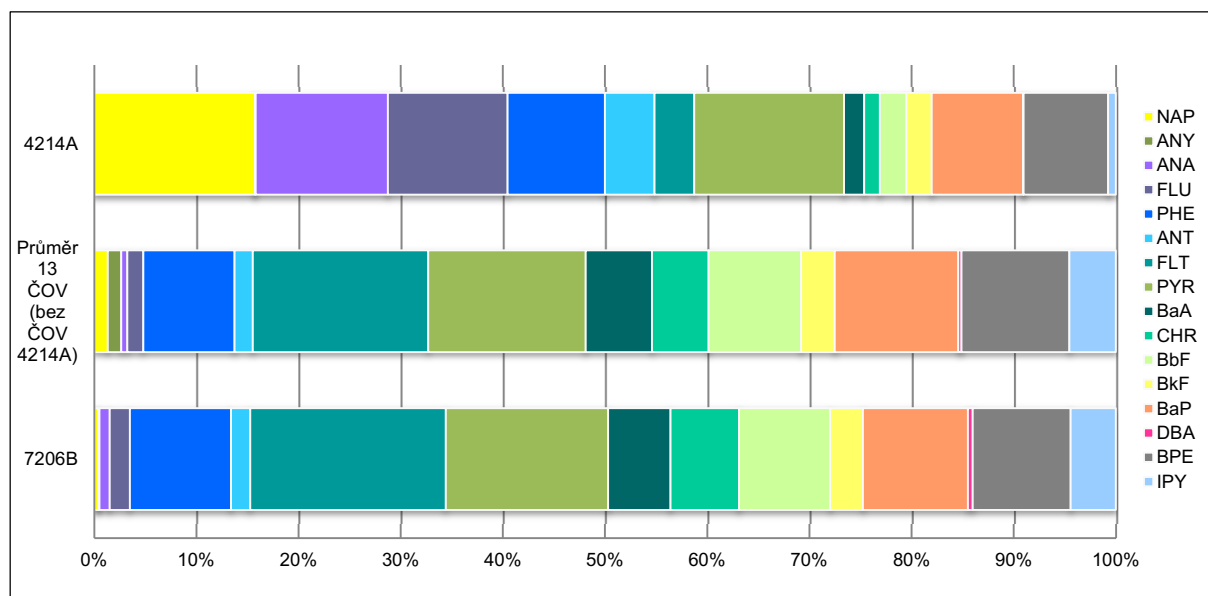
Tabulka 19 Základní statistické charakteristiky obsahů individuálních PAH v kalech ČOV (2022, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)

Individuální PAH	Průměr	Medián	Minimum	Maximum
NAP	284	59,7	<5	3248
ANY	52,0	<30	<30	271
ANA	214	8,15	<5	2670
FLU	234	23,6	<4	2423
PHE	489	333	20,6	1968
ANT	141	52,4	3,82	999
FLT	727	716	33,6	2554
PYR	818	626	39,7	3028
BAA	282	245	14,3	818
CHR	238	223	14,2	895
BBF	391	370	21,6	1189
BKF	166	130	10,8	513
BAP	604	482	31,1	1850
DBA	11,6	5,08	<3	63,5
BPE	534	418	41,1	1712
IPY	189	165	15,4	592
SUMA16 PAH	5375	4145	290	20650
SUMA12 PAH	4863	3980	261	15541

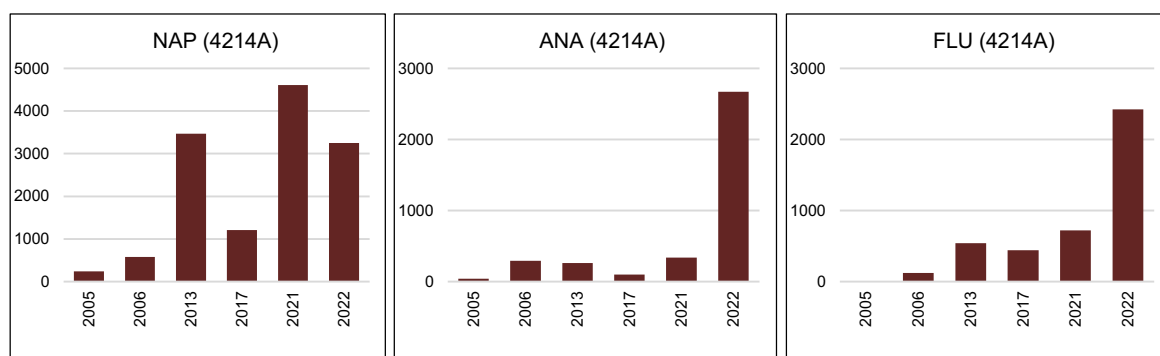
Suma 16 EPA PAH v kalech ČOV odebraných v roce 2022 se pohybuje v rozmezí 0,29–20,7 mg.kg^{-1} , medián souboru činí 4,15 mg.kg^{-1} , průměrná hodnota je 5,38 mg.kg^{-1} . Suma 12 PAH je v rozsahu 0,26–15,5 mg.kg^{-1} , medián 3,98 mg.kg^{-1} , průměr 4,86 mg.kg^{-1} . Průměrný obsah a medián u naftalenu (NAP) se v roce 2022 výrazně lišil (průměr 284 $\mu\text{g.kg}^{-1}$, medián 59,7 $\mu\text{g.kg}^{-1}$). Průměrná hodnota byla ovlivněna kalem z ČOV s kódem 4214A z Ústeckého kraje, kde hodnota NAP dosáhla úrovně 3248 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ (průměrná hodnota za zbylých 13 kalů v roce 2022 činí 55,9 $\mu\text{g.NAP.kg}^{-1}$). Rovněž tak výrazný rozdíl mezi průměrem a mediánem byl v případě acenaftenu a fluorenu (ANA, FLU). I zde byla průměrná hodnota ovlivněna kalem z ČOV s kódem 4214A z Ústeckého kraje, kde hodnota ANA resp. FLU dosáhla úrovně 2670 $\mu\text{g.ANA.kg}^{-1}$ resp. 2423 $\mu\text{g.FLU.kg}^{-1}$ (průměrná hodnota ve zbylých 13 kalech v roce 2022 činí 25,1 $\mu\text{g.ANA.kg}^{-1}$ resp. 66,0 $\mu\text{g.FLU.kg}^{-1}$). Naopak obsah acenaftylenu (ANY) a dibenzo(a,h)antracenu (DBA) byl pod mezí stanovitelnosti. Podíl naftalenu, acenaftenu, fluorenu a ostatních PAH na sumě 16 PAH v kalu 4214A a v 13 ostatních kalech v roce 2022 ukazuje obrázek 22. Kal z ČOV 4214A byl odebíráán v letech 2005, 2006, 2013, 2017, 2021

a 2022; průběh obsahů NAP, ANA a FLU v jednotlivých letech je vyobrazen na obrázku 23. Hodnota acenaftenu a fluorenu dosáhla v roce 2022 nejvyšších hodnot za celou dobu sledování.

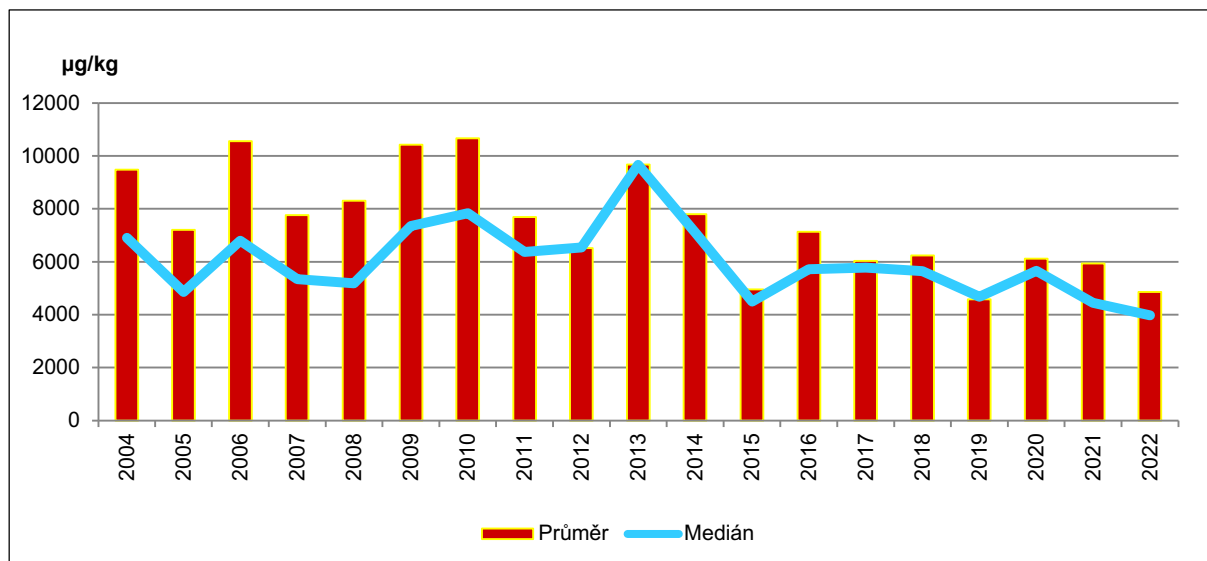
Obrázek 22 Poměrné zastoupení jednotlivých uhlovodíků v celkové sumě 16 PAH v kalu 4214A a 7206B v porovnání s ostatními 13 kaly z ČOV odebranými v roce 2022 (%)



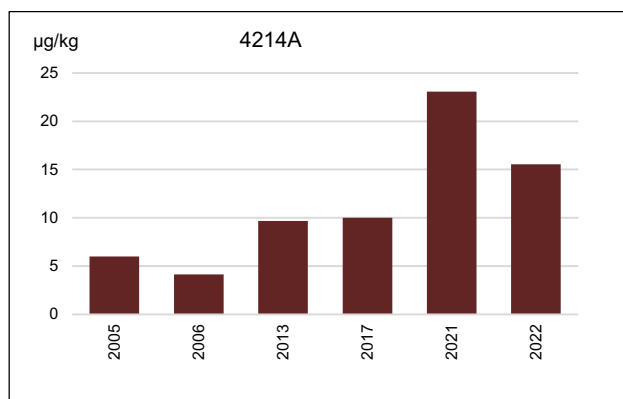
Obrázek 23 Vývoj obsahů naftalenu, acenaftenu a fluorenu v kalu z ČOV 4214A v jednotlivých odebíraných letech ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)



Obrázek 24 a příloha 37 uvádí průběh aritmetických průměrů a mediánů obsahů PAH od roku 2004 a příloha 51 základní statistiku celého souboru dat. Hodnoty mediánů sumy 12 PAH ve sledovaném období se výrazně nemění, průměrné obsahy klesají.

Obrázek 24 Střední hodnoty obsahů sumy 12 PAH v kalech ČOV (2004–2022, $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)

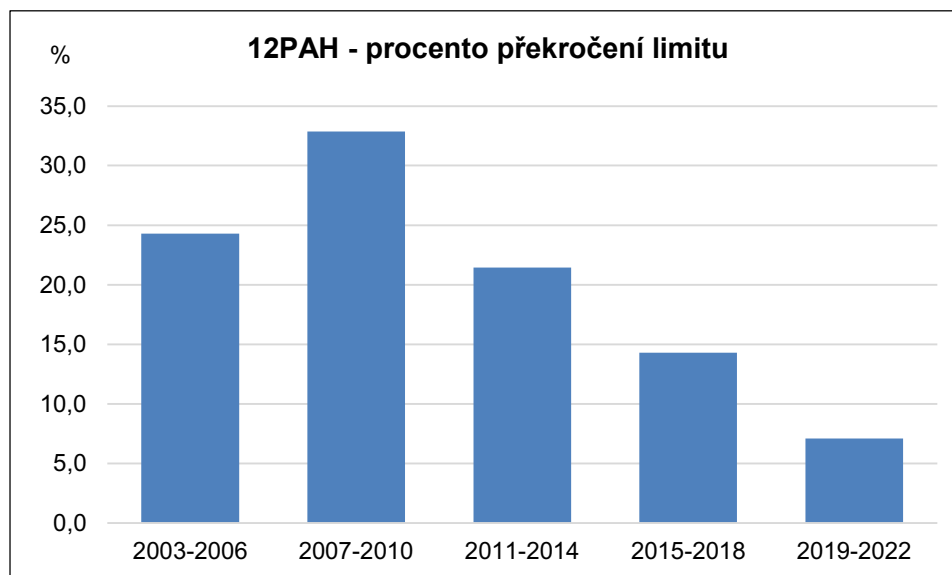
Hodnocení obsahů PAH v kalech z hlediska jejich využití v zemědělství v současné době umožňuje vyhláška č. 273/2021 Sb., která stanovuje mezní (maximální) hodnotu koncentrace PAH v kalech $10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš. pro sumu 12 individuálních PAH (antracen, chrysen, fenantren, fluoranten, pyren, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)antracen, benzo(a)pyren, benzo(ghi)perylen, indeno(123cd)pyren a naftalen). Limitní hodnotu $10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ překročil v roce 2022 jeden vzorek kalu s označením 4214A. Průběh obsahů sumy 12 PAH v jednotlivých letech u ČOV 4214A je vyobrazen na obrázku 25. Kal s označením 7206B po započtení nejistoty měření vykázal podlimitní hodnotu $9,14 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš. sumy 12 PAH. Kal z této ČOV byl v roce 2022 odebírán poprvé a je využíván k aplikaci na ZPF.

Obrázek 25 Vývoj obsahů sumy 12 PAH v kalu z ČOV 4214A v jednotlivých odebíraných letech ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)

PAH se ve vzorcích kalů stanovují od roku 2003. A jak již bylo řečeno v kapitole 1.4.3.1 účel i počty vzorkovaných ČOV se postupně měnily. Zatímco ze začátku bylo naším cílem zjistit složení kalů, postupně se monitoring zaměřoval více a více na ČOV, jejichž produkce směřovala na zemědělskou půdu. Zpočátku byly PAH stanovovány ročně v 35 vzorcích, po redukci v roce 2011 to již bylo jen 21 vzorků a od roku 2019 se organické polutanty stanovují ve 14 vzorcích ročně.

PAH patřily k nejproblematičtějším parametrům, vždyť z celkových 539 analyzovaných vzorků byl ve 114 zjištěn vyšší obsah sumy 12 PAH než 10 mg.kg^{-1} (mezni hodnota obsahu PAH v kalech aplikovaných na zemědělskou půdu platná od roku 2016). Při bližším pohledu je však vidět, že podíl nadlimitních vzorků se postupně snižuje (obrázek 26). (Je zde nutné zopakovat, že se jedná o výběr ČOV a výsledky nelze zcela zobecnit.)

Obrázek 26 Procentuální překročení mezní hodnoty PAH v kalu (10 mg.kg^{-1})



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.

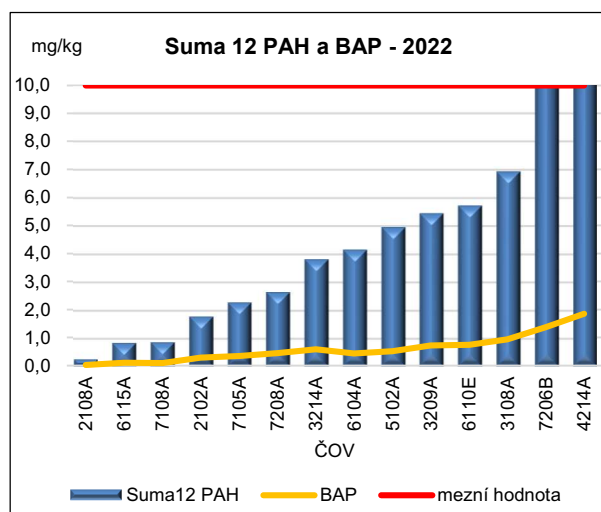
Toxický ekvivalent TTEC se v kalech v sumě 16 PAH v roce 2022 pohybuje v rozmezí $44\text{--}2057 \text{ } \mu\text{g.kg}^{-1} \text{ suš.}$, v případě sumy 12 PAH se pohybuje v rozmezí $38\text{--}2051 \text{ } \mu\text{g.kg}^{-1} \text{ suš.}$ (příloha 35), s maximálním podílem BAP. Pokud chceme porovnat nadlimitní kal 4214A a podlimitní kal 7206B 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 4214A hodnoty $2057 \text{ } \mu\text{g.kg}^{-1} \text{ suš.}$ TTEC, 90 % BAP a 0,07 % DBA a kal 7206B hodnotu $1767 \text{ } \mu\text{g.kg}^{-1} \text{ suš.}$, 78 % BAP a 3,59 % DBA. Obsah DBA dosáhl v kalu 7206B nejvyšší hodnoty ze všech kalů v roce 2022 ($63,5 \text{ } \mu\text{g.kg}^{-1} \text{ suš.}$); průměrná hodnota byla $11,6 \text{ } \mu\text{g DBA.kg}^{-1} \text{ suš.}$ a medián $5,06 \text{ } \mu\text{g DBA.kg}^{-1} \text{ suš.}$ Pro zajímavost je podíl jednotlivých uhlovodíků na sumě 16 PAH v kalu 7206B graficky znázorněn na obrázku 22.

Benzo(a)pyren

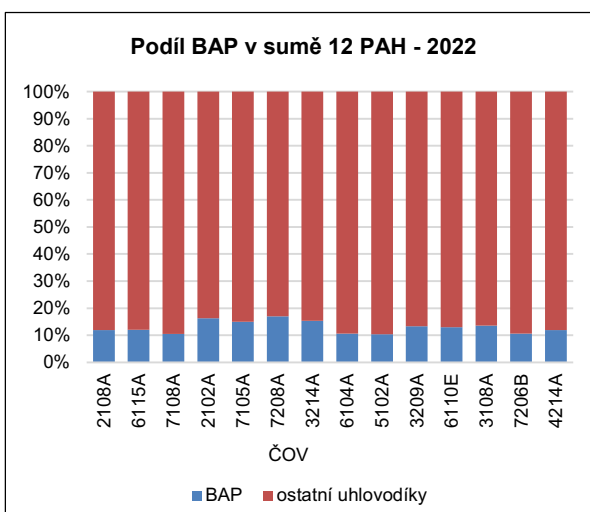
BAP patří ke dvěma nejtoxičtějším uhlovodíkům ve směsi PAH. V roce 2022 se jeho obsahy pohybovaly v rozsahu 31–1850 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš. a kopírovaly celkový obsah PAH. Velmi zjednodušeně lze říci, že s rostoucí sumou 12 PAH se zvyšuje také obsah BAP (obrázek 27).

Na obrázku 28 je vidět, že podíl BAP ve vzorcích z roku 2022 je 10 % a více – konkrétně mezi 10,4 a 17,0 %. Zastoupení BAP v sumě 12 PAH činilo v předchozích letech přibližně 8 % (obrázek 30). Ve vzorcích kalů odebraných v roce 2022 je podíl BAP v sumě 12 PAH vyšší než v předchozích letech, a to i v případě ČOV, na kterých odběry probíhají opakovaně. Podíl BAP je nad 10 % bez ohledu na to, zda celkový obsah PAH či pouze obsah BAP proti předchozím odběrům vzrostl či klesl (příloha 38).

Obrázek 27 Suma 12 PAH a obsah BAP v kalech v roce 2022 (maximum osy y tvoří mezní hodnota obsahů PAH v kalech dle vyhlášky č. 273/2001 Sb.)



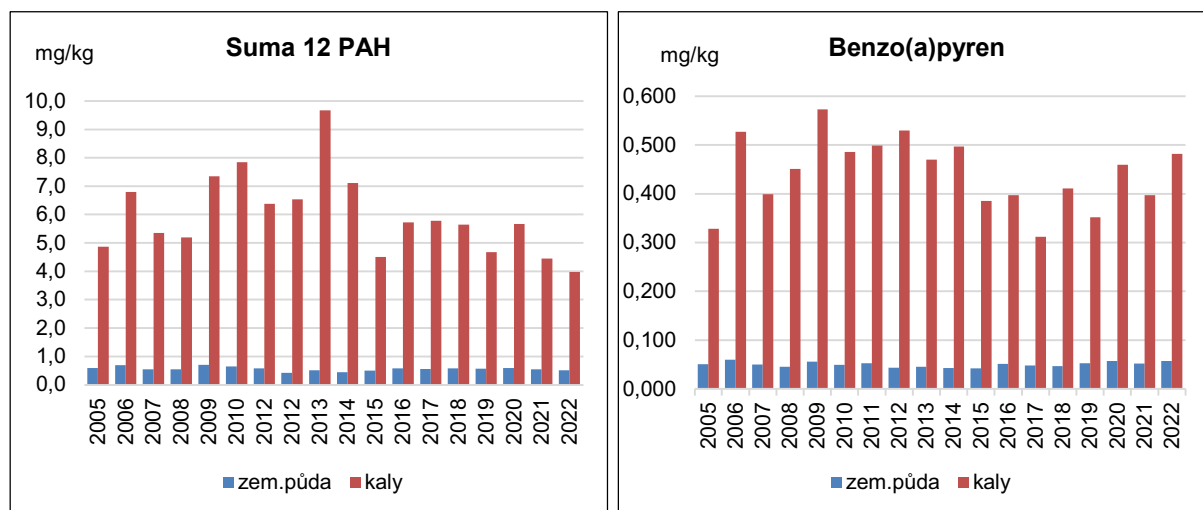
Obrázek 28 Procentuální podíl BAP v sumě 12 PAH v kalech v roce 2022



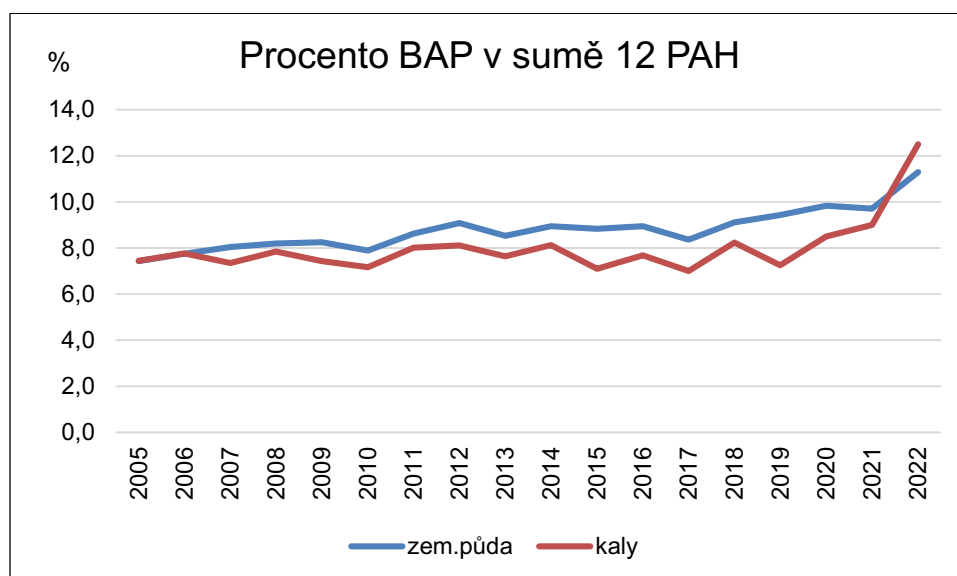
Zemědělské půdy vs. kaly

Na obrázku 29 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 29 Porovnání obsahů sumy 12 PAH a BAP v zemědělských půdách a kalech (mg.kg⁻¹ suš.)



Obrázek 30 Procentuální zastoupení BAP v sumě 12 PAH v zemědělské půdě a v kalech



Podíl BAP v sumě 12 PAH je však u zemědělských půd i kalů přibližně stejný (obrázek 30) – 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 třech letech.

Závěry

- V roce 2022 byl obsah polycyklických aromatických uhlovodíků stanoven ve 14 vzorcích kalů.
- Suma 16 EPA PAH se pohybuje v rozmezí 0,29–20,7 mg.kg⁻¹, medián souboru je 4,15 mg.kg⁻¹, průměrná hodnota 5,38 mg.kg⁻¹. Suma 12 PAH je rozsahu 0,26 až 15,5 mg.kg⁻¹, medián 3,98 mg.kg⁻¹, průměr 4,86 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 2022 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 2022 pohyboval v rozmezí 44 až 2057 µg.kg⁻¹ suš., v případě sumy 12 PAH je TTEC v rozsahu 38–2051 µg.kg⁻¹ suš., s maximálním podílem BAP.
- Podíl BAP v sumě 12 PAH dlouhodobě činil přibližně 8 %. V posledních třech letech lze pozorovat nárůst nad 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 a v roce 2022 nebylo stanovení na obsah AOX v kalech provedeno z důvodu finančních úspor.

1.4.3.5 Organochlorové pesticidy v kalech

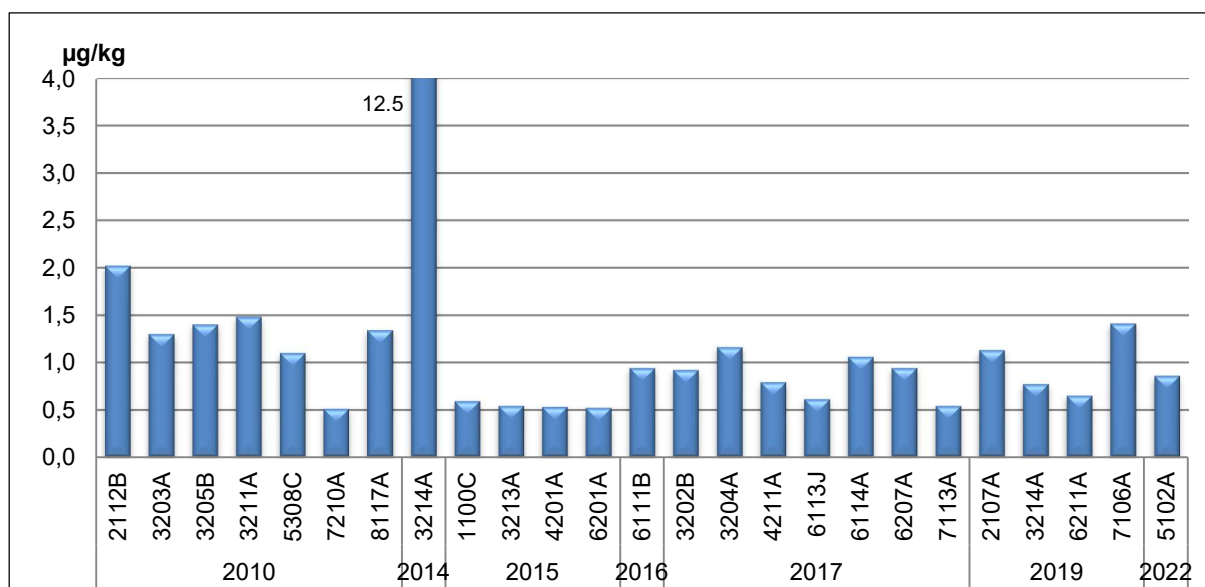
Obsahy HCB a látky skupiny DDT se ve vzorcích kalů stanovují od roku 2008. Obsahy HCH se stanovují od roku 2010. V roce 2022 bylo stanovení provedeno ve 14 vzorcích. Jejich základní statistika je uvedena v tabulce 20. V příloze 39 jsou uvedeny konkrétní obsahy k jednotlivým vzorkům a graficky vyjádřeny v přílohách 40, 41 a 42. Základní statistika vzorků za jednotlivé roky 2008–2022 je uvedena v příloze 42 a celého souboru vzorků v příloze 44.

Tabulka 20 Základní statistické charakteristiky obsahu jednotlivých organochlorových pesticidů v kalech ČOV (2022, 14 vzorků, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ sušiny)

	HCH ($\alpha\beta\gamma\delta$)	HCB	DDE	DDD	DDT	DDT _{total}
Průměr	1,18	38,4	12,8	12,0	2,23	27,0
Medián	1,00	2,75	13,0	6,54	0,86	20,1
Minimum	1,00	1,21	4,98	0,84	< 0,50	9,08
Maximum	3,54	497	17,6	55,6	15,7	69,3
10.percentil	1,00	1,49	10,1	3,78	< 0,50	15,5
90.percentil	1,00	6,92	16,5	27,2	3,86	56,8

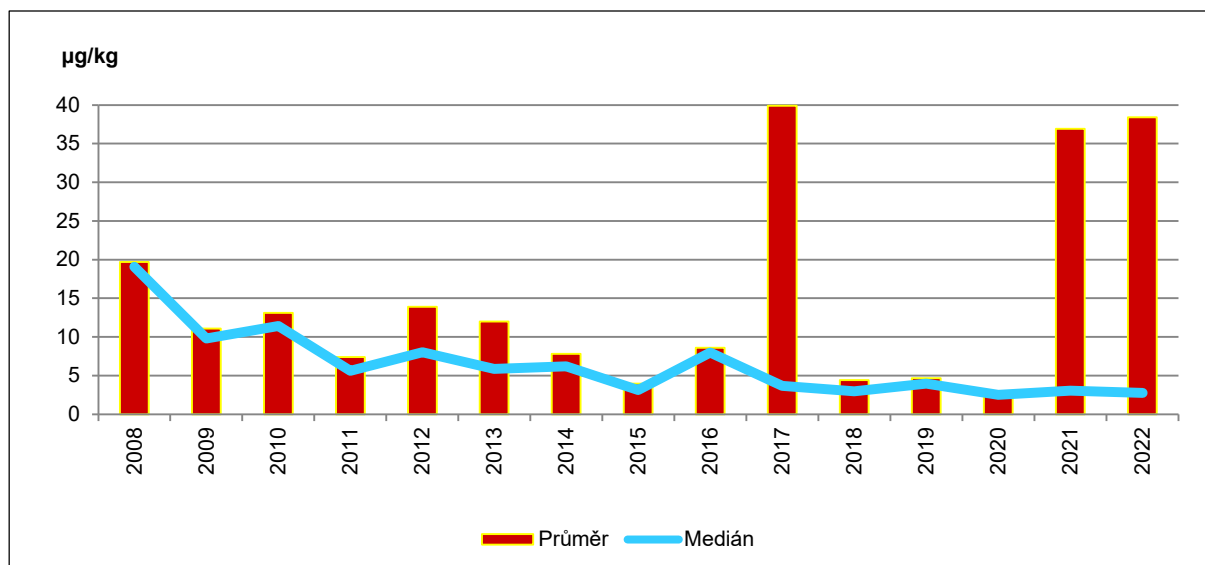
Obsahy všech izomerů (α , β , γ , δ) **HCH** byly v roce 2022 u analyzovaných vzorků pod mezí stanovitelnosti ($\text{LOQ} = 0,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) kromě kalu s označením 5102A, u kterého byl nad mezí stanovitelnosti zjištěn obsah β -HCH ($0,86 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) a α -HCH ($2,18 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Také v ostatních letech se hodnoty izomerů pohybují víceméně pod mezí stanovitelnosti s výjimkou izomeru β -HCH. V období 2010–2022 bylo na HCH analyzováno 262 vzorků. Z nich bylo 90,5 % pod mezí stanovitelnosti. Zbýlých 9,5 % 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 43). Tento kal byl odebíráán opět v roce 2019, kdy vykázal hodnotu izomeru β -HCH $0,77 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (obrázek 31). Hodnoty obsahu α -HCH zatím pouze dvakrát za období 2010–2022 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 2010–2022.

