

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně
Sekce zemědělských vstupů



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

Zpráva za rok 2020

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, březen 2021

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 bifenylly v půdě	10
1.4.1.2 Polycyklické aromatické uhlovodíky v půdě	13
1.4.1.3 Persistentní chlorované pesticidy v půdě	18
1.4.1.4 Účinné látky používané v přípravcích na ochranu rostlin v půdě	21
1.4.1.5 Uhlovodíky C10-C40 v půdě	26
1.4.1.6 Minerální dusík v půdě	27
1.4.1.7 Monitoring mikrobiálních parametrů půd ČR	32
1.4.1.8 Monitoring rostlinné produkce – obsahy rizikových prvků v rostlinách	35
1.4.2 Kontrola hnojiv a pomocných látek	36
1.4.3 Monitoring kalů ČOV	37
1.4.3.1 Rizikové prvky v kalech	37
1.4.3.2 Polychlorované bifenylly v kalech	42
1.4.3.3 Polycyklické aromatické uhlovodíky v kalech	45
1.4.3.4 Halogenové organické sloučeniny v kalech	48
1.4.3.5 Organochlorové pesticidy v kalech	50
1.4.3.6 Polybromované difenylethery v kalech	53
1.4.3.7 Perfluoroalkylové sloučeniny v kalech	56
1.4.3.8 Mikrobiologická stanovení v kalech	59
1.4.3.9 Využití kalů	63
1.4.4 Hodnocení rybníčních sedimentů	65
1.5 CITOVANÉ ZDROJE	73
2. VÝSLEDKY ANALÝZY KRMIV ODEBRANÝCH V RÁMCI CÍLENÉ KONTROLY A MONITORINGU	74
2.1 Sledování zakázaných látek	75
2.1.1 Cílená kontrola přítomnosti zpracovaných živočišných bílkovin v krmivech	75
2.1.2 Cílená kontrola rybí moučky mikroskopicky na přítomnost cizích příměsí	76
2.2 Sledování nežádoucích látek	77
2.2.1 Monitoring vybraných perzistentních organických polutantů (POP)	77
2.2.2 Cílená kontrola dioxinů, furanů a PCB dioxinového typu	78
2.2.3 Monitoring mykotoxinů	79
2.2.4 Cílená kontrola přítomnosti těžkých kovů v krmivech	81
2.2.5 Cílená kontrola přítomnosti dalších nežádoucích látek v krmivech	82
2.3 Sledování správného používání doplňkových látek	85
2.3.1 Cílená kontrola používání kokcidistatik	85
2.3.2 Cílená kontrola dodržování limitů doplňkových látek	88
2.3.3 Cílená kontrola kontaminace krmiv léčivy	97
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 stimulatorů 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 2020 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
 - sledování imisní zátěže rizikovými prvky a PAH, prostřednictvím standardně předpěstovaných kultur jílku mnohokvětého a borovice černé,
 - 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 2020, 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 rybničních a říčních sedimentů
 - Ústav provádí testování sedimentů s ohledem na další způsoby nakládání s vytěženými sedimenty, především s ohledem na jejich použití v zemědělských ekosystémech.
 - Databáze získaných analytických dat slouží jako zdroj informací pro orgány státní správy.
 - Databáze analytických dat tvoří samostatnou vrstvu v LPIS a měla by usnadnit vyhodnocení vhodnosti aplikace sedimentů na zemědělskou půdu.
 - Výsledky šetření byly použity při tvorbě legislativních opatření.

Registr kontaminovaných ploch

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

Kontrola hnojiv

V rámci procesu registrace hnojiv a následné kontroly jsou zjišťovány obsahy rizikových prvků 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, Odboru bezpečnosti potravin (metodické postupy Sekce zemědělských vstupů; Zbíral, J. a kol., 2016–2019: 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 započítím agrochemických operací. V letech 2017–2019 byly odebrány půdní vzorky z vybraných 10 monitorovacích ploch také na podzim z důvodu sledování změn obsahů reziduí přípravků na ochranu rostlin v půdě, které monitorujeme od roku 2014.

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 8026 (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 6031 Volanov jako náhrada za plochu 6002 Trutnov, která musela být zrušena.

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.

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 2020 odebrány ze 40 stálých monitorovacích ploch Bazálního monitoringu půd (pouze z orních horizontů) a 5 lokalit v chráněných územích.

Výsledky stanovení PCB v roce 2020 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 14 pozorovacích plochách, včetně jedné plochy z chráněného území (CHÚ).

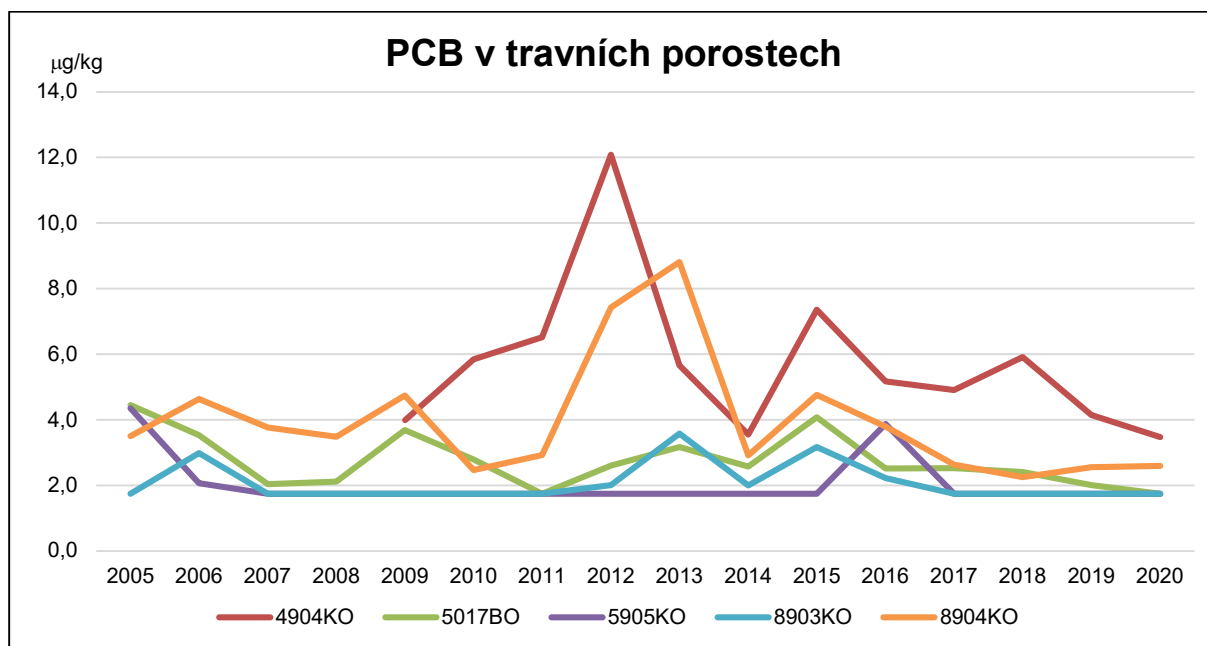
Základní statistické charakteristiky souboru jsou uvedeny v tabulce 1 (a příloze 3), hodnoty jsou uváděny zvlášť pro ornou půdu, trvalé travní porosty (TTP) a chráněná území; souhrnná deskriptivní statistika souboru (2005–2020) je uvedena v příloze 24. Grafické vyjádření obsahů PCB (medián) v jednotlivých kulturách uvádí příloha 4.

Tabulka 1 Základní statistická charakteristika obsahů PCB na monitorovacích plochách BMP v roce 2020 (suma 7 kongenerů, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)

	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Počet
Orná půda	5,06	1,75	1,75	40,1	34
TTP	2,26	1,75	1,75	3,48	5
Chráněná území	2,49	1,75	1,75	5,43	5

Medián sumy 7 kongenerů PCB v orných půdách se v období 2005–2020 pohybuje v rozmezí 1,75 až 3,60 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (nejvyšší hodnoty bylo dosaženo v roce 2006). Medián z roku 2020 činí 1,75 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Rozsah mediánů v půdních vzorcích z chráněných území činí 1,75–4,80 $\mu\text{g.kg}^{-1}$. Z přílohy 4 je patrný shodný průběh mediánů sumy PCB v letech 2005–2020 v orných půdách a chráněných územích. Mediány obsahů PCB v půdách TTP kolísají v rozsahu 2,01–4,08 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ 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 (graf 1). Medián z roku 2020 činí 1,75 $\mu\text{g.kg}^{-1}$.

Graf 1 **Obsahy PCB na pěti monitorovacích plochách s travními porosty (2005–2020, $\mu\text{g.kg}^{-1}$)**



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 ($\text{LOQ} = 0,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$). LOQ nebyla ani jednou překročena u kongeneru 52, a pouze 1x, resp. 5x u kongenerů 28 a 118, resp. 101. Tyto pozitivní nálezy nízechlorovaných kongenerů PCB se vyskytují na plochách s pěti nejvyššími celkovými obsahy PCB (3901KO, 8906KO, 7045BO, 7901KO a 7902KO). Řádově vyšší počty nálezů vyšších než mez stanovitelnosti jsou u kongenerů 138 a 180 (a 11 vzorků). U 14 vzorků byl detekován kongener 153. Podle počtu nálezů (v roce 2020) lze tedy kongenery seřadit následovně: $153 > 180 = 138 > 101 > 118 = 28 > 52$. Nejvyšší průměrný obsah byl detekován u kongeneru 118 a stejně tak nejvyšší maximální hodnota.

Nejvyšší obsahy PCB jsou pravidelně zjišťovány na plochách 7045BO (medián sumy 7 kongenerů PCB 2005–2020 činí $11,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.), 7902KO ($35,1 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) a 7901KO ($37,4 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Na těchto plochách vzrůstá podíl výše chlorovaných kongenerů (138, 153 a 180) na více než 90 % z celé sumy PCB (příloha 5). Vzhledem k chemické povaze uvedených kongenerů nelze očekávat výrazný pokles obsahů PCB.

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 2020 překročena na dvou monitorovacích plochách – 7901KO (k.ú.

Tečovice, okr. Zlín) a 7902KO (k.ú. Chrlice, okr. Brno-město), obě na orné půdě. Indikační hodnota nebyla překročena.

Počty vzorků překračující limit stanovený vyhláškou č. 153/2016 Sb. jsou uvedeny v tabulce 2. Průběh obsahů PCB na plochách, na kterých došlo ve sledovaném období (2005–2020) k překročení nyní platné preventivní hodnoty, je graficky znázorněn v příloze 6.

Tabulka 2 Počty vzorků překračujících stanovenou preventivní hodnotu

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

Závěry

- V roce 2020 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 2005–2020 se pohybuje v ornici orných půd mezi 1,75–3,60 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Pro rok 2020 byl pro ornou půdu vypočten medián 1,75 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.
- Mediány obsahů 7 kongenerů PCB v půdách chráněných území se vyskytují v rozsahu 1,75–4,80 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. a vykazují velmi podobný průběh jako orné půdy.
- Mediány obsahů 7 kongenerů PCB v půdách TTP kolísají kolem hodnoty 3 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. a jsou mírně vyšší než v orných půdách. Rozmezí mediánů činí 2,01–4,08 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.
- Preventivní hodnota obsahu PCB v zemědělských půdách, 20 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., stanovená vyhláškou č. 153/2016 Sb., byla v roce 2020 překročena v ornici 2 pozorovacích ploch orných půd.
- Na plochách se zvýšeným obsahem PCB nelze očekávat výrazný pokles obsahů PCB z důvodu vysokého poměrného zastoupení výše chlorovaných (a tudíž odolnějších) PCB.

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 2020 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 7). 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 8.

Základní statistické charakteristiky individuálních uhlovodíků na plochách s ornou půdou za období 2006–2020 jsou uvedeny v příloze 9. U většiny uhlovodíků jejich mediány od roku 2006 stagnují nebo mírně klesají, mediánové obsahy benzo(a)pyrenu, benzo(b)fluorantenu a benzo(k)fluorantenu mírně rostou. Tyto tři uhlovodíky jsou podle Mezinárodní organizace pro výzkum rakoviny (IARC) zařazeny do skupiny 1 (prokázané lidské karcinogeny) a 2B (možné lidské karcinogeny).

Základní statistická charakteristika souboru za rok 2020 je uvedena v tabulce 3. Přehled základní statistiky pro sumu 12 PAH od roku 2006 shrnuje příloha 10 a souhrnná statistika souboru (2005–2020) je uvedena v příloze 24.

Tabulka 3 **Základní statistická charakteristika obsahů PAH na monitorovacích plochách BMP v roce 2020 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., ornice)**

		Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Počet
Orná půda	Σ 12 PAH	773	642	113	3228	34
	Σ 16 PAH	802	663	129	3310	34
Trvalé travní porosty	Σ 12 PAH	472	573	108	740	5
	Σ 16 PAH	492	593	124	766	5
Chráněná území	Σ 12 PAH	391	131	108	1437	5
	Σ 16 PAH	412	147	124	1478	5

V souboru ploch s ornou půdou kolísaly hodnoty pro sumu 12 PAH v ornici v roce 2020 v rozmezí 113 až 3228 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Rozsah mediánů (2005–2020) činí 473–710 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., v roce 2020 byla vypočtena hodnota mediánu 642 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., což je proti předchozím čtyřem rokům mírný nárůst. Graficky jsou hodnoty mediánů zobrazeny v příloze 11. Ve svrchním horizontu TTP kolísají mediány v letech sledování 2005–2020 mezi 433 a 1174 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (medián 2020: 593 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). V posledních letech se mediány obsahů PAH ve svrchních

horizontech orných půd a TTP vyrovnaly. Mediány obsahů sumy 12 PAH v půdách CHÚ jsou vyrovnané, rozsah činí 98–238 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (medián 2020: 147 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) a zhruba 4x nižší než obsahy v orných půdách. Mezi jednotlivými plochami jsou ovšem rozdíly. Zatímco se obsahy PAH na plochách Kroužek (9001), Děvín (9004) a Porážky (9005) pohybují kolem hodnoty 150 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., více než dvojnásobné jsou hodnoty z Bukačky (9003) a obsahy ze Studniční hory (9002) se pohybují ještě o řád výše.

Obsahy PAH v půdě se hodnotí podle vyhlášky č. 153/2016 Sb. Preventivní hodnota pro sumu PAH činí 1,0 mg.kg^{-1} suš., přičemž do sumy PAH se započítává 12 individuálních uhlovodíků (antracen ANT, benzo(a)antracen BAA, benzo(b)fluoranten BBF, benzo(k)fluoranten BKF, benzo(a)pyren BAP, benzo(ghi)perylene BPE, fenantren PHE, fluoranten FLT, chrysen CHR, indeno(123-cd)pyren IPY, naftalen NAP, pyren PYR). Preventivní hodnotu překročilo v roce 2020 celkem 12 vzorků, z toho byl 1 vzorek z CHÚ (KRNAP, Studniční hora). Po přihlédnutí k nejistotám měření by 6 vzorků požadavkům vyhlášky vyhovělo. Šest zbývajících nevyhovujících vzorků pochází z ploch, u nichž lze překročení limitu očekávat, neboť na nich dochází k překročení preventivní hodnoty prakticky každý rok. Mezi těmito plochami je i Studniční hora. Obsahy PAH na plochách, na kterých byla v průběhu celého monitoringu alespoň 1x překročena preventivní hodnota, jsou zobrazeny v příloze 12.

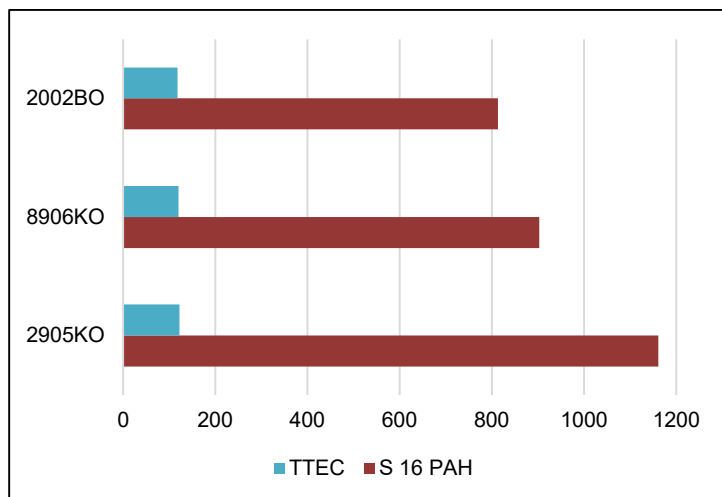
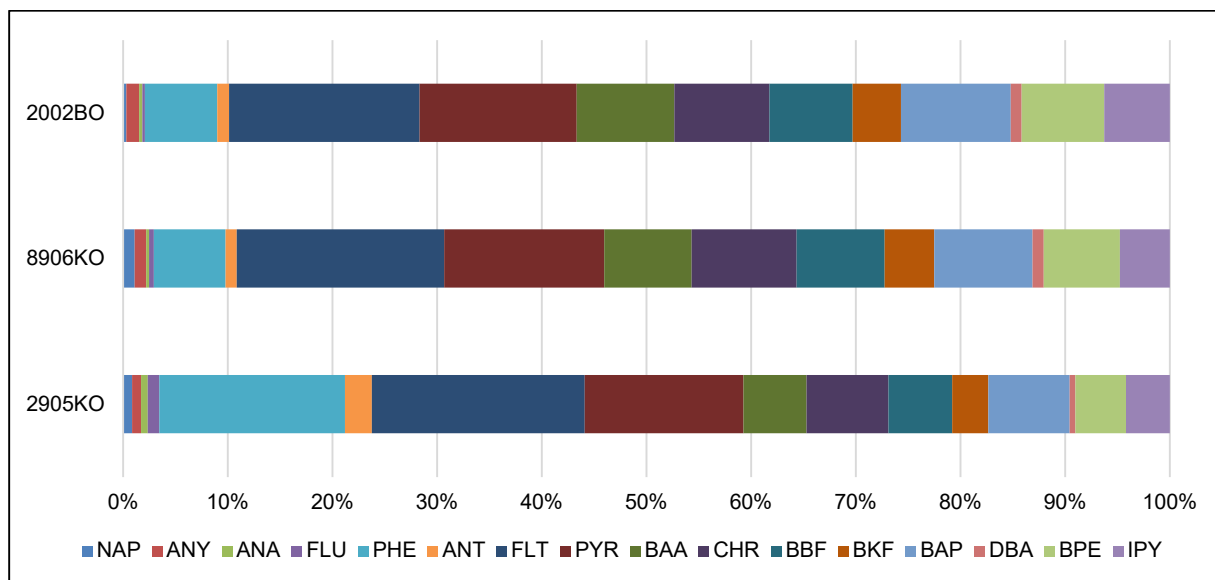
Tabulka 4 Počty vzorků překračujících stanovenou preventivní hodnotu pro obsah PAH v půdě – orná půda a chmelnice (ornice)

Rok	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Orná půda	6	12	9	8	11	7	8	8	9	4	4	7	8	6	7	11
TTP	2	3	1	2	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	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 13), pomocí kterého je vyjádřena toxicita jednotlivých uhlovodíků vzhledem k nejtoxičtější 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).

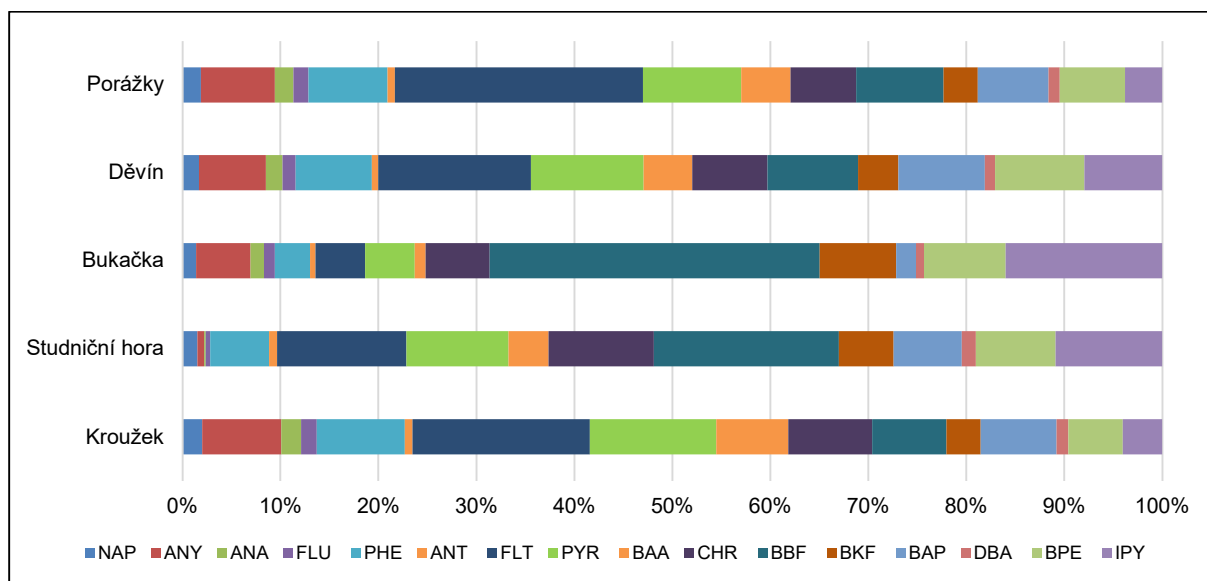
TTEC ve vzorcích z monitoringu půd (2020) se pohybuje v rozsahu 14,1–440 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ (příloha 7) a představuje 8,9–14,9 % z celkové sumy 16 PAH.

Vyššímu obsahu PAH odpovídá vyšší TTEC. Nicméně i v tomto souboru jsou lokality s různými obsahy PAH, ale shodnou celkovou toxicitou. Jedná se např. o plochy 2002BO, 2905KO a 8906KO (graf 2). Rozdíl mezi celkovými obsahy PAH na těchto plochách je přibližně 300 mg.kg^{-1} suš., rozdíl mezi TTEC je 4 mg.kg^{-1} suš. Z grafu 3 je vidět mnohem vyšší zastoupení tříjaderných PAH s nízkým faktorem toxického ekvivalentu, zejména fenantrenu na ploše 2905KO a naopak menší podíl toxičtějších čtyř- a pětijaderných PAH, jejichž obsahy na ploše 2905KO jsou srovnatelné s obsahy na dalších dvou plochách.

Graf 2 **Obsah sumy 16 PAH a příslušná hodnota TTEC na vybraných plochách****Graf 3** **Podíl individuálních PAH na vybraných plochách**

V rámci sumy 16 PAH jsou ve vzorcích z roku 2020 ve sledovaných zemědělských půdách (orná půda, chmelnice, TTP) nejvíce zastoupeny fluoranten (18 %) a pyren (14 %), podíl zbývajících individuálních uhlovodíků je pod 10 %. U půd chráněných území je zastoupení jednotlivých PAH variabilnější. Více než 10 % se na sumě 16 PAH většinou podílí stejně jako u zemědělských půd fluoranten (podíl fluorantenu ve vzorku z Porážek je nejvyšší v letošním souboru dat) a pyren a zastoupení benzo(b)fluorantenu a indeno(123-cd)pyrenu ve vzorcích ze Studniční hory a Bukačky je mnohem větší, než je tomu jak u zbývajících půd z chráněných území tak u půd orných, včetně TTP. Ve vzorku ze Studniční hory dále pozorujeme nižší zastoupení tříjaderných (ANY, ANA, FLU) uhlovodíků vzhledem k ostatním lokalitám v chráněných územích, ve vzorku z Bukačky je zase výrazně méně čtyřjaderných uhlovodíků (FLT, PYR, BAA) a již zmiňovaný benzo(b)fluoranten tvoří téměř třetinu sumy 16 PAH (33,7 %) (graf 4).

Graf 4 Poměrné zastoupení jednotlivých uhlovodíků na sumě 16 PAH v půdách chráněných územích (% , 2020)



Čím déle PAH setrvávají v půdě, tím se zvyšuje podíl vícejaderných (4–6) uhlovodíků. Je tomu tak proto, že 2–3 jaderné uhlovodíky nejsou v půdě tak pevně vázány jako 4–6 jaderné, mají vyšší volatilitu, vodorozpustnost i biodegradabilitu (což ale zároveň znamená, že jsou více biopřístupné a mohou tedy být pro půdní organismy rizikové z hlediska toxicity). Tomuto jevu se říká stárnutí (ageing) PAH. Zároveň v půdě dochází ke vzniku 4–6 jaderných PAH přirozenou cestou, a to rozkladem fytohmoty (Thiele et Brummer, 2002). Maliszewska-Kordybach et al. (2009) uvádí na základě výsledků půdního průzkumu provedeného v Polsku v letech 2003–2004 příspěvek vyšemolekulárních PAH do celkové sumy 16 PAH cca 72 %.

