

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně
Sekce zemědělských vstupů



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

Zpráva za rok 2021

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 2022

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.....	10
1.4.1 Bazální monitoring půd.....	10
1.4.1.1 Polychlorované bifenyly v půdě.....	10
1.4.1.2 Polycyklické aromatické uhlovodíky v půdě.....	13
1.4.1.3 Persistentní chlorované pesticidy v půdě.....	16
1.4.1.4 Účinné látky používané v přípravcích na ochranu rostlin v půdě.....	22
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	38
1.4.2 Kontrola hnojiv a pomocných látek	40
1.4.3 Monitoring kalů ČOV	41
1.4.3.1 Rizikové prvky v kalech.....	41
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	50
1.4.3.5 Organochlorové pesticidy v kalech	51
1.4.3.6 Polybromované difenylethery v kalech	54
1.4.3.7 Perfluoroalkylové sloučeniny v kalech.....	56
1.4.3.8 Mikrobiologická stanovení v kalech.....	59
1.4.4 Hodnocení rybníčních sedimentů.....	63
1.5 CITOVANÉ ZDROJE.....	69
2. VÝSLEDKY ANALÝZY KRMIV ODEBRANÝCH V RÁMCÍ CÍLENÉ KONTROLY A MONITORINGU	70
2.1 Sledování zakázaných látek.....	71
2.1.1 Cílená kontrola přítomnosti zpracovaných živočišných bílkovin v krmivech	71
2.1.2 Cílená kontrola rybí moučky mikroskopicky na přítomnost cizích příměsí.....	72
2.2 Sledování nežádoucích látek.....	73
2.2.1 Monitoring vybraných perzistentních organických polutantů (POP).....	73
2.2.2 Cílená kontrola dioxinů, furanů a PCB dioxinového typu	74
2.2.3 Monitoring mykotoxinů	75
2.2.4 Cílená kontrola přítomnosti těžkých kovů v krmivech	77
2.2.5 Cílená kontrola přítomnosti dalších nežádoucích látek v krmivech.....	78
2.3 Sledování správného používání doplňkových látek.....	81
2.3.1 Cílená kontrola používání kokcidistatik.....	81
2.3.2 Cílená kontrola dodržování limitů doplňkových látek.....	84
2.3.3 Cílená kontrola kontaminace krmiv léčivy	96
2.4 Sledování dalších bezpečnostních a jakostních ukazatelů.....	98



2.4.1	Cílená kontrola parametrů glycerolu, používaného jako krmná surovina.....	98
2.4.2	Cílená kontrola pesticidů	99
2.4.3	Cílená kontrola přítomnosti a označování genetických modifikací v krmivech	100
2.4.4	Cílená kontrola výskytu zakázaných stimulátorů nebo inhibitorů růstu	100
2.5	Závěr	101

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 2021 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 rybničních 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 2021, 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). Současně 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 započatím 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 přesunuté 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 2012 byl zahájen screening obsahů vybraných kongenerů PBDE v zemědělských půdách a dalších environmentálních matricích (sedimentech, kalech ČOV), jako odezva na zařazení PBDE na seznam látek Stockholmské úmluvy a na návrh EFSA na monitoring těchto látek v potravinách. Jelikož v půdních vzorcích nebyly nalezeny obsahy PBDE nad mezí stanovitelnosti, od roku 2016 již nejsou PBDE v půdních vzorcích stanovovány. Ve vzorcích kalů analýzy pokračují.

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

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

1.4 VÝSLEDKY

1.4.1 Bazální monitoring půd

1.4.1.1 Polychlorované bifenyly v půdě

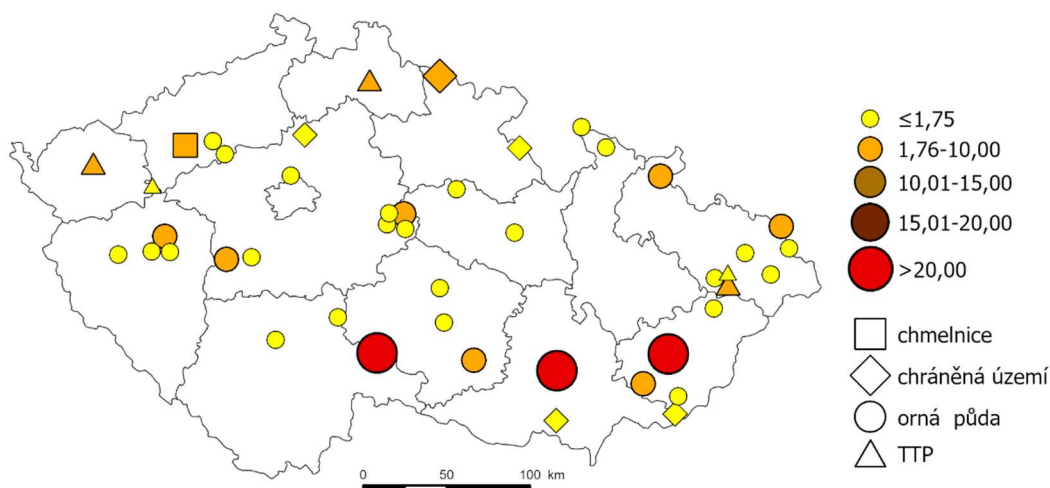
Šárka Poláková

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 nízechlorovaných PCB.

Půdní vzorky ke stanovení PCB byly v roce 2021 odebrány ze 40 stálých monitorovacích ploch Bazálního monitoringu půd (pouze z orničních horizontů) a 5 lokalit v chráněných územích.

Výsledky stanovení PCB v roce 2021 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 na 15 pozorovacích plochách, včetně jedné plochy z chráněného území (CHÚ).

Obrázek 1 **Obsahy PCB na monitorovacích plochách BMP v roce 2021 (suma 7 kongenerů, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)**



Základní statistické charakteristiky souboru jsou uvedeny v tabulce 1 (a příloze 3), hodnoty jsou uváděny zvlášť pro ornou půdu, trvalé travní porosty (TTP) a chráněná území; souhrnná deskriptivní statistika souboru (2005–2021) je uvedena v příloze 17.

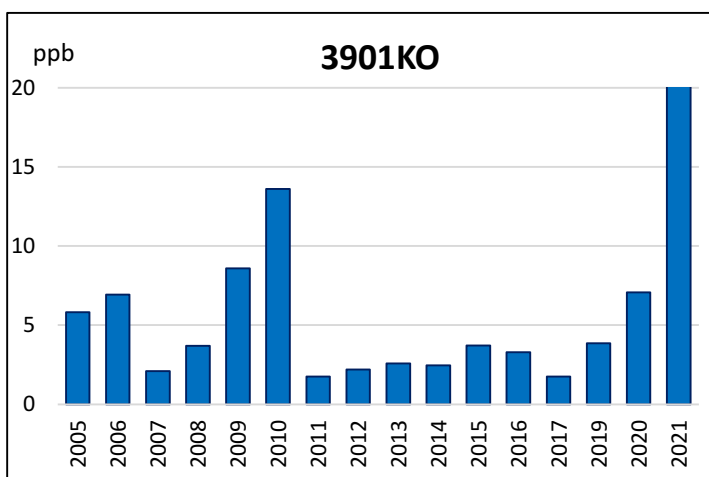
Tabulka 1 *Základní statistická charakteristika obsahů PCB na monitorovacích plochách BMP v roce 2021 (suma 7 kongenerů, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)*

	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Počet
Orná půda	4,59	1,75	1,75	35,9	34
TTP	2,43	2,11	1,75	3,74	5
Chráněná území	2,63	1,75	1,75	6,13	5

Medián sumy 7 kongenerů PCB v orných půdách se v období 2005–2021 pohybuje v rozmezí 1,75 až 3,60 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (nejvyšší hodnoty bylo dosaženo v roce 2006). Medián z roku 2021 činí 1,75 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Rozsah mediánů v půdních vzorcích z chráněných území činí 1,75–4,80 $\mu\text{g.kg}^{-1}$. Lze sledovat shodný průběh mediánů sumy PCB v letech 2005–2021 v orných půdách a chráněných územích. 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 2021 činí 2,11 $\mu\text{g.kg}^{-1}$.

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 $\mu\text{g.kg}^{-1}$). LOQ nebyla ani jednou překročena u kongeneru 28, 52 a 118. Kongener 101 byl detekován na třech plochách s celkově nejvyššími (a nadlimitními) obsahy PCB a ve vzorku ze Studniční hory. Celkem 9 nálezů bylo kongeneru 180, 10x byl zjištěn kongener 138 a nejčastěji byl detekován kongener 153 (15x). Nejvyšší průměrný obsah byl vypočten pro kongener 180; tento kongener dosáhl i nejvyšší hodnoty v souboru (18,3 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.).

Obrázek 2 *Obsahy PCB na ploše 3901KO ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)*



Nejvyšší obsahy PCB jsou pravidelně zjišťovány na plochách 7045BO (medián sumy 7 kongenerů PCB 2005–2021 činí 11,47 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.), 7902KO (33,22 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) a 7901KO (37,28 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) a také ve vzorcích ze Studniční hory (7,2 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). V roce 2021 byl relativně vysoký obsah naměřen na ploše 3901KO, a to více než 20 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., ale dlouhodobý medián na této ploše je 3,69 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (obrázek 2).

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 2021 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. Po započtení nejistoty měření by obsah PCB ve vzorku z plochy 3901KO vyhověl požadavkům vyhlášky. 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
orná půda	1	2	2	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3
TTP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Závěry

- V roce 2021 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 2005–2021 se pohybuje v ornici orných půd mezi $1,75\text{--}3,60 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Pro rok 2021 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 $1,75\text{--}4,80 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. a vykazují velmi podobný průběh jako orné půdy.
- 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 2021 překročena v ornici 3 pozorovacích ploch orných půd.

1.4.1.2 Polycyklické aromatické uhlovodíky v půdě

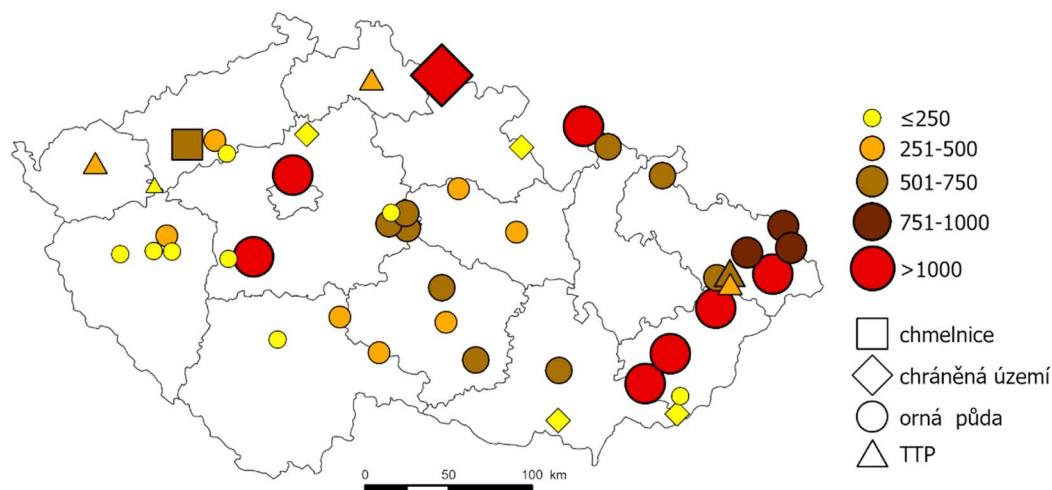
Šárka Poláková

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 2021 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 3 **Obsahy sumy 12 PAH na monitorovacích plochách BMP v roce 2021 (suma 7 kongenerů, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)**



Základní statistická charakteristika souboru za rok 2021 je uvedena v tabulce 3. Přehled základní statistiky pro sumu 12 PAH od roku 2006 shrnuje příloha 6 a souhrnná statistika souboru (2005–2021) je uvedena v příloze 17.

V souboru ploch s ornou půdou kolísaly hodnoty pro sumu 12 PAH v ornici v roce 2021 v rozmezí 79 až 2957 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Rozsah mediánů (2005–2021) činí 473–710 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., v roce 2021 byla vypočtena hodnota mediánu 554 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Ve svrchním horizontu TTP kolísají mediány v letech sledování 2005–2021 mezi 407 až 1174 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., přičemž nejnižší medián je právě z roku 2021. Mediány obsahů PAH ve svrchních horizontech orných půd a

TTP jsou prakticky shodné. Mediány obsahů sumy 12 PAH v půdách CHÚ jsou vyrovnané a zhruba 4x nižší než obsahy v orných půdách, rozsah činí 98–238 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (medián 2021: 118 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). přibližně od roku 2009 lze pozorovat ve všech kulturách setrvalý stav, bez výrazného kolísání mediánů.

Tabulka 3 Základní statistická charakteristika obsahů PAH na monitorovacích plochách BMP v roce 2021 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., ornice)

		Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Počet
Orná půda	Σ 12 PAH	725	554	79	2957	34
	Σ 16 PAH	748	574	95	3016	34
Trvalé travní porosty	Σ 12 PAH	417	407	189	717	5
	Σ 16 PAH	434	423	205	735	5
Chráněná území	Σ 12 PAH	334	118	84	1233	5
	Σ 16 PAH	353	134	100	1267	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)perylen BPE, fenantren PHE, fluoranten FLT, chrysen CHR, indeno(123-cd)pyren IPY, naftalen NAP, pyren PYR). Preventivní hodnotu překročilo v roce 2021 celkem 8 vzorků, z toho byl 1 vzorek z CHÚ (KRNAP, Studniční hora). Po přihlédnutí k nejistotám měření by 2 vzorky požadavkům vyhlášky vyhověly.

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
Orná půda	6	12	9	8	11	7	8	8	9	4	4	7	8	6	7	11	7
TTP	2	3	1	2	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	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 (2021) se pohybuje v rozsahu 9,0–335 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ (příloha 4) a představuje 8,6–14,6 % z celkové sumy 12 PAH. Vyššímu obsahu PAH odpovídá vyšší TTEC. Zajímavé je srovnání obsahů PAH ve vzorcích ze Studniční hory (9002) a plochy

8901KO. Zatímco naměřené celkové obsahy jsou prakticky stejné – 1233, resp. 1232 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., TTEC na Studniční činí 138 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., na ploše 8901KO 158 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.. Tento rozdíl je výsledkem vyššího obsahu nejtoxičtějšího BAP na ploše 8901KO s TEF=1. A proto i výsledná toxicita směsi je vyšší právě na ploše 8901KO.

Při srovnání absolutních obsahů na těchto dvou plochách je vidět, že 8901KO má vyšší obsahy čtyřjaderných PAH (FLT, PYR, BAA) a BAP, zatímco ve vzorku ze Studniční hory jsou vyšší obsahy pěti- a šestijaderných PAH, vč. CHR. Pěkně to demonstuje odlišné zdroje PAH v jednotlivých lokalitách a tzv. ageing PAH na Studniční hoře.

Závěry

- V roce 2021 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, 2005–2021) činí 473–710 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (medián 2021: 554 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Ve svrchním horizontu TTP kolísají hodnoty mediánů mezi 407 až 1174 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (medián 2021: 407 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) a na plochách CHÚ v rozsahu 98–238 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (medián 2021: 118 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ 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 2021 sedm vzorků orné půdy a vzorek ze Studniční hory. Po přihlédnutí k nejistotě stanovení by dva vzorky požadavkům vyhlášky vyhověly.
- Obsahy PAH na monitorovaných plochách byly vyjádřeny pomocí TEF. TTEC tvoří přibližně 9 až 15 % z celkové sumy PAH.

1.4.1.3 Persistentní chlorované pesticidy v půdě

Šárka Poláková

Do skupiny organochlorových pesticidů (OCP) patří HCH (hexachlorcyklohexan), HCB (hexachlorbenzen) a DDT (dichlordifenyltrichlorethan) 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.

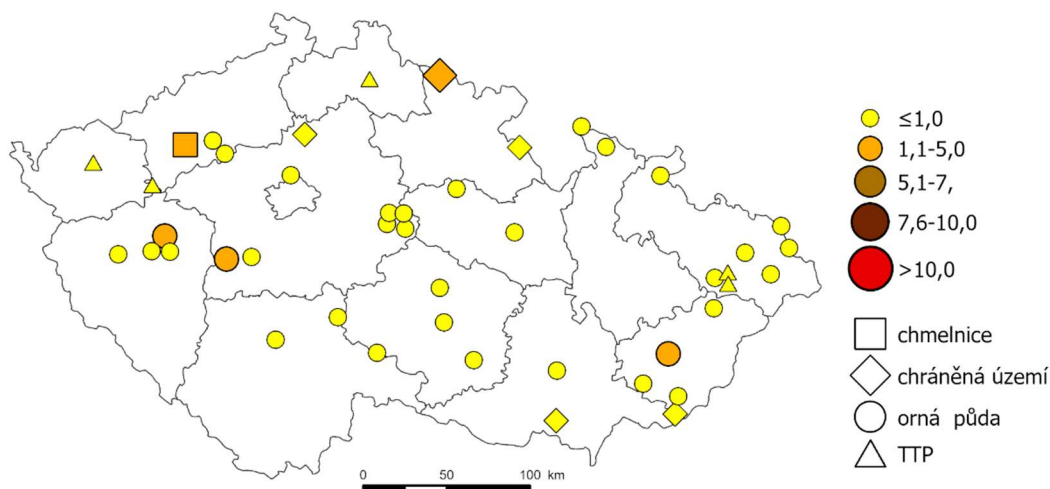
Výsledky stanovení za rok 2021 jsou pro všechny pozorovací plochy uvedeny v příloze 8. Grafické znázornění obsahů jednotlivých pesticidů lze nalézt v přílohách 9–13, s výjimkou HCH, jehož hodnoty jsou pouze u pěti pozorovacích ploch vyšší než mez stanovitelnosti ($0,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Popisnou statistiku výsledků uvádí tabulka 5 (a příloha 14); souhrnná deskriptivní statistika (2005–2021) je uvedena v příloze 17.

Tabulka 5 Základní statistická charakteristika jednotlivých OCP na monitorovacích plochách BMP v roce 2021 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., ornice)

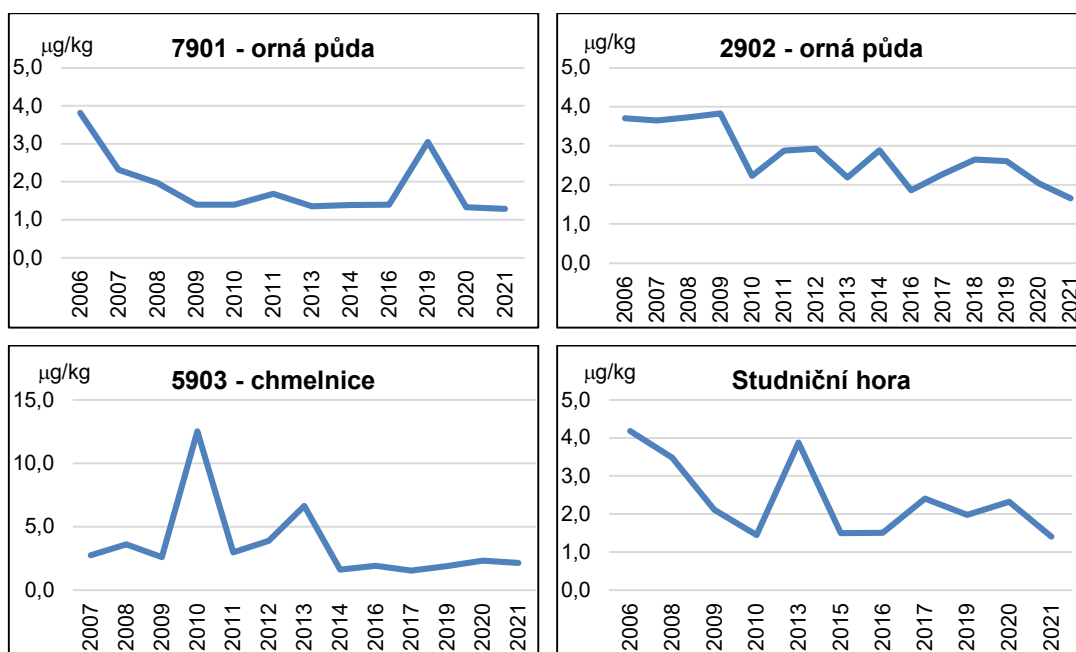
		Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Počet
Orná půda	HCH	1,04	1,00	1,00	1,66	34
	HCB	2,69	2,23	< 0,50	10,4	34
	DDTtotal	26,2	12,5	2,08	154	34
Trvalé travní porosty	HCH	1,00	1,00	1,00	1,00	5
	HCB	4,47	2,25	< 0,50	16,4	5
	DDTtotal	22,1	22,0	1,91	50,7	5
Chráněná území	HCH	1,08	1,00	1,00	1,41	5
	HCB	1,04	< 0,50	< 0,50	3,20	5
	DDTtotal	10,8	4,18	1,50	39,2	5

Obsahy **HCH** na plochách Bazálního monitoringu půd jsou dlouhodobě zanedbatelné. Mez stanovitelnosti (LOQ = 0,5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) byla v roce 2021 překročena pouze ve třech vzorcích orné půdy, na chmelnici a v jednom vzorku z chráněných území. S výjimkou vzorku 4023BO, který byl v roce 2021 vzorkován poprvé, jsou všechny nálezy opakované (obrázek 5). Medián sumy všech čtyř izomerů HCH v orných půdách, TTP i CHÚ je 1,0 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (orniční/svrchní horizont).

Obrázek 4 Obsahy HCH na monitorovacích plochách BMP v roce 2021 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)

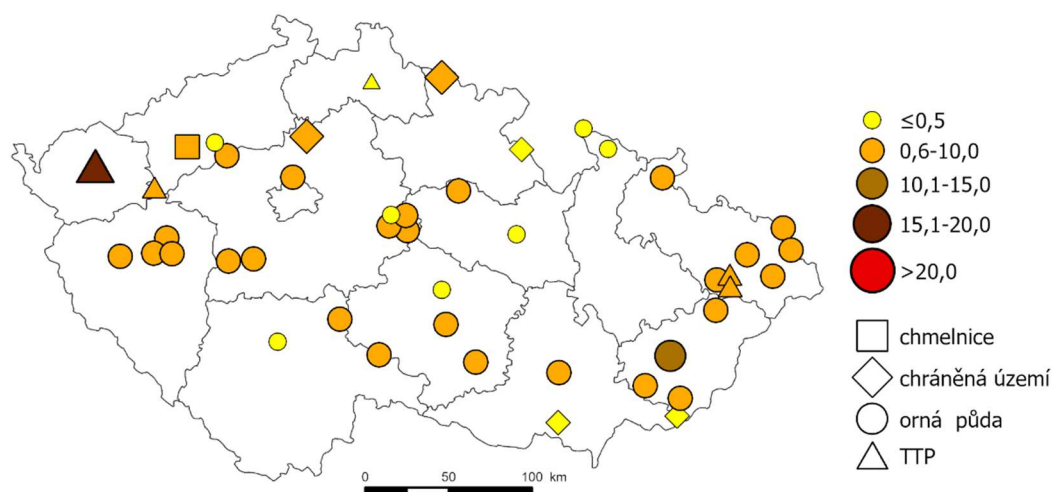


Obrázek 5 Obsahy HCH na plochách s opakovanými nálezy

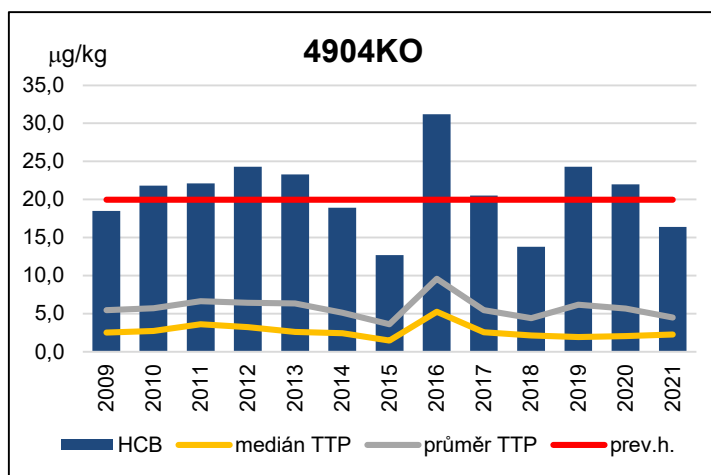


Od roku 2005 kolísají mediány obsahů **HCB** v ornici orných půd v rozmezí 1,73–3,93 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (medián vypočtený pro rok 2021: 2,23 $\mu\text{g.kg}^{-1}$). Rozsah mediánů obsahů HCB ve vzorcích trvalých travních porostů činí 1,48–5,28 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. ve svrchním horizontu (medián 2021 činí 2,25 $\mu\text{g.kg}^{-1}$). Průběh i rozsah hodnot mediánů HCB na orné půdě a TTP je srovnatelný. Obsahy HCB v půdách chráněných území jsou nižší (rozsah mediánů od roku 2005 od < 0,5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. do 1,46 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.), nejvyšší obsahy HCB navíc s rostoucí tendencí 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 6 Obsahy HCB na monitorovacích plochách BMP v roce 2021 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)



Obrázek 7 Obsahy HCB na ploše 4904KO včetně mediánových a průměrných hodnot trvalých travních porostů



Nejvyšší obsahy HCB v celém souboru 45 sledovaných ploch jsou pravidelně zjišťovány na ploše 4904KO. Jedná se o trvalý travní porost. V souboru ploch TTP byla preventivní hodnota od roku 2005 překročena celkem 9x, vždy na této ploše. Tato plocha byla zprovozněna až v roce 2009 jako náhrada za jinou plochu, která musela být zrušena z důvodu výstavby rodinných domů.

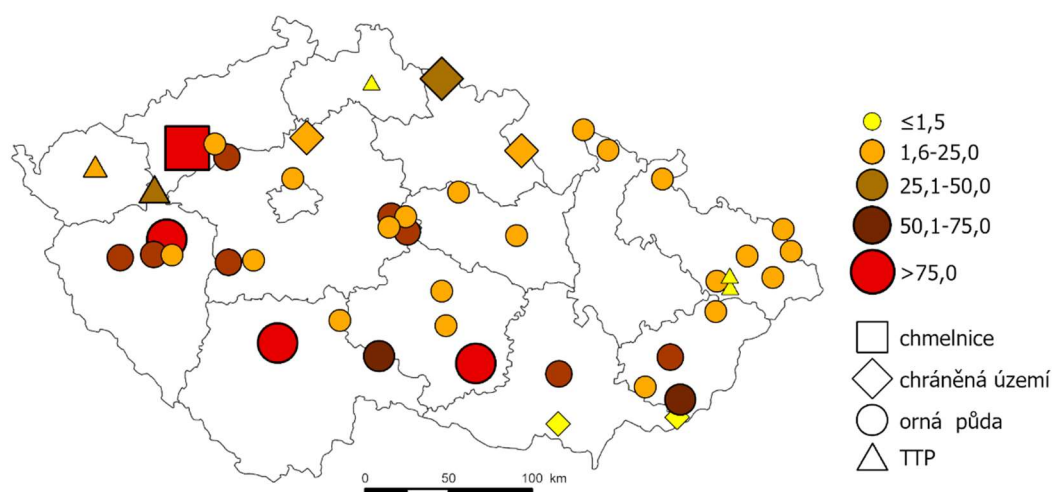
Mediány **sumy DDT** v orné půdě (suma o,p'- a p,p'- izomerů DDT) kolísají od roku 2005 v rozmezí 5,38–16,5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (nejvyšší hodnota z roku 2013, nejnižší z roku 2021). Mediány obsahů sumy DDT ve vzorcích půd z trvalých travních porostů kolísají ve svrchním horizontu v rozmezí 3,33 až 14,4 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (nejvyšší hodnota z roku 2021, nejnižší 2019).

Mediány DDT z chráněných území mají podobný průběh jako je tomu u TTP a orných půd, v roce 2021 činil $1,45 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.

Mediány **sumy DDE** v orných půdách kolísají v letech 2005–2021 mezi $4,70$ a $13,3 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (nejvyšší hodnota z roku 2013, nejnižší z roku 2021) a v půdách s TTP v rozmezí $3,46$ – $15,2 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (2021: $4,95 \mu\text{g.kg}^{-1}$ 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.

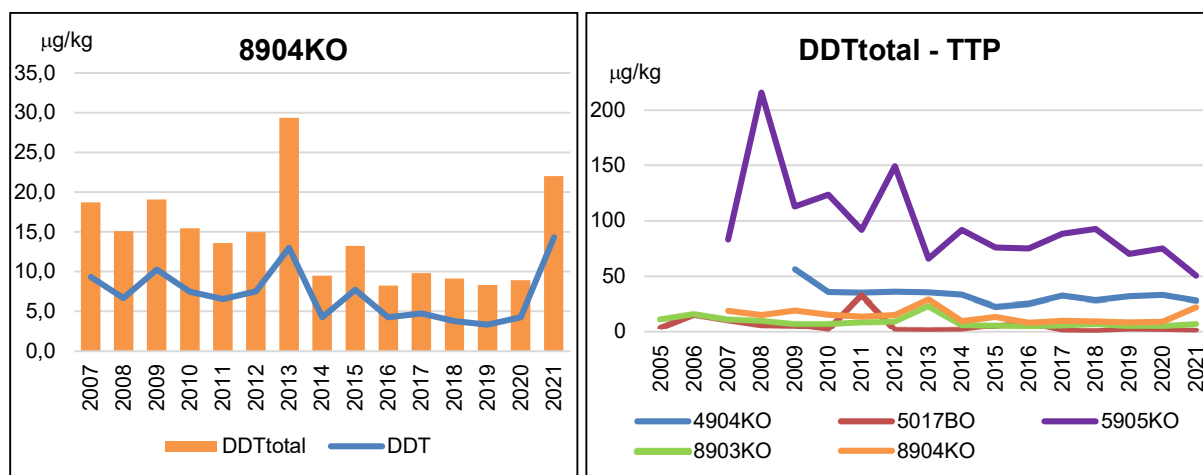
Obsahy **sumy DDD** na monitorovaných plochách (orná půda, TTP i chráněné území) jsou velmi nízké. V roce 2021 byly obsahy DDD nižší než LOQ nalezeny přibližně na třetině monitorovacích ploch.

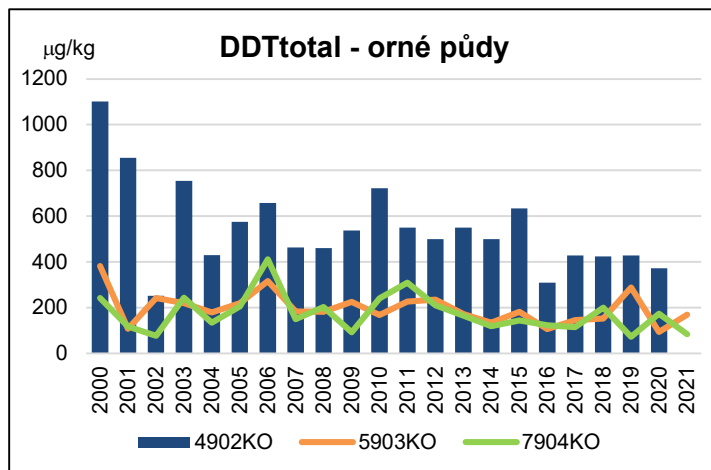
Obrázek 8 Obsahy DDTtotal na monitorovacích plochách BMP v roce 2021 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)



Při podrobnějším pohledu na přílohu 14 si lze všimnout výrazně zvýšených mediánů DDD a DDT a následkem toho také DDTtotal u trvalých travních porostů v roce 2021. To je způsobeno zvýšenými obsahy ve vzorku z plochy 8904KO. Kolísání naměřených obsahů je u environmentálních dat běžné, důležitý je trend. V následujícím obrázku (9) jsou znázorněny obsahy DDT a DDTtotal na ploše 8904KO a zároveň průběh hodnot na všech současně monitorovaných travních porostech.

Obrázek 9 Obsahy DDTtotal na ploše 8904KO a dalších travních porostech



Obrázek 10 Obsahy DDTtotal na vybraných monitorovacích plochách s ornou půdou

V příloze 14 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. Pro ilustraci, jak vysoké byly obsahy látek skupiny DDT na ploše 4902KO, je na obrázku 10 porovnání s dalšími dvěma plochami s nejvyššími obsahy. Odstranění plochy 4902KO ze souboru vedlo ke snížení průměrných a maximálních hodnot.

Průběh obsahů jednotlivých organochlorových pesticidů na plochách, na kterých došlo ve sledovaném období (2000–2021) k překročení preventivní hodnoty, je graficky znázorněn v přílohách 15 a 16.

Počty vzorků, u nichž došlo k překročení preventivní hodnoty podle vyhlášky č. 153/2016 Sb. jsou uvedeny v tabulce 6. V roce 2021 došlo k překročení preventivní hodnoty pro sumu látek DDT na třech plochách s ornou půdou a na chmelnici. Po přihlédnutí k nejistotě měření by požadavkům vyhlášky vyhověl vzorek z pozorovací plochy 7904KOP. Preventivní hodnoty pro HCB a HCH překročeny nebyly. K překročení indikačních hodnot nedošlo.

Tabulka 6 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
HCB	20	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DDTtotal	75	7	7	8	6	6	8	7	5	8	4	3	5	5	5	4	5	4
HCH	10	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

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

Závěry

- V roce 2021 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 2021 $2,23 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Medián obsahu HCB ve vzorcích z trvalých travních porostů dosáhl $2,25 \mu\text{g.kg}^{-1}$ 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 2021 činí 5,38, 4,70, resp. $1,20 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Zatímco v orných půdách a travních porostech pozorujeme mírné snižování hodnot mediánů DDT a DDE, v chráněných územích lze sledovat vzrůstající hodnoty DDT a stagnaci DDE. Nejnížší 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 2021 u parametru DDT_{total} ve třech vzorcích orných půd a na chmelnici. Po přihlédnutí k nejistotě měření by požadavkům vyhlášky vyhověl vzorek z pozorovací plochy 7904KOP. 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 odebírány 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, které se ve vzorcích nacházely v obsazích nad LOQ a o látky, u kterých po převedení analýz na nově 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 7 Počet sledovaných účinných látek (rozdělení podle účinku)

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

V půdních vzorcích BMP bylo v roce 2021 nalezeno celkem 52 účinných látek, z toho 22 herbicidů, 25 fungicidů, 2 insekticidy a 3 metabolity. Jejich přehled a základní statistické parametry jsou uvedeny v příloze 18. Příloha 19 zobrazuje počet nálezů jednotlivých účinných látek v roce 2021. V příloze 20 je zobrazeno 40 účinných látek, které se ve vzorcích vyskytly průměrně více než 1x v daném roce.

Na sledovaných plochách bylo v roce 2021 detekováno 0–18 různých účinných látek.

Na čtyřech lokalitách nebyla v roce 2021 detekována žádná účinná látka. Jedná se o tři plochy v chráněných územích (9001 Kroužek, 9004 Děvín, 9005 Porážky) a jeden travní porost (5017BO). Na uvedených plochách v CHÚ byly doposud detekovány pouze dva metabolity (2-hydroxiterbuthylazin 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.

Maximální počet detekovaných účinných látek (18) byl zjištěn na třech monitorovacích plochách: 2904KO, 4023BO, 5005BO. Na těchto třech plochách bylo nalezeno celkem 45 různých účinných látek, nicméně pro všechny tři plochy je typický výskyt/nález epoxykonazolu, tebukonazolu, 2-hydroxyatrazinu, a 2-hydroxyterbuthylazinu.

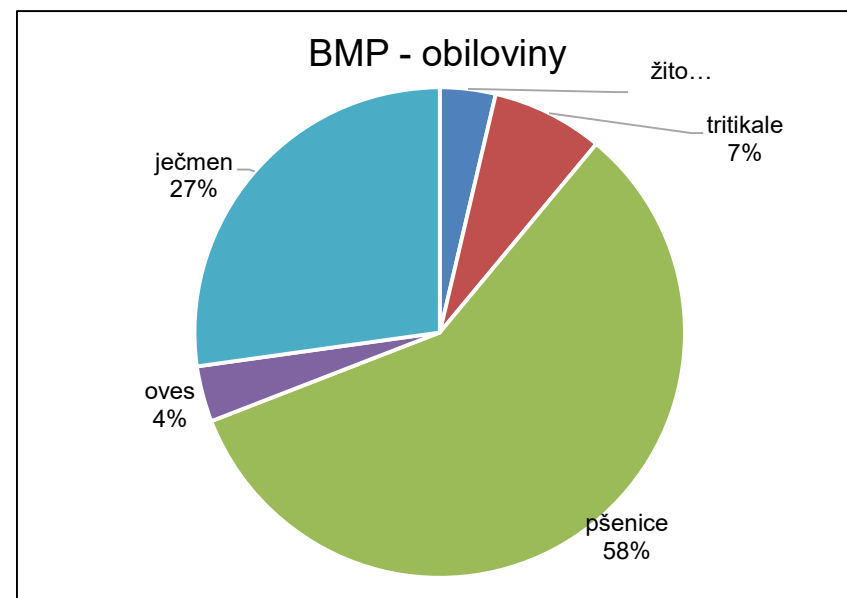
V současné době (s dostupnou analytickou technikou) byl zaznamenán výskyt alespoň jedné účinné látky na každé monitorovací ploše.

Účinné látky vs. pšenice

V zájmovém období – v letech 2013 až 2020, byly na sledovaných lokalitách téměř v polovině případů (42 %) pěstovány obiloviny, 14 % tvořily travní porosty, 13 % kukuřice a 13 % řepka. Zbývajících 19 % zaujímaly plodiny jako např. vojtěška, chmel, cukrovka, zelenina, mák, brambory apod.

V rámci obilovin tvořila pšenice 58 % a ječmen 27 %. Ostatní obiloviny – tritikale, oves, žito byly na monitorovaných lokalitách pěstovány vcelku sporadicky.

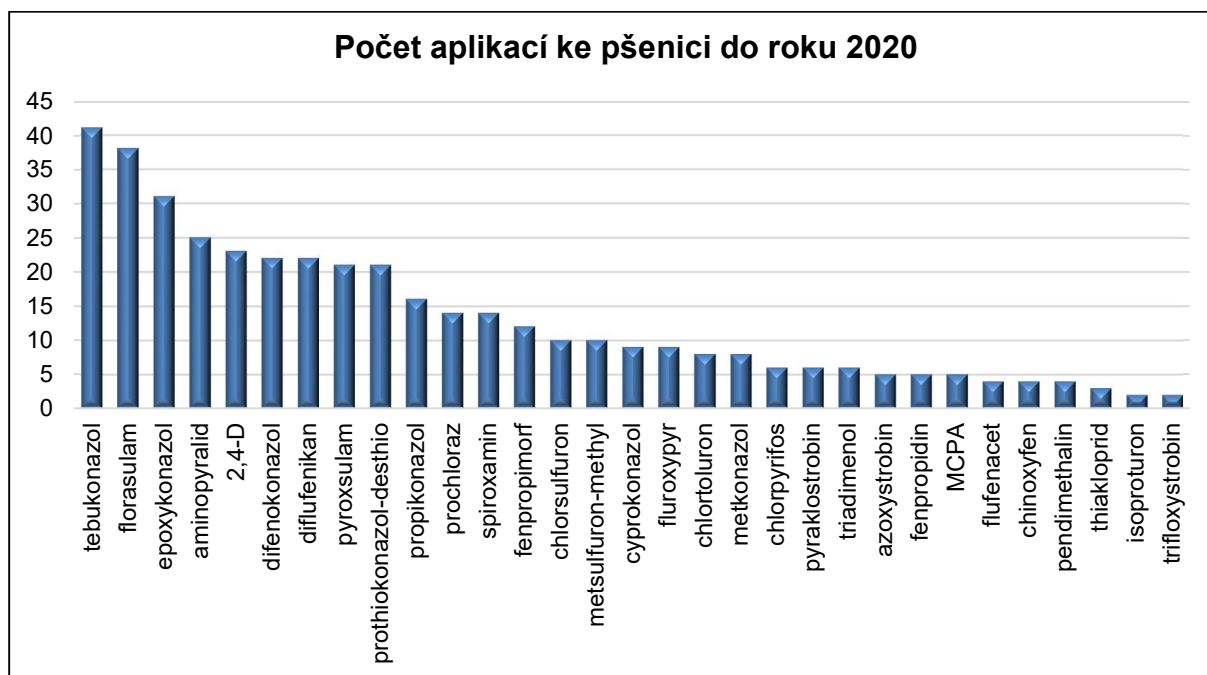
Obrázek 11 Zastoupení pěstovaných obilovin v letech 2013 až 2020



Pšenice byla tedy na našich lokalitách vůbec nejčastěji pěstovanou plodinou. **Jaké účinné látky lze očekávat v půdě po pšenici?**

Ke pšenici bylo od roku 2013 dle našich záznamů aplikováno celkem 37 různých účinných látek, přičemž intenzita použití jednotlivých účinných látek byla různá (obrázek 12).