Obrázek 31 Obsahy izomeru β -HCH v kalech ČOV, u kterých byly v roce 2022 analyzované hodnoty vyšší než je mez stanovitelnosti (2010–2022, $\mu\text{g.kg}^{-1}$)



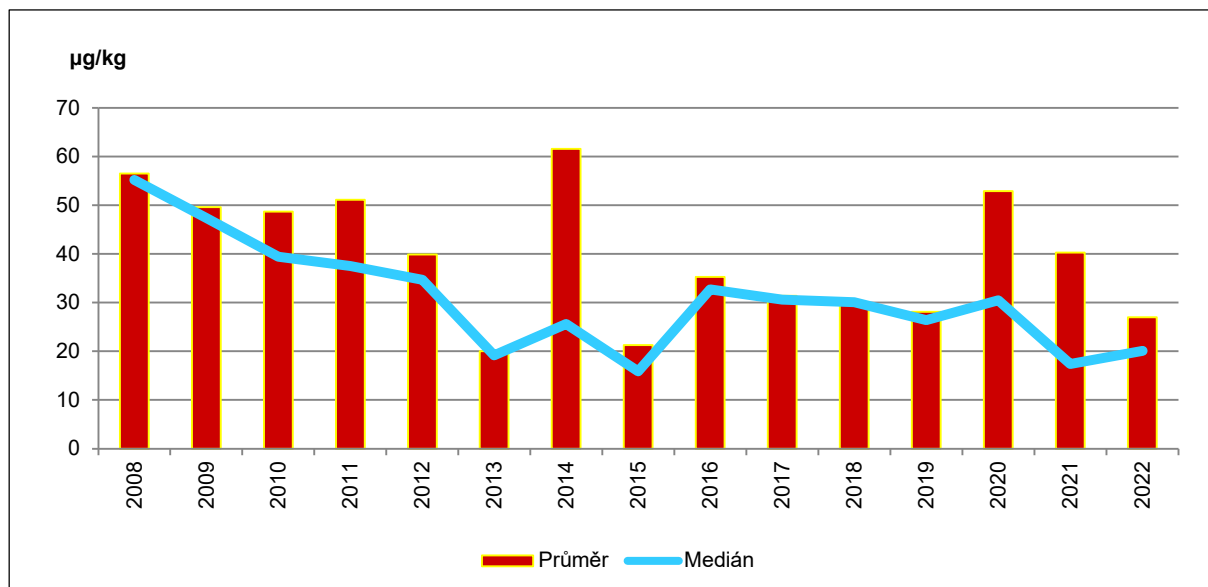
Obsahy **HCB** v roce 2022 kolísají v rozsahu 1,21–497 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (tabulka 20). Za období sledování 2008–2022 jsou hodnoty zpracovány do tabulky v příloze 43. Zatím nejvyšší hodnota HCB v kalu (753 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) byla zjištěna v roce 2017 a druhé dvě nejvyšší v roce 2021 a 2022 (474 a 497 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Tyto hodnoty byly zjištěny v kalu 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 32, příloha 43). Kal s tímto kódem byl vzorkován také v roce 2013, kdy dosáhl hodnoty HCB 120 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Průměrné obsahy HCB se v kalech většinou pohybují kolem 10 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Tyto vysoké obsahy neměly vliv na hodnotu mediánů, které od roku 2012 vykazují pokles.

Obrázek 32 Střední hodnoty HCB v kalech ČOV (2008–2022 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)



Hodnoty **látek skupiny DDT** ($\text{DDT}_{\text{total}}$) kolísají v roce 2022 v rozmezí 9,08–69,3 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., medián má hodnotu 20,1 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., průměr činí 27,0 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (tabulka 20). 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 $\text{DDT} < \text{DDD} < \text{DDE}$. DDE vzniká transformací DDT a DDD při výrobě DDT, nebo jako produkt mikrobiálního rozkladu DDT v půdě. V roce 2021 byl nalezen nejvyšší obsah $\text{DDT}_{\text{total}}$ (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 $\text{DDT}_{\text{total}}$ 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: $\text{DDT} < \text{DDE} < \text{DDD}$.

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

Obrázek 33 Střední hodnoty DDT_{total} v kalech ČOV (2008–2022, $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš.)


Závěry

- V roce 2022 bylo provedeno stanovení OCP ve 14 vzorcích kalů.
- Obsahy HCH jsou dlouhodobě zanedbatelné.
- Obsahy HCB kolísají v rozsahu $1,21\text{--}497 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš, medián je $2,75 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$.
- Suma látek skupiny DDT (DDT_{total}) kolísá v rozmezí $9,08\text{--}69,3 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš., medián činí $20,1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 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.

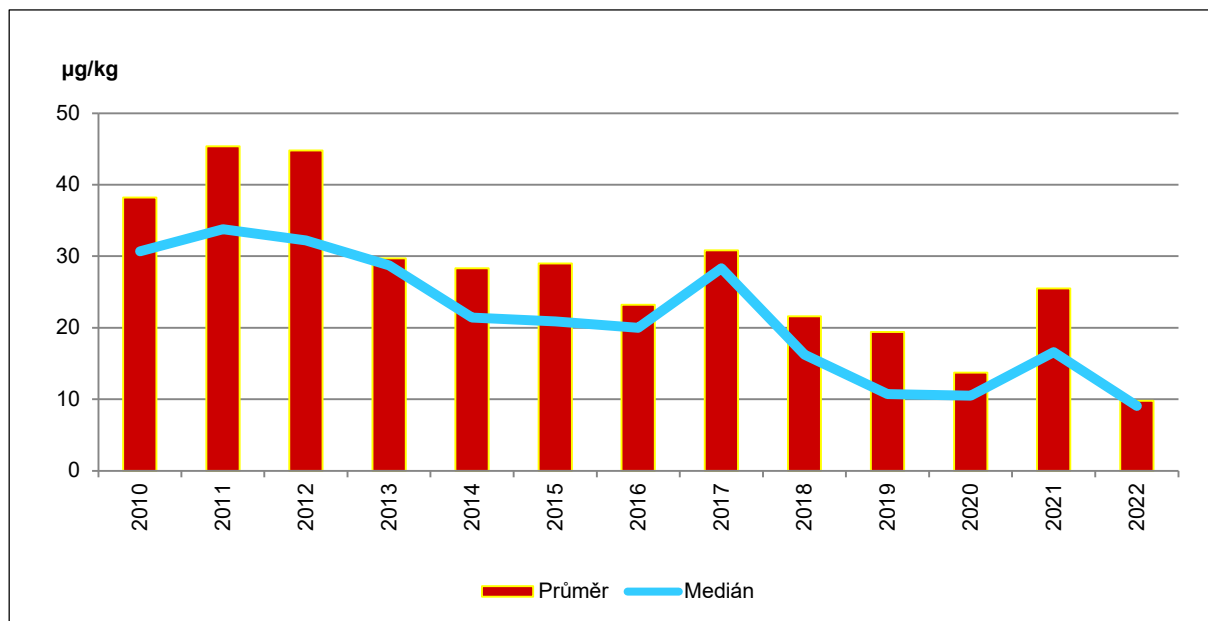
Od roku 2010 byl obsah 9 kongenerů PBDE stanoven vždy v 10 až 14 vzorcích kalů. V roce 2022 byly PBDE stanoveny v 10 vzorcích kalů.

Obsahy jednotlivých kongenerů PBDE stanovených ve vzorcích kalů odebraných v roce 2022 jsou uvedeny v příloze 45 a grafické znázornění sumy 9 kongenerů v příloze 46. Základní statistiku obsahů sumy 9 kongenerů PBDE pro vzorky odebrané v roce 2022 a souhrnně, pro všech dosud analyzovaných 140 vzorků, shrnuje tabulka 21 a příloha 47.

Tabulka 21 Základní statistika obsahů PBDE v kalech ČOV (2022, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., 10 vzorků)

	BDE 28	BDE 47	BDE 66	BDE 85	BDE 99	BDE 100	BDE 153	BDE 154	BDE 183
Průměr	0,12	2,49	0,08	0,14	3,21	0,73	0,67	0,38	1,95
Medián	0,12	2,45	0,05	0,16	3,21	0,74	0,56	0,34	1,66
Minimum	< 0,10	1,02	< 0,10	< 0,10	1,31	0,37	0,23	< 0,10	0,50
Maximum	0,22	3,84	0,14	0,28	5,37	1,09	1,22	0,73	4,23
10. perc.	0,05	1,78	0,05	0,05	1,89	0,46	0,37	0,18	0,68
90. perc.	0,19	3,49	0,14	0,25	5,11	0,98	1,17	0,68	3,63

Střední hodnota sumy 9 kongenerů PBDE ve vzorcích z roku 2022 činí $9,78 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., medián $9,09 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. V roce 2022 bylo ve vzorcích dosaženo zatím nejnižších středních hodnot za celou dobu sledování. U analyzovaných vzorků se obsah některého z kongenerů nalézal pod mezí stanovitelnosti (LOQ = $0,10 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Nejvyšší obsah byl zjištěn ve vzorku z ČOV s identifikačním číslem 6115A z kraje Vysočina ($17,1 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.), nejnižší ve vzorku 7208A ze Zlínského kraje ($4,23 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Hodnoty průměrů a mediánů za celou dobu sledování jsou ukázány na obrázku 34.

Obrázek 34 Střední hodnoty sumy 9 PBDE v kalech ČOV (2010–2022, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)


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

Závěry

- V roce 2022 bylo provedeno stanovení PBDE v 10 vzorcích kalů.
- Průměrný obsah PBDE v kalech v roce 2022 činil $9,78 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.; medián měl hodnotu $9,09 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., průměrný obsah za celé období sledování je $27,6 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., medián $20,7 \mu\text{g.kg}^{-1}$ 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 2022 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

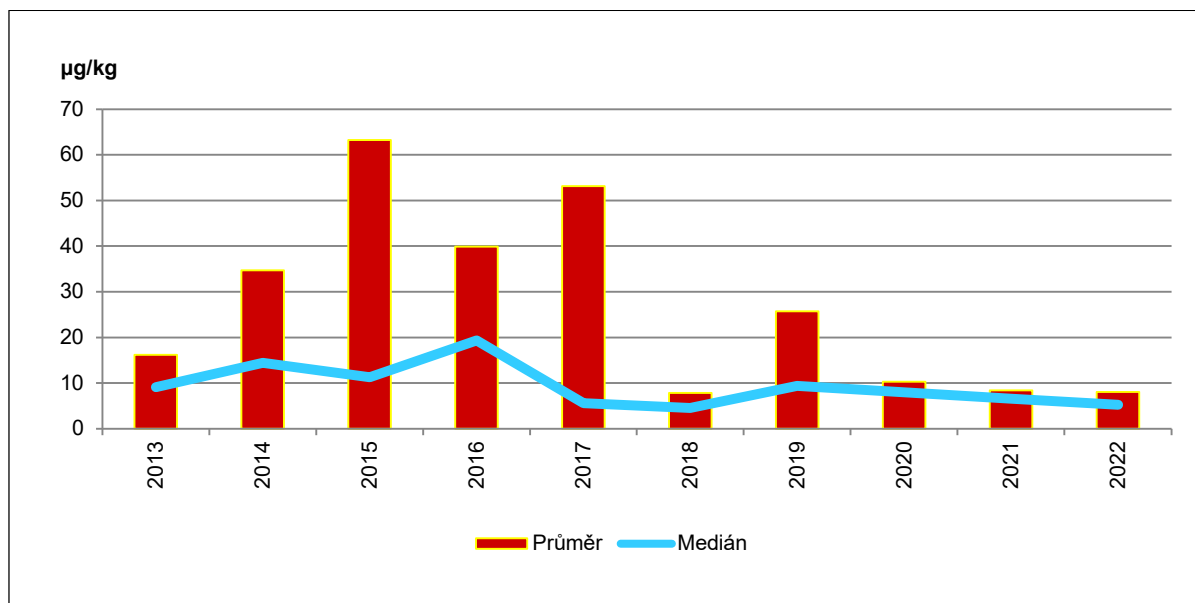
Detekované obsahy PFAS v jednotlivých vzorcích kalů jsou uvedeny v příloze 48 a 49. Průměrné hodnoty obsahů a rozsah stanovených hodnot uvádí tabulka 22.

Tabulka 22 Základní statistické charakteristiky vybraných perfluoroalkylových sloučenin ve 14 vzorcích kalů ČOV odebraných v roce 2022 ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš.)

	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFOS
Průměr	1,29	0,09	0,56	0,26	1,37	4,46
Medián	0,20	< 0,10	0,48	0,23	1,10	2,64
Minimum	< 0,10	< 0,10	0,24	< 0,10	0,34	0,29
Maximum	9,87	0,24	1,45	0,72	3,63	21,3

Ve vzorcích kalů se nejnižší obsahy nalézaly u látek PFHpA, PFNA. V případě PFHpA 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 ($21,3 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš.) se nalézal u kalu 7108A z Olomouckého kraje, nejnižší ($0,29 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš.) ve vzorku 3108A z Jihočeského kraje.

Obrázek 35 Střední hodnoty sumy 6 PFAS v kalech ČOV (2013–2022, $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš.)

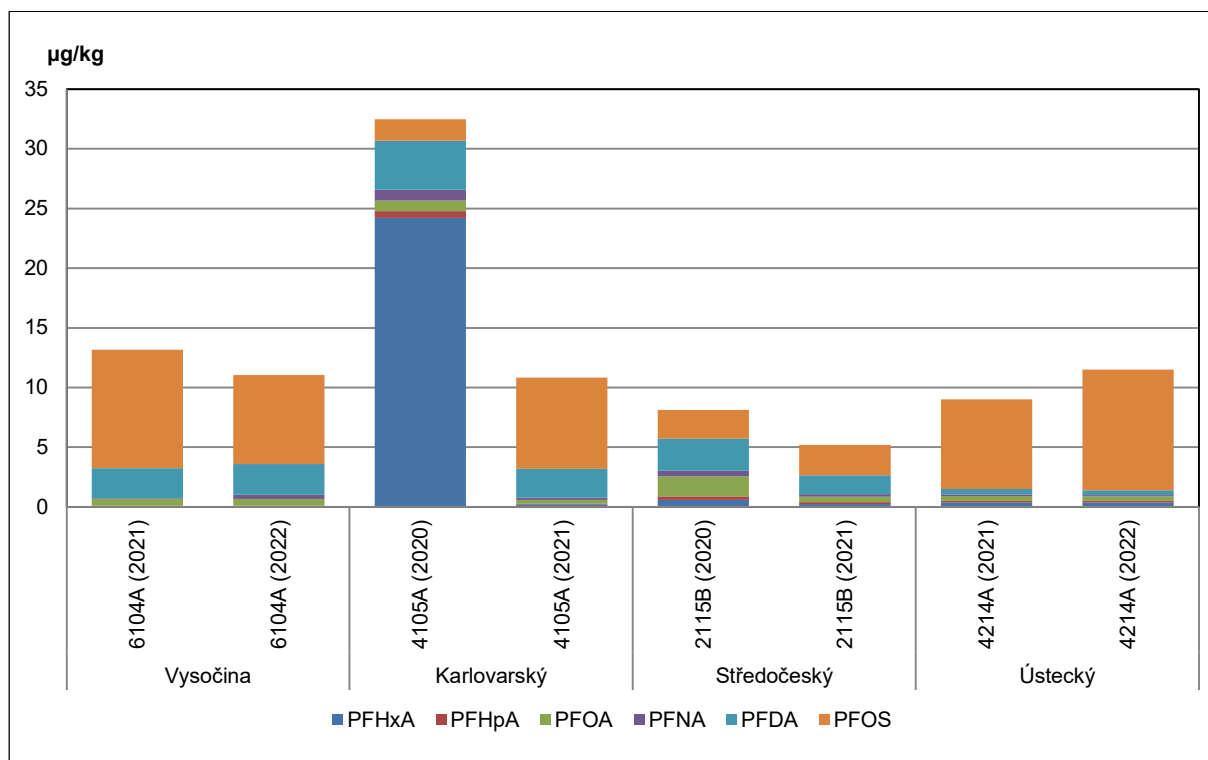


Průměry a mediány z let 2013–2022 jsou zobrazeny na obrázku 35 a základní statistika celého souboru vzorků v příloze 53. Hodnoty nevykazují v letech žádnou tendenci a jsou odvislé od vzorkovaných ČOV, které byly do souboru v daném roce zahrnuty. Podle dostupných informací lze předpokládat, že obsahy 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 50 jsou zobrazeny grafy perfluoroalkylových sloučenin v závislosti na velikosti ČOV za období 2020–2022. 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 36).

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

Obrázek 36 Obsahy jednotlivých PFAS v ČOV, které byly mezi roky 2020–2022 opakovaně vzorkovány. ČOV jsou v grafu řazeny dle velikosti EO (6104A – 8 tis., 4105A – 17 tis., 2115B – 37 tis., 4214A – 169 tis., ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš.))



Závěry

- V roce 2022 bylo provedeno stanovení PFAS ve 14 vzorcích kalů.
- S nejvyšším mediánem se ve vzorcích vyskytovala látka: PFOS ($2,64 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$).
- Nejnižší mediány vykazaly látky: PFHpA a PFNA.
- Maximální obsah byl nalezen u látky PFOS ve vzorku 7108A – $21,3 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš., z Olomouckého kraje.

1.4.3.8 Mikrobiologická stanovení v kalech

Kaly z ČOV, které vyhoví svým obsahem limitům vybraných rizikových látek a prvků musí také splnit limity mikrobiologických kritérií, aby mohly být aplikovány na zemědělskou půdu. Mikrobiologická kritéria jsou měřítkem účinnosti procesu hygienizace kalu.

Účinnost hygienizace se hodnotí podle počtu termotolerantních koliformních bakterií, enterokoků, *E. coli* a bakterií rodu *Salmonella* obsažených v kalu.

Obecně lze k hygienizaci kalů použít všech metod, při kterých dochází k likvidaci mikroorganismů. Základní hygienizační metody je možno rozdělit do několika skupin:

- Chemické metody – zahrnují reakci s chemickými činidly (vápno, minerální kyseliny).
- Fyzikální metody – zahrnují působení teploty, radiace, ultrazvuk apod.; v technické praxi se uplatňují zejména termické metody hygienizace kalů (termická předúprava tekutého kalu, pasterizace kalu).
- Biotechnologické metody – jedná se o metody stabilizace kalu s určitým hygienizačním účinkem. Dosažený stupeň hygienizace kalu přitom závisí na podmínkách stabilizace kalů (dlouhodobé skladování kalu v tekutém stavu, aerobní stabilizace kalu, termofilní aerobní stabilizace kalu, mezofilní anaerobní stabilizace, termofilní anaerobní proces).
- Kombinace metod zpracování kalů a metod zaručujících dodatečný hygienizační účinek (duální systém, tepelné fázování, termická předúprava, anaerobní mezofilní stabilizace kalu, anaerobní mezofilní stabilizace kalu s následnou úpravou kalu vápnem).

Pro použití kalů na zemědělské půdě platí od poloviny roku 2021 (přesně od 7. 8. 2021) vyhláška č. 273/2021 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady. Od 1. 1. 2023 došlo k novelizaci této vyhlášky při zachování jejího původního čísla 273/2021 Sb. Podle této novelizace mohou být i nadále na půdu z hlediska mikrobiologických parametrů aplikovány nejen kaly I. kategorie, ale i kaly II. kategorie (kritéria pro kal I. a kal II. jsou uvedena v tabulce 38.1 v příloze č. 38 vyhlášky č. 273/2021 Sb.), viz. tabulka 23. Kal II. kategorie musí dále splnit podmínku, že pochází z ČOV, které nezpracovávají vedlejší živočišné produkty, musí být aplikován na půdy, kde od použití kalu do sklizně plodiny uběhne alespoň jedno zimní období, pokud se nejedná o plodiny, které budou využity výhradně k technickým účelům a další podmínkou je, že na dílu půdního bloku, kde byl použit kal, nebude tři roky od použití kalu pěstována polní zelenina, brambory a intenzívně plodící ovocná výsadba.

Tabulka 23 Mikrobiologická kritéria pro použití kalů na zemědělské půdě (tabulka 38.1 v příloze č. 38 vyhlášky č. 273/2021 Sb.)

Kategorie	Salmonella sp. v 50 g	Enterokoky	Termotolerantní koliformní bakterie
I.	negativní	< 10 ³ KTJ/g (4 vzorky z 5)	nehodnotí se
		< 5.10 ³ KTJ/g (1 vzorek z 5)	
II.	nehodnotí se	< 10 ⁶ KTJ/g (5 vzorků)	< 10 ⁶ KTJ/g (5 vzorků)

^{*} KTJ/g – kolonie tvořící jednotku na 1 g sušiny

V případě kalů I. lze místo enterokoků stanovit přítomnost *Escherichia coli*.

V roce 2022 nebylo stanovení mikrobiologických parametrů v kalech provedeno z důvodu finančních úspor.

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. Celkové množství sedimentů bylo odhadováno v roce 2002 (Gergel a kol.) v rybníčních plochách ČR na 197 mil. m³, v drobných vodních tocích a závlahových kanálech na 5 mil m³ a v odvodňovacích kanálech 0,8 mil m³. Tato množství značně zmenšují objem akumulace vody a snižují i míru ochrany krajiny proti povodním.

Od 1. ledna 2021 je v účinnosti nový zákon o odpadech č. 541/2020 Sb., který stále 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 možnost využití sedimentů 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 důležitá i "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 24 Sedimenty – základní statistické parametry – zrnitost, spalitelné látky, pH a obsahy živin (1995–2022)

	zrnitost (% částic < 0,01 mm)	spalitelné. látky (% sušiny)	pH/CaCl ₂	přístupné živiny v mg.kg ⁻¹ (Mehlich 3)			
				P	K	Mg	Ca
Průměr	31,96	9,25	5,85	38,3	216	352	4318
Medián	31,90	8,20	5,70	25,1	190	318	2615
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.	309	551	585	548	549	549	548

Tabulka 25 Sedimenty – základní statistické parametry – obsahy rizikových prvků (1995–2022)

	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg ¹	Ni	Pb	V	Zn
	mg.kg ⁻¹ sušiny (extrakce lučavkou královskou)										
Průměr	12,1	1,26	10,5	13,0	55,4	30,1	0,12	35,4	46,8	49,9	150
Medián	8,13	1,17	0,45	12,7	48,3	24,4	0,10	32,3	26,4	47,6	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.	629	486	637	583	638	636	640	635	630	481	638
Limit	30	5	1	30	200	100	0,8	80	100	180	300

¹ obsah Hg je stanoven jako celkový obsah**Tabulka 26 Sedimenty – základní statistické parametry – obsahy PCB (2002–2022), DDT, HCH, HCB (2007–2022), PAH (2009–2022) a C10-C40 (2016–2022)**

	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	0,011	5,03	0,032	1,00	1,22	76,1
Medián	0,004	1,94	0,016	1,00	0,77	50,4
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.	114	77	82	75	82	142
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 27 Sedimenty – průměrné hodnoty sledovaných parametrů (zrnitost, spalitelné látky, pH a obsahy živin) – celkový průměr, vodní toky, polní, návesní a lesní rybníky a vodní nádrže (1995–2022)**

	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	32,0	9,3	5,8	38,3	216	352	4318
Vodní tok	24,2	8,7	6,0	64,4	208	321	4389
Polní rybník	32,7	8,4	5,8	34,8	199	357	3944
Návesní rybník	31,0	10,3	6,0	43,2	274	372	5391
Lesní rybník	35,8	11,6	5,2	25,6	160	303	3354
Vodní nádrže	38,1	6,5	6,6	51,6	187	283	4816

Tabulka 28 Sedimenty – průměrné hodnoty sledovaných parametrů (rizikové prvky) – celkový průměr, vodní toky, polní, návesní a lesní rybníky a vodní nádrže (1995–2022)

	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg ¹	Ni	Pb	V	Zn
mg.kg ⁻¹ sušiny (extrakce lučavkou královskou)											
Celkový průměr	12,1	1,26	10,5	13,0	55,4	30,1	0,12	35,4	46,7	49,9	150
Vodní tok	14,8	1,11	0,86	11,9	57,8	70,7	0,16	32,1	44,1	43,8	210
Polní rybník	12,5	1,24	19,2	12,6	53,7	24,8	0,10	33,3	33,1	49,7	122
Návesní rybník	12,6	1,21	0,66	14,8	60,2	35,3	0,15	41,7	81,4	55,6	208
Lesní rybník	7,89	1,54	0,66	11,2	47,5	21,0	0,12	29,3	27,3	44,2	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 29 Sedimenty – základní statistické parametry – obsahy PCB (2002–2022), DDT, HCH, HCB (2007–2022), PAH (2009–2022) a C10-C40 (2016–2022) – 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	0,011	5,03	0,032	1,00	1,22	76,1
Vodní toky	0,018	20,02	0,024	1,00	2,48	161
Polní rybníky	0,009	2,13	0,013	1,00	0,61	57
Návesní rybníky	0,010	6,49	0,059	1,01	1,88	100
Lesní rybníky	0,020	1,38	0,029	1,00	0,46	45
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 2022 bylo odebráno a zanalyzováno celkem 643 vzorků sedimentů. Jednotlivé sedimenty jsou rozděleny do kategorií – z uvedeného počtu je 342 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 70 rybníků lesních, 37 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 24, 25, 26 a přílohy 53, 54).

Tabulka 30 Sedimenty – počty a procenta vzorků překračující limitní hodnoty – celkem, vodní toky, polní, návesní, lesní rybníky a vodní nádrže (1995–2022) – 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.	629	486	637	583	638	636	640	635	630	481	638	114	77	82	142
	počet nadlim.	31	2	108	6	5	4	3	14	21	0	48	0	17	5	4
	% nadlim.	4,9	0,4	17,0	1,0	0,8	0,6	0,5	2,2	3,3	0	7,5	0	22,1	6,1	2,8
Vodní toky	poč. vz.	37	35	37	37	37	37	37	37	35	35	37	10	6	8	14
	počet nadlim.	3	0	12	0	1	1	0	1	1	0	5	0	4	0	2
	% nadlim.	8,1	0	32,4	0,0	2,7	2,7	0	2,7	2,9	0	13,5	0	66,7	0	14,3
Polní rybníky	poč. vz.	333	255	337	307	340	338	339	337	337	255	340	53	36	37	72
	počet nadlim.	15	1	45	1	2	1	0	5	10	0	17	0	3	0	1
	% nadlim.	4,5	0,4	13,4	0,3	0,6	0,3	0	1,5	3,0	0,0	5,0	0	8,3	0	1,4
Návesní rybníky	poč. vz.	181	123	185	163	182	182	185	181	123	185	163	182	28	29	34
	počet nadlim.	13	0	38	5	2	2	3	8	10	0	24	0	10	5	1
	% nadlim.	7,2	0,0	20,5	3,1	1,1	1,1	1,6	4,4	5,6	0	13,2	0	35,7	17,2	2,9
Lesní rybníky	poč. vz.	69	64	69	67	70	70	70	70	69	64	70	8	6	7	20
	počet nadlim.	0	1	11	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
	% nadlim.	0	1,6	15,9	0	0	0	0	0	0	0	2,9	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	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	% nadlim.	0	0	22,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

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 27) jsou hlavně hrubší zrnitosti, podle Novákovy klasifikační stupnice půdních druhů by patřily mezi písčitohlinité půdy, jejich pH je převážně slabě kyselé. Mají spíše lehce podprůměrné obsahy spalitelných látek (organické hmoty), a nízké průměrné obsahy přístupných živin (K, Mg) kromě Ca a P, jejichž hodnoty jsou nadprůměrné až vysoce nadprůměrné. Z rizikových prvků (tabulka 30) mají dlouhodobě vysoce nadprůměrné obsahy As, Cu, Hg a Zn.

Polní rybníky (tabulka 27) jsou převážně střední zrnitosti, podle Novákovy klasifikační stupnice půdních druhů by patřily mezi hlinité půdy, 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 30) 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 27) 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 27) jsou zrnitostně těžší než předchozí druhy sedimentů, podle Novákovy klasifikační stupnice půdních druhů by patřily mezi hlinité půdy. 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 28) v porovnání s celkovými průměry jsou nadprůměrné obsahy Be, ostatní rizikové prvky vykazují nižší nebo podobné hodnoty vůči celkovým průměrům.

Sedimenty **vodních nádrží** (tabulka 27) obsahují ze všech sledovaných kategorií největší procento jemných částic, podle Novákovy klasifikační stupnice půdních druhů by patřily mezi hlinité půdy. 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 vyšší. Vyšší průměrné obsahy z rizikových prvků (tabulka 28) mají Co, Cr a Ni, obsahy ostatních prvků jsou nižší nebo shodné s celkovým průměrem.