U orných půd a travních porostů činí příspěvek vícejaderných PAH průměrně kolem 85 %, v půdách CHÚ 76 % s výjimkou Studniční hory, kde se příspěvek vícejaderných PAH blíží 90 %. Studniční hora je velmi specifická lokalita, na které dochází opakovaně k překračování preventivní hodnoty pro obsah PAH. Vysoké obsahy PAH na této lokalitě nejsou primárně zapříčiněny lokální průmyslovou činností, ale dálkovým transportem polutantů – atmosférickou depozicí.

Příspěvek vícejaderných PAH do celkové sumy PAH je od roku 2004 na monitorovaných plochách relativně stabilní, stagnuje nebo mírně roste a to i v případech, kdy celkový obsah PAH v půdě klesá.

Závěry

- V roce 2020 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, 2005–2020) činí 473–710 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (medián 2020: 642 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Ve svrchním horizontu TTP kolísají hodnoty mediánů mezi 433 a 1174 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (medián 2020: 593 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) a na plochách CHÚ v rozsahu 98–238 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (medián 2020: 147 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.).

- Preventivní hodnotu stanovenou vyhláškou č. 153/2016 Sb. ($1,0 \text{ mg.kg}^{-1} \text{ suš.}$) pro polycyklické aromatické uhlovodíky celkem (suma 12 PAH), překročilo v roce 2020 jedenáct vzorků orné půdy a vzorek ze Studniční hory. Po přihlédnutí k nejistotě stanovení by šest vzorků požadavkům vyhlášky vyhovělo.
- Obsahy PAH na monitorovaných plochách byly vyjádřeny pomocí TEF. TTEC tvoří 9 až 15 % z celkové sumy PAH.
- Nejčastěji zastoupenými uhlovodíky jsou fluoranten a pyren. Uvedené uhlovodíky mají ve směsi PAH více než 10% podíl. Vícejaderné PAH tvoří u orných půd a TTP přibližně 86 % celkové sumy PAH, v půdách CHÚ 75 %, s výjimkou Studniční hory.

1.4.1.3 Persistentní chlorované pesticidy v půdě

Šárka Poláková

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

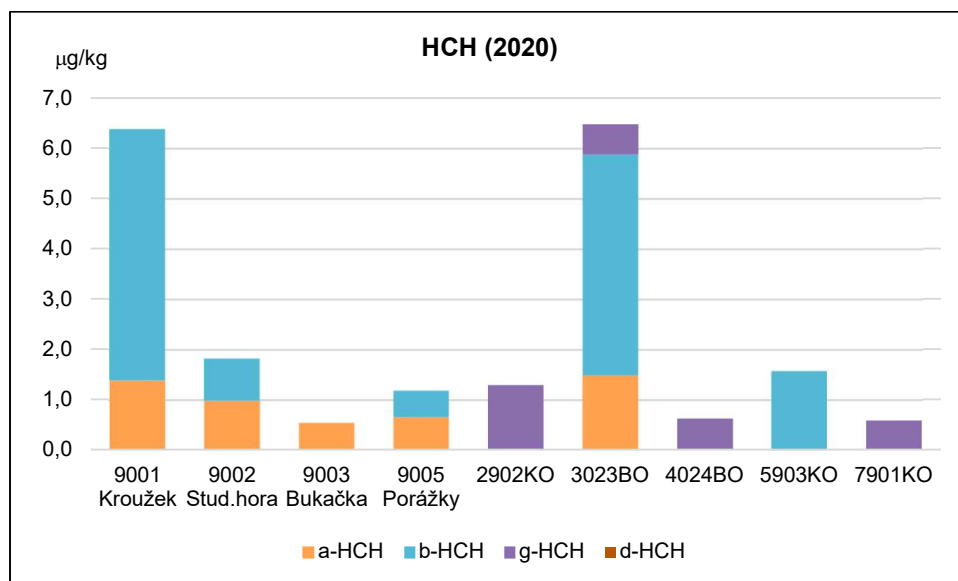
Výsledky stanovení za rok 2020 jsou pro všechny pozorovací plochy uvedeny v příloze 14. Grafické znázornění obsahů jednotlivých pesticidů lze nalézt v přílohách 15–19, s výjimkou HCH, jehož hodnoty jsou pouze u devíti pozorovacích ploch vyšší než mez stanovitelnosti ($0,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Popisnou statistiku výsledků uvádí tabulka 5 (a příloha 20); souhrnná deskriptivní statistika (2005–2020) je uvedena v příloze 24. Průběh mediánů v jednotlivých kulturách zobrazuje příloha 21.

Tabulka 5 Základní statistická charakteristika jednotlivých OCP na monitorovacích plochách BMP v roce 2020 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., ornice)

		Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Počet
Orná půda	HCH	1,22	1,00	1,00	6,73	34
	HCB	2,53	1,73	0,25	9,94	34
	DDTtotal	44,6	15,6	2,07	372	34
Trvalé travní porosty	HCH	1,00	1,00	1,00	1,00	5
	HCB	5,65	2,04	0,25	22,0	5
	DDTtotal	25,2	8,93	2,69	74,9	5
Chráněná území	HCH	2,63	1,68	1,00	6,88	5
	HCB	1,13	0,25	0,25	3,51	5
	DDTtotal	11,1	2,98	1,50	36,0	5

Obsahy **HCH** na plochách Bazálního monitoringu půd jsou dlouhodobě zanedbatelné. Mez stanovitelnosti ($\text{LOQ} = 0,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) byla v roce 2020 překročena ve čtyřech vzorcích orné půdy, na chmelnici a ve čtyřech vzorcích z chráněných území. Byly detekovány α -, β - i γ -izomery, přičemž zejména obsahy β -izomeru ve vzorcích z Kroužku a plochy 3023BO jsou vzhledem k dosavadním výsledkům relativně vysoké. Dále je zajímavé, že zatímco na Kroužku jsou izomery HCH nalézány opakovaně (zejména β -izomer), ve vzorku z plochy 3023BO byl pozitivní nález poprvé od roku 2005. První pozitivní nález HCH je také z ploch 9003 Bukačka a 9004 Porážky (graf 5). Nicméně i takové jednotlivé nálezy HCH se v monitoringu vyskytují. Medián sumy všech čtyř izomerů HCH v orných půdách i TTP je $1,0 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (orniční/svrchní horizont).

Graf 5 **Obsahy HCH detekované ve vzorcích z roku 2020; jsou zobrazeny pouze obsahy vyšší než LOQ**



Od roku 2005 kolísají mediány obsahů **HCB** v ornici orných půd v rozmezí 1,74–3,93 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (nejvyšší hodnota je z roku 2016, nejnižší z roku 2020: 1,73 $\mu\text{g.kg}^{-1}$). Rozsah mediánů obsahů HCB ve vzorcích trvalých travních porostů činí 1,48–5,28 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. ve svrchním horizontu (nejvyšší hodnota z roku 2016, nejnižší z roku 2015; medián 2020 činí 2,04 $\mu\text{g.kg}^{-1}$). Průběh i rozsah hodnot mediánů HCB na orné půdě a TTP je srovnatelný. Obsahy HCB v půdách chráněných území jsou nižší, nejvyšší obsahy HCB jsou zjišťovány na lokalitě Kroužek (9001).

Mediány **sumy DDT** v orné půdě (suma o,p'- a p,p'- izomerů DDT) kolísají od roku 2005 v rozmezí 6,27–16,5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (nejvyšší hodnota z roku 2013, nejnižší z roku 2017; medián pro rok 2020 činí 8,84 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Mediány obsahů sumy DDT ve vzorcích půd z trvalých travních porostů kolísají ve svrchním horizontu v rozmezí 3,74 až 13,9 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (nejvyšší hodnota z roku 2011, nejnižší 2018; medián pro 2020 činí 4,26 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Mediány DDT z chráněných území mají podobný průběh jako je tomu u TTP a orných půd.

Mediány **sumy DDE** v orných půdách kolísají v letech 2005–2020 mezi 5,80 a 13,3 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (medián 2020: 7,12 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) a v půdách s TTP v rozmezí 3,46–15,2 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (2020: 4,17 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ 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 2020 byly obsahy DDT nižší než LOQ nalezeny přibližně na polovině monitorovacích ploch.

Průběh obsahů jednotlivých organochlorových pesticidů na plochách, na kterých došlo ve sledovaném období (2000–2020) k překročení preventivní hodnoty, je graficky znázorněn v přílohách 22 a 23.

Počty vzorků, u nichž došlo k překročení preventivní hodnoty podle vyhlášky č. 153/2016 Sb. jsou uvedeny v tabulce 6. V roce 2020 došlo k překročení preventivní hodnoty pro sumu látek

DDT na čtyřech plochách s ornou půdou a na chmelnici. Po přihlédnutí k nejistotě měření by požadavkům vyhlášky vyhověl vzorek z pozorovací plochy 5903KO. Dále byla překročena preventivní hodnota pro HCB, a to na ploše 4904KO. Preventivní hodnoty pro 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
HCB	20	0	1	0	0	0	0	1	1	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
HCH	10	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

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

Závěry

- V roce 2020 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 2020 $1,73 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Medián obsahu HCB ve vzorcích z trvalých travních porostů dosáhl $2,04 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Průběh i rozsah hodnot mediánů HCB na orné půdě a TTP je srovnatelný. Obsahy HCB v půdách CHÚ jsou nižší.
- Látky skupiny DDT: mediány obsahů DDT, DDE a DDD vypočtené pro rok 2020 činí 8,84, 7,12, resp. $0,97 \mu\text{g.kg}^{-1}$ 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 2020 u parametru DDTtotal ve čtyřech vzorcích orných půd a na chmelnici. Po přihlédnutí k nejistotě měření by požadavkům vyhlášky vyhověl vzorek z pozorovací plochy 5903KO. Dále byla v jednom vzorku překročena preventivní hodnota HCB. Indikační hodnoty překročeny nebyly.

1.4.1.4 Účinné látky používané v přípravcích na ochranu rostlin v půdě

Šárka Poláková

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

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

Ke stanovení byly vybrány látky nejčastěji aplikované na tyto plochy v období pěti let před začátkem samotného monitoringu (1998–2012), a látky nejčastěji aplikované v zemědělské praxi obecně. V roce 2014 bylo v každém vzorku stanoveno celkem 52 účinných látek. V následujících letech byl seznam stanovovaných látek upravován (některé látky byly opuštěny, jiné přidány), v zásadě došlo k rozšíření o další herbicidy a vybrané metabolity (v roce 2015 přibýly metabolity atrazinu, v roce 2017 metabolit terbuthylazinu). V roce 2019 byl rozsah sledovaných látek v BMP rozšířen 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)

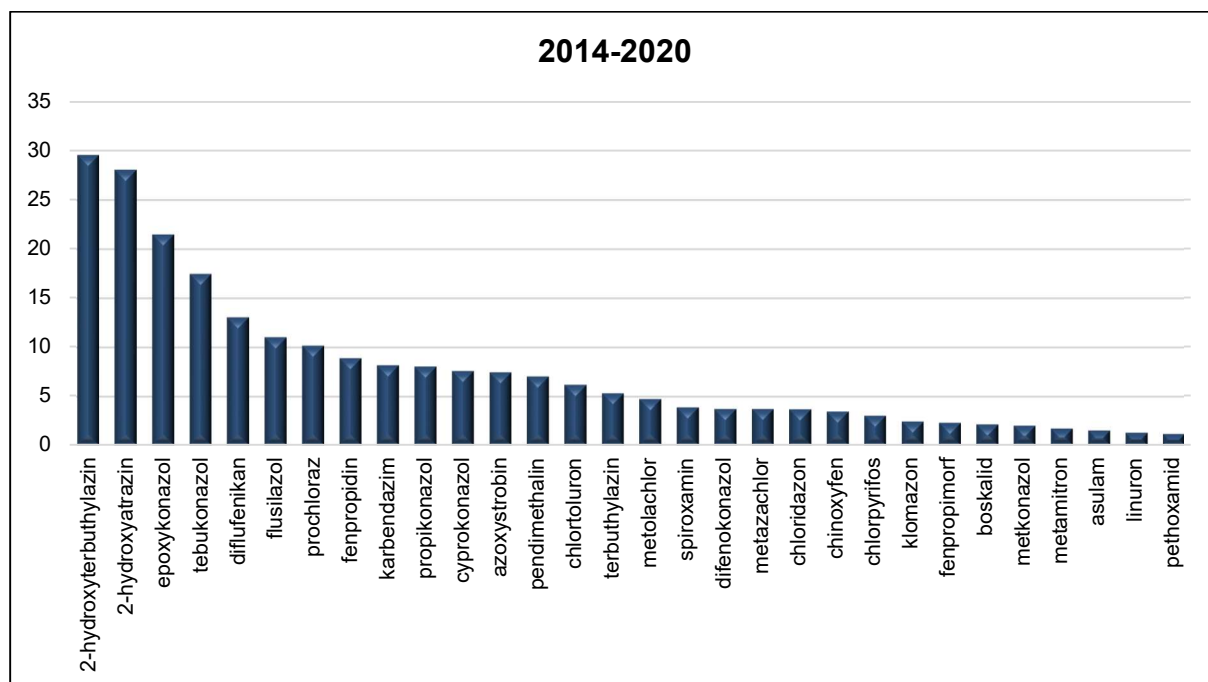
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Celkem	52	68	71	70	70	90	100
Herbicidy	30	38	41	42	42	61	64
Fungicidy	20	22	22	22	22	21	27
Insekticidy	2	5	4	4	4	6	6
Metabolity	-	3	4	2	2	2	3

V půdních vzorcích BMP bylo v roce 2020 nalezeno celkem 48 účinných látek, z toho 27 herbicidů, 25 fungicidů, 3 insekticidy a 3 metabolity. Jejich přehled a základní statistické parametry jsou uvedeny v příloze 25, počty vzorků, ve kterých byly látky detekovány jsou graficky zobrazeny v příloze 26.

Na grafu 6 je zobrazeno 30 účinných látek, které se ve vzorcích vyskytly průměrně více než 1x v daném roce.

Graf 6

Průměrný počet nálezů jednotlivých účinných látek za rok (průměr za celé období sledování 2014–2020)



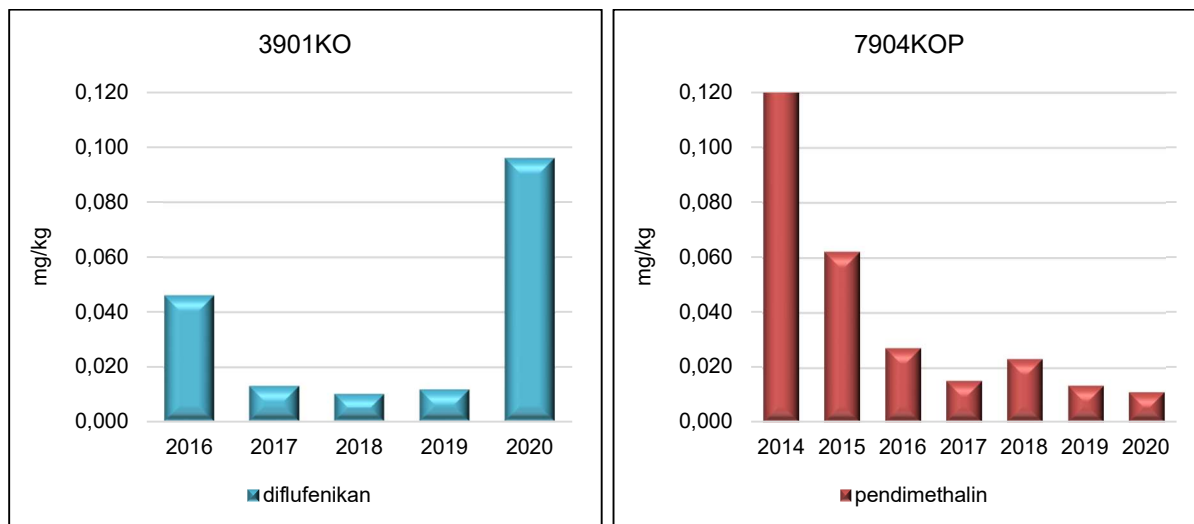
Na prvních dvou místech grafu jsou **metabolity** terbuthylazinu a atrazinu. Používání atrazinu je od roku 2005 zakázáno, ale s jeho metabolitem *2-hydroxyatrazinem* se setkáváme na většině pozorovacích ploch. V roce 2020 byl tento metabolit detekován na všech pozorovacích plochách, včetně chráněných území, kromě jediné plochy – 5017BO (trvalý travní porost). Terbuthylazin je v současné době běžně používán k likvidaci plevelů v kukuřici. Obsahy jeho metabolitu *2-hydroxyterbuthylazinu* jsou tedy v půdě průběžně doplňovány, v roce 2020 nebyl detekován pouze na 6 lokalitách s ornou půdou a 1 ploše TTP. Jelikož terbuthylazin obsahuje jako významnou nečistotu atrazin, dochází při jeho rozkladu také ke vzniku již zmiňovaného 2-hydroxyatrazinu. Nárůst počtu nálezů obou látek v roce 2020 je způsoben snížením kvantifikačního limitu metody.

Následují látky, které můžeme v půdě detekovat **několik let po aplikaci přípravku** (epoxykonazol, tebukonazol, diflufenikan, prochloraz, fenpropidin, cyprokonazol, azoxystrobin, chlortoluron, pendimethalin a terbuthylazin). *Epoxykonazol*, *tebukonazol* a *cyprokonazol* náleží do skupiny triazolových pesticidů a mají společný metabolit (1,2,4-triazol). Jedná se toxikologicky relevantní metabolit, a to znamená, že se na něj vztahují stejná kritéria jako na mateřské účinné látky. Tebukonazol a cyprokonazol se používají také k moření osiva, což představuje významnou cestu vstupu uvedených látek do půdy.

Hodnocení obsahů účinných látek POR v půdě podle legislativního limitu není v současné době možné, protože žádný limit neexistuje. Ve vyhlášce č. 13/1994 Sb., dnes neplatné, bylo uvedeno přípustné znečištění půdy pro pesticidy – 0,01 mg.kg⁻¹ suš. Tato hodnota byla velmi často překročena u *diflufenikanu*, a to v 70 půdních vzorcích ze 103 (příloha 25). Diflufenikan má poločas rozpadu až 621 dní a v půdě ho lze nalézt několik let po aplikaci. Je detekován přibližně na 10 lokalitách BMP za rok. Pomyslnou hranici 0,01 mg/kg překračují pravidelně také obsahy *pendimethalinu* (graf 7), a to ve všech odebraných vzorcích s výjimkou 8 vzorků z roku 2020, kdy došlo ke snížení meze kvantifikace a tím i k zachytu nižších obsahů pendimethalinu. Nejvyšší obsah účinné látky v půdním vzorku BMP (2014–2020) byl naměřen právě u pendimethalinu, a to 0,31 mg.kg⁻¹ suš. v roce 2015.

Nižšími obsahy ale velmi dlouhým setrváním v půdě je typický *prochloraz*. Pro tuto účinnou látku se udává poločas rozpadu až 1000 dní. Toto a jeho další vlastnosti, především velmi silná sorpce v půdě vedou k tomu, že přetrvává v půdě po mnoho let od aplikace. A protože se používá také k moření osiva, doplňují se jeho zásoby v půdě i tímto způsobem.

Graf 7 *Obsah diflufenikanu na ploše 3901KO a pendimethalinu na ploše 7904KOP. Na ploše 3901KO je jasně pozorovatelné zvýšení obsahů diflufenikanu po jeho aplikacích v letech 2015 a 2019; na plochu 7904KOP byl v roce 2014 naposledy aplikován pendimethalin, od té doby pozorujeme jeho pokles. Všechny zobrazené hodnoty jsou vyšší nebo rovno 0,01 mg.kg⁻¹ suš.*



V levé části grafu 6 se s dosti vysokými počty nálezů vyskytují také **látky zakázané** – flusilazol, karbendazim a propikonazol. Používání *flusilazolu* a *karbendazimu* bylo zakázáno již v roce 2013, používání muselo být ukončeno v říjnu 2014. Na sledovaných lokalitách byly příslušné přípravky aplikovány naposledy v roce 2013. Obě uvedené účinné látky jsou v půdních vzorcích pravidelně detekovány. U flusilazolu jsou nálezy podmíněny především dlouhým poločasem rozpadu. Karbendazim má poločas rozpadu sice kratší než flusilazol, na druhou stranu mohou být jeho zásoby v půdě doplňovány aplikací thiofanát-methylu (karbendazim je významný metabolit této účinné látky). Vstup do půdy se zvyšuje v případě, že je thiofanát-methyl použit k moření osiva. *Propikonazol* byl zakázán až v roce 2019, používat se mohl do března 2020. Aplikace propikonazolu byly běžné a tomu odpovídá i četnost nálezů. V půdě přetrvává několik let v koncentracích kolem 0,007 mg.kg⁻¹ suš.

K zakázaným látkám, které byly na monitorovaných plochách detekovány dále patří: chloridazon, chinoxifen, chlorpyrifos, asulam, linuron, diuron, alachlor, pikoxystrobin, prometryn, desmedifam a haloxyfob. Vůbec nejčastěji byl ze zakázaných látek na monitorovací plochy aplikován insekticid *chlorpyrifos* (ukončení používání duben 2020). Krátký poločas rozpadu chlorpyrifosu a způsob aplikace této látky (do vzrostlých porostů) jsou faktory ovlivňující nízkou četnost nálezů chlorpyrifosu v půdě, ale vysokou míru detekce ve finálních zemědělských produktech nebo v částech rostlin.

Zbývají látky z grafu 6 byly v půdních vzorcích detekovány přibližně **1–2 roky po aplikaci** (spiroxamin, difenokonazol, fenpropimorf, klorazon, metkonazol), případně jsou to látky (metazachlor, boskalid), u kterých díky nízkým počtům aplikací a následně i nálezů **nelze zatím zařadit**.

Do monitoringu je dále zařazeno 35 účinných látek, které jsme doposud ve vzorcích **nedetekovali**. Z toho 16 účinných látek je zakázaných. Tyto látky jsou v monitoringu proto, aby se ověřilo jejich případné setrvání v půdě i po zákazu jejich používání. Patří sem dichlorprop, dimethoát, fluazifop, haloxyfop-2ethoxyethyl, mekoprop, ometoát, pirimifos-methyl, propachlor, quinclorac, terbutryn, triasulfuron, atrazin, simazin hexazinon, acetochlor a chlorsulfuron. Žádná z těchto látek nebyla na sledovaných lokalitách po zákazu aplikována.

Z dalších nenalezených látek je zajímavé zmínit *florasulam* a *aminopyralid*, které jsou na monitorovaných plochách velmi často aplikovány, zejména prostřednictvím přípravků Mustang a Mustang Forte. V přípravcích Hurricane a Ataman je společně s uvedenými dvěma látkami aplikován ještě *pyroxsulam*. Uvedené látky mají velmi krátký poločas rozpadu a jsou považovány za látky v půdě neperzistentní.

Kromě dat o obsahu reziduí účinných látek v půdě, ústav sbírá také informace o aplikovaných přípravcích. Informace o aplikacích účinných látek jsou zpracovávány se zpožděním, neboť jsou vloženy do databáze až během prvního pololetí následujícího roku.

V dosavadním průběhu monitoringu, v letech 2014–2019 (informace o aplikacích POR v roce 2020 nejsou dosud k dispozici), nedošlo k žádné aplikaci přípravku na ochranu rostlin na plochách s trvalými travními porosty (pět monitorovacích ploch) a samozřejmě na plochách v CHÚ. V roce 2019 nebyl žádný přípravek na ochranu rostlin aplikován ani na šesti plochách s ornou půdou.

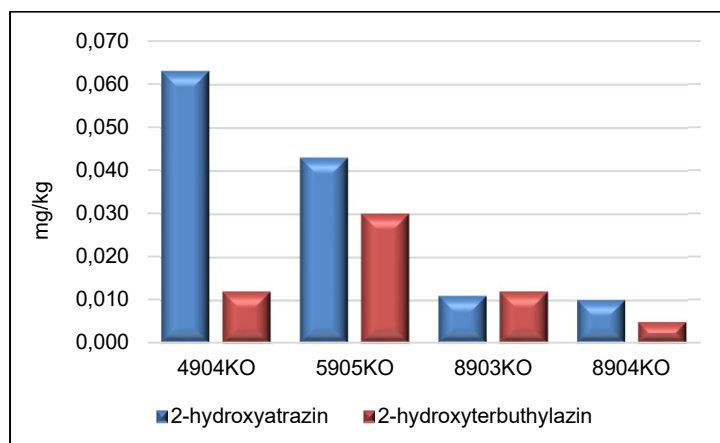
Na těchto zmiňovaných plochách byly

- na čtyřech plochách s TTP opakovaně nalezeny 2-hydroxyatrazin a 2-hydroxyterbuthylazin (graf 8), plus chlortoluron v roce 2014 na ploše 5905KO,
- učiněn první pozitivní nález účinné látky na ploše TTP 5017BO za celé období monitoringu (fenpropidin),
- ve vzorcích z chráněných území v roce 2020 poprvé detekovány zmíněné metabolity.
- ve vzorcích orných půd z lokalit bez doložené aplikace POR v roce 2019 detekováno 2 až 10 účinných látek. Byly nalezeny metabolity, zakázané látky (3x flusilazol, 3x chloridazon, 2x asulam, 1x chinoxifen a karbendazim) a látky setrvávající v půdě po několik let (2x diflufenikan, 2x epoxykonazol, po 1 nález azoxystrobin, fenpropidin, metamitron, metolachlor, pendimethalin a tebukonazol).