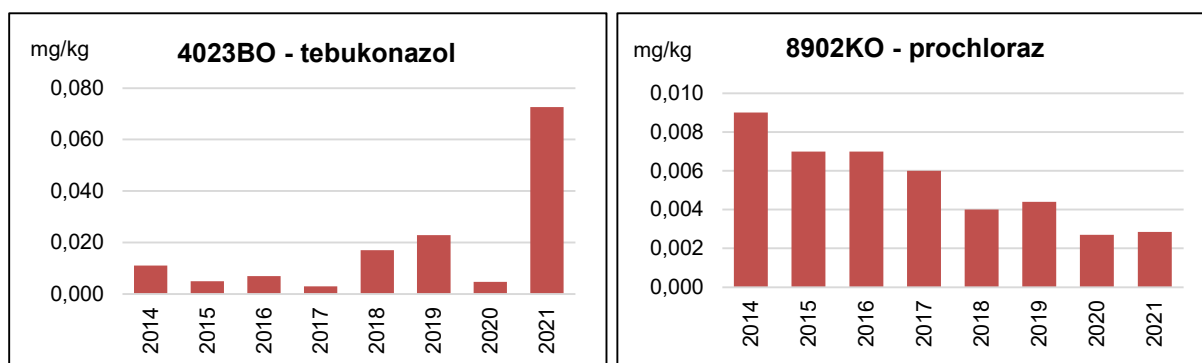
Obrázek 12 Celkový počet aplikací účinných látek použitých k ošetření pšenice ozimé na sledovaných plochách v období 2013–2020



Pro látky aplikované více než 10x byly sestaveny jednoduché grafy vyjadřující vztah mezi aplikací účinné látky a její následnou detekcí v půdním vzorku.

Vůbec nejčastěji byl aplikován tebukonazol. Z příslušného grafu v příloze 21 je vidět, že po aplikaci tebukonazolu je tento prakticky se 100% jistotou detekován v půdním vzorku. Jestliže se zaměříme na celý monitoring (nejen na pšenici) zjistíme, že prudce narostl podíl vzorků, ve kterých byl tebukonazol detekován, ačkoli v předchozím roce nedošlo k jeho aplikaci. Tzn. že tebukonazol setrvává v půdě po několik let. Podobně toto platí pro další látky ze skupiny azolů (fungicidy používané k ochraně obilovin a řepky proti houbovým chorobám) – epoxykonazol a propikonazol a pro prochloraz (další často aplikovaný fungicid s velmi dlouhým poločasem rozpadu, a tedy i setrváním v půdě). Ukázka setrvání výskytu a setrvání vybraných látek v půdě je uvedena na obrázku 13.

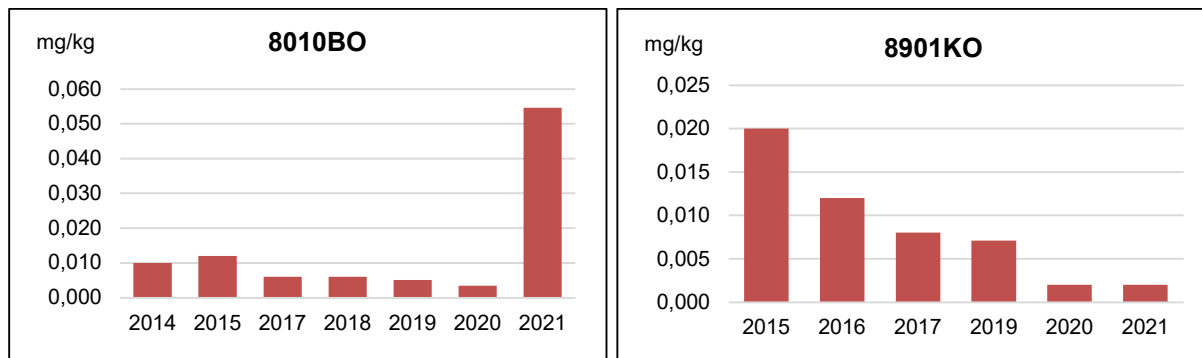
Obrázek 13 Obsah tebukonazolu a prochlorazu na vybraných monitorovacích plochách



Na plochu 4023BO byl tebukonazol aplikován v letech 2013 a 2020. Na plochu 8902KO byl prochloraz aplikován naposledy v roce 2014.

Výraznou perzistenci v půdě lze vysledovat také u diflufenikanu (herbicid k ničení dvouděložných plevelů), který jak ve vzorcích po pšenici, tak v celém monitoringu vykazuje vysoké procento vzorků, ve kterých byl detekován, aniž by došlo k jeho aplikaci. Na lokalitách BMP byl aplikován na podzim zejména ke pšenici, méně k dalším obilovinám. Běžné jsou nálezy několik let po sobě, přičemž obsahy mohou být nad 0,01 mg/kg (obrázek 14).

Obrázek 14 Obsah diflufenikanu na vybraných monitorovacích plochách



Na plochu 8010BO byl diflufenikan aplikován v roce 2011 a poté v roce 2020. Na plochu 8901KO v roce 2014.

Na zbývajících grafech v příloze 21 jsou účinné látky, které nebyly po aplikaci ke pšenici v půdních vzorcích prakticky detekovány. Některé z nich se na sledovaných lokalitách nenašly nikdy – florasulam, aminopyralid, pyroxulam a 2,4-D. (Účinná látka 2,4-D byla detekována v roce 2020, a to po snížení LOQ na 0,002 mg/kg.) Minimální počet nálezů vzhledem k aplikacím vykazuje prothiokonazol – v půdě ho lze detekovat, ale velmi zřídka a nedochází k opakovaným nálezům.

Z účinných látek nejčastěji aplikovaných zbývají difenokonazol a fenpropimorf, které po pšenici taktéž vykazují velké procento vzorků, ve kterých tyto dvě látky nebyly po aplikaci detekovány. Nicméně v rámci celého monitoringu vzrůstá podíl lokalit bez doložené aplikace, zato s nálezem uvedených látek v půdě. Podobně se chová i spiroxamin.

Závěry

- V roce 2021 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 2021 detekováno 50 účinných látek a 2 metabolity. Nejčastěji byl ve vzorcích detekován metabolit atrazinu, 2-hydroxyatrazin, následovaný metabolitem terbutylazinu 2-hydroxyterbutylazinem, na více než 20 plochách byl nalezen epoxykonazol, tebukonazol a diflufenikan.
- Na každé monitorované ploše, včetně ploch v chráněných územích byla detekována minimálně 1 účinná látka (2014–2021).

- K ozimé pšenici bylo aplikováno celkem 37 různých účinných látek. Více než 10x byly použity tebukonazol, florasulam, epoxykonazol, 2,4-D, difenokonazol, diflufenikan, pyroxsulam, prothiokonazol, propikonazol, prochloraz, spiroxamin a fenpropimorf.
- U látek nejčastěji aplikovaných ke pšenici lze předpokládat, že
 - látka nebude po aplikaci detekována – florasulam, aminopyralid, pyroxsulam, 2,4-D – a z hlediska perzistence nepředstavuje problém,
 - látka bude s nejvyšší pravděpodobností ve vzorku detekována – tebukonazol, epoxykonazol, propikonazol, prochloraz, diflufenikan – a v půdě setrvává po několik let.

1.4.1.5 Uhlovodíky C10-C40 v půdě

Šárka Poláková

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. 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.

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. V roce 2020 a 2021 byl parametr C10-C40 stanoven právě na těchto pěti monitorovacích plochách.

V případě jedné lokality – 7901KO – došlo k překročení preventivní hodnoty. Na všech plochách byl zjištěn nižší obsah než v předešlém měření.

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

Závěry

- V roce 2021 byl parametr C10-C40 stanoven v 5 půdních vzorcích.
- Ve třech vzorcích byl zjištěn obsah nižší než mez stanovitelnosti.
- K překročení preventivní hodnoty došlo na jedné lokalitě.
- Naměřené obsahy C10-C40 byly nižší, než v předchozím měření.

1.4.1.6 Minerální dusík v půdě

Lenka Prášková

Anorganický dusík představuje podle RICHTERA *et* HLUŠKA (1994) 1–2 % celkového obsahu a je reprezentován hlavně nitrátovými a amonnými ionty. Přechodně se v půdě vyskytují také oxidy dusíku (N_2O , NO , NO_2) a meziprodukty mikrobiálních procesů např. hydroxylamin (NH_2OH), nitramid ($\text{N}_2\text{H}_2\text{O}_2$), 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 pravidelně od roku 1993 v podzimním období odebírány vzorky ornice (O) a podorníčí (P). V letech 1993–1996 a 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 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 (Nmin) je vypočítán ze součtu obsahů $\text{N-NO}_3 + \text{N-NH}_4$. 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 8 **Statistické vyjádření obsahů minerálního dusíku ve vzorcích z odběrů v roce 2021 ($N-NO_3$ v $mg.kg^{-1}$ sušiny, $N-NH_4$ v $mg.kg^{-1}$ sušiny, N_{min} v $mg.kg^{-1}$ sušiny)**

	Horizont	Počet vzorků	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	10% percent.	90% percent.
N-NO₃	O	23	13,1	7,59	1,95	38,7	2,35	27,1
	P	23	6,57	4,13	0,62	21,1	0,86	15,5
N-NH₄	O	23	4,46	3,35	< 0,20	12,1	0,18	11,6
	P	23	2,26	1,52	< 0,20	8,76	0,13	4,91
Nmin	O	23	17,5	14,8	3,77	45,9	6,43	30,5
	P	23	8,83	5,61	0,74	29,8	2,79	18,0

Statistické hodnocení obsahů $N-NO_3$, $N-NH_4$ a N_{min} v půdách BMP pro roky 1993–2021 je uvedeno v příloze 23 a pro rok 2021 je v tabulce 8. Medián $N-NO_3$ z celé periody let pro orníční horizont má hodnotu 6,50 $mg.kg^{-1}$ (pro rok 2021 má hodnotu 7,59 $mg.kg^{-1}$). Podorníční vykazuje nižší obsahy, ale maximální hodnota byla dosažena vyšší než v případě ornice, a to 227 $mg.kg^{-1}$. Mediány amonného dusíku jsou v porovnání s nitrátovým dusíkem nižší v horizontu O (2,90 $mg.kg^{-1}$ – 1993–2021; 3,35 $mg.kg^{-1}$ – 2021) i P (2,00 $mg.kg^{-1}$ – 1993–2021; 1,52 $mg.kg^{-1}$ – 2021). V případě hodnot mediánů nitrátového a amonného dusíku v ornici v roce 2021 jsou tyto vyšší oproti celé sledované periodě let 1993–2021. Zároveň byly v ornici naměřeny i vyšší hodnoty N_{min} .

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 $N-NO_3$ na konci podzimu, kdy již nemůže být ve větší míře využit vegetací, ale naopak vytváří zásobu snadno pohyblivých nitrátových iontů, které jsou z hlediska vyplavování nejnebezpečnější.

Pro hodnocení obsahu $N-NO_3$ 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 9).

Tabulka 9 **Hodnocení obsahu $N-NO_3$ v půdě ($mg.kg^{-1}$)**

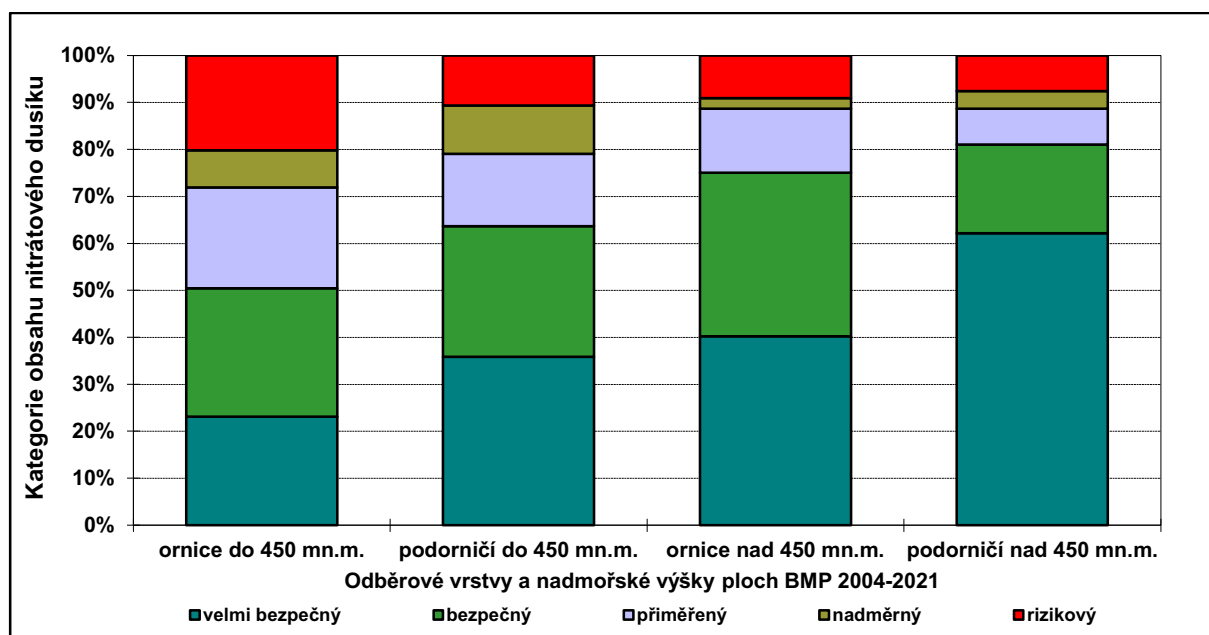
obsah $N-NO_3$	do 450 m n. m.	nad 450 m n. m.
velmi bezpečný	do 5,0	do 4,0
bezpečný	5,1 – 10,0	4,1 – 8,0
přiměřený	10,1 – 15,0	8,1 – 12,0
nadměrný	15,1 – 20,0	12,1 – 16,0
rizikový	nad 20,1	nad 16,1

Tabulka 10 Statistické vyjádření obsahů minerálního dusíku ve vzorcích ze stálého počtu 23 ploch BMP v letech 2004–2021 s rozdělením ploch podle nadmořské výšky (mg.kg⁻¹ sušiny)

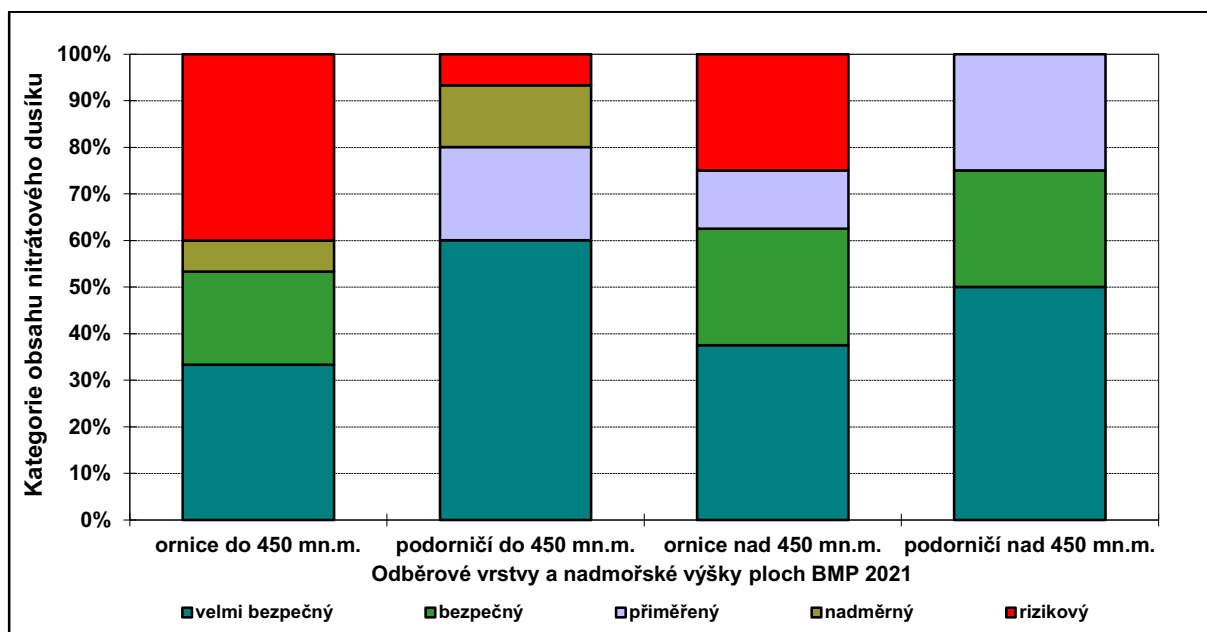
Nadm. výška		Horizont	Počet vzorků	Průměr	Medián	Min.	Max.	10% percent.	90% percent.
< 450	N-NO ₃	O	238	13,2	9,71	0,53	94,3	3,35	26,5
		P	234	9,64	7,53	< 0,20	83,1	1,84	21,0
	N-NH ₄	O	238	2,31	1,20	< 0,20	19,3	< 0,20	5,90
		P	234	1,45	0,71	< 0,20	16,9	< 0,20	3,76
	Nmin	O	238	15,5	12,5	1,10	94,8	4,90	29,1
		P	234	11,1	8,40	0,20	83,9	2,70	22,8
> 450	N-NO ₃	O	132	7,42	4,91	0,74	69,1	2,01	14,5
		P	132	5,41	2,77	< 0,20	38,7	0,89	12,9
	N-NH ₄	O	132	6,19	5,66	< 0,20	22,9	1,80	11,6
		P	132	2,47	2,19	< 0,20	10,0	0,80	4,44
	Nmin	O	132	13,8	11,8	2,70	77,1	6,71	21,8
		P	132	7,93	5,70	1,20	40,0	2,80	16,5

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 10). 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 orničním i podorničním 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 podornici u oblastí s nadmořskými výškami nad 450 m).

Obrázek 15 Procentické zastoupení vzorků v jednotlivých kategoriích obsahů N-NO₃ v ornici a podornici 23 stálých ploch BMP, 2004–2021



Obrázek 16 Procentické zastoupení vzorků v jednotlivých kategoriích obsahů $N-NO_3$ v ornici a podorničí 23 stálých ploch BMP, 2021



Rozčlenění na jednotlivé kategorie podle obsahů nitrátového dusíku z tabulky 10 bylo použito ke grafickému zobrazení zjištěných obsahů $N-NO_3$ v půdě z let 2004–2021 a z roku 2021 (obrázek 15, 16). Obsahy $N-NO_3$ 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. Grafy 9 a 10 nám ukazují velmi zřetelný rozdíl mezi oblastmi. U oblastí s nadmořskými výškami nad 450 m n. m. v periodě let 2004–2021 v kategoriích bezpečných obsahů (velmi bezpečný a bezpečný) se nalézá okolo 80 % vzorků jak v ornici, tak v podorničí, naproti tomu v oblastech do 450 m n. m. je to od 50 % (ornice) do 64 % (podorničí). Podobný rozdíl platí i u odběrů z roku 2021, kde je rozdíl mezi oblastmi ještě zřetelnější. V roce 2021 se v souboru vzorků ze sledovaných 23 stálých ploch BMP vyskytoval vyšší počet ploch v kategorii rizikového obsahu. A to v oblastech do 450 m n. m. 6 ploch v ornici a 1 plocha podorničí a v oblastech nad 450 m n. m. 2 plochy v ornici a 1 plocha podorničí.

Závěry

- Minerální dusík je na plochách BMP stanovován od roku 1993.
- Medián souboru 1219 vzorků z let 1993–2021 měl pro nitrátový dusík v ornici hodnotu $6,50 \text{ mg.kg}^{-1}$ a pro amonný dusík $2,90 \text{ mg.kg}^{-1}$; pro rok 2021 hodnotu $7,59 \text{ mg.kg}^{-1}$ – nitrátový dusík a $3,35 \text{ mg.kg}^{-1}$ – amonný dusík. Podorničí vykazuje nižší obsahy jak pro nitrátový, tak pro amonný dusík. V roce 2021 byly hodnoty nitrátového i amonného dusíku oproti letům 1993–2021 v ornici vyšší.
- 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 2004–2021 byly zjištěny vyšší obsahy nitrátového dusíku ve vzorcích z oblastí do 450 m n. m. jak v ornici, tak i podorničním horizontu než v oblastech nad 450 m n. m.

n. m. Obsahy amonného dusíku ve sledovaném období byly vyšší v oblastech nad 450 m n. m. jak v ornici tak i v podorníci oproti oblastem do 450 m n. m.

- Hodnocení obsahů nitratového dusíku podle kategorií ve vzorcích z roku 2021 ukázalo nárůst v kategorii rizikového obsahu v ornici jak v oblastech do 450 m n. m., tak v oblastech nad 450 m n. m oproti periodě let 1993–2021. Možnou příčinou vysokých obsahů N-NO₃ může být suché počasí v říjnu a listopadu 2021, kdy nitratový dusík nebyl vyplaven do spodnějších vrstev.

1.4.1.7 Monitoring mikrobiálních parametrů půd ČR

Stanislav Malý

Během prvního týdne měsíce října byly odebrány vzorky půd ze 40 lokalit bazálního monitoringu pro mikrobiální analýzy, z nichž pět ploch se nacházelo na území CHKO. Vzorkováno bylo horních 15 cm. Půdy byly v čerstvém stavu prosety (2 mm) a uskladněny při -20 °C. Před analýzou byly rozmrazovány týden v lednici a před vlastním měřením preinkubovány a to v závislosti na dané metodě. Stanovení enzymatických aktivit pomocí fluorogenních substrátů a analýza DNA byly zahájeny ihned po rozmražení. Přehled laboratorních stanovení uvádí tabulka 11.

Tabulka 11 *Přehled analýz provedený v rámci monitoringu mikrobiálních vlastností půd ČR v roce 2021 (OMB – Národní referenční laboratoř, oddělení mikrobiologie a biochemie)*

metoda	počet vzorků	pracoviště ÚKZÚZ
oxidovatelný uhlík	40	OdMB
pH (KCl)	40	Odbor NRL Brno
zrnitostní rozbor	40	Odbor NRL Brno
kationtová výměnná kapacita	40	Odbor NRL Brno
uhlík mikrobiální biomasy	40	OdMB Brno
dusík mikrobiální biomasy	40	OdMB
bazální respirace titračně	40	OdMB
bazální respirace systémem OxiTop	40	OdMB
substrátem indukovaná respirace systémem OxiTop	40	OdMB
růstové křivky: specifická růstová rychlost (μ)	40	OdMB
amonifikace	40	OdMB
nitrifikační aktivita	40	OdMB
aktivita ureázy	40	OdMB
restrikční analýza fragmentu genu amoA	26	OdMB
aktivita vybraných půdních enzymů (6)	40	OdMB

Jedním z dlouhodobě sledovaných parametrů v půdách bazálního monitoringu jsou respirační růstové křivky. Růstová strategie mikroorganismů je výsledkem taxonomického složení společenstva, jeho fyziologického statusu a dostupnosti rozložitelného substrátu. Po přidavku glukosy s malým množstvím N a P se významná část buněk začne dělit a mikrobiální společenstvo přechází do exponenciální růstové fáze. Tyto změny lze detekovat například měřením respirace jako kumulativní spotřeby O_2 . Jakmile se koncentrace substrátu začne snižovat, klesá i respirace. Průběh spotřeby O_2 má potom typicky sigmoidální charakter (obrázek 17). Průběh respiračních křivek může sloužit jako indikátor změn výše uvedených půdních parametrů. Nejčastěji hodnoceným parametrem je specifická růstová rychlost, která charakterizuje podíl mikroorganismů, které se rozdělí za jednotku času. Alternativní přístup představuje funkční analýza dat (FDA), moderní odvětví statistiky, která podává informaci o spojitých křivkách a površích. Předností tohoto přístupu je, že se analyzuje průběh celé křivky. Lze např. hodnotit, jakým způsobem tvar křivek souvisí s určitou půdní vlastností.

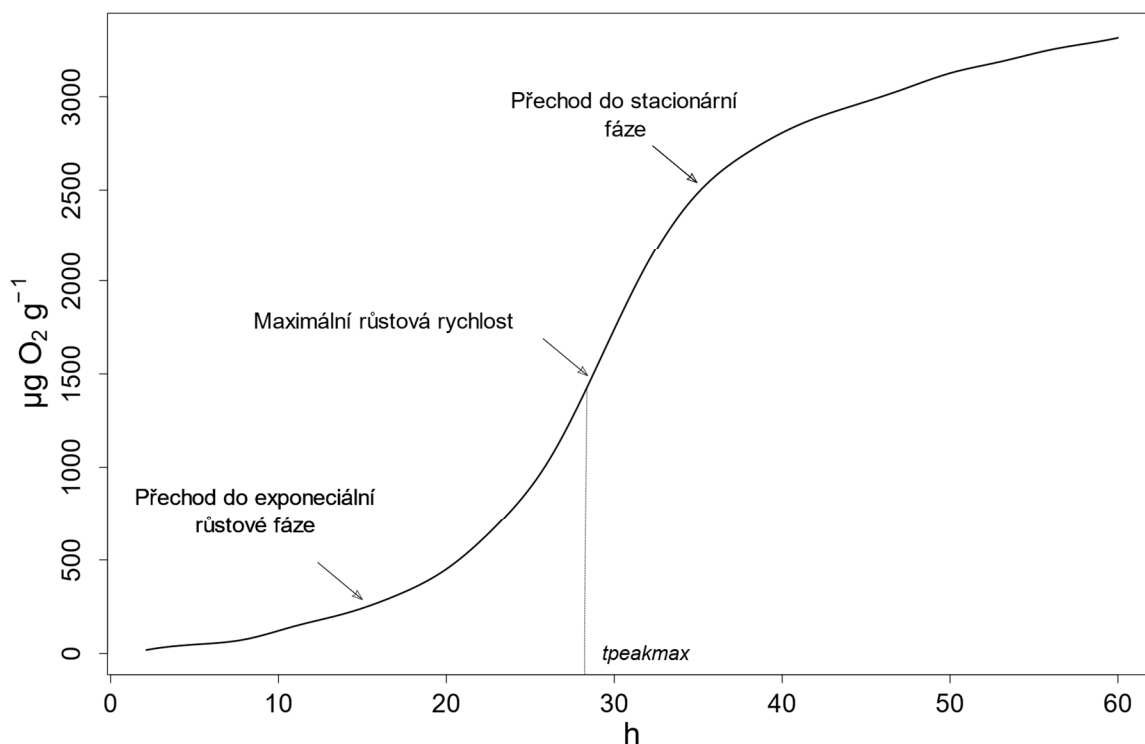
Nezanedbatelnou výhodou dále je, že analýza nevyžaduje předchozí matematický popis vztahu mezi proměnnými.

Grafy respiračních křivek naměřených v jednotlivých vzorcích ukazuje obrázek 18. Pro zjištění, jakým způsobem obhospodařování a půdní vlastnosti ovlivňují průběhy růstových křivek byla použita funkční analýza hlavních komponent, která kombinuje FDA s analýzou hlavních komponent (PCA). Průběh první hlavní komponenty (PC1, obrázek 19), vysvětlující 84,0 % variability ve tvaru růstových křivek, odrážel okamžitou rychlost spotřeby O_2 v čase (obrázek 20). Zejména se jednalo o čas potřebný k dosažení maximální růstové rychlosti *t_{peakmax}* (obrázek 17). Skóre na druhé ose (PC2, 11,2 %) charakterizovalo čas nástupu exponenciální růstové fáze.

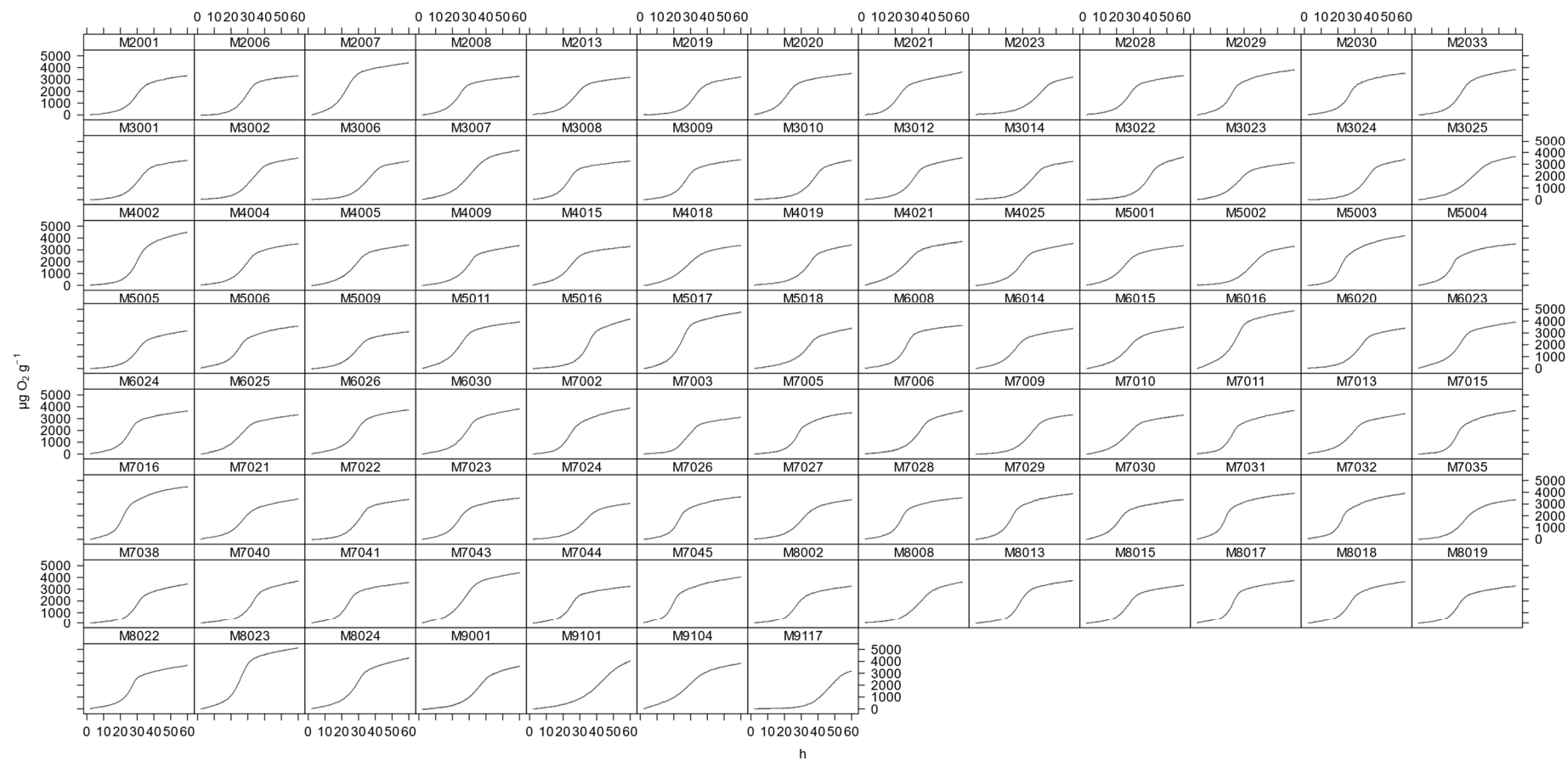
Ordinační diagram (obrázek 21) ukázal určitý vliv obhospodařování (půdy orné, TTP_UKZUZ, TTP_CHKO) na růstové křivky, významná část půd TTP ale není odlišitelná od půd orných. Lze proto předpokládat, že se jedná spíše o jednotlivé půdní vlastnosti, které určují rozložení vzorků v ordinačním diagramu. Proto byla provedena korelační analýza skóre vzorků na první a druhé ose s fyzikálně–chemickými a mikrobiálními půdními parametry. Výpočty ukázaly významnou korelaci PC1 s pH ($r=0,539$, $p<0,001$), což potvrzuje klíčovou roli pH na složení mikrobiálních společenstev. Na vztah růstových křivek k mikrobiální fyziologii ukazuje vysoce signifikantní korelace mezi PC1 a substrátem-indukovanou respirací ($r=0,810$, $p<0,001$). Nejvyšší korelace s PC2 ukázaly enzymatické aktivity spojené s koloběhem fosforu, fosfodiesterasa ($r=0,618$, $p<0,001$) a fosfomoesterasa ($r=0,591$, $p<0,001$). Uvedené zjištění lze vysvětlit zvýšenou potřebou fosforu pro syntézu nových buněk během exponenciální fáze růstu.

Uvedená analýza ukázala možnosti aplikace FDA pro hodnocení nelineárních procesů a bude využívána např. pro hodnocení změn mikrobiálních parametrů v čase.

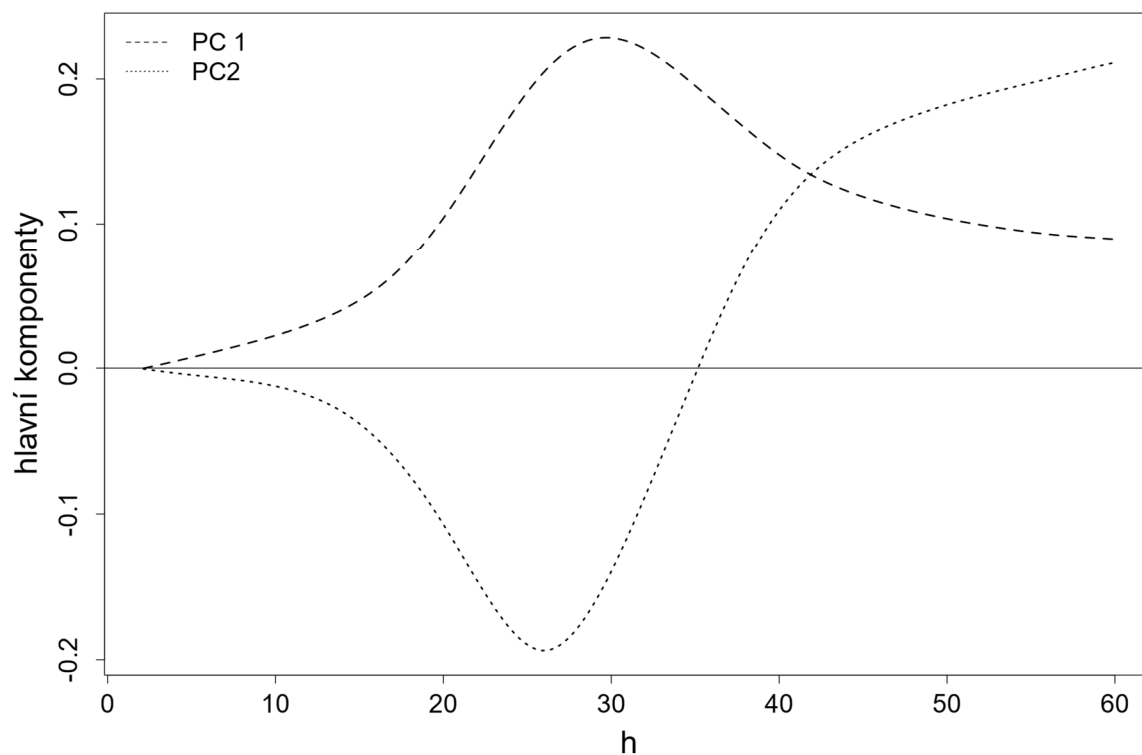
Obrázek 17 Modelový příklad respirační růstové křivky s popisem významných bodů.



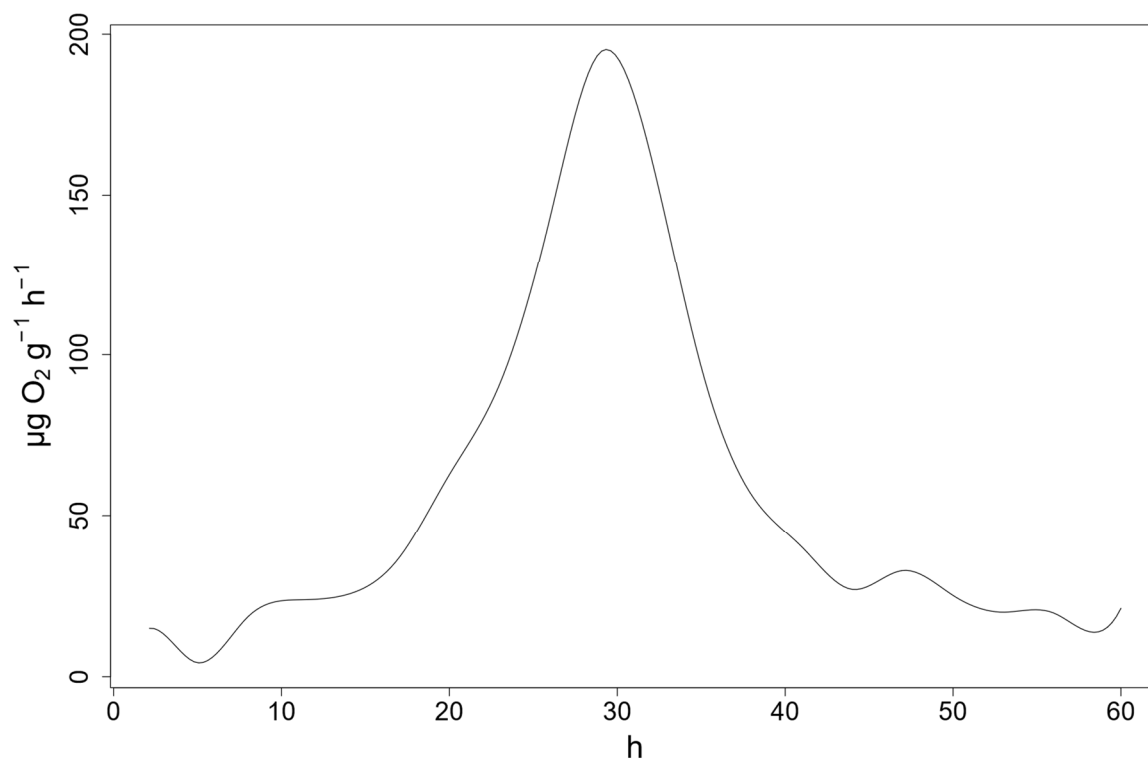
Obrázek 18 *Respirační růstové křivky naměřené v půdách bazálního monitoringu.*



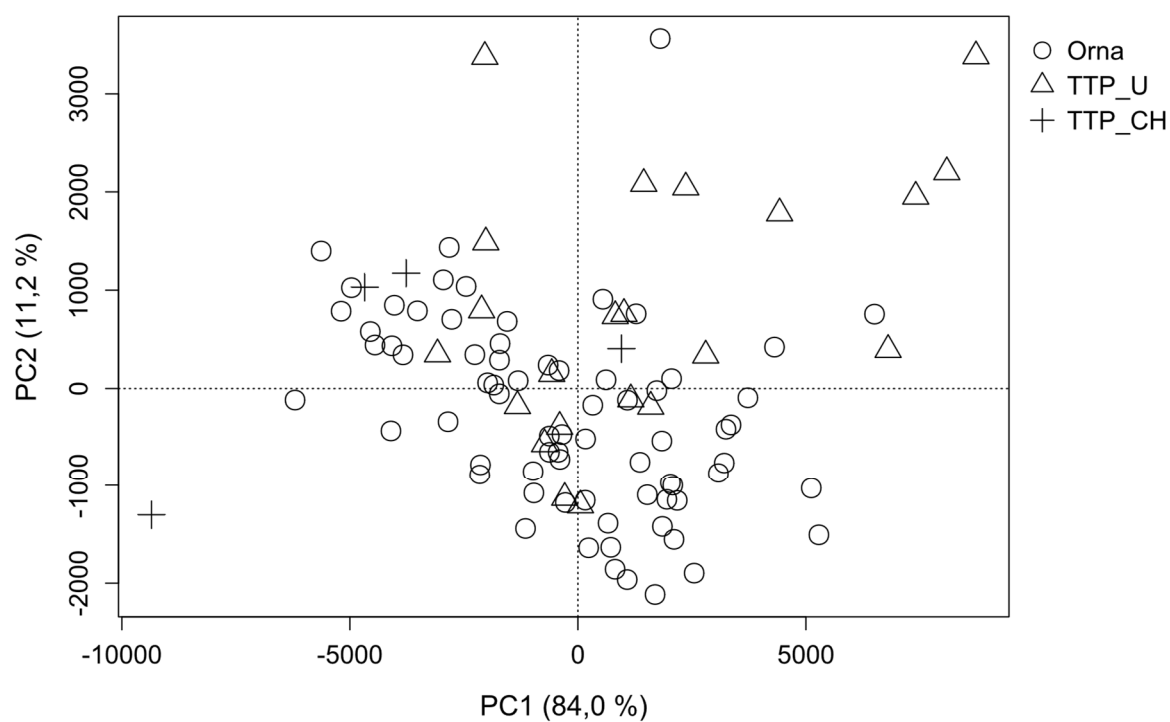
Obrázek 19 *Průběh prvních dvou hlavních komponent spočítaných na datech respiračních růstových křivek metodou funkční analýzy hlavních komponent.*



Obrázek 20 *Příklad průběhu okamžité rychlosti respirace, data odpovídají obr.1.*



Obrázek 21 Ordinační diagram funkční analýzy hlavních komponent zobrazující vliv obhospodařování na růstové křivky. TTP_U, TTP_CH – trvalé travní porosty ÚKZÚZ, CHKO.



1.4.1.8 Monitoring rostlinné produkce – obsahy rizikových prvků v rostlinách

Lenka Prášková

V roce 2021 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 (1997–2021) 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 2021/1408) k některým změnám, které se týkají hodnocení obsahů Cd. Nově jsou Nařízením stanoveny limitní obsahy pro olejnatá semena řepky, slunečnice a máku; zpřísněny jsou limitní hodnoty u zrna obilovin (např. u pšenice obecné došlo ke změně z 0,2 na 0,1 mg Cd.kg⁻¹); zelenina a ovoce se rozdělila do podrobnějších skupin a rovněž zde došlo ke zpřísnění limitů.