V roce 2022 z odebraných 21 vzorků sedimentů překročily celkem 4 vzorky limitní hodnoty pro rizikové prvky uvedené ve vyhlášce č. 257/2009 Sb. Z těchto čtyř vzorků měly tři z nich dva rizikové prvky s nadlimitními obsahy současně, jak uvádí příloha 52.

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

V letech 2002–2022 byly stanoveny obsahy PCB ve 114 vzorcích sedimentů, v 82 vzorcích byly stanoveny obsahy organochlorových pesticidů (HCH, HCB, látek skupiny DDT), dále pak v 77 vzorcích sedimentů stanoveny obsahy 12 PAH a ve 142 vzorcích stanoveny obsahy C10-C40. Konkrétní hodnoty a grafy jednotlivých parametrů pro vzorky odebrané v roce 2022 jsou uvedeny v příloze 56.

Sedimenty **vodních toků** (tabulka 29) 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 29) 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 29) 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 29), 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 55.

V tabulce 30 jsou prezentovány počty a procenta vzorků překračující limitní hodnoty uvedené ve vyhlášce č. 257/2009 Sb. Za celé sledované období bylo zjištěno 242 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 (17,0 %), následuje Zn (7,5 %) a As (4,9 %). Vodní nádrže mají dva vzorky, které překročily limitní hodnotu pro Cd. Z ostatních kategorií mají lesní rybníky nejméně vzorků (14) překračujících limitní hodnoty. Problematickými prvky pro lesní rybníky jsou Cd (15,9%) a Zn (2,9 %). V počtu překročených limitních hodnot pro rizikové prvky následují vodní toky (24), nejčastěji je překračována limitní hodnoty pro Cd (32,4 %), následuje Zn (13,5 %) a As (8,1 %). Polní (97) a návesní (105) 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 17 vzorků, z toho nejvíce u návesních rybníků (10); limitní hodnoty DDT překročilo 5 vzorků, všechny z kategorie návesních rybníků. Limitní hodnotu pro C10-C40 překročily 4 vzorky – dva z vodního toku, jeden z nich limitní hodnotu překročil více než trojnásobně (944 mg.kg⁻¹), jeden z polního rybníka 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 a polní rybníky, vodní toky a nejméně spalitelných látek se nachází v sedimentech vodních nádržích. Medián obsahu spalitelných látek se dlouhodobě pohybuje kolem 8 % sušiny.
- pH sedimentů se nachází u většiny vzorků v oblasti kyselá až slabě kyselá, 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 je jedenapůlkrát vyšší.
- Obsah rizikových prvků hodnocených podle vyhlášky č. 257/2009 Sb. (extrakt lučavkou královskou) ukazuje na nejčastější kontaminaci kadmíem (Cd) – 108 vzorků (17,0 %), zinkem (Zn) – 48 vzorků (7,5 %) a arsenem (As) – 31 vzorků

(4,9 %). Nejvyšší počet nadlimitních vzorků na rizikové prvky mají rybníky návesní (105) následují polní rybníky (97), vodní toky (24), lesní rybníky (14) a vodní nádrže (2).

- Vzorky testované na PCB dosud nepřekročily limitní hodnotu danou vyhláškou. Limitní hodnota pro obsah DDT v sedimentu byla překročena u 5 vzorků a to pouze u sedimentů z návesních rybníků. Limitní hodnota pro PAH byla překročena u 17 vzorků z toho čtyřikrát u toku, třikrát u polního rybníku a desetkrát u návesního rybníku. Limitní hodnota pro C10–C40 byla překročena čtyřikrát, jednou vzorkem z návesního a polního rybníka a dvakrát vzorkem z vodního toku, jeden z nich ji překročil trojnásobně ($944 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$).
- V roce 2022 se odebralo 21 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 4 vzorky, z toho 3 vzorky měly dva nadlimitní rizikové prvky současně, z hlediska obsahů rizikových látek nevyhověly 3 vzorky s obsahem PAH a 2 vzorky s obsahem C10-C40. Nejčastěji byla v roce 2022 překročena limitní hodnota pro rizikový prvek – Cd (všechny 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

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

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.

Gergel, J., Kolář, L., Šedivý, V., Hůda, J., 2002. Rybníční sedimenty, geneze, posuzování, odstraňování a další nakládání s nimi. Příloha k výzkumné zprávě projektu VaV6304/02, MSM:J06/98:1222200002, 44 s.



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

Jiří Fiala

V roce 2022 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:

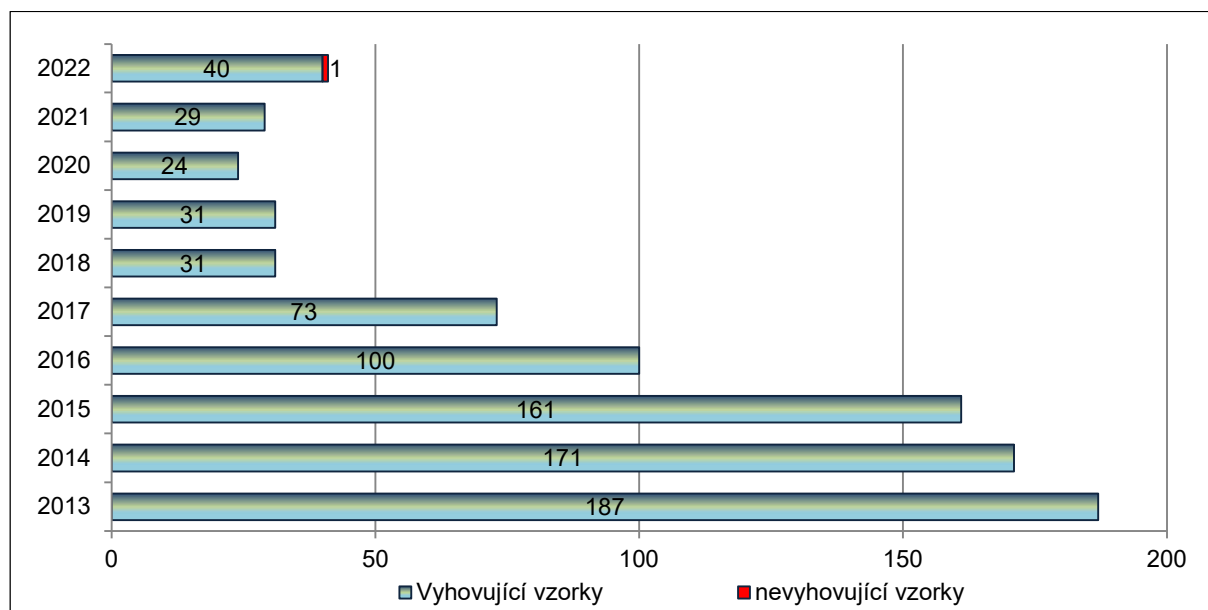
- Sledování výskytu zakázaných látek a produktů v krmivech
- Sledování výskytu nežádoucích látek a produktů v krmivech
- Sledování správného používání doplňkových látek v krmivech
- Sledování dalších problematik, týkajících se bezpečnosti a kvality krmiv

2.1 Sledování zakázaných látek

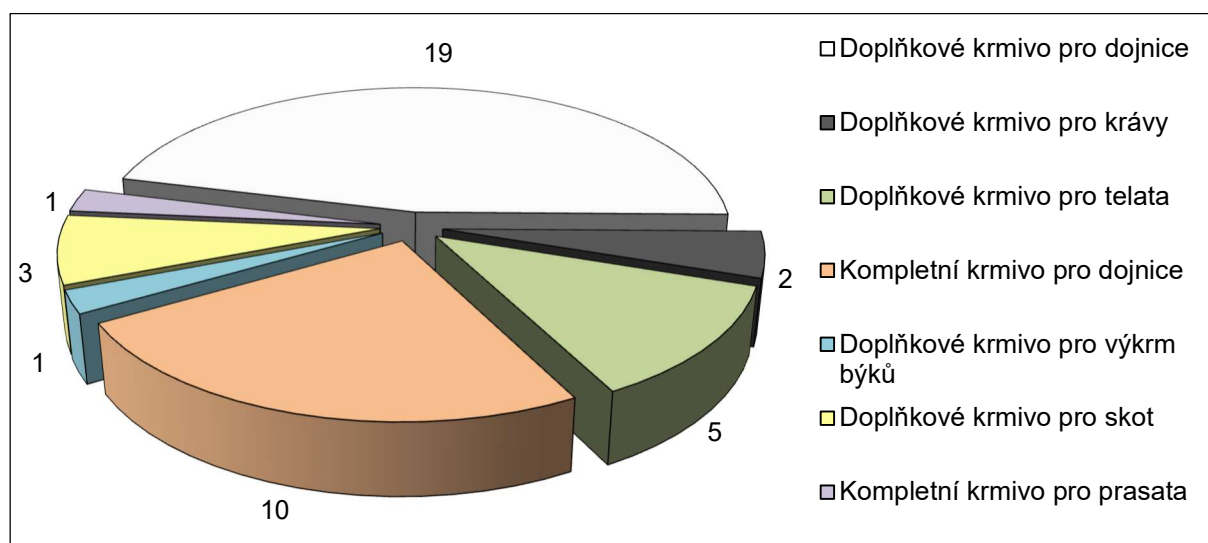
2.1.1 Cílená kontrola přítomnosti zpracovaných živočišných bílkovin v krmivech

Kontrola je zaměřená na možnou kontaminaci krmiv zpracovanými živočišnými bílkovinami (PAP). V roce 2022 bylo prověřeno 41 vzorků krmiv, převážně určených pro přežvýkavce. Ve vzorku kompletní krmné dávky pro dojnice, odebraném z krmného žlabu, byla zjištěna přítomnost tkání suchozemských zvířat. Následným šetřením nebylo prokázáno krmení masokostní moučkou, šlo o druhotnou kontaminaci.

Obrázek 37 Výsledky cílené kontroly přítomnosti PAP v krmivech v období 2013–2022



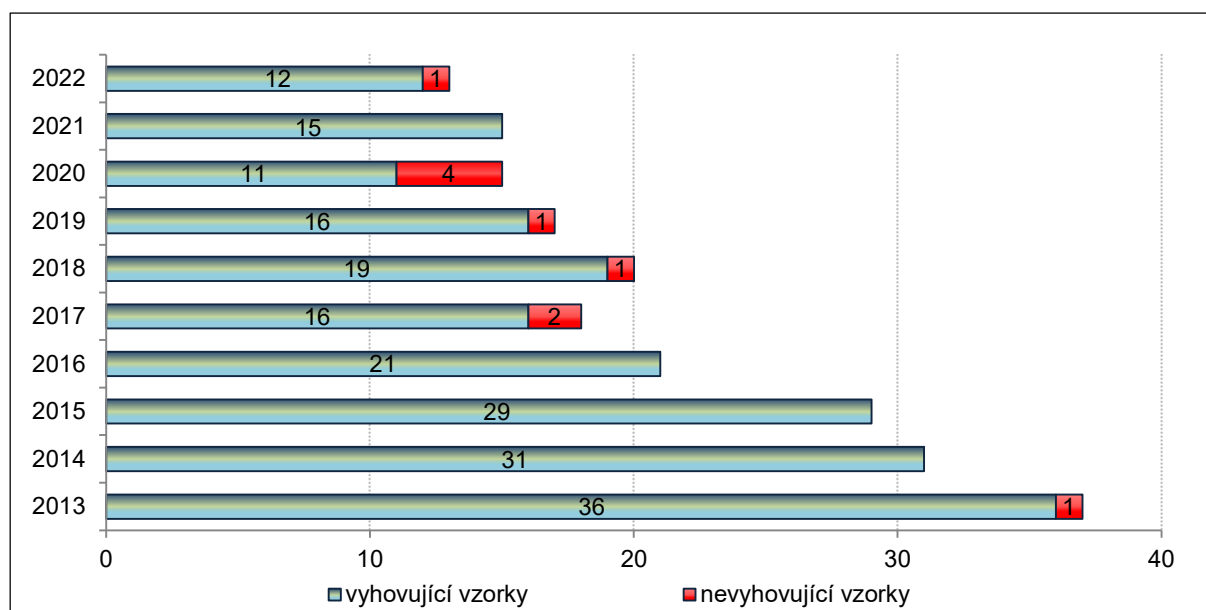
Obrázek 38 Zastoupení vzorků v rámci cílené kontroly přítomnosti zpracovaných živočišných bílkovin



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 2022 odebráno 13 vzorků krmiv. V žádném vzorku nebylo zjištěno porušení cílené kontroly přítomnosti cizí příměsí nebo tkání suchozemských živočichů, avšak 1 vzorek nevyhověl deklarovanému obsahu hrubého proteinu.

Obrázek 39 Výsledky cílené kontroly přítomnosti cizích příměsí v rybí moučce v období 2013–2022

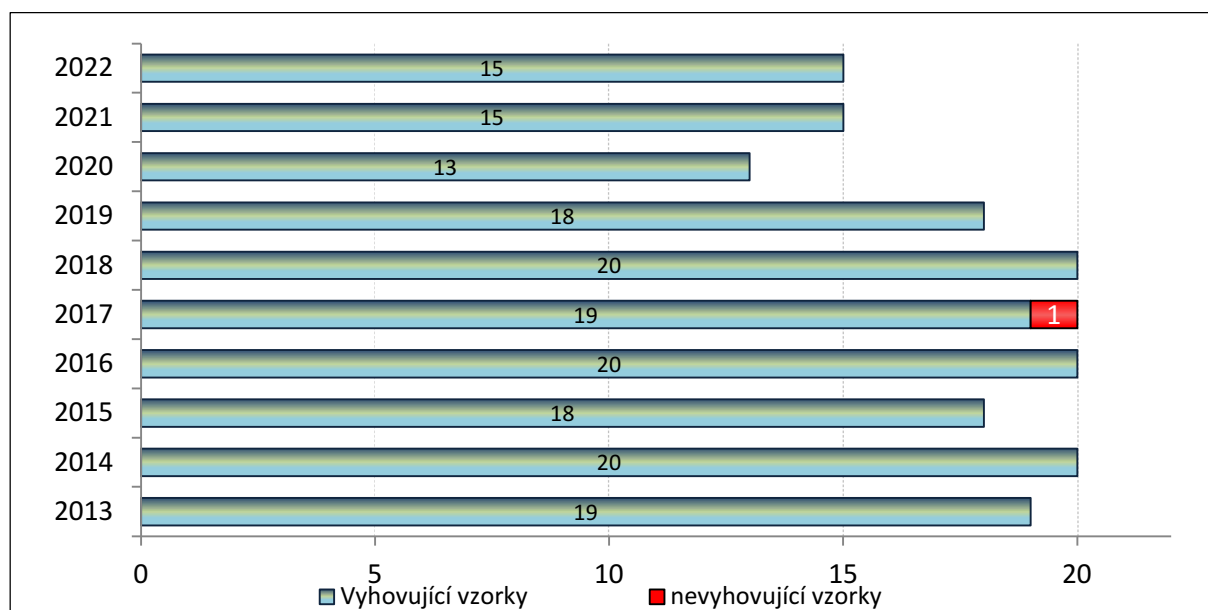


2.2 Sledování nežádoucích látek

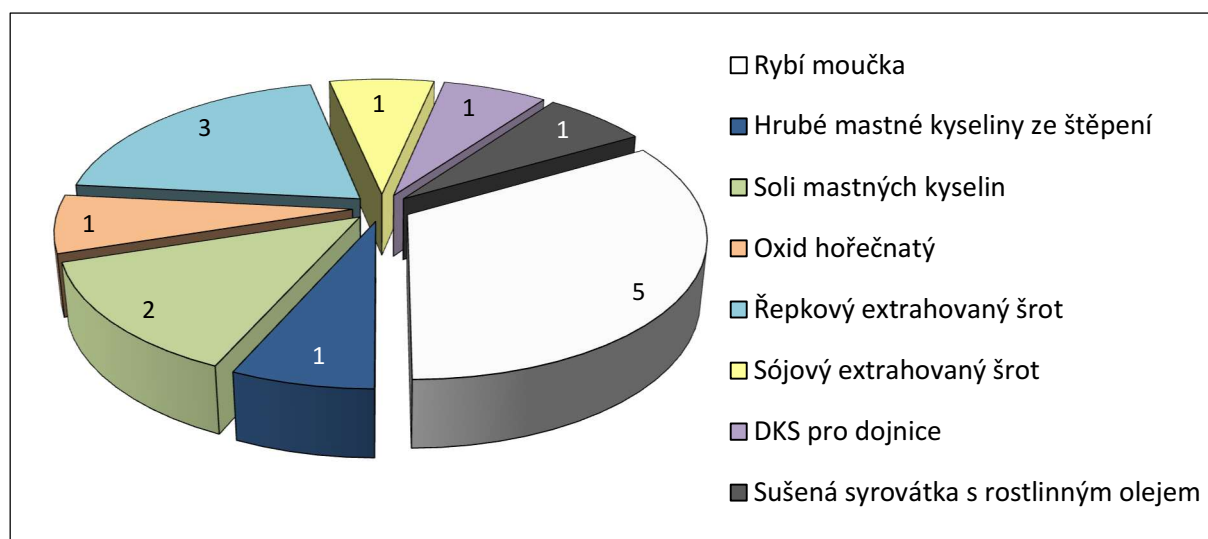
2.2.1 Monitoring vybraných perzistentních organických polutantů (POP)

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. Zjištěné hodnoty byly velmi nízké, obvykle pod mezi detekce přístrojů. Všechny úřední vzorky byly posouzeny jako vyhovující.

Obrázek 40 Výsledky cílené kontroly přítomnosti POP v krmivech v období 2021–2022



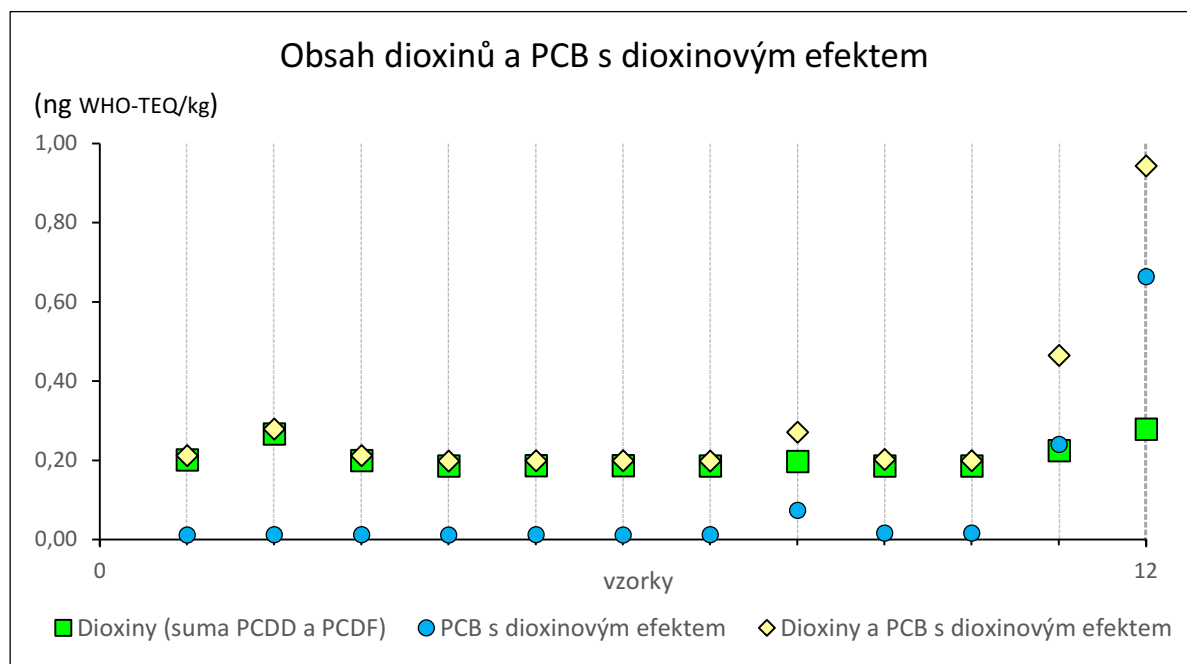
Obrázek 41 Zastoupení vzorků v rámci cílené kontroly vybraných perzistentních org. polutantů (POP)



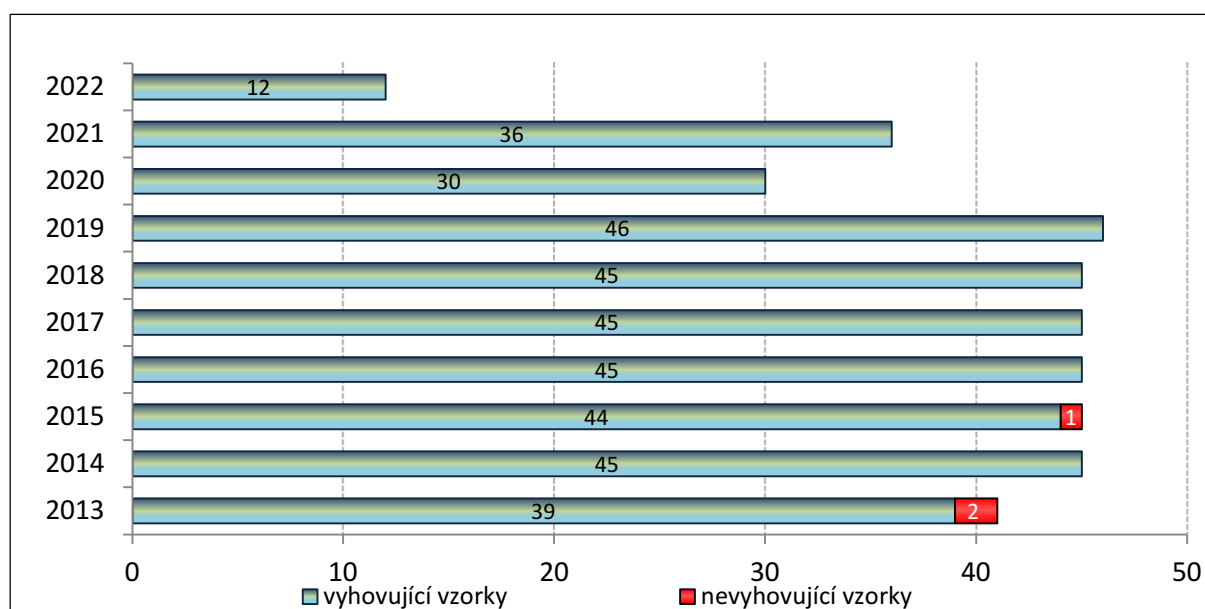
2.2.2 Cílená kontrola dioxinů, furanů a PCB dioxinového typu

V rámci cílené kontroly bylo analyzováno celkem 12 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 42 Zjištěné obsahy dioxinů a PCB s dioxinovým efektem v krmivech



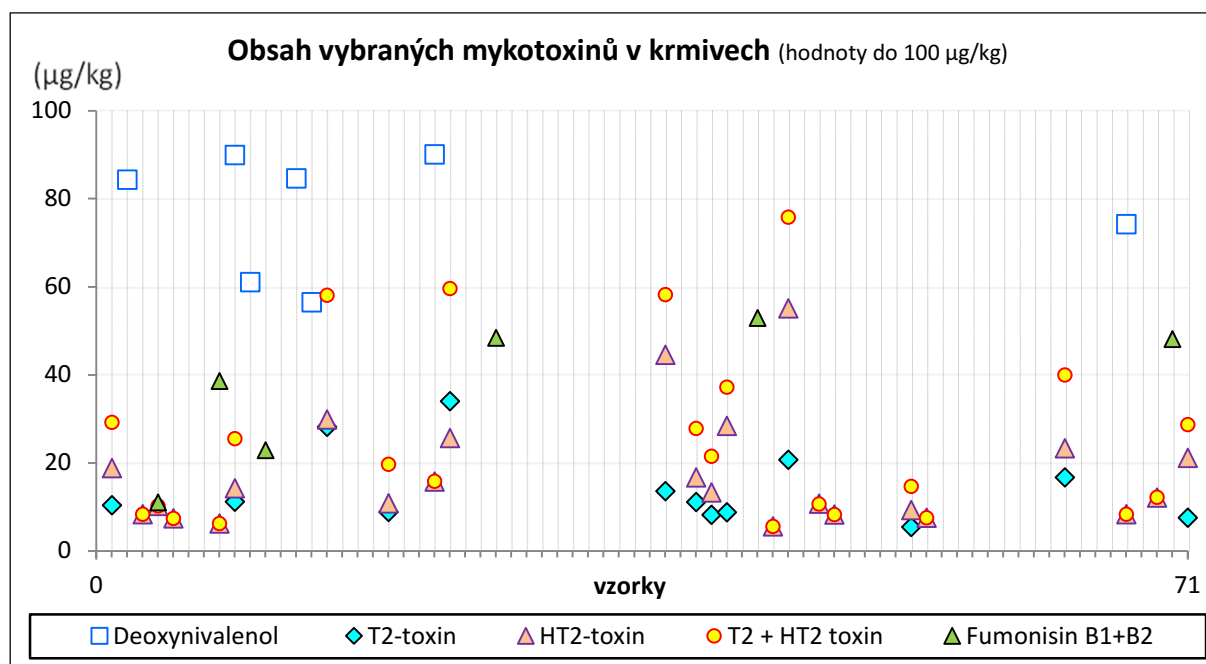
Obrázek 43 Výsledky cílené kontroly dioxinů v krmivech v období 2013–2022



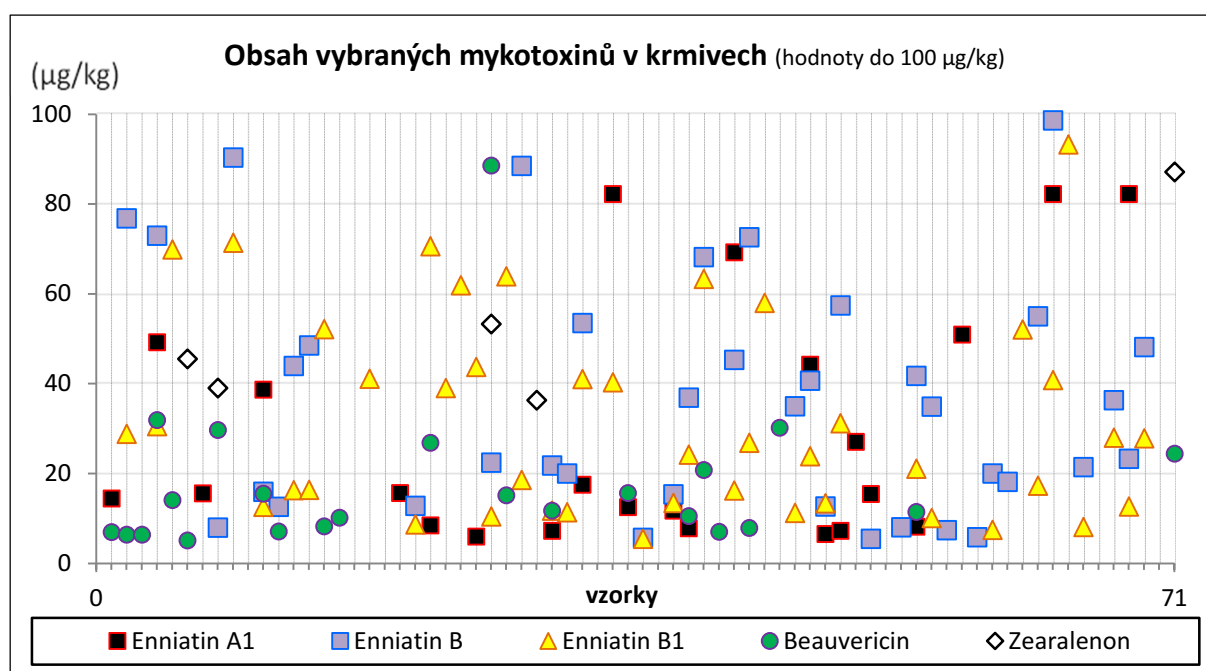
2.2.3 Monitoring mykotoxinů

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 71 vzorků převážně krmných surovin. Překročení maximálního limitu aflatoxinu B₁ ani doporučených směrných hodnot obsahu dalších mykotoxinů nebylo zjištěno u žádného vzorku. Dva vzorky obilovin byly posouzeny jako nevhodné pro daný účel použití z důvodu přítomnosti živých skladištních škůdců.