Pozitivní nálezy účinných látek v roce 2020 jsou podmíněny sníženým kvantifikačním limitem.

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

Graf 8 *Průměrné obsahy 2-hydroxyatrazinu (2015–2020) a 2-hydroxyterbuthylazinu (2017–2020) v půdách travních porostů*



Závěry

- V roce 2020 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 90 účinných látek POR.
- Celkem bylo v roce 2020 detekováno 46 účinných látek a 2 metabolity. Nejčastěji byl ve vzorcích detekován metabolit atrazinu, 2-hydroxyatrazin, následovaný metabolitem terbuthylazinu 2-hydroxyterbuthylazinem, na více než 20 plochách byl nalezen epoxykonazol, diflufenikan a tebukonazol.
- V průběhu dosavadního monitoringu (2014–2020) bylo ve vzorcích nalezeno 57 různých účinných látek. Nejčastěji detekovanými látkami byly 2-hydroxyterbuthylazin, 2-hydroxyatrazin, následoval epoxykonazol a tebukonazol.
- Na každé monitorované ploše, včetně ploch v chráněných územích byla detekována minimálně 1 účinná látka.
- Po sedmi letech sledování vybraných účinných látek POR a v kombinaci s informacemi o jejich aplikaci na konkrétních lokalitách je možné tyto látky zhruba rozdělit do několika skupin:
 - látky, které ve vzorcích půd nenacházíme,
 - látky zakázané, které jsou v půdě detekovány,
 - metabolity atrazinu a terbuthylazinu,
 - látky detekované v půdě několik let po aplikaci,
 - látky detekované 1-2x po aplikaci,
 - látky, jejichž chování zatím nelze generalizovat.

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 $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. 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 byl parametr C10-C40 stanoven právě na těchto pěti monitorovacích plochách.

V případě jedné lokality – 7901KO – došlo k překročení preventivní hodnoty jak v roce 2018, tak v roce 2020. 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 27.

Závěry

- V roce 2020 byl parametr C10-C40 stanoven v 5 půdních vzorcích odebraných z lokalit, na kterých byl obsah uvedeného parametru vyšší než mez stanovitelnosti.
- 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 odebrány vzorky ornice (O) a podorníčí (P). V letech 1993–1996 a v roce 2000 byly vzorky odebrány ze všech pozorovacích ploch BMP, přičemž u ploch TTP byly odebrány 3 vrstvy (O, P, R). Od roku 2004 jsou vzorky odebrány 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 odebrány jsou vrstvy O, P (včetně TTP).

Vzorky jsou odebrány 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 letech 1993–2020 (N-NO₃ v mg.kg⁻¹ sušiny, N-NH₄ v mg.kg⁻¹ sušiny, Nmin v mg.kg⁻¹ sušiny)*

	Horizont	Počet vzorků	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	10% percent.	90% percent.
N-NO ₃	O	1150	8,17	6,10	< 0,20	78,8	2,00	15,8
	P	1144	7,54	5,21	< 0,20	227	1,30	15,7
	R	93	2,41	1,80	< 0,20	17,7	0,44	4,46
N-NH ₄	O	1177	5,03	2,90	< 0,20	381	0,50	11,1
	P	1168	3,20	2,00	< 0,20	149	0,34	7,42
	R	93	4,17	3,80	0,25	12,2	1,39	7,24
Nmin	O	1147	13,7	10,9	< 0,20	435	5,20	23,9
	P	1143	10,9	8,50	< 0,20	185	3,56	20,2
	R	88	6,48	5,79	0,80	18,0	3,33	10,6

Tabulka 9 *Statistické vyjádření obsahů minerálního dusíku ve vzorcích z odběrů v roce 2020 (N-NO₃ v mg.kg⁻¹ sušiny, N-NH₄ v mg.kg⁻¹ sušiny, Nmin v mg.kg⁻¹ sušiny)*

	Horizont	Počet vzorků	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	10% percent.	90% percent.
N-NO ₃	O	23	4,78	4,00	0,70	12,7	1,32	8,84
	P	23	4,41	3,40	0,40	13,5	0,64	9,98
N-NH ₄	O	23	2,00	1,30	< 0,20	9,20	< 0,20	4,16
	P	23	1,16	0,60	< 0,20	5,40	< 0,20	3,02
Nmin	O	23	8,50	7,30	3,00	17,0	4,66	14,9
	P	23	6,84	5,30	1,20	18,8	1,72	14,3

Statistické hodnocení obsahů N-NO₃, N-NH₄ a Nmin v půdách BMP v letech 1993–2020 a v roce 2020 je uveden v tabulkách 8 a 9. Medián pro nitrátový dusík z celé periody let má hodnotu 6,10 mg.kg⁻¹ původního vzorku, přičemž minimální a maximální naměřená hodnota byla < 0,20 mg.kg⁻¹ resp. 78,8 mg.kg⁻¹ pro orníční horizont. Podorníčí vykazuje nižší obsahy, ale maximální hodnota byla dosažena vyšší než v případě ornice, a to 227 mg.kg⁻¹. Horizont R, který byl odebírán u TTP v letech 1993–2003 se vyznačuje nejnižšími hodnotami. Mediány amonného dusíku jsou v porovnání s nitrátovým dusíkem nižší v horizontech O i P, naopak v horizontu R u TTP jsou vyšší. V případě hodnot mediánů nitrátového a amonného dusíku v roce 2020 jsou výrazné rozdíly oproti celé sledované periodě let 1993–2020, obsahy nitrátového i amonného dusíku jsou v ornici i podorníčí v roce 2020 výrazně nižší.

Nitrátový dusík v ornici představuje určité nebezpečí pro jakost vod, protože v závislosti na průběhu počasí, zejména intenzity srážek, může být v různé míře vyplavován do hlubších vrstev půdy. Největším potenciálním rizikem je vysoký obsah N-NO₃ na konci podzimu, kdy již

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

Pro hodnocení obsahu $N-NO_3$ 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 10).

Tabulka 10 *Hodnocení obsahu $N-NO_3$ v půdě ($mg \cdot kg^{-1}$)*

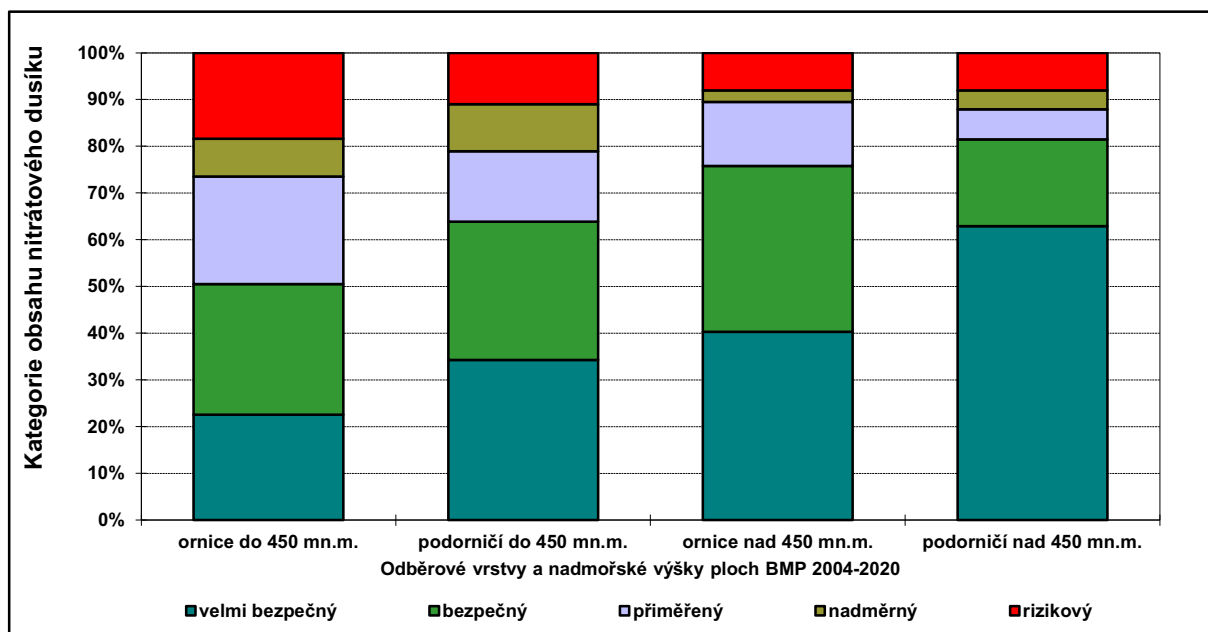
obsah $N-NO_3$	do 450 m n. m.	nad 450 m n. m.
velmi bezpečný	do 5,0	do 4,0
bezpečný	5,1 – 10,0	4,1 – 8,0
přiměřený	10,1 – 15,0	8,1 – 12,0
nadměrný	15,1 – 20,0	12,1 – 16,0
rizikový	nad 20,1	nad 16,1

Tabulka 11 *Statistické vyjádření obsahů minerálního dusíku ve vzorcích ze stálého počtu 23 ploch BMP v letech 2004–2020 s rozdělením ploch podle nadmořské výšky ($mg \cdot kg^{-1}$ sušiny)*

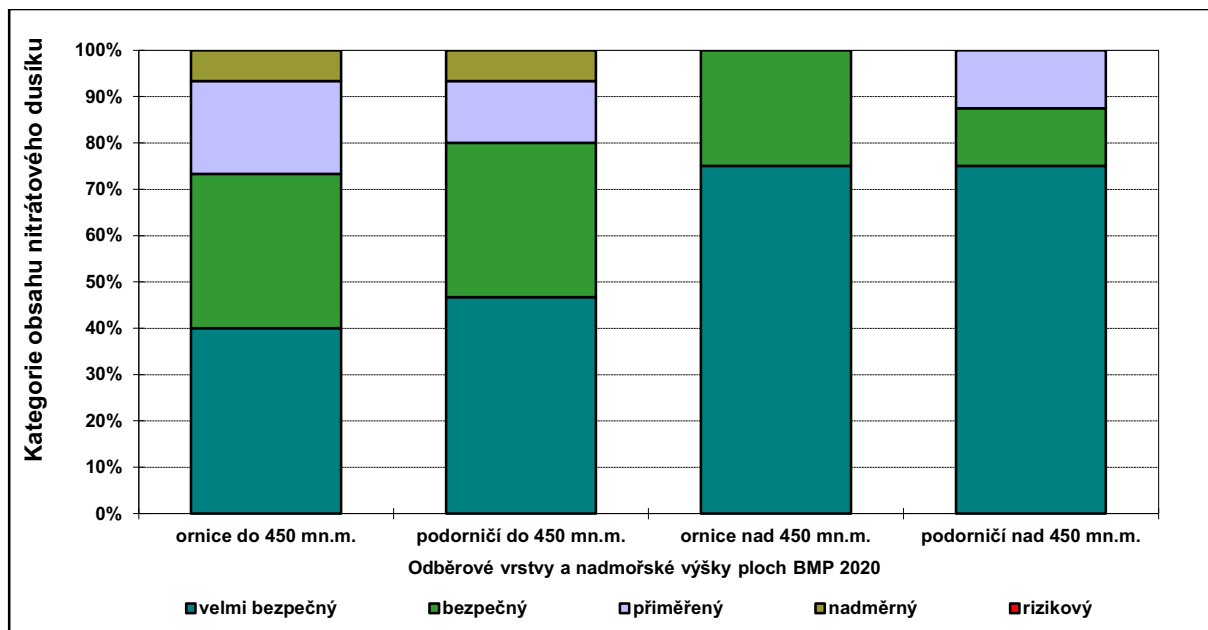
Nadm. výška		Horizont	Počet vzorků	Průměr	Medián	Min.	Max.	10% percent.	90% percent.
< 450	$N-NO_3$	O	223	13,1	9,27	0,53	94,3	3,42	26,3
		P	219	9,78	7,56	< 0,20	83,1	1,84	21,1
	$N-NH_4$	O	223	2,28	1,19	< 0,20	19,3	< 0,20	5,79
		P	219	1,43	0,70	< 0,20	16,9	< 0,20	3,72
	Nmin	O	223	15,4	12,4	1,10	94,8	4,96	29,0
		P	219	11,2	8,40	0,20	83,9	2,70	22,8
> 450	$N-NO_3$	O	124	7,27	4,91	0,74	69,1	1,98	13,1
		P	124	5,47	2,77	< 0,20	38,7	0,95	13,5
	$N-NH_4$	O	124	6,09	5,59	< 0,20	22,9	1,78	11,4
		P	124	2,43	2,08	< 0,20	10,0	0,73	4,41
	Nmin	O	124	13,5	11,6	2,70	77,1	6,60	20,7
		P	124	7,94	5,70	1,20	40,0	2,80	17,4

Rozdělení oblastí podle nadmořských výšek bylo použito pro hodnocení odběrů z let 2004–2020, kdy byly odběry vzorků prováděny každoročně na stálém počtu 23 ploch (tabulka 11). Rozdělení na oblasti bylo použito nejen pro hodnocení obsahu dusíku nitrátového, ale i amonného. Z výsledků zřetelně vyplynulo, že oblasti do 450 m n. m. obsahují v orníčním i podorníčním horizontu vyšší množství nitrátového dusíku než oblasti nad 450 m n. m. U amonného dusíku je tomu přesně naopak (vyšší obsahy jsou v ornici i podorníčí u oblastí s nadmořskými výškami nad 450 m).

Graf 9 *Procentické zastoupení vzorků v jednotlivých kategoriích obsahů N-NO₃ v ornici a podorničí 23 stálých ploch BMP, 2004–2020*



Graf 10 *Procentické zastoupení vzorků v jednotlivých kategoriích obsahů N-NO₃ v ornici a podorničí 23 stálých ploch BMP, 2020*



Rozčlenění na jednotlivé kategorie podle obsahů nitrátového dusíku z tabulky 11 bylo použito ke grafickému zobrazení zjištěných obsahů N-NO₃ v půdě z let 2004–2020 a z roku 2020 (graf 9 a 10). Obsahy N-NO₃ jsou zařazeny do pěti kategorií (velmi bezpečný, bezpečný, přiměřený, nadměrný a rizikový) podle nadmořských výšek do 450 m n. m. a nad 450 m n. m. Grafy 9 a 10 nám ukazují velmi zřetelný rozdíl mezi oblastmi. U oblastí s nadmořskými výškami nad 450 m n. m. v periodě let 2004–2020 v kategoriích bezpečných obsahů (velmi bezpečný a bezpečný) se nalézají 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 2020, kde je rozdíl mezi oblastmi ještě zřetelnější. Navíc v roce 2020 se v souboru vzorků ze sledovaných 23 stálých ploch BMP nevyskytoval žádný vzorek v kategorii rizikového obsahu (ani v oblastech do 450 m n. m.) Pozitivně se oproti tomu navýšil počet vzorků v kategoriích velmi bezpečný a bezpečný obsah, kde se v oblastech do 450 m n. m. v roce 2020 nalézalo přes 70 % vzorků ornice a 80 % vzorků podorníčí. V oblastech nad 450 m n. m. se vyskytovalo v kategoriích velmi bezpečný a bezpečný obsah v ornici dokonce 100 % vzorků a v podorníčí téměř 90 %.

Závěry

- Minerální dusík je na plochách BMP stanovován od roku 1993.
- Medián souboru 1150 vzorků z let 1993–2020 měl pro nitrátový dusík v ornici hodnotu 6,10 mg.kg⁻¹ a pro amonný dusík 2,90 mg.kg⁻¹. Podorníčí vykazuje nižší obsahy jak pro nitrátový, tak pro amonný dusík. V roce 2020 byly hodnoty nitrátového i amonného dusíku oproti letům 1993–2020 v ornici i podorníčí výrazně nižší.
- Od roku 2004 je prováděno stanovení nitrátového i amonného dusíku v ornici a podorníčí 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 2004–2020 byly zjištěny vyšší obsahy nitrátového dusíku ve vzorcích z oblastí do 450 m n. m. jak v orničním, tak i podorníčním horizontu než v oblastech nad 450 m n. m. Obsahy amonného dusíku ve sledovaném období byly vyšší v oblastech nad 450 m n. m. jak v ornici tak i v podorníčí oproti oblastem do 450 m n. m.
- Hodnocení obsahů nitrátového dusíku podle kategorií ve vzorcích z roku 2020 ukázalo nárůst v kategorii velmi bezpečný a bezpečný obsah, kde se nalézalo v oblastech do 450 m n. m. přes 70 % vzorků ornice a 80 % vzorků podorníčí. V oblastech nad 450 m n. m. se vyskytovalo v ornici 100 % vzorků a v podorníčí 88 %. V souboru se nevyskytoval žádný vzorek v kategorii rizikového obsahu nitrátového dusíku.

1.4.1.7 Monitoring mikrobiálních parametrů půd ČR

Stanislav Malý

Pro účely monitoringu mikrobiálních parametrů bylo během prvního týdne měsíce října vzorkováno 45 lokalit, z nichž pět se nacházelo na území CHKO. Půda byla odebírána z vrstvy 0–15 cm. Vzorky byly bezprostředně pro doručení do laboratoře prosety (2 mm) a uskladněny při -20 °C. Před analýzou byly rozmražovány týden v lednici a před vlastním měřením preinkubovány a to v závislosti na dané metodě. Výjimkou bylo stanovení enzymatických aktivit pomocí fluorogenních substrátů a analýza DNA, které byly zahájeny ihned po rozmražení. Přehled laboratorních stanovení uvádí tabulka 12.

Tabulka 12 *Přehled analýz provedený v rámci monitoringu mikrobiálních vlastností půd ČR v roce 2020 (OMB – Národní referenční laboratoř, oddělení mikrobiologie a biochemie)*

Metoda	Počet vzorků	Pracoviště ÚKZÚZ
oxidovatelný uhlík	45	OMB Brno
pH (KCl)	45	Odbor NRL Brno
zrnitostní rozbor	45	Odbor NRL Brno
kationtová výměnná kapacita	45	Odbor NRL Brno
(horkou) vodou extrahovatelný C	45	OMB Brno
uhlík mikrobiální biomasy	45	OMB Brno
dusík mikrobiální biomasy	45	OMB Brno
bazální respirace titračně	45	OMB Brno
bazální respirace systémem OxiTop	45	OMB Brno
substrátem indukovaná respirace systémem OxiTop	45	OMB Brno
růstové křivky: specifická růstová rychlost (μ)	45	OMB Brno
amonifikace	45	OMB Brno
nitrifikační aktivita	45	OMB Brno
aktivita ureázy	45	OMB Brno
restrikční analýza fragmentu genu amoA	28	OMB Brno

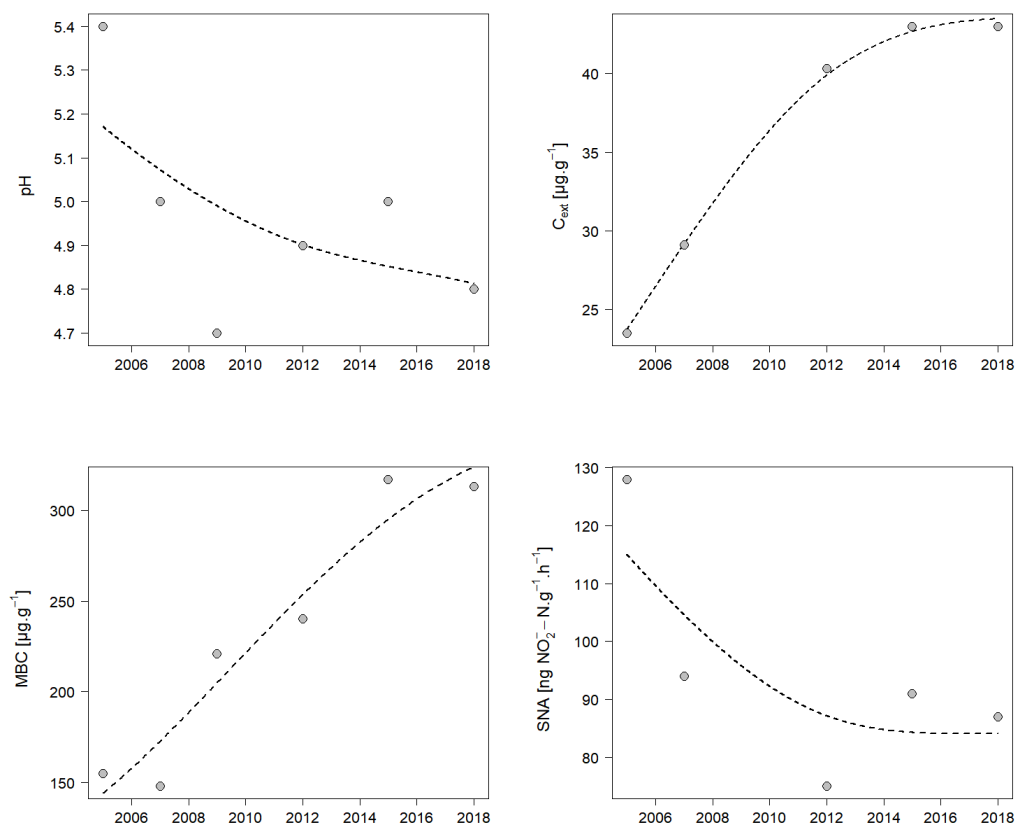
Monitoring přináší jedinečnou možnost sledovat časový průběh půdních vlastností v důsledku změn v obhospodařování půdy. Příkladem může být zatravnění orné půdy nebo méně častá přeměna trvalého travního porostu na ornou půdu. Znalost těchto procesů je důležitá pro modelování půdních procesů, jako je např. akumulace organického C v půdě. Časová závislost sledovaných charakteristik zpravidla nemá lineární průběh. Po počátečním nárůstu nebo poklesu dané půdní vlastnosti obvykle následuje plateau odpovídající novému rovnovážnému stavu. Časový průběh může mít sigmoidální charakter, kdy trvá určitou dobu, než se změna v agrotechnickém zásahu začne projevovat na dané půdní vlastnosti.

Pro hodnocení těchto dat lze s výhodou použít spline. Jedná se o aproximační křivku, skládající se z úseků vyjádřených polynomy. Jako příklad uvádíme plochy 5010 a 7042 (graf 11 a 12). Jedná se o původně orné půdy, přeměněné na trvalý travní porost. V prvním případě došlo k zatravnění v roce 2004 s prvním odběrem v následujícím roce, ve druhém byla na ploše v letech 1999–2001 pěstována jetelotráva a od roku 2001 je vedena jako travní porost. Odběry zde byly zahájeny v roce 1999. Na ploše 5010 bylo do roku 2018 provedeno 6 odběrů, z plochy bylo do roku 2018 odebíráno celkem 11 ×.

Hodnoty pH v obou půdách v důsledku zatravnění klesaly, na ploše 5010 pozvolněji. V případě plochy 7042 je pokles strmý a rychlost poklesu stanovená z první derivace splinu ukázala hodnoty v rozmezí 0,055–0,084 jednotky pH za rok. Uvedený příklad ilustruje výhodu použití B-splinu; je derivovatelný, což lze využít ke stanovení okamžité rychlosti změny dané půdní vlastnosti. Extrahovatelný C (0,5 M K₂SO₄) je labilní frakce C, dostupná mikroorganismům. V obou půdách došlo bezprostředně po změně obhospodařování k nárůstu koncentrace C_{ext}. Maximální rychlost tohoto procesu (2,73 μgC.g⁻¹.r⁻¹ pro 5010; 3,93 μgC.g⁻¹.r⁻¹ pro 7042) byla v obou případech detekována dva roky po zatravnění. Postupný pokles těchto parametrů až na hodnoty 0,11 μgC.g⁻¹.r⁻¹ (5010) a 0,29 μgC.g⁻¹.r⁻¹ (7042) v roce 2018 naznačuje že se blíží dosažení nového rovnovážného stavu. Získaná data naopak ukazují, že změny v mikrobiální biomase představují dlouhodobější proces. Přestože rychlost růstu MBC byla v obou půdách nejnižší v roce 2018, zjištěné hodnoty (6,90 μgC.g⁻¹.r⁻¹ pro 5010; 4,36 μgC.g⁻¹.r⁻¹) naznačují, že dosud nebylo dosaženo rovnovážného stavu. Naopak v případě nitrifikace byla změna obhospodařování doprovázena bezprostředním snížením aktivity amoniak oxidujících mikroorganismů, což je rozhodující měrou výsledek poklesu pH. Dosažení rovnovážného stavu bylo v obou případech dosaženo přibližně po 12 letech od zatravnění.