Následkem této změny nebyl při hodnocení zrna pšenice z hlediska potravin nadlimitní pouze 1 vzorek, jak by to bylo podle původního znění Nařízení, ale hned 3 vzorky, a to i po započtení nejistoty měření. Obsahy kadmia u těchto tří vzorků byly zjištěny následovně: 0,93 mg.kg⁻¹ – plocha 2902KO, 0,27 mg.kg⁻¹ – plocha 8902KO a 0,15 mg.kg⁻¹ – plocha 3006B. Ve vzorku z pozorovací plochy 2902KO byla zároveň překročena i nejvyšší přípustná hodnota pro olovo, která je 0,2 mg Pb.kg⁻¹; zjištěný obsah byl 0,40 mg Pb.kg⁻¹. Nově bylo možno v roce 2021 hodnotit semeno řepky, které má v Nařízení určený limitní obsah Cd 0,15 mg.kg⁻¹. V monitoringu byla na celkem 6 plochách v roce 2021 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, bylo nadlimitních 6 vzorků (3x sláma pšenice ozimé, 1x lupina – píce, 1x jílek a 1x TTP. Vzorky pocházely kromě jednoho z kontaminovaných ploch – 2901KO, 2902KO, 2904KO, 2905KO, 3006B, 5905KO). Jeden vzorek slámy pšenice ozimé pocházel z plochy 2902KO a byl nadlimitní ve dvou prvcích – Cd (4,42 mg.kg⁻¹) a Pb (20,3 mg.kg⁻¹). Na této pozorovací ploše bylo zjištěno nadlimitní také zrno z hlediska potravin (viz text výše). Ostatní dva vzorky slámy pocházely z ploch 2904KO a 3006B a byly nadlimitní z hlediska arzenu (2,78 mg As.kg⁻¹ a 4,06 mg As.kg⁻¹). Ve vzorku jílku z plochy 2905KO byl rovněž nadlimitní arzén (2,73 mg.kg⁻¹). Sláma a jílek byly hodnoceny podle limitů pro krmné suroviny a píce, které mají hraniční obsah arzenu na úrovni 2 mg As.kg⁻¹. Pokud by sláma a jílek byly použity jako rostlinné moučky, které mají vyšší povolený obsah arzenu (4 mg.kg⁻¹), pak by tyto vzorky byly podlimitní. Lupina na ploše 2901KO byla pěstovaná pro píci. Podle limitů pro píce překročila tato plodina obsahy Cd a Pb a to obsahem 2,23 mg Cd.kg⁻¹ a 38,2 mg Pb.kg⁻¹, obsah arzenu byl 2,46 mg As.kg⁻¹, ale po odečtení nejistoty měření byl tento prvek podlimitní. Vzorek TTP na ploše 5905KO překročil limitní obsah pro rtuť (0,38 mg Hg.kg⁻¹).

V roce 2021 byl celkem v 9 vzorcích zjištěn nadlimitní obsah prvku (3 vzorky hodnocené jako potraviny a 6 vzorků hodnocených jako krmiva). V dalších 2 vzorcích byl po odečtení laboratorní nejistoty měření obsah podlimitní.

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

V roce 2021 byl proveden odběr plodiny z plochy 2014B. Plocha není zařazena z hlediska vzorkování rostlin mezi stálé plochy, ale z důvodu rizikových prvků As, Cd, Zn, které mají v půdě na ploše obsah nad hranicí indikačních hodnot, bylo přistoupeno k jednorázovému odběru. Na ploše 2014B je jabloňový sad a cílem vzorkování bylo zjistit, zda se zvýšený obsah rizikových prvků v půdě projeví zvýšeným obsahem v plodině. Tabulka 12 obsahuje hodnoty RP zjištěných v půdě a v plodině. Při porovnání obsahů Cd v plodech s limitní hodnotou, která je podle Nařízení Komise (ES) č. 1881/2006 ve znění Nařízení Komise 2021/1408 pro jablka $0,02 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$ můžeme říci, že obsah Cd byl v plodech hluboce podlimitní a dokonce nižší než je laboratorní mez stanovitelnosti. Pro prvky As a Zn nejsou limity v plodech stanoveny.

Tabulka 12 *Obsahy rizikových prvků v plodině a v půdě na monitorovací ploše 2014B*

Obsah RP v půdě (rok odběru 2019), mg.kg^{-1} suš.						Obsah RP v plodině, mg.kg^{-1} suš.					
ornice			podorníčí			jablka			listy jabloní		
As	Cd	Zn	As	Cd	Zn	As	Cd	Zn	As	Cd	Zn
387	3,19	617	401	3,03	572	0,19	< 0,008	4,15	1,75	0,02	14,7

Závěry

- V roce 2021 byla provedena analýza 85 vzorků rostlin z 52 pozorovacích ploch BMP.
- V devíti 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 sedmi případech z devíti 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 hnojiva ES (podle Nařízení EP a Rady (ES) č. 2003/2003). Hnojiva ES 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.

V režimu registrace bylo vydáno celkem 556 rozhodnutí, dále byla ohlášena 233 hnojiva, v režimu vzájemného uznávání bylo evidováno 66 výrobků a v režimu hnojiv ES 42 hnojiva.

V rámci odborného dozoru byly odebrány celkem 304 vzorky, z toho 192 registrovaných hnojiv, 17 ohlášených hnojiv, 75 hnojiv ES, 5 vzájemně uznaných výrobků a 15 hnojiv určených k aplikaci na vlastní pozemky. Na základě nevyhovujících výsledků analýz vzorků bylo zrušeno 6 rozhodnutí o registraci. Důvodem bylo kromě nevyhovujících jakostních ukazatelů také překročení limitu rizikových prvků. Dále bylo zahájeno správní řízení u 1 statkového hnojiva kvůli překročení limitu rizikových prvků (tabulka 13).

Cílené kontroly (tabulka 14) 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.

Od roku 2021 patří do působnosti oddělení 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 13 Hnojiva, u nichž byly v roce 2021 zjištěny nadlimitní obsahy rizikových prvků (červeně vyznačen limit rizikových prvků)

Výrobek	Překročení limitů rizik. prvků (v mg prvku/kg vysuš. vz.)
Statkové hnojivo	Cu (380/ 250)
Digestát	Zn (763/ 600)
Digestát	Ni (81,4/ 50)
Kompost	Ni (174/ 50)
Kompost	Zn (770/ 600); Cd (2,25/ 2,0)

Tabulka 14 Cílené kontroly v roce 2021 – komposty, digestáty, statková hnojiva (červeně vyznačen limit rizikových prvků)

	Počet odebraných vzorků (překroč. limitů rizik. prvků/ nedodržení jakostních ukazatelů)	Překročení limitů rizik. prvků (v mg prvku/ kg vysuš. vzorku)
Komposty	108 (2/1)	Ni (174/ 50); Zn (770/ 600); Cd (2,25/ 2,0)
Digestáty	17 (2/1)	Zn (763/ 600); Ni (81,4/ 50)
Statková hnojiva	11 (1/-)	Cu (380/ 250)

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 2021 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), chromu (Cr), rtuti (Hg), niklu (Ni), olova (Pb), mědi (Cu) a zinku (Zn), z organických polutantů jsou to polychlorované bifenylly, 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. V externí laboratoři byly též v roce 2021 stanoveny halogenované organické sloučeniny (AOX).

Obsahy jednotlivých prvků a organických polutantů jsou od roku 2021 hodnoceny podle vyhlášky č. 273/2021 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady. Do roku 2021 bylo hodnocení prováděno podle vyhlášky č. 437/2016 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě, ve znění pozdějších předpisů.

Jednotlivé ČOV jsou uváděny pod interními kódy.

1.4.3.1 Rizikové prvky v kalech

Statistické vyhodnocení obsahů rizikových prvků v kalech ČOV za rok 2021 je uvedeno v příloze 28. V kraji Ústeckém a Karlovarském byly v roce 2021 nalezeny nejvyšší mediány obsahů rizikových prvků ve vzorcích. V Ústeckém kraji to byl nejvyšší obsah Cd, Co, Cr, Hg, Mo, Ni, Pb, Zn a v Karlovarském kraji As, Be a V (příloha 29). Tento výskyt však bude ovlivněn faktem, že v uvedených krajích byl odebrán pouze jeden vzorek kalu. Příloha 30 uvádí výčet všech ČOV, na kterých byl v roce 2021 zjištěn nadlimitní výskyt sledovaných RP.

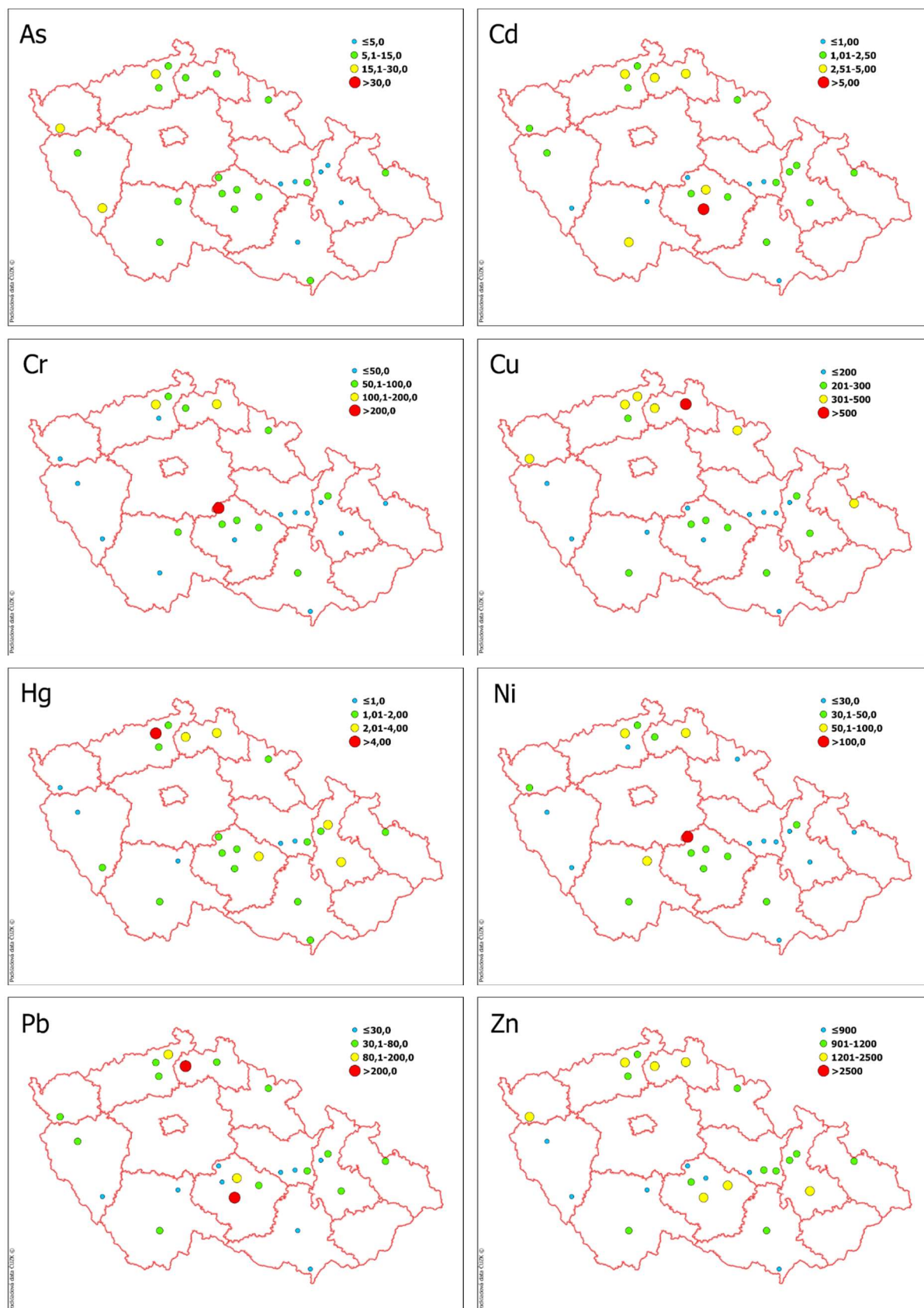
Přehled počtu vzorků kalů s nadlimitním obsahem rizikových prvků uvádí tabulka 15. Z této tabulky je patrné, že z celkových odebraných 40 vzorků kalů bylo 7 vzorků nadlimitních a u těchto vzorků bylo zjištěno 9 překročení limitních obsahů rizikových prvků. Ze 40 vzorků nejvíce krát překročilo limitní hodnotu olovo (4 překročení, což odpovídá 10 % vzorků) a arzén dvě překročení.

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 2021	Počet nadlimitních prvků								Počet vzorků kalů z ČOV		
	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	Celkem	Z toho nadlimitní	
										počet	%
	2	1	1	1	0	0	4	0	40	7	17,5

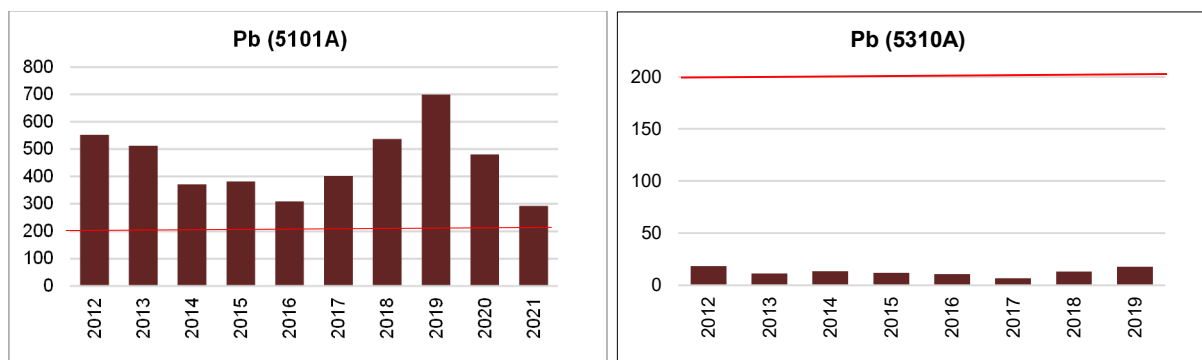
Hodnoty mediánů jsou graficky znázorněny na obrázku 22, a to u těch ČOV, které byly odebrány 8–10x za posledních 10 let. Celkem se jedná o 25 ČOV.

Obrázek 22 Obsah rizikových prvků ve vzorcích kalů ČOV, které byly v průběhu 10 let (2012–2021) odebrány 8–10x (medián, mg.kg^{-1})



Z obrázku je patrné, že soubor 25 ČOV měl z hlediska obsahů Pb za uplynulou dekádu největší zastoupení v kategorii nízkých obsahů ($30\text{--}80\text{ mg.kg}^{-1}$), která byla obsazena 12 ČOV (48 %). Podíl ČOV, které za desetiletou periodu vykázaly medián vyšší než je mezní koncentrace obsahu Pb pro použití kalu na zemědělské půdě (200 mg.kg^{-1}) byl 8 % (2 ČOV). Nejvyšší hodnotu mediánu vykazala ČOV 5101A (medián 441 mg.kg^{-1}), která byla vzorkována 10x. Nejnižší hodnotu mediánu obsahu Pb vykazala ČOV 5310A (medián $12,6\text{ mg.kg}^{-1}$), která byla vzorkována 8x. Vývoj obsahů na těchto dvou ČOV je znázorněn na obrázku 23.

Obrázek 23 Vývoj obsahu Pb ve vzorcích kalů z ČOV, které v průběhu 10 let (2012–2021) vykazaly nejvyšší medián obsahu Pb (ČOV 5101A) a nejnižší medián obsahu Pb (ČOV 5310A), mg Pb.kg^{-1}



Grafické znázornění vývoje aritmetických průměrů a mediánů obsahů RP v kalech ČOV za období sledování 2001 až 2021 je uvedeno v příloze 31. Při porovnání obsahů na počátku sledování (polovina 90. let) a v současnosti lze říci, že došlo k výraznému snížení obsahů kadmia, rtuti, olova a zinku. U těchto prvků se v polovině 90. let pohybovaly průměrné obsahy na úrovni $4,5\text{ mg.kg}^{-1}$ 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 částečně u zinku bylo možné pozorovat pokles hodnot mediánů přibližně do roku 2010, poté se tento trend zastavil a projevuje se opětový nárůst obsahů. U arzénu a chromu se hodnoty mediánů udržují víceméně na stejné úrovni.

V rámci České republiky nevyhovělo v roce 2021 limitním hodnotám rizikových prvků stanoveným ve vyhlášce č. 273/2021 Sb. 7 vzorků kalů ze 40 ČOV (17,5 %). Tyto kalby 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.

V průběhu let dochází z pohledu překračování limitních obsahů rizikových prvků ke snižování počtu nevyhovujících vzorků kalů (tabulka 16). Za posledních 10 let nepřekročil počet nadlimitních vzorků jednu čtvrtinu z odebraných vzorků.

Tabulka 16 Počet vzorků s nadlimitním obsahem alespoň jednoho rizikového prvku v kalech z ČOV v České republice (2001–2021)

Rok		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Celkem ČOV		195	199	96	101	100	101	107	106	102	103
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		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Celkem ČOV		90	88	78	78	82	80	82	82	40	40	40
Z toho nadlimitních	Počet	18	13	13	15	14	18	13	16	7	9	7
	%	20,0	14,8	16,7	19,2	17,1	22,5	15,9	19,5	17,5	22,5	17,5

Závěry

- V roce 2021 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. 7 vzorků ČOV, tedy 17,5 %.
- Nejčastěji byla limitní hodnota v kalech překročena v případě olova a arzenu.
- 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 opětový nárůst obsahů u mědi, niklu a částečně zinku. Střední hodnoty obsahů arzenu a chromu se nemění.
- 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 2021 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 17. 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 17 Základní statistické charakteristiky obsahu PCB v kalech ČOV (2021, 14 vzorků, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ sušiny)

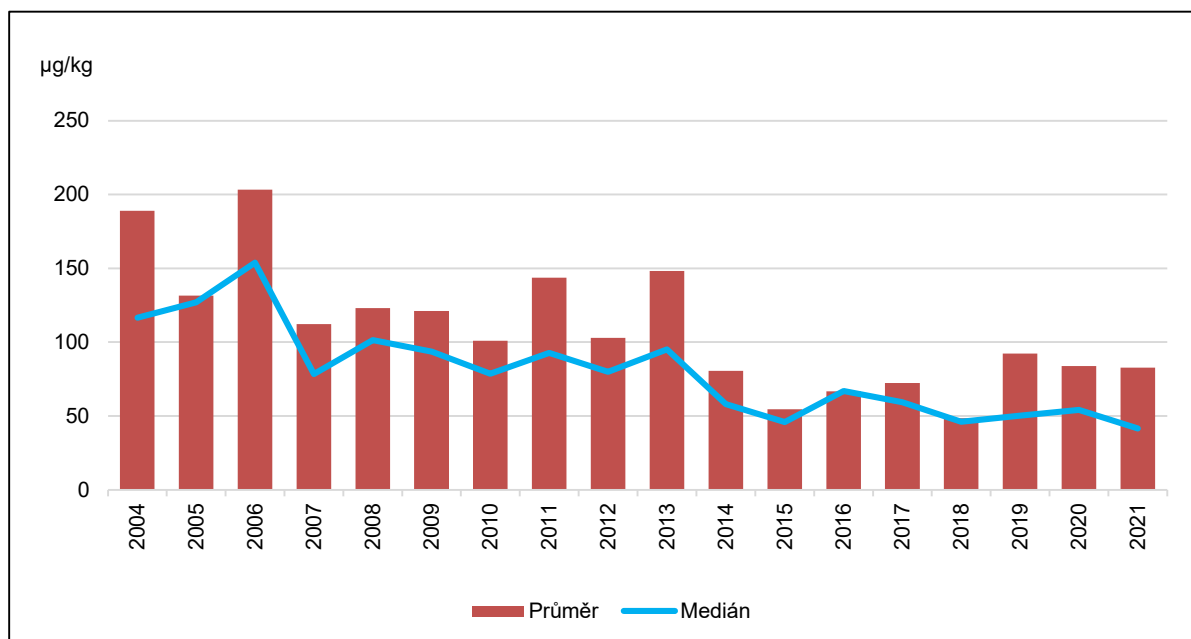
	Kongenery PCB							Suma 7 kongenerů
	28	52	101	118	138	153	180	
Průměr	2,75	1,97	7,99	2,84	15,3	27,4	24,59	82,8
Medián	1,75	1,41	4,62	1,80	7,52	14,7	11,09	41,7
Minimum	0,68	0,83	2,72	0,97	4,35	8,30	7,01	28,4
Maximum	13,5	5,73	47,2	14,3	94,1	170	167	501
10.percentil	0,89	0,92	2,98	1,13	5,37	9,60	8,51	29,8
90.percentil	3,77	3,24	10,1	3,93	22,0	36,1	30,3	108
Limitní hodnota pro sumu 7 kongenerů PCB podle vyhlášky č. 273/2021 Sb.								600
Počet překročení limitu v roce 2021								0

Nejnižší střední hodnoty v roce 2021 vykazoval kongener 118. Kongenery 28 a 52 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 2021 v rozpětí od 28,4 do 501 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (vzorek kalu 4105A), aritmetický průměr činil 82,8 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. a medián 41,7 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.

Vývoj středních hodnot obsahů sumy 7 kongenerů PCB (28, 52, 101, 118, 138, 153 a 180) v kalech ČOV je zobrazen na obrázku 24, od roku 2007 došlo k jejich snížení a relativní stabilitě mediánů. Souhrnná statistika 465 vzorků kalů ČOV odebraných za období 2004–2021 je uvedena v příloze 34.

Obrázek 24 Střední hodnoty obsahů sumy 7 kongenerů PCB v kalech ČOV (2004–2021, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ 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 2021 byl obsah polychlorovaných bifenylů stanoven ve 14 vzorcích kalů.
- Sumy 7 kongenerů PCB v kalech kolísaly v roce 2021 v rozpětí hodnot od 28,4 do $501 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., aritmetický průměr činil $82,8 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. a medián $41,7 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.
- Střední hodnoty obsahů PCB v kalech od roku 2004 mají klesající tendenci.
- Z odebraných vzorků kalů ČOV v roce 2021 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

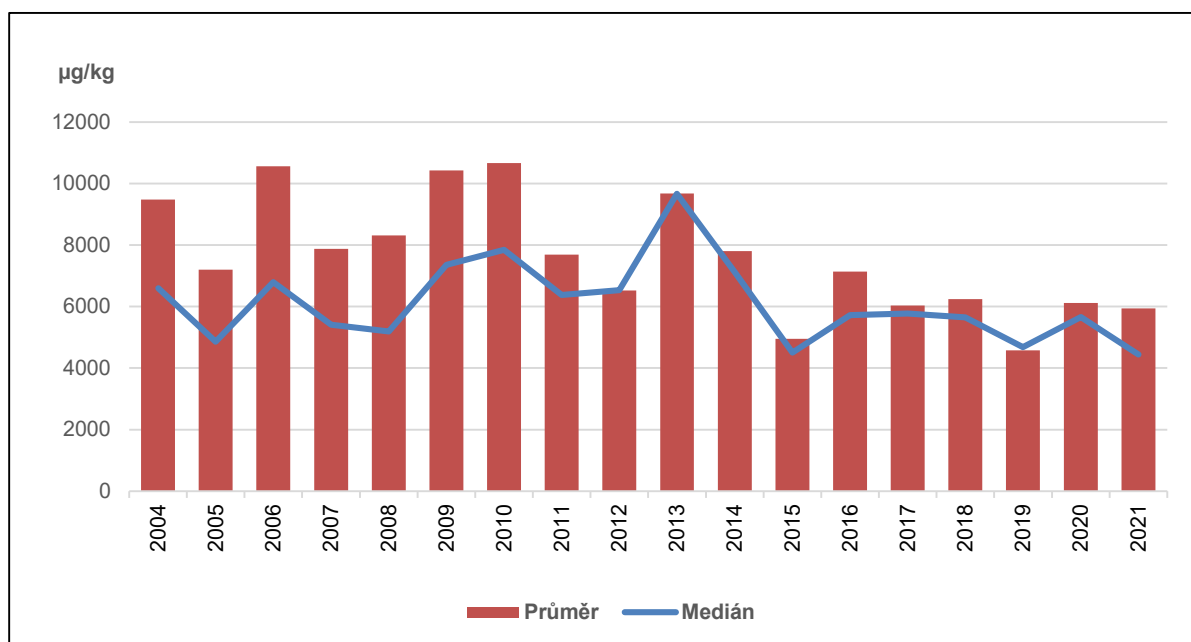
Polycyklické aromatické uhlovodíky jsou ve vzorcích kalů sledovány od roku 2000. Zpočátku bylo stanovováno 15 individuálních uhlovodíků, ke kterým v roce 2006 přibyl poslední zbývajících uhlovodík (acenaphtylene ANY) a od té doby je stanovováno 16 indikátorových PAH podle US EPA.

V roce 2021 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 18. Grafické znázornění sumy 12 PAH významných z hlediska určení limitní hodnoty (podle vyhlášky č. 273/2021 Sb.) je uvedeno v příloze 36.

Tabulka 18 Základní statistické charakteristiky obsahů individuálních PAH v kalech ČOV (2021, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)

Individuální PAH	Průměr	Medián	Minimum	Maximum
NAP	583	251	79,3	4613
ANY	48	<20	<20	334
ANA	58	34	6,72	336
FLU	118	78	14,5	722
PHE	553	298	155	3060
ANT	126	93	34,5	319
FLT	835	727	239	1597
PYR	1289	658	191	8397
BAA	397	318	89	1430
CHR	334	310	87,4	627
BBF	416	396	93,2	861
BKF	192	170	45,9	359
BAP	469	397	117	830
DBA	34	29	7,21	101
BPE	467	318	111	1661
IPY	275	215	76,0	588
SUMA16 PAH	6193	4765	1552	24337
SUMA12 PAH	5934	4447	1414	23059

Suma 16 EPA PAH v kalech ČOV odebraných v roce 2021 se pohybuje v rozmezí 1,55–24,3 mg.kg^{-1} , medián souboru činí 4,77 mg.kg^{-1} , průměrná hodnota je 6,19 mg.kg^{-1} . Suma 12 PAH je v rozsahu 1,41–23,1 mg.kg^{-1} , průměr 5,93 mg.kg^{-1} , medián 4,45 mg.kg^{-1} . Obrázek 15 a příloha 37 uvádí průběh aritmetických průměrů a mediánů obsahů PAH od roku 2004 a příloha 53 základní statistiku celého souboru dat. Hodnoty mediánů sumy 12 PAH ve sledovaném období se výrazně nemění, průměrné obsahy klesají.

Obrázek 15 Střední hodnoty obsahů sumy 12 PAH v kalech ČOV (2004–2021, $\mu\text{g.kg}^{-1}$)

Hodnocení obsahů PAH v kalech z hlediska jejich využití v zemědělství v současné době umožňuje vyhláška č. 273/2021 Sb., která stanovuje mezní (maximální) hodnotu koncentrace PAH v kalech 10 mg.kg^{-1} suš. pro sumu 12 individuálních PAH (antracen, chrysen, fenantren, fluoranten, pyren, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)antracen, benzo(a)pyren, benzo(ghi)perylen, indeno(123cd)pyren a naftalen). Limitní hodnotu 10 mg.kg^{-1} překročil v roce 2021 jeden vzorek kalu.

K objektivnímu posuzování toxicity směsí PAH byl zaveden faktor toxického ekvivalentu (Toxicity Equivalent Factor, TEF), který umožňuje vyjádřit toxicitu každého individuálního uhlovodíku vzhledem k nejtoxicičtějším 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 směsí 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 2021 pohybuje v rozmezí $166\text{--}1171 \text{ }\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., v případě sumy 12 PAH se pohybuje v rozmezí $150\text{--}1069 \text{ }\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (příloha 35), s maximálním podílem BAP.

Shrnutí

- V roce 2021 byl obsah polycyklických aromatických uhlovodíků stanoven ve 14 vzorcích kalů.
- Suma 16 EPA PAH se pohybuje v rozmezí 1,55–24,3 mg.kg⁻¹, medián souboru je 4,77 mg.kg⁻¹, průměrná hodnota 6,19 mg.kg⁻¹. Suma 12 PAH je rozsahu 1,41 až 23,1 mg.kg⁻¹, medián 4,45 mg.kg⁻¹, průměr 5,93 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 2021 jeden vzorek.
- Celkový toxický ekvivalent vyjádřený jako TTEC se ve vzorcích kalů v roce 2021 pohyboval v rozmezí 166 až 1171 µg.kg⁻¹ suš., v případě sumy 12 PAH je TTEC v rozsahu 150–1069 µg.kg⁻¹ suš., s maximálním podílem BAP.

1.4.3.4 Halogenové organické sloučeniny v kalech

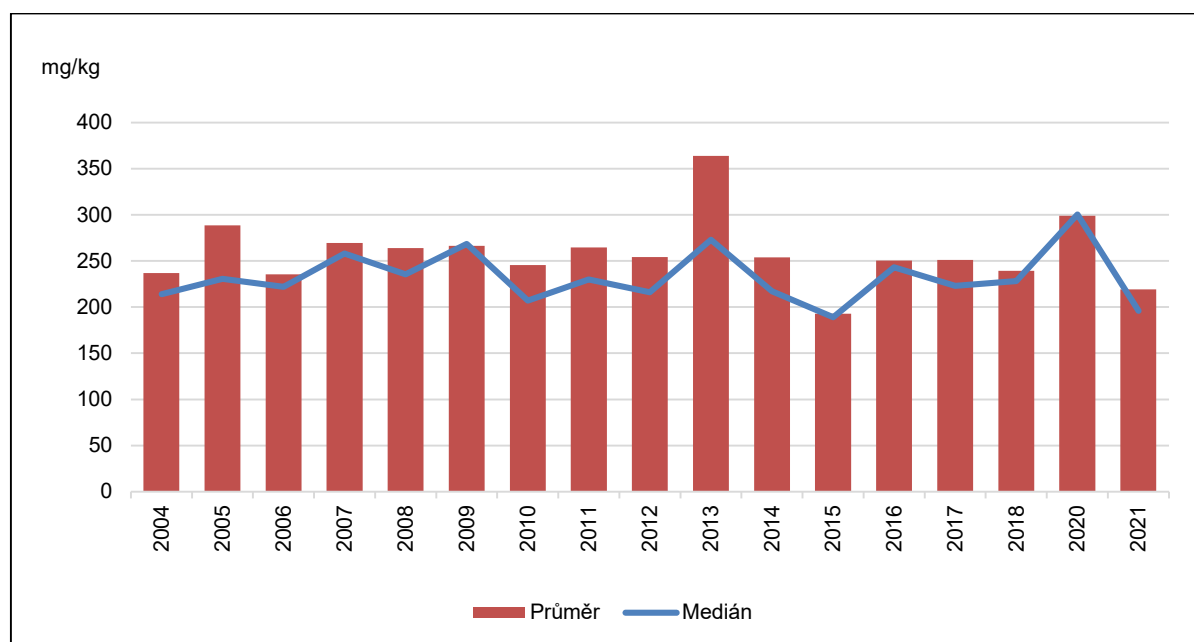
Halogenové organické sloučeniny (AOX) se ve vzorcích kalů stanovují od roku 1999. Analýzy byly prováděny NRL ÚKZÚZ Brno, od roku 2018 externí laboratoří. V roce 2019 nebylo stanovení na obsah AOX v kalech provedeno z důvodu finančních úspor.

V roce 2021 byl obsah AOX stanoven ve 14 vzorcích kalů z ČOV. Přehled výsledků stanovení je uveden v příloze 38, grafické vyjádření v příloze 39. Základní statistické charakteristiky obsahů AOX v roce 2021 uvádí tabulka 19, v letech 2004 až 2021 příloha 40. Statistika celého souboru dat je uvedena v příloze 53.

Tabulka 19 Základní statistické charakteristiky obsahů AOX v kalech (2021; mg.kg⁻¹ suš.)

Rok	Arit. průměr	Medián	Min.	Max.	10% percent.	90% percent.	Celk. počet vzorků	Počet nadlimit. vzorků
2021	219	196	52	485	77	349	14	0

Obrázek 26 Střední hodnoty AOX v kalech ČOV (2004–2021, mg.kg⁻¹ suš.)



Medián souboru vzorků z roku 2021 je 196 mg.kg⁻¹ suš., průměr 219 mg.kg⁻¹ suš. Ve vyhlášce č. 273/2021 Sb. je maximální hodnota koncentrace obsahu AOX v kalech 500 mg.kg⁻¹ suš. Tuto hodnotu v roce 2021 nepřekročil ani jeden vzorek.

Závěry

- V roce 2021 bylo provedeno stanovení AOX ve 14 vzorcích kalů.
- Medián souboru vzorků z roku 2021 je 196 mg.kg⁻¹ suš., průměr 219 mg.kg⁻¹ suš.
- Limitní hodnotu 500 mg.kg⁻¹ suš. podle vyhlášky č. 273/2021 Sb. v roce 2021 nepřekročil žádný vzorek.

1.4.3.5 Organochlorové pesticidy v kalech

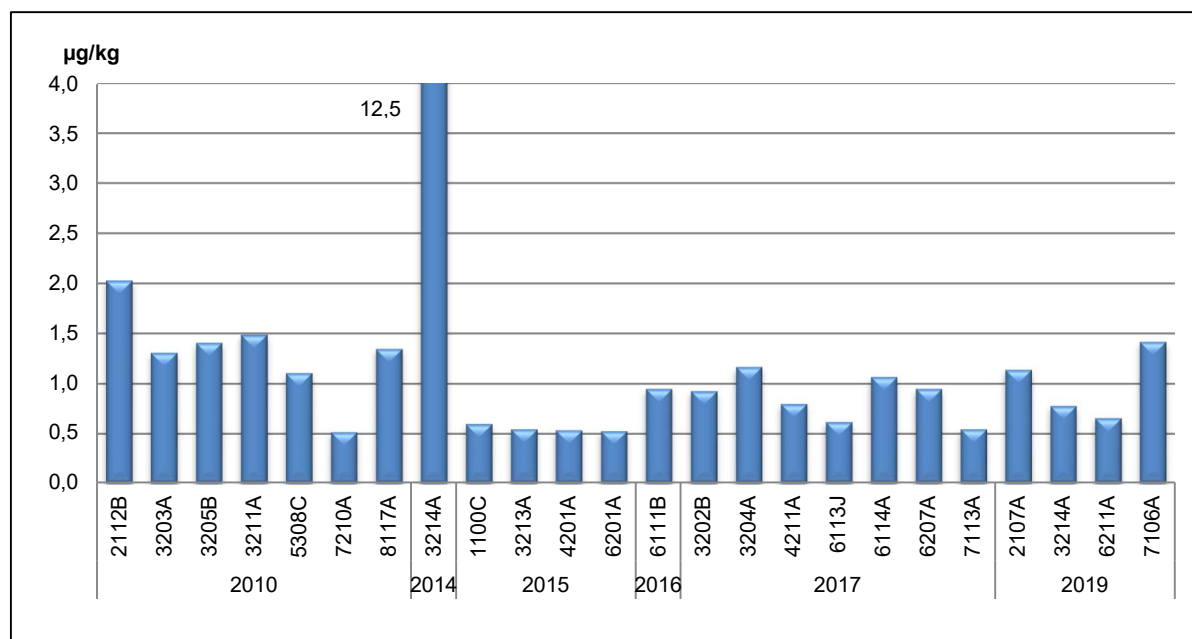
Obsahy HCB a látky skupiny DDT se ve vzorcích kalů stanovují od roku 2008. Obsahy HCH se stanovují od roku 2010. V roce 2021 bylo stanovení provedeno ve 14 vzorcích. Jejich základní statistika je uvedena v tabulce 20. V příloze 41 jsou uvedeny konkrétní obsahy k jednotlivým vzorkům a graficky vyjádřeny v přílohách 42, 43 a 44. Základní statistika vzorků za jednotlivé roky 2008–2021 je uvedena v příloze 45 a celého souboru vzorků v příloze 46.

Tabulka 20 Základní statistické charakteristiky obsahu jednotlivých organochlorových pesticidů v kalech ČOV (2021, 14 vzorků, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ sušiny)

	HCH ($\alpha\beta\gamma\delta$)	HCB	DDE	DDD	DDT	DDT _{total}
Průměr	1,00	36,9	15,3	23,7	1,35	40,3
Medián	1,00	3,07	11,9	2,56	1,30	17,4
Minimum	1,00	1,19	6,25	< 0,50	< 0,50	7,25
Maximum	1,00	474	39,1	289	2,54	298
10.percentil	1,00	1,60	7,80	1,04	< 0,50	9,71
90.percentil	1,00	5,55	28,3	8,95	2,28	46,2

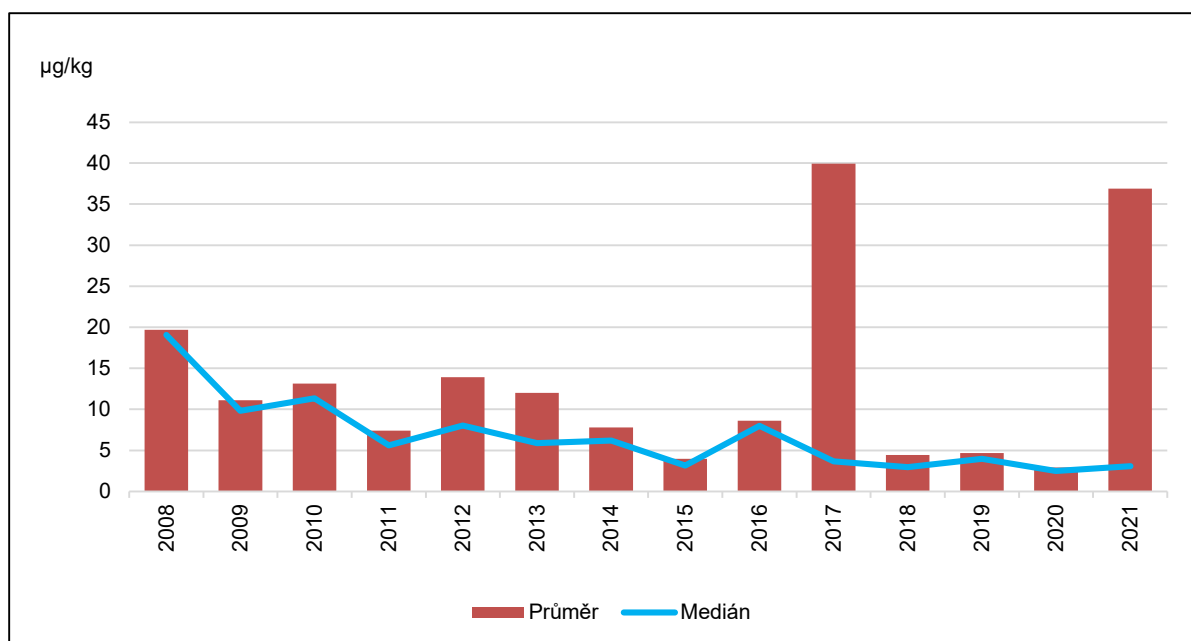
Obsahy všech izomerů (α , β , γ , δ) **HCH** jsou v roce 2021 u všech analyzovaných vzorků pod mezí stanovitelnosti ($\text{LOQ} = 0,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Také v ostatních letech se tyto hodnoty pohybují víceméně pod mezí stanovitelnosti, výjimku tvoří izomer β -HCH. V období 2010–2021 bylo na HCH analyzováno 248 vzorků. Z nich bylo 89,1 % pod mezí stanovitelnosti. Zbýlých 10,9 % 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 45). Tento kal byl odebrán opět v roce 2019, kdy vykázal hodnotu izomeru β -HCH $0,77 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (obrázek 27).