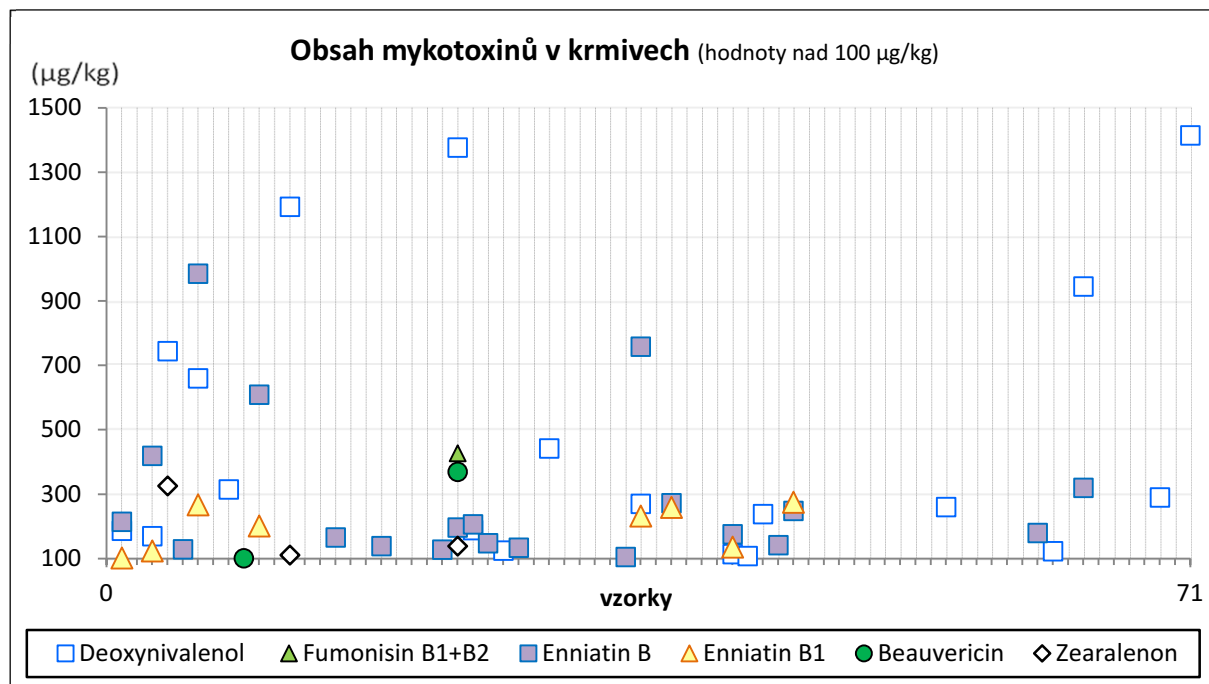
Obrázek 44 Zjištěné obsahy vybraných mykotoxinů do 100 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$



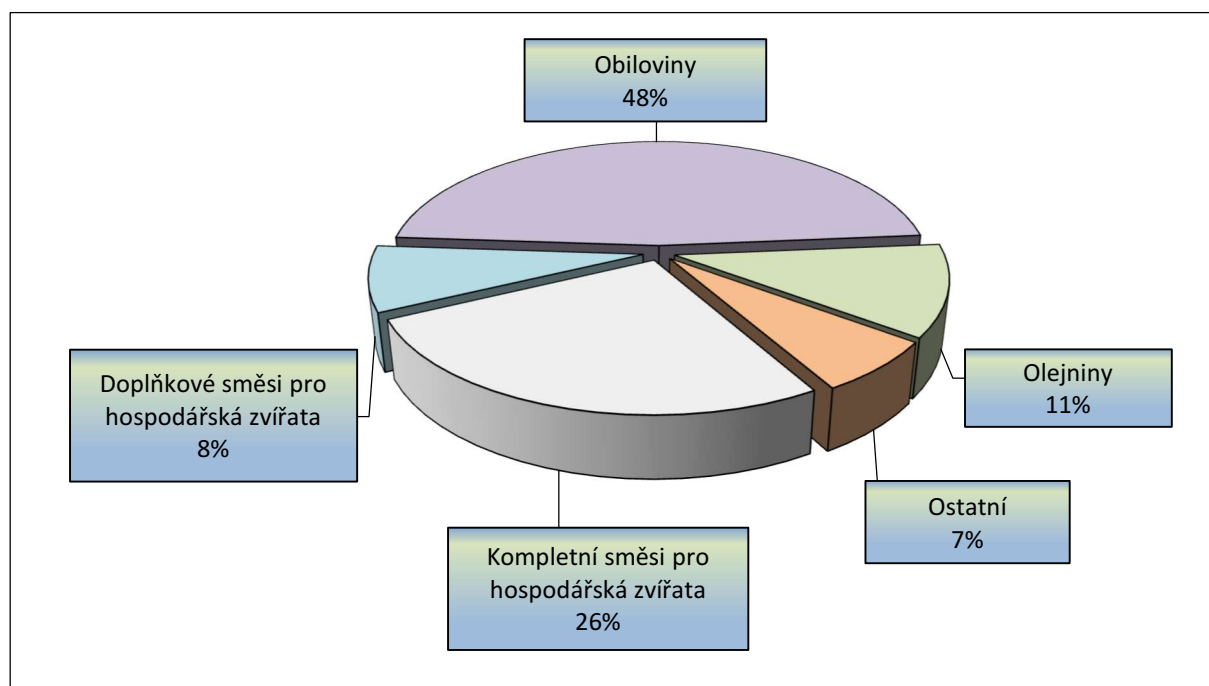
Obrázek 45 Zjištěné obsahy vybraných mykotoxinů do 100 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$



Obrázek 46 Zjištěné obsahy vybraných mykotoxinů vyšší než 100 µg.kg⁻¹



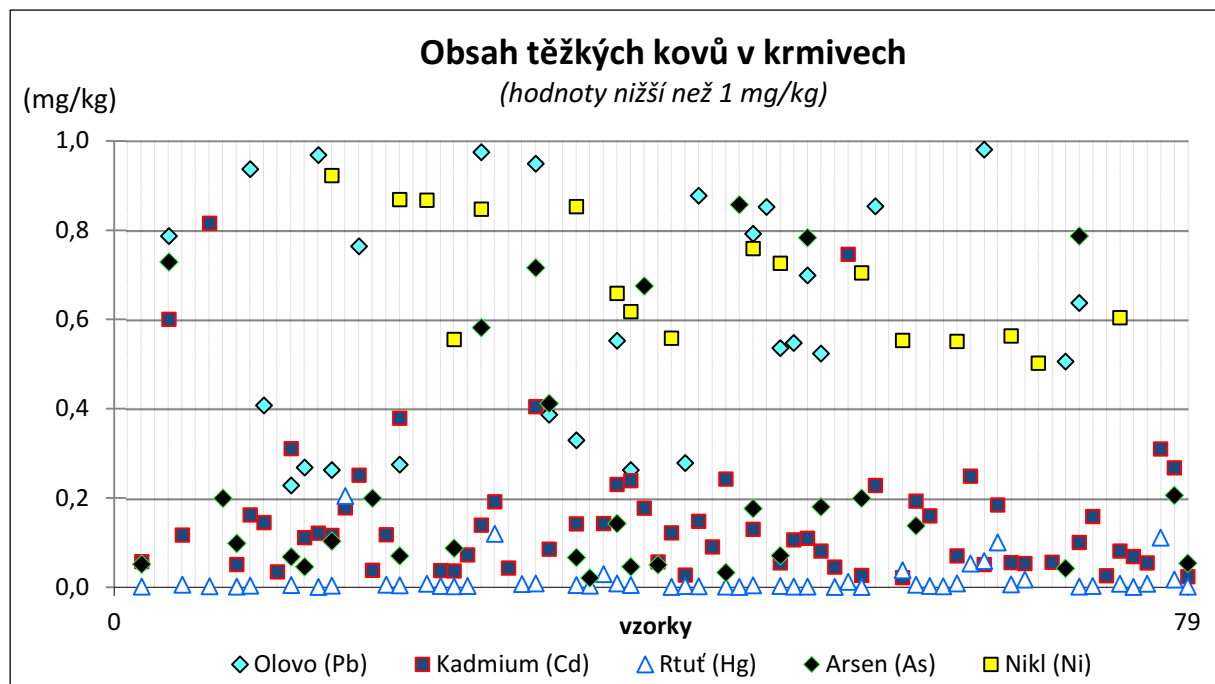
Obrázek 47 Zastoupení vzorků v rámci cílené kontroly mykotoxinů



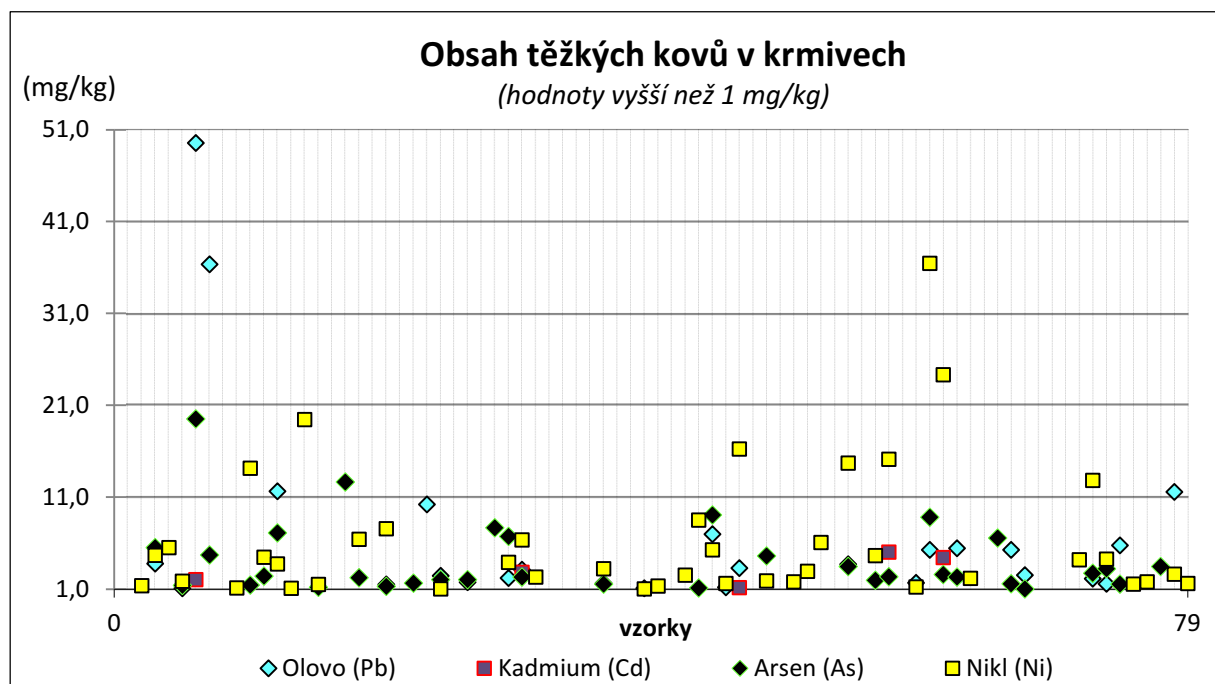
2.2.4 Cílená kontrola přítomnosti těžkých kovů v krmivech

ÚKZÚZ analyzoval 79 úředních vzorků převážně minerálních doplňkových látek a minerálních krmných směsí pro stanovení obsahu těžkých kovů. Byl sledován obsah olova, kadmia, rtuti, arsenu a niklu. Všechny analyzované vzorky vyhovely platným maximálním limitům obsahu sledovaných těžkých kovů, avšak 1 nejakostní vzorek krmné suroviny oxidu hořečnatého nevyhověl deklarovanému obsahu hořčíku.

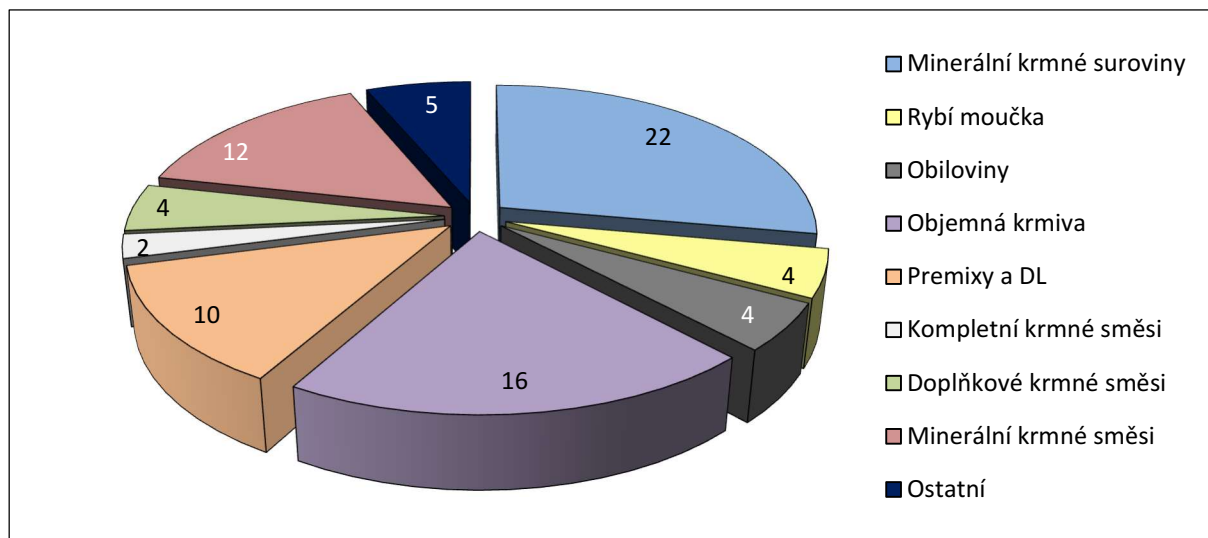
Obrázek 489 Obsah těžkých kovů v krmivech nad detekčním limitem (hodnoty $<1 \text{ mg.kg}^{-1}$)



Obrázek 49 Obsah těžkých kovů v krmivech nad detekčním limitem (hodnoty $>1 \text{ mg.kg}^{-1}$)



Obrázek 50 Zastoupení odebraných krmiv v rámci cílené kontroly obsahu těžkých kovů



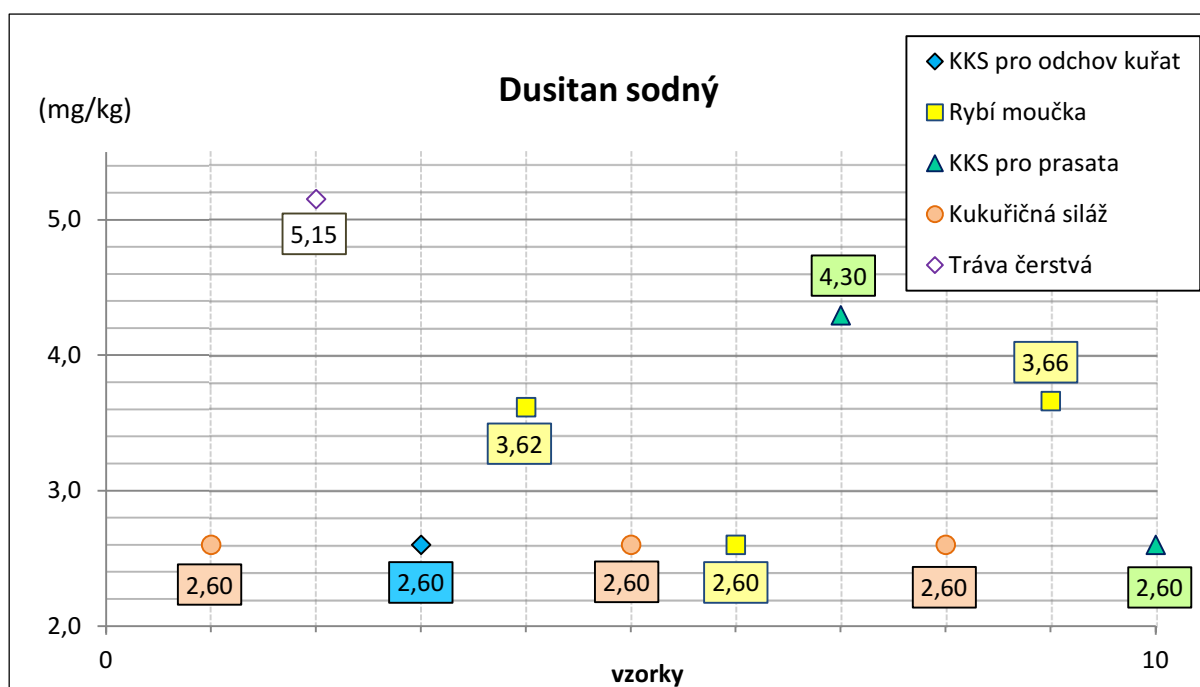
2.2.5 Cílená kontrola přítomnosti dalších nežádoucích látek v krmivech

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

Dusitany

V rámci cílené kontroly bylo odebráno 10 vzorků kompletních krmných směsí, objemných krmných surovin nebo rybí moučky pro stanovení obsahu dusitanů. Ověřuje se, zda nebylo použito konzervování krmiv dusitany. Všechny vzorky byly vyhodnoceny jako vyhovující, obsah 6 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.

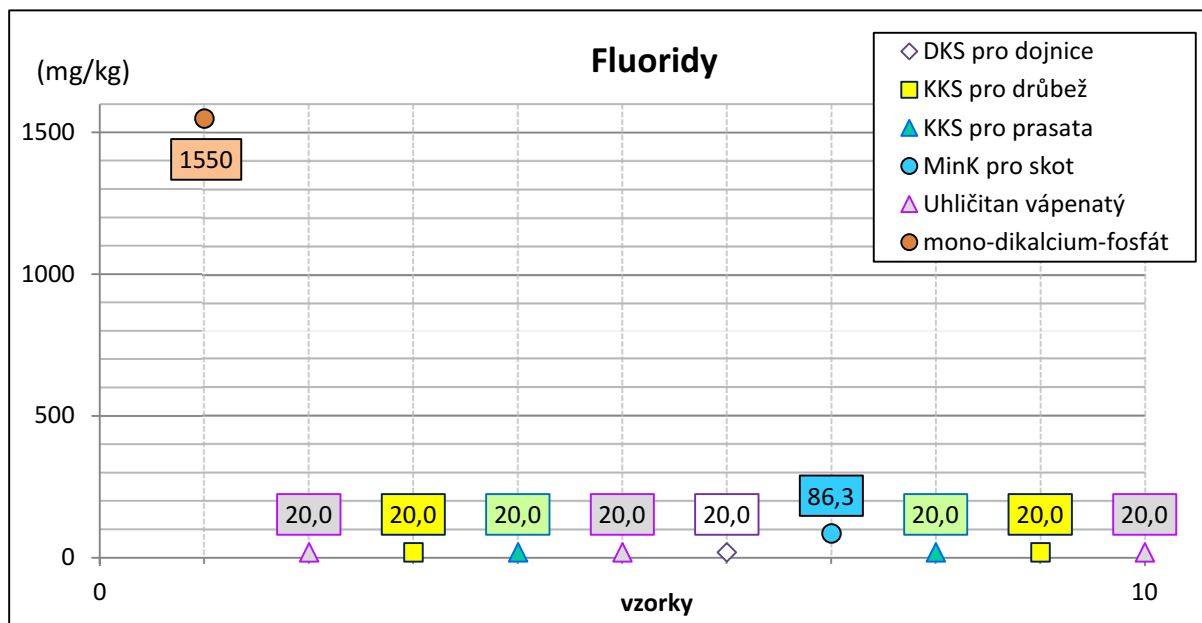
Obrázek 51 Obsah dusitanu sodného v odebraných vzorcích krmiv



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. Vzorek doplňkového krmiva pro dojnice byl posouzen jako nejakostní, protože nevyhověl deklarovanému obsahu močoviny.

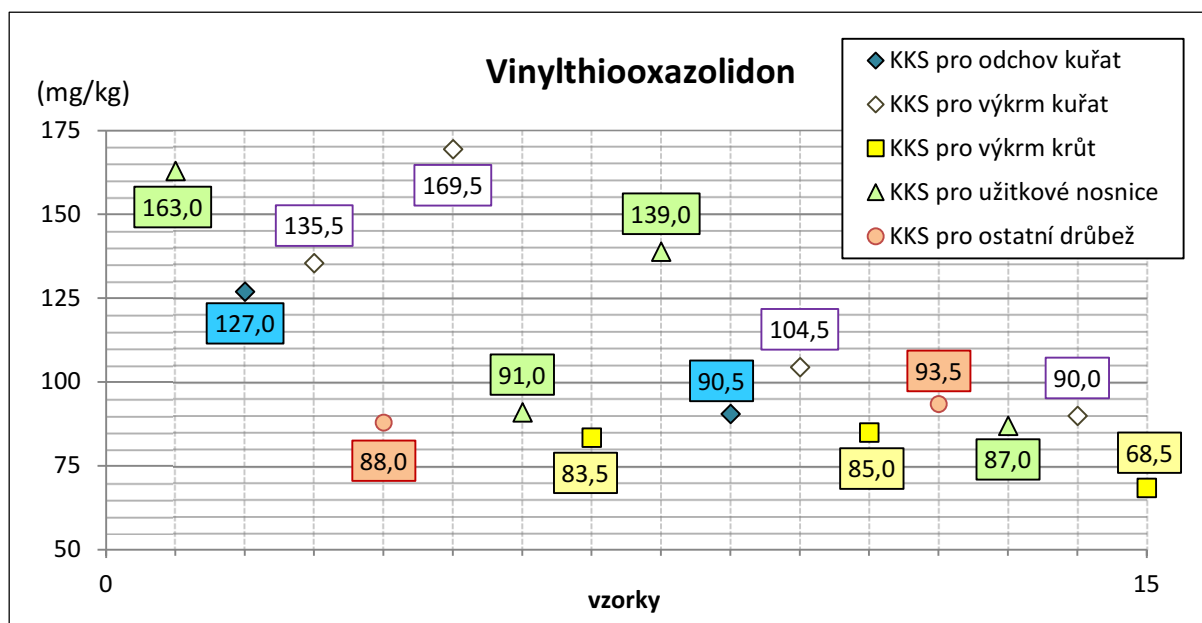
Obrázek 52 Obsah fluoridů v odebraných vzorcích krmiv



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.

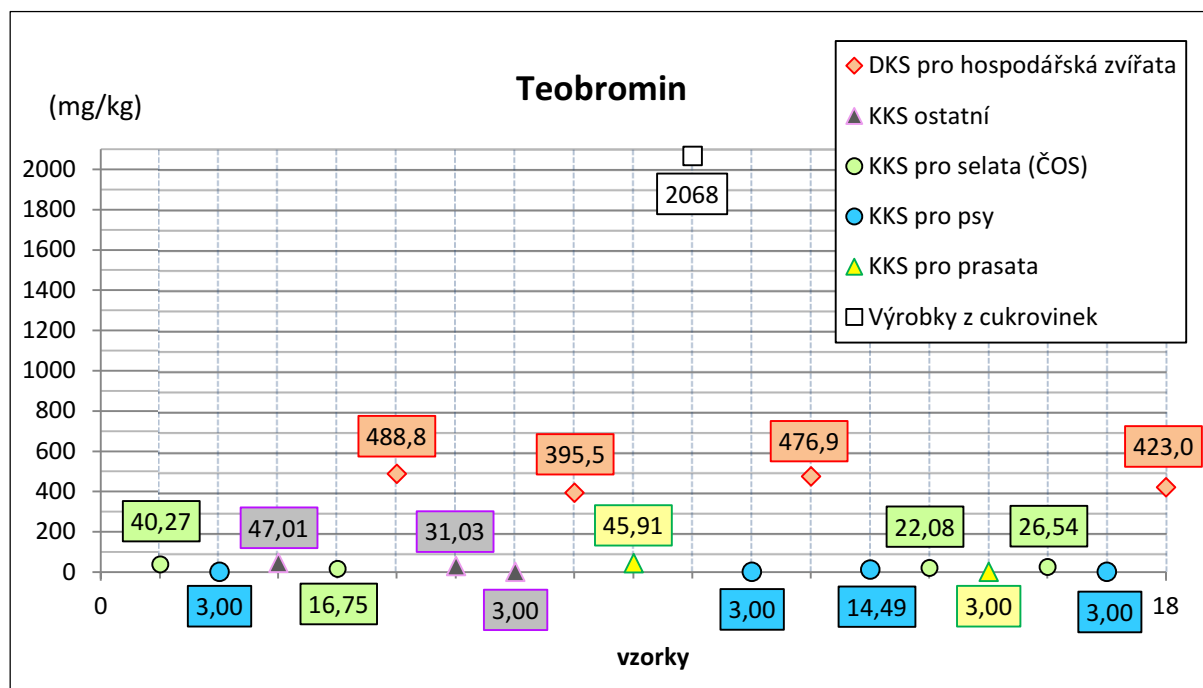
Obrázek 53 Obsah vinylthiooxazolidonu v odebraných vzorcích krmiv



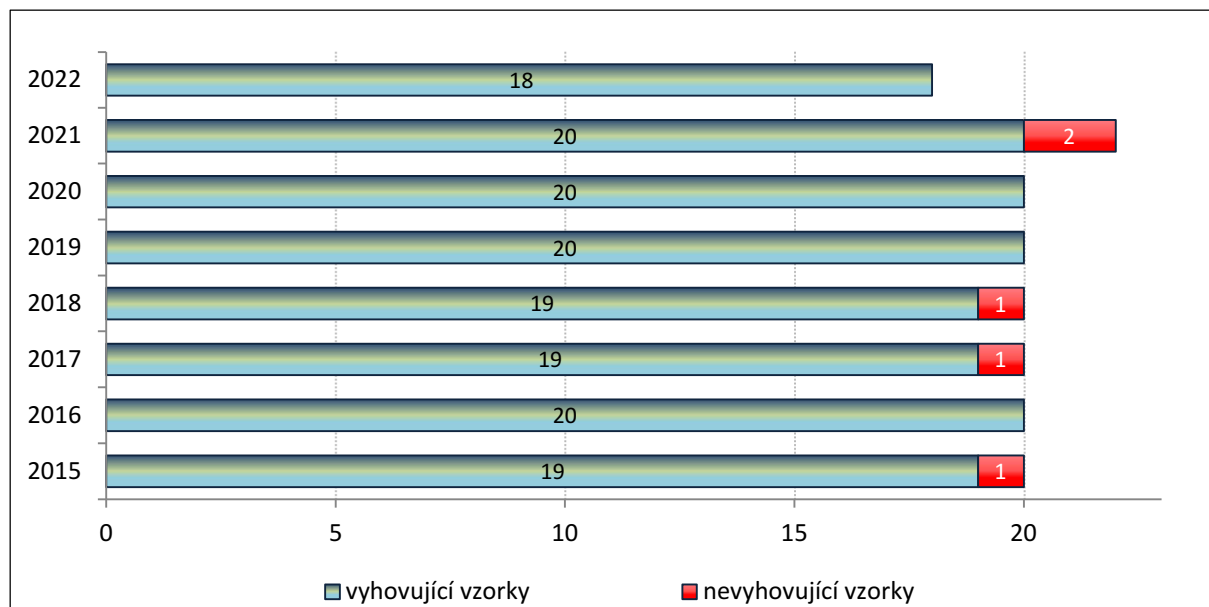
Teobromin

V rámci této cílené kontroly ÚKZÚZ prověřuje krmné směsi s obsahem kakaových slupek, kaka, čokolády a dalších výrobků z cukrovinek. Celkem bylo posouzeno 18 vzorků kompletních a doplňkových krmných směsí. Kontrolou nebyl zjištěn žádný závadný výrobek.