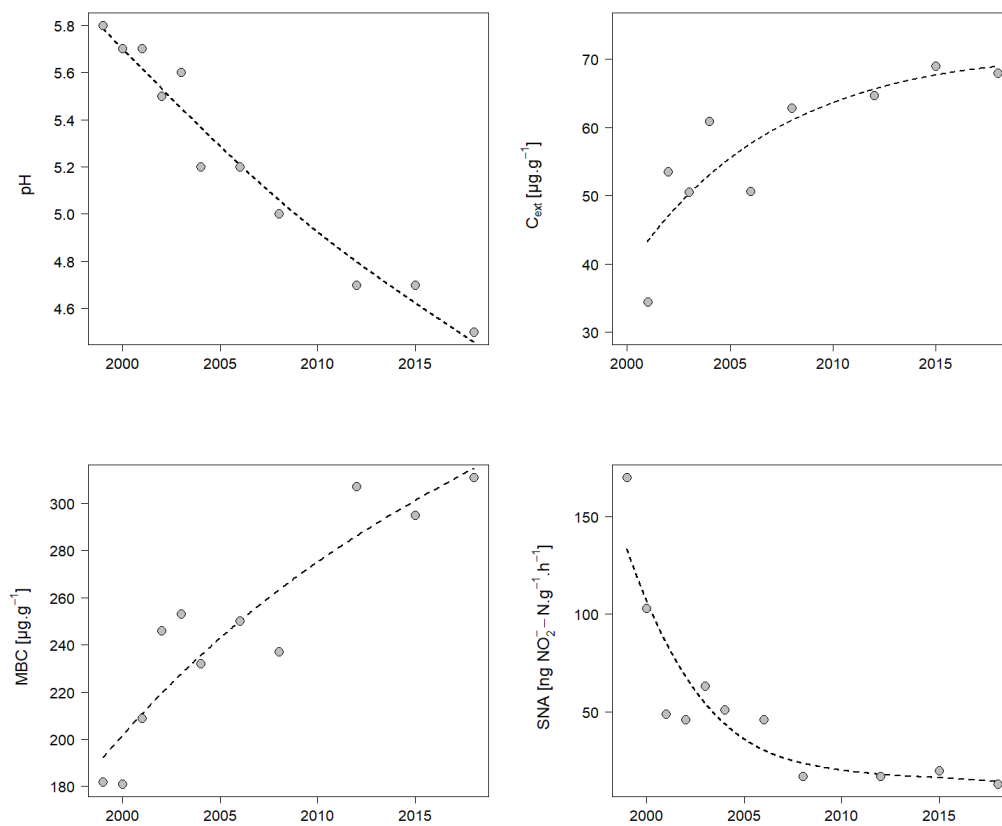
Uvedené příklady ilustrují možnosti využití splinu při hodnocení změn půdních vlastností v čase v těch případech, které nemají lineární průběh. Hodnocení půdních charakteristik na dvou orných půdách ukázalo, že ke změnám došlo bezprostředně po zatravnění. Časový průběh byl podobný pro obě plochy a lišil se v závislosti na sledovaném parametru.

Graf 11 Časový průběh sledovaných parametrů v půdě 5010. C_{ext} – extrakt 0,5 M K₂SO₄, MBC – C mikrobiální biomasy, SNA – krátkodobá nitrifikační aktivita.



Graf 12

**Časový průběh sledovaných parametrů v půdě 7042. C_{ext} – extrakt 0,5 M K_2SO_4 ,
MBC – C mikrobiální biomasy, SNA – krátkodobá nitrifikační aktivita.**



1.4.1.8 Monitoring rostlinné produkce – obsahy rizikových prvků v rostlinách

Lenka Prášková

V roce 2020 bylo analyzováno 87 vzorků rostlin z 52 lokalit. V příloze 28 jsou uvedeny výsledky měření obsahů rizikových prvků v rostlinách z pozorovacích ploch Bazálního monitoringu půd. Pro celé období sledování (1997–2020) byly vypočítány průměrné obsahy rizikových prvků v rostlinách (příloha 29). Tyto hodnoty by měly být chápány jako orientační, protože u některých plodin se jedná o výsledek jedné nebo několika málo analýz a nebyly tak vyloučeny extrémní hodnoty.

V roce 2020 byl celkem v 7 vzorcích zjištěn nadlimitní obsah prvku.

Ve čtyřech vzorcích (2x zrna pšenice ozimé, 2x zrna tritikale) byla překročena nejvyšší přípustná hodnota stanovená Nařízením Komise (ES) č. 1881/2006 (hodnocení z hlediska potravin). Vzorky zrna pšenice byly nadlimitní z hlediska obsahu kadmia a olova a rovněž tak i vzorky zrna tritikale. V případě vzorku zrna tritikale (pozorovací plocha 8026BOP) byl v rámci jednoho vzorku překročen limit jak pro kadmium, tak zároveň pro olovo. V případě druhého vzorku zrna tritikale (pozorovací plocha 3002B) byl tento vzorek nadlimitní z hlediska potravin (olovo – $1,40 \text{ mg.kg}^{-1}$) a zároveň byl nadlimitní z hlediska krmiv. Vyskytoval se zde nezvykle vysoký obsah arzenu – $9,68 \text{ mg.kg}^{-1}$. V roce 2020 byl odebrán jeden vzorek máku, který plně vyhověl hodnocení podle vyhlášky č. 329/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

Z hlediska krmiv, jejichž limity jsou stanovené Směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2002/32/ES ve znění Nařízení Komise (EU) 2017/2229, byly kromě vzorku 3002B nadlimitní ještě další 3 vzorky. Vzorky pocházely z kontaminovaných ploch (2902KO, 2904KO, 8902KO) a jednalo se o vzorky slámy řepky ozimé.

Vzorky rostlin s překročenými limitními hodnotami u jednotlivých plodin uvádí příloha 30.

Závěry

- V roce 2020 byla provedena analýza 87 vzorků rostlin z 52 pozorovacích ploch BMP.
- V sedmi 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 ve čtyřech případech ze sedmi ve vzorcích z kontaminovaného subsystému monitoringu.

1.4.2 Kontrola hnojiv a pomocných látek

Jaroslav Houček

Oddělení hnojiv schvaluje hnojiva (včetně pomocných rostlinných přípravků, 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 485 rozhodnutí, dále bylo ohlášeno 146 hnojiv, v režimu vzájemného uznávání byl evidován 71 výrobek a v režimu hnojiv ES 63 hnojiva.

V rámci odborného dozoru bylo odebráno celkem 228 vzorků, z toho 155 registrovaných hnojiv, 17 ohlášených hnojiv, 36 hnojiv ES, 3 vzájemně uznané výrobky a 17 hnojiv určených k aplikaci na vlastní pozemky. Na základě nevyhovujících výsledků analýz vzorků bylo zrušeno 7 rozhodnutí o registraci a 1 ohlášení hnojiva. Důvodem bylo kromě nevyhovujících jakostních ukazatelů také překročení limitů 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.

Tabulka 13 Hnojiva, u nichž byly v roce 2020 zjištěny nadlimitní obsahy rizikových prvků (červeně vyznačen limit rizikových prvků)

Výrobek	Překročení limitů rizik. prvků (v mg prvku/kg vysuš. vz.)
Minerální hnojivo	Pb (41,9/ 15); Cd (66,3/ 50)
Digestát	Zn (1400/ 1200)
Digestát	Zn (1460/ 1200)
Kompost	Ni (71/ 50)
Kompost	Ni (127/ 50)
Kompost	Zn (628/ 600); Hg (1,14/ 1,0)

Tabulka 14 Cílené kontroly v roce 2020 – 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	94 (3/4)	Ni (71/ 50); Ni (127/ 50); Zn (628/ 600); Hg (1,14/ 1,0)
Digestáty	11 (2/0)	Zn (1400/ 1200); Zn (1460/ 1200)
Statková hnojiva	9 (0/-)	

1.4.3 Monitoring kalů ČOV

Lenka Prášková

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

V roce 2020 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 bifenyly, polycyklické aromatické uhlovodíky a organochlorové pesticidy. Od roku 2012 je stanovováno 9 kongenerů PBDE. Od roku 2013 jsou ve vzorcích určených ke stanovení organických polutantů stanovovány také vybrané perfluorované sloučeniny – PFAS. Od roku 2016 jsou v externí laboratoři stanovovány ve vzorcích z vybraných čtyř ČOV mikrobiologické parametry. V externí laboratoři byly též v roce 2020 stanoveny halogenované organické sloučeniny (AOX).

Obsahy jednotlivých prvků a organických polutantů jsou od roku 2016 hodnoceny podle vyhlášky č. 437/2016 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě. Do roku 2016 bylo hodnocení prováděno podle vyhlášky č. 382/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů k zákonu č. 185/2001 Sb., o odpadech, 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 2020 je uvedeno v příloze 31 pro ČR a v příloze 32 pro jednotlivé kraje (byly odebrány vzorky z 12 krajů; nebyl zastoupen kraj Hlavní město Praha a Královéhradecký). V kraji Ústeckém a Libereckém byly v roce 2020 nalezeny nejvyšší mediány obsahů rizikových prvků ve vzorcích. V Ústeckém kraji to byl nejvyšší obsah Cr, Mo, Ni, V a v Libereckém kraji Be, Cd, Pb, Zn (příloha 33). Příloha 34 uvádí výčet všech ČOV, na kterých byl v roce 2020 zjištěn nadlimitní výskyt sledovaných RP.

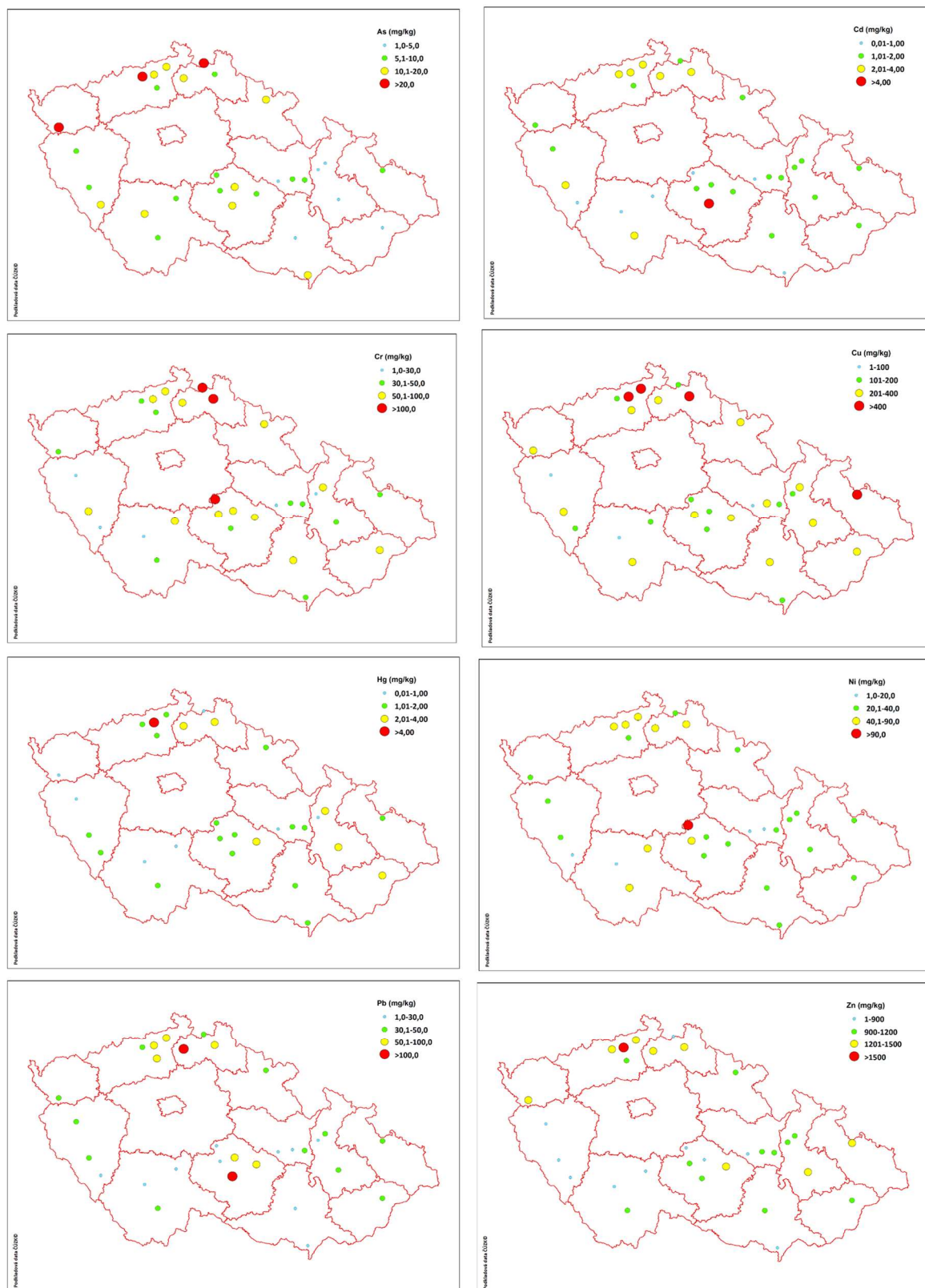
Přehled počtu vzorků kalů s nadlimitním obsahem rizikových prvků uvádí tabulka 15. Z této tabulky je patrné, že z celkových odebraných 40 vzorků kalů bylo 9 vzorků nadlimitních a u těchto vzorků bylo zjištěno 10 překročení limitních obsahů rizikových prvků. Ze 40 vzorků nejvíce krát překročila limitní hodnotu měď (2 překročení, což odpovídá 5 % vzorků), nikl a olovo, u kterých bylo zaznamenáno rovněž jako u mědi po dvou překročeních.

Tabulka 15 *Počty vzorků kalů překračující limitní hodnoty stanovené vyhláškou č. 437/2016 Sb., ve znění pozdějších předpisů s počtem překračujících jednotlivých rizikových prvků a počty ČOV s nadlimitním obsahem alespoň jednoho rizikového prvku (2020; jednotlivé kraje, ČR)*

Kraj	Počet nadlimitních prvků								Počet vzorků kalů z ČOV		
	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	Celkem	Z toho nadlimitní	
										počet	%
Hlavní město Praha									-	-	-
Jihočeský									4	0	0
Jihomoravský									5	0	0
Karlovarský									1	0	0
Královéhradecký									-	-	-
Liberecký							1		2	1	50
Moravskoslezský									1	0	0
Olomoucký									3	0	0
Pardubický									2	0	0
Plzeňský	1			1		1			4	2	50
Středočeský									5	0	0
Ústecký			1	1					3	2	67
Vysočina		1				1	1	1	6	4	67
Zlínský									4	0	0
Celkem	1	1	1	2	0	2	2	1	40	9	22,5

Hodnoty mediánů uvedených jsou graficky znázorněny na obrázku 1, a to u těch ČOV, které byly odebírány 8–10x za posledních 10 let. Celkem se jedná o 30 ČOV. Z obrázku je patrné, že se mediány Cu u 13 sledovaných ČOV (43 %) nacházely do obsahů 200 mg.kg⁻¹, největší zastoupení měla kategorie obsahů 200–400 mg.kg⁻¹, která byla zastoupena 13 (43 %) ČOV. Dále se zde vyskytovaly 4 ČOV, které za desetiletou periodu vykázaly medián vyšší než 400 mg.kg⁻¹, přičemž mezní koncentrace obsahu Cu pro použití kalu na zemědělské půdě je 500 mg.kg⁻¹.

Obrázek 1 **Obsah rizikových prvků ve vzorcích kalů ČOV, které byly v průběhu 10 let (2011–2020) odebírány 8–10x (medián, $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)**



Grafické znázornění vývoje aritmetických průměrů a mediánů obsahů RP v kalech ČOV za období sledování 2001 až 2020 je uvedeno v příloze 35. 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 opětý nárůst obsahů. U arzénu a chromu se hodnoty mediánů udržují víceméně na stejné úrovni.

V rámci České republiky nevyhovělo v roce 2020 limitním hodnotám rizikových prvků stanoveným ve vyhlášce č. 437/2016 Sb. 9 vzorků kalů ze 40 ČOV (22,5 %). Tyto kaly by tedy nebylo možné aplikovat na zemědělskou půdu. K limitním hodnotám pro rizikové prvky navíc přistupují další kritéria (obsah organických polutantů, mikrobiální znečištění), takže lze očekávat, že pro přímé použití na zemědělskou půdu bude počet nevyhovujících vzorků kalů ještě vyšší. Nejvyšší podíl ČOV produkujících kaly s nadlimitním obsahem alespoň jednoho rizikového prvku byl v roce 2020 zjištěn v Ústeckém kraji a Kraji Vysočina (u obou krajů bylo z odebraných vzorků 67 % nadlimitních; v Ústeckém kraji to byly 2 vzorky ze 3 odebraných vzorků a v Kraji Vysočina 4 vzorky ze 6 odebraných). Následovaly kraje Liberecký (50 %) a Plzeňský (50 %) (tabulka 20).

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 (2001–2020)

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
Celkem ČOV		90	88	78	78	82	80	82	82	40	40
Z toho nadlimitních	Počet	18	13	13	15	14	18	13	16	7	9
	%	20,0	14,8	16,7	19,2	17,1	22,5	15,9	19,5	17,5	22,5

Závěry

- V roce 2020 bylo na obsah rizikových prvků v rámci monitoringu kalů z ČOV odebráno a zanalyzováno 40 vzorků kalů z ČOV, což je stejně jako vloni poloviční počet proti předchozím letům. Z tohoto souboru nevyhovělo vyhlášce č. 437/2016 Sb. 9 vzorků ČOV, tedy 22,5 %.
- Nejčastěji byla limitní hodnota v kalech překračována v případě mědi, niklu a olova.
- 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 opětý 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 2020 stanoveny ve 14 vzorcích kalů. Podrobnou tabulku obsahů jednotlivých kongenerů PCB i sumy 7 kongenerů uvádí příloha 36. Grafické znázornění obsahů sumy 7 kongenerů PCB ve vzorcích z jednotlivých ČOV je uvedeno v příloze 37. Základní statistické charakteristiky souboru jsou uvedeny v tabulce 17. Od roku 2016 jsou kaly hodnoceny podle nové vyhlášky č. 437/2016 Sb., která udává limitní hodnotu pro sumu 7 kongenerů PCB (do roku 2016 platila vyhláška č. 382/2001 Sb., která udávala limitní hodnotu pro sumu 6 kongenerů).

Tabulka 17 Základní statistické charakteristiky obsahu PCB v kalech ČOV (2020, 14 vzorků, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ sušiny)

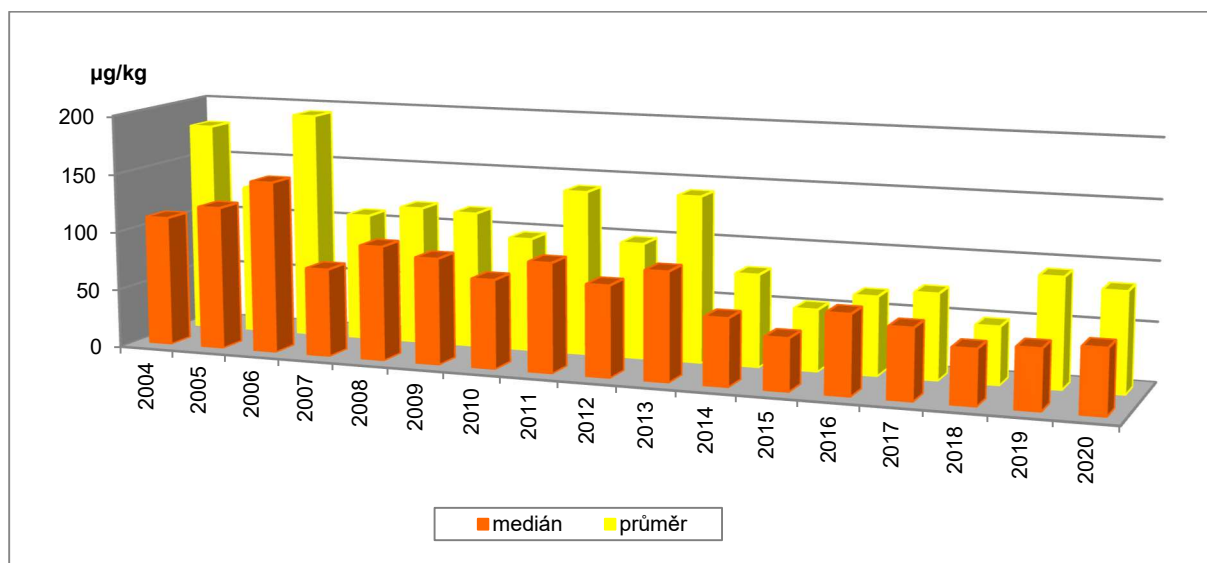
	Kongenery PCB							Suma 7 kongenerů
	28	52	101	118	138	153	180	
Průměr	4,84	4,29	8,25	1,59	15,4	27,7	21,8	83,9
Medián	2,56	2,12	5,47	< 0,5	11,0	20,6	14,5	54,2
Minimum	< 0,5	< 0,5	1,64	< 0,5	2,98	5,33	3,98	18,2
Maximum	24,3	23,1	22,9	7,94	55,3	98,2	80,2	276
10.percentil	0,75	0,57	3,27	< 0,5	4,07	9,51	7,44	30,9
90.percentil	12,0	8,20	17,9	5,56	33,3	47,3	36,0	169
Limitní hodnota pro sumu 7 kongenerů PCB podle vyhlášky č. 437/2016 Sb.								600
Počet překročení limitu v roce 2020								0

Nejnižší střední hodnoty v roce 2020 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 vykázalo nízké hodnoty (graf 6103A v příloze 39).

Sumy 7 kongenerů PCB v kalech kolísaly v roce 2020 v rozpětí od 18,2 do 276 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (vzorek kalu 7107A), aritmetický průměr činil 83,9 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. a medián 54,2 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.

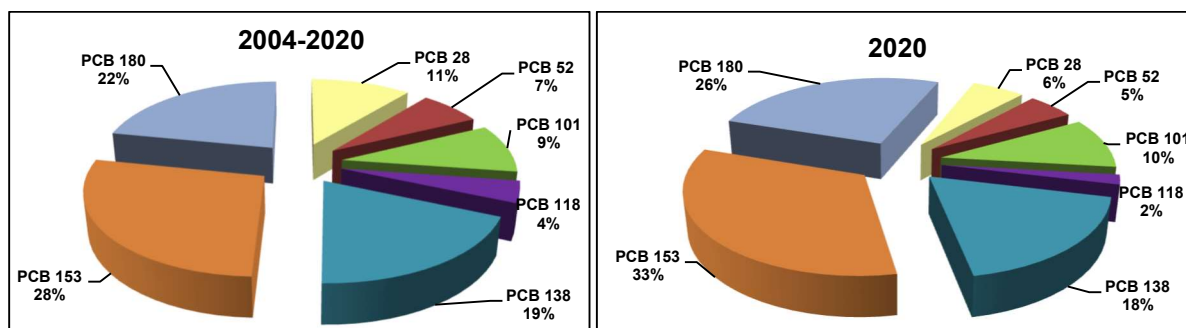
Vývoj středních hodnot obsahů sumy 7 kongenerů PCB (28, 52, 101, 118, 138, 153 a 180) v kalech ČOV je zobrazen v grafu 13, od roku 2007 došlo k jejich snížení a relativní stabilitě mediánů. Souhrnná statistika 451 vzorků kalů ČOV odebraných za období 2004–2020 je uvedena v příloze 38.

Graf 13 *Střední hodnoty obsahů sumy 7 kongenerů PCB v kalech ČOV (2004–2020, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)*



Za vyhodnocené období 2004–2020 se na celkové sumě 7 kongenerů PCB nejvíce podílely kongenery 153 (28 %), 138 (19 %) a 180 (22 %). Zastoupení jednotlivých kongenerů v celkové sumě PCB se v dlouhodobém horizontu prakticky nemění. Velmi podobné zastoupení jednotlivých kongenerů v sumě PCB lze vysledovat také ve 14 vzorcích z roku 2020 (graf 14).

Graf 14 *Procentuální zastoupení jednotlivých kongenerů PCB na celkové sumě 7 kongenerů v kalech ČOV (2004–2020 – 451 vzorků a rok 2020 – 14 vzorků)*



Výsledky rozborů vzorků z ČOV, na nichž proběhly odběry alespoň pětkrát v období od roku 2004 do roku 2019 jsou zobrazeny v příloze 39 s tím, že do roku 2015 sumu PCB tvořilo pouze 6 kongenerů. Na většině uvedených ČOV jsou obsahy sumy PCB nízké a ke zvýšení obsahů, popř. k překročení limitu došlo pouze jednorázově; což je příklad i vzorku kalu 6103A, který v roce 2019 dosáhl sumy PCB $474 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., při opakovaném odběru v roce 2020 pouze $46,7 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., což odpovídá obsahům z předchozích let (viz příloha 39).