Obrázek 27 Obsahy izomeru β -HCH v kalech ČOV, u kterých byly analyzované hodnoty vyšší než je mez stanovitelnosti (2010–2021, $\mu\text{g.kg}^{-1}$)



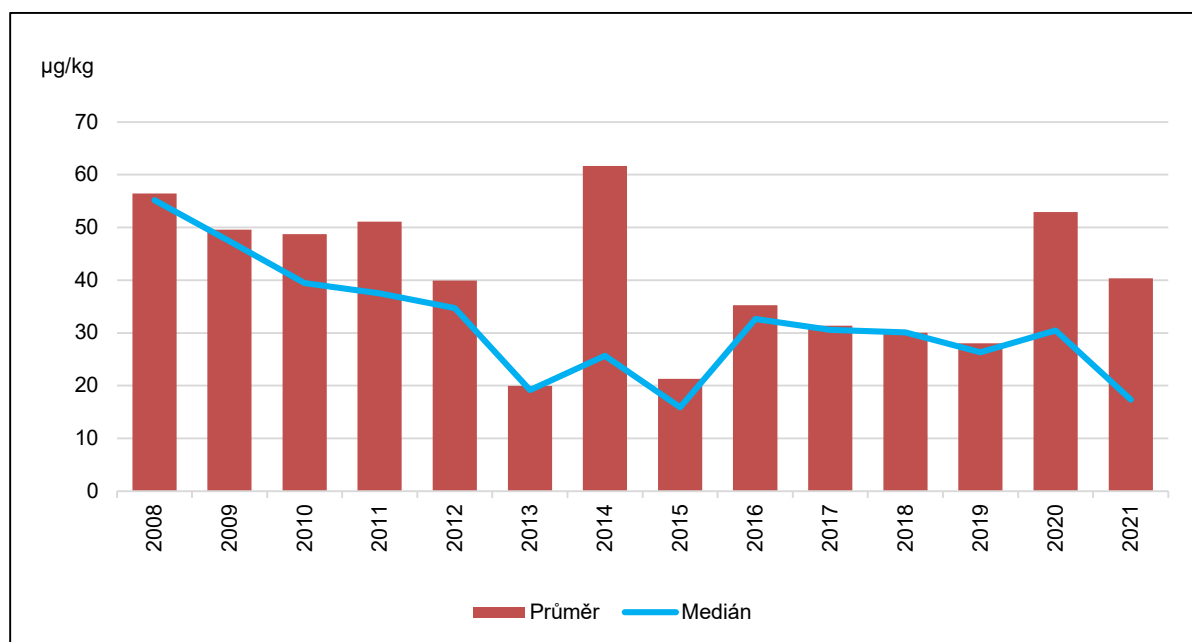
Obsahy **HCB** v roce 2021 kolísají v rozsahu 1,19–474 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (tabulka 20). Za období sledování 2008–2021 jsou hodnoty zpracovány do tabulky v příloze 45. Zatím nejvyšší hodnota HCB v kalu (753 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) byla zjištěna v roce 2017 a druhá nejvyšší v roce 2021. Tyto hodnoty byly zjištěny v kalu s identifikačním kódem 4214A z Ústeckého kraje a výrazně ovlivnily v obou rocích průměrnou hodnotu celého souboru (39,9 a 36,8 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. – obrázek 28, příloha 45). 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 28 Střední hodnoty HCB v kalech ČOV (2008–2021, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)



Hodnoty **látek skupiny DDT** ($\text{DDT}_{\text{total}}$) kolísají v roce 2021 v rozmezí 7,25–298 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., medián má hodnotu 17,4 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., průměr činí 40,3 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ 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 má vliv vysoký obsah DDD (289 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ 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 29 Střední hodnoty DDT_{total} v kalech ČOV (2008–2021, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)

Závěry

- V roce 2021 bylo provedeno stanovení OCP ve 14 vzorcích kalů.
- Obsahy HCH jsou dlouhodobě zanedbatelné.
- Obsahy HCB kolísají v rozsahu $1,19\text{--}474 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš, medián je $3,07 \mu\text{g.kg}^{-1}$.
- Suma látek skupiny DDT (DDT_{total}) kolísá v rozmezí $7,25\text{--}298 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., medián činí $17,4 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.
- Vzájemný poměr jednotlivých látek obecně vzrůstá v pořadí $DDT < DDD < DDE$.

1.4.3.6 Polybromované difenylethery v kalech

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

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

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

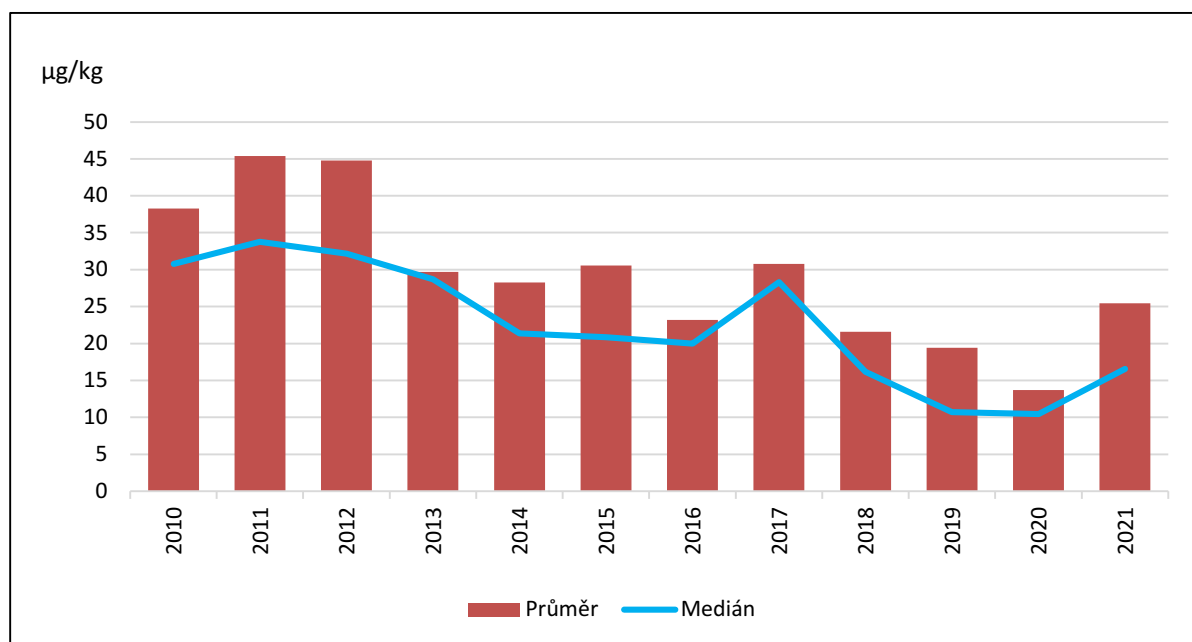
Od roku 2010 byl obsah 9 kongenerů PBDE stanoven vždy v 10 až 14 vzorcích kalů. V roce 2021 byly PBDE stanoveny v 10 vzorcích kalů.

Obsahy jednotlivých kongenerů PBDE stanovených ve vzorcích kalů odebraných v roce 2021 jsou uvedeny v příloze 47 a grafické znázornění sumy 9 kongenerů v příloze 48. Základní statistiku obsahů sumy 9 kongenerů PBDE pro vzorky odebrané v roce 2021 a souhrnně, pro všech dosud analyzovaných 128 vzorků, shrnuje tabulka 21 a příloha 49.

Tabulka 21 Základní statistika obsahů PBDE v kalech ČOV (2021, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., 10 vzorků)

	BDE 28	BDE 47	BDE 66	BDE 85	BDE 99	BDE 100	BDE 153	BDE 154	BDE 183
Průměr	0,34	6,65	0,20	0,55	11,4	2,30	1,12	0,81	2,10
Medián	0,19	3,98	0,08	0,33	6,47	1,33	0,87	0,52	2,00
Minimum	< 0,10	0,89	< 0,10	< 0,10	1,69	0,35	0,19	0,14	0,63
Maximum	1,50	28,9	1,09	2,68	54,9	10,4	4,00	3,29	4,23
10. perc.	0,12	1,66	< 0,10	0,14	2,44	0,37	0,45	0,22	0,74
90. perc.	0,54	10,3	0,33	0,91	21,1	4,36	1,54	1,16	3,40

Střední hodnota sumy 9 kongenerů PBDE ve vzorcích z roku 2021 činí $25,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., medián $16,6 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Nejvyšší obsah byl zjištěn ve vzorku z ČOV s identifikačním číslem 3202B z Plzeňského kraje ($108 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.), nejnižší ve vzorku 3110B z Jihočeského kraje ($4,04 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Maximální hodnoty kolísají v letech až dvojnásobně. Hodnoty průměrů a mediánů za celou dobu sledování jsou ukázány na obrázku 30.

Obrázek 30 Střední hodnoty sumy 9 PBDE v kalech ČOV (2010–2021, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)

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

Závěry

- V roce 2021 bylo provedeno stanovení PBDE v 10 vzorcích kalů.
- Průměrný obsah PBDE v kalech v roce 2021 činil $25,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.; medián měl hodnotu $16,6 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., průměrný obsah za celé období sledování je $29,1 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., medián $21,7 \mu\text{g.kg}^{-1}$ 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 známy aplikace ve fotografickém průmyslu, lékařství, hornictví. Jsou součástí průmyslových a domácích čistících prostředků, nátěrových hmot, hydraulických kapalin pro letecký průmysl, pesticidů. Perfluorooctanová 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 perfluorooctansulfonát 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 2021 byly laboratorní rozborů provedeny u 14 vzorků kalů z ČOV.

Celkem je ve vzorcích stanovováno 6 látek:

PFHxA	perfluorohexanová kyselina
PFHpA	perfluoroheptanová kyselina
PFOA	perfluorooctanová kyselina
PFNA	perfluorononanová kyselina
PFDA	perfluorodekanová kyselina
PFOS	perfluorooctansulfonan

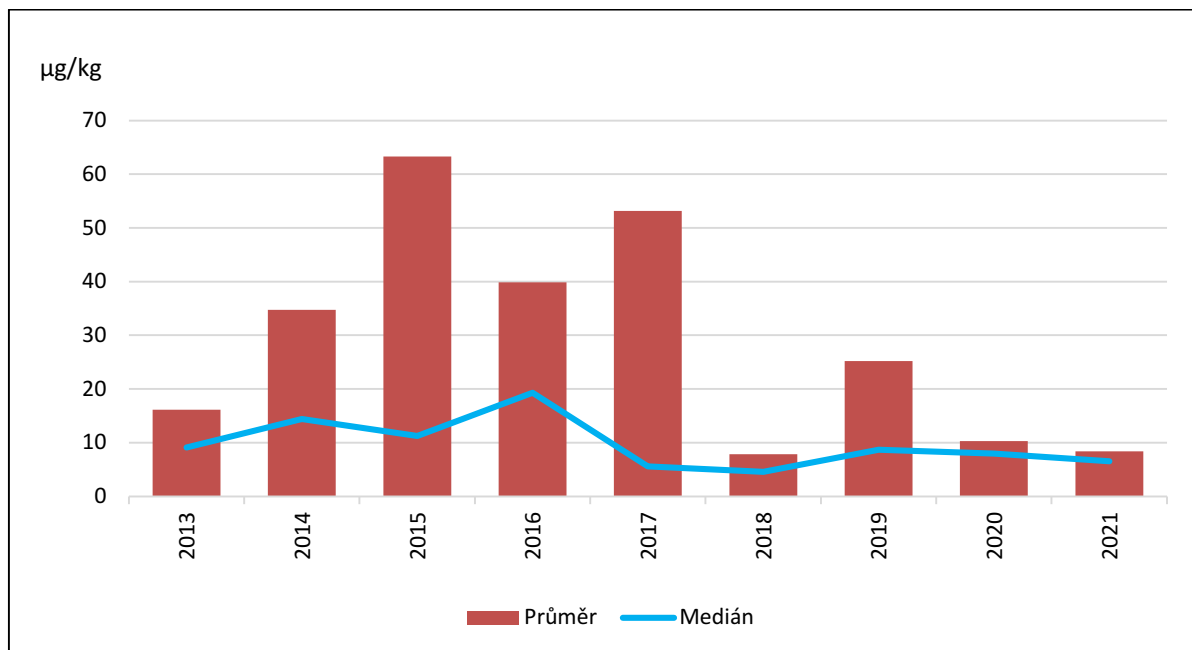
Detekované obsahy PFAS v jednotlivých vzorcích kalů jsou uvedeny v příloze 50 a 51. Průměrné hodnoty obsahů a rozsah stanovených hodnot uvádí tabulka 22.

Tabulka 22 Základní statistické charakteristiky vybraných perfluoroalkylových sloučenin ve 14 vzorcích kalů ČOV odebraných v roce 2021 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)

	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFOS
Průměr	0,44	0,10	0,75	0,30	1,92	4,90
Medián	0,30	< 0,10	0,60	0,30	1,68	2,81
Minimum	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,46	< 0,10
Maximum	1,77	0,25	2,79	0,73	4,01	16,2

Ve vzorcích kalů se nejnižší obsahy nalézaly u látek PFHpA, PFNA. V případě PFHpA hodnoty často ležely pod mezí stanovitelnosti ($\text{LOQ} = 0,1 \mu\text{g.kg}^{-1} \text{ suš.}$). Nejvyšších středních hodnot dosahoval PFDA a PFOS, přičemž nejvyšší obsah PFOS ($16,2 \mu\text{g.kg}^{-1} \text{ suš.}$) se nalézal u kalu 2103A ze Středočeského kraje.

Obrázek 31 Střední hodnoty sumy 6 PFAS v kalech ČOV (2013–2021, $\mu\text{g.kg}^{-1} \text{ suš.}$)



Látky s nejvyšším mediánem byly: PFDA, PFOS. Rozsah obsahů PFDA činil 0,46 až $4,01 \mu\text{g.kg}^{-1} \text{ suš.}$ a obsah PFOS $< 0,10$ až $16,2 \mu\text{g.kg}^{-1} \text{ suš.}$

Průměry a mediány z let 2013–2021 jsou zobrazeny na obrázku 31 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 52 jsou zobrazeny grafy perfluoroalkylových sloučenin v závislosti na velikosti ČOV za období 2020–2021. Grafy ukazují, že pro jednotlivé perfluoroalkylové sloučeniny a jejich sumu neexistuje stejná závislost na koeficientu EO.

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

Závěry

- V roce 2021 bylo provedeno stanovení PFAS ve 14 vzorcích kalů.
- S nejvyšším mediánem se ve vzorcích vyskytovaly látky: PFDA ($1,68 \mu\text{g.kg}^{-1}$) a PFOS ($2,81 \mu\text{g.kg}^{-1}$).
- Nejnižší mediány vykazaly látky: PFHxA, PFHpA a PFNA.
- Maximální obsah byl nalezen u látky PFOS ve vzorku 2103A – $16,2 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., ze Středočeského 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) nová vyhláška č. 273/2021 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady. Na zemědělskou půdu mohou být použity pouze kaly, které nepřekračují mezní hodnoty koncentrací vybraných rizikových látek a prvků uvedené v příloze č. 38 této vyhlášky a zároveň vyhovují mikrobiologickým kritériím uvedeným v příloze č. 28 k této vyhlášce (tabulka 23).

Tabulka 23 Limitní hodnoty indikátorových organismů (příloha č. 28 k vyhlášce č. 273/2021 Sb.)

Indikátorový mikroorganismus	Jednotky	Počet zkoušených vzorků při každé kontrole výstupu		Limitní hodnota (nález / KTJ*)
<i>Salmonella</i> spp.	Nález v 50 g	5		negativní
<i>Escherichia coli</i> nebo enterokoky	KTJ* v 1 gramu	5	4 1	< 10 ³ < 5.10 ³

* KTJ – kolonie tvořící jednotku

Do 31. prosince 2022 je dostačující, pokud při použití kalů na zemědělské půdě budou splněny požadavky vymezené §12 vyhlášky č. 437/2016 Sb., zde konkrétně požadavky na přípustné množství mikroorganismů pro kaly I a II kategorie dle přílohy 7 vyhlášky č. 437/2016 Sb. (tabulka 24).

Tabulka 24 Mikrobiologická kritéria pro upravený kal pro aplikaci na zemědělské půdě dostačující do 31. 12. 2022 (příloha č. 7 k vyhlášce č. 437/2016 Sb.)

Kal kategorie I.

Indikátorový mikroorganismus	Jednotky	Počet zkoušených vzorků při každé kontrole výstupu	Limitní hodnota (nález / KTJ*)
Salmonella spp.	nález v 1 g sušiny	5	negativní
Termotolerantní koliformní bakterie	KTJ* v 1 gramu sušiny	5	$< 10^3$
Enterokoky	KTJ* v 1 gramu sušiny	5	$< 10^3$

* KTJ – kolonie tvořící jednotku

Kal kategorie II.

Indikátorový mikroorganismus	Jednotky	Počet zkoušených vzorků při každé kontrole výstupu	Limitní hodnota (nález / KTJ*)
Termotolerantní koliformní bakterie	KTJ* v 1 gramu sušiny	5	10^3 - 10^6
Enterokoky	KTJ* v 1 gramu sušiny	5	10^3 - 10^6

* KTJ – kolonie tvořící jednotku

V roce 2021 byly stanoveny mikrobiologické parametry u kalů ze čtyř ČOV. A to u kalu z kraje Vysočina s identifikačním číslem 6113A, z Jihomoravského kraje – 6217A, z Olomouckého kraje – 7107A a z Moravskoslezského kraje 8117A. Z každé ČOV bylo odebráno 5 individuálních vzorků, každý o hmotnosti minimálně 100 g. Vzorky byly dopraveny do laboratoře do 24 hodin od odběru. Analýzy prováděla externí laboratoř – Laboratoř MORAVA s.r.o.

Podle zjištěných výsledků analýz lze konstatovat, že žádný ze 4 analyzovaných kalů nevyhověl kritériím uvedeným v příloze č. 28 vyhlášky č. 273/2021 Sb. ani požadavkům pro kal kategorie I (příloha č. 7 vyhlášky č. 437/2016 Sb.). Kaly nevyhověly z hlediska vysokých počtů termotolerantních koliformních bakterií i enterokoků. Rozsah zjištěných množství termotolerantních koliformních bakterií se pohyboval v rozpětí $3,4 \times 10^5$ (6217A) – $7,2 \times 10^6$ (7107A) KTJ na 1 gram sušiny. Zjištěné hodnoty enterokoků byly v rozmezí $1,2 \times 10^4$ (7107A) – $2,2 \times 10^6$ (6111B) KTJ na 1 gram sušiny.

Parametrům pro kal kategorie II vyhověly kaly 6113A a 6217A. Pro kaly kategorie II platí mírnější kritéria a lze je aplikovat na zemědělské půdy určené k pěstování technických plodin nebo v podzimním období na půdy určené k pěstování běžných plodin.

Stanovení mikrobiologických parametrů ÚKZÚZ provádí od roku 2016 vždy ve 4 ČOV. Až do roku 2020 nebyl zjištěn žádný kal, který by byl pozitivní na *Salmonella spp.* ve všech pěti individuálních vzorcích. V roce 2020 byla zjištěna pozitivita ve všech pěti individuálních vzorcích u kalu 6102A. Pozitivní ve dvou individuálních vzorcích byl v roce 2018 vzorek kalu č. 7107A, pozitivní ve třech individuálních vzorcích byl v roce 2019 vzorek kalu č. 6203A. V roce 2021 opět nebyl objeven vzorek kalu pozitivní na *Salmonella spp.* (tabulka 25).

Tabulka 25 Počty indikátorových mikroorganismů v kalech odebraných v roce 2021; rozděleno podle požadavků pro kaly I a II kategorie (limitní hodnoty pro *Salmonella* spp. a enteroky uvedené v příloze č. 28 vyhlášky 273/2021 Sb. jsou shodné s limity pro kal kategorie I). Nadlimitní hodnoty jsou označeny červeně

Kal kategorie I

Indikátorový mikroorganismus	Počet zkoušených vzorků	Limitní hodnota (nález/KTJ*)	Číslo vzorku	ČOV 6113A	ČOV 6217A	ČOV 7107A	ČOV 8117A
Salmonella spp.	5	negativní	1	negat.	negat.	negat.	negat.
			2	negat.	negat.	negat.	negat.
			3	negat.	negat.	negat.	negat.
			4	negat.	negat.	negat.	negat.
			5	negat.	negat.	negat.	negat.
Termotolerantní koliformní bakterie	5	< 10 ³	1	4,6x10 ⁵	3,5x10 ⁵	6x10 ⁶	1,6x10 ⁵
			2	3,8x10 ⁵	3,4x10 ⁵	6,6x10 ⁶	5,1x10 ⁵
			3	5x10 ⁵	4x10 ⁵	5,8x10 ⁶	6,1x10 ⁵
			4	4,7x10 ⁵	4,9x10 ⁵	6,9x10 ⁶	5,4x10 ⁵
			5	3,8x10 ⁵	3,5x10 ⁵	7,2x10 ⁶	5,7x10 ⁵
Enterokoky	5	< 10 ³	1	6,1x10 ⁵	1,4x10 ⁵	3,1x10 ⁴	1,8x10 ⁶
			2	3,6x10 ⁵	1,1x10 ⁵	4,5x10 ⁴	2x10 ⁶
			3	6,8x10 ⁵	1,6x10 ⁵	1,2x10 ⁴	2,2x10 ⁶
			4	6,4x10 ⁵	2,3x10 ⁵	4x10 ⁴	1,5x10 ⁶
			5	7,1x10 ⁵	8,5x10 ⁴	2,7x10 ⁴	1,9x10 ⁶

Kal kategorie II

Indikátorový mikroorganismus	Počet zkoušených vzorků	Limitní hodnota (nález/KTJ*)	Číslo vzorku	ČOV 6113A	ČOV 6217A	ČOV 7107A	ČOV 8117A
Termotolerantní koliformní bakterie	5	10 ³ - 10 ⁶	1	4,6x10 ⁵	3,5x10 ⁵	6x10 ⁶	1,6x10 ⁵
			2	3,8x10 ⁵	3,4x10 ⁵	6,6x10 ⁶	5,1x10 ⁵
			3	5x10 ⁵	4x10 ⁵	5,8x10 ⁶	6,1x10 ⁵
			4	4,7x10 ⁵	4,9x10 ⁵	6,9x10 ⁶	5,4x10 ⁵
			5	3,8x10 ⁵	3,5x10 ⁵	7,2x10 ⁶	5,7x10 ⁵
Enterokoky	5	10 ³ - 10 ⁶	1	6,1x10 ⁵	1,4x10 ⁵	3,1x10 ⁴	1,8x10 ⁶
			2	3,6x10 ⁵	1,1x10 ⁵	4,5x10 ⁴	2x10 ⁶
			3	6,8x10 ⁵	1,6x10 ⁵	1,2x10 ⁴	2,2x10 ⁶
			4	6,4x10 ⁵	2,3x10 ⁵	4x10 ⁴	1,5x10 ⁶
			5	7,1x10 ⁵	8,5x10 ⁴	2,7x10 ⁴	1,9x10 ⁶

Závěry

- V roce 2021 bylo provedeno screeningové stanovení mikrobiologických parametrů ve čtyřech ČOV.
- Dva kaly splnily požadavky pro kaly kategorie II. Požadavky pro kaly kategorie I a požadavky dle přílohy č. 28 vyhlášky 273/2021 Sb. splněny nebyly.
- Rozsah zjištěných množství termotolerantních koliformních bakterií se pohyboval v rozpětí $3,4 \times 10^5$ – $7,2 \times 10^6$ KTJ na 1 gram sušiny. Zjištěné hodnoty enterokoků byly v rozmezí $1,2 \times 10^4$ – $2,2 \times 10^6$ KTJ na 1 gram sušiny.

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 2007 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 Mehliche 3.

Tabulka 26 Sedimenty – základní statistické parametry – zrnitost, spalitelné látky, pH a obsahy živin (1995–2021)

	zrnitost (% částic < 0,01 mm)	spalitelné. látky (% sušiny)	pH/CaCl ₂	přístupné živiny v mg.kg ⁻¹ (Mehlich 3)			
				P	K	Mg	Ca
Průměr	32,33	9,22	5,88	38,4	216	349	4359
Medián	32,60	8,10	5,70	25,0	190	316	2590
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.	288	530	564	527	528	528	527

Tabulka 27 Sedimenty – základní statistické parametry – obsahy rizikových prvků (1995–2021)

	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg ¹	Ni	Pb	V	Zn
	mg.kg ⁻¹ sušiny (extrakce lučavkou královskou)										
Průměr	12,2	1,25	10,8	12,9	54,8	30,2	0,13	35,2	47,4	49,8	150
Medián	8,11	1,16	0,45	12,6	48,1	24,3	0,10	32,2	26,4	47,6	112
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.	608	465	616	562	617	615	599	614	609	460	617
Limit	30	5	1	30	200	100	0,8	80	100	180	300

¹ obsah Hg je stanoven jako celkový obsah**Tabulka 28 Sedimenty – základní statistické parametry – obsahy PCB (2002–2021), DDT, HCH, HCB (2007–2021), PAH (2009–2021) a C10-C40 (2016–2021)**

	PCB ¹	PAH ²	DDT ³	HCH ⁴	HCB	C10-C40
	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	μg.kg ⁻¹	μg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹
Průměr	0,010	4,65	0,033	1,00	1,24	70,9
Medián	0,004	1,90	0,016	1,00	0,73	49,3
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.	109	72	77	70	77	121
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 29 Sedimenty – průměrné hodnoty sledovaných parametrů (zrnitost, spalitelné látky, pH a obsahy živin) – celkový průměr, vodní toky, polní, návesní a lesní rybníky a vodní nádrže (1995–2021)**

	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	32,3	9,2	5,9	38,4	216	349	4359
Vodní tok	23,5	8,7	6,1	65,9	207	328	4608
Polní rybník	33,3	8,3	5,9	35,1	200	357	3986
Návesní rybník	30,9	10,2	6,0	42,7	272	364	5385
Lesní rybník	36,6	11,7	5,3	26,0	158	294	3382
Vodní nádrže	38,1	6,5	6,6	51,6	187	283	4816

Tabulka 30 Sedimenty – průměrné hodnoty sledovaných parametrů (rizikové prvky) – celkový průměr, vodní toky, polní, návesní a lesní rybníky a vodní nádrže (1995–2021)

	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg ¹	Ni	Pb	V	Zn
mg.kg ⁻¹ sušiny (extrakce lučavkou královskou)											
Celkový průměr	12,2	1,25	10,8	12,9	54,8	30,2	0,12	35,2	47,4	49,8	150
Vodní tok	15,5	1,08	0,85	11,5	52,3	75,2	0,17	30,3	46,4	43,1	216
Polní rybník	12,7	1,23	19,8	12,5	53,5	24,9	0,10	33,1	33,4	49,8	122
Návesní rybník	12,4	1,20	0,66	14,7	59,6	35,0	0,16	41,5	82,4	55,3	207
Lesní rybník	7,76	1,53	0,67	11,1	47,7	21,1	0,13	29,1	27,3	44,1	103
Vodní nádrže	8,49	1,04	0,66	13,6	72,4	29,1	0,12	48,6	23,7	44,8	125

¹ obsah Hg je stanoven jako celkový obsah

Tabulka 31 Sedimenty – základní statistické parametry – obsahy PCB (2002–2021), DDT, HCH, HCB (2007–2021), PAH (2009–2021) a C10-C40 (2016–2020) – celkový průměr, vodní toky, polní, návesní a lesní rybníky a vodní nádrže

	PCB ¹	PAH ²	DDT ³	HCH ⁴	HCB	C10-C40
	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	μg.kg ⁻¹	μg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹
Celkový průměr	0,010	4,65	0,033	1,00	1,24	70,9
Vodní toky	0,016	26,50	0,029	1,00	3,33	175
Polní rybníky	0,009	1,94	0,013	1,00	0,60	50
Návesní rybníky	0,010	6,62	0,061	1,01	1,91	98
Lesní rybníky	0,020	1,38	0,029	1,00	0,46	39
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 2021 bylo odebráno a zanalyzováno celkem 622 vzorků sedimentů. Jednotlivé sedimenty jsou rozděleny do kategorií – z uvedeného počtu je 332 rybníků polních, 181 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 67 rybníků lesních, 33 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 26, 27, 28 a přílohy 54, 55).

Tabulka 32 Sedimenty – počty a procenta vzorků překračující limitní hodnoty – celkem, vodní toky, polní, návesní, lesní rybníky a vodní nádrže (1995–2021) – 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.	608	465	616	562	617	615	619	614	609	460	617	109	72	77	121
	počet nadlim.	30	2	103	6	4	4	3	13	21	0	47	0	14	5	2
	% nadlim.	4,9	0,4	16,7	1,1	0,6	0,7	0,5	2,1	3,4	0,0	7,6	0,0	19,4	6,5	1,7
Vodní toky	poč. vz.	33	31	33	33	33	33	33	33	31	31	33	7	3	5	10
	počet nadlim.	3	0	10	0	0	1	0	0	1	0	5	0	2	0	1
	% nadlim.	9,1	0,0	30,3	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	3,2	0,0	15,2	0	66,7	0	10
Polní rybníky	poč. vz.	323	245	327	297	330	328	329	327	327	245	330	52	35	36	62
	počet nadlim.	15	1	44	1	2	1	0	5	10	0	17	0	2	0	0
	% nadlim.	4,6	0,4	13,5	0,3	0,6	0,3	0,0	1,5	3,1	0,0	5,2	0,0	5,7	0	0
Návesní rybníky	poč. vz.	177	119	181	159	178	178	181	178	176	114	178	40	27	28	30
	počet nadlim.	12	0	36	5	2	2	3	8	10	0	23	0	10	5	1
	% nadlim.	6,8	0,0	19,9	3,1	1,1	1,1	1,7	4,5	5,7	0,0	12,9	0,0	37,0	17,9	3,3
Lesní rybníky	poč. vz.	66	61	66	64	67	67	67	67	66	61	67	8	6	7	17
	počet nadlim.	0	1	11	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
	% nadlim.	0,0	1,6	16,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	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	0,0	22,2	0,0	0,0	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 29) 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 nadprůměrné obsahy As, Cu, Hg a Zn.

Polní rybníky (tabulka 29) 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 nadprůměrné obsahy As. Obsahy ostatních prvků v polních rybnících se shodují s celkovými průměry nebo jsou nižší.

Návesní rybníky (tabulka 29) 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 30), nejmarkantnější je to zejména u Pb a Zn, naopak obsahy Cd jsou hluboce pod celkovým průměrem.

Sedimenty **lesních rybníků** (tabulka 29) 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 a stejně tak i obsahy přístupných živin (P, K, Mg, Ca) stanovených v Mehlichu 3. Z rizikových prvků (tabulka 30) v porovnání s celkovými průměry má nadprůměrné obsahy Be, ostatní rizikové prvky vykazují nižší nebo podobné hodnoty vůči celkovým průměrům.

Sedimenty **vodních nádrží** (tabulka 29) 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 výrazně vyšší. Vyšší průměrné obsahy z rizikových prvků (tabulka 30) mají Co, Cr a Ni, obsahy ostatních prvků jsou nižší nebo shodné s celkovým průměrem.

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

V letech 2002–2021 byly stanoveny obsahy PCB ve 109 vzorcích sedimentů, v 77 vzorcích byly stanoveny obsahy organochlorových pesticidů (HCH, HCB, látek skupiny DDT), dále pak v 72 vzorcích sedimentů stanoveny obsahy 12 PAH a ve 121 vzorcích stanoveny obsahy C10-C40. Konkrétní hodnoty a grafy jednotlivých parametrů pro vzorky odebrané v roce 2021 jsou uvedeny v příloze 57.

Sedimenty **vodních toků** (tabulka 31) mají nadprůměrné obsahy PCB a velmi nadprůměrné obsahy PAH, než je celkový průměr. Hodnoty PAH jsou však stanoveny pouze u tří vzorků sedimentů vodních toků, z nich dva vzorky s 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 31) 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 31) 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 31), 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 přílohách 54–56.

V tabulce 32 jsou prezentovány počty a procenta vzorků překračující limitní hodnoty uvedené ve vyhlášce č. 257/2009 Sb. Za celé sledované období bylo zjištěno 233 překročení limitních hodnot platných pro rizikové prvky. U některých vzorků sedimentů je indikováno překročení limitních hodnot více prvků současně. Nejčastěji překračovaným rizikovým prvkem je Cd (16,7 %), následuje Zn (7,6 %) 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 (16,7%) a Zn (3,0 %). V počtu překročených limitních hodnot pro rizikové prvky následují vodní toky (20), nejčastěji je překračována limitní hodnoty pro Cd (30,3 %), následuje Zn (15,2 %) a As (9,1 %). Polní (96) a návesní (101) rybníky mají téměř stejný počet nadlimitních vzorků. U všech sledovaných skupin sedimentů, je problematickým rizikovým prvkem Cd, dalším je Zn. Limitní hodnoty pro PCB dosud nepřekročil žádný vzorek, limitní hodnoty pro PAH překročilo celkem 14 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 2 vzorky – jeden z vodního toku, který limitní hodnotu překročil více než trojnásobně (944 mg.kg^{-1}) a jeden z návesního rybníku.

Závěry

- Z uvedených výsledků vyplývá značná variabilita sedimentů ve všech zjišťovaných parametrech, která je silně závislá na charakteru povodí.
- Zrnitostně sedimenty zahrnují prakticky všechny kategorie podle Novákovy klasifikační stupnice pro půdy, přičemž více než polovinu tvoří sedimenty „středně těžké“. Do určité míry je zrnitost odrazem charakteru půd v povodí jednotlivých vodních ploch.
- Pro zemědělskou půdu je významný obsah organické hmoty, která je základem pro tvorbu humusu. V sedimentech je obsah organické hmoty stanoven jako spalitelné látky. Jejich obsah ovšem rovněž silně kolísá v závislosti na kategorii sedimentu, nejvyšších hodnot dosahují lesní rybníky, po nich následují návesní a polní rybníky, vodní toky a nejméně spalitelných látek se nachází v sedimentech vodních nádrží. Medián obsahu spalitelných látek se dlouhodobě pohybuje kolem 8 % sušiny.
- pH sedimentů se nachází u většiny vzorků v oblasti kyselé až slabě kyselé, kyselá reakce ($\text{pH} < 5,9$) byla zjištěna u 50 % sedimentů, neutrální ($\text{pH} = 5,9\text{--}7,1$) u 36 % a alkalická ($\text{pH} > 7,1$) 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 AZZP 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) – 103 vzorků (16,7 %), zinkem (Zn) – 47 vzorků (7,6 %) a arsenem (As) – 30 vzorků (4,9 %). Nejvyšší počet nadlimitních vzorků na rizikové prvky mají rybníky návesní (101) následují polní rybníky (96), vodní toky (20), 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 14 vzorků z toho dvakrát u toku, dvakrát u polního rybníku a desetkrát u návesního rybníku. Limitní hodnota pro C10–C40 byla překročena dvakrát, jednou vzorkem z návesního rybníku a jednou vzorkem z vodního toku (944 mg.kg^{-1}), který ji trojnásobně překročil.

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.

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

Jiří Fiala

V roce 2021 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. Vzorky odebírali pracovníci odboru zemědělské inspekce a analyzovány byly v akreditovaných laboratořích ústavu nebo smluvních laboratořích.

Sledování bylo rozděleno do čtyř hlavních částí:

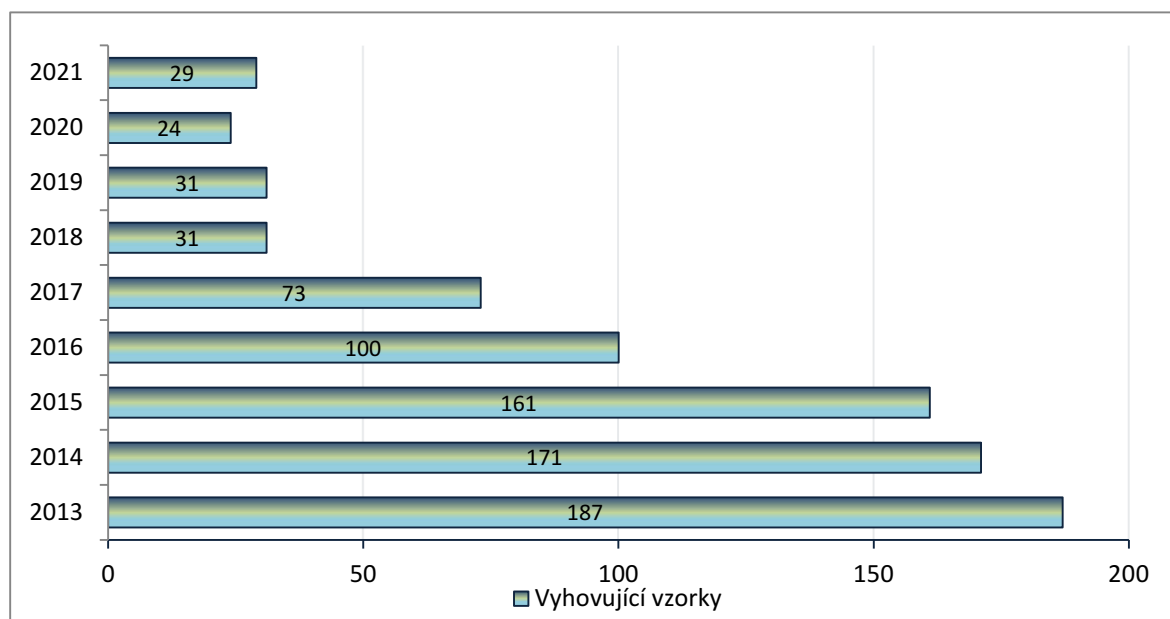
- Sledování výskytu zakázaných látek a produktů v krmivech
- Sledování výskytu nežádoucích látek a produktů v krmivech
- Sledování správného používání doplňkových látek v krmivech
- Sledování dalších problematik, týkajících se bezpečnosti a kvality krmiv

2.1 Sledování zakázaných látek

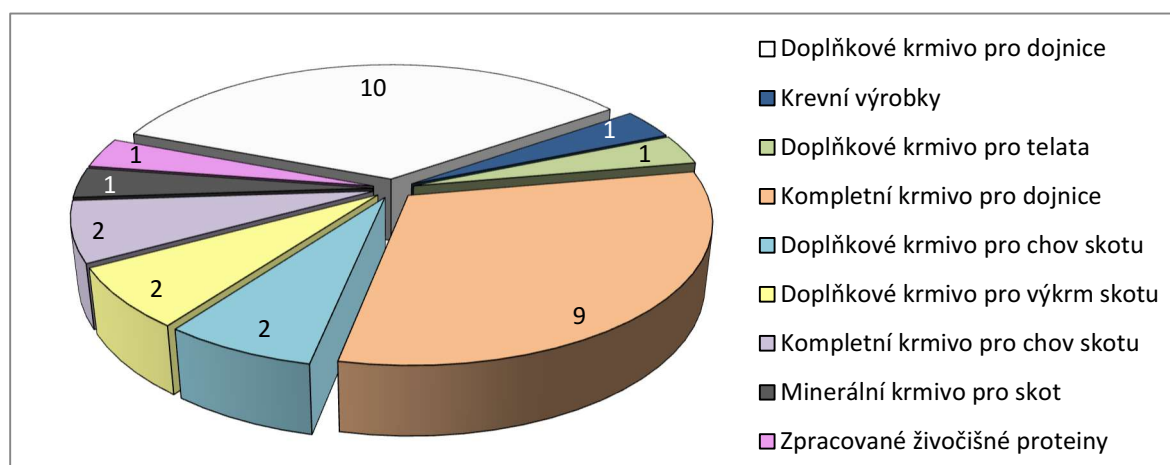
2.1.1 Cílená kontrola přítomnosti zpracovaných živočišných bílkovin v krmivech

Kontrola je zaměřená na možnou kontaminaci krmiv zpracovanými živočišnými bílkovinami (PAP). V roce 2021 bylo takto prověřeno 29 vzorků krmiv převážně pro přežvýkavce. V žádném analyzovaném úředním vzorku nebyla zjištěna přítomnost nepovolených zpracovaných živočišných bílkovin, obdobně jako v předcházejících letech.

Obrázek 32 Počet odebraných vzorků v rámci cílené kontroly PAP v letech 2013-2021. Všechny vzorky vyhověly



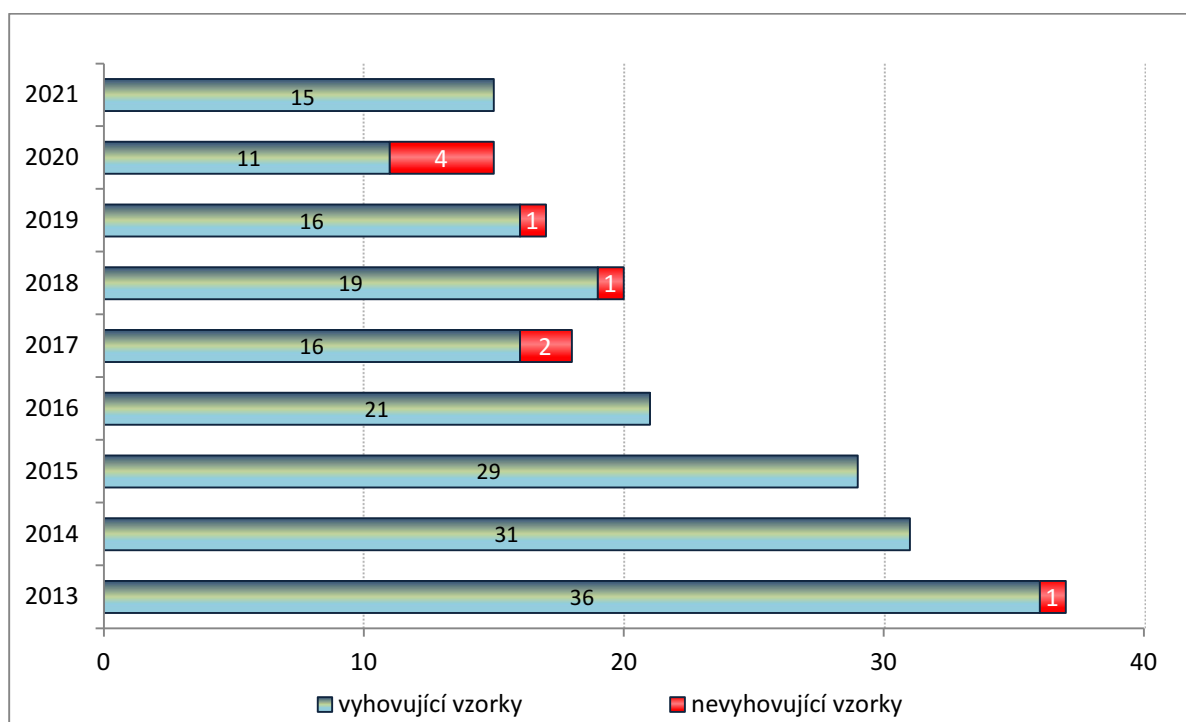
Obrázek 33 Zastoupení vzorků v rámci cílené kontroly přítomnosti zpracovaných živočišných bílkovin



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 2021 odebráno 15 vzorků krmiv. Na rozdíl od výsledků několika předcházejících let byly všechny prověřené vzorky vyhovující, bez přítomnosti cizích příměsí..