Obrázek 54 Obsah teobrominu v odebraných krmivech



Obrázek 55 Výsledky cílené kontroly obsahu teobrominu v krmivech v období 2015–2022



Melamin a kyselina kyanurová

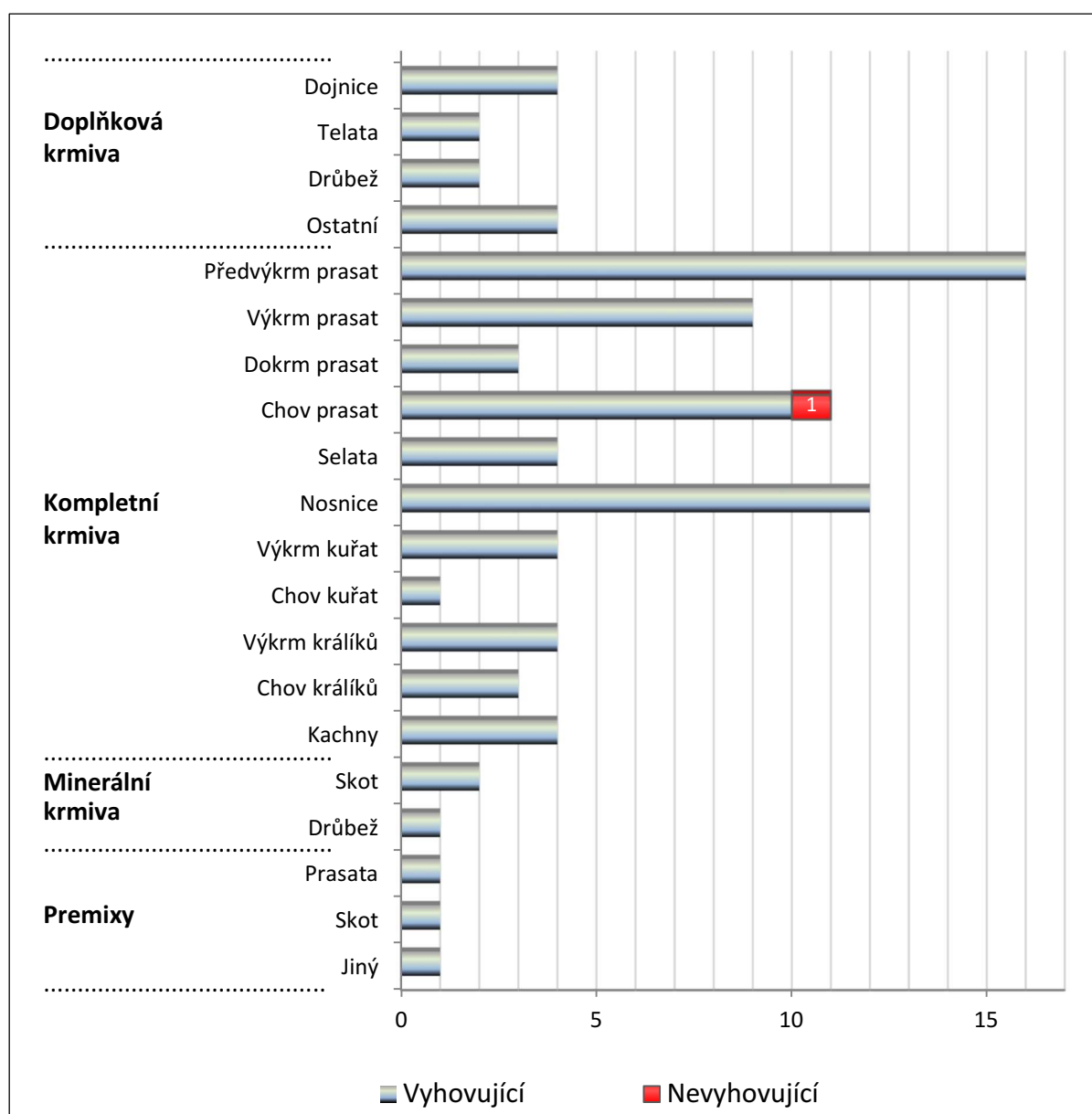
Bylo odebráno 8 vzorků krmných směsí a 2 vzorky aminokyselin za účelem stanovení obsahu melaminu a kyseliny kyanurové. Žádné nevyhovující krmivo nebylo zjištěno. Výsledky obou analytů se u téměř všech analyzovaných vzorků pohybovaly pod úrovní detekčního limitu analytických přístrojů $0,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

2.3 Sledování správného používání doplňkových látek

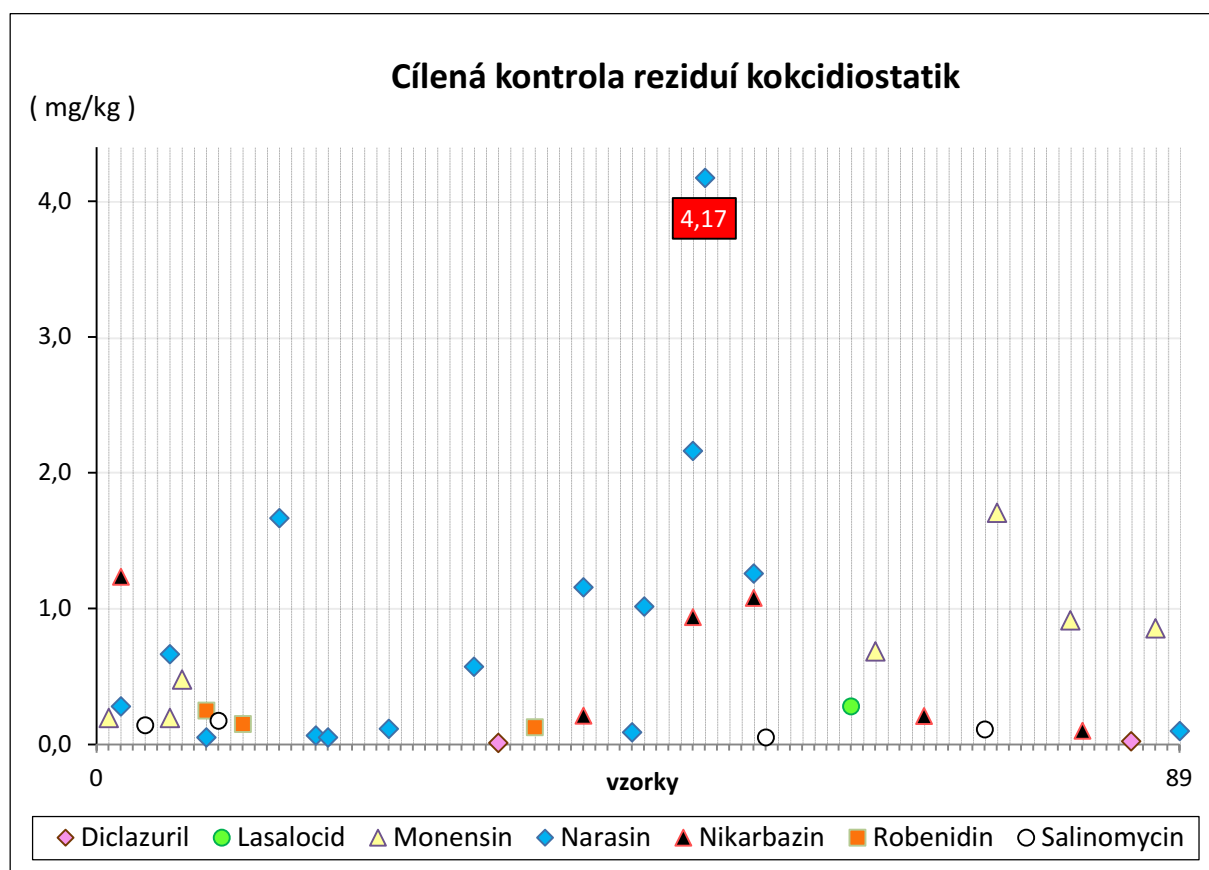
2.3.1 Cílená kontrola používání kokcidiostatik

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 89 vzorků kompletních nebo doplňkových krmných směsí, minerálních krmiv a premixů. Byl zjištěn 1 případ překročení maximálního limitu rezidua kokcidiostatika v následně vyrobeném krmivu (4,17 mg/kg narasinu v kompletní směsi pro jalové a březí prasnice). Závadné krmivo bylo staženo z trhu a případ byl došetřen ve spolupráci se státní veterinární správou pro eliminaci rizika ohrožení bezpečnosti potravinového řetězce.

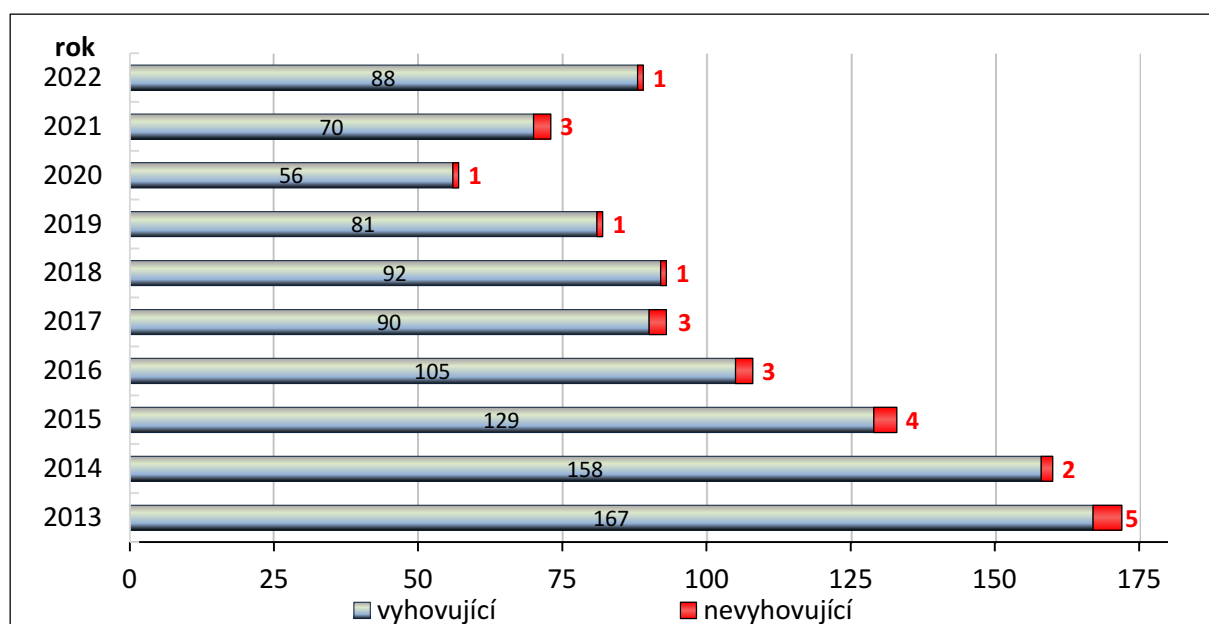
Obrázek 56 Odebrané vzorky v rámci cílené kontroly křížové kontaminace krmiv kokcidiostatiky



Obrázek 57 Obsah reziduí kokcidiostatik v krmivech a premixech nad mezí detekce analýzy (v červených polích hodnota nevyhovujících vzorků)

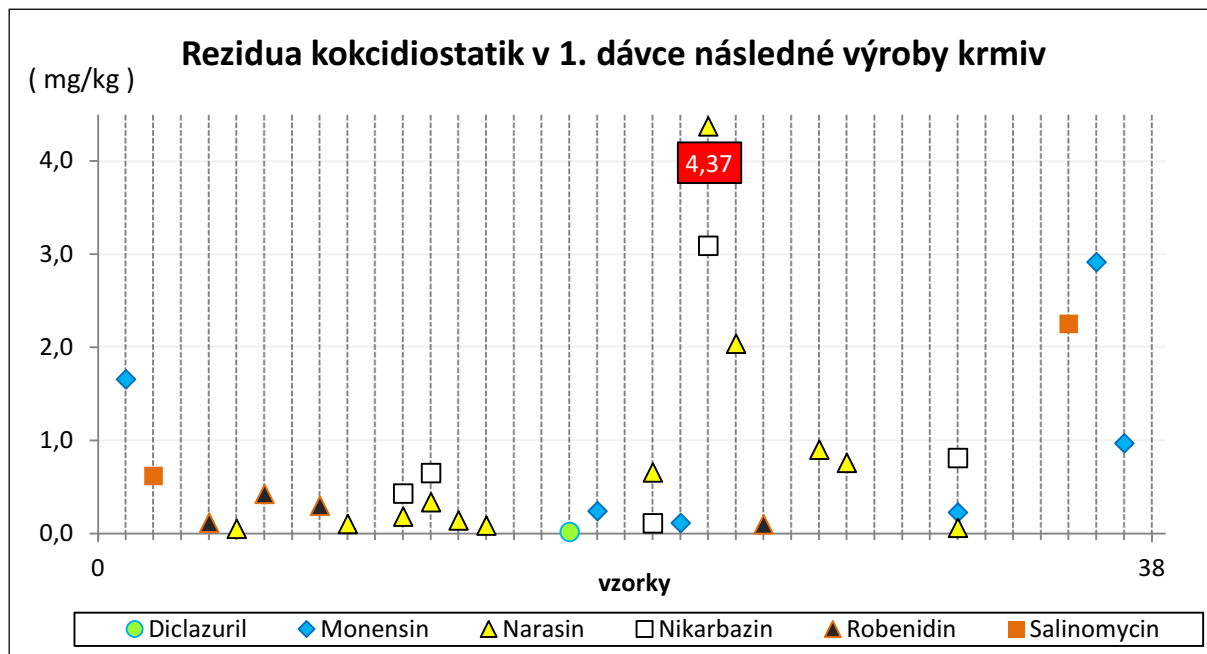


Obrázek 58 Výsledky cílené kontroly křížové kontaminace krmiv kokcidiostatiky 2013–2022

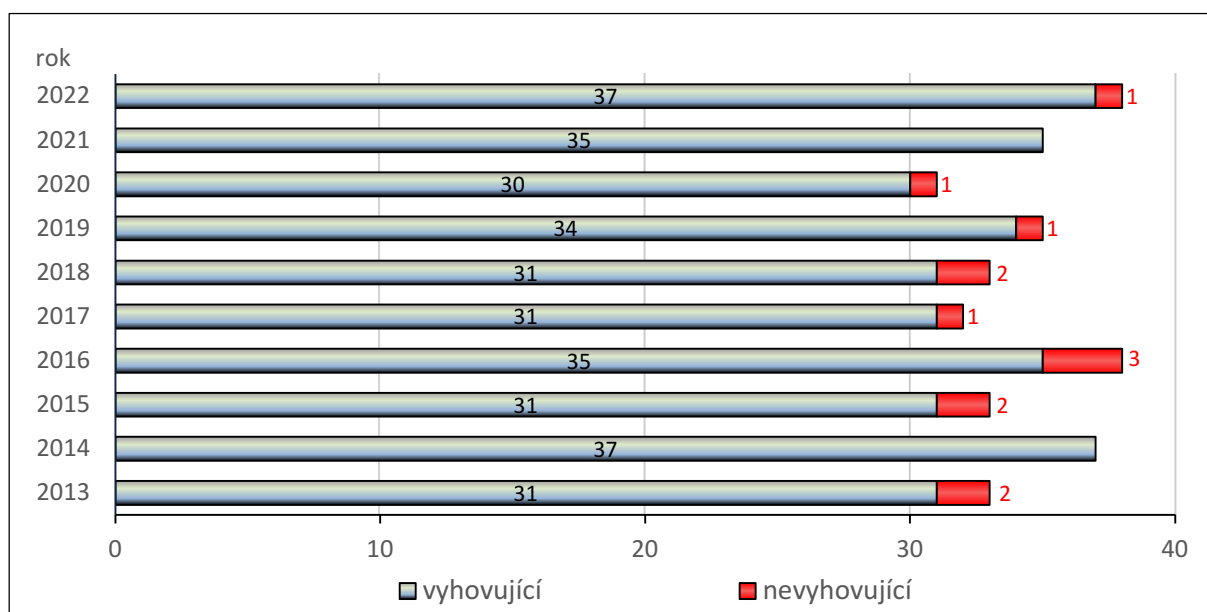


V rámci cílené kontroly byly rovněž sledovány reziduální stopy kokcidiostatik v krmivu, které bylo homogenně zpracováno míchacím zařízením výrobce bezprostředně po použití kokcidiostatik. Bylo tak prověřeno 38 vzorků materiálu, odebraného po dokončení míchacího cyklu první – nejrizikovější dávky následné výroby krmiv. Tato kontrola prověřuje účinnost prováděných dekontaminačních opatření provozovatele. Pozitivní byl 1 nález s nadlimitním obsahem rezidua (4,37 mg/kg narasinu v kompletní směsi pro jalové a březí prasnice, krmivo nemá souvislost se záchytem rezidua ve výše uvedené cílené kontrole celé šarže). Výrobce úpravou dekontaminačního programu snížil riziko vzniku křížové kontaminace.

Obrázek 59 *Rezidua kokcidiostatik v 1. míchačce následné výroby, hodnoty nad mezi detekce stanovení (v červeném poli hodnota nevyhovujícího vzorku)*



Obrázek 60 *Cílená kontrola křížové kontaminace kokcidiostatik v 1. míchačce následné výroby krmiv*

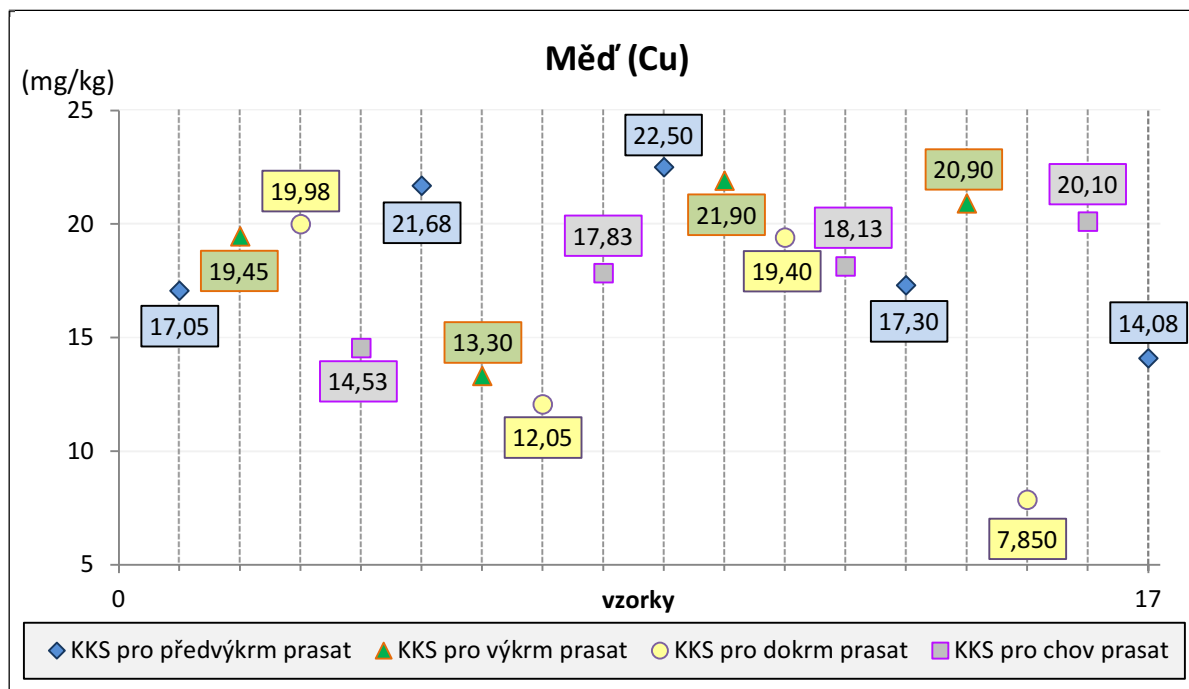


2.3.2 Cílená kontrola dodržování limitů doplňkových látek

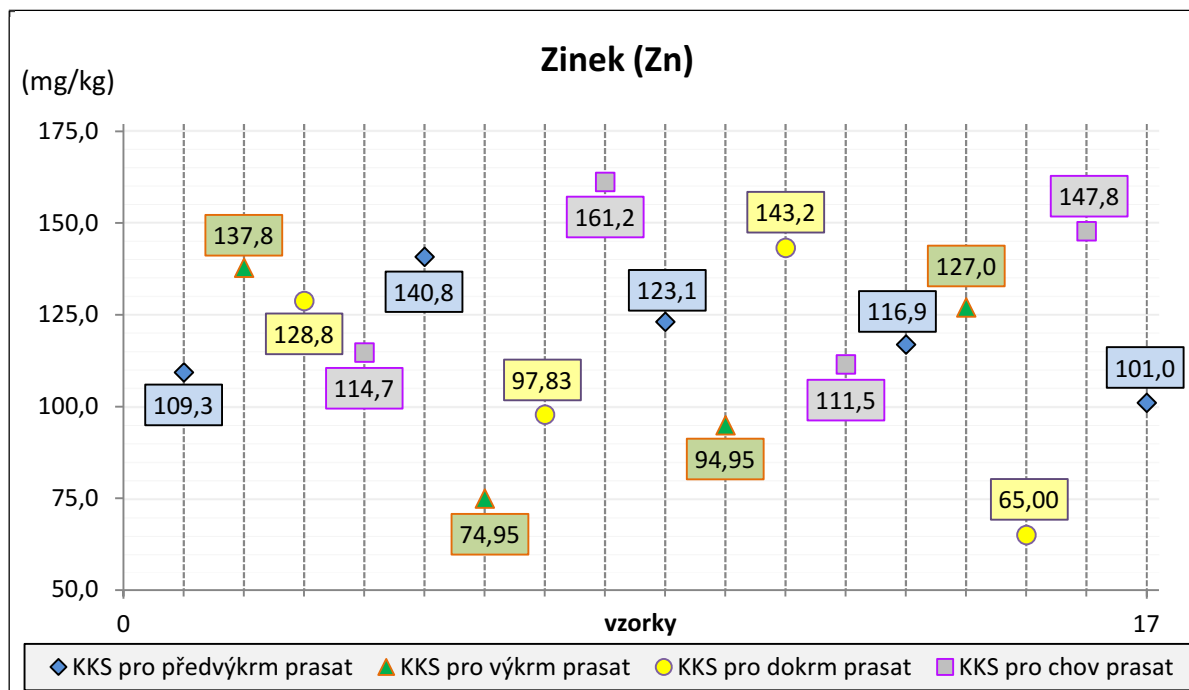
Při této kontrole se sledovalo dodržování maximálních limitů mědi, zinku, manganu, železa, selenu, jódu, vitamínu A a vitamínu D₃. Odebráno bylo celkem 51 vzorků krmiv, převažovaly kompletní směsi pro prasata a pro drůbež. Vzorek kompletního krmiva pro selata ČOS vykázal nadlimitní obsah zinku. Dva vzorky nevyhověly deklarovanému obsahu (KKS pro prasnice kojící obsahem jódu a KKS pro užitkové nosnice obsahem jódu, vitamínu A a vitamínu D₃).

KRMIVA PRO PRASATA (17 vzorků)

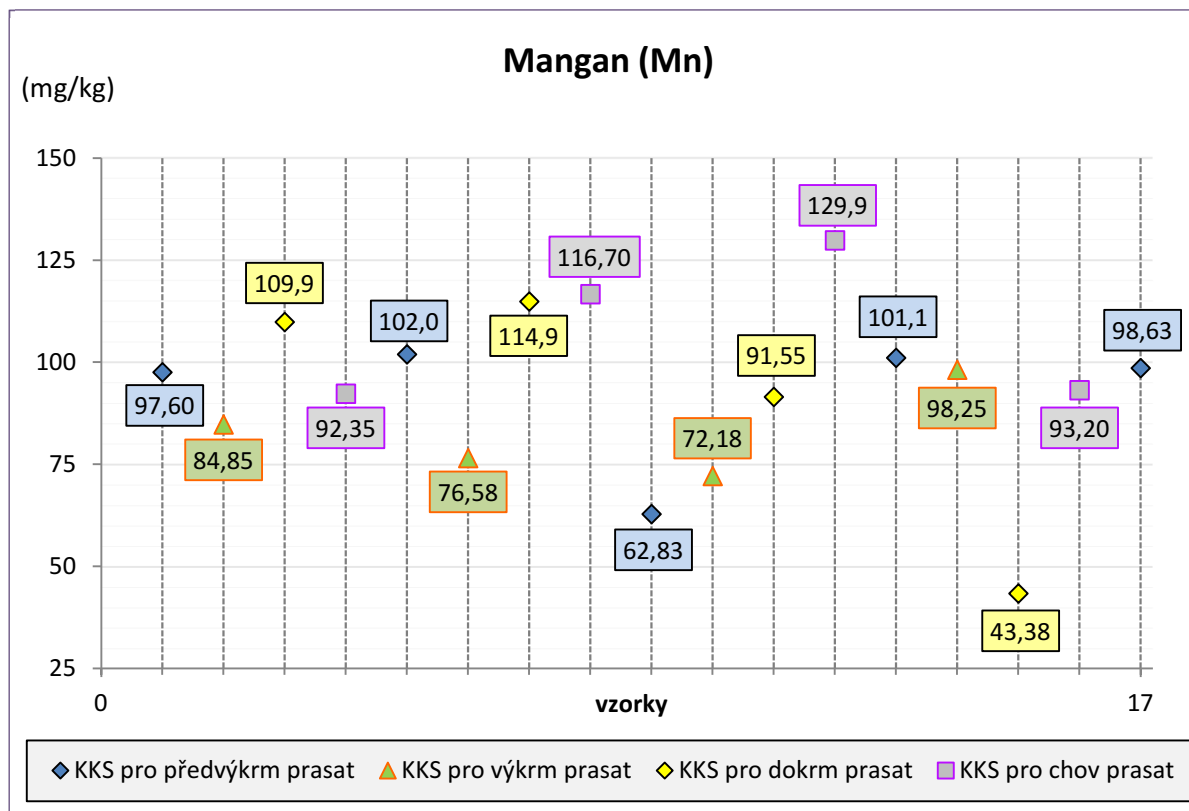
Obrázek 61 Obsah mědi v krmivech pro výkrm a chov prasat



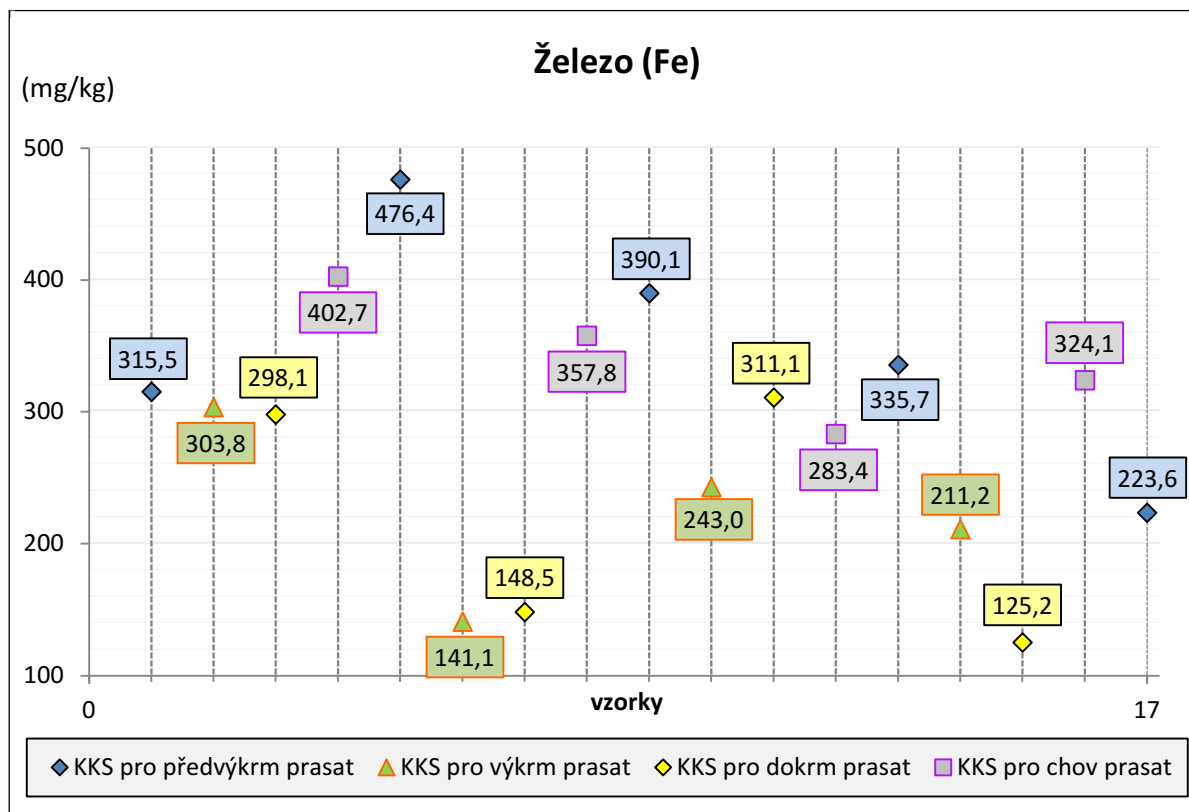
Obrázek 62 Obsah zinku v krmivech pro výkrm a chov prasat



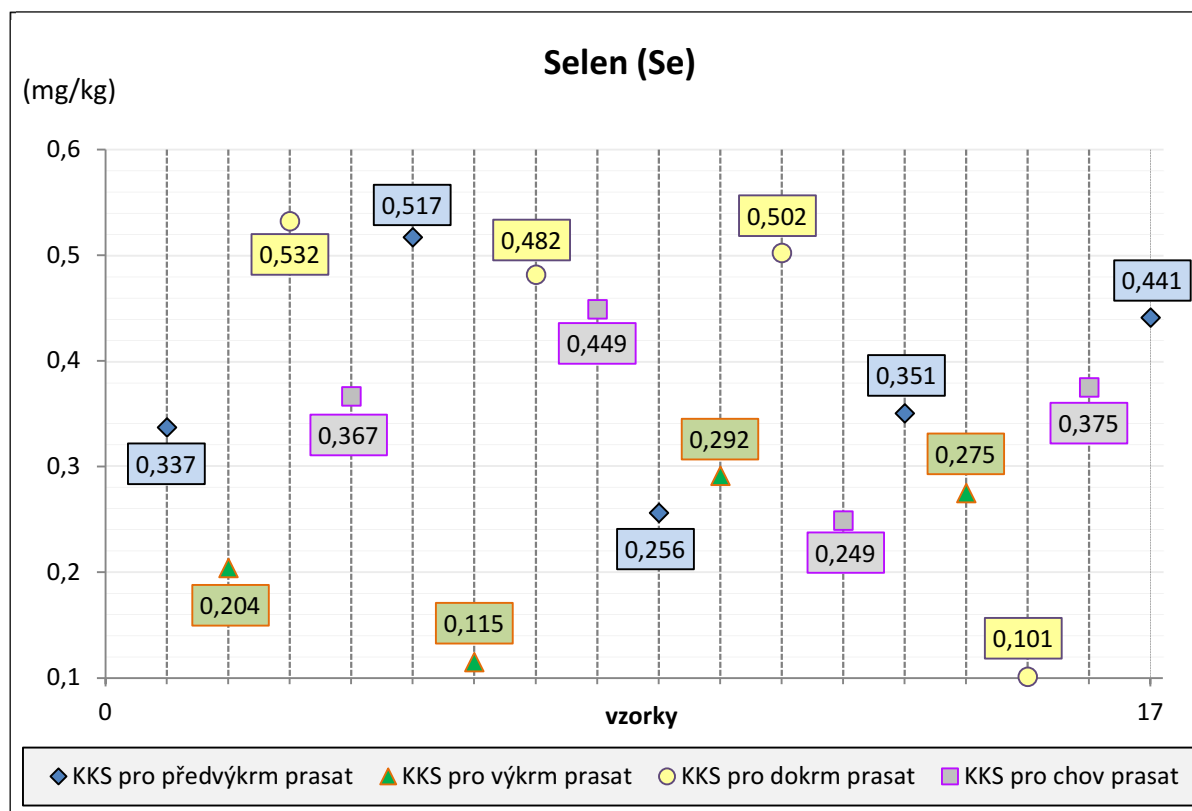
Obrázek 63 Obsah manganu v kompletních krmných směsích pro výkrm a chov prasat



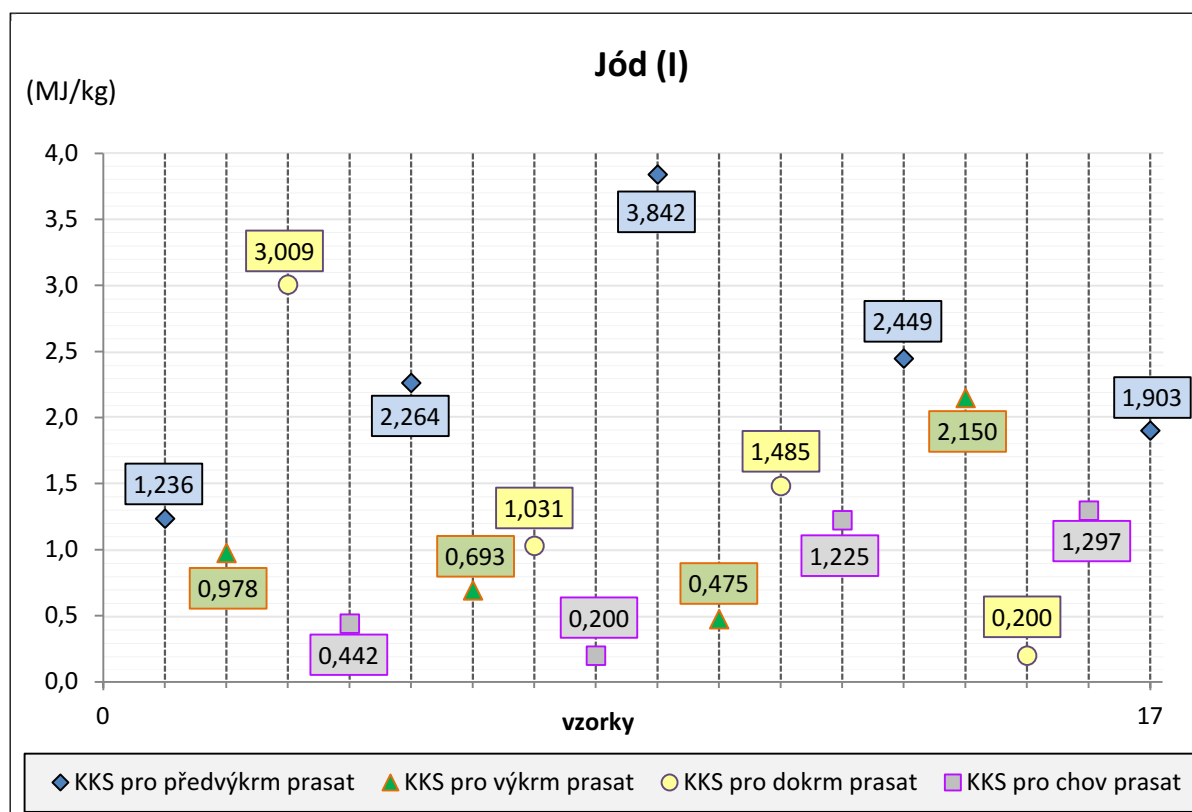
Obrázek 64 Obsah železa v kompletních krmných směsích pro výkrm a chov prasat