Od roku 2016 platí vyhláška č. 437/2016 Sb., která hodnotí v kalech sumu 7 kongenerů PCB a udává limitní hodnotu ($0,6 \text{ mg.kg}^{-1}$ suš.) pro použití na zemědělské půdě. Od roku 2014 tuto limitní hodnotu nepřesáhl žádný vzorek.

Závěry

- V roce 2020 byl obsah polychlorovaných bifenyly stanoven ve 14 vzorcích kalů.
- Sumy 7 kongenerů PCB v kalech kolísaly v roce 2020 v rozpětí hodnot od 18,2 do 276 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., aritmetický průměr činil 83,9 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. a medián 54,2 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.
- V sumě 7 kongenerů PCB měly v období 2004–2020 největší zastoupení kongenery 153 (28 %), 138 (19 %) a 180 (22 %).
- Střední hodnoty obsahů PCB v kalech (vybraných ČOV) od roku 2004 klesají.
- Z odebraných vzorků kalů ČOV v roce 2020 nepřekročil žádný vzorek limitní hodnotu obsahu sumy 7 kongenerů PCB pro aplikaci kalů na zemědělskou půdu stanovenou ve vyhlášce č. 437/2016 Sb. (0,6 mg.kg^{-1} suš.)

1.4.3.3 Polycyklické aromatické uhlovodíky v kalech

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

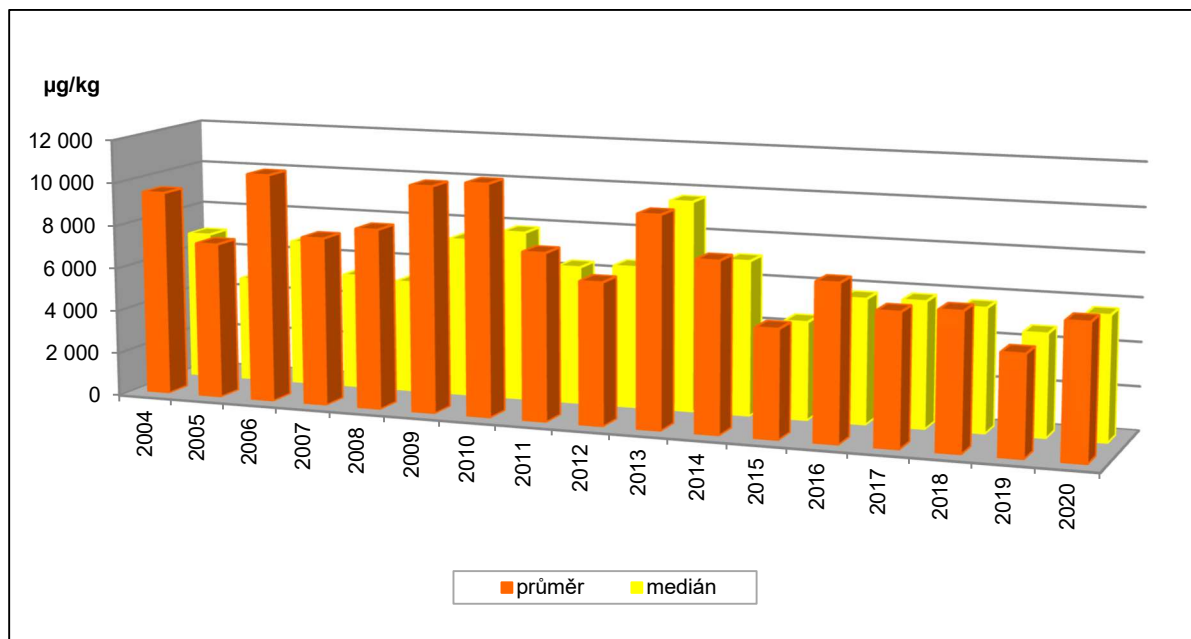
V roce 2020 byly PAH stanoveny ve 14 vzorcích kalů. Přehled obsahů všech 16 individuálních PAH a jejich sumy jsou uvedeny v příloze 40, základní statistické charakteristiky v tabulce 18. Grafické znázornění sumy 12 PAH významných z hlediska určení limitní hodnoty (podle vyhlášky č. 437/2016 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě) je uvedeno v příloze 41.

Tabulka 18 Základní statistické charakteristiky obsahů individuálních PAH v kalech ČOV (2020, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)

Individuální PAH	Průměr	Medián	Minimum	Maximum
NAP	227	185	62,8	622
ANY	62	51	10	216
ANA	81	58	17,7	275
FLU	155	158	62,5	340
PHE	666	594	313	1210
ANT	142	134	52,9	271
FLT	1142	1105	404	2250
PYR	941	759	493	1770
BAA	456	434	188	903
CHR	446	420	187	911
BBF	465	369	205	1010
BKF	245	241	94	499
BAP	522	460	238	1130
DBA	57	54	19,4	115
BPE	490	422	271	1000
IPY	372	302	156	757
SUMA16 PAH	6468	6062	3094	12528
SUMA12 PAH	6113	5662	2972	11977

Suma 16 EPA PAH v kalech ČOV odebraných v roce 2020 se pohybuje v rozmezí 3,01–12,5 mg.kg^{-1} , medián souboru činí 6,06 mg.kg^{-1} , průměrná hodnota je 6,47 mg.kg^{-1} . Suma 12 PAH je v rozsahu 2,97–11,98 mg.kg^{-1} , průměr 6,11 mg.kg^{-1} , medián 5,66 mg.kg^{-1} . Graf 15 a příloha 42 uvádí průběh aritmetických průměrů a mediánů obsahů PAH od roku 2004 a příloha 62 základní statistiku celého souboru dat. Hodnoty mediánů sumy 12 PAH ve sledovaném období se výrazně nemění, průměrné obsahy klesají.

Nejvyšší podíl z celkové sumy 16 PAH má fluoranten (17,7 %) a pyren (14,5 %). Mírně nad 10 % je také obsah fenantrenu. S výjimkou roku 2008 je procentuální zastoupení jednotlivých uhlovodíků v sumě 16 PAH stálé (příloha 43).

Graf 15 *Střední hodnoty obsahů sumy 12 PAH v kalech ČOV (2004–2020, $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)*

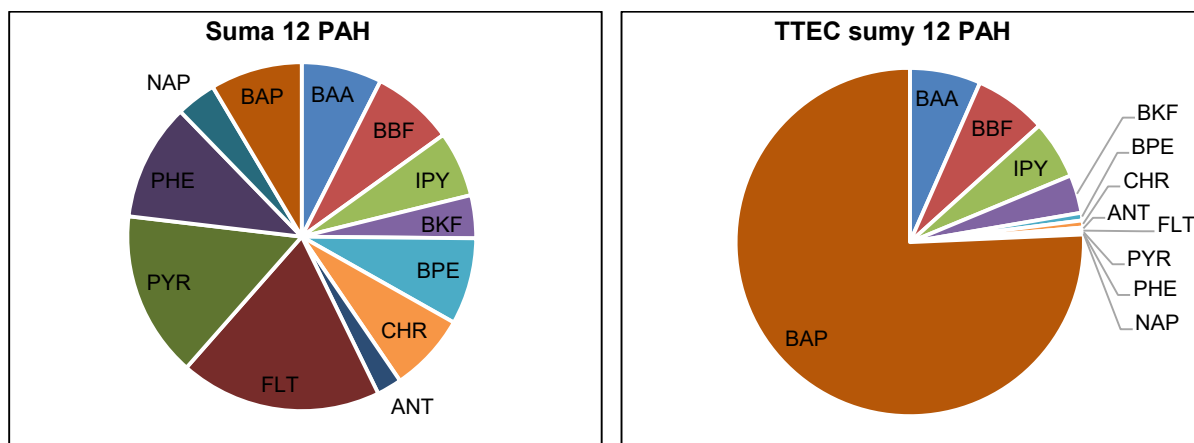
Hodnocení obsahů PAH v kalech z hlediska jejich využití v zemědělství v současné době umožňuje vyhláška č. 437/2016 Sb., která stanovuje mezní (maximální) hodnotu koncentrace PAH v kalech $10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš. pro sumu 12 individuálních PAH (antracen, chrysen, fenantren, fluoranten, pyren, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)antracen, benzo(a)pyren, benzo(ghi)perylen, indeno(123cd)pyren a naftalen). Limitní hodnotu $10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ překročil v roce 2020 jeden vzorek kalu.

Výsledky rozborů vzorků z ČOV, na nichž proběhly odběry alespoň pětkrát v období 2004 až 2020 jsou zobrazeny v příloze 44.

K objektivnímu posuzování toxicity směsi PAH byl zaveden faktor toxického ekvivalentu (Toxicity Equivalent Factor, TEF), který umožňuje vyjádřit toxicitu každého individuálního uhlovodíku vzhledem k nejtoxičtějšímu z nich – benzo(a)pyrenu (BAP) a dibenzo(a,h)antracenu (DBA), jejichž TEF je roven 1 (příloha 13) (Nisbet et LaCoy, 1992). Celkový toxický ekvivalent směsi PAH se vyjádří pomocí hodnoty TTEC (Total Toxicity Equivalent Concentration), která je vypočítána jako suma součinu koncentrací jednotlivých složek směsi a příslušného TEF. Lze tedy stanovit, které z látek ve směsi se na celkové karcinogenitě podílí významně, a které jsou zanedbatelné.

Toxický ekvivalent TTEC se v kalech v sumě 16 PAH v roce 2020 pohybuje v rozmezí $329\text{--}1589 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš. a představuje 7,2–14,7 % ze sumy 16 PAH. V případě sumy 12 PAH se pohybuje v rozmezí $309\text{--}1473 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš. a představuje 7,3–13,9 % ze sumy 12 PAH (příloha 40). Hlavní podíl na toxicitě směsi má samozřejmě BAP (přibližně 75 %). Příspěvek ostatních uhlovodíků je buď zanedbatelný (do 1 % – NAP, PHE, ANT, FLT, PYR, CHR a PBE) nebo do 10 % (BKF, IPY, BAA a BBF).

Graf 16 Podíl jednotlivých uhlovodíků na sumě 12 PAH a jejich podíl na sumě 12 PAH vyjádřený pomocí TEF ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)



Shrnutí

- V roce 2020 byl obsah polycyklických aromatických uhlovodíků stanoven ve 14 vzorcích kalů.
- Suma 16 EPA PAH se pohybuje v rozmezí $3,01\text{--}12,5 \text{ mg.kg}^{-1}$, medián souboru je $6,06 \text{ mg.kg}^{-1}$, průměrná hodnota $6,47 \text{ mg.kg}^{-1}$. Suma 12 PAH je rozsahu $2,97$ až $11,98 \text{ mg.kg}^{-1}$, medián $5,66 \text{ mg.kg}^{-1}$, průměr $6,11 \text{ mg.kg}^{-1}$.
- Uhlovodíky s nejvyššími nálezy v kalech v roce 2020 jsou fluoranten ($17,7 \%$) a pyren ($14,5 \%$). S výjimkou roku 2008 je procentuální zastoupení jednotlivých uhlovodíků v sumě 16 PAH stálé.
- Podle nové vyhlášky č. 437/2016 Sb. o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě je limitní hodnota stanovena na 10 mg.kg^{-1} pro sumu 12 PAH. Tuto hodnotu překročil v roce 2020 jeden vzorek.
- Celkový toxický ekvivalent vyjádřený jako TTEC se ve vzorcích kalů v roce 2020 pohyboval v rozmezí 329 až $1589 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. a představoval $7,2\text{--}14,7 \%$ ze sumy 16 PAH. V případě sumy 12 PAH je TTEC v rozsahu $309\text{--}1473 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. ($7,3\text{--}13,9 \%$), s maximálním podílem BAP.

1.4.3.4 Halogenové organické sloučeniny v kalech

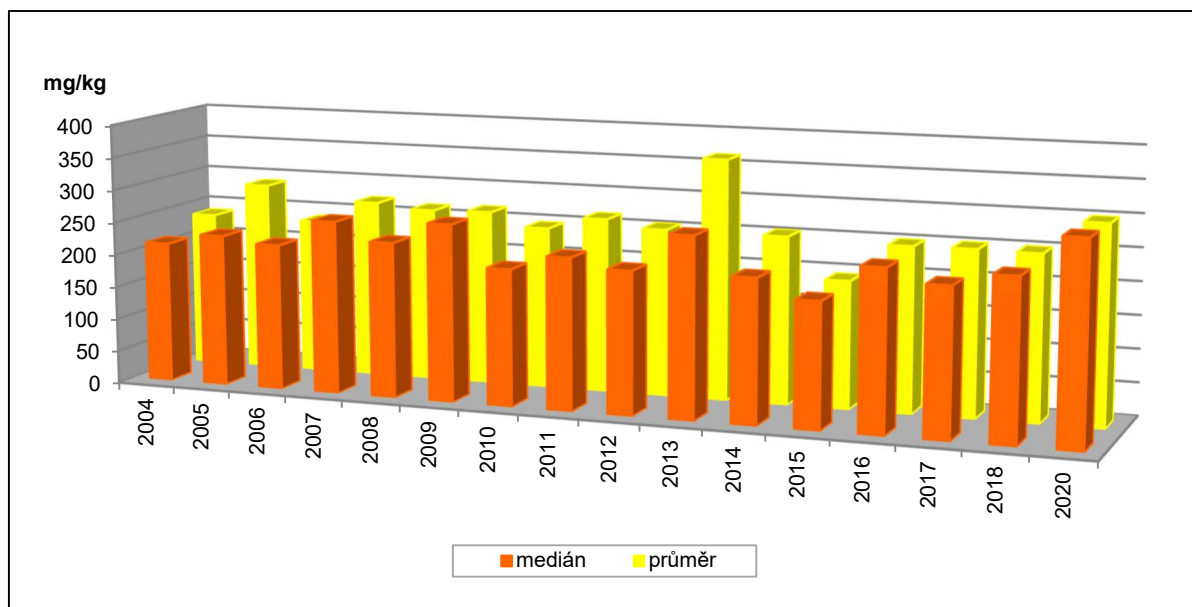
Halogenové organické sloučeniny (AOX) se ve vzorcích kalů stanovují od roku 1999. Analýzy byly prováděny NRL ÚKZÚZ Brno, od roku 2018 externí laboratoři. V roce 2019 nebylo stanovení na obsah AOX v kalech provedeno z důvodu finančních úspor.

V roce 2020 byl obsah AOX stanoven ve 14 vzorcích kalů z ČOV. Přehled výsledků stanovení je uveden v příloze 45, grafické vyjádření v příloze 46. Základní statistické charakteristiky obsahů AOX v roce 2020 uvádí tabulka 19, v letech 2004 až 2020 příloha 47. Statistika celého souboru dat je uvedena v příloze 62.

Tabulka 19 Základní statistické charakteristiky obsahů AOX v kalech (2020; mg.kg⁻¹ suš.)

Rok	Arit. průměr	Medián	Min.	Max.	10% percent.	90% percent.	Celk. počet vzorků	Počet nadlimit. vzorků
2020	299	301	162	462	172	426	14	0

Graf 17 Střední hodnoty AOX v kalech ČOV (2004–2020, mg.kg⁻¹ suš.)



Medián souboru vzorků z roku 2020 je 301 mg.kg⁻¹ suš., průměr 299 mg.kg⁻¹ suš. Na uvedených 14 ČOV byly AOX stanoveny od roku 2004 1–9x. U tří ČOV s největším počtem opakování (6 až 9 vzorků) lze pozorovat klesající trend. U šesti ČOV s 4 až 5 vzorky je trend rostoucí. Vůbec nejvyšší obsah AOX byl stanoven v roce 2013 v kalu z ČOV s identifikačním kódem 5203A z Královéhradeckého kraje; obsah činil 2050 mg.kg⁻¹ suš.

V průběhu let 2004–2020 byly minimálně pětkrát stanoveny obsahy AOX ve vzorcích z 27 ČOV. Výsledky z těchto ČOV jsou zobrazeny v příloze 48.

Ve vyhlášce č. 437/2016 Sb. je maximální hodnota koncentrace obsahu AOX v kalech 500 mg.kg⁻¹ suš. Tuto hodnotu nepřekročil v roce 2020 ani jeden vzorek.

Závěry

- V roce 2020 bylo provedeno stanovení AOX ve 14 vzorcích kalů.
- Medián souboru vzorků z roku 2020 je 301 mg.kg⁻¹ suš., průměr 299 mg.kg⁻¹ suš.
- Limitní hodnotu 500 mg.kg⁻¹ suš. podle vyhlášky č. 437/2016 Sb. nepřekročil v roce 2020 ani jeden vzorek.

1.4.3.5 Organochlorové pesticidy v kalech

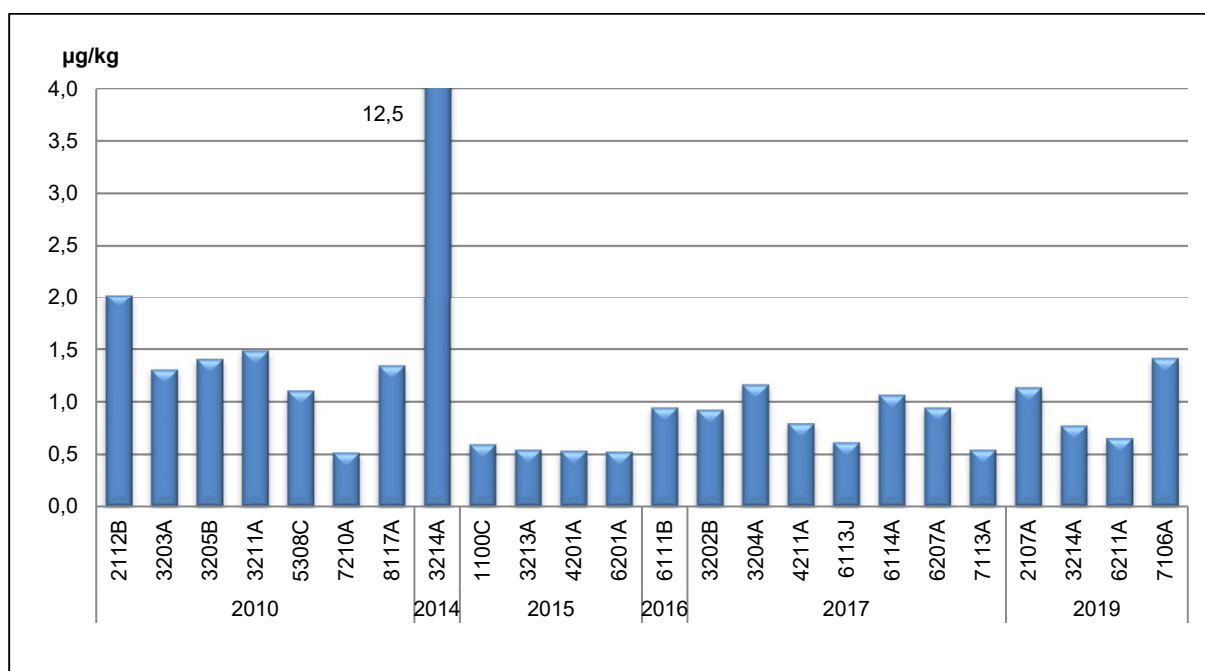
Obsahy HCB a látky skupiny DDT se ve vzorcích kalů stanovují od roku 2008. Obsahy HCH se stanovují od roku 2010. V roce 2020 bylo stanovení provedeno ve 14 vzorcích. Jejich základní statistika je uvedena v tabulce 20. V příloze 49 jsou uvedeny konkrétní obsahy k jednotlivým vzorkům a graficky vyjádřeny v přílohách 50, 51 a 52. Základní statistika vzorků za jednotlivé roky 2008–2020 je uvedena v příloze 53 a celého souboru vzorků v příloze 54.

Tabulka 20 Základní statistické charakteristiky obsahu jednotlivých organochlorových pesticidů v kalech ČOV (2020, 14 vzorků, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ sušiny)

	HCH ($\alpha\beta\gamma\delta$)	HCB	DDE	DDD	DDT	DDT _{total}
Průměr	1,00	2,92	17,0	33,4	2,55	52,9
Medián	1,00	2,52	15,5	11,8	1,61	30,5
Minimum	1,00	< 0,50	11,8	< 0,50	< 0,50	14,5
Maximum	1,00	5,98	24,4	314	12,0	333
10.percentil	1,00	1,14	12,3	3,92	< 0,50	19,1
90.percentil	1,00	4,80	23,5	22,9	5,47	49,1

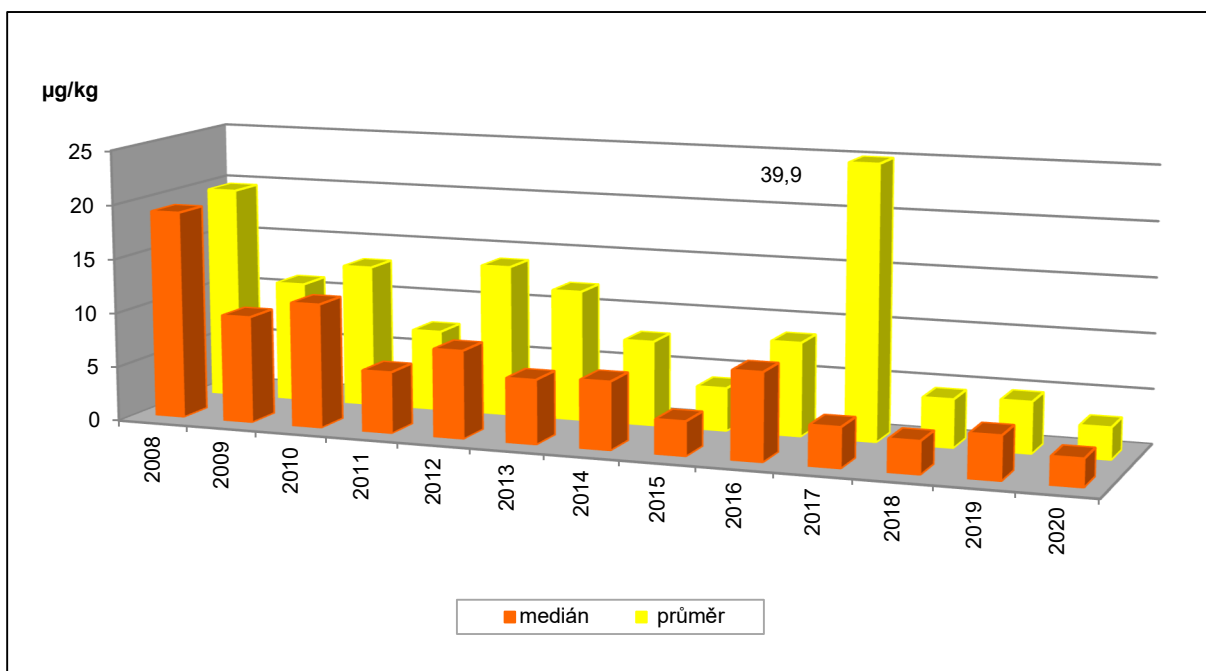
Obsahy všech izomerů (α , β , γ , δ) **HCH** jsou v roce 2020 u všech analyzovaných vzorků pod mezí stanovitelnosti ($\text{LOQ} = 0,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Také v ostatních letech se tyto hodnoty pohybují víceméně pod mezí stanovitelnosti. Výjimku tvoří izomer β -HCH v roce 2019, který byl detekován ve čtyřech vzorcích kalů; z toho dva vzorky (7106A z Olomouckého kraje a 2107A ze Středočeského kraje) měly nezvykle vysoké obsahy ($1,41$ a $1,13 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). V období 2010–2020 bylo na HCH analyzováno 234 vzorků. Z nich bylo 89,7 % pod mezí stanovitelnosti. Zbylých 10,3 % dosahovalo obsahů 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 tato hodnota β -HCH spolu s vysokou hodnotou α -HCH ($19,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) podílela na dosud nejvyšší hodnotě HCH zjištěné za celé období sledování ($37,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., označená žlutě, příloha 53). Tento kal byl odebíráán opět v roce 2019, kdy vykázal hodnotu $0,77 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (graf 18).

Graf 18 Obsahy β -HCH v kalech ČOV, u kterých byly analyzované hodnoty vyšší než je mez stanovitelnosti (2010–2020, $\mu\text{g.kg}^{-1}$)



Obsahy **HCB** v roce 2020 kolísají v rozsahu $< 0,5$ – $5,98 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (tabulka 20). Za období sledování 2008–2020 jsou hodnoty zpracovány do tabulky v příloze 53. Zatím nejvyšší hodnota HCB v kalu ($753 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) byla zjištěna v roce 2017. Tato hodnota byla naměřena v kalu s identifikačním kódem 4214A z Ústeckého kraje a výrazně ovlivnila v roce 2017 průměrnou hodnotu celého souboru ($39,9 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. – graf 19, příloha 53). 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 2011 vykazují pokles.