Obrázek 34 Počet analyzovaných vzorků v rámci cílené kontroly tkání v rybí moučce v letech 2010–2021

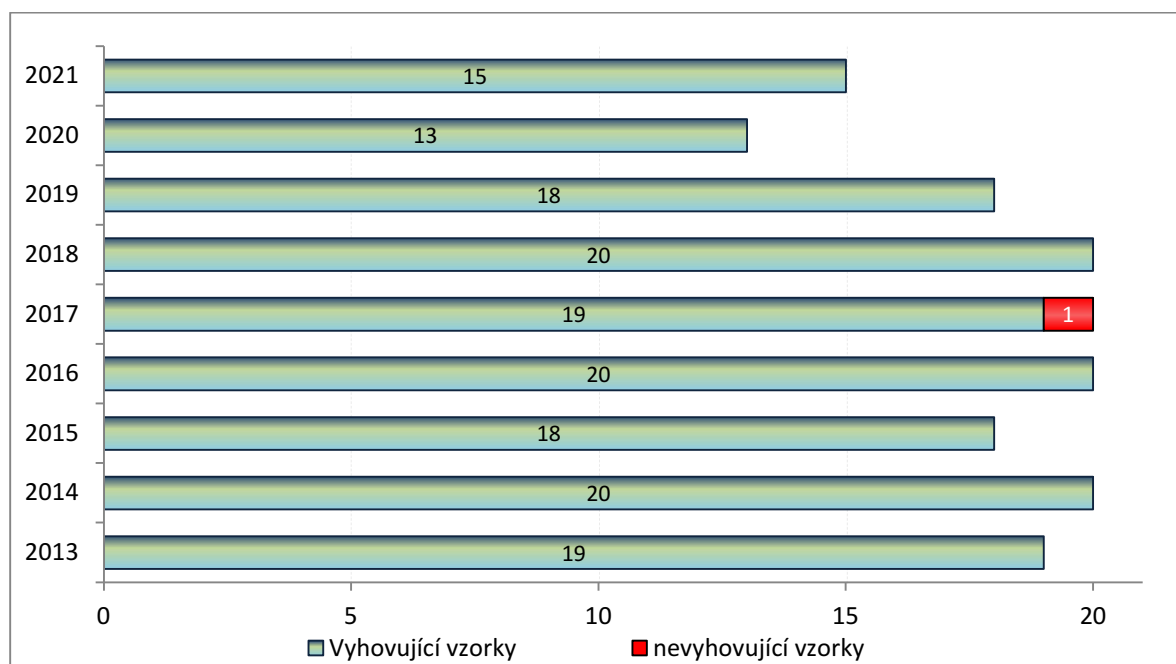


2.2 Sledování nežádoucích látek

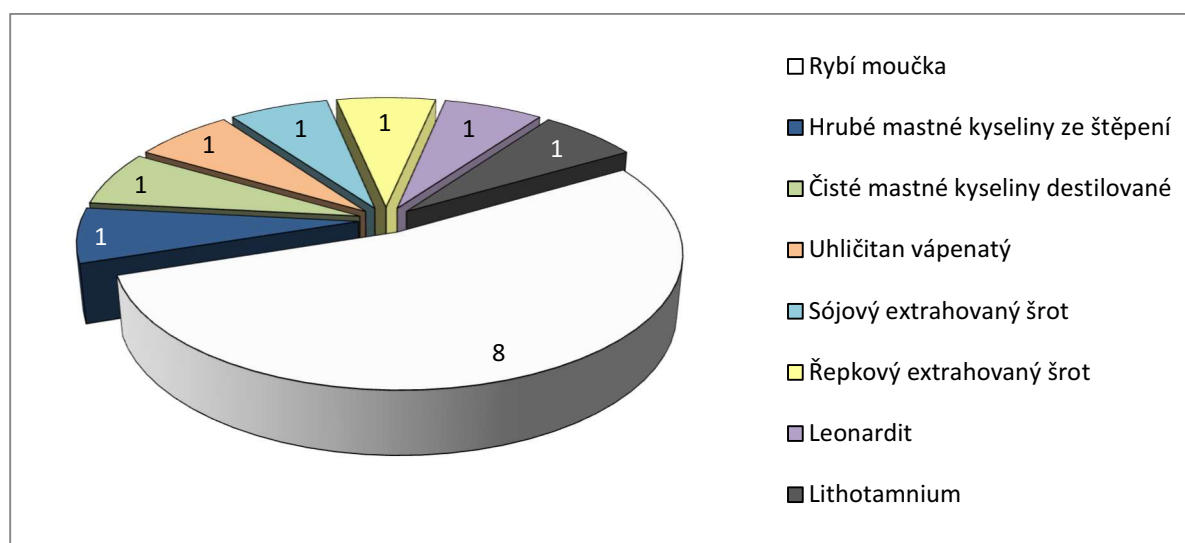
2.2.1 Monitoring vybraných perzistentních organických polutantů (POP)

V rámci kontroly bylo analyzováno 13 vzorků krmiv, krmných surovin a doplňkových látek. PCB byly sledovány zároveň s dioxiny, aby bylo možné posoudit expozici zvířete všem těmto toxinům. Naměřené hodnoty byly velmi nízké, obvykle pod mezí detekce $0,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$. Všechny vzorky byly vyhodnoceny jako vyhovující.

Obrázek 35 Počet odebraných vzorků krmiv v rámci cílené kontroly POP ve 2013–2021



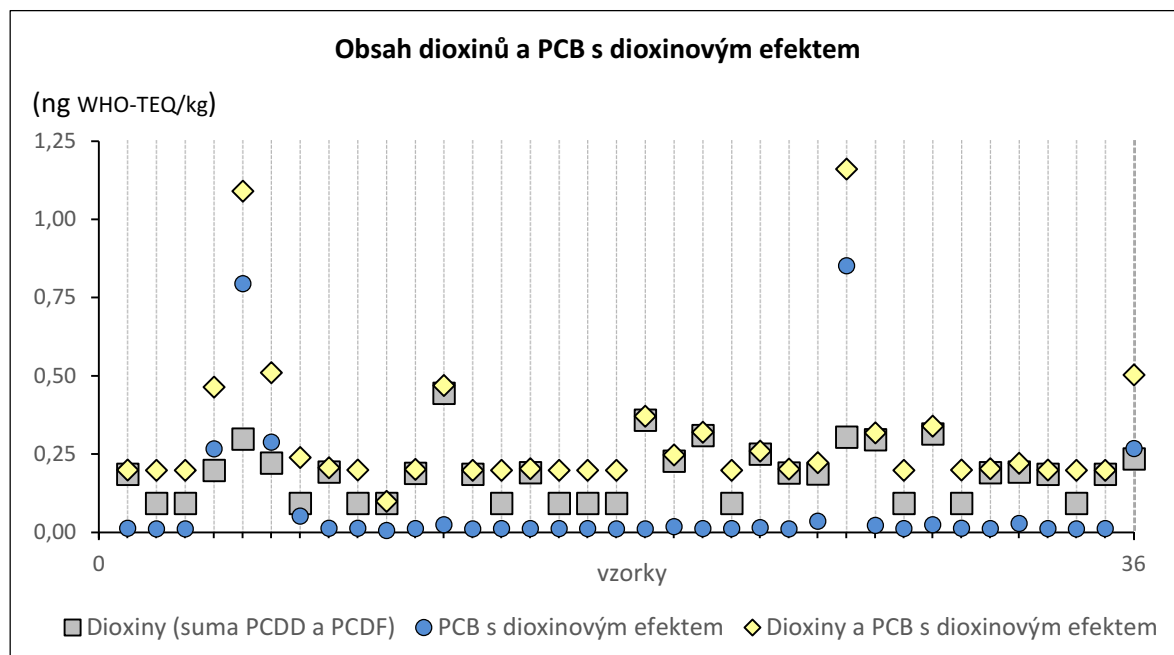
Obrázek 36 Zastoupení vzorků v rámci cílené kontroly vybraných perzistentních org. polutantů (POP)



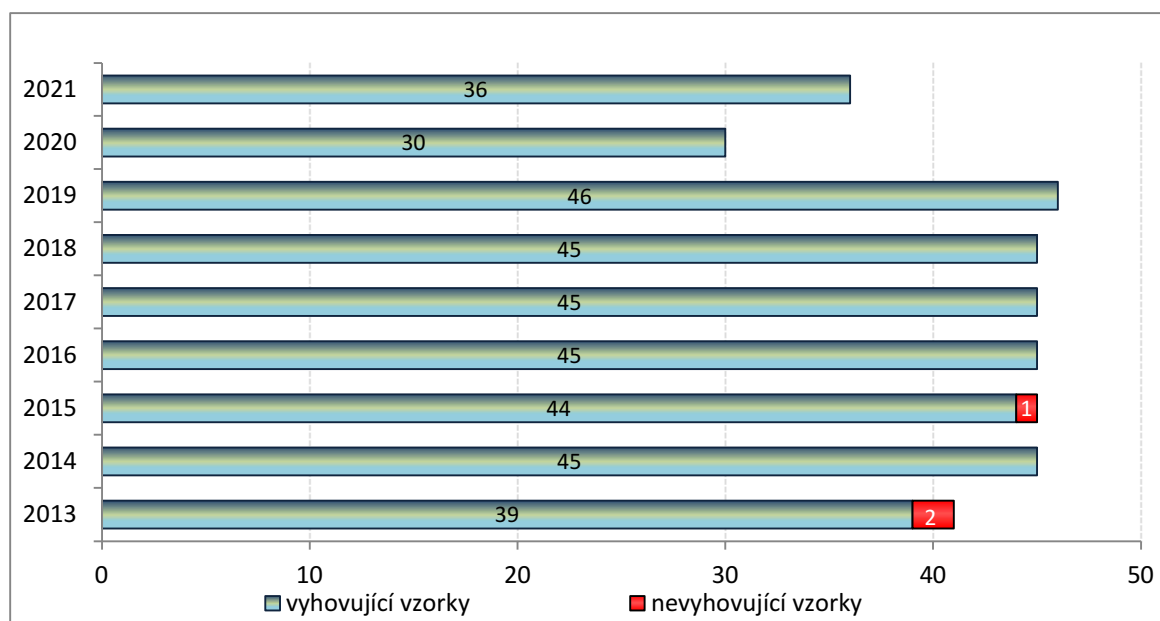
2.2.2 Cílená kontrola dioxinů, furanů a PCB dioxinového typu

V rámci cílené kontroly bylo analyzováno celkem 30 vzorků, zejména krmných surovin. 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 37 Zjištěné obsahy dioxinů a PCB s dioxinovým efektem v krmivech



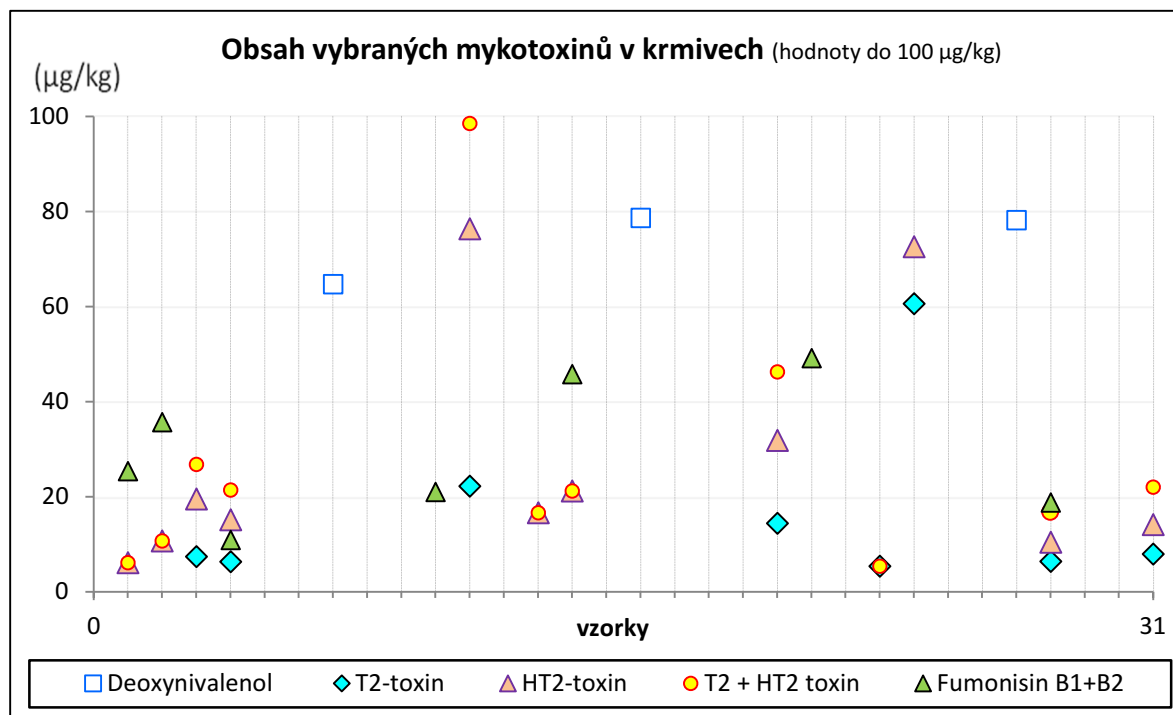
Obrázek 38 Počet odebraných a nevyhovujících vzorků v rámci cílené kontroly obsahu dioxinů 2013–2021



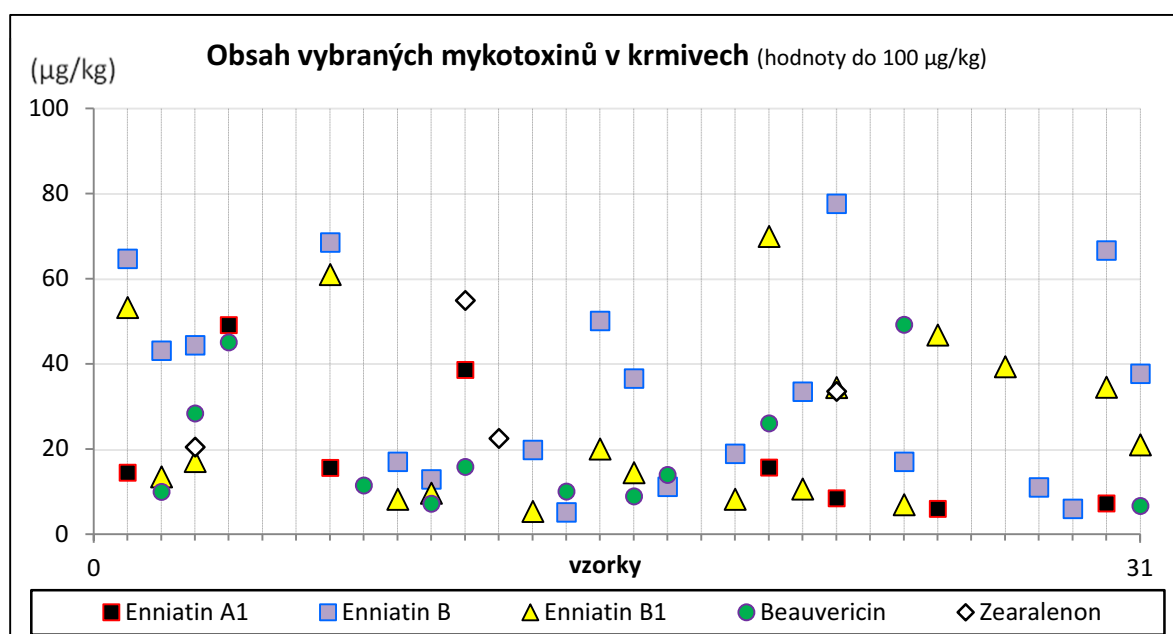
2.2.3 Monitoring mykotoxinů

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 31 vzorků převážně krmných surovin. Překročení maximálního limitu aflatoxinu B1 ani doporučených směrných hodnot obsahu dalších mykotoxinů nebylo zjištěno u žádného vzorku.

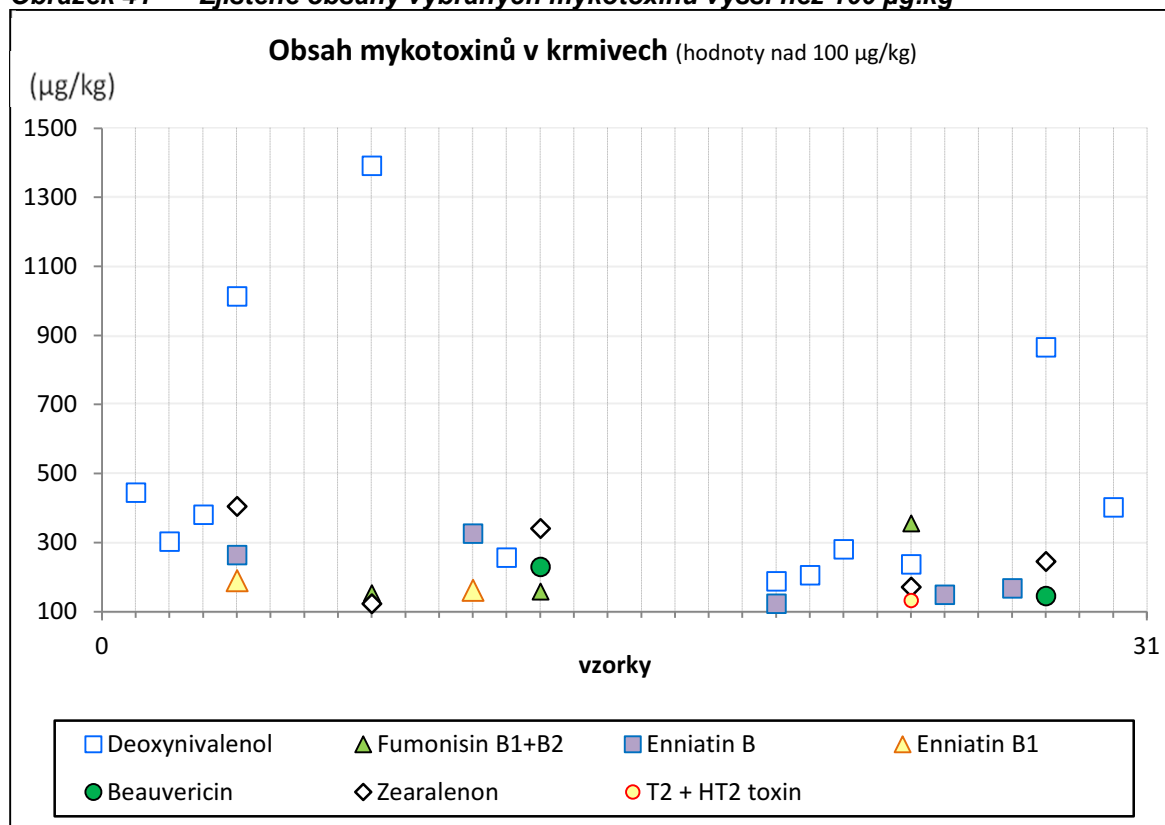
Obrázek 39 Zjištěné obsahy vybraných mykotoxinů do $100 \mu\text{g.kg}^{-1}$ (vyznačeny jsou hodnoty nad mezí detekce)



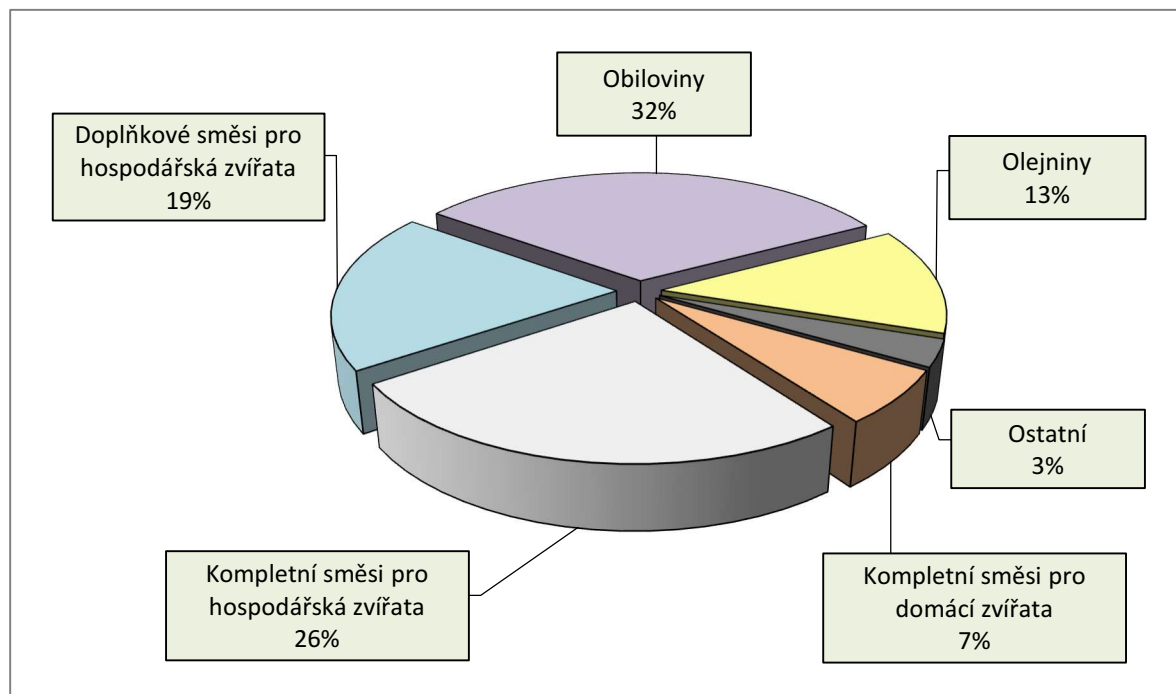
Obrázek 40 Zjištěné obsahy vybraných mykotoxinů do $100 \mu\text{g.kg}^{-1}$ (vyznačeny jsou hodnoty nad mezí detekce)



Obrázek 41 Zjištěné obsahy vybraných mykotoxinů vyšší než $100 \mu\text{g.kg}^{-1}$



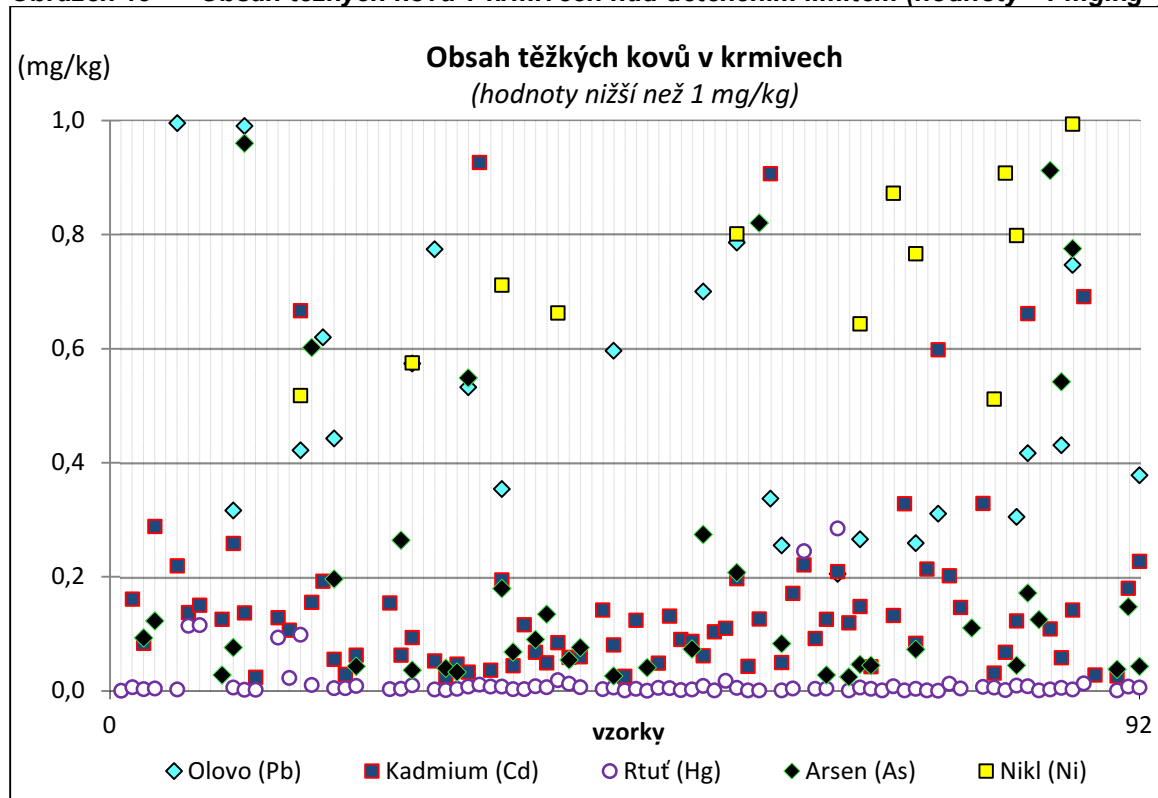
Obrázek 42 Zastoupení vzorků v rámci cílené kontroly mykotoxinů



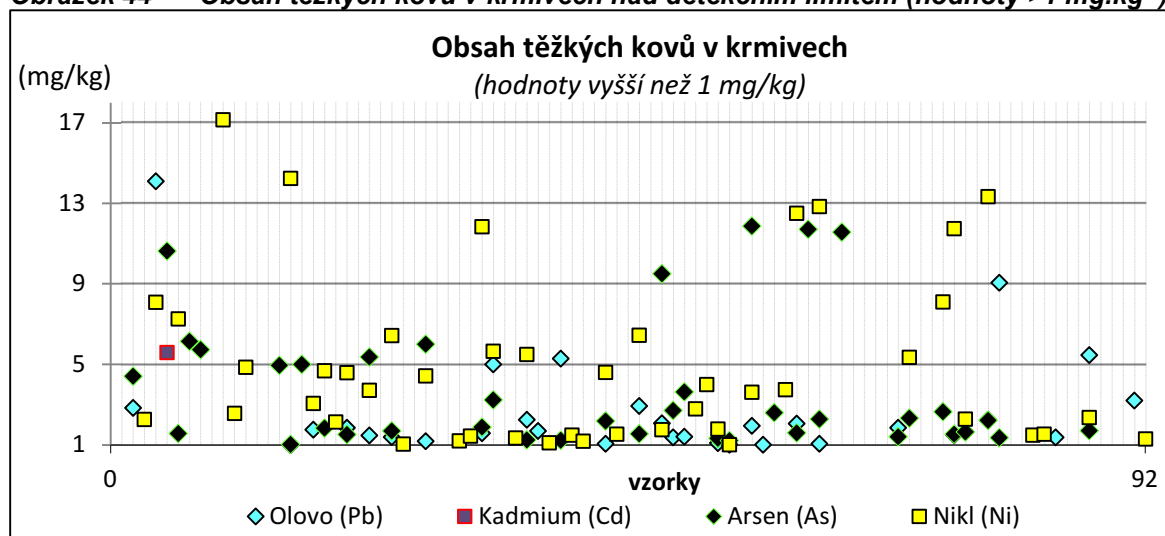
2.2.4 Cílená kontrola přítomnosti těžkých kovů v krmivech

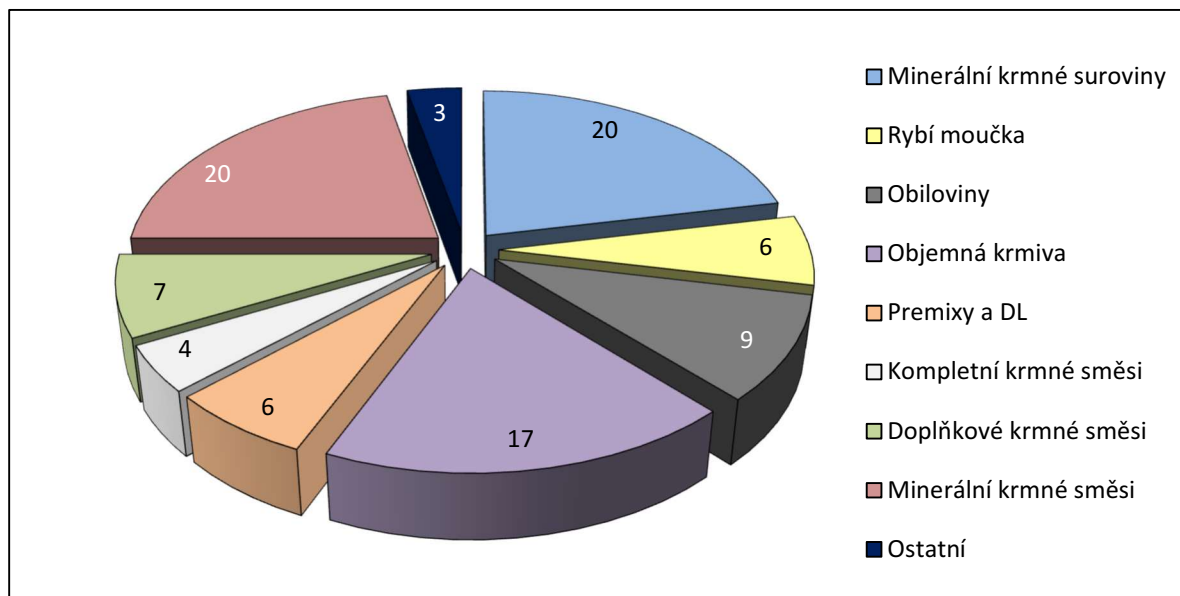
Inspektoři odebrali 92 vzorků převážně minerálních doplňkových látek a minerálních krmných směsí pro zjištění nežádoucího obsahu těžkých kovů. Byl sledován obsah olova, kadmia, rtuti, arsenu a niklu. Všechny analyzované vzorky vyhověly stanoveným maximálním limitům obsahu sledovaných těžkých kovů.

Obrázek 43 Obsah těžkých kovů v krmivech nad detekčním limitem (hodnoty $<1 \text{ mg.kg}^{-1}$)



Obrázek 44 Obsah těžkých kovů v krmivech nad detekčním limitem (hodnoty $>1 \text{ mg.kg}^{-1}$)



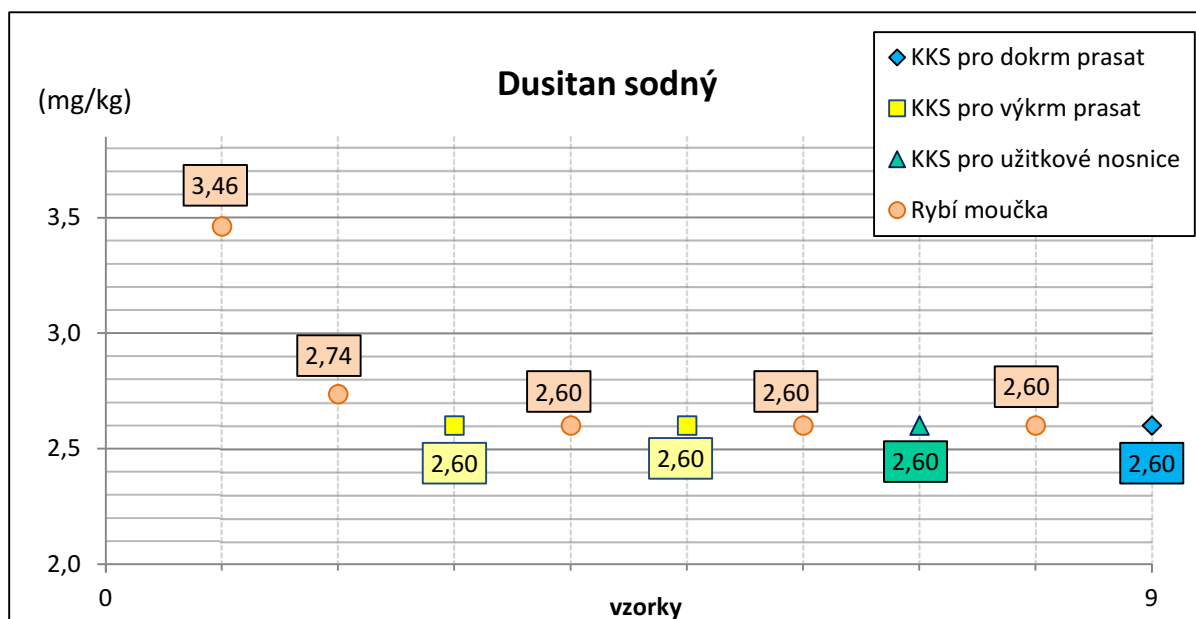
Obrázek 45 Zastoupení odebraných krmiv v rámci cílené kontroly obsahu těžkých kovů

2.2.5 Cílená kontrola přítomnosti dalších nežádoucích látek v krmivech

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

Dusitany

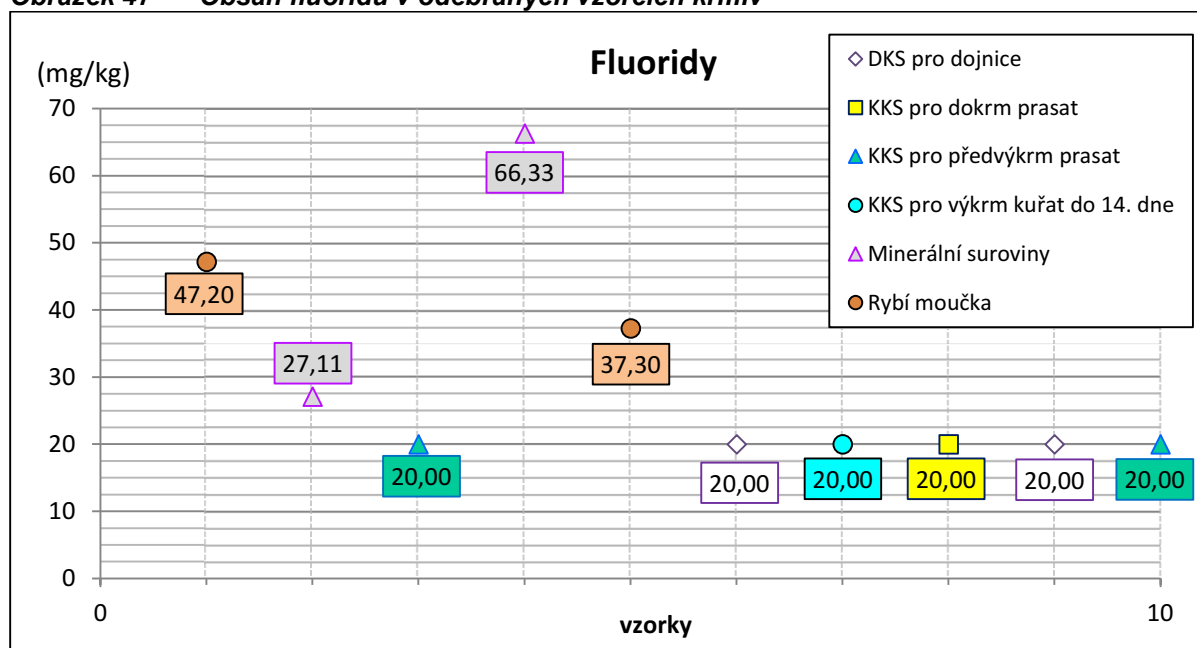
V rámci cílené kontroly bylo odebráno 9 vzorků krmiv pro stanovení obsahu dusitanů. Sleduje se, zda nebylo použito konzervování krmiv dusitany. Všechny vzorky byly vyhodnoceny jako vyhovující, obsah 7 vzorků byl nižší než detekční limit přístroje 2,6 mg.kg⁻¹. Maximální povolený obsah dusitanů je 15 mg.kg⁻¹ v krmných směsích a 30 mg.kg⁻¹ v rybí moučce.

Obrázek 46 Obsah dusitanu sodného v odebraných vzorcích krmiv

Fluor

Bylo odebráno 10 vzorků krmných surovin nebo krmných směsí pro prasata a drůbež za účelem stanovení obsahu fluoridů. Z odebrané skupiny žádný analyzovaný vzorek neporušil maximální povolený limit obsahu fluoru, 6 vzorků nepřekročilo detekční mez analýzy 20 mg.kg⁻¹.

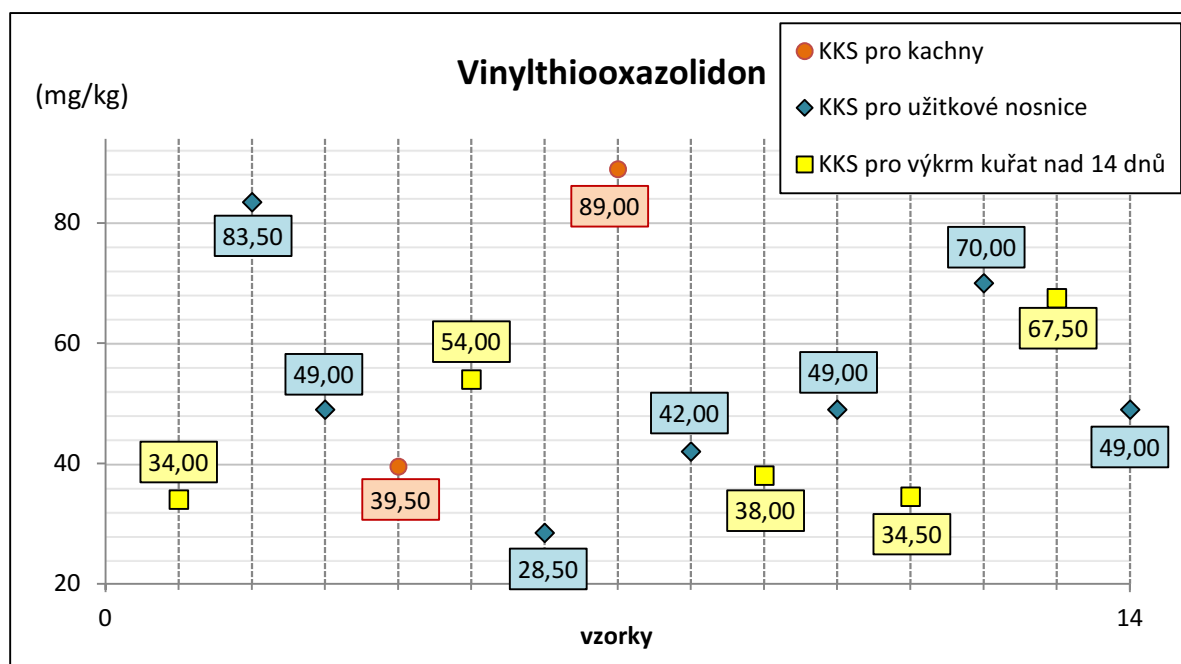
Obrázek 47 Obsah fluoridů v odebraných vzorcích krmiv



Vinylthiooxazolidon

Vinylthiooxazolidon se vyskytuje v krmivech s obsahem řepky. Ve 14 vzorcích kompletních směsí pro drůbež nebylo zjištěno překročení maximálního povoleného limitu nežádoucí látky.

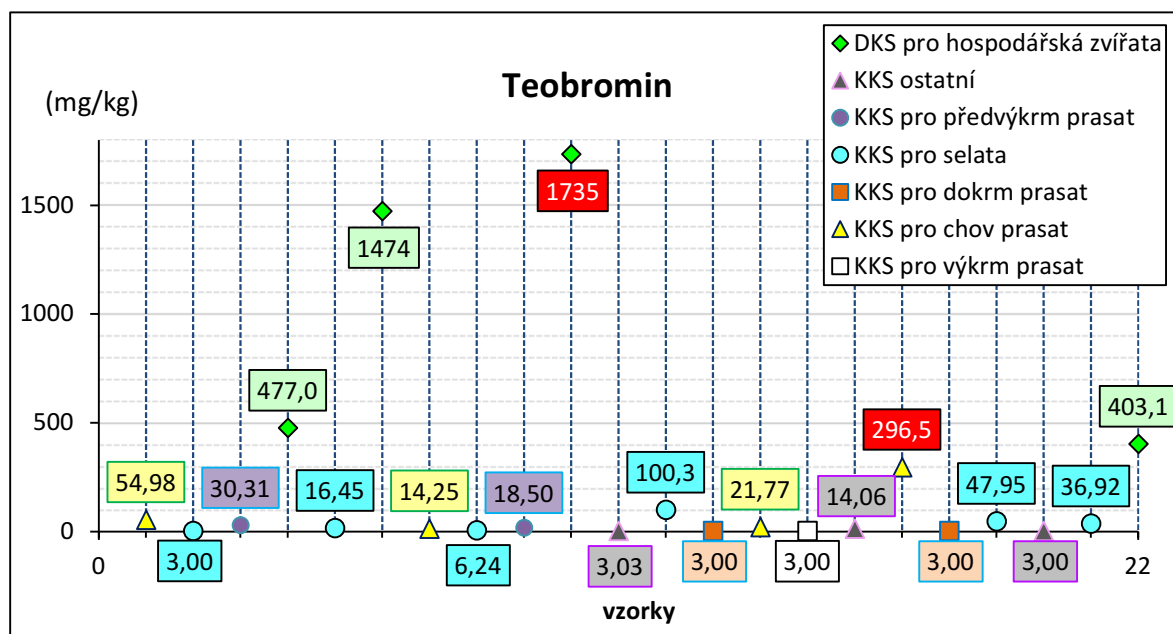
Obrázek 48 Obsah vinylthiooxazolidonu v odebraných vzorcích krmiv



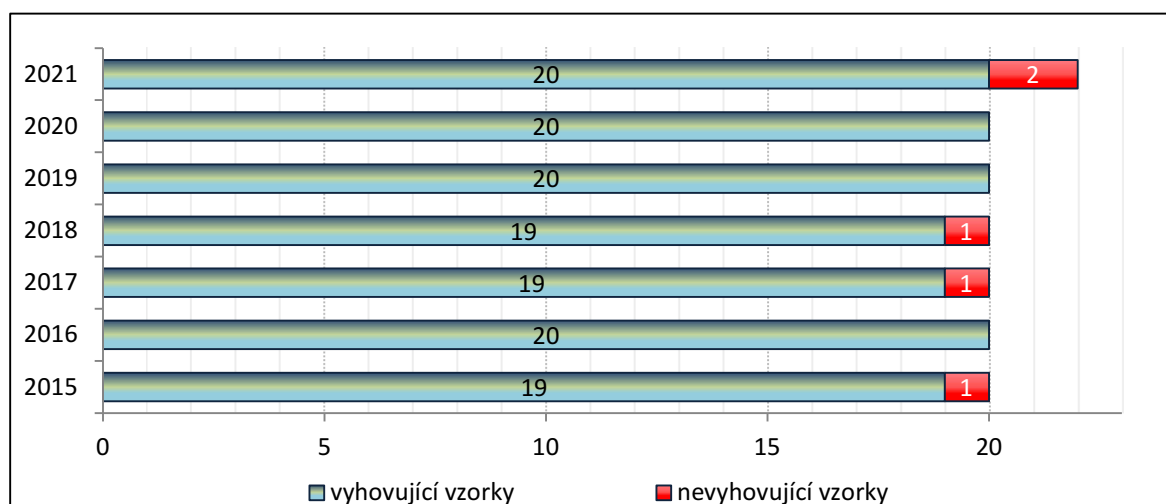
Teobromin

Sleduje se v krmivech s obsahem kakaových slupek, kakaa, čokolády a dalších výrobků z cukrovinek. Bylo odebráno 22 vzorků kompletních a doplňkových krmných směsí. Kontrolou byly zjištěny 2 závadné výrobky, které nevyhověly požadavkům na bezpečnost krmiv z důvodu nadlimitního obsahu teobrominu

Obrázek 49 Obsah teobrominu v odebraných krmivech



Obrázek 50 Počet odebraných a nevyhovujících vzorků v rámci cílené kontroly obsahu teobrominu 2015–2021



Melamin a kyselina kyanurová

Bylo odebráno 7 vzorků krmných směsí nebo aminokyselin za účelem stanovení obsahu melaminu a kyseliny kyanurové. Žádné nevyhovující krmivo nebylo zjištěno. Výsledky obou analytů se u všech analyzovaných vzorků pohybovaly na úrovni detekčního limitu 0,5 mg.kg⁻¹.