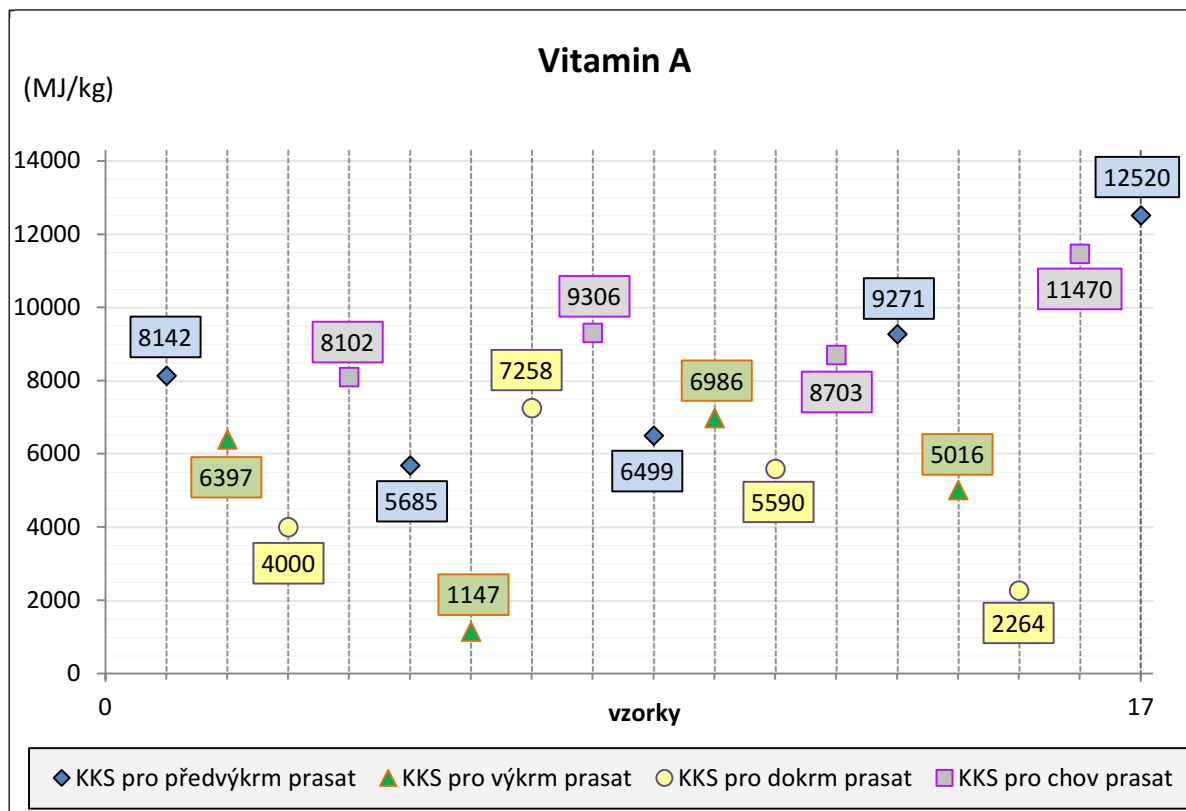
Obrázek 65 Obsah selenu v kompletních krmných směsích pro výkrm a chov prasat



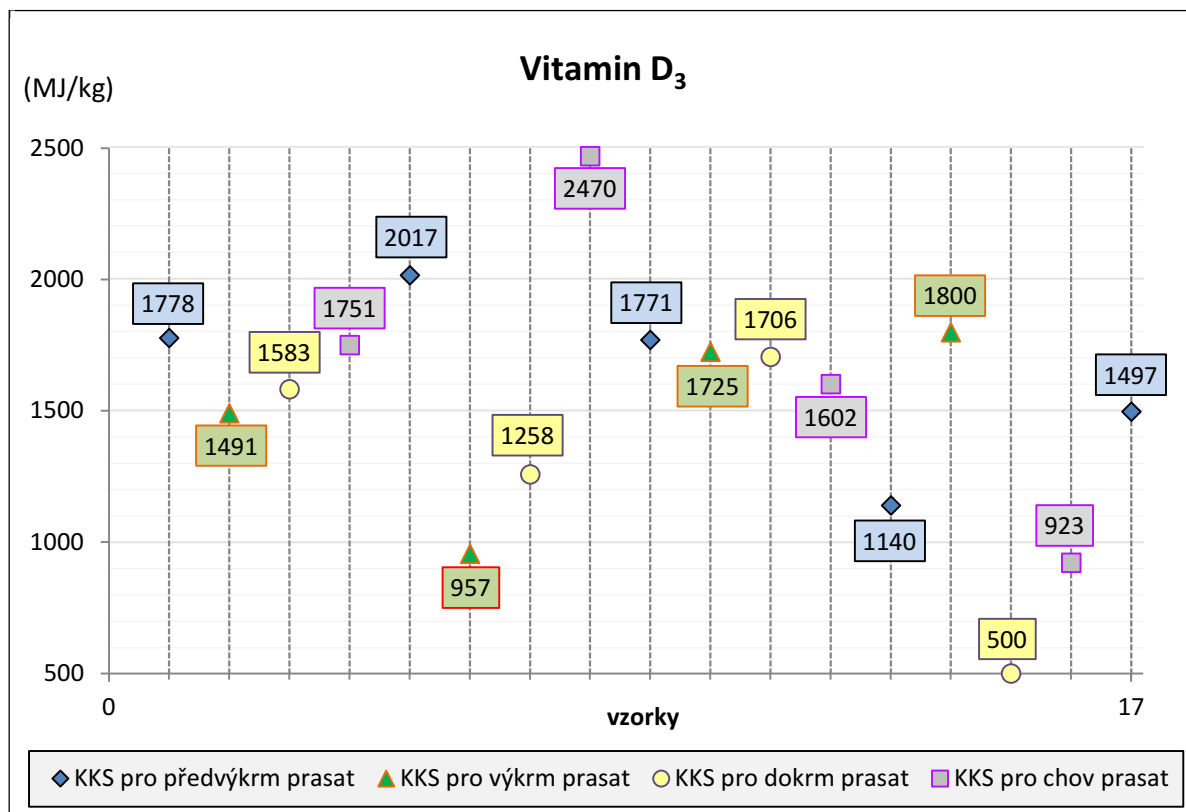
Obrázek 66 Obsah jódu v kompletních krmných směsích pro výkrm a chov prasat



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

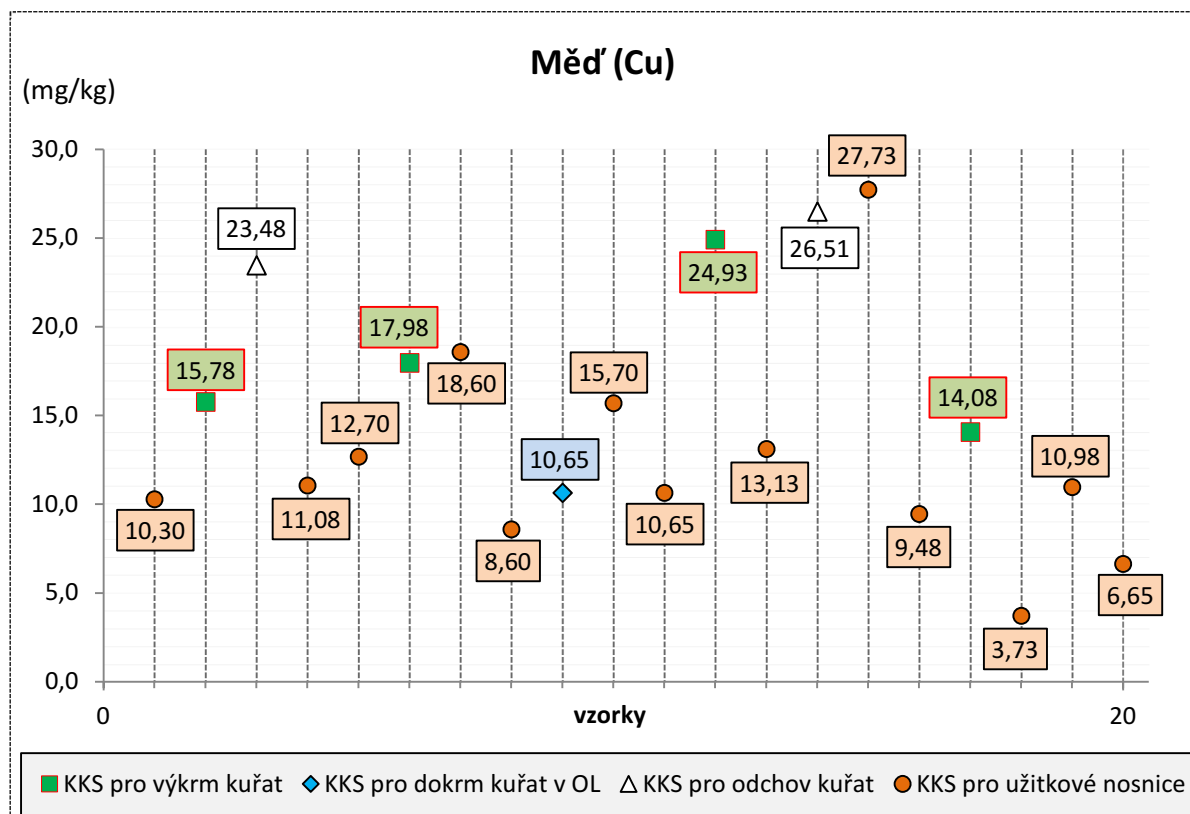


Obrázek 68 Obsah vitamínu D₃ v krmivech pro výkrm a chov prasat

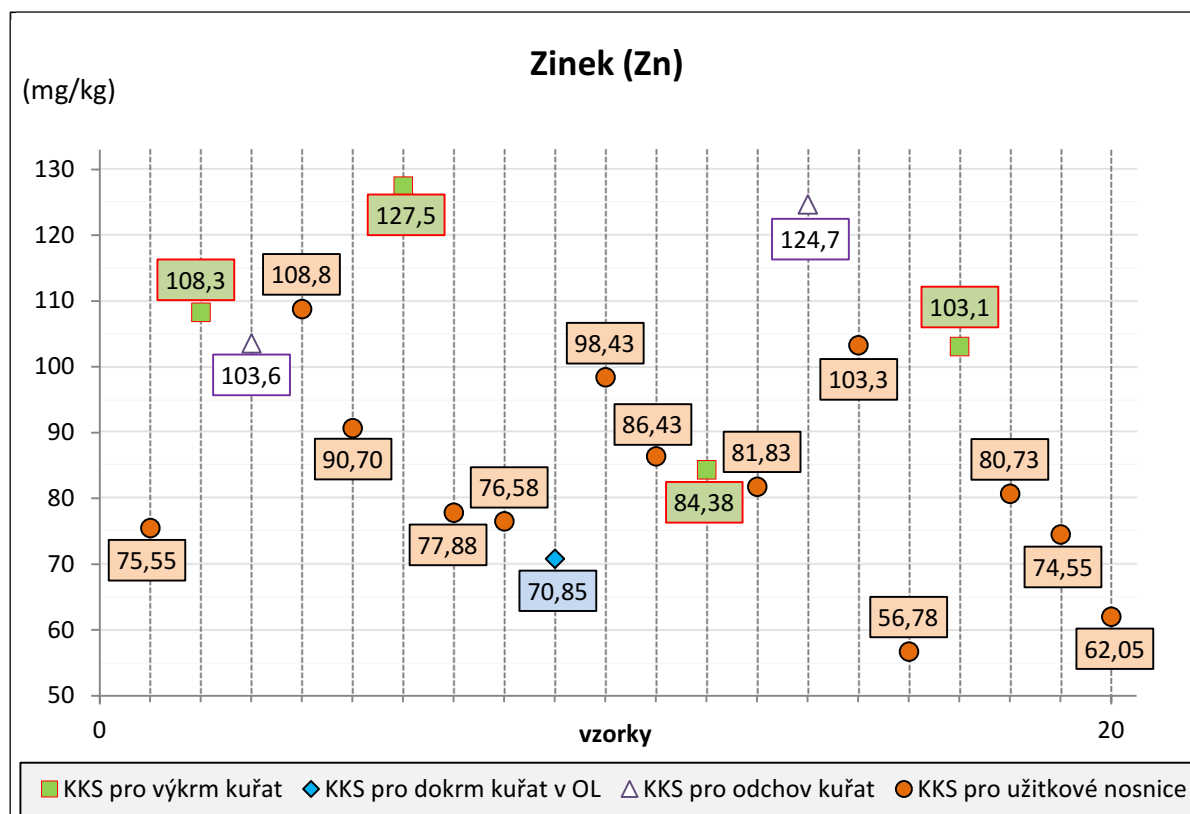


KRMIVA PRO DRŮBEŽ (20 vzorků)

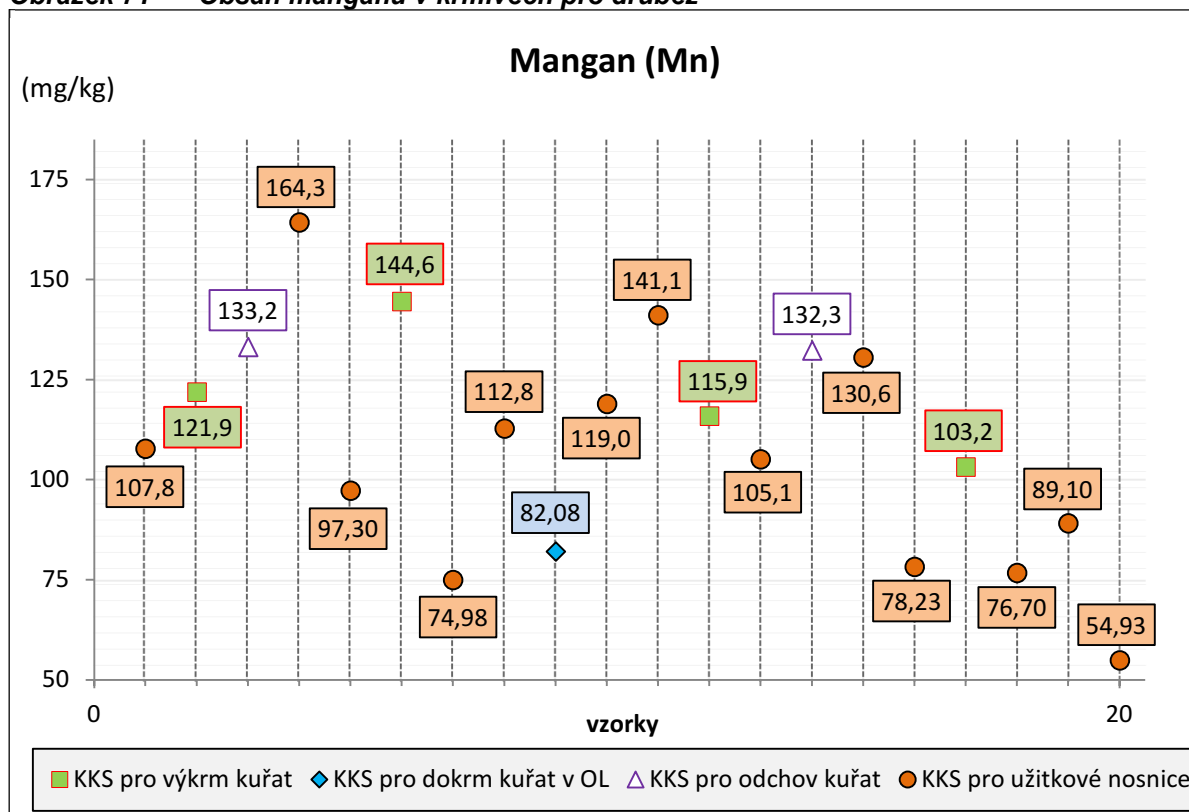
Obrázek 69 Obsah mědi v krmivech pro drůbež



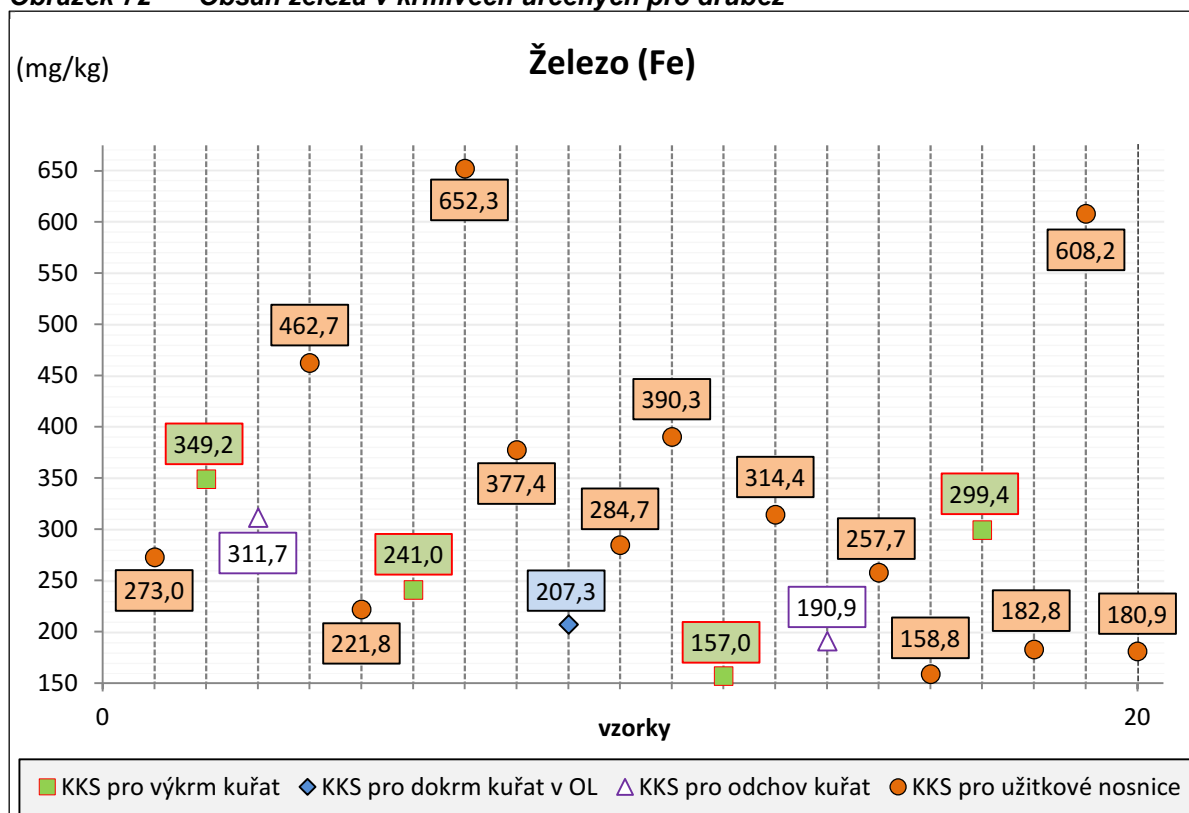
Obrázek 70 Obsah zinku v krmivech pro drůbež



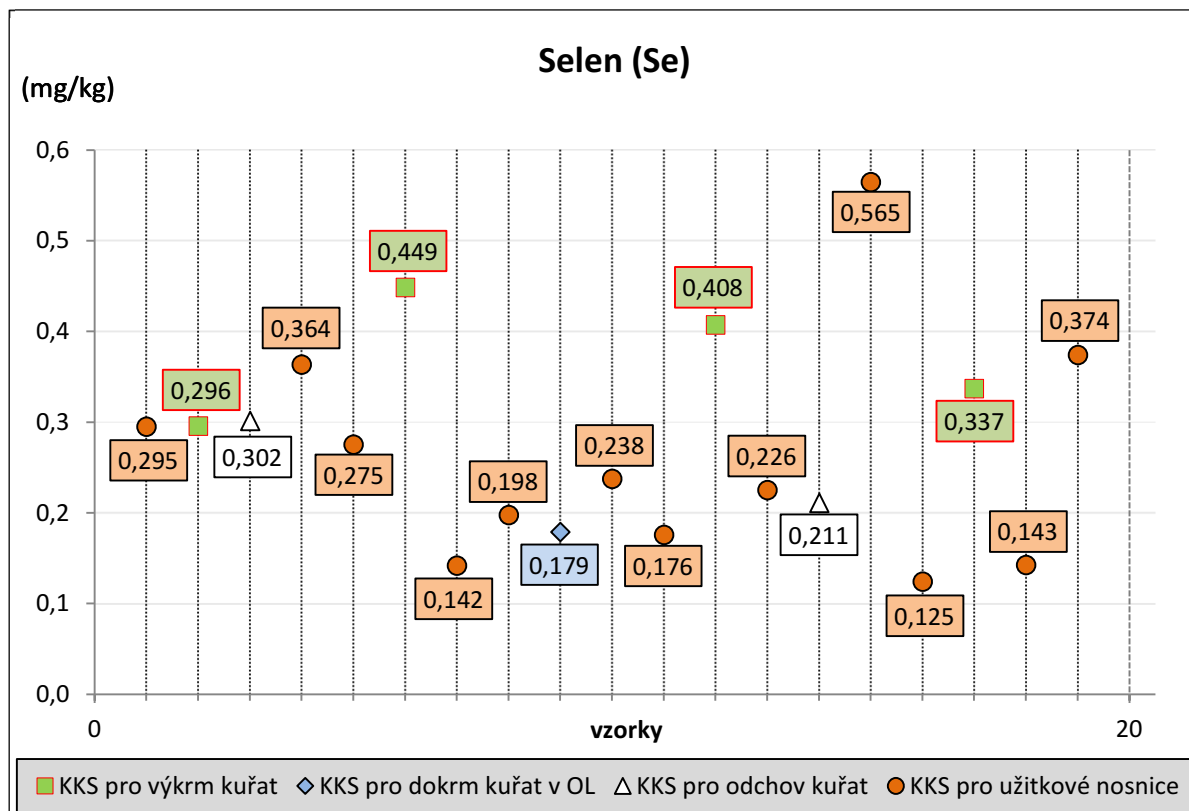
Obrázek 71 Obsah manganu v krmivech pro drůbež



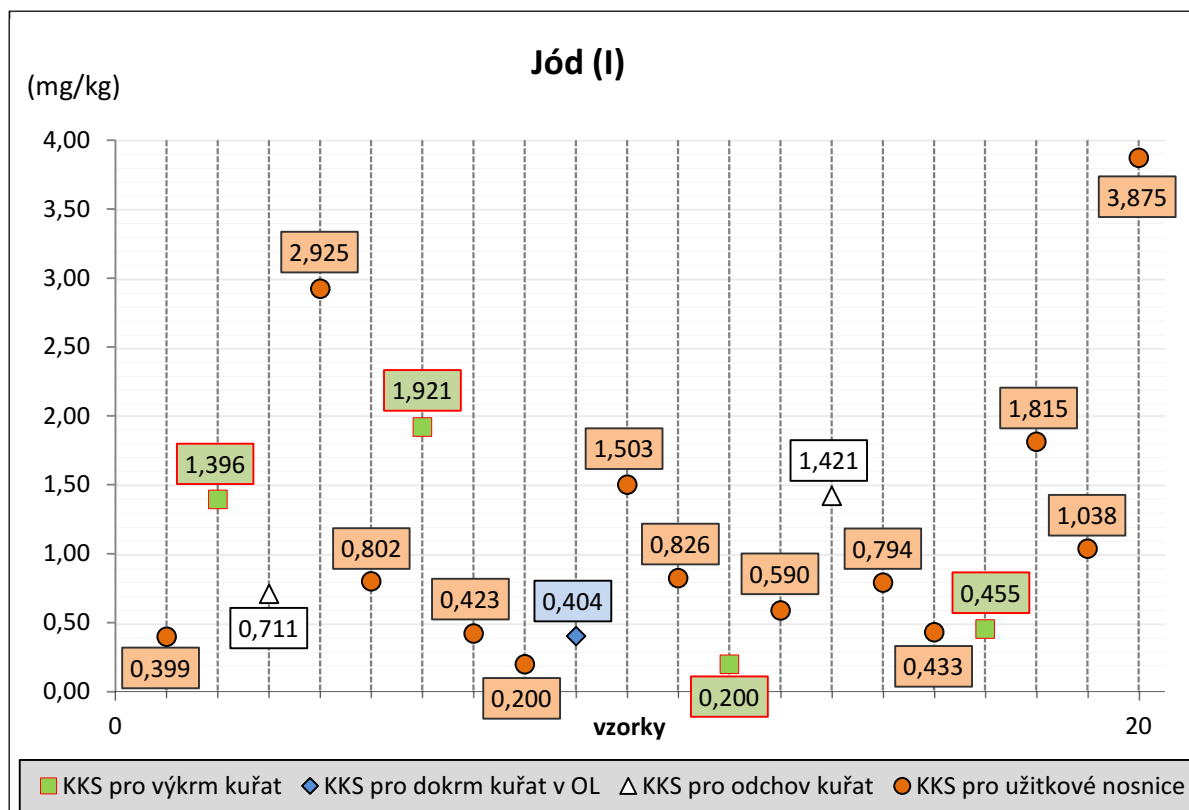
Obrázek 72 Obsah železa v krmivech určených pro drůbež



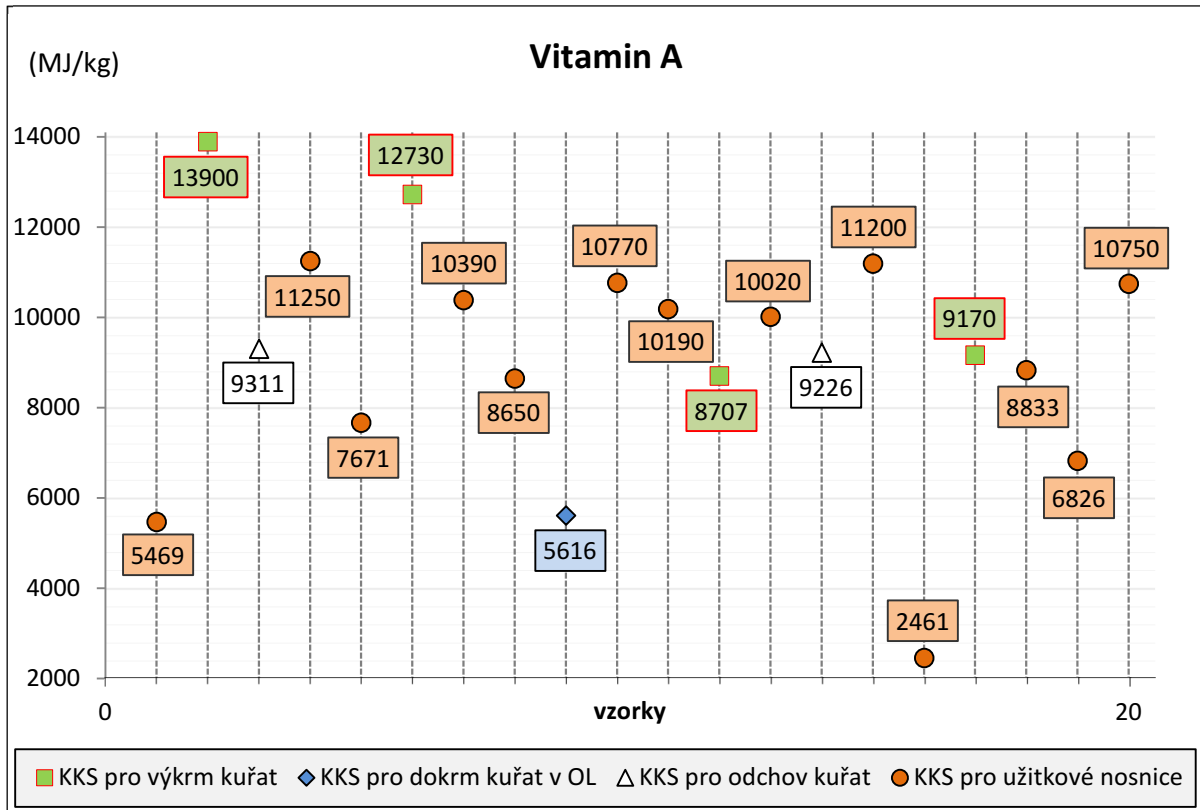
Obrázek 73 Obsah selenu v krmivech pro drůbež