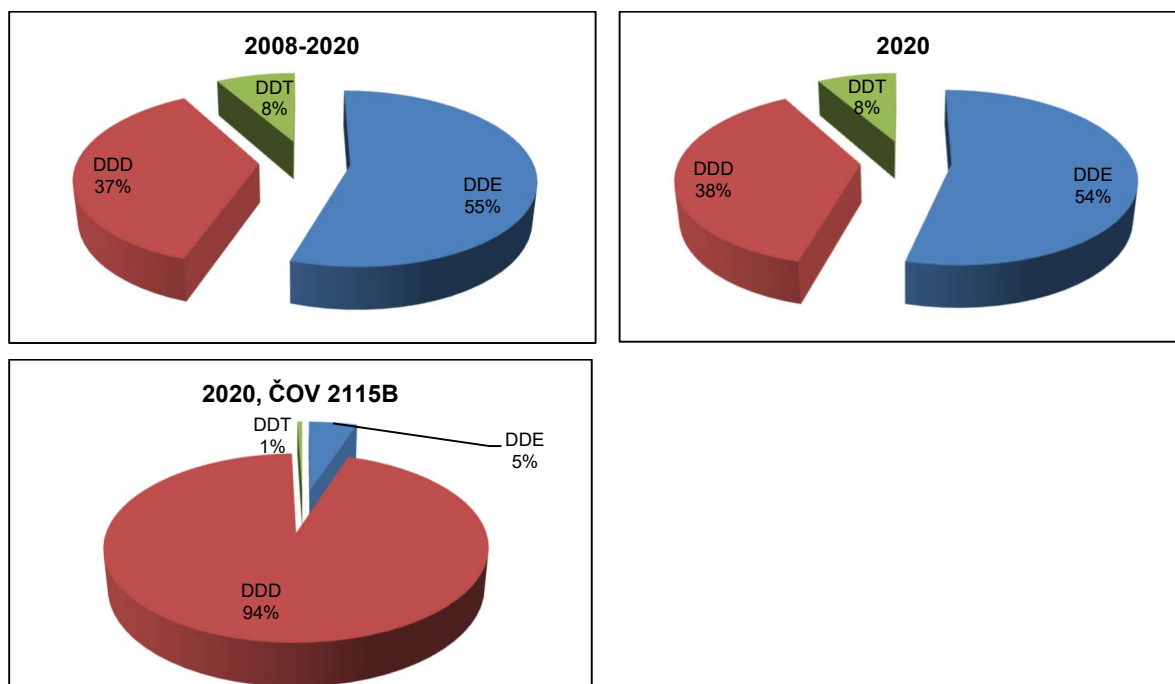
Graf 19 ***Střední hodnoty HCB v kalech ČOV (2008–2020, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)***



Hodnoty **látek skupiny DDT** ($\text{DDT}_{\text{total}}$) kolísají v roce 2020 v rozmezí $14,5$ – $333 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., medián má hodnotu $30,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., průměr činí $52,9 \mu\text{g.kg}^{-1}$ 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 $\text{DDT} < \text{DDD} < \text{DDE}$ (graf 20). DDE vzniká transformací DDT a DDD při výrobě DDT, nebo jako produkt mikrobiálního rozkladu DDT v půdě. V roce 2020 byl zjištěn vysoký obsah DDD ($314 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) v kalu s kódem 2115B ze Středočeského kraje, který pak následně zvýšil také hodnotu $\text{DDT}_{\text{total}}$ ($333 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). U tohoto kalu vzájemný poměr jednotlivých látek vzrůstá v tomto pořadí: $\text{DDT} < \text{DDE} < \text{DDD}$. Vysokou hodnotu DDD za dobu sledování vykázal ještě kal s kódem 3214A z Plzeňského kraje ($430 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) a to v roce 2014, který zvýšil průměr DDD v daném roce a zvýšil také hodnotu $\text{DDT}_{\text{total}}$ a to na $687 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Tyto maximální hodnoty DDD a $\text{DDT}_{\text{total}}$, které byly zjištěny za sledované období, jsou označeny žlutě v příloze 53.

Limitní hodnoty pro obsah organochlorových pesticidů v kalech nejsou vyhláškou č. 437/2016Sb. stanoveny.

Graf 20 Poměrné zastoupení jednotlivých látek skupiny DDT na celkové sumě DDT v kalech ČOV (2008–2020, rok 2020 bez ČOV 2115B, ČOV 2115B)



Závěry

- V roce 2020 bylo provedeno stanovení OCP ve 14 vzorcích kalů.
- Obsahy HCH jsou dlouhodobě zanedbatelné.
- Obsahy HCB kolísají v rozsahu $< 0,5$ – $5,98 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., medián je $2,52 \mu\text{g.kg}^{-1}$.
- Suma látek skupiny DDT ($\text{DDT}_{\text{total}}$) kolísá v rozmezí $14,5$ – $333 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., medián činí $30,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.
- Vzájemný poměr jednotlivých látek obecně vzrůstá v pořadí $\text{DDT} < \text{DDD} < \text{DDE}$.

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.

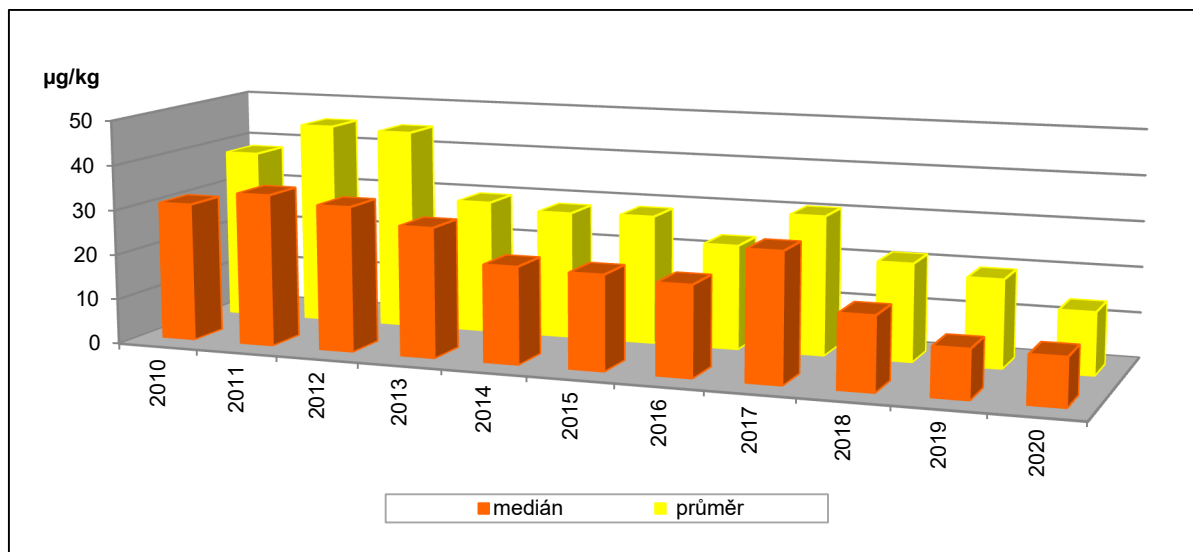
Od roku 2010 byl obsah 9 kongenerů PBDE stanoven vždy v 10 až 12 vzorcích kalů. V roce 2020 byly PBDE stanoveny v 10 vzorcích kalů.

Obsahy jednotlivých kongenerů PBDE stanovených ve vzorcích kalů odebraných v roce 2020 jsou uvedeny v příloze 55 a grafické znázornění sumy 9 kongenerů v příloze 56. Základní statistiku obsahů sumy 9 kongenerů PBDE pro vzorky odebrané v roce 2020 a souhrnně, pro všech dosud analyzovaných 120 vzorků, shrnuje tabulka 21 a příloha 57.

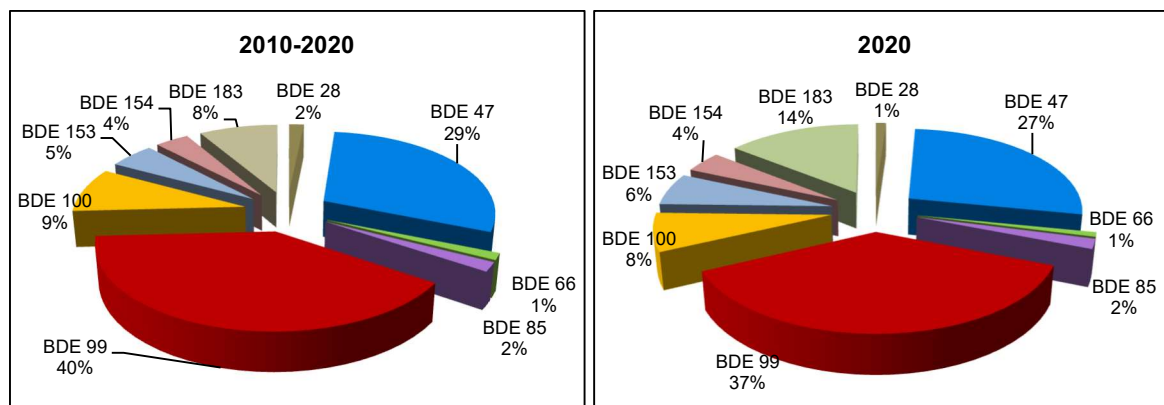
Tabulka 21 Základní statistika obsahů PBDE v kalech ČOV (2020, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., 10 vzorků)

	BDE 28	BDE 47	BDE 66	BDE 85	BDE 99	BDE 100	BDE 153	BDE 154	BDE 183
Průměr	0,15	3,71	0,12	0,26	5,09	1,01	0,85	0,56	1,96
Medián	0,10	2,75	< 0,10	0,20	3,85	0,75	0,70	0,45	1,90
Minimum	< 0,10	1,6	< 0,10	< 0,10	1,80	0,30	0,40	0,20	0,90
Maximum	0,50	9,20	0,40	0,50	12,3	2,40	1,90	1,20	4,10
10. perc.	< 0,10	1,69	< 0,10	< 0,10	1,98	0,39	0,40	0,29	1,08
90. perc.	0,23	6,05	0,22	0,50	10,2	2,04	1,27	0,93	2,48

Střední hodnota sumy 9 kongenerů PBDE ve vzorcích z roku 2020 činí $13,7 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., medián $10,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Nejvyšší obsah byl zjištěn ve vzorku z ČOV s identifikačním číslem 6102D z kraje Vysočina ($30,7 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.), nejnižší ve vzorku 2115B ze Středočeského kraje ($5,95 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Maximální hodnoty kolísají v letech až dvojnásobně. Hodnoty průměrů a mediánů vykazují od roku 2014 s výjimkou roku 2017 pokles (graf 21).

Graf 21 Střední hodnoty sumy 9 PBDE v kalech ČOV (2010–2020, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)

Největší podíl na celkové sumě mají kongenery 99 a 47 (dohromady v roce 2020 tvořily 64 %). V roce 2017, kdy je patrné navýšení středních hodnot obsahů sumy PBDE, se ve vzorkovaném souboru vyskytly 4 vzorky ČOV (3105A, 3109A, 4211A, 5101A) s výrazně vyšším obsahem těchto kongenerů. Kongenery 99 a 47 se také nejvíce vyskytují v živých organismech. Procentuální zastoupení jednotlivých kongenerů z celkové sumy PBDE je zobrazeno grafem 22.

Graf 22 Procentuální zastoupení jednotlivých kongenerů PBDE na celkové sumě 9 kongenerů v kalech ČOV, 2010–2020 a v roce 2020

Výsledky rozborů vzorků z ČOV, na nichž proběhly odběry alespoň třikrát v období od roku 2010 do roku 2020 jsou zobrazeny v příloze 58. Tento soubor tvoří zatím pouze 4 ČOV. Na uvedených ČOV je patrné snižování obsahů sumy 9 PBDE.

Limitní hodnoty pro obsah PBDE v kalech nejsou vyhláškou č. 437/2016 Sb. stanoveny.

Závěry

- V roce 2020 bylo provedeno stanovení PBDE v 10 vzorcích kalů.
- Průměrný obsah PBDE v kalech v roce 2020 činil $13,7 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.; medián měl hodnotu $10,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., průměrný obsah za celé období sledování je $29,3 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., medián $21,7 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.

Ve vzorcích z roku 2020 mají na sumě 9 kongenerů PBDE přibližně 2/3 podíl kongenery 99 (37 % z celkové sumy PBDE) a 47 (27 %). Tyto kongenery jsou dominantní také v celém souboru dosud analyzovaných vzorků.

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 stanovují v 21 vzorcích. V roce 2020 bylo stanovení provedeno 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

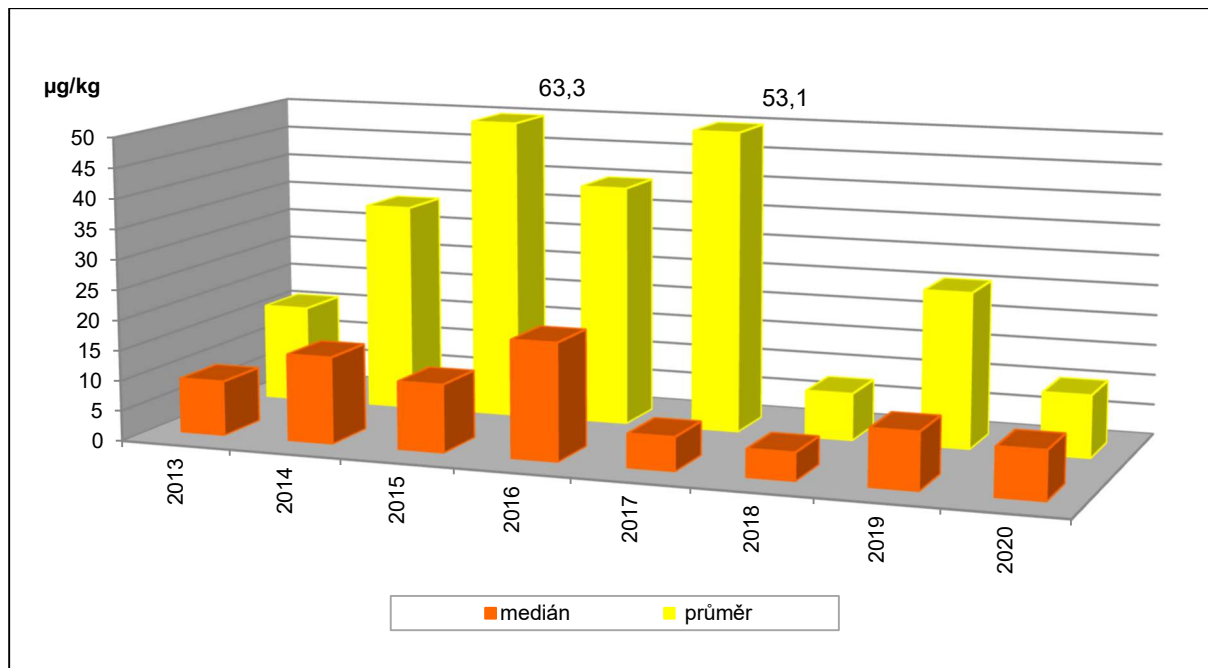
Detekované obsahy PFAS v jednotlivých vzorcích kalů jsou uvedeny v příloze 59 a 60. Průměrné hodnoty obsahů a rozsah stanovených hodnot uvádí tabulka 22.

Tabulka 22 Základní statistické charakteristiky vybraných perfluoroalkylových sloučenin ve 14 vzorcích kalů ČOV odebraných v roce 2020 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)

	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFOS
Průměr	2,22	0,17	0,62	0,34	1,94	5,04
Medián	0,46	0,13	0,53	0,32	1,80	3,80
Minimum	0,21	< 0,10	0,13	< 0,10	0,79	1,30
Maximum	24,2	0,58	1,70	0,91	4,10	12,2

Ve vzorcích kalů se nejnižší obsahy nalézaly u látek PFHpA, PFNA. V případě PFHpA hodnoty často ležely pod mezí stanovitelnosti ($LOQ = 0,1 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Nejvyšších středních hodnot dosahoval PFDA a PFOS, přičemž maximální obsah PFOS ($12,1$ a $12,2 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) se nalézal u kalů 6219A a 6215A z Jihomoravského kraje. Překvapivě vysoké hodnoty PFHxA (dobře viditelné v grafu v příloze 60) vykázal kal 4105A – $24,2 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., z Karlovarského kraje, který způsobil navýšení průměrné hodnoty PFHxA na $2,22 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.

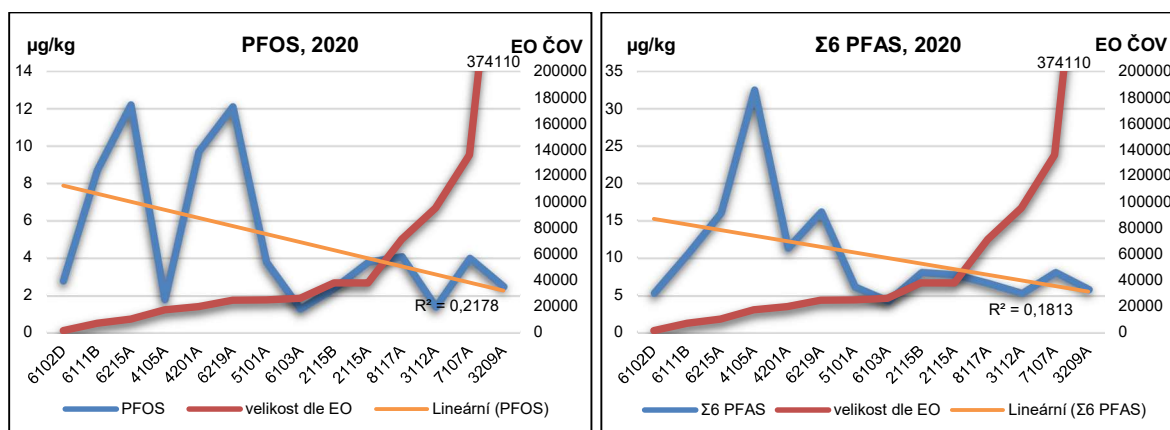
Graf 23 Střední hodnoty sumy 6 PFAS v kalech ČOV (2013–2020, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)



Látky s nejvyšším mediánem byly: PFDA, PFOS. Rozsah obsahů PFDA činil $0,79$ až $4,10 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. a obsah PFOS $1,30$ až $12,2 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.

Průměry a mediány z let 2013–2020 jsou zobrazeny v grafu 23 a základní statistika celého souboru vzorků v příloze 62. 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.

Graf 24 Vliv velikosti ČOV (koeficient EO) na obsah PFOS a na obsah sumy 6 látek PFAS v kalech ČOV v roce 2020



V grafu 24 je zobrazena látka PFOS a suma 6 látek PFAS, které se jeví mít souvislost s velikostí ČOV. V grafu je zajímavá skutečnost u kalu s identifikačním číslem 4105A. Tento kal, ač vykázal nízký obsah látky PFOS, dosáhl ve výsledku vysoký obsah sumy 6 PFAS. Tato situace je dobře viditelná v grafu v příloze 60. Pro další zjišťování bude vhodné soubor rozšířit o více ČOV.

Výsledky rozborů vzorků z ČOV, na nichž proběhly odběry alespoň třikrát v období od roku 2013 do roku 2020 jsou zobrazeny v příloze 61. Tento soubor tvoří zatím pouze 8 ČOV. Na uvedených ČOV jsou patrné velké výkyvy obsahů sumy 6 PFAS. Vzorek ČOV s kódem 3214A z Plzeňského kraje vykazuje stabilně vyšší obsahy.

Limitní hodnoty pro obsah PFAS v kalech nejsou vyhláškou č. 437/2016 Sb. stanoveny.

Závěry

- V roce 2020 bylo provedeno stanovení PFAS ve 14 vzorcích kalů.
- S nejvyšším mediánem se ve vzorcích vyskytovaly látky: PFDA ($1,80 \mu\text{g.kg}^{-1}$) a PFOS ($3,80 \mu\text{g.kg}^{-1}$).
- Nejnižší mediány vykazaly látky: PFHpA a PFNA.
- Maximální obsah látky byl nalezen u látky PFHxA ve vzorku 4105A – $24,2 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., z Karlovarského 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).

Podmínky použití upravených kalů na zemědělské půdě upravovala v roce 2020 vyhláška č. 437/2016 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě. Uvedená vyhláška specifikovala i mikrobiologická kritéria pro použití upravených kalů na zemědělskou půdu, a to v příloze č. 4, a dále vymezila přechodné období, ve kterém bylo možné na zemědělskou půdu použít upravené kaly kategorie I a II podle přílohy č. 7 k této vyhlášce. V roce 2020 vyšel nový zákon o odpadech č. 542/2020 Sb., kterým byly (s účinností od 1. 1. 2021) všechny prováděcí vyhlášky zrušeny.

Tabulka 23 Mikrobiologická kritéria pro upravený kal pro aplikaci na zemědělské půdě (příloha č. 4 k vyhlášce č. 437/2016 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

Tabulka 24 Mikrobiologická kritéria pro upravený kal pro aplikaci na zemědělské půdě v přechodném období 2017–2019 (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 2020 byly screeningově stanoveny mikrobiologické parametry u kalů ze čtyř ČOV. A to u kalu ze Zlínského kraje s identifikačním číslem 7213A, z Olomouckého kraje 7107A a dva z Kraje Vysočina 6102A a 6111B. 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 Labtech s.r.o v Brně.

Podle zjištěných výsledků analýz lze konstatovat, že pouze jeden (kal s identifikačním číslem 7213A ze Zlínského kraje) ze 4 analyzovaných kalů vyhověl kritériím uvedeným v příloze č. 4 vyhlášky č. 437/2016 Sb. Ani jeden ze 4 analyzovaných kalů nevyhověl požadavkům pro kal kategorie I (příloha č. 7 vyhlášky č. 437/2016 Sb.). Vyhovujícím hodnotám se přiblížil kal ze Zlínského kraje. Kaly nevyhověly z hlediska vysokých počtů termotolerantních koliformních bakterií i enterokoků. Kal 6102A z Kraje Vysočina sice vyhověl z hlediska termotolerantních koliformních bakterií i enterokoků, nicméně vykázal pozitivitu ve všech individuálních vzorcích na *Salmonella spp.*, proto může být zařazen pouze jako kal kategorie II. Zbylé dva kaly (6111B a 7107A) přesáhly o tři až čtyři řády limitní hodnotu pro termotolerantní koliformní bakterie a o jeden až tři řády limitní hodnotu pro enterokoky pro kal kategorie I. Navíc kal 7107A byl pozitivní v jednom individuálním vzorku na *Salmonella spp.* Rozsah zjištěných množství termotolerantních koliformních bakterií se pohyboval v rozpětí 10 (7213A) – $2,14 \times 10^7$ (7107A) KTJ na 1 gram sušiny (limit pro kal I je $< 10^3$). Zjištěné hodnoty enterokoků byly v rozmezí 20 (7213A) – $6,50 \times 10^5$ (6111B) KTJ na 1 gram sušiny (limit pro kal I je rovněž $< 10^3$).

Stanovení mikrobiologických parametrů ÚKZÚZ provádí od roku 2016 vždy ve 4 ČOV. Až dosud nebyl zjištěn žádný kal, který by byl pozitivní na *Salmonella spp.* ve všech individuálních vzorcích. 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.

Parametrům pro kal kategorie II vyhověl kal 7213A a 6102A. Kal 6111B vyhověl až po započítání nejistoty měření u termotolerantních koliformních bakterií a kal 7107A nevyhověl ani po započítání této nejistoty (u obsahů termotolerantních koliformních bakterií).

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.

Tabulka 25 *Hodnocení mikrobiologických parametrů u kalů odebraných v roce 2020 podle přílohy č. 7 k vyhlášce č. 437/2016 Sb. Nadlimitní hodnoty jsou označeny červeně*

Limity pro kal kategorie I.