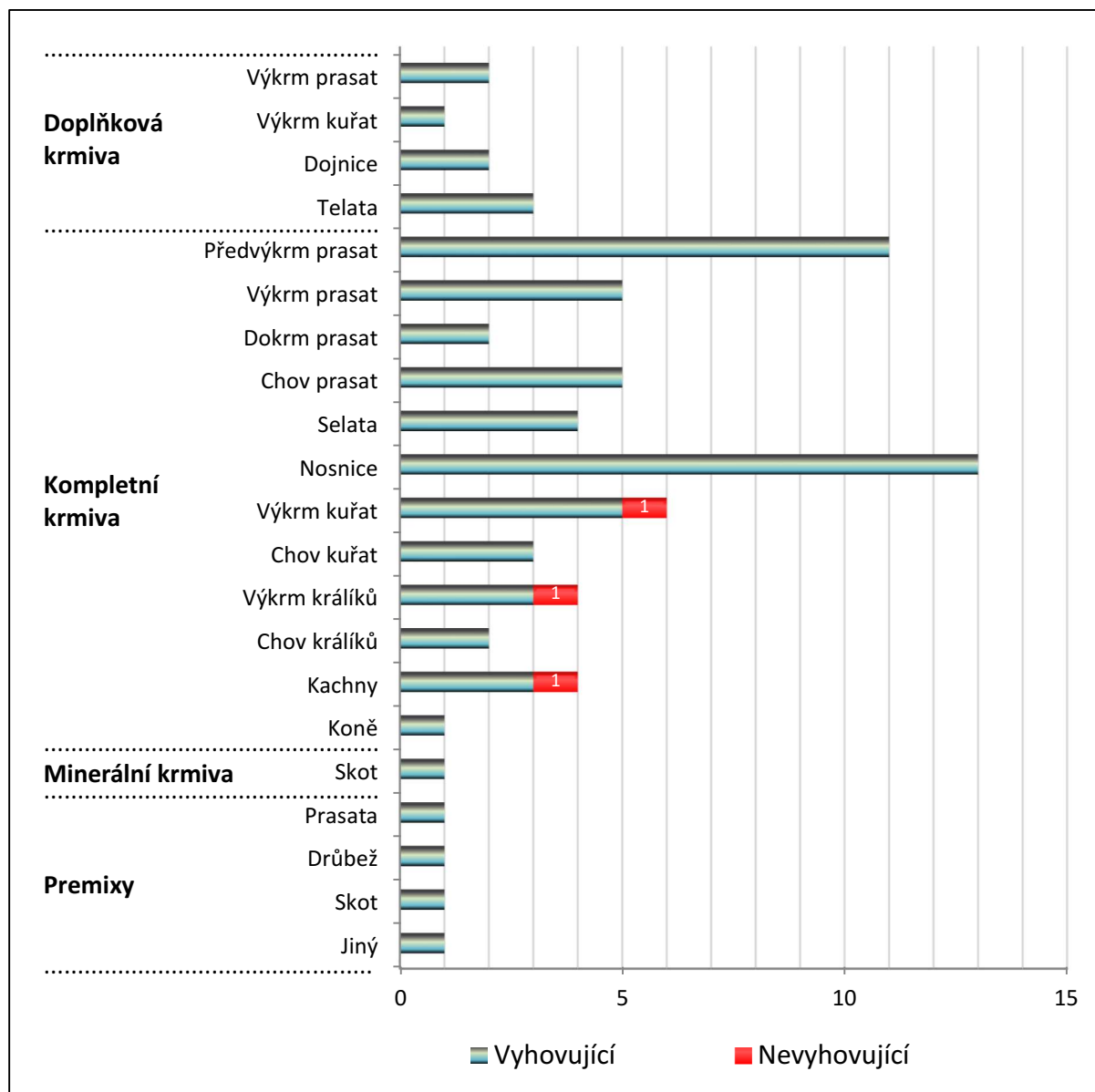
2.3 Sledování správného používání doplňkových látek

2.3.1 Cílená kontrola používání kokcidiostatik

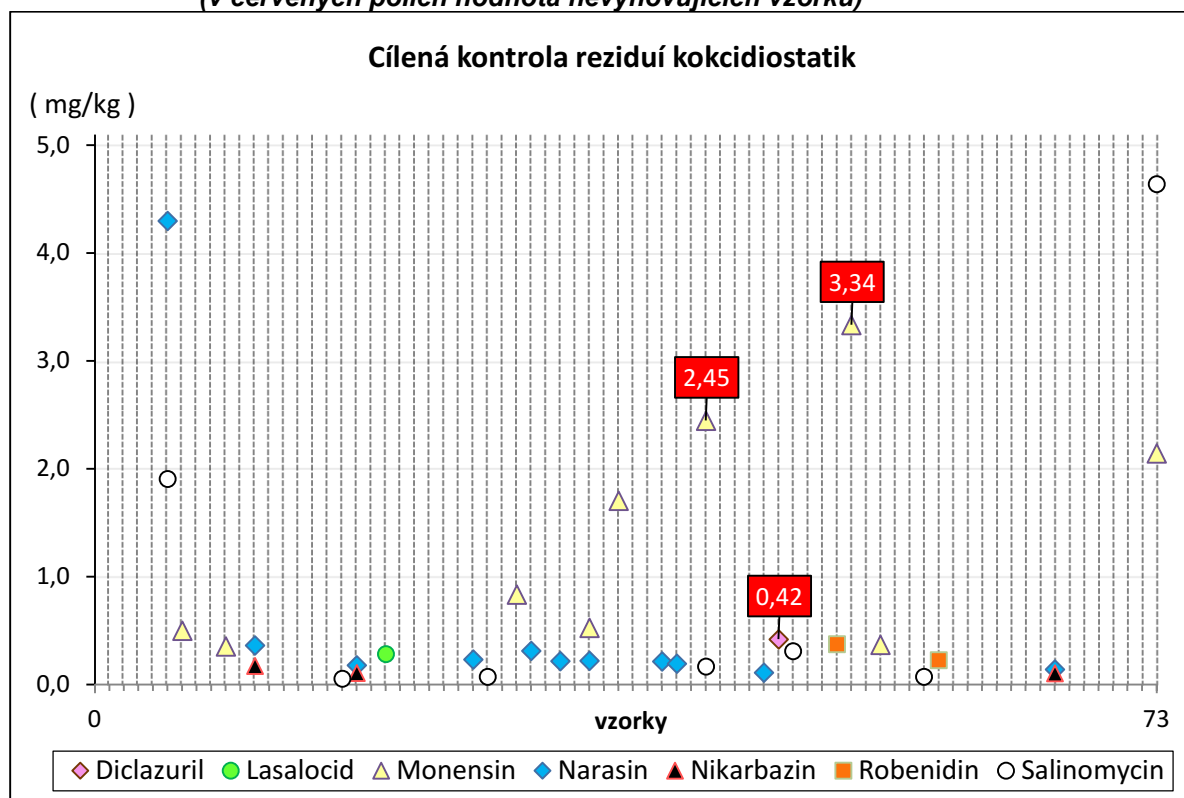
Cílená kontrola ověřuje dodržování deklarovaného obsahu kokcidiostatika a dodržování maximálního povoleného limitu nevyhnutelné křížové kontaminace, případně zda se doplňkové látky nevyskytují v krmivech pro druhy či kategorie zvířat, pro které nejsou povoleny. V rámci kontroly bylo odebráno celkem 57 vzorků kompletních nebo doplňkových krmných směsí, minerálních krmiv a premixů.

Byly zjištěny 3 případy překročení maximálního limitu reziduí kokcidiostatik v následně vyrobených krmivech (2,45 mg/kg monensinu v kompletní směsi pro výkrm kuřat, 0,42 mg/kg diclazurilu v kompletním krmivu pro výkrm králíků a 3,35 mg/kg monensinu v kompletní směsi pro kachny).

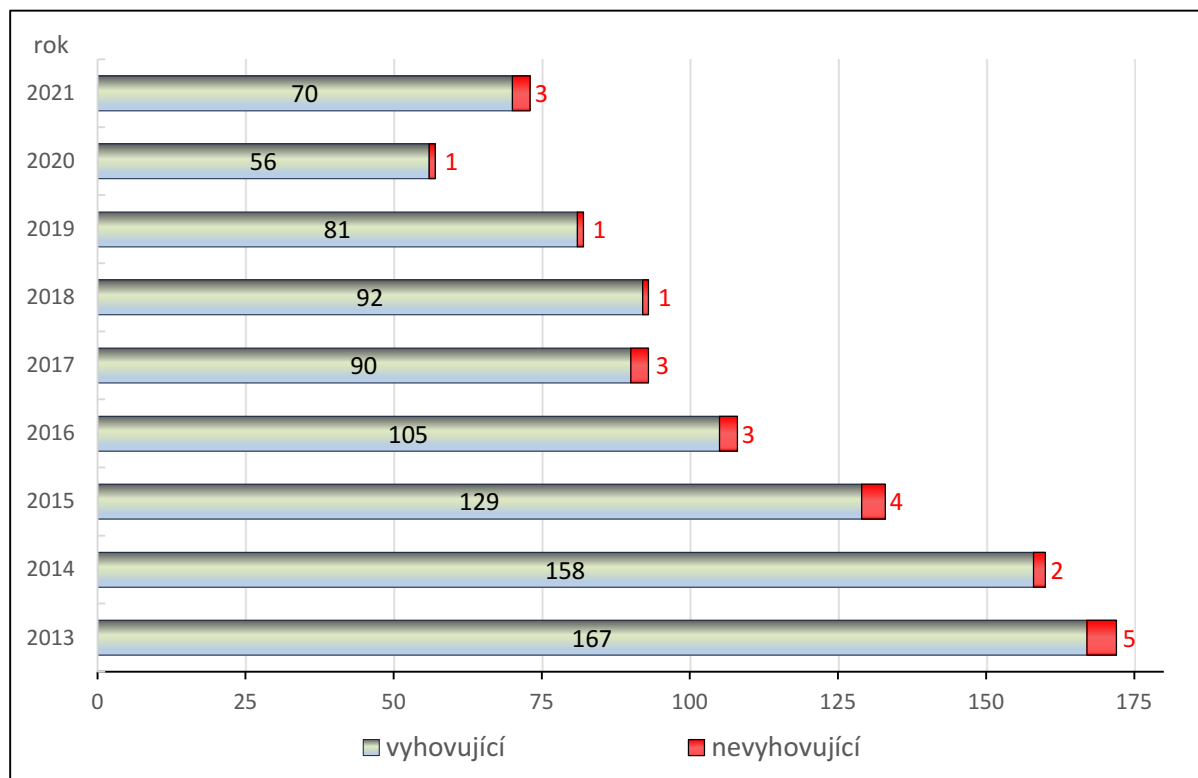
Obrázek 51 Odebrané vzorky v rámci cílené kontroly křížové kontaminace krmiv kokcidiostatiky



Obrázek 52 Křížová kontaminace krmiv kokcidiostatiky nad mezí detekce analýzy (v červených polích hodnota nevyhovujících vzorků)

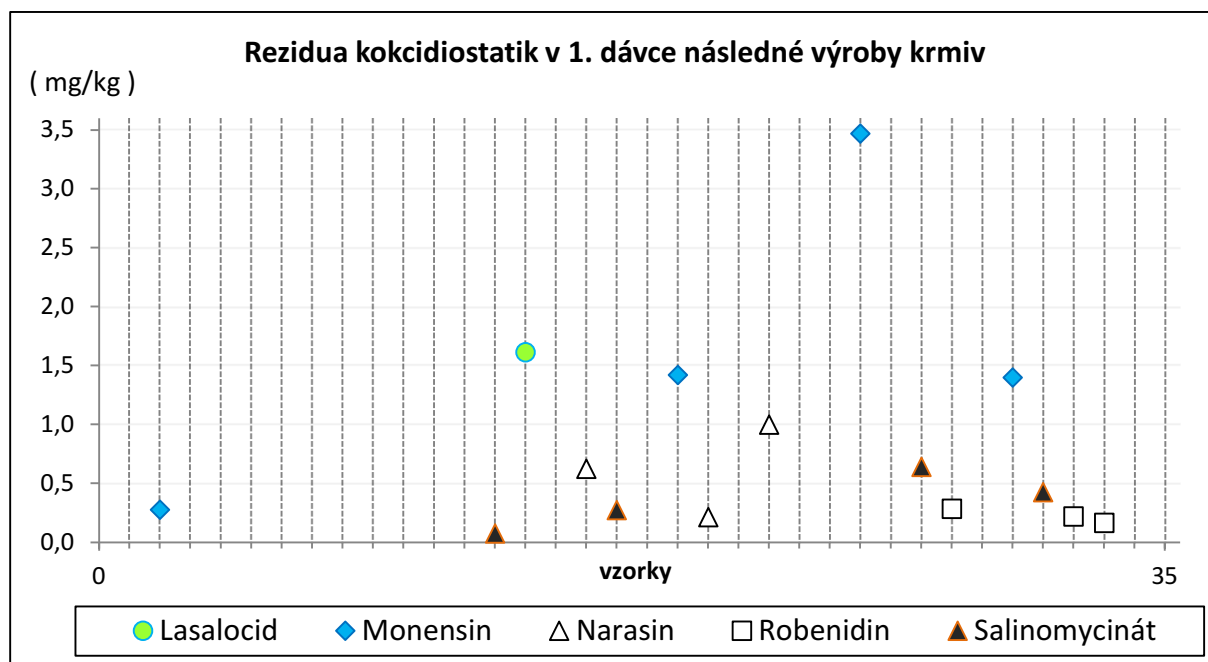


Obrázek 53 Počty odebraných a nevyhovujících vzorků křížové kontaminace kokcidiostatik 2013–2021

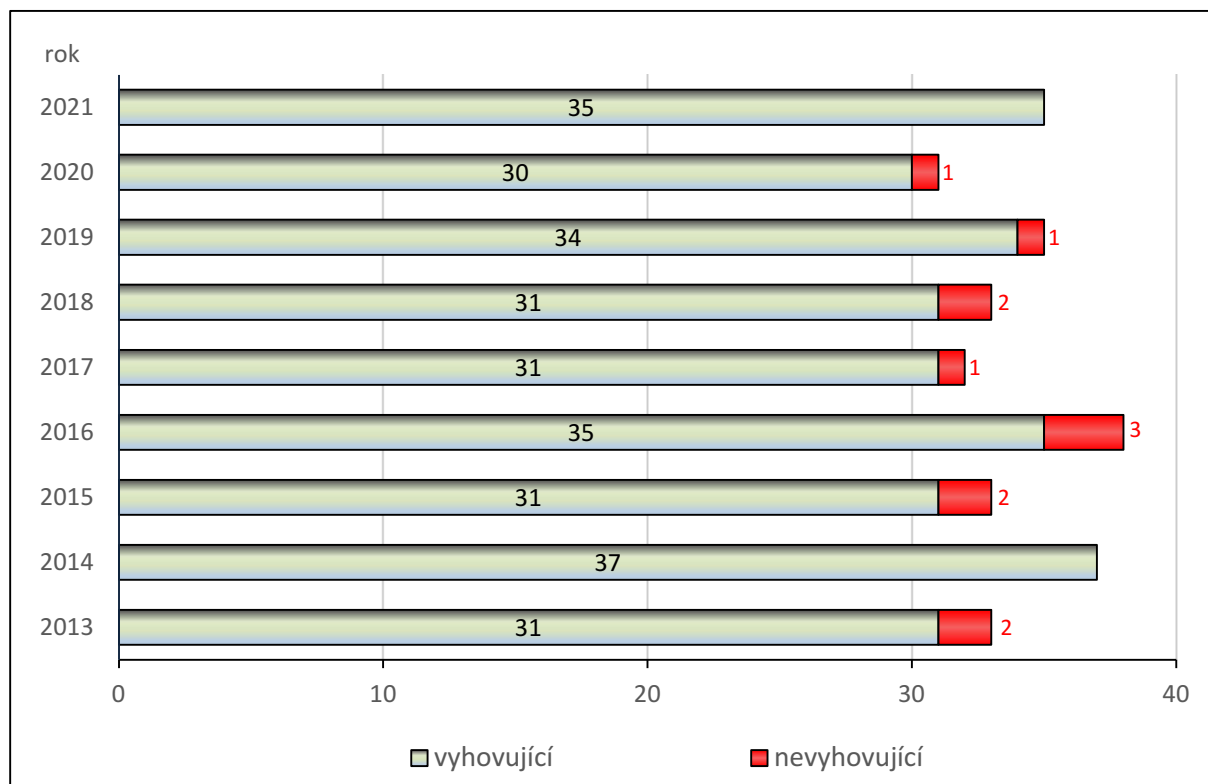


V rámci cílené kontroly byly rovněž sledovány reziduální stopy kokcidiostatik v krmivu, které bylo zpracováno míchacím zařízením výrobce bezprostředně po použití kokcidiostatik. Bylo prověřeno 35 vzorků z nejrizikovější první dávky následně vyráběných krmiv. Stanovený limit nebyl překročen u žádného vzorku.

Obrázek 54 Rezidua kokcidiostatik v 1. dávce následné výroby, hodnoty nad mezí detekce stanovení



Obrázek 55 Počty odebraných a nevyhovujících vzorků křížové kontaminace kokcidiostatik v 1. míchačce následné výroby v letech 2013-2021

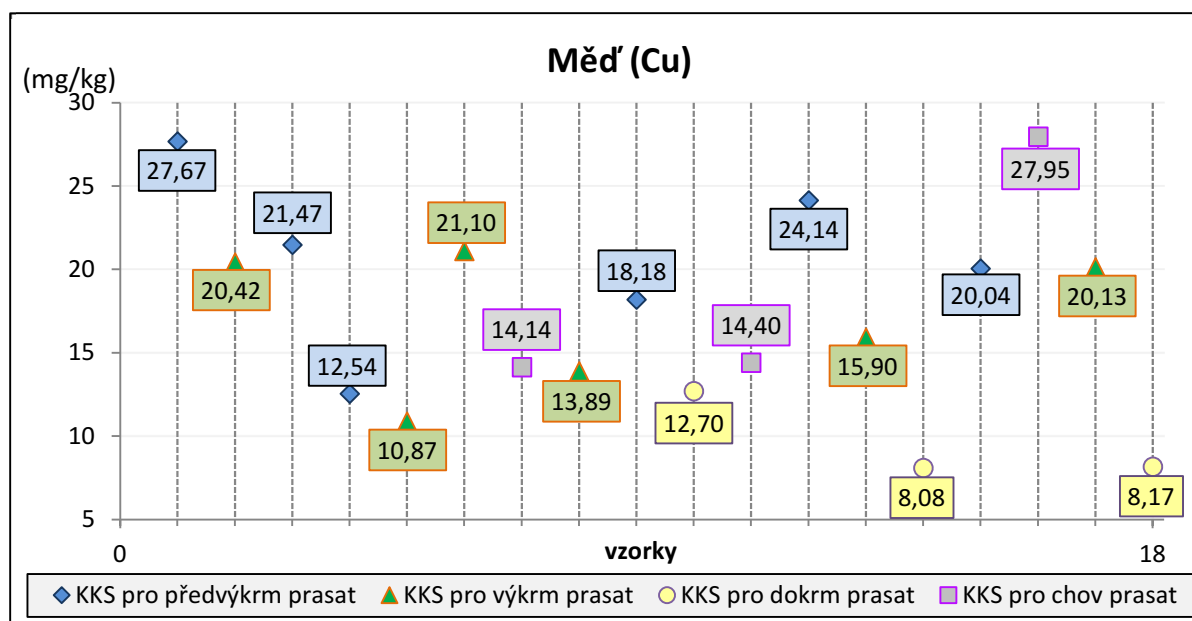


2.3.2 Cílená kontrola dodržování limitů doplňkových látek

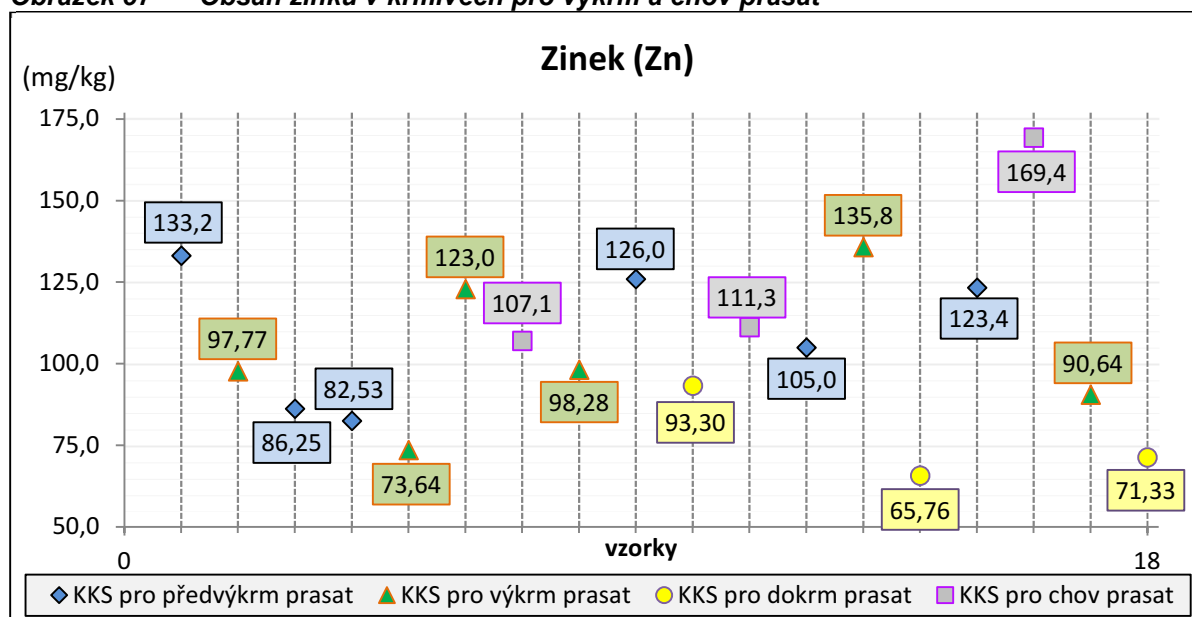
Při této kontrole se sledovalo dodržování maximálních limitů mědi, zinku, manganu, železa, selenu, jódu, vitaminu A, vitaminu D₃ a kobaltu. Odebráno bylo celkem 49 vzorků krmiv, převažovaly kompletní směsi pro prasata a pro drůbež. Překročení limitu sledovaných analytů bylo zjištěno u 3 vzorků kompletních krmných směsí: KKS pro odchov kuřat (nevyhovující obsah manganu), 2x KKS pro užitkové nosnice (zjištěná přítomnost kobaltu resp. překročení limitu vit. D₃).

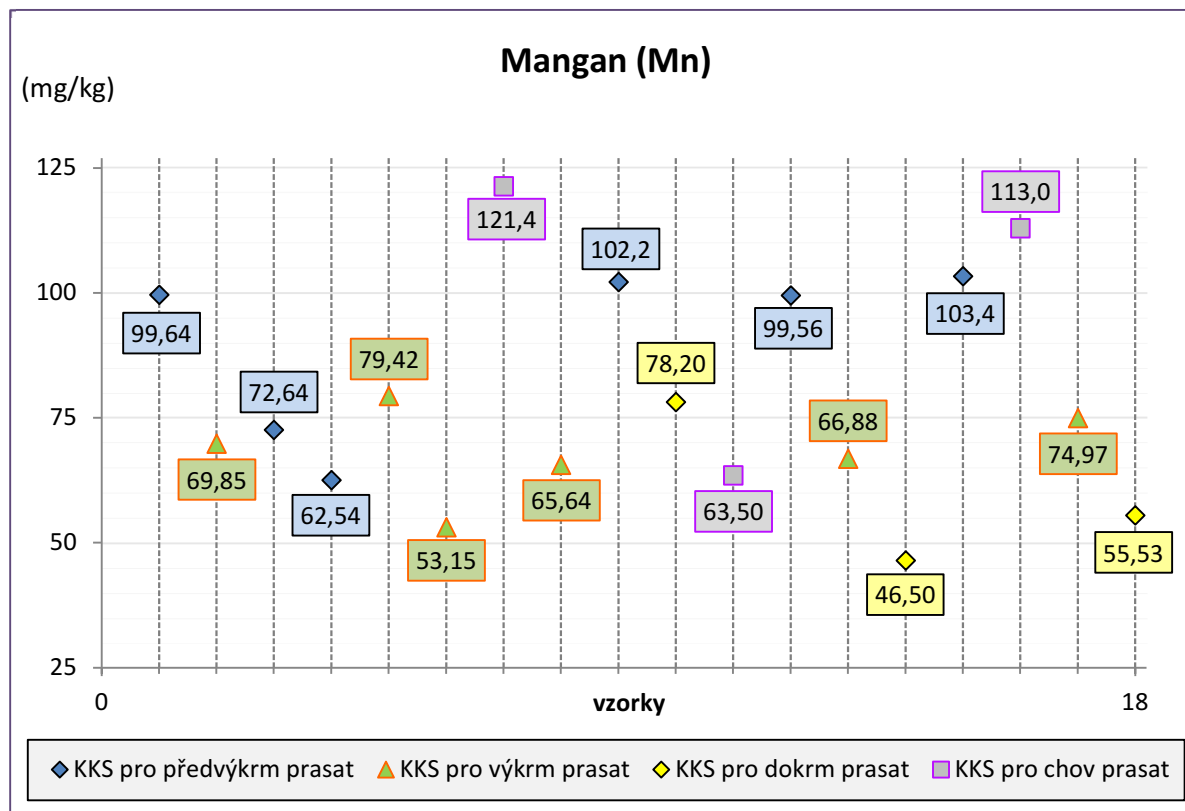
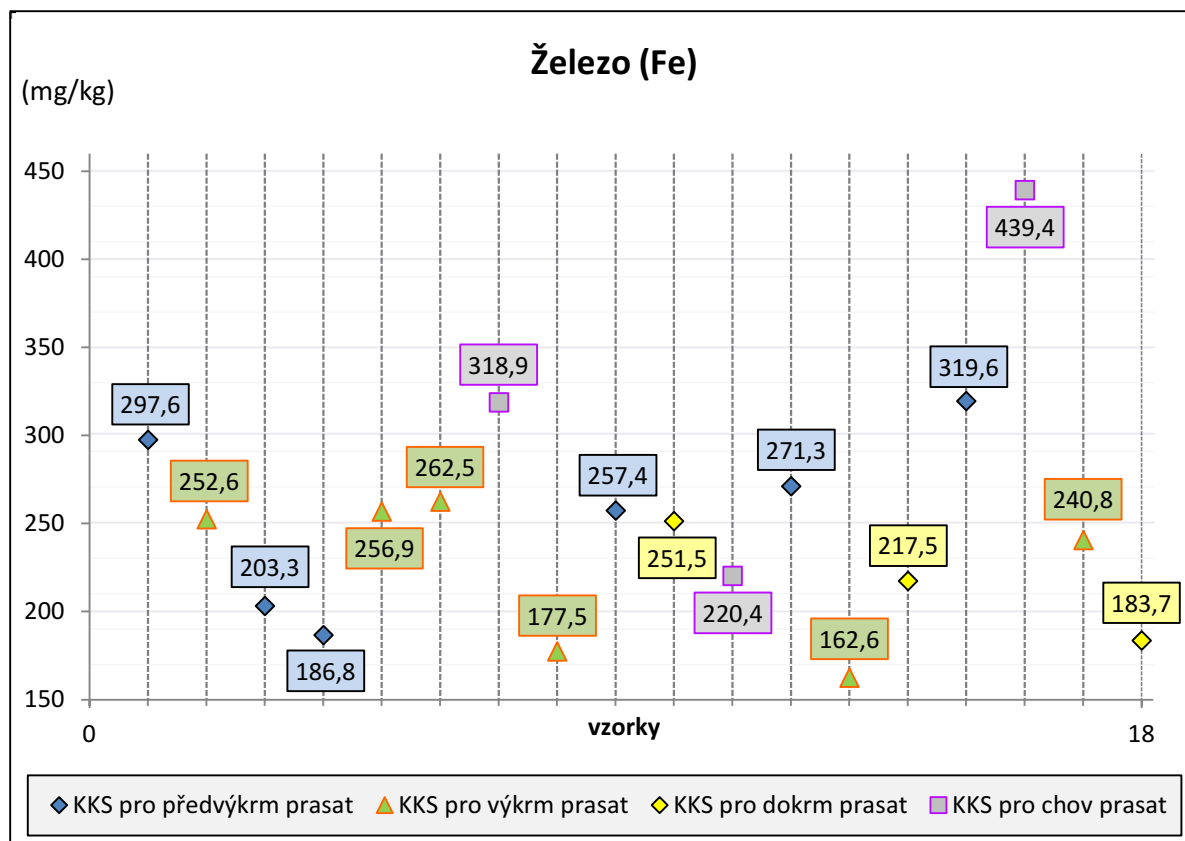
KRMIVA PRO PRASATA (18 vzorků)

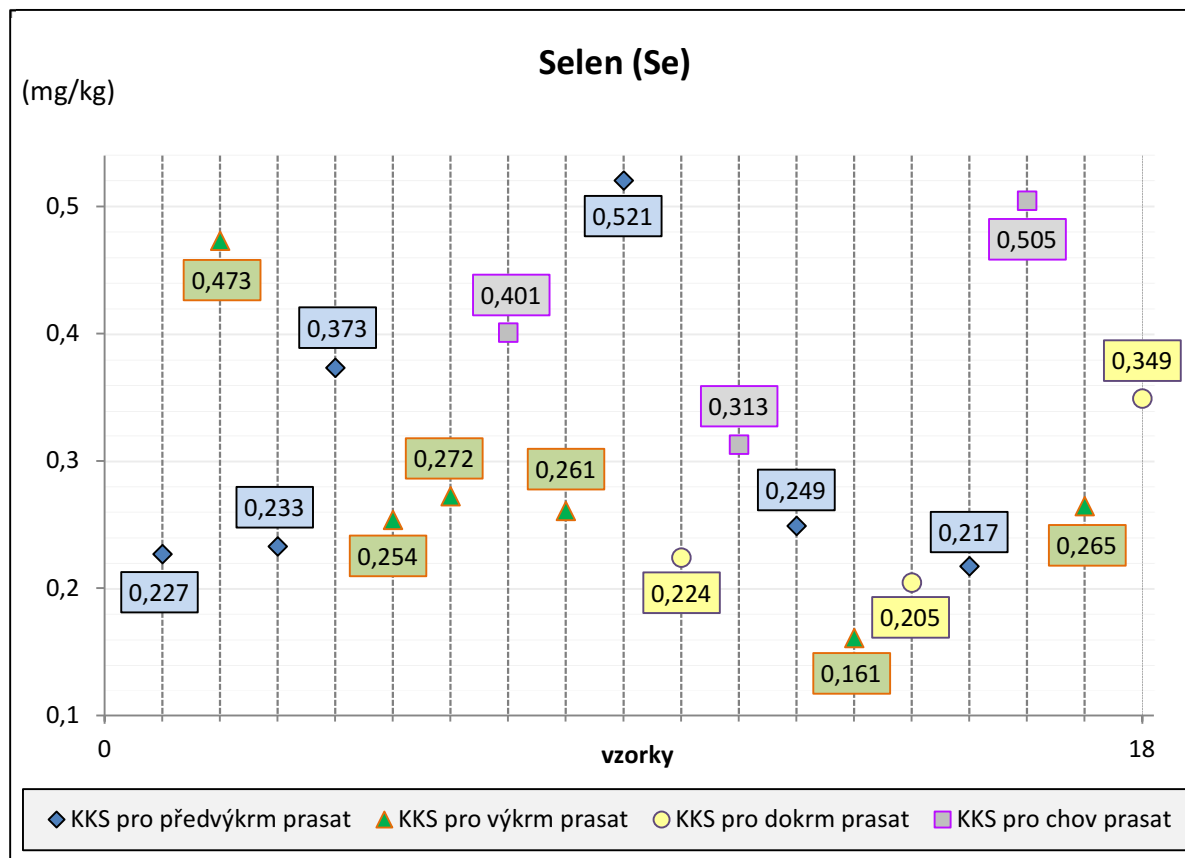
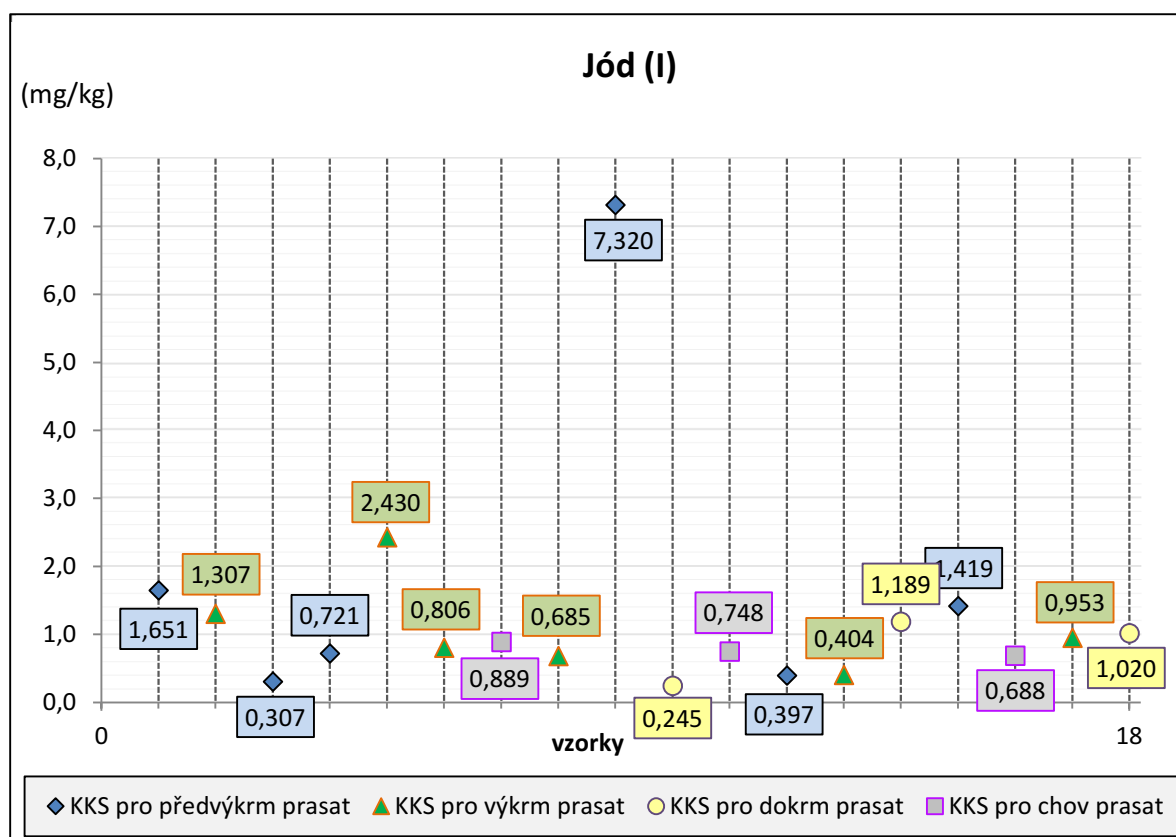
Obrázek 56 Obsah mědi v krmivech pro výkrm a chov prasat

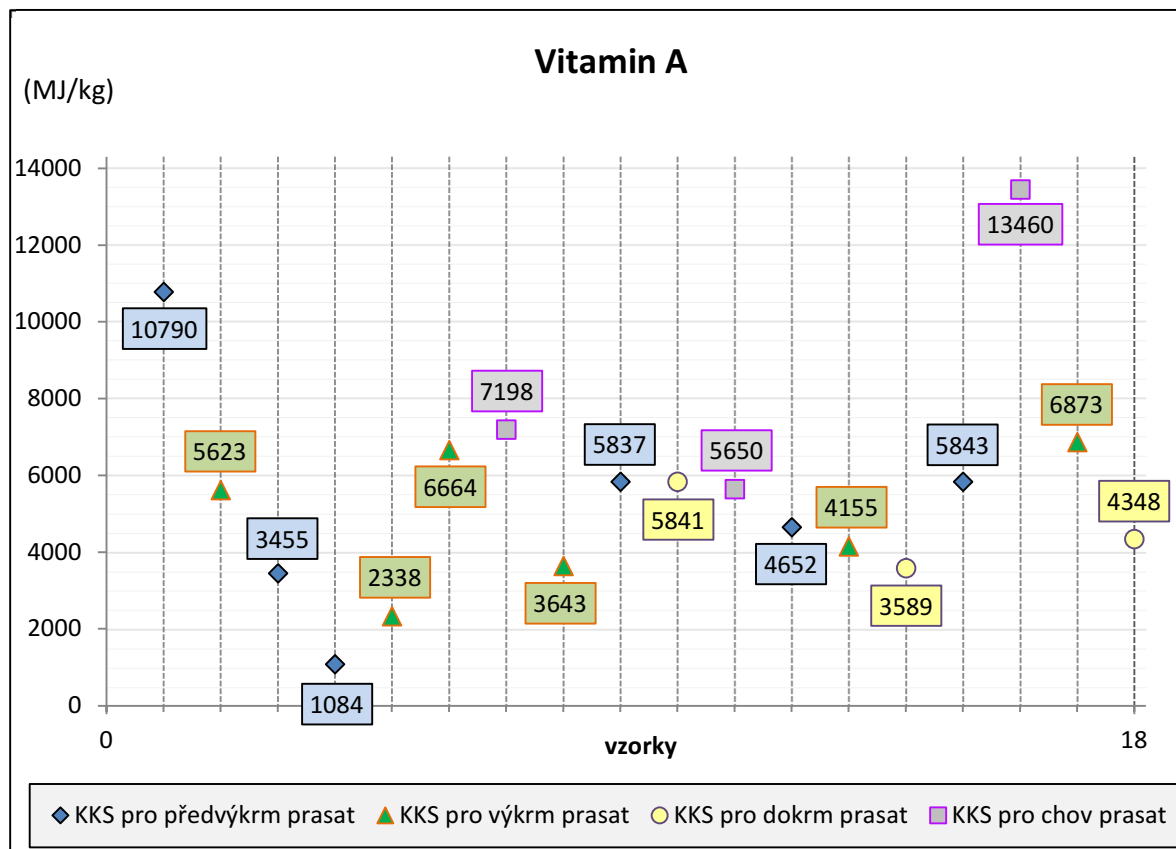
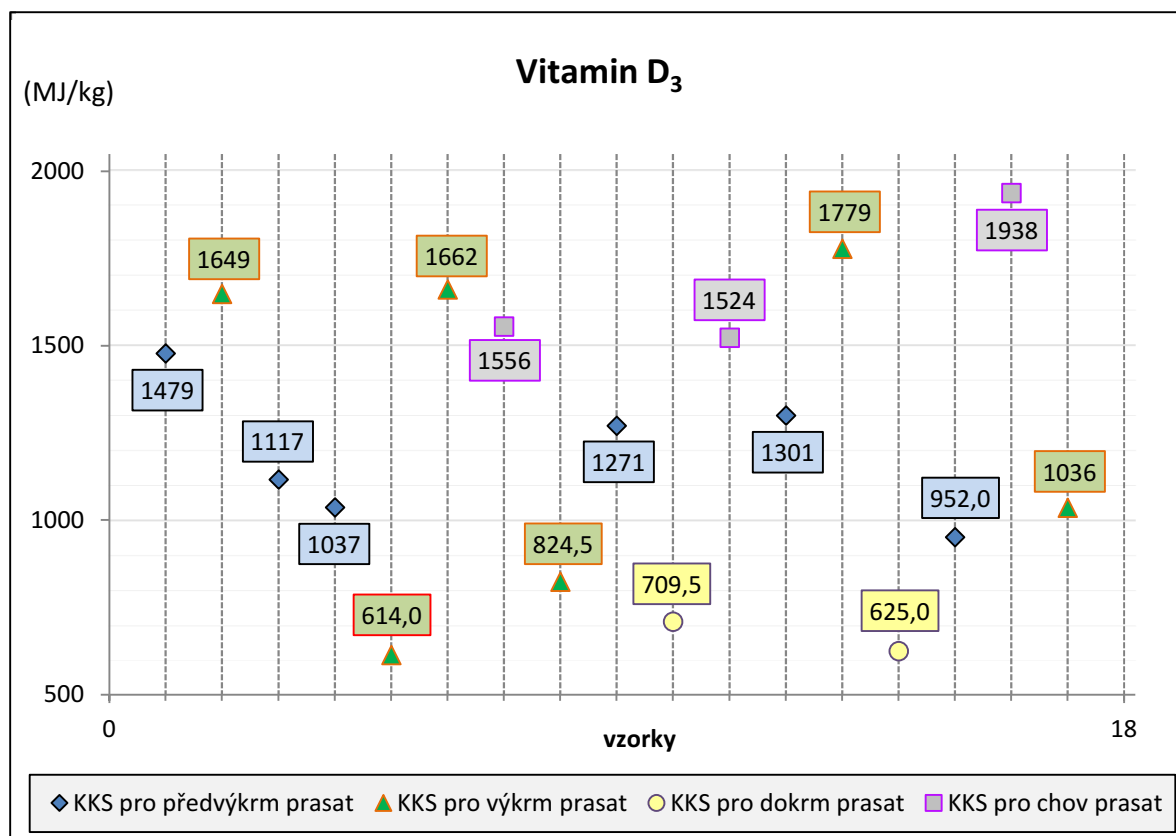