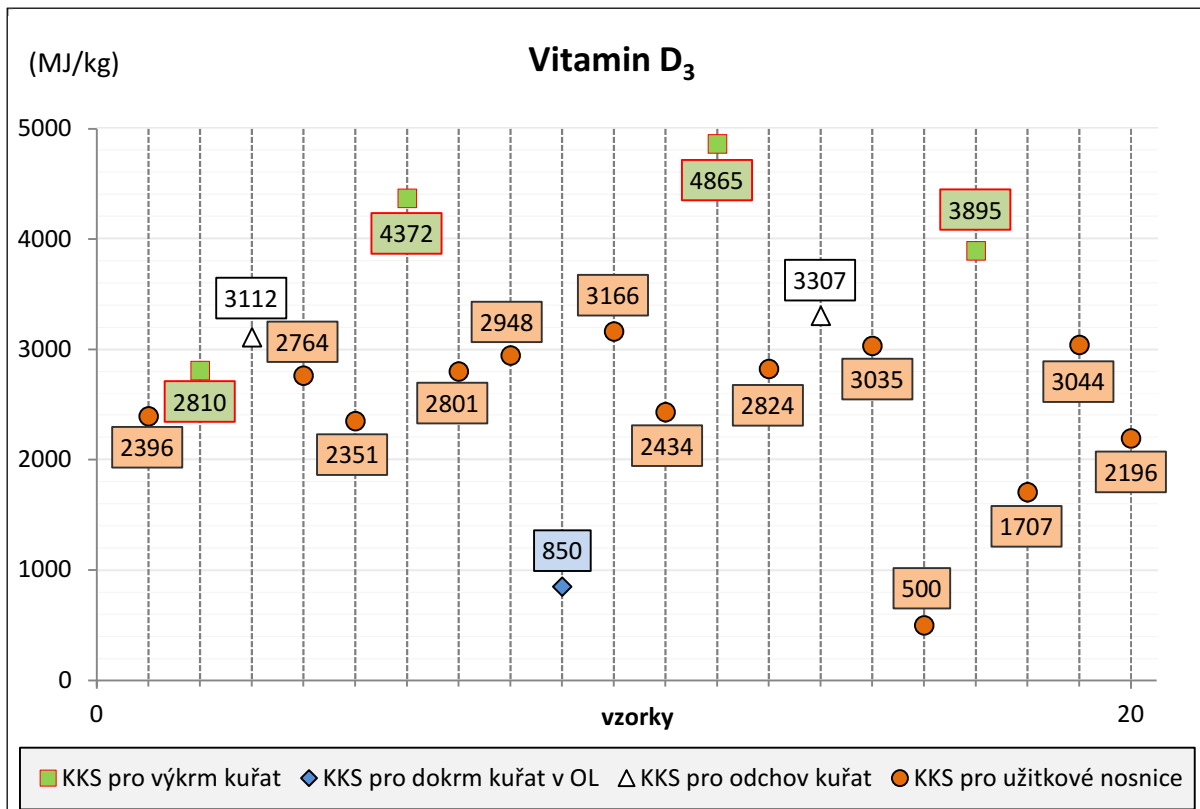
Obrázek 74 Obsah jódu v krmivech pro drůbež



Obrázek 75 Obsah vitamínu A v krmivech pro drůbež

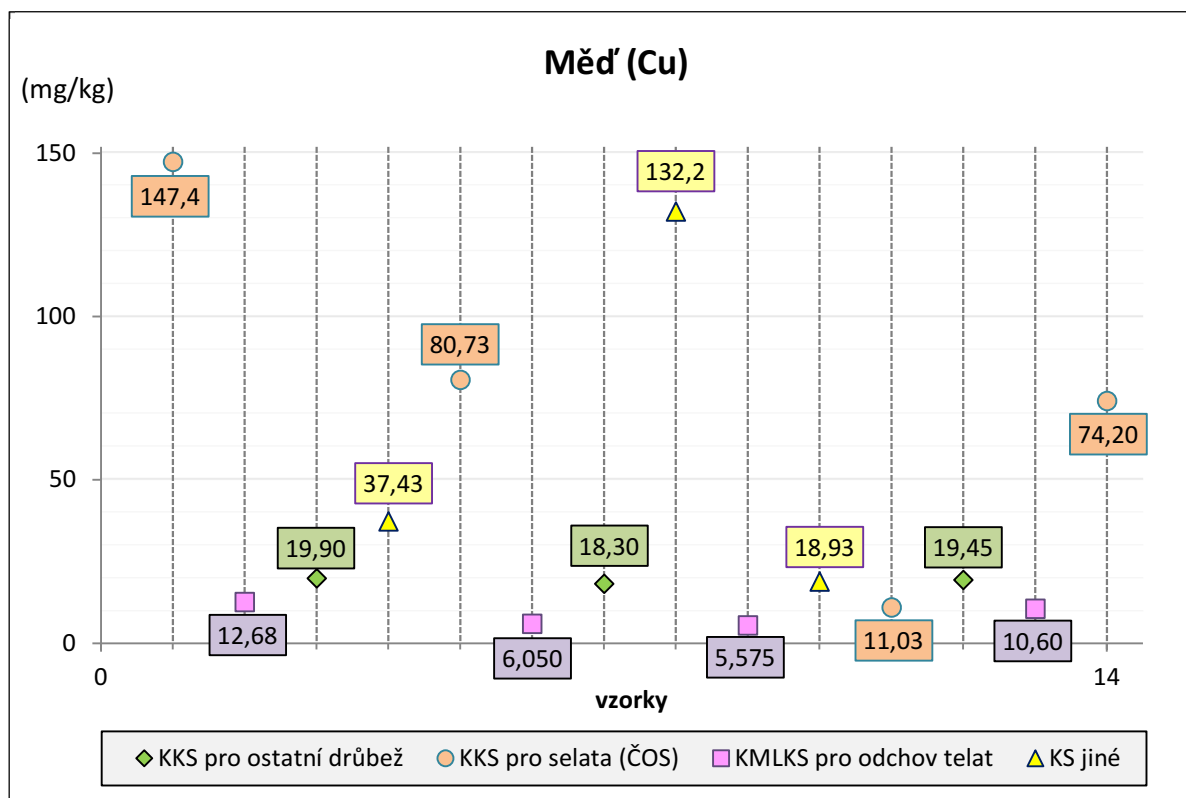


Obrázek 76 Obsah vitamínu D₃ v krmivech pro drůbež

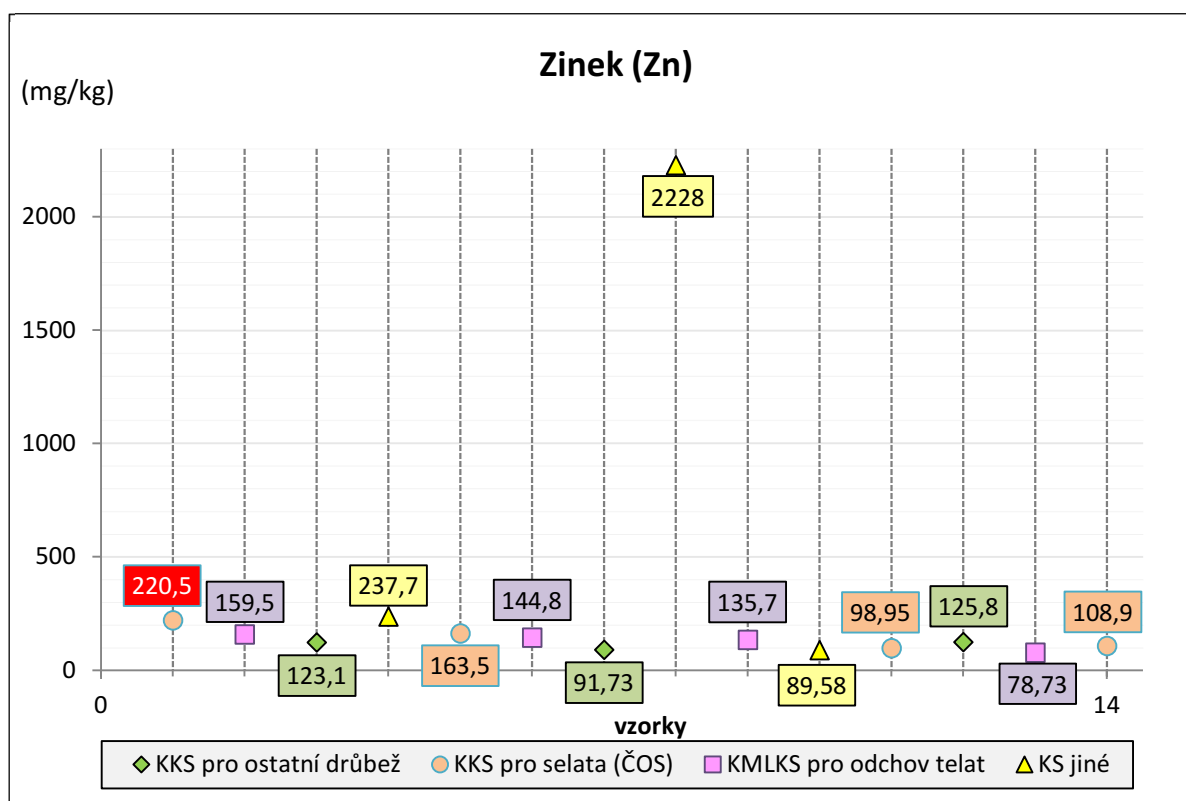


KRMIVA OSTATNÍ (14 vzorků)

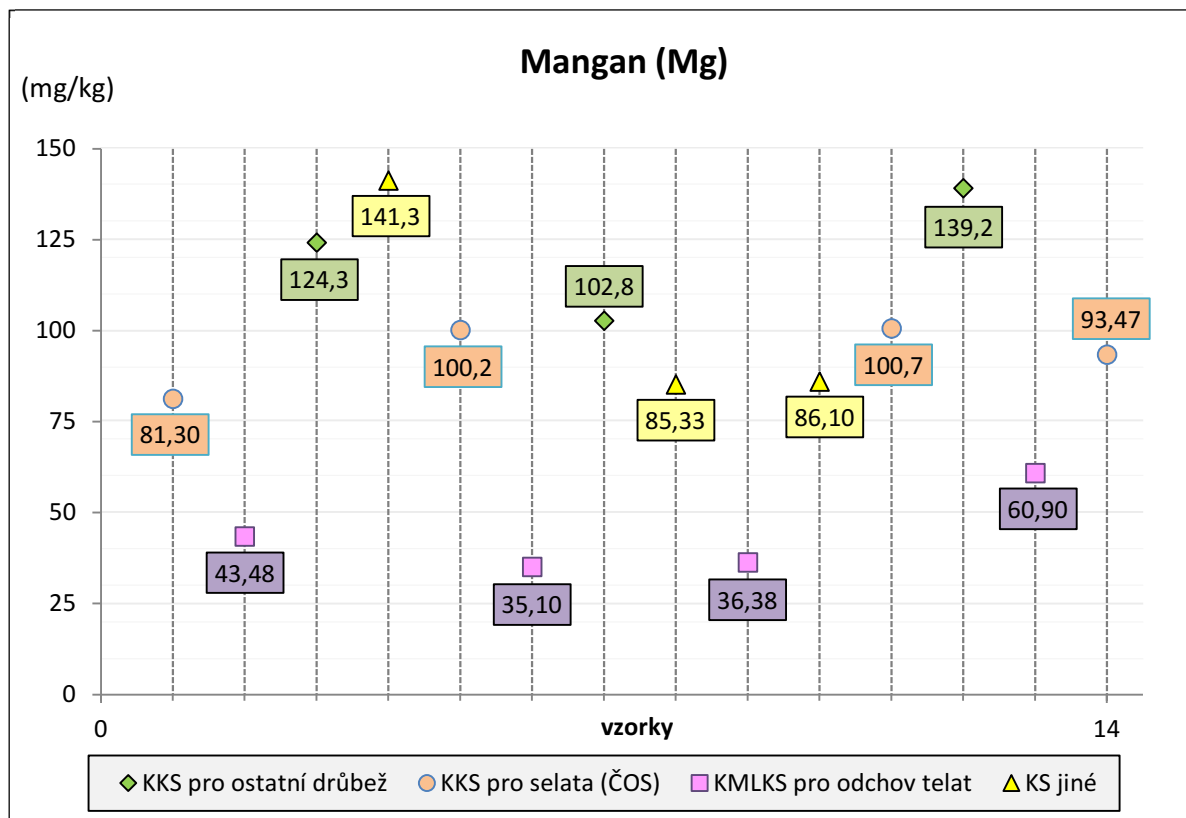
Obrázek 77 Obsah mědi v ostatních krmivech



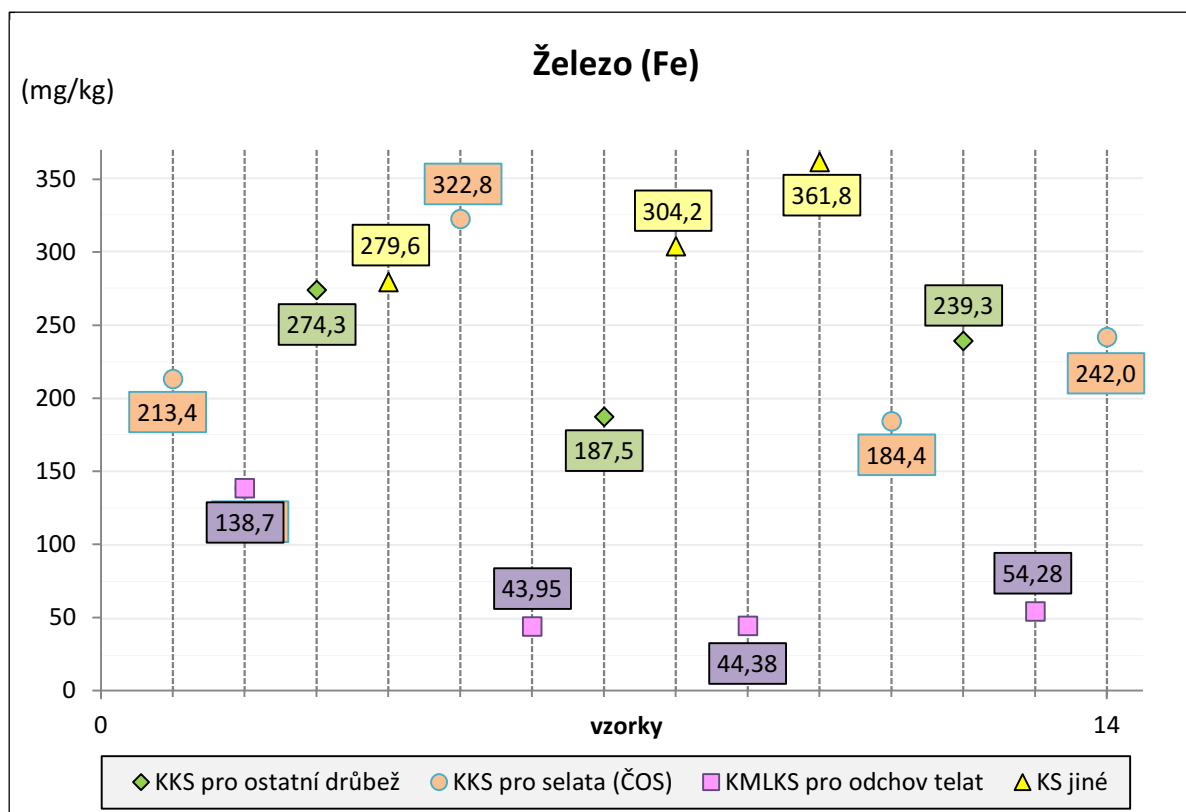
Obrázek 78 Obsah zinku v ostatních krmivech (v červeném poli hodnota nevyhovujícího vzorku)



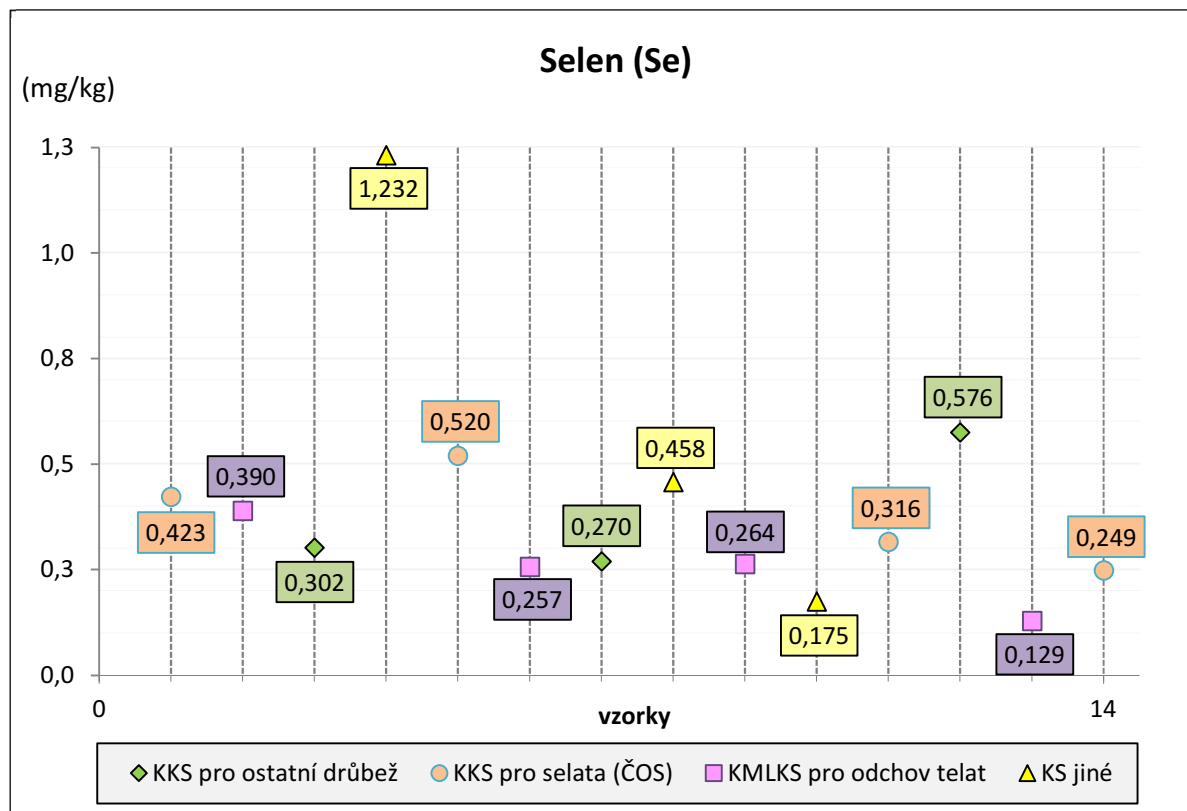
Obrázek 79 Obsah manganu v ostatních krmivech



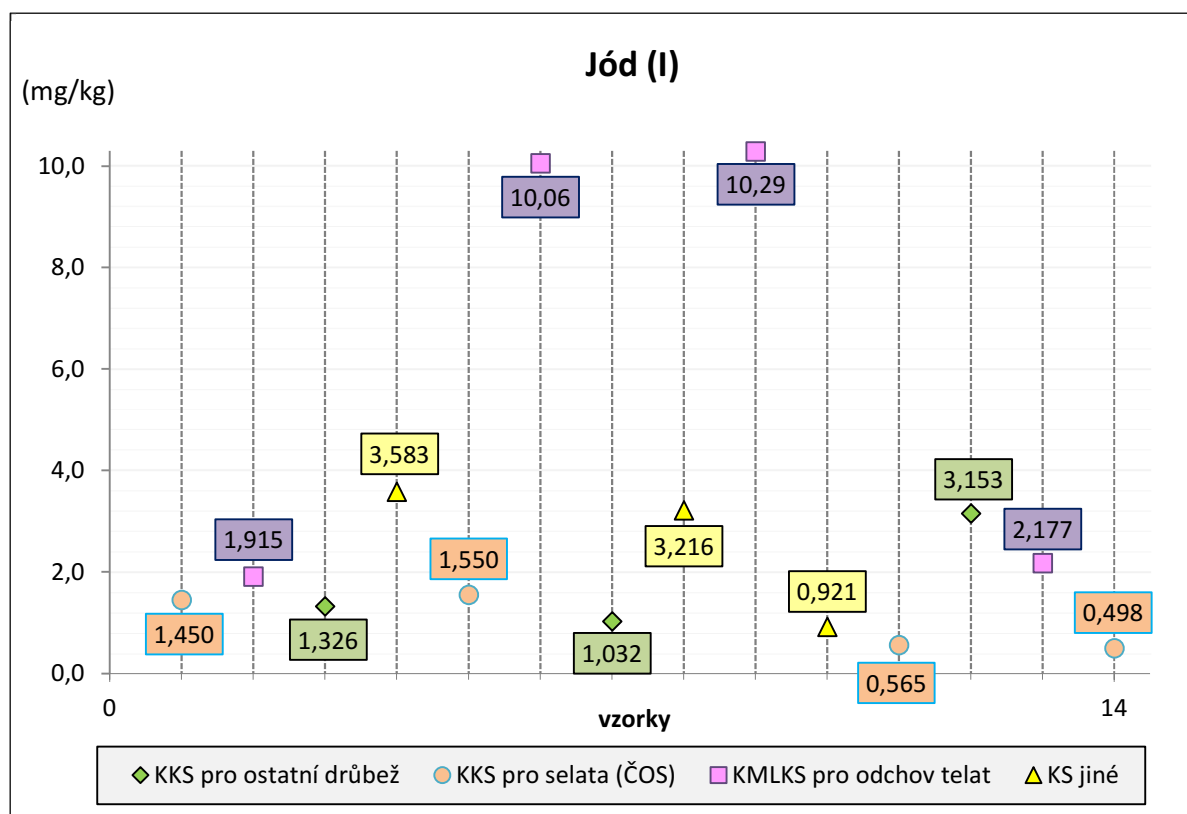
Obrázek 80 Obsah železa v ostatních krmivech



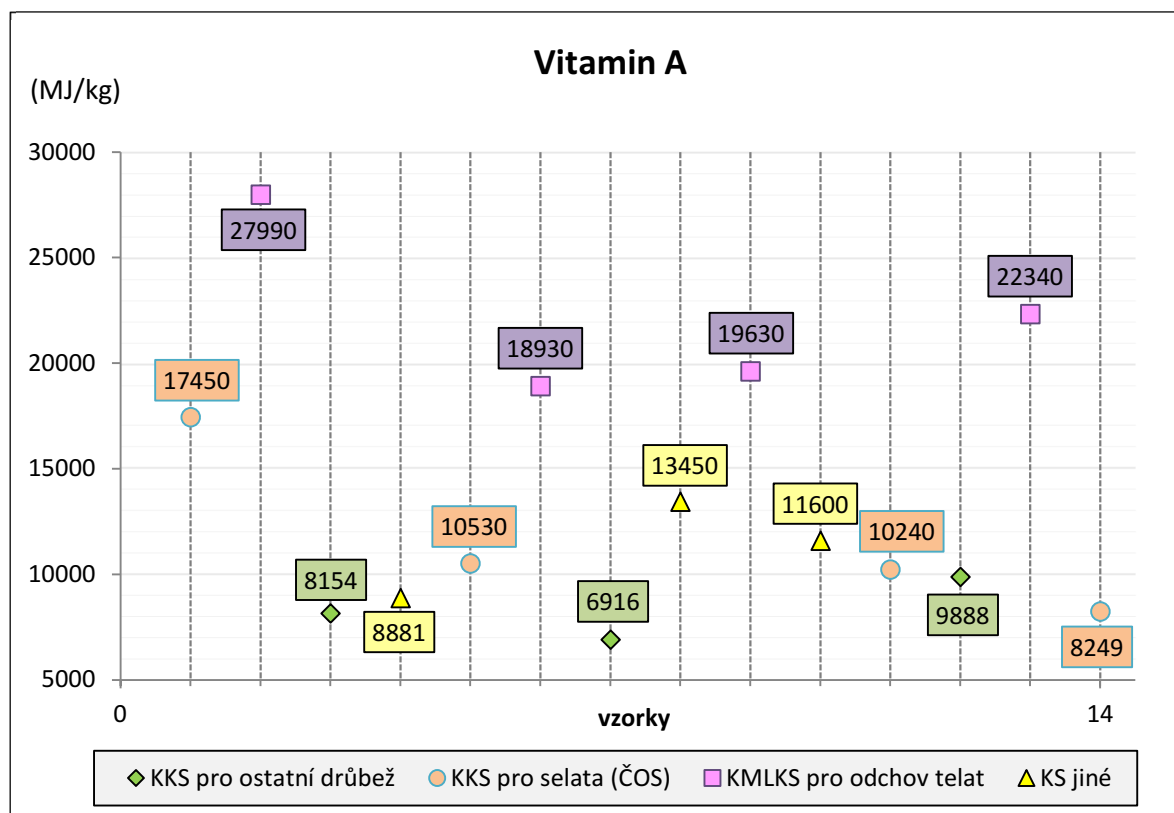
Obrázek 81 Obsah selenu v ostatních krmivech



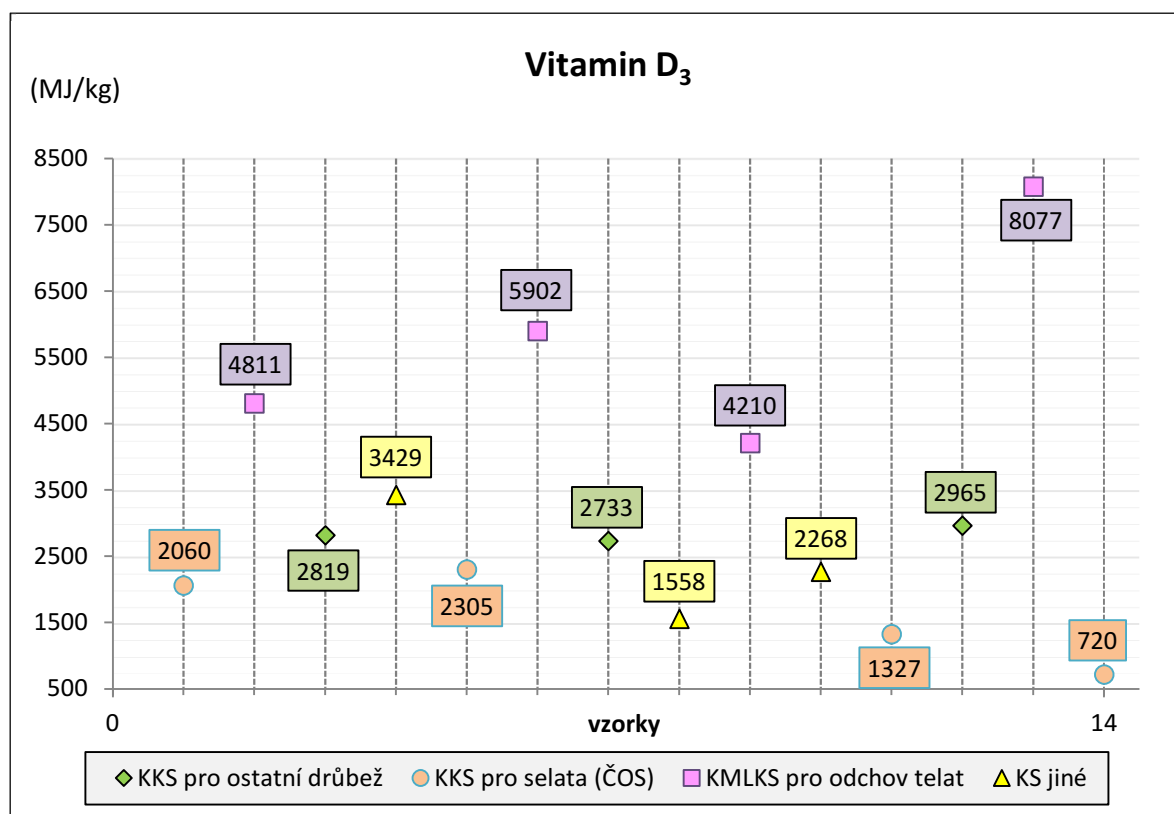
Obrázek 82 Obsah jódu v ostatních krmivech



Obrázek 83 Obsah vitamínu A v ostatních krmivech



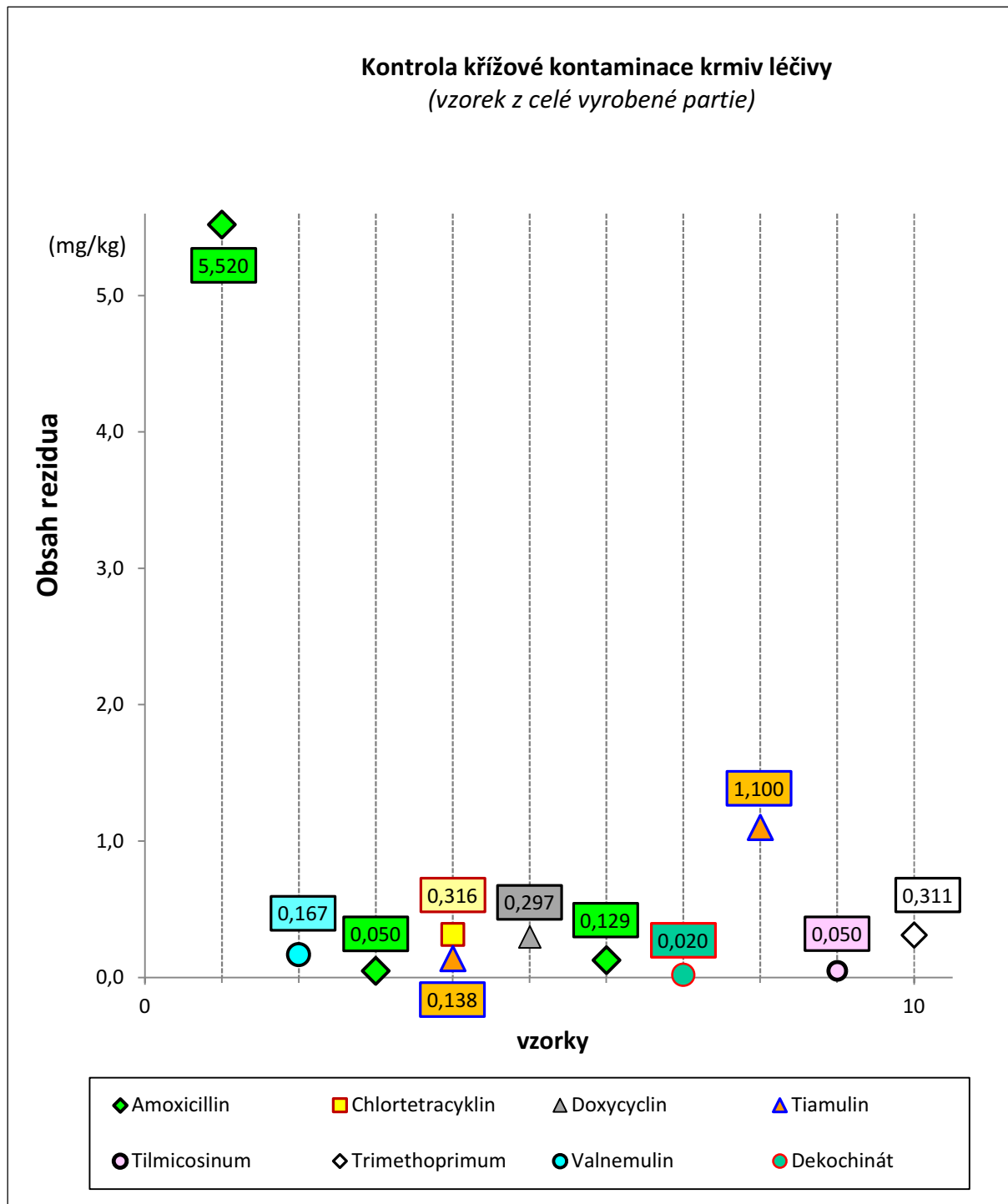
Obrázek 84 Obsah vitamínu D₃ v ostatních krmivech