Indikátorový mikroorganismus	Počet zkoušených vzorků	Limitní hodnota (nález/KTJ*)	Číslo vzorku	ČOV 7213A	ČOV 6102A	ČOV 6111B	ČOV 7107A
Salmonella spp.	5	negativní	1	negat.	pozit.	negat.	pozit.
			2	negat.	pozit.	negat.	negat.
			3	negat.	pozit.	negat.	negat.
			4	negat.	pozit.	negat.	negat.
			5	negat.	pozit.	negat.	negat.
Termotolerantní koliformní bakterie	5	< 10 ³	1	10	1,4x10 ²	1,05x10 ⁶	1,64x10 ⁷
			2	*1,32x10 ³	1,2x10 ²	9,4x10 ⁵	1,57x10 ⁷
			3	2,9x10 ³	2,8x10 ²	1,14x10 ⁶	2,14x10 ⁷
			4	5,6x10 ²	2,1x10 ²	9,8x10 ⁵	1,88x10 ⁷
			5	1,6x10 ²	30	1,36x10 ⁶	1,75x10 ⁷
Enterokoky	5	< 10 ³	1	20	8,2x10 ²	3,2x10 ⁵	2,8x10 ³
			2	2,5x10 ³	4x10 ²	5,1x10 ⁵	1,1x10 ⁴
			3	7x10 ²	6,4x10 ²	6,5x10 ⁵	1,25x10 ⁴
			4	8,2x10 ²	6,8x10 ²	4x10 ⁵	1,03x10 ⁴
			5	4,7x10 ²	5,4x10 ²	2,7x10 ⁵	7,8x10 ³

Pozn. *výsledky označené hvězdičkou byly podlimitní po započítání nejistoty měření, která je pro stanovení termotolerantních koliformních bakterií i enterokoků 40 %

Limity pro kal kategorie II.

Indikátorový mikroorganismus	Počet zkoušených vzorků	Limitní hodnota (nález/KTJ*)	Číslo vzorku	ČOV 7213A	ČOV 6102A	ČOV 6111B	ČOV 7107A
Termotolerantní koliformní bakterie	5	10 ³ - 10 ⁶	1	10	1,4x10 ²	*1,05x10 ⁶	1,64x10 ⁷
			2	1,32x10 ³	1,2x10 ²	9,4x10 ⁵	1,57x10 ⁷
			3	2,9x10 ³	2,8x10 ²	*1,14x10 ⁶	2,14x10 ⁷
			4	5,6x10 ²	2,1x10 ²	9,8x10 ⁵	1,88x10 ⁷
			5	1,6x10 ²	30	*1,36x10 ⁶	1,75x10 ⁷
Enterokoky	5	10 ³ - 10 ⁶	1	20	8,2x10 ²	3,2x10 ⁵	2,8x10 ³
			2	2,5x10 ³	4x10 ²	5,1x10 ⁵	1,1x10 ⁴
			3	7x10 ²	6,4x10 ²	6,5x10 ⁵	1,25x10 ⁴
			4	8,2x10 ²	6,8x10 ²	4x10 ⁵	1,03x10 ⁴
			5	4,7x10 ²	5,4x10 ²	2,7x10 ⁵	7,8x10 ³

Pozn. *výsledky označené hvězdičkou byly podlimitní po započítání nejistoty měření, která je pro stanovení termotolerantních koliformních bakterií i enterokoků 40 %

Závěry

- V roce 2020 bylo provedeno screeningové stanovení mikrobiologických parametrů ve čtyřech ČOV.
- Jeden kal (7213A) splnil požadavky podle přílohy č. 4 vyhlášky č. 437/2016 Sb.; žádný z kalů nesplnil požadavky dle přílohy č. 7 vyhlášky č. 437/2016 Sb. pro kal I. kategorie. Vzorke ze tří ČOV (7213A, 6102A, 6111B) vyhověly požadavkům na kal kategorie II.
- Rozsah zjištěných hodnot pro termotolerantní koliformní bakterie se pohyboval v rozmezí $10\text{--}2,14 \times 10^7$ KTJ na 1 gram sušiny a pro enterokoky $20\text{--}6,5 \times 10^5$ KTJ na 1 gram sušiny.

1.4.3.9 Využití kalů

Způsob, jakým je většinou nakládáno s kaly z monitorovaných ČOV s udáním počtu nadlimitních vzorků podle vyhlášky č. 437/2016 Sb. shrnuje tabulka 26.

Tabulka 26 Způsoby nakládání s kaly ČOV s uvedením počtu nadlimitních vzorků podle vyhlášky č. 437/2016 Sb. v jednotlivých skupinách (2020)

Způsob zpracování upraveného kalu	Následné využití upraveného kalu	Počet monitorovaných ČOV	Počet nadlimit. vzorků
Žádné	Přímá aplikace na ZPF	3	0
Kompostování	Aplikace na ZPF	5	1
	Rekultivace	1	0
	Jiný způsob využití – bioplynová stanice	0	0
	Skládka	0	0
	Neuvedeno	8	0
Jiný způsob úpravy	Aplikace na ZPF	16	3
	Skládkování	0	0
	Rekultivace	0	0
	Neupřesněno	7	0
Neuvedeno		0	0

Ve skupině 3 kalů určených k přímé aplikaci na zemědělský půdní fond (ZPF) se nevyskytl žádný vzorek, ve kterém by byly překročeny mezní hodnoty koncentrací prvků v kalech stanovené vyhláškou č. 437/2016 Sb., ve znění pozdějších předpisů (tabulka 26). Kaly, které se kompostují, nemusí z hlediska obsahu rizikových prvků vyhovovat žádným legislativním limitům – v současné době jsou obsahy prvků v surovinách do kompostu upravovány pouze ČSN 46 5735 Průmyslové komposty, která není obecně závazná a má pouze doporučující charakter. Pokud bychom uvedených 14 vzorků kalů použitých ke kompostování hodnotili podle této normy, potom by požadavkům na kvalitu suroviny (na obsah prvků v sušině) nevyhověl 1 vzorek na obsah zinku.

V tabulce 27 je uvedena průměrná hodnota obsahů rizikových prvků, které byly zjištěny v kalech spadajících do jednotlivých kategorií; graficky jsou tyto průměrné obsahy zobrazeny pro vybraných 8 rizikových prvků (graf 25).

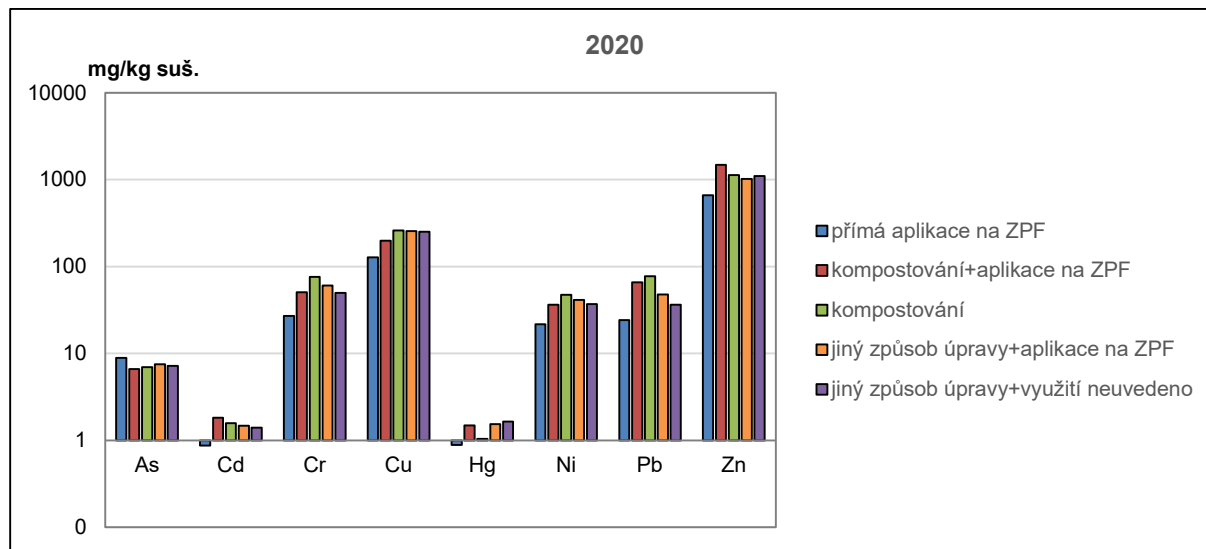
Tabulka 27 Průměrné hodnoty obsahů rizikových prvků ve čtyřech skupinách kalů ČOV rozdělených podle způsobu nakládání s kaly ČOV (2019)

Následné využití upraveného kalu	Počet vzorků	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	V	Zn
Přímá aplikace na ZPF	3	8,90	0,30	0,87	5,76	27,0	128	0,89	4,24	21,8	24,2	19,6	662
Kompostování + aplikace na ZPF	5	6,63	0,46	1,82	11,0	50,6	198	1,49	6,60	36,2	65,7	24,4	1478
Kompostování	8	6,97	0,63	1,57	8,44	75,8	260	1,04	7,39	47,2	77,5	26,1	1131
Jiný způsob úpravy + aplikace na ZPF	16	7,48	0,62	1,47	11,9	60,4	256	1,54	5,94	41,4	47,7	25,3	1020
Jiný způs. úpravy + využití neuvedeno	7	7,19	0,42	1,40	8,66	49,8	251	1,64	6,01	37,0	36,2	24,1	1102

Z grafu 25 vyplývá, že průměrné obsahy všech vybraných rizikových prvků kromě arzenu jsou nižší v případě kalů, které jsou určeny na přímé použití na ZPF oproti kalům používaným k jiným účelům. V případě vzorků kalů, které jsou nejprve kompostovány a pak aplikovány

na ZPF, vyšly obsahy pěti z osmi rizikových prvků (As, Cr, Cu, Ni, Pb) nižší než u vzorků kalů, které na kompostování před aplikací na ZPF určeny nebyly. Rozdíly však mezi skupinou kalů určenou ke kompostování a k jinému využití nejsou výrazné.

Graf 25 *Průměrné obsahy vybraných 8 rizikových prvků v kalech v jednotlivých skupinách nakládání s kaly ČOV v roce 2020 (logaritmické měřítko)*



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 28 Sedimenty – základní statistické parametry – zrnitost, spalitelné látky, pH a obsahy živin (1995–2020)

	zrnitost (% částic < 0,01 mm)	spalitelné. látky (% sušiny)	pH/CaCl ₂	přístupné živiny v mg.kg ⁻¹ (Mehlich 3)			
				P	K	Mg	Ca
Průměr	31,51	9,24	5,87	38,6	213	345	4243
Medián	32,00	8,10	5,70	24,9	189	314	2570
Min.	2,00	0,50	2,80	1,00	8,70	7,10	261
Max.	73,70	97,90	7,80	287	1070	1640	38100
Poč. vz.	268	510	544	507	508	508	507

Tabulka 29 Sedimenty – základní statistické parametry – obsahy rizikových prvků (1995–2020)

	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg ¹	Ni	Pb	V	Zn
mg.kg ⁻¹ sušiny (extrakce lučavkou královskou)											
Průměr	12,2	1,25	11,2	12,9	54,9	30,3	0,13	35,0	48,5	49,9	151
Medián	8,09	1,15	0,45	12,5	48,0	24,3	0,10	32,0	26,3	47,4	113
Min.	0,75	0,15	0,05	1,03	1,75	1,20	0,01	1,15	2,50	4,00	6,32
Max.	274	7,16	1660	59,7	439	1250	1,85	452	3350	163	2010
Poč. vz.	588	445	596	542	597	595	599	574	569	420	577
Limit	30	5	1	30	200	100	0,8	80	100	180	300

¹ obsah Hg je stanoven jako celkový obsah

Tabulka 30 Sedimenty – základní statistické parametry – obsahy PCB (2002–2020), DDT, HCH, HCB (2007–2020), PAH (2009–2020) a C10-C40 (2016–2020)

	PCB ¹	PAH ²	DDT ³	HCH ⁴	HCB	C10-C40
	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	μg.kg ⁻¹	μg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹
Průměr	0,011	4,84	0,034	1,00	1,29	78,9
Medián	0,004	1,94	0,017	1,00	0,81	53,6
Min.	0,001	0,03	0,002	1,00	0,25	10,0
Max.	0,136	50,3	0,353	1,29	8,28	944
Poč. vz.	104	67	72	65	72	101
Limit	0,2	6	0,1	-	-	300

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)

Tabulka 31 Sedimenty – průměrné hodnoty sledovaných parametrů (zrnitost, spalitelné látky, pH a obsahy živin) – celkový průměr, vodní toky, polní, návesní a lesní rybníky a vodní nádrže (1995–2020)

	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	31,5	9,24	5,87	38,6	214	345	4243
Vodní tok	23,4	8,66	6,11	68,4	209	328	4704
Polní rybník	32,1	8,36	5,88	35,3	197	352	3789
Návesní rybník	30,2	10,1	6,00	42,8	271	356	5321
Lesní rybník	36,2	11,8	5,05	26,1	159	297	3425
Vodní nádrže	38,9	6,53	7,15	53,2	171	282	5119

Tabulka 32 Sedimenty – průměrné hodnoty sledovaných parametrů (rizikové prvky) – celkový průměr, vodní toky, polní, návesní a lesní rybníky a vodní nádrže (1995–2020)

	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	11,2	12,9	54,9	30,3	0,13	35,2	48,0	49,9	150
Vodní tok	15,5	1,08	0,86	11,3	52,5	78,5	0,18	30,0	46,3	42,6	220
Polní rybník	12,8	1,23	20,4	12,4	53,3	24,9	0,10	33,1	33,6	49,8	122
Návesní rybník	12,5	1,19	0,66	14,7	59,8	34,9	0,16	41,5	84,3	55,6	209
Lesní rybník	7,81	1,54	0,68	11,2	48,0	21,4	0,13	29,4	27,5	44,4	105
Vodní nádrže	7,96	1,02	0,59	13,5	75,3	29,5	0,13	51,4	22,9	44,2	117

¹ obsah Hg je stanoven jako celkový obsah

Tabulka 33 Sedimenty – základní statistické parametry – obsahy PCB (2002–2020), DDT, HCH, HCB (2007–2020), PAH (2009–2020) 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	0,011	4,84	0,034	1,00	1,29	78,9
Vodní toky	0,016	26,5	0,029	1,00	3,33	211
Polní rybníky	0,010	2,07	0,014	1,00	0,61	55,0
Návesní rybníky	0,010	6,54	0,062	1,01	1,97	112
Lesní rybníky	0,020	1,38	0,029	1,00	0,46	41
Vodní nádrže	0,003	–	–	–	–	65

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 2020 bylo odebráno a zanalyzováno celkem 602 vzorků sedimentů. Jednotlivé sedimenty jsou rozděleny do kategorií – z uvedeného počtu je 322 rybníků polních, 175 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 66 rybníků lesních, 31 sedimentů z toků a 8 sedimentů z vodních nádrží.

Protože převaha rozborů byla v minulosti 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 28, 29, 30 a přílohy 63, 64).

Tabulka 34 Sedimenty – počty a procenta vzorků překračující limitní hodnoty – celkem, vodní toky, polní, návesní, lesní rybníky a vodní nádrže (1995–2020) – 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.	588	445	596	542	597	595	599	594	589	440	597	104	67	72	101
	počet nadlim.	30	2	99	6	4	4	3	13	21	0	47	0	13	5	2
	% nadlim.	5,1	0,4	16,6	1,1	0,7	0,7	0,5	2,2	3,6	0,0	7,9	0,0	19,4	6,9	2,0
Vodní toky	poč. vz.	31	29	31	31	31	31	31	31	29	29	31	7	3	5	8
	počet nadlim.	3	0	9	0	0	1	0	0	1	0	5	0	2	0	1
	% nadlim.	9,7	0,0	29,0	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	3,4	0,0	16,1	0	66,7	0	12,5
Polní rybníky	poč. vz.	313	235	317	287	320	318	319	317	317	235	320	49	32	33	52
	počet nadlim.	15	1	43	1	2	1	0	5	10	0	17	0	2	0	0
	% nadlim.	4,8	0,4	13,6	0,3	0,6	0,3	0,0	1,6	3,2	0,0	5,3	0	6,3	0	0
Návesní rybníky	poč. vz.	171	113	175	153	172	172	175	172	170	108	172	39	26	27	24
	počet nadlim.	12	0	35	5	2	2	3	8	10	0	23	0	9	5	1
	% nadlim.	7,0	0,0	20,0	3,3	1,2	1,2	1,7	4,7	5,9	0,0	13,4	0	34,6	18,5	4,2
Lesní rybníky	poč. vz.	65	60	65	63	66	66	66	66	65	60	66	8	6	7	16
	počet nadlim.	0	1	11	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
	% nadlim.	0,0	1,7	16,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0	0	0	0
Vodní nádrže	poč. vz.	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	1	0	0	1
	počet nadlim.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	% nadlim.	0	0	12,5	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 31) jsou hlavně hrubší zrnitosti, podle Novákovy klasifikační stupnice půdních druhů by patřily mezi písčitohlinité půdy, jejich pH je převážně slabě kyselé. Mají nejnížší průměrný obsah spalitelných látek (organické hmoty), a nízké průměrné obsahy přístupných živin kromě Ca a P, jejichž hodnoty jsou nadprůměrné až vysoce nadprůměrné. Z rizikových prvků (tabulka 32) mají dlouhodobě nadprůměrné obsahy As, Cu, Hg a Zn.

Polní rybníky (tabulka 31) jsou převážně střední zrnitosti, podle Novákovy klasifikační stupnice půdních druhů by patřily mezi hlinité půdy, s pH většinou v oblasti kyselé, mají lehce nižší průměrné obsahy spalitelných látek (organické hmoty). Obsahy přístupných živin u polních rybníků vykazují průměrné až nižší hodnoty. Sedimenty polních rybníků (tabulka 32) mají v průměru nejvyšší obsahy Cd a vyšší obsahy As. Obsahy ostatních prvků v polních rybnících se shodují s celkovými průměry nebo jsou nižší.

Návesní rybníky (tabulka 31) mají podobně jako polní rybníky střední zrnitost, pH převážně v oblasti slabě kyselé, mají lehce nadprůměrné obsahy spalitelných látek (organické hmoty). Obsahy živin jsou průměrné až nadprůměrné (P, Ca). Sedimenty návesních rybníků mají zpravidla vyšší průměrné obsahy všech rizikových prvků než ostatní kategorie rybníků (tabulka 32), nejmarkantnější je to zejména u Pb a Zn, naopak obsahy Cd jsou hluboce pod celkovým průměrem.

Sedimenty **lesních rybníků** (tabulka 31) 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 32) v porovnání s celkovými průměry má nadprůměrné obsahy Be, ostatní rizikové prvky vykazují nižší nebo podobné hodnoty vůči celkovým průměrům.

Sedimenty **vodních nádrží** (tabulka 31) 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 32) 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 2002–2020 byly stanoveny obsahy PCB ve 104 vzorcích sedimentů, v 72 vzorcích byly stanoveny obsahy organochlorových pesticidů (HCH, HCB, látek skupiny DDT), dále pak v 67 vzorcích sedimentů stanoveny obsahy 12 PAH a ve 101 vzorcích stanoveny obsahy C10-C40. Konkrétní hodnoty a grafy jednotlivých parametrů jsou uvedeny v příloze 66.

Sedimenty **vodních toků** (tabulka 33) mají průměrné obsahy PCB vyšší a průměrné obsahy PAH až výrazně vyšší, 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 (příloha 66). 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 33) 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 nedosahují celkového průměru.

Sedimenty **lesních rybníků** (tabulka 33) 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 8 vzorků pouze jeden byl analyzován na PCB (tabulka 33), obsah PCB v sedimentu byl hluboce pod průměrnou hodnotou. Obsahy C10-C40 jsou lehce pod průměrnou hodnotou.

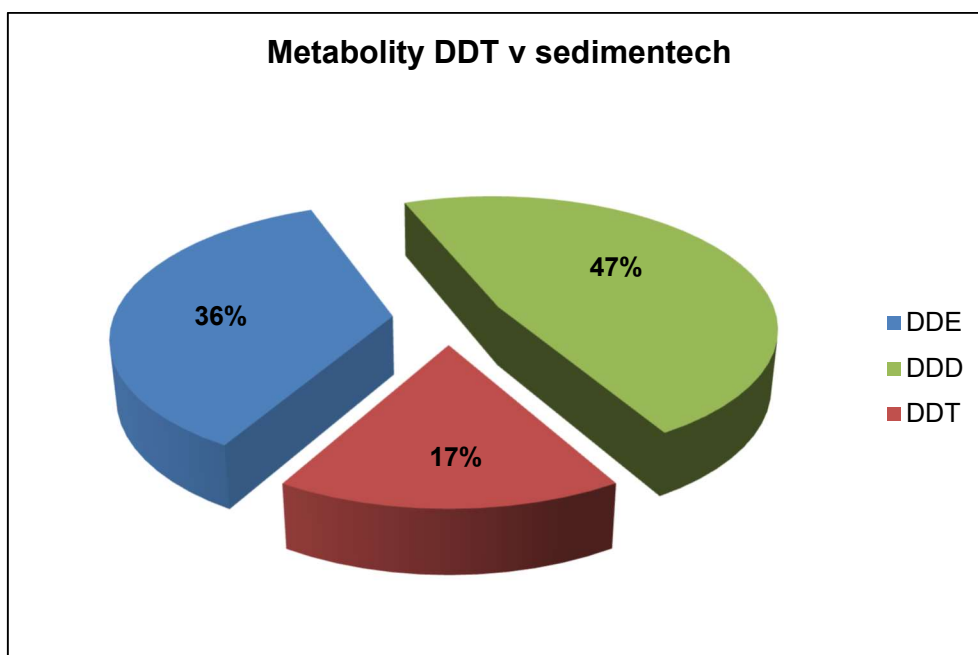
Vzájemný poměr jednotlivých metabolitů skupiny DDT a 12 sledovaných PAH v sedimentech ukazují grafy 26 a 27. Z metabolitů DDT převládá DDD (47 %), následuje DDE (36 %) a poslední je DDT (17 %). Dlouhodobě se poměry metabolitů pro obě látky mění jen nepatrně. U PAH je ve vzorcích sedimentů nejvíce zastoupen fluoranten (FLT – 20 %), následuje pyren (PYR – 16 %), dále pak shodně chrysen, benzo(b)fluoranten a benzo(a)pyren (CHR, BBF, BAP – 9 %).

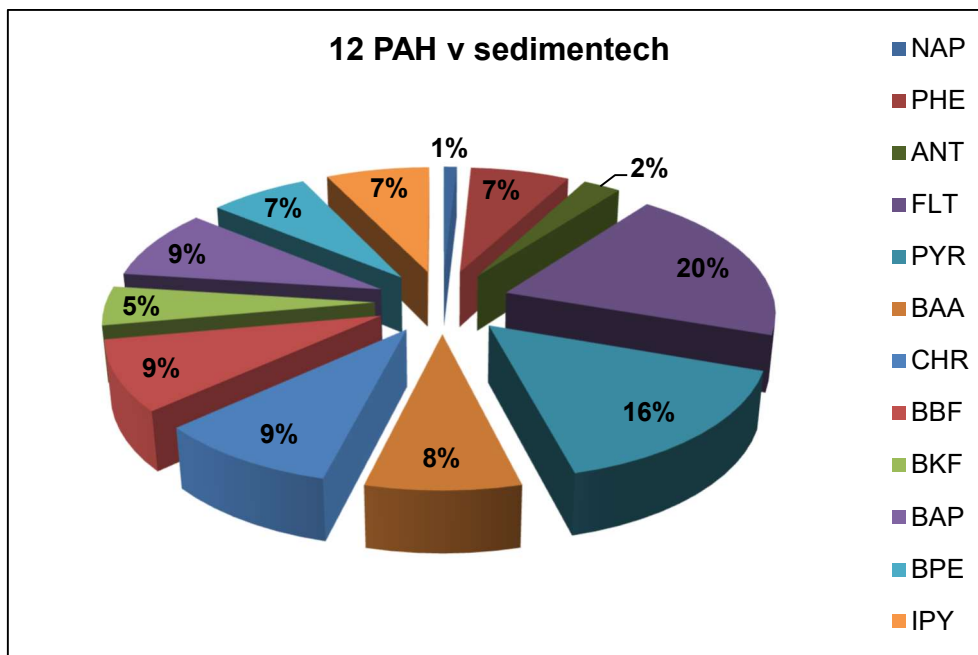
Mediány sledovaných parametrů pro všechny kategorie sedimentů jsou graficky uvedeny v přílohách 63–65.

V tabulce 34 jsou prezentovány počty a procenta vzorků překračující limitní hodnoty uvedené ve vyhlášce č. 257/2009 Sb. Za celé sledované období bylo zjištěno 229 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 (16,6 %), následuje Zn (7,9 %) a As (5,1 %). Vodní nádrže mají zatím jeden vzorek, který překročil limitní hodnotu pro Cd. Z ostatních kategorií lesní rybníky mají nejméně vzorků (14) překračujících limitní hodnoty. Problematickými prvky pro lesní rybníky jsou Cd (16,9 %) a Zn (3,0 %). V počtu překročených limitních hodnot pro rizikové prvky následují vodní toky (19), nejčastěji je překračována limitní hodnoty pro Cd (34,6 %), následuje Zn (19,2 %) a As (11,5 %). Polní (95) a návesní (100) 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 13 vzorků, z toho nejvíce u návesních rybníků (9); 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.

V roce 2020 byly odběry vzorků prováděny pouze pracovníky ÚKZÚZ ze sedimentárních částí vypuštěných rybníků nebo ze složišť vytěžených sedimentů, jak rybníčních, tak i říčních. V minulých letech byly některé vzorky dodány přímo zákazníkem. V současné době jsou již vzorky odebírány podle metodického pokynu „Sledování rybníčních a říčních sedimentů“ v platném znění.