Obrázek 57 Obsah zinku v krmivech pro výkrm a chov prasat

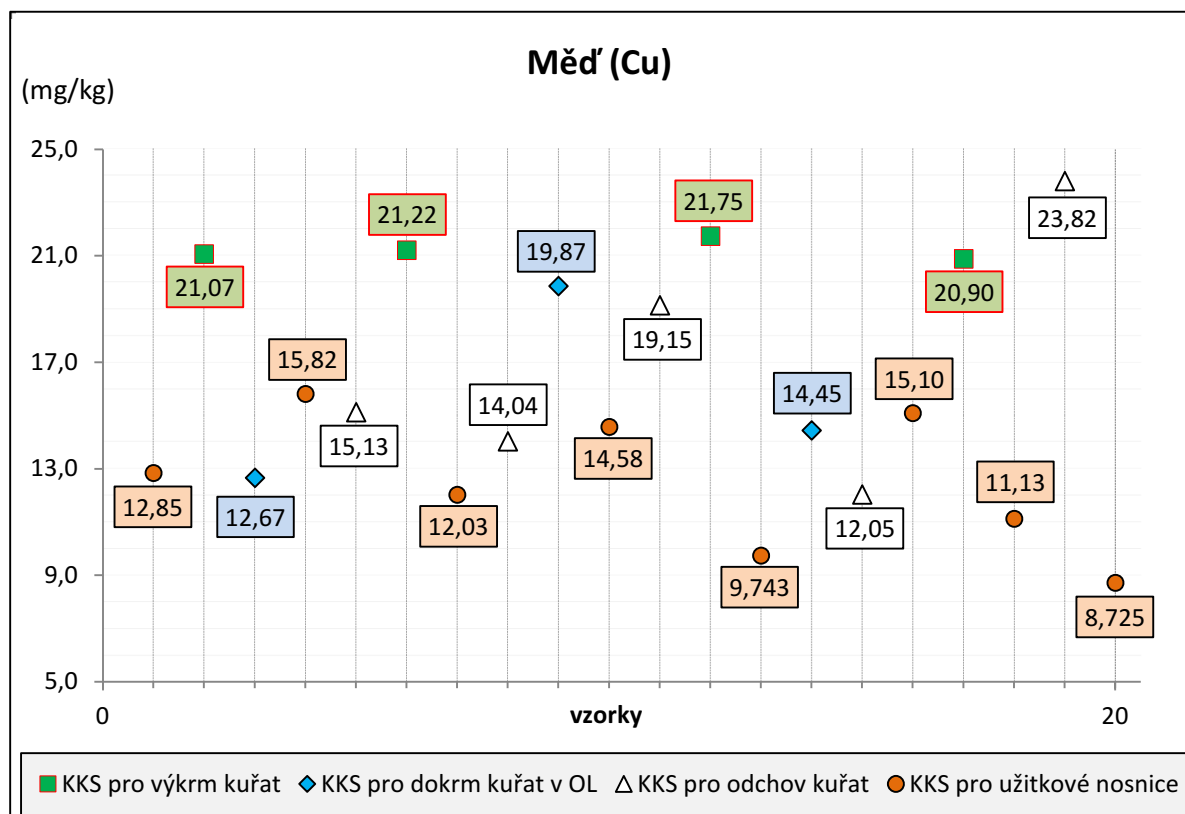
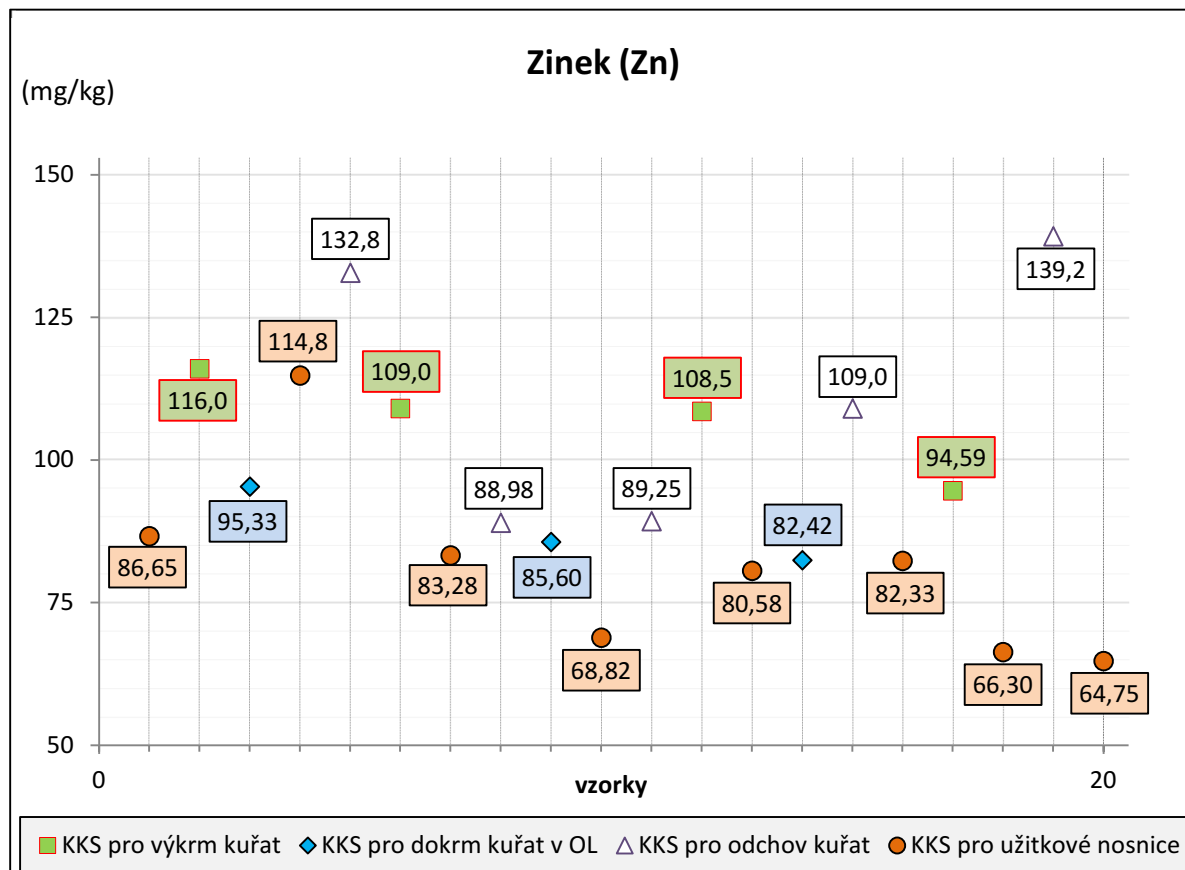


Obrázek 58 Obsah manganu v kompletních krmných směsích pro výkrm a chov prasat**Obrázek 59** Obsah železa v kompletních krmných směsích pro výkrm a chov prasat

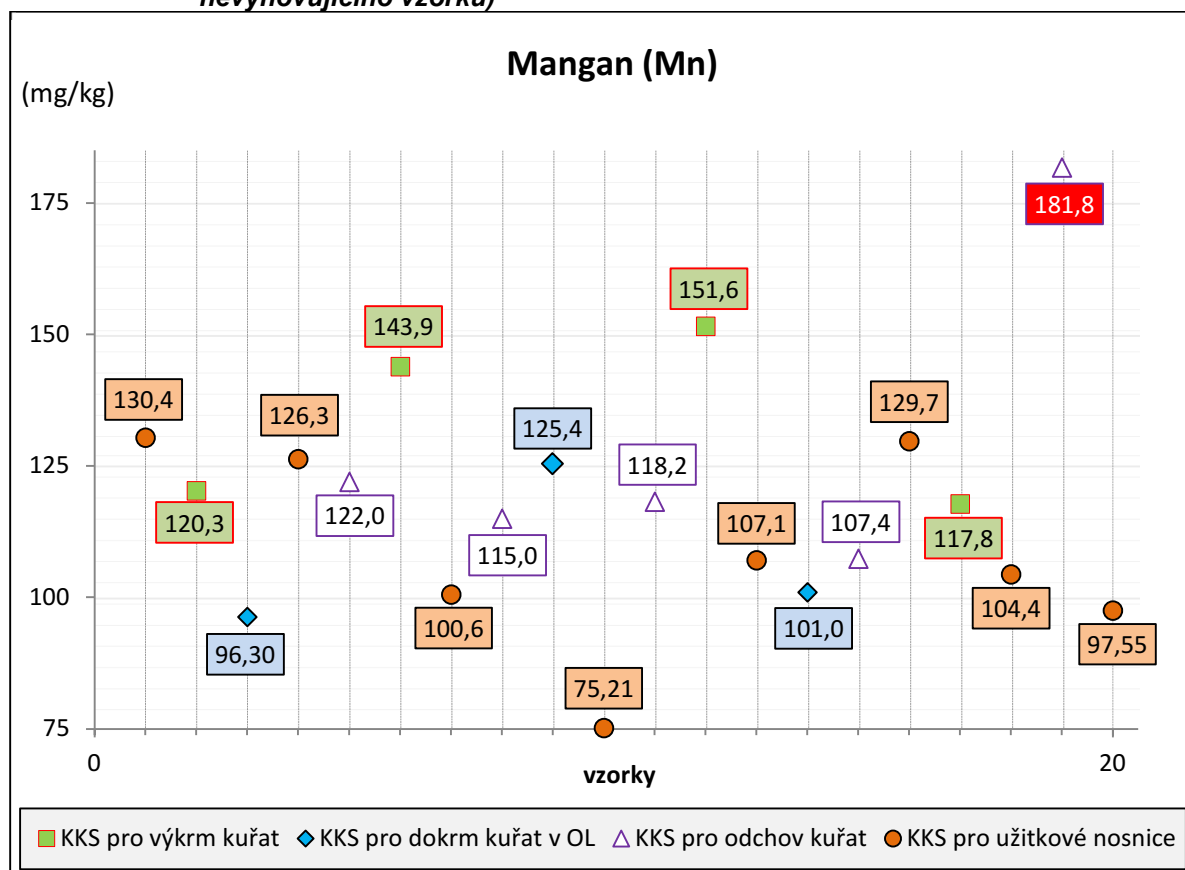
Obrázek 60 Obsah selenu v kompletních krmných směsích pro výkrm a chov prasat**Obrázek 61** Obsah jódu v kompletních krmných směsích pro výkrm a chov prasat

Obrázek 62 Obsah vitamínu A v kompletních krmných směsích pro výkrm a chov prasat**Obrázek 63** Obsah vitamínu D₃ v krmivech pro výkrm a chov prasat

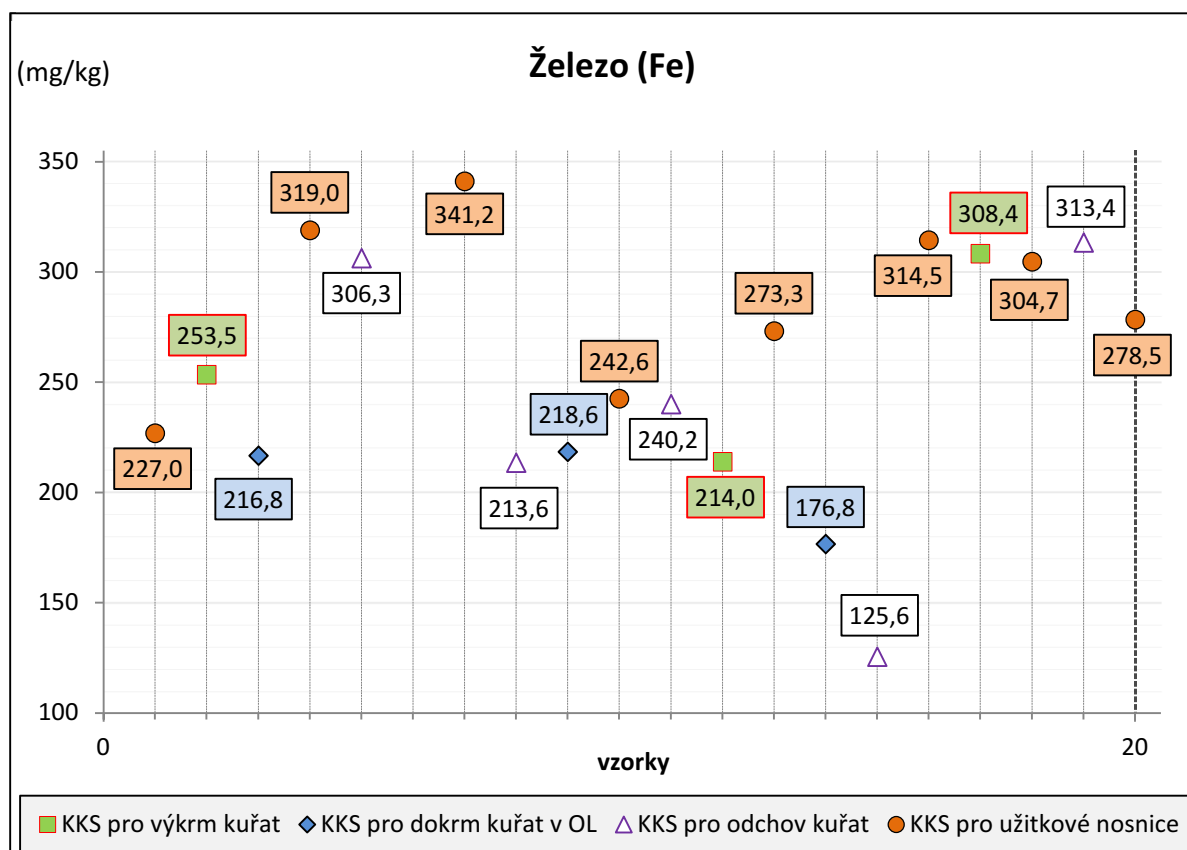
KRMIVA PRO DRŮBEŽ (20 vzorků)

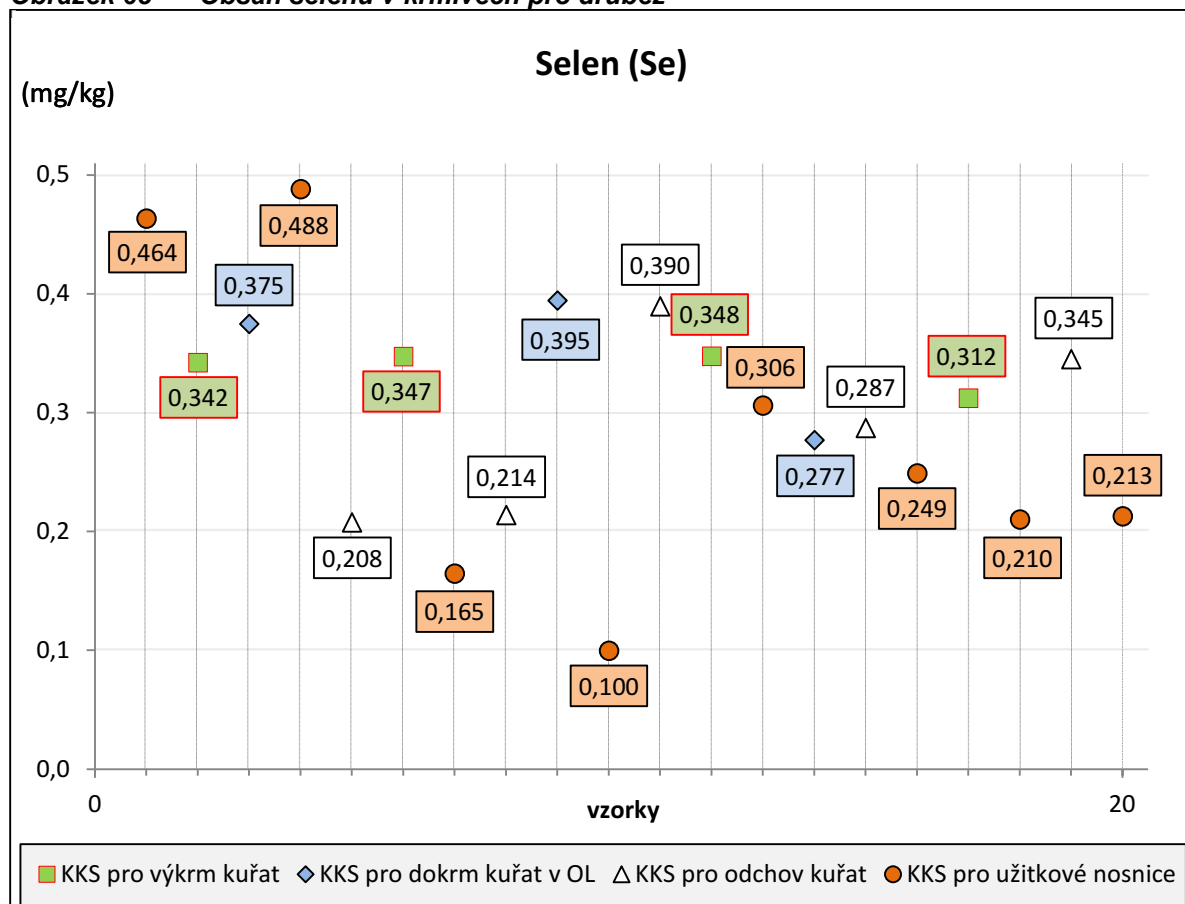
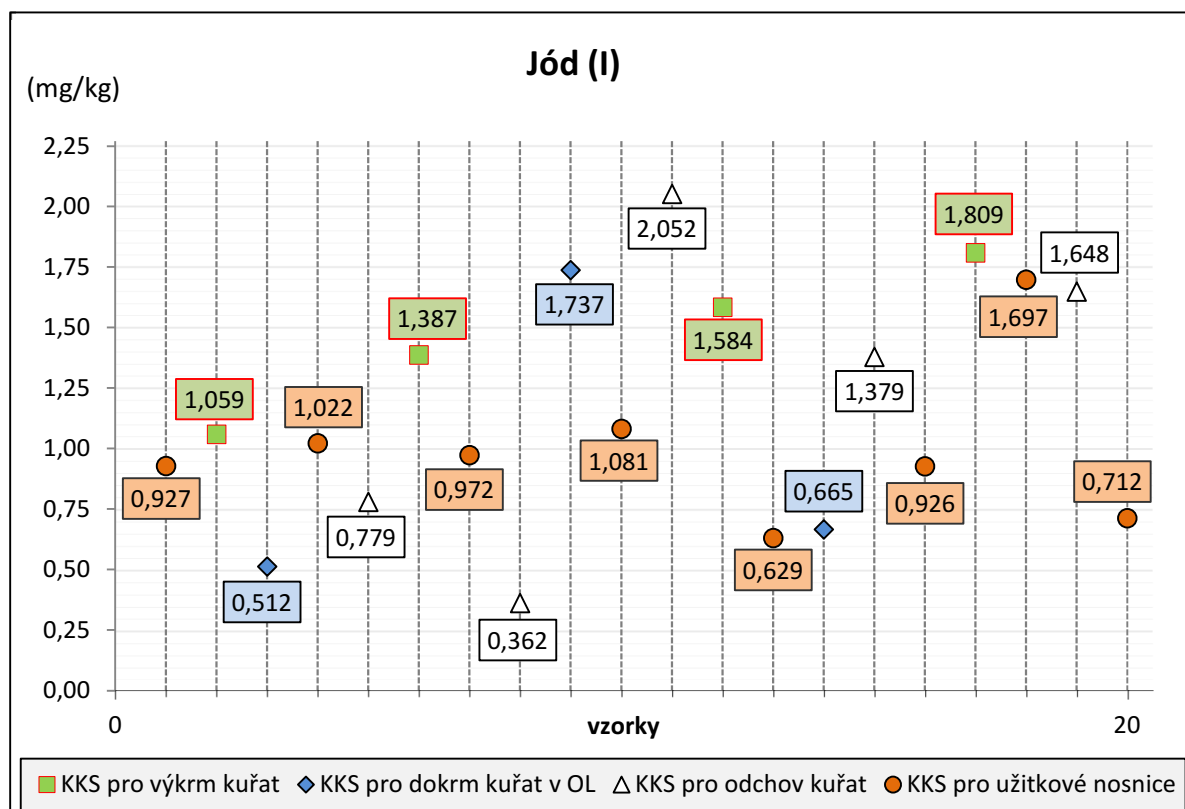
Obrázek 64 Obsah mědi v krmivech pro drůbež**Obrázek 65** Obsah zinku v krmivech pro drůbež

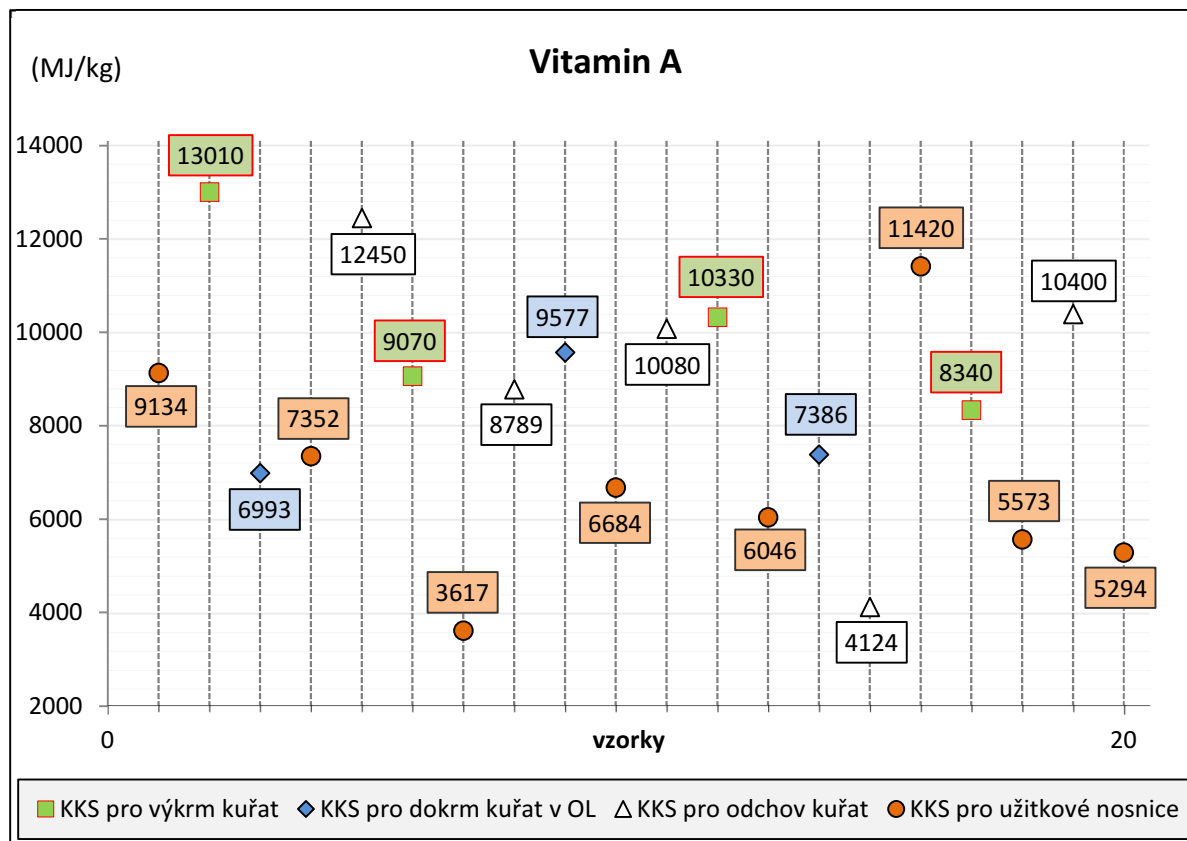
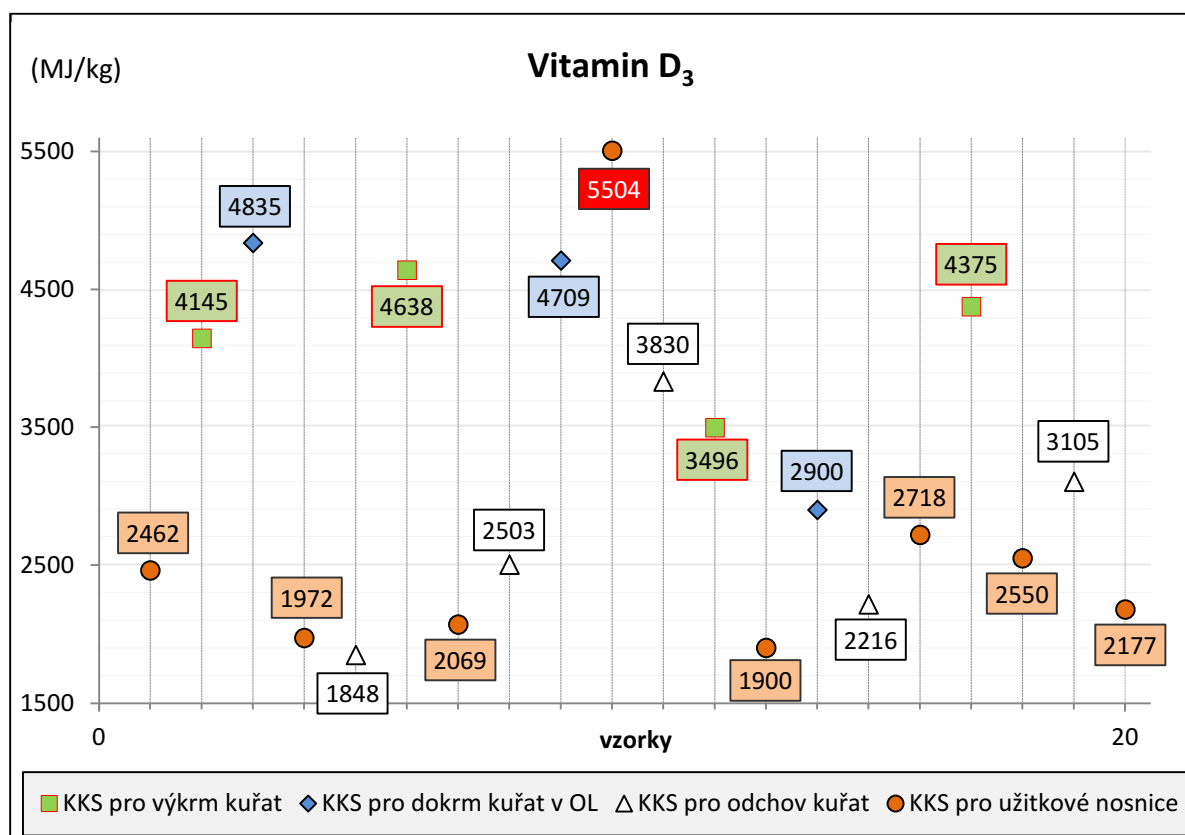
Obrázek 66 Obsah manganu v krmivech pro drůbež (v červeném poli hodnota nevyhovujícího vzorku)



Obrázek 67 Obsah železa v krmivech určených pro drůbež

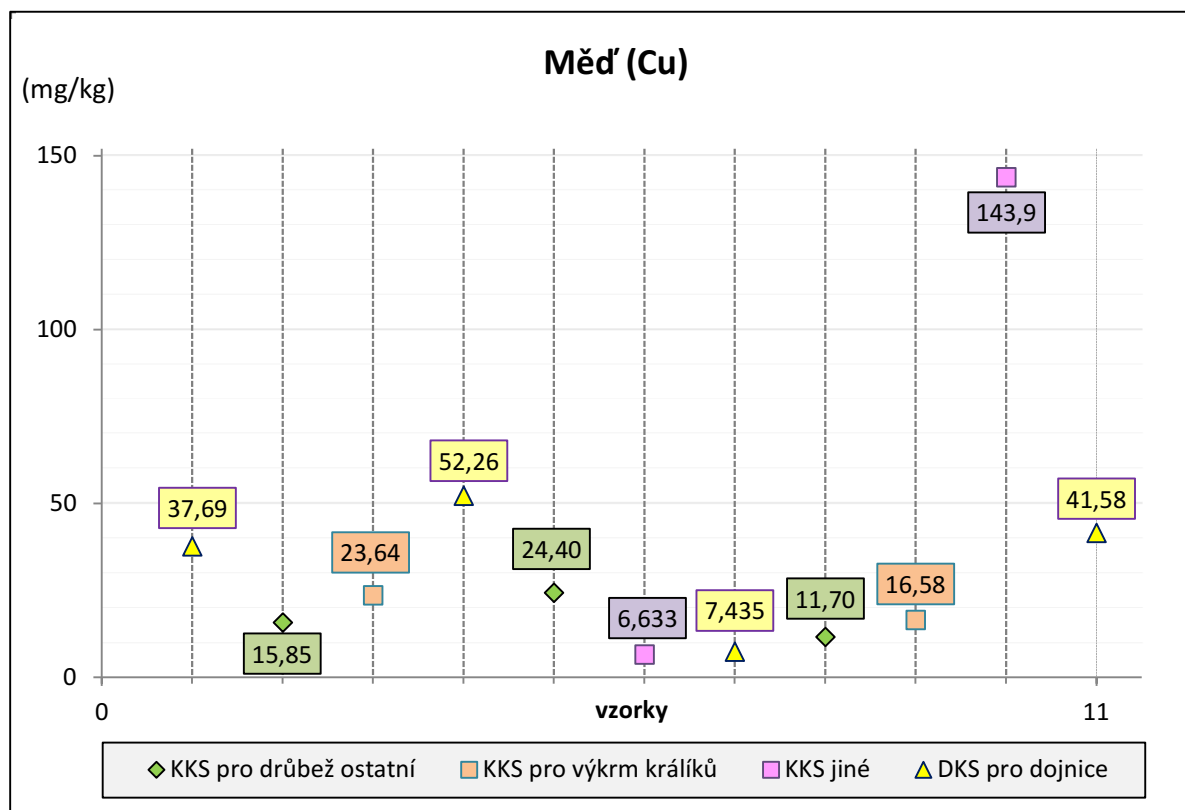


Obrázek 68 Obsah selenu v krmivech pro drůbež**Obrázek 69** Obsah jódu v krmivech pro drůbež

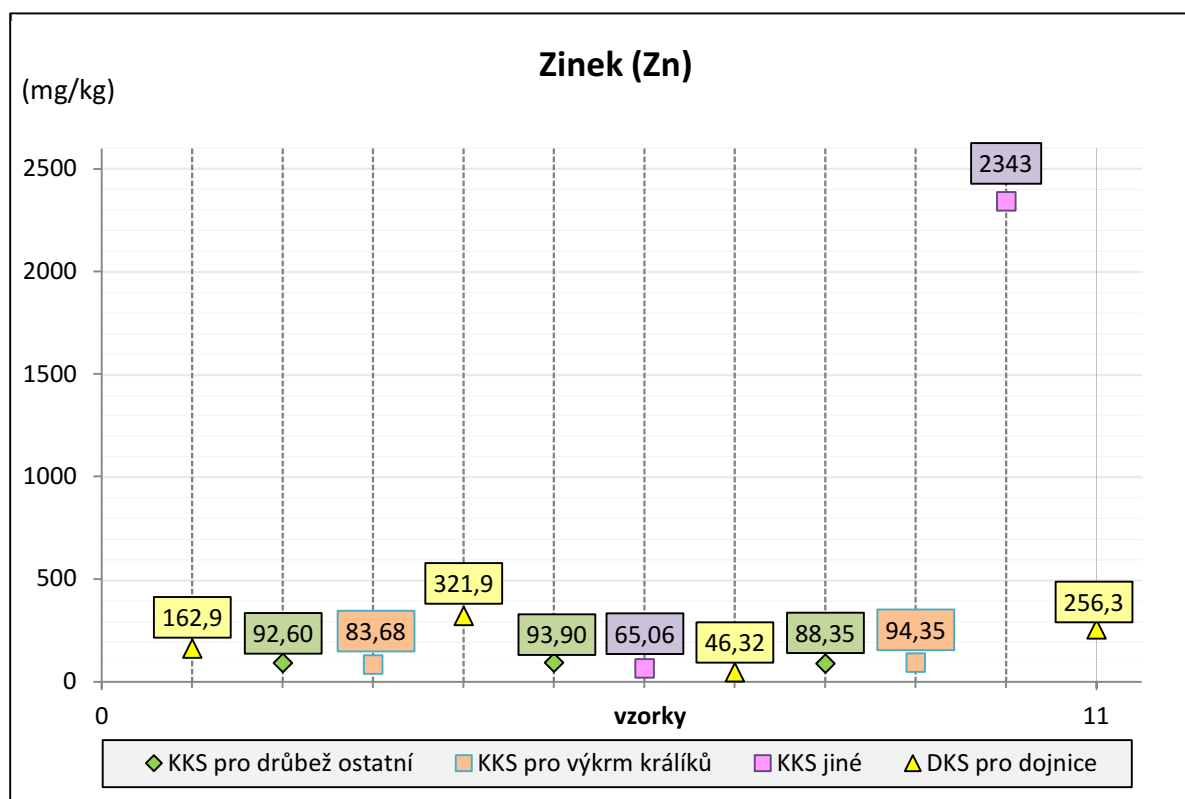
Obrázek 70 Obsah vitamínu A v krmivech pro drůbež**Obrázek 71** Obsah vitamínu D₃ v krmivech pro drůbež (v červeném poli hodnota nevyhovujícího vzorku)

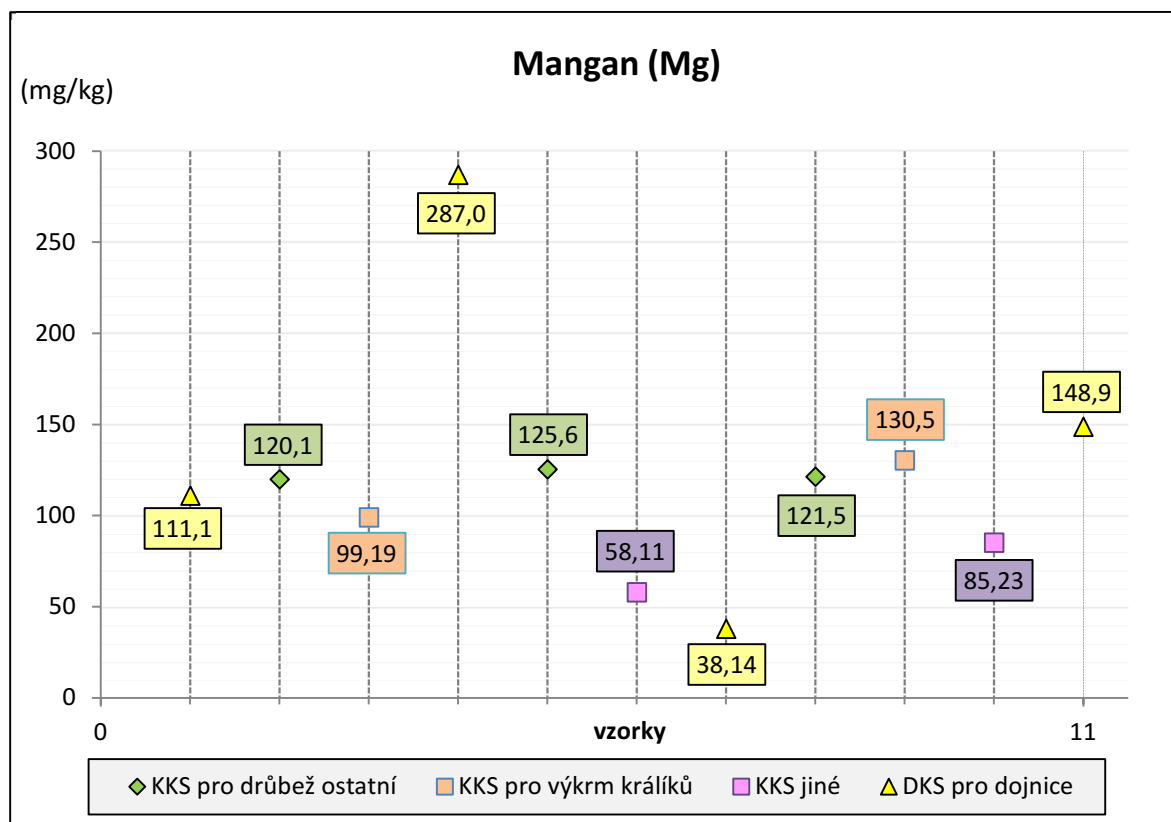
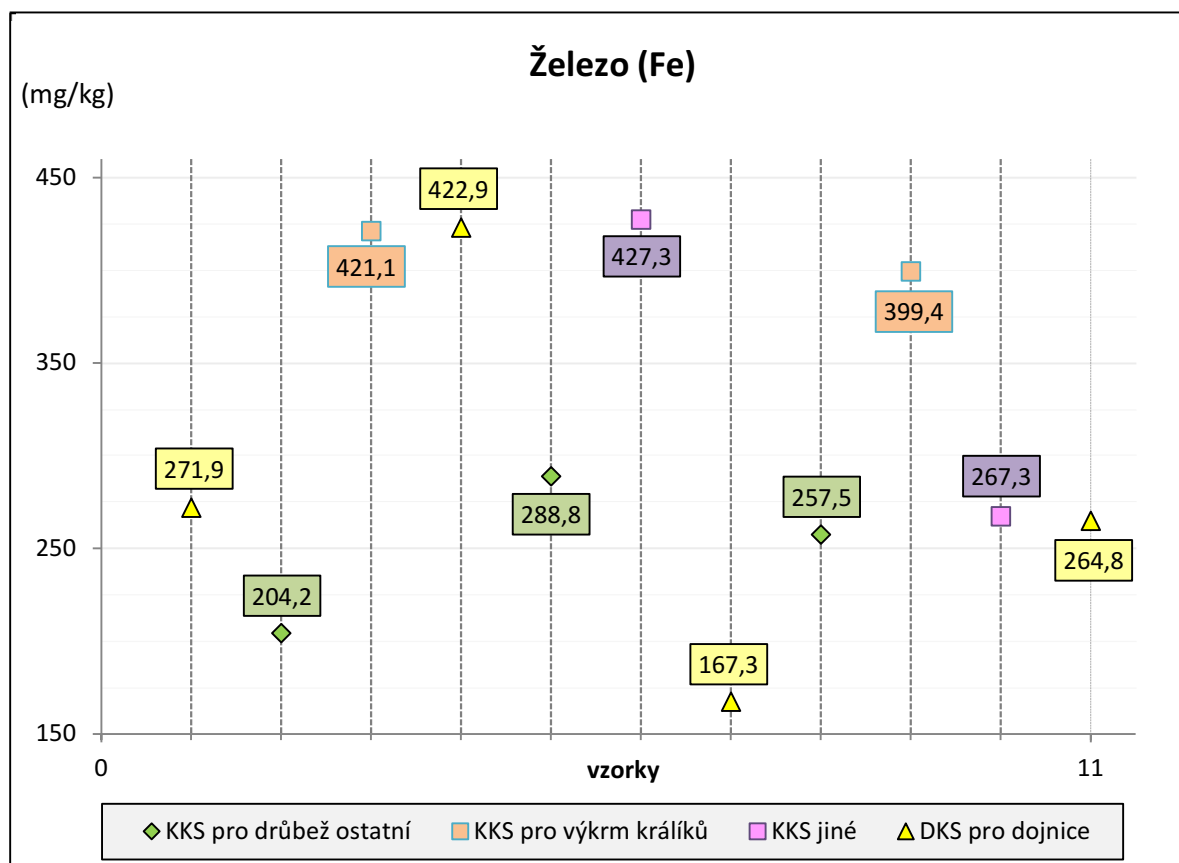
KRMIVA PRO OSTATNÍ DRUHY ZVÍŘAT (11 vzorků)