2.3.3 Cílená kontrola kontaminace krmiv léčivy

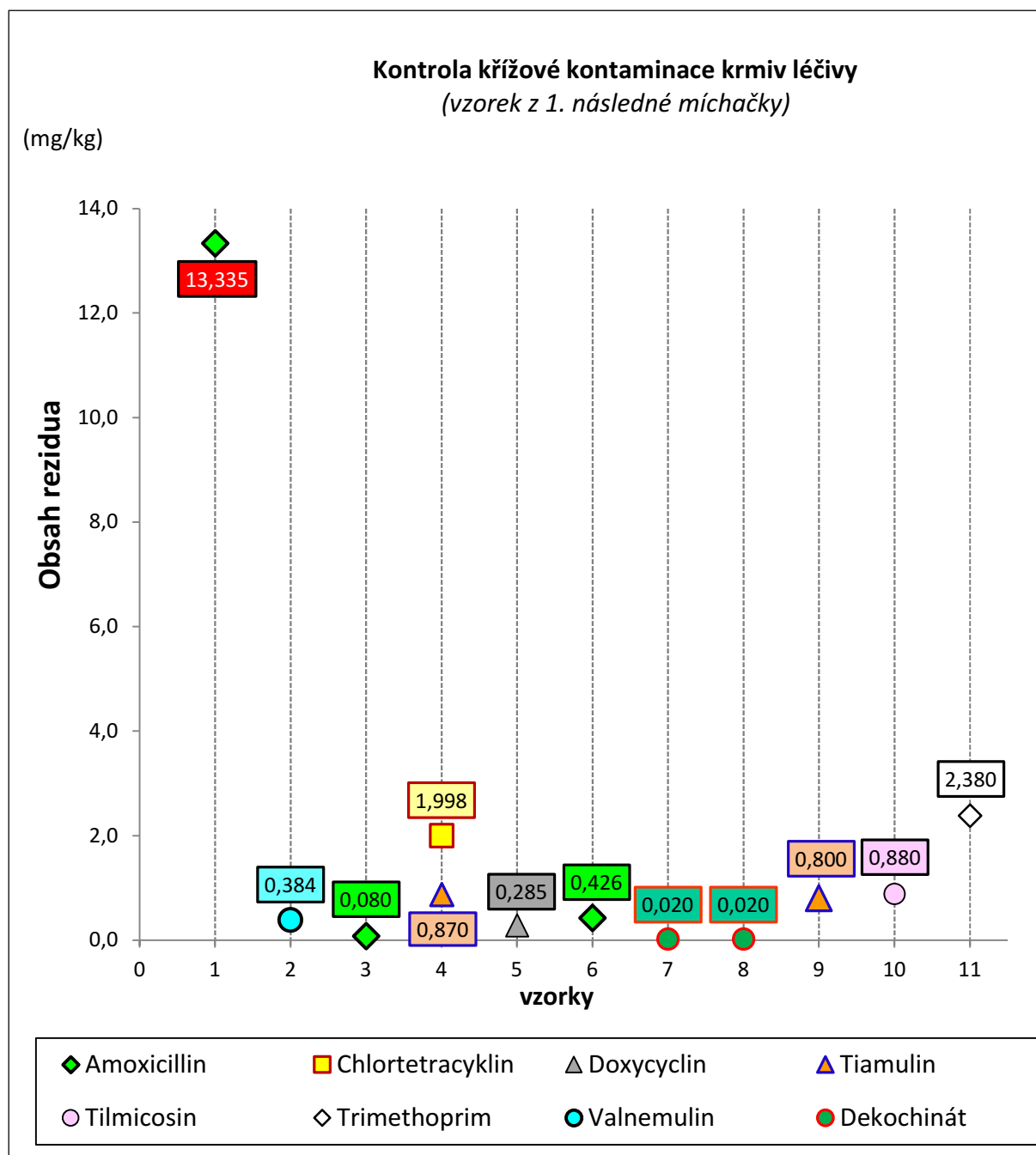
V rámci kontroly bylo odebráno 10 vzorků z celých partií krmných směsí, vyrobených ihned po výrobě medikované směsi. Všechny vzorky při zohlednění nejistoty měření vyhověly maximálnímu limitu nevyhnutelné křížové kontaminace obsahu rezidua léčiva na úrovni 1 % dávkované účinné látky

Obrázek 85 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 11 vzorků krmiv (u jednoho krmiva byl zvlášť prověřen materiál 1. i 2. míchacího cyklu). Závadný byl 1 vzorek kompletní směsi pro výkrm prasat A2, ve kterém byl překročen obsah amoxicilinu. Výrobce krmiva úpravou dekontaminačního programu zvýšil a následně ověřil účinnost opatření pro eliminaci rizika křížové kontaminace krmiv.

Obrázek 86 Křížová kontaminace léčivy u vzorků krmiv z 1. míchačky (v červeném poli hodnota nevyhovujícího vzorku)

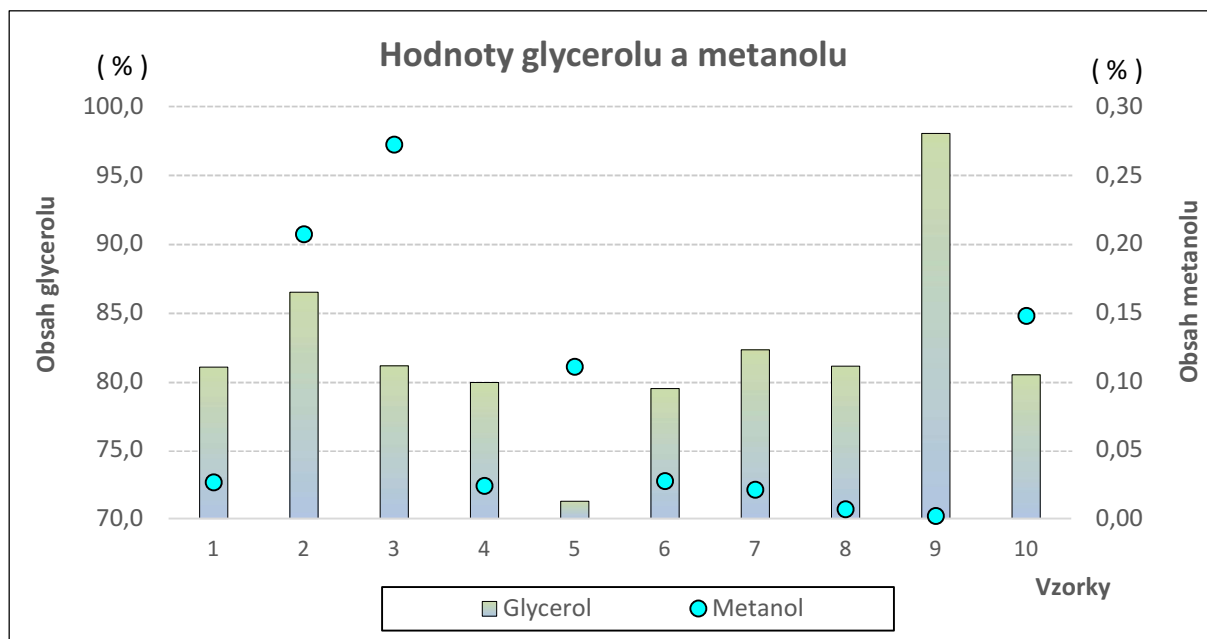


2.4 Sledování dalších bezpečnostních a jakostních ukazatelů

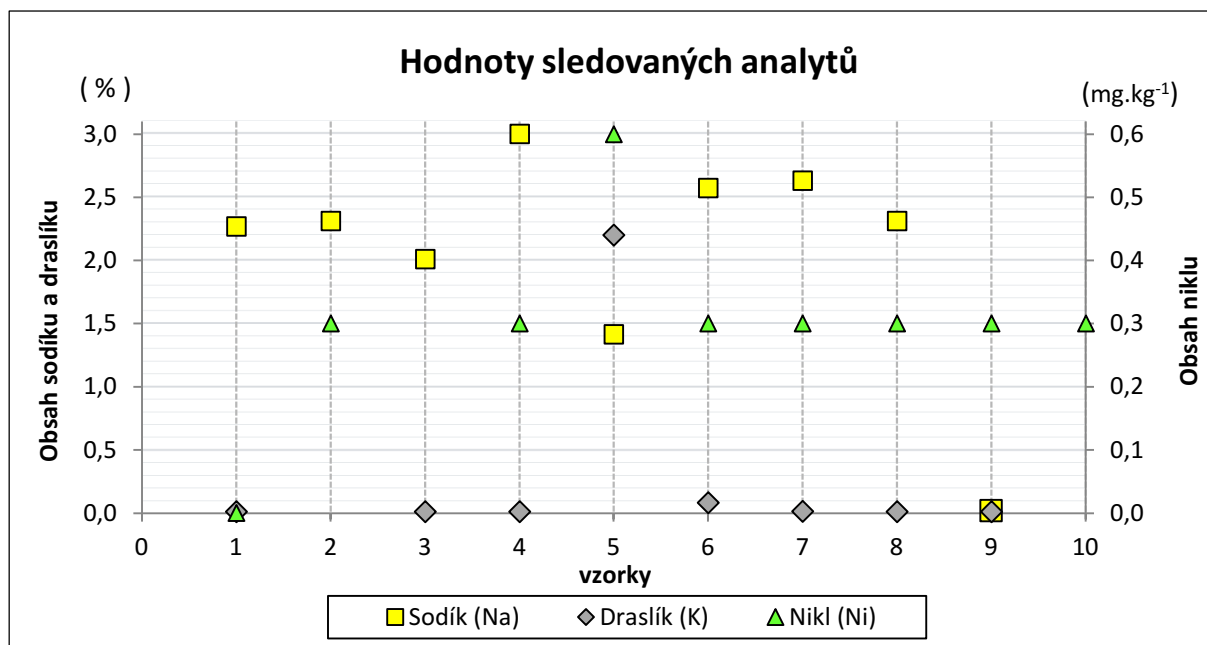
2.4.1 Cílená kontrola parametrů glycerolu, používaného jako krmná surovina

Bylo odebráno 10 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, avšak jeden vzorek byl posouzen jako falšovaný pro nedodržení deklarovaného obsahu glycerolu, draslíku, netypickou barvu, konzistenci i zjištěnou sedimentaci částic a jeden vzorek byl nejakostní pro odchylku od deklarace obsahu sodíku a draslíku.

Obrázek 87 Zjištěný podíl glycerolu a metanolu v krmném glycerínu



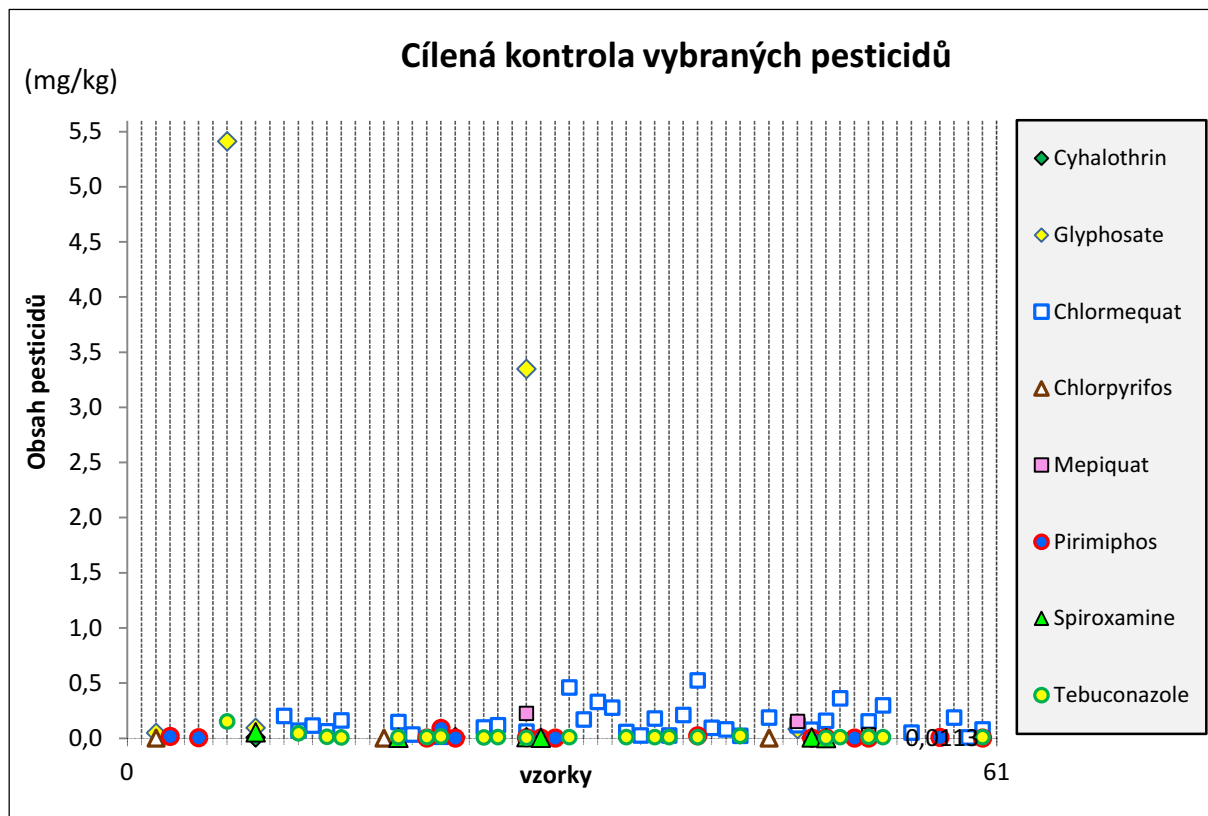
Obrázek 88 Zjištěné hodnoty sledovaných prvků v krmné surovině glycerínu



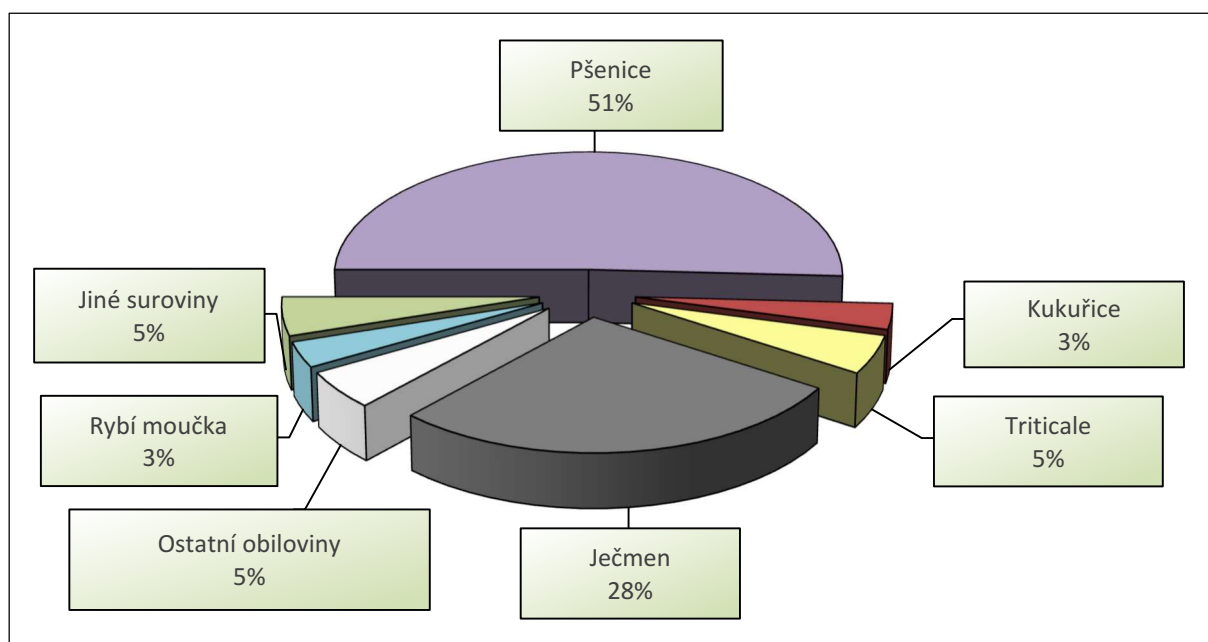
2.4.2 Cílená kontrola pesticidů

Přítomnost pesticidů byla ověřena u 61 vzorků krmných surovin, zejména obilovin. Všechny vzorky byly posouzeny jako vyhovující stanoveným limitům reziduí, s typickými senzoričnými znaky, odpovídající botanickou čistotou a bez přítomnosti škůdců nebo zakázaných materiálů.

Obrázek 89 Obsah vybraných pesticidů nad hranicí detekce přístrojů



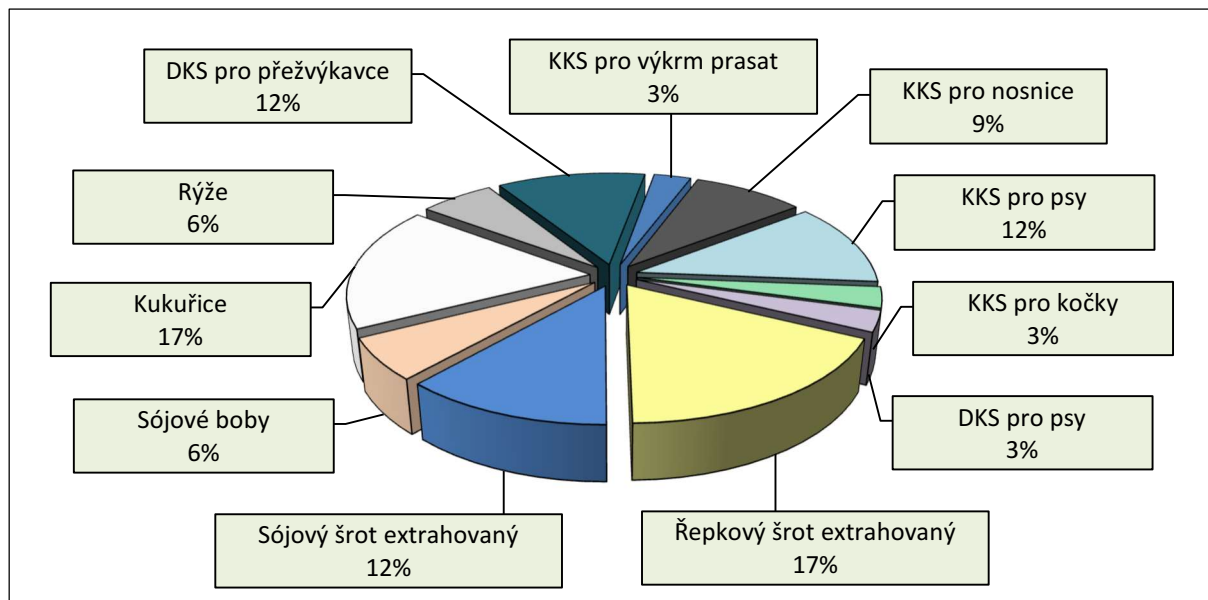
Obrázek 90 Zastoupení odebraných krmiv v rámci cílené kontroly reziduí pesticidů



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 34 krmiv. Žádný nevyhovující vzorek nebyl zjištěn.

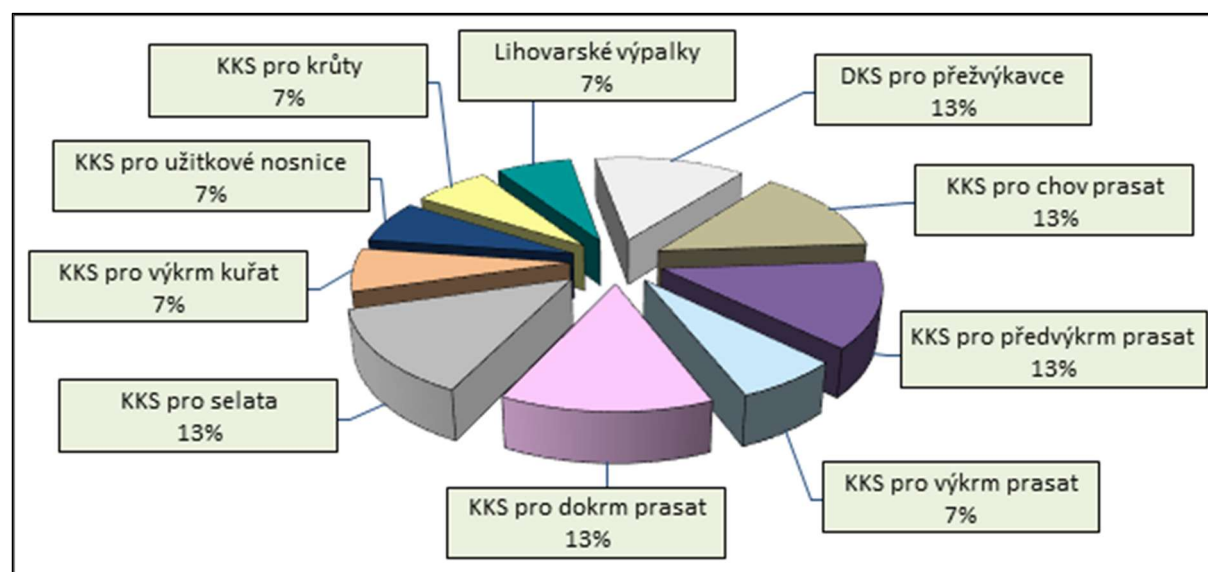
Obrázek 91 Zastoupení krmiv odebraných v rámci cílené kontroly přítomnosti GMO



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, zda 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.

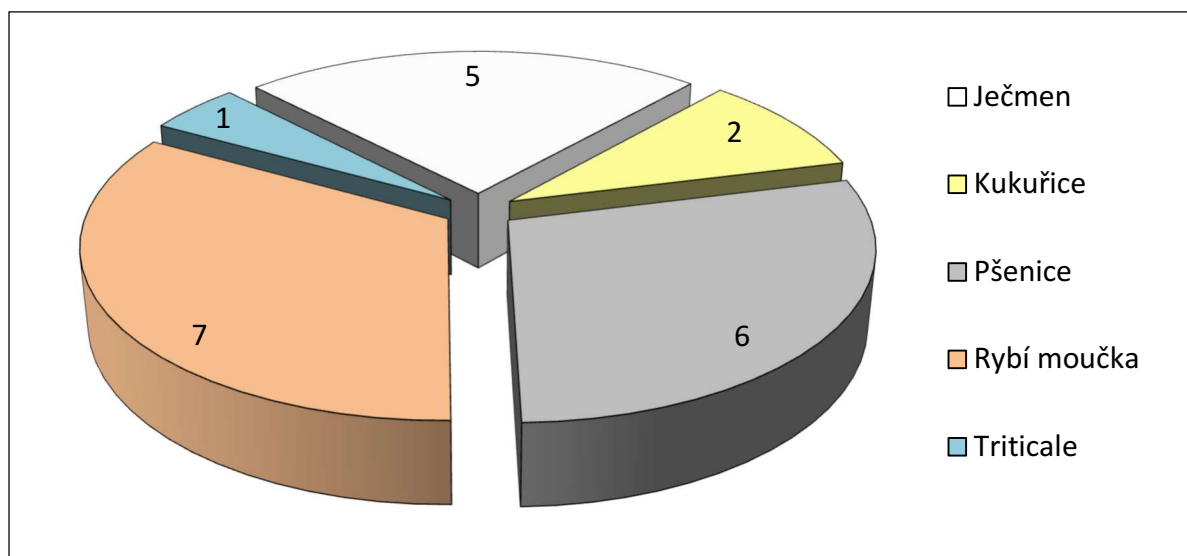
Obrázek 92 Odebraná krmiva pro ověření nepřítomnosti zakázaných stimulantů růstu



2.4.5 Monitoring výskytu perfluoroalkylovaných sloučenin (PFAS)

Bylo odebráno 21 vzorků obilovin nebo rybí moučky pro zjištění obsahu nejrozšířenějších perfluorovaných a polyfluorovaných látek (PFAS). Jedná se o průmyslové sloučeniny, které jsou vlivem stabilní chemické vazby uhlíku a fluoru perzistentní v životním prostředí. Jejich negativní vliv na živé organismy je předmětem výzkumu, limity jejich maximálního obsahu v krmivech v současnosti nejsou stanoveny. EFSA uvádí akceptovatelný humánní týdenní příjem PFOA, PFOS, PFNA a PFHxS v potravinách 4,4 ng.kg⁻¹ lidské hmotnosti.

Obrázek 93 Odebraná krmiva pro monitoring PFAS



V rámci monitoringu bylo zjištěno, že všechny vzorky prověřených obilovin vykázaly hodnoty všech sledovaných látek PFAS pod úrovní detekčních limitů přístroje (0,05-0,1 µg.kg⁻¹). Vzorky rybí moučky obvykle obsahovaly vyšší hladiny sledovaných látek PFAS.

Obrázek 94 Obsah sledovaných látek PFAS v rybí moučce (hodnoty nad limity detekce přístrojů, µg.kg⁻¹)

	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnDA	PFDoDA	PFTTrDA	PFHxS	PFOS
1.		0,2306	0,6512	0,2334	0,4963	0,1437	0,2039	0,1062	3,6510
2.	0,0910	0,2493	0,3218	0,1633	0,3114	0,1013	0,1724	0,1910	3,1210
3.			0,1176	0,0690	0,3720	0,0818	0,1715		0,4325
4.	0,0782	0,1575	0,1200	0,0867	0,3389	0,0794	0,1807		1,0720
5.			0,1246	0,1013	0,3826	0,0800	0,1387		0,7847
6.		0,1804	0,3584	0,1521	0,3182	0,0867	0,1615	0,1055	2,1190
7.		0,1440	0,6527	0,3554	0,6201	0,1162	0,2237		2,7320

2.5 Závěr

V roce 2022 ÚKZÚZ v rámci cílené kontroly a monitoringu krmiv odebral celkem 634 vzorků krmiv. Pro stanovený účel jednotlivých cílených kontrol bylo zboží znalecky posouzeno jako nevyhovující 5 vzorků krmiv (0,8 %). Z tohoto počtu byly 3 partie krmiv s ohroženou bezpečností, u kterých ÚKZÚZ uložil zvláštní opatření pro zabránění jejich dalšího používání nebo uvádění na trh a dále 2 krmiva se zjištěnou křížovou kontaminací, zpracovaná v prvním míchacím cyklu následné produkce po ukončení výroby krmiva s obsahem kokcidiostatika nebo léčiva. V těchto případech bylo provozovatelům uloženo zvláštní opatření zvýšit efektivitu postupů určených pro eliminaci rizika křížové kontaminace necílových krmiv.

Mimo nevyhovujících výsledků parametrů, na které se provedené kontroly cíleně zaměřují, bylo zjištěno dalších 10 závadných partií krmiv s nedodrženou deklarovanou jakostí (1,6 %). Dva vzorky obilovin byly posouzeny jako nevhodné pro stanovený účel použití z důvodu přítomnosti živých skladištních škůdců. Vyrobena šarže surového glycerínu byla hodnocena jako falšovaná, protože nevyhověla deklaraci více znaků a senzoričkému hodnocení pachu, konzistence i přítomností sedimentované složky. Vzorek kompletní směsi pro užitkové nosnice se závažnou nejakostí vykázal výrazné odchylky od deklarovaného obsahu více znaků. Celkem 6 vzorků bylo nejakostních z důvodu nedodržení obsahu jednoho deklarovaného znaku.

V předcházejícím roce 2021 cílené kontrole a monitoringu ÚKZÚZ nevyhovělo z 629 odebraných krmiv rovněž 15 vzorků. Z tohoto počtu bylo 1 krmivo se závažnou nejakostí více deklarovaných parametrů, 1 krmivo falšované, 1 krmivo křížově kontaminované reziduem léčiva a 12 vyrobených partií krmiv s ohroženou bezpečností.

Lze tedy konstatovat, že v uplynulém roce 2022 byla zaznamenána setrvalá úroveň četnosti zjištění nevyhovujících vzorků a významný pokles závažnosti zjištěných porušení, zejména případů krmiv s ohroženou bezpečností. Důsledkem přijatých ekonomických opatření byl v roce 2022 částečně upraven rozsah pokrytí cílených kontrol krmiv, avšak v porovnání s předcházejícím rokem 2021 byl zachován obdobný počet odebraných a zboží znalecky posouzených vzorků krmiv.

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