Obrázek 72 Obsah mědi v krmivech pro ostatní druhy zvířat

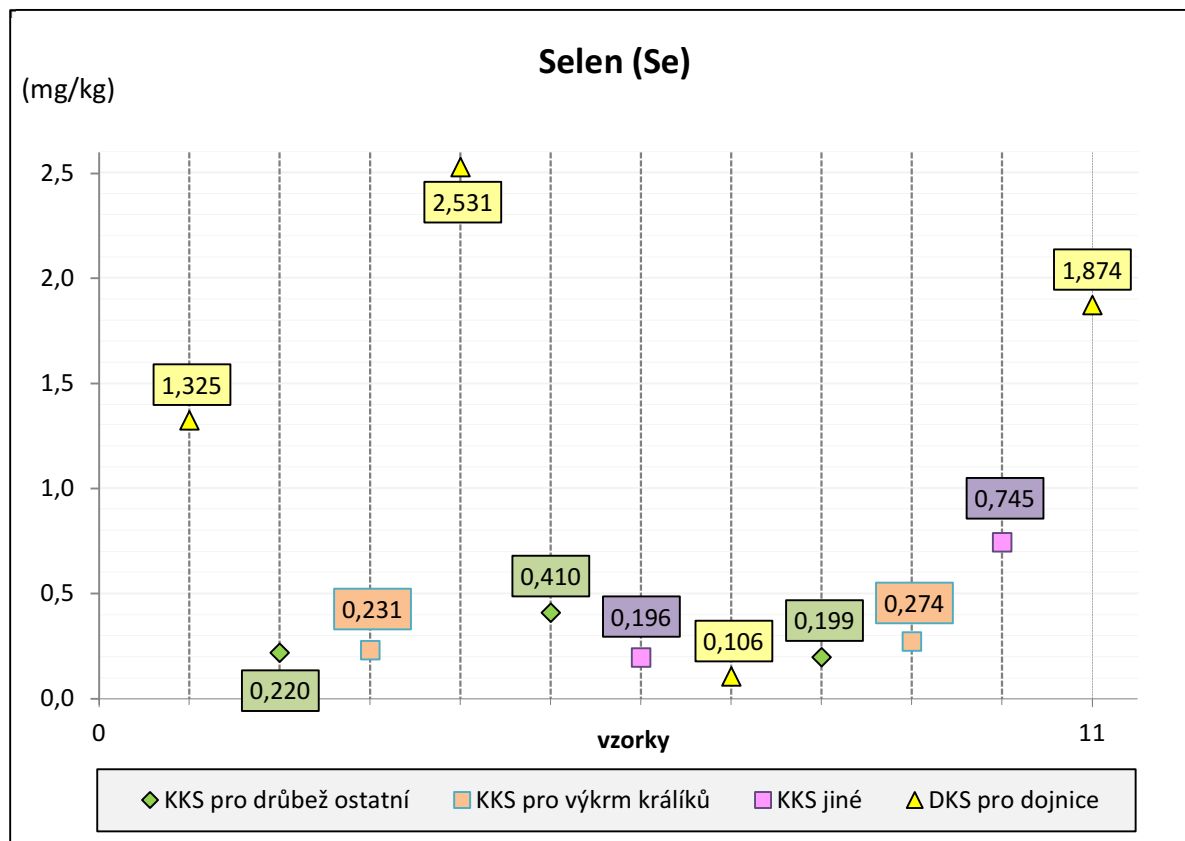


Obrázek 73 Obsah zinku v krmivech pro ostatní druhy zvířat

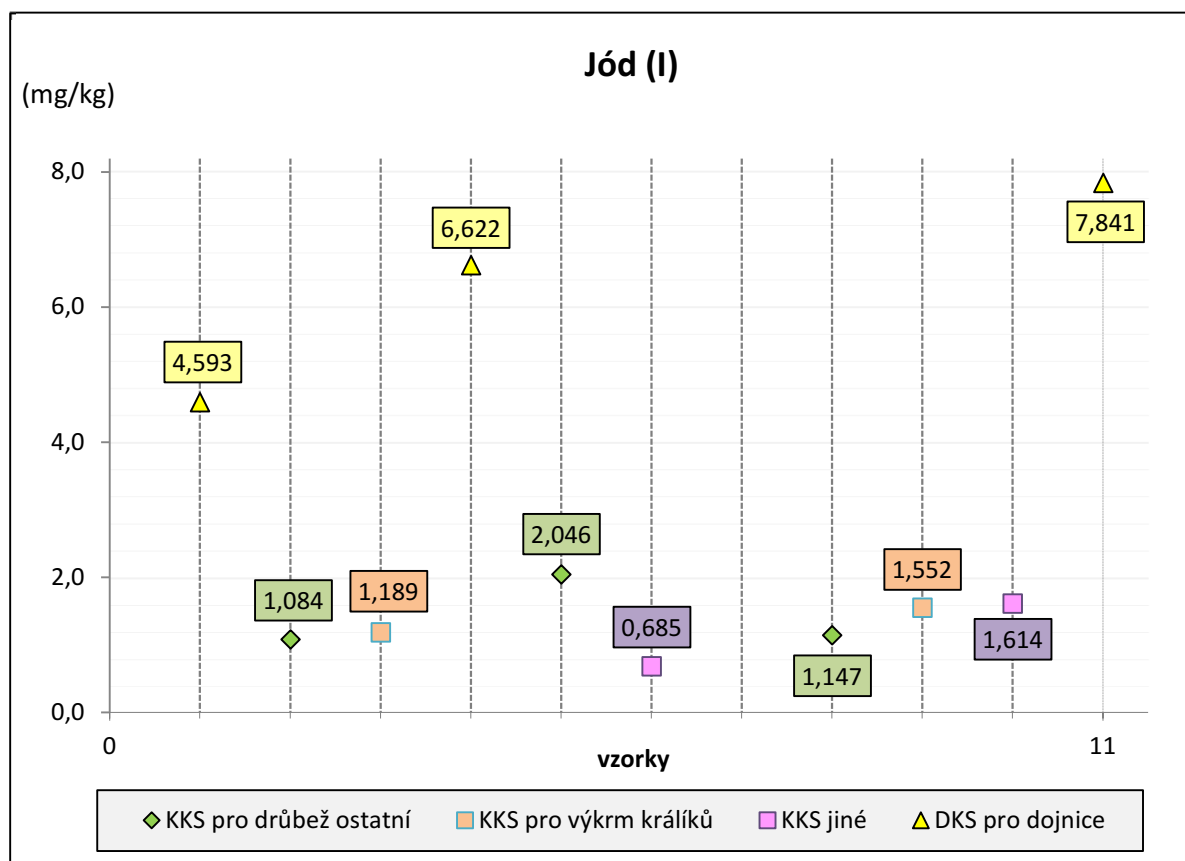


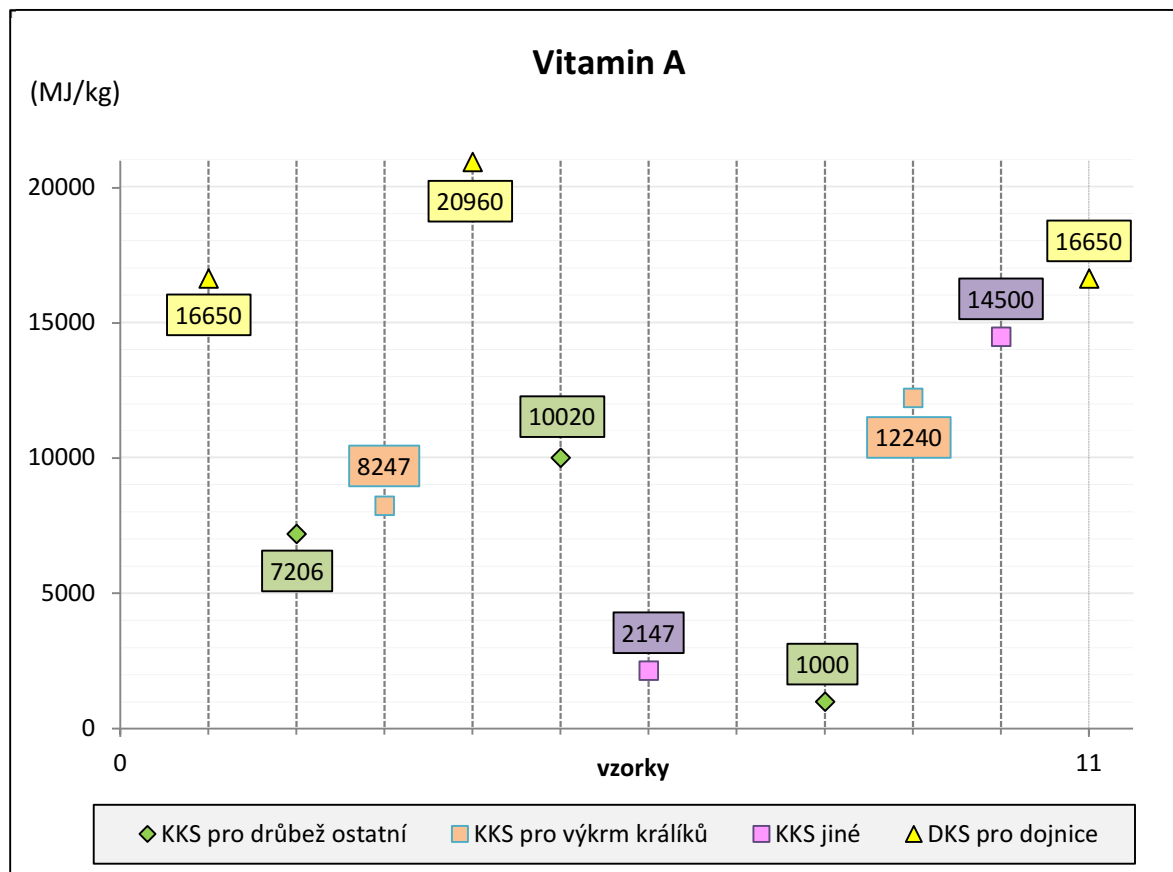
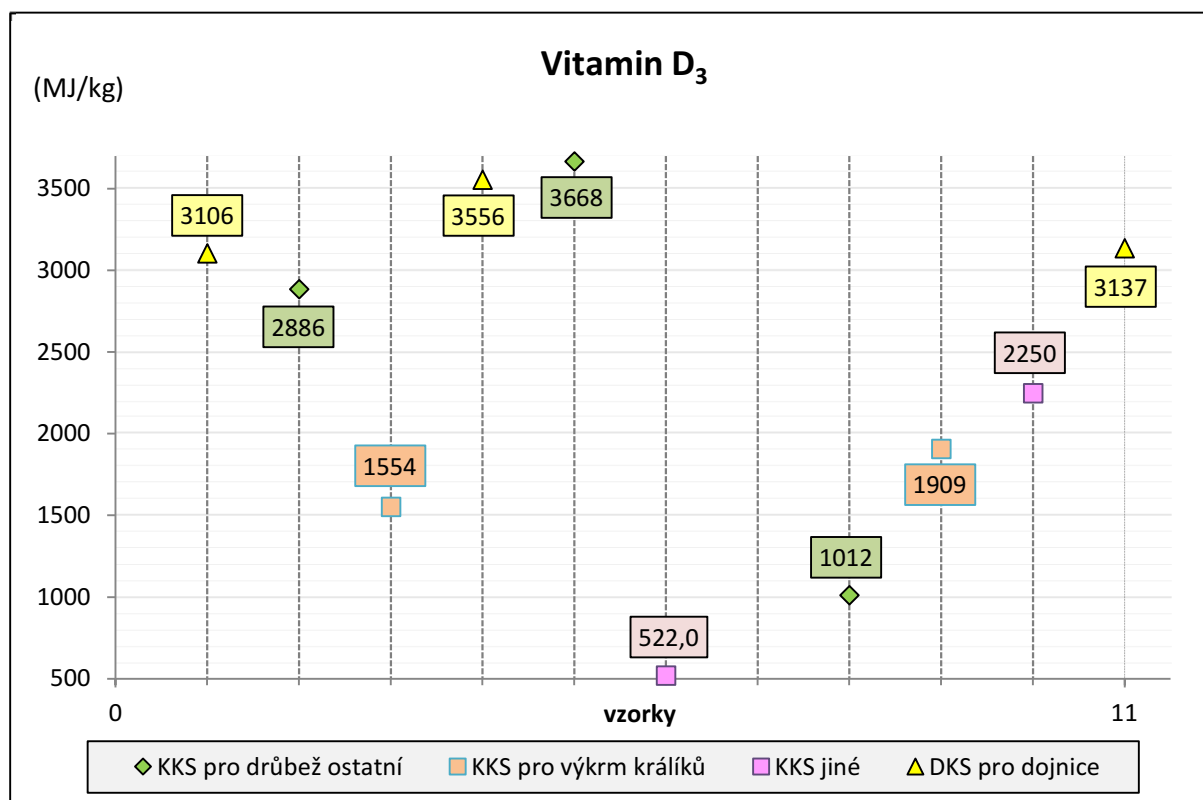
Obrázek 74 Obsah manganu v krmivech pro ostatní druhy zvířat**Obrázek 75** Obsah železa v krmivech pro ostatní druhy zvířat

Obrázek 76 Obsah selenu v krmivech pro ostatní druhy zvířat



Obrázek 77 Obsah jódu v krmivech pro ostatní druhy zvířat

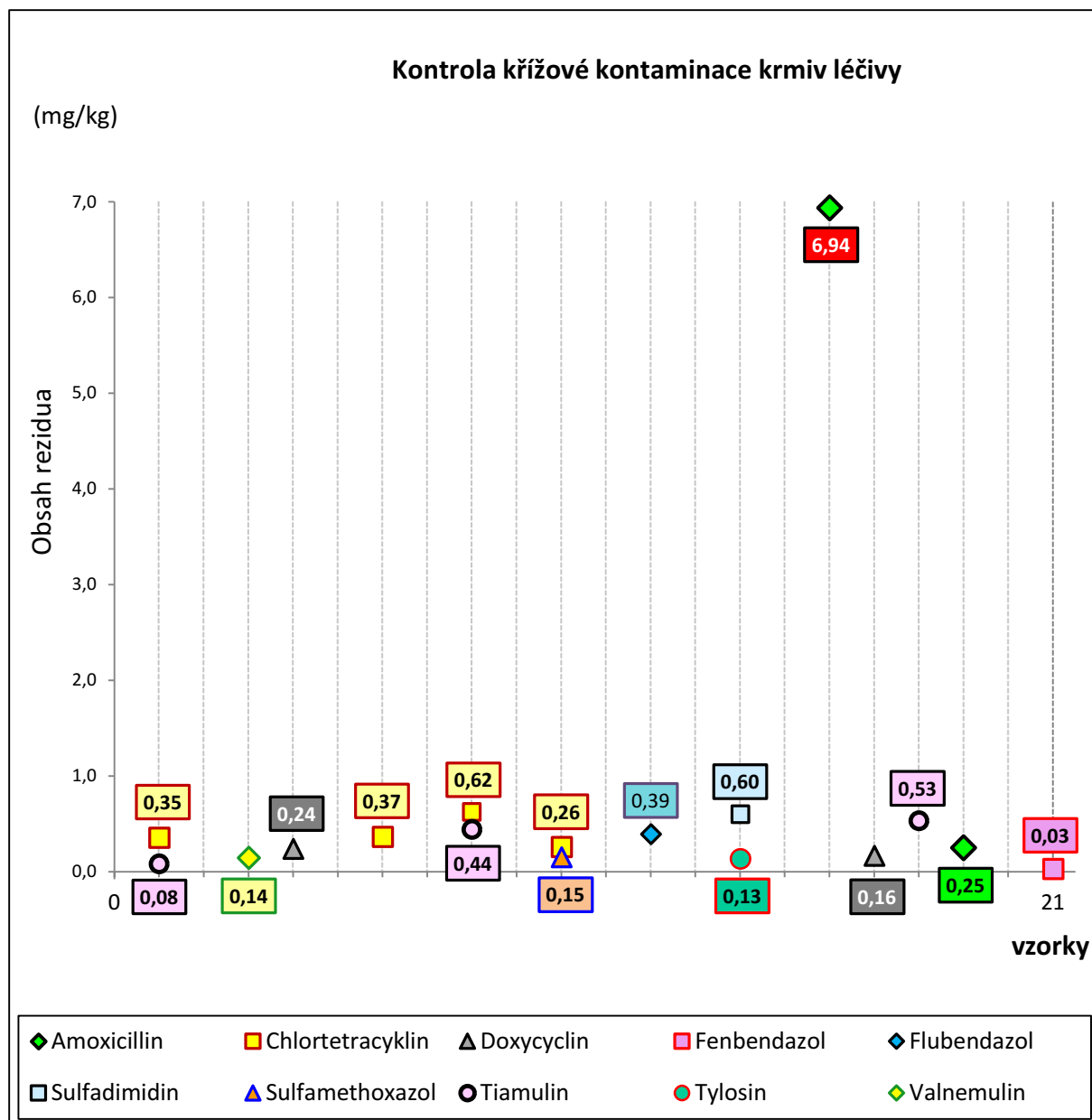


Obrázek 78 Obsah vitamínu A v krmivech pro ostatní druhy zvířat**Obrázek 79** Obsah vitamínu D₃ v krmivech pro ostatní druhy zvířat

2.3.3 Cílená kontrola kontaminace krmiv léčivy

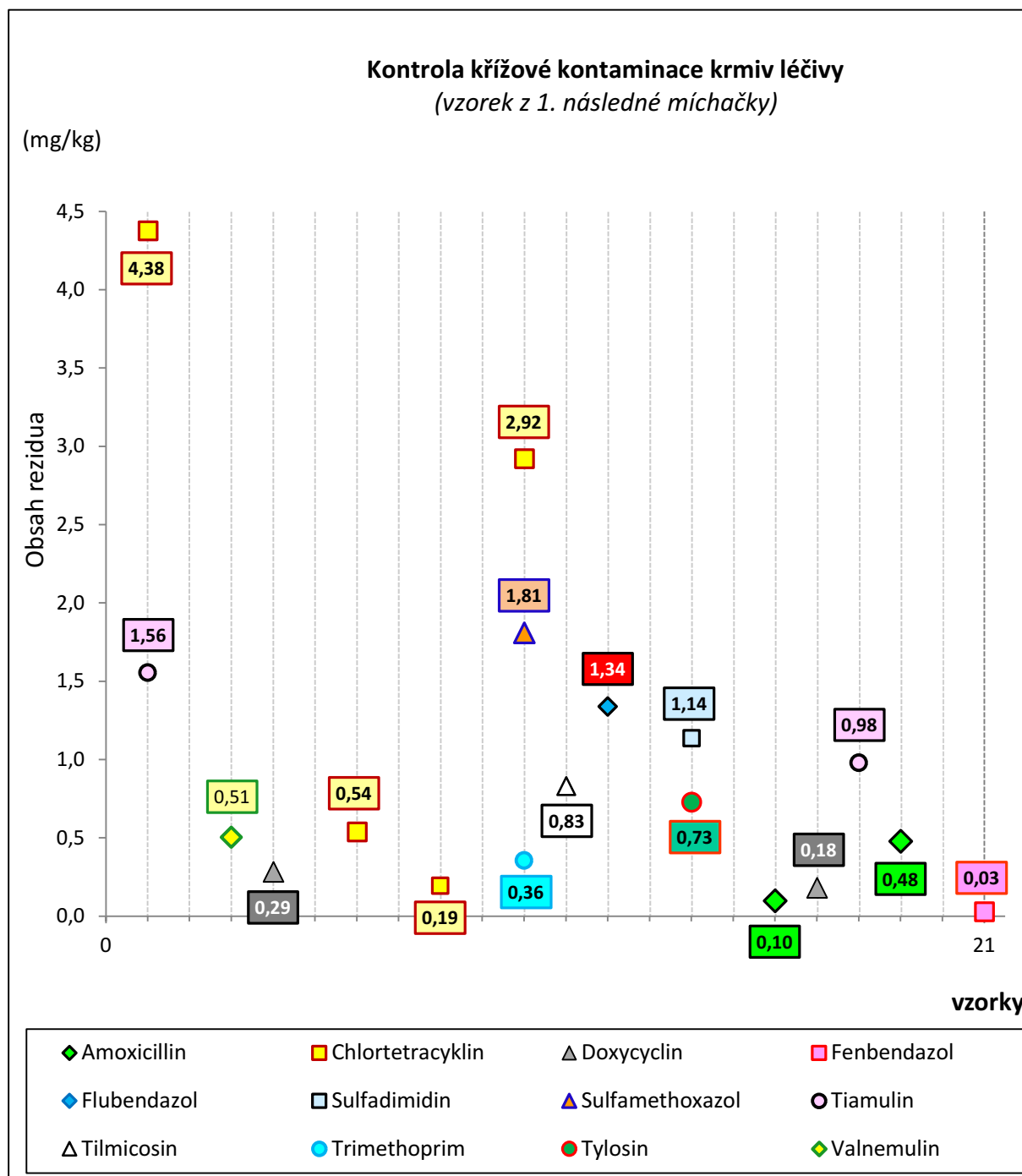
V rámci kontroly bylo odebráno 21 vzorků z celých partií krmných směsí, vyrobených ihned po medikovaných krmivech. Jeden vzorek nevyhověl požadavku max. obsahu rezidua 1 % dávkované účinné látky (KKS pro selata ČOS s nadlimitním obsahem amoxicilinu).

Obrázek 80 Křížová kontaminace léčivy u vzorků krmiv z celé partie (v červeném poli hodnota nevyhovujícího vzorku)



Rovněž byla sledována úroveň reziduí léčiva v první dávce krmiva, vyrobené bezprostředně po medikované krmné směsi. Maximální vyhovující úroveň je přítomnost 1 % obsahu rezidua medikační látky, aplikované v předchozí výrobě. Kontrola je zaměřena na posouzení účinnosti dekontaminačního programu výrobní linky. Bylo analyzováno 16 vzorků krmiv. Závadný byl 1 vzorek kompletní směsi pro odchov kuřat do stáří 12 týdnů, ve kterém byl překročen obsah flubendazolu. Výrobci krmiva bylo uloženo zvláštní opatření zvýšit a ověřit účinnost dekontaminačního programu pro zabránění křížové kontaminaci krmiv.

Obrázek 81 Křížová kontaminace léčiv u vzorků krmiv z 1. míchačky (v červeném poli hodnota nevyhovujícího vzorku)

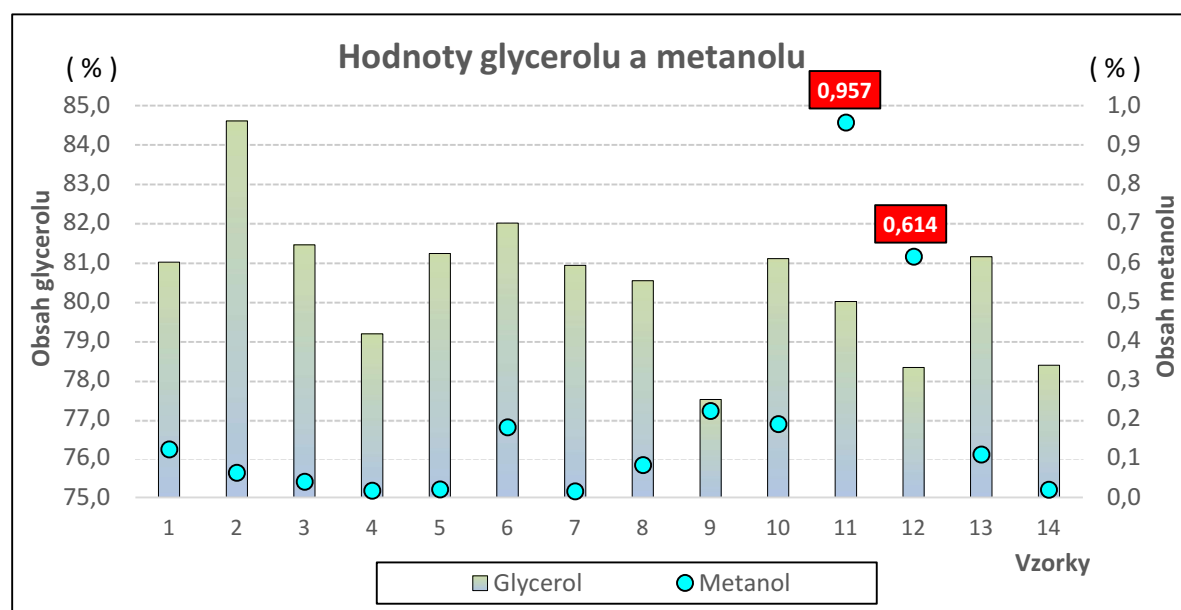


2.4 Sledování dalších bezpečnostních a jakostních ukazatelů

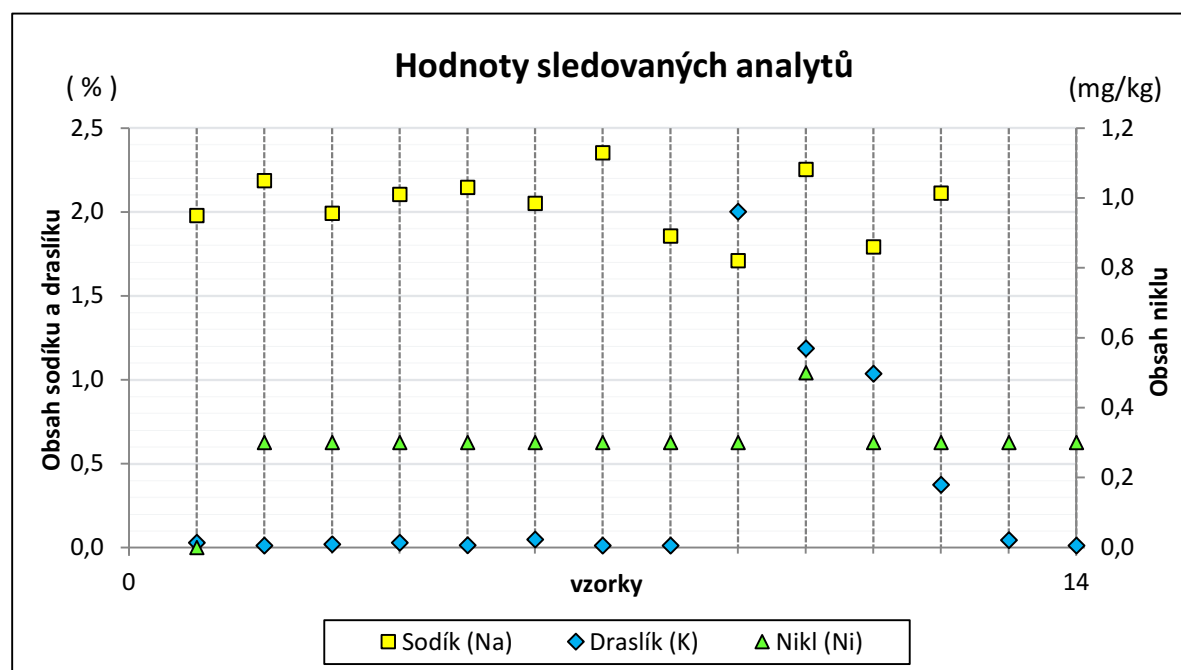
2.4.1 Cílená kontrola parametrů glycerolu, používaného jako krmná surovina

Bylo odebráno 14 vzorků surového glycerínu, u kterých byl sledován obsah metanolu a dodržení deklarovaného obsahu glycerolu, MONG (organické hmoty bez glycerolu), sodíku, draslíku, niklu a popela. Nevyhovující byly 2 vzorky glycerolu, které nevyhověly požadavkům na bezpečnost krmiv nadlimitním obsahem metanolu.

Obrázek 82 Zjištěný podíl glycerolu a metanolu v krmném glycerínu (v červených polích hodnota nevyhovujících vzorků)



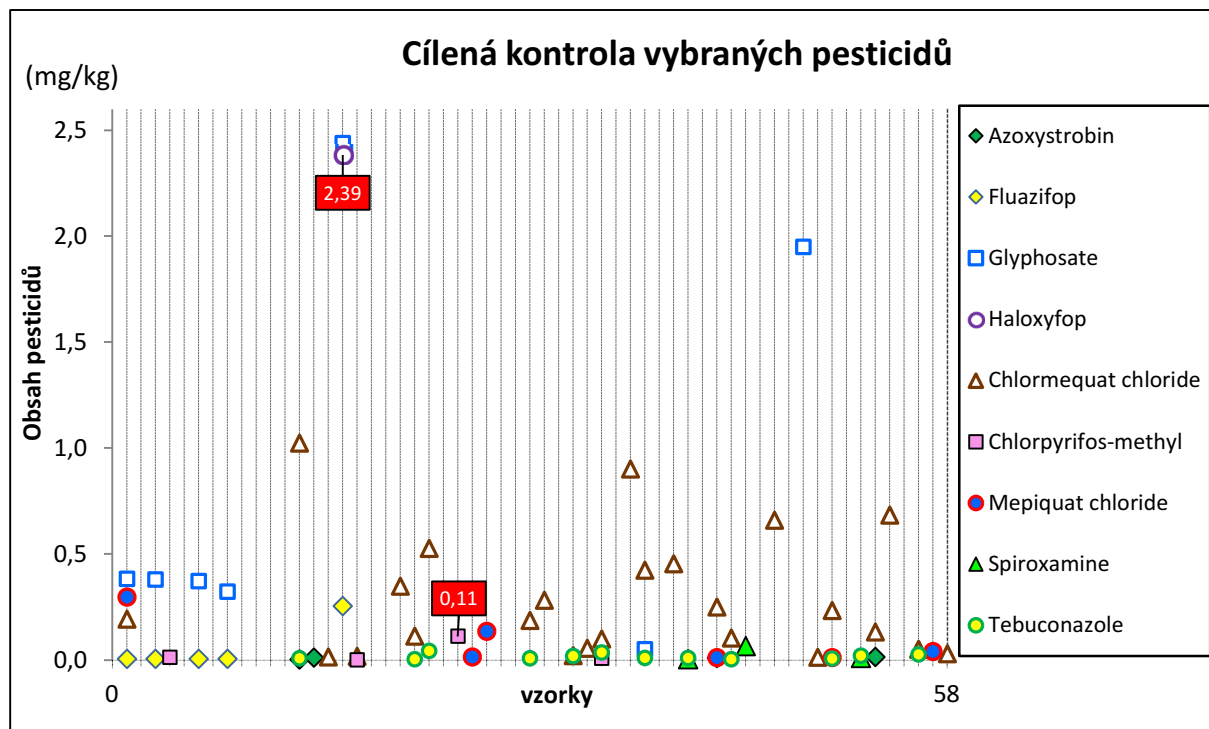
Obrázek 83 Zjištěné hodnoty sledovaných prvků v krmné surovině glycerínu



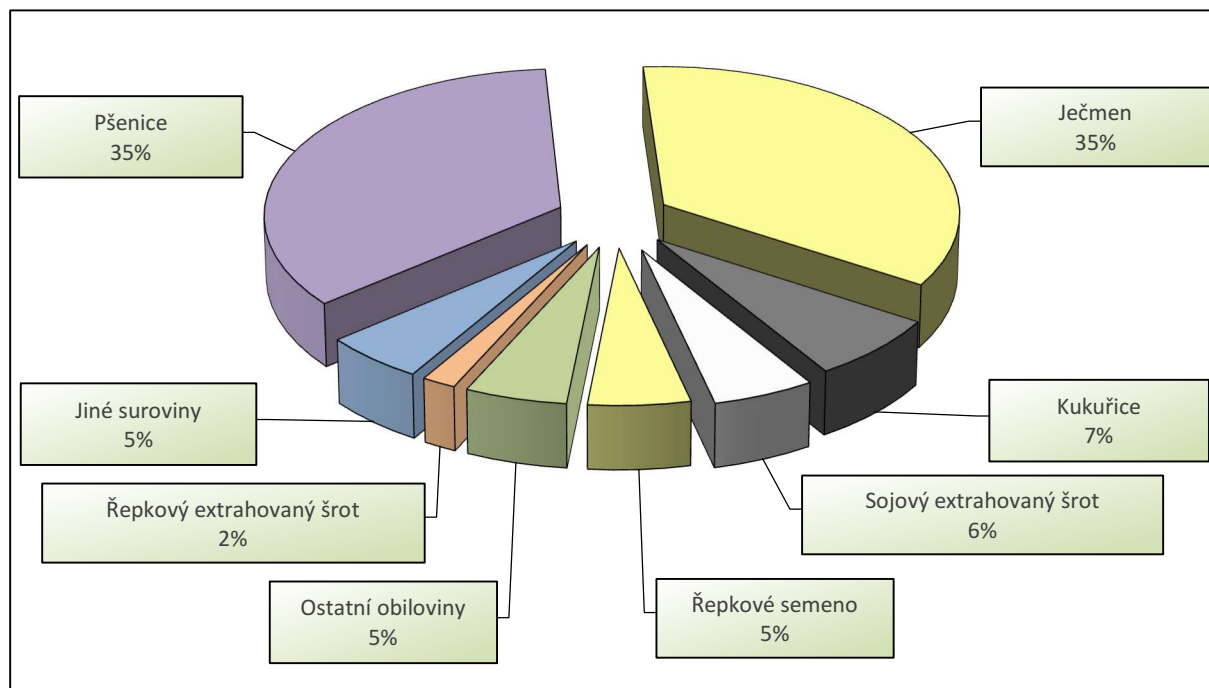
2.4.2 Cílená kontrola pesticidů

Přítomnost pesticidů byla ověřena u 58 vzorků, zejména obilovin. Cílenou kontrolou byly zjištěny 2 nevyhovující vzorky nesplňující požadavky na bezpečnost krmiv. Krmná surovina Fazole mungo nevyhověla obsahem účinné látky Haloxyfopu a ve vzorku ovsa setého byl detekován Chlorpyrifos-metyl.

Obrázek 84 Zjištěný obsah pesticidů v krmivech nad hranicí detekce přístrojů (v červených polích hodnota nevyhovujících vzorků)



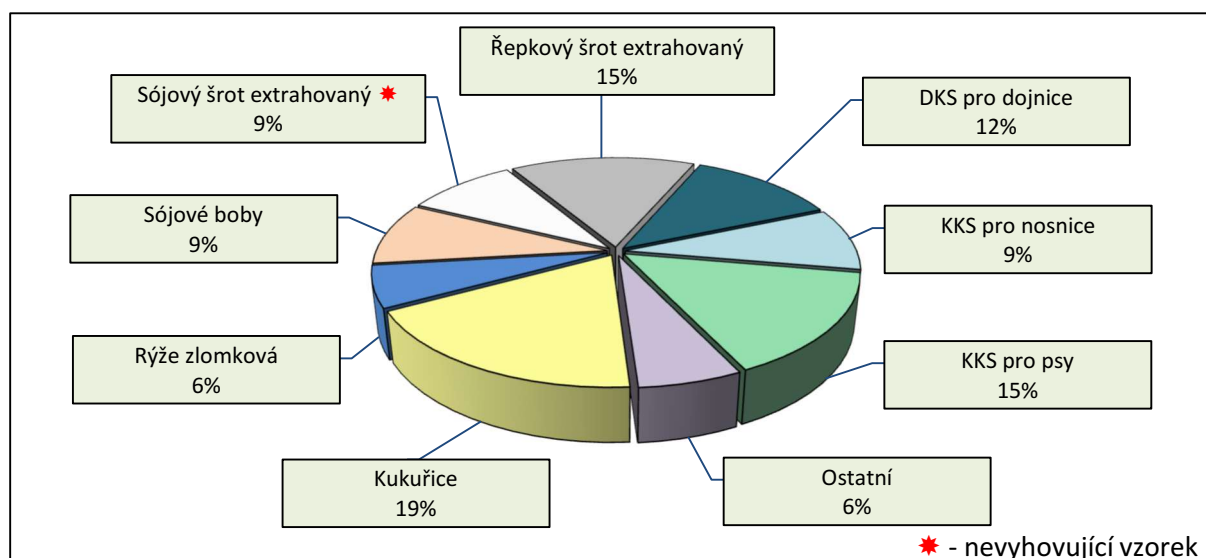
Obrázek 85 Zastoupení odebraných krmiv v rámci cílené kontroly reziduí pesticidů



2.4.3 Cílená kontrola přítomnosti a označování genetických modifikací v krmivech

V rámci kontroly se sleduje přítomnost povolených modifikací, náležité označení krmiv obsahujících GM složky a rovněž nepřítomnost modifikací nepovolených. Cílenou kontrolu bylo odebráno 33 krmiv. Jako závadný byl posouzen 1 vzorek sójového extrahovaného šrotu označený HP (NON – GMO) s obsahem GMO sóji (S-MON40-3-2 a S-MON89788).

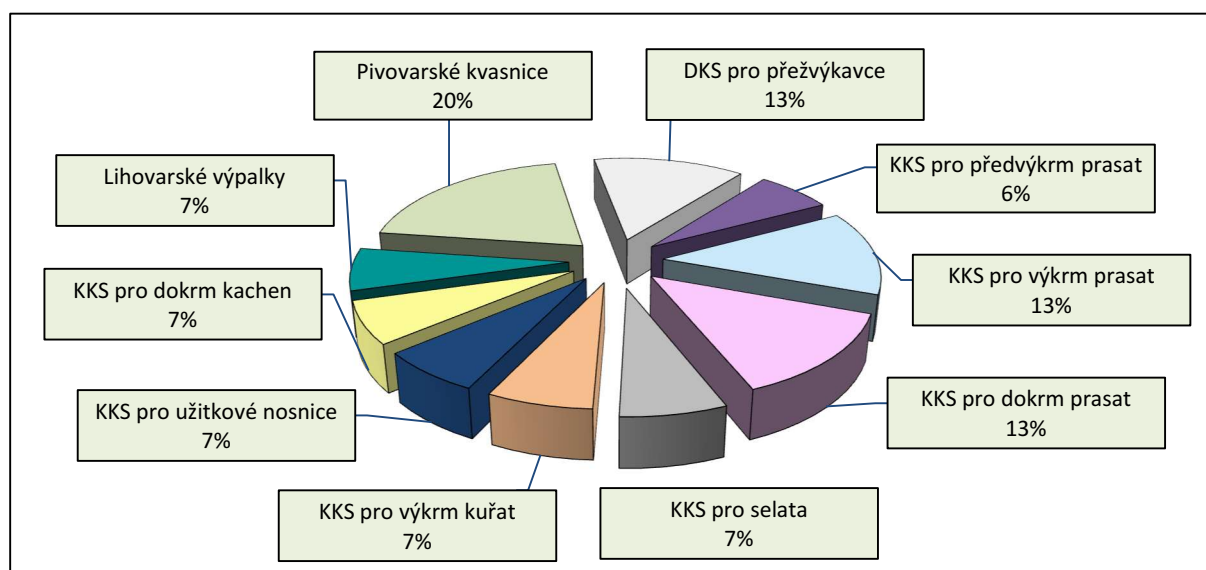
Obrázek 86 Zastoupení krmiv odebraných v rámci cílené kontroly přítomnosti GMO



2.4.4 Cílená kontrola výskytu zakázaných stimulátorů nebo inhibitorů růstu

Bylo prověřeno 15 vzorků převážně krmných směsí pro přežvýkavce, prasata a drůbež, zda neobsahují nepovolené antibiotické stimulátory. Rovněž se kontrolují vedlejší výrobky procesů kvašení, zdali neobsahují antimikrobiální látky, které se používají při zpracování k regulaci kvasných procesů. Všechny vzorky byly vyhovující a obsah analytů byl pod hranicí detekce.

Obrázek 87 Odebraná krmiva pro ověření nepřítomnosti zakázaných stimulátorů růstu



2.5 Závěr

V roce 2021 ÚKZÚZ v rámci cílené kontroly a monitoringu krmiv posoudil celkem 629 vzorků krmiv. Jako nevyhovující bylo vyhodnoceno 15 vzorků (2,4 %). Z tohoto počtu bylo 1 krmivo se závažnou nejakostí více deklarovaných parametrů, 1 krmivo falšované, 1 krmivo křížově kontaminované reziduem léčiva, indikující nutnost zvýšení účinnosti dekontaminace výrobního zařízení po medikacích a rovněž bylo zachyceno 12 vzorků šarží krmiv s ohroženou bezpečností, u kterých byla provedena opatření pro zabránění dalšího používání a jejich stažení z trhu. Zjištěné případy kontaminace krmiv látkami s reziduálním účinkem (kokcidiostatika a medikamenty) byly šetřeny v koordinaci s autoritou SVS, aby bylo eliminováno riziko ohrožení bezpečnosti potravinového řetězce.

V předcházejícím roce 2020 cílené kontrole a monitoringu ÚKZÚZ nevyhovělo 11 vzorků krmiv (2,1 % z prověřených), z toho pouze 2 vzorky byly posouzeny nejzávažnějším stupněm závady – krmiva s ohroženou bezpečností. Lze tedy konstatovat, že v uplynulém roce 2021 byl zaznamenán mírný nárůst četnosti zjištění nevyhovujících vzorků a významný nárůst závažnosti zjištěných porušení. Důsledkem vyhlášení nouzového stavu vládou ČR a zavedením protiepidemických opatření v zemědělských provozech byla i v roce 2021 částečně omezena kontrolní činnost ÚKZÚZ, přesto však v porovnání s předcházejícím rokem 2020 byl počet odebraných a zbožíznalecky posouzených vzorků navýšen o 17 %. V rámci analytických činností bylo laboratorně zpracováno celkem 18390 stanovení sledovaných parametrů.

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.