Graf 26 Poměrné zastoupení metabolitů DDT v sedimentech



Graf 27 *Poměrné zastoupení 12 PAH v sedimentech*


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 byla zjištěna u 53 % sedimentů, neutrální u 33 % a zásaditá 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 především nižší obsahy fosforu oproti obsahům zjišťovaným v průměru u orných půd, obsahy draslíku a vápníku jsou podobné obsahům v půdách, naopak obsah hořčíku je jedenapůlkrát vyšší.

- Obsah rizikových prvků hodnocených podle vyhlášky č. 257/2009 Sb. (extrakt lučavkou královskou) ukazuje na nejčastější kontaminaci kadmiem (Cd) – 99 vzorků (16,6 %), zinkem (Zn) – 47 vzorků (7,9 %) a arsenem – 30 vzorků (5,1 %). Nejvyšší počet nadlimitních vzorků na rizikové prvky mají rybníky návesní (100) následují polní rybníky (95), vodní toky (19), lesní rybníky (14) a vodní nádrže (1).
- 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 13 vzorků z toho dvakrát u toku, dvakrát u polního rybníku a devětkrát 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

Maliszewska-Kordybach, B.; Smreczak, B.; Klimkowicz-Pawlas, B. Effects of anthropopressure and soil properties on the accumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons in the upper layer of soils in selected regions of Poland. *Appl. Geochem.* **2009**, 24, 1918–1926.

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.

Thiele S.; Brümmer, G. W. Bioformation of polycyclic aromatic hydrocarbons in soil under oxygen deficient conditions. *Soil Biol. Biochem.* **2002**, 34 (5), 733–735.

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

Jiří Fiala

V roce 2020 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:

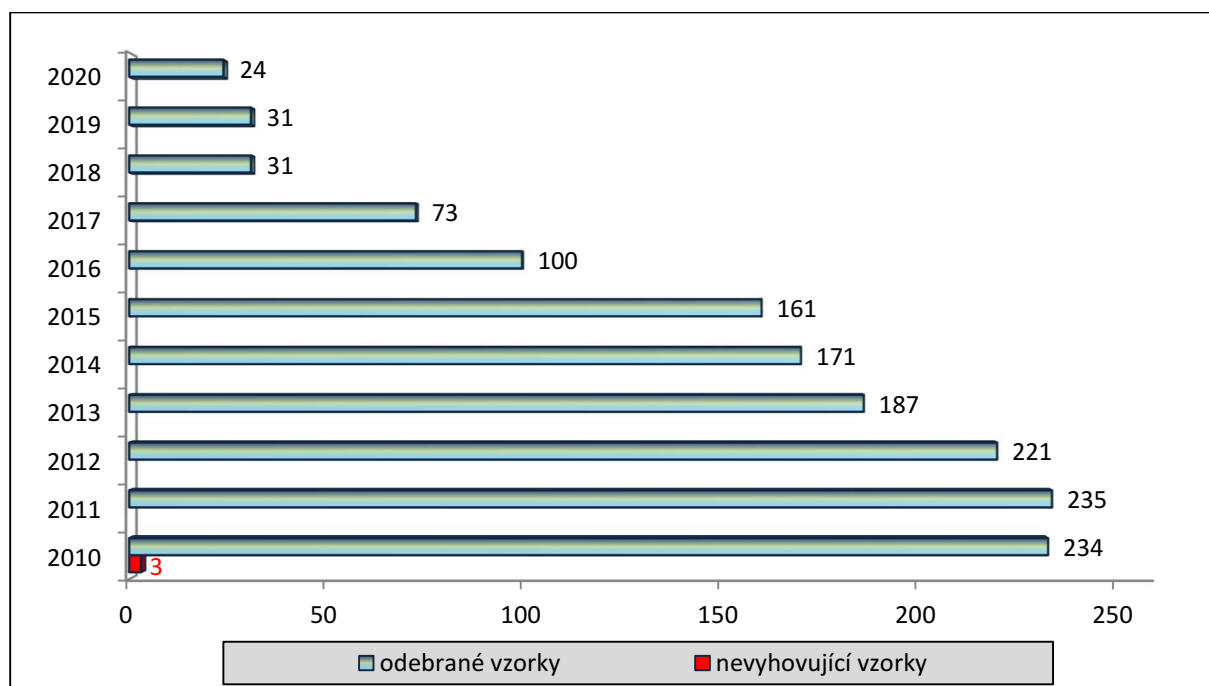
- Sledování výskytu zakázaných látek a produktů v krmivech
- Sledování výskytu nežádoucích látek a produktů v krmivech
- Sledování správného používání doplňkových látek v krmivech
- Sledování dalších problematik, týkajících se bezpečnosti a kvality krmiv

2.1 Sledování zakázaných látek

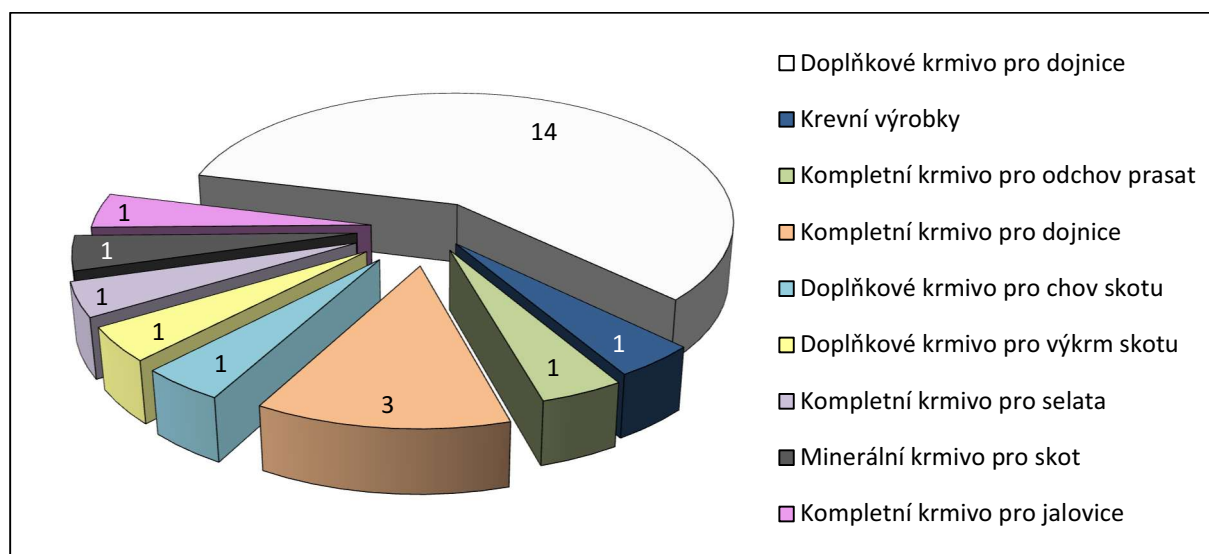
2.1.1 Cílená kontrola přítomnosti zpracovaných živočišných bílkovin v krmivech

Kontrola je zaměřená na možnou kontaminaci krmiv zpracovanými živočišnými bílkovinami (PAP). V roce 2020 bylo takto prověřeno 24 vzorků krmiv převážně pro přežvýkavce. V posledních 10 letech nebyla přítomnost nepovolených zpracovaných živočišných bílkovin v žádném úředním vzorku zjištěna.

Graf 28 Počet odebraných a nevyhovujících vzorků v rámci cílené kontroly PAP v letech 2010-2020



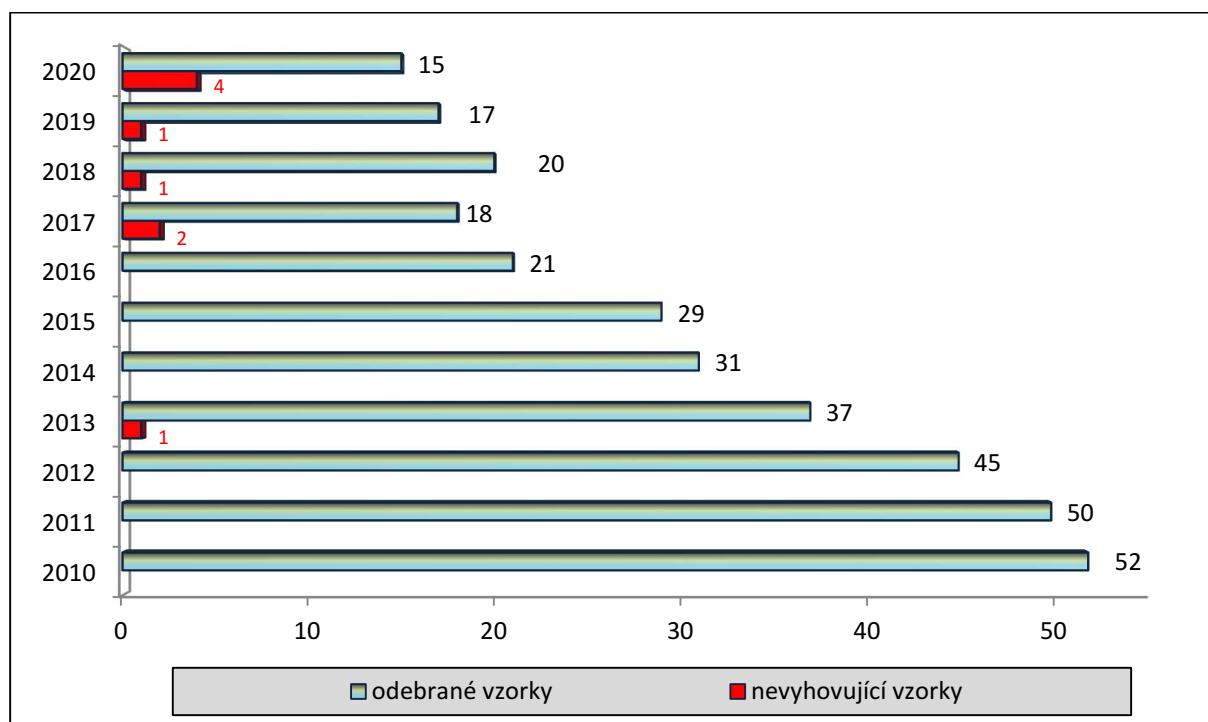
Graf 29 Zastoupení vzorků v rámci cílené kontroly přítomnosti zpracovaných živočišných bílkovin



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 2020 odebráno 15 vzorků krmiv. Čtyři vzorky rybí moučky byl posouzeny jako nejakostní, s přítomností částic kostí suchozemských živočichů. Metodou PCR byla ve všech pozitivních vzorcích potvrzena přítomnost DNA drůbeže, v jednom vzorku byla detekována i DNA prasete.

Graf 30 Počet analyzovaných vzorků v rámci cílené kontroly tkání v rybí moučce v letech 2010–2020

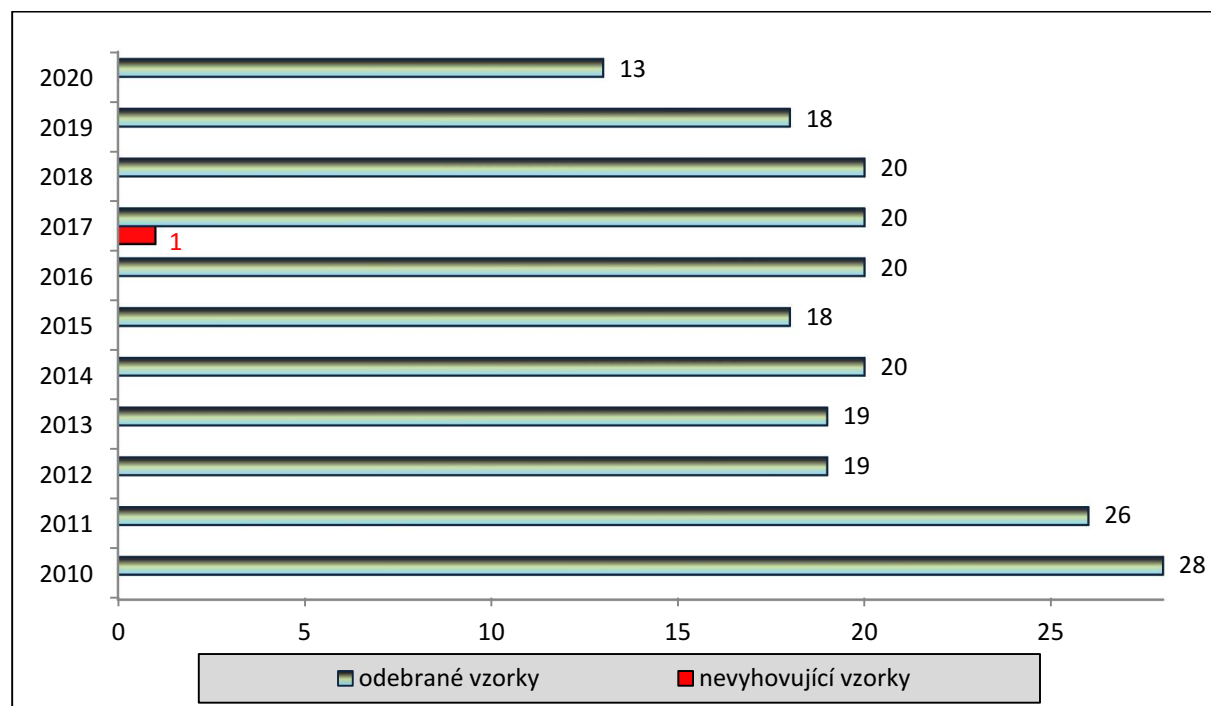


2.2 Sledování nežádoucích látek

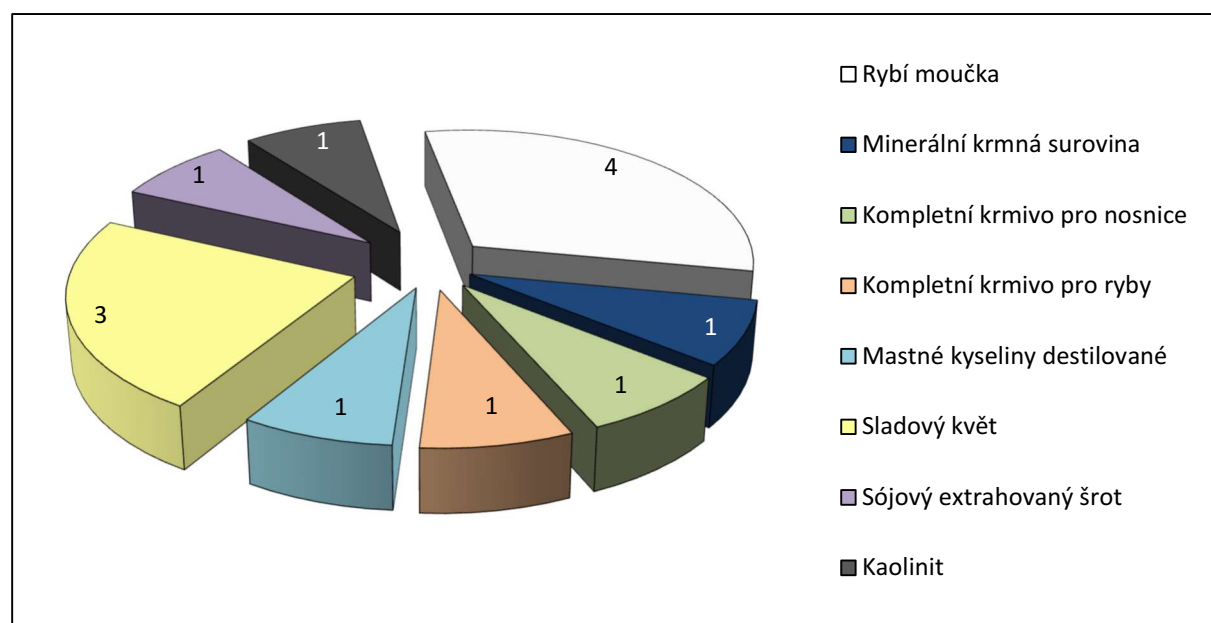
2.2.1 Monitoring vybraných perzistentních organických polutantů (POP)

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 mezi detekce $0,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$. Všechny vzorky byly vyhodnoceny jako vyhovující.

Graf 31 Počet odebraných vzorků krmiv v rámci cílené kontroly POP ve 2010–2020



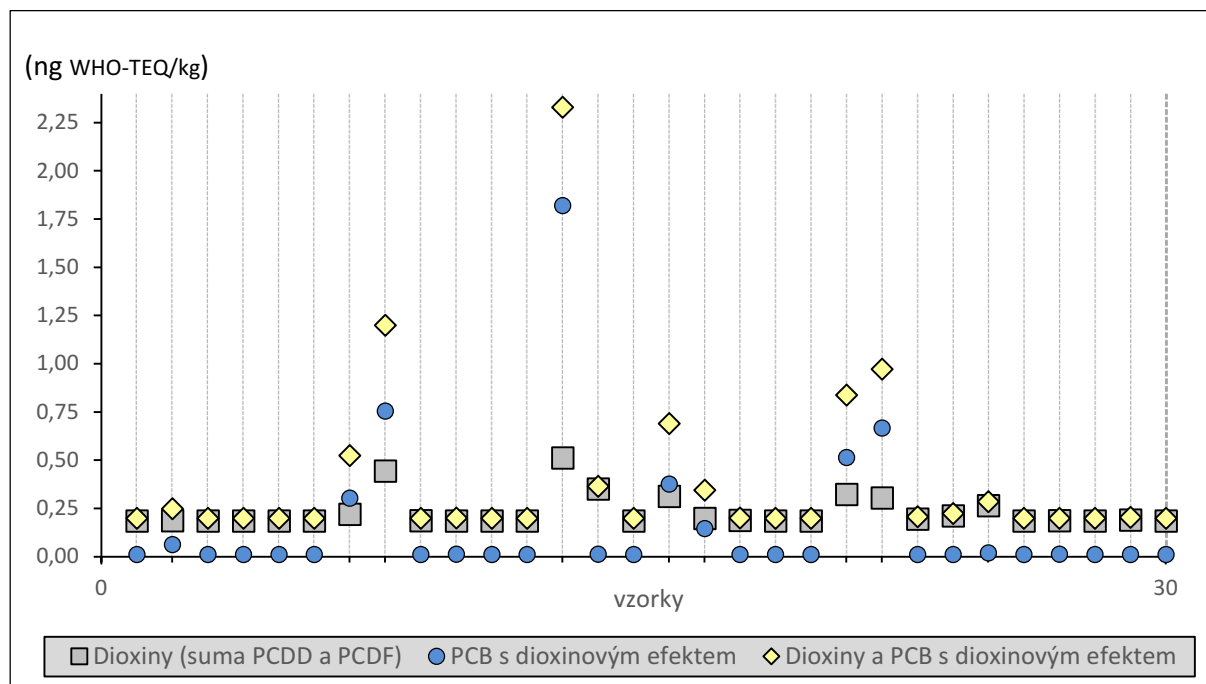
Graf 32 Zastoupení vzorků v rámci cílené kontroly vybraných perzistentních org. polutantů (POP)



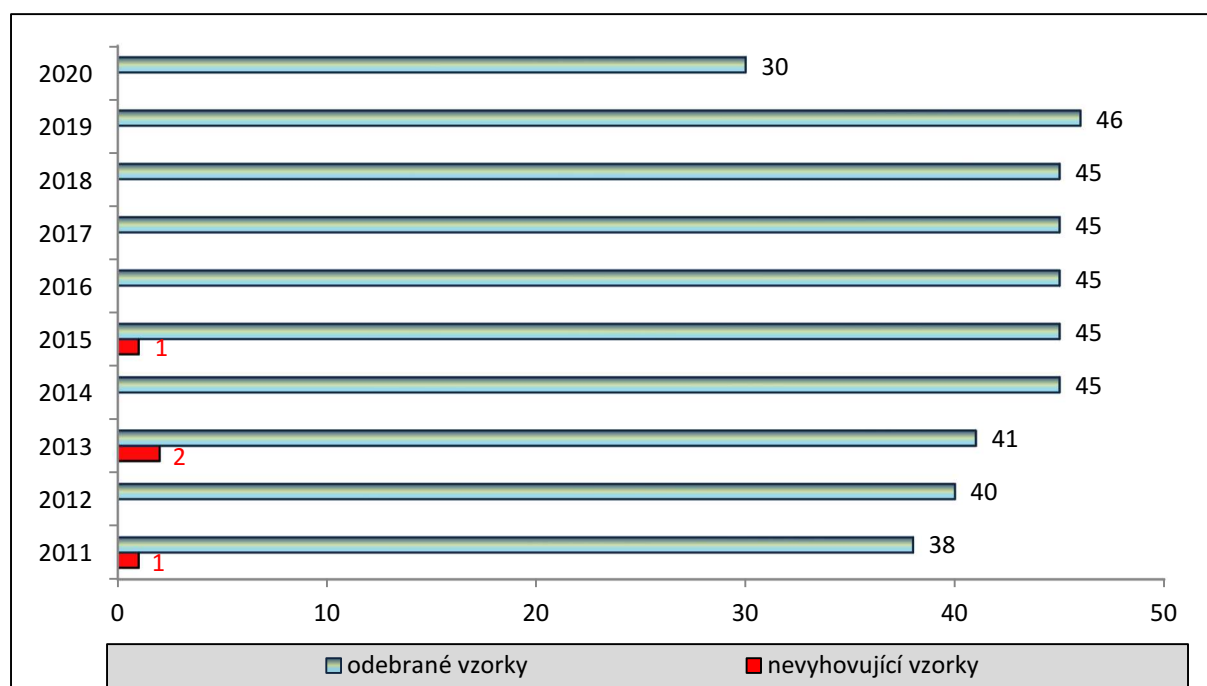
2.2.2 Cílená kontrola dioxinů, furanů a PCB dioxinového typu

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.

Graf 33 Zjištěné obsahy dioxinů a PCB s dioxinovým efektem v krmivech



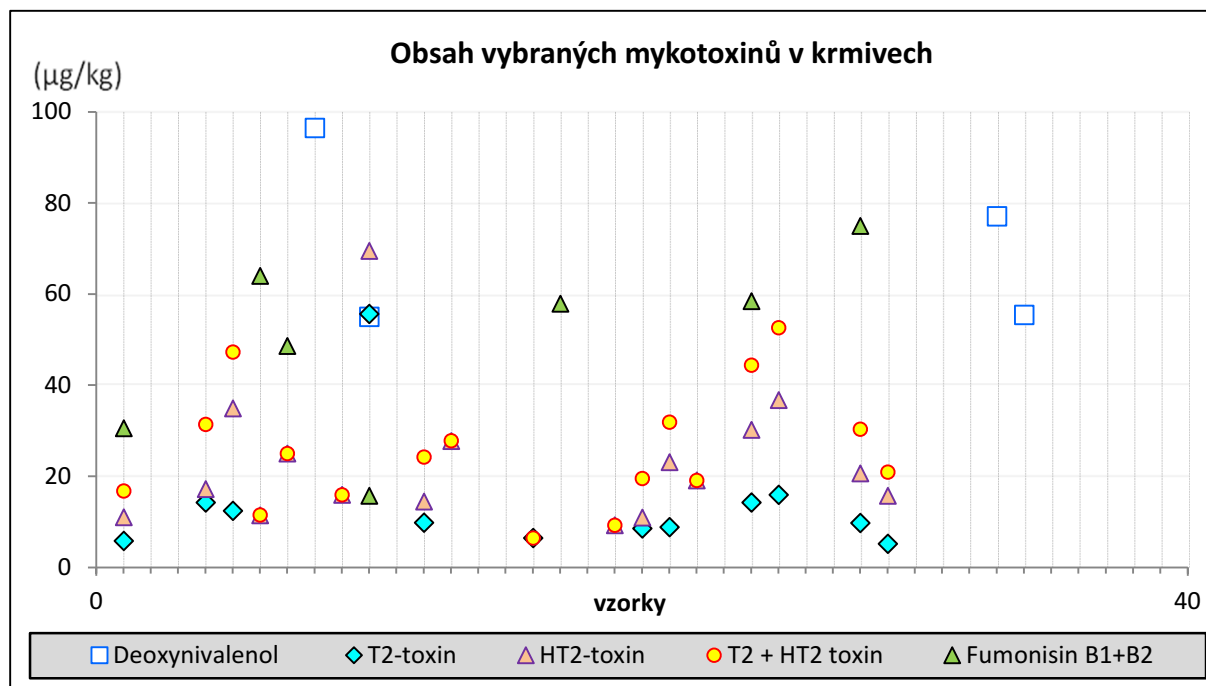
Graf 34 Počet odebraných a nevyhovujících vzorků v rámci cílené kontroly obsahu dioxinů 2010–2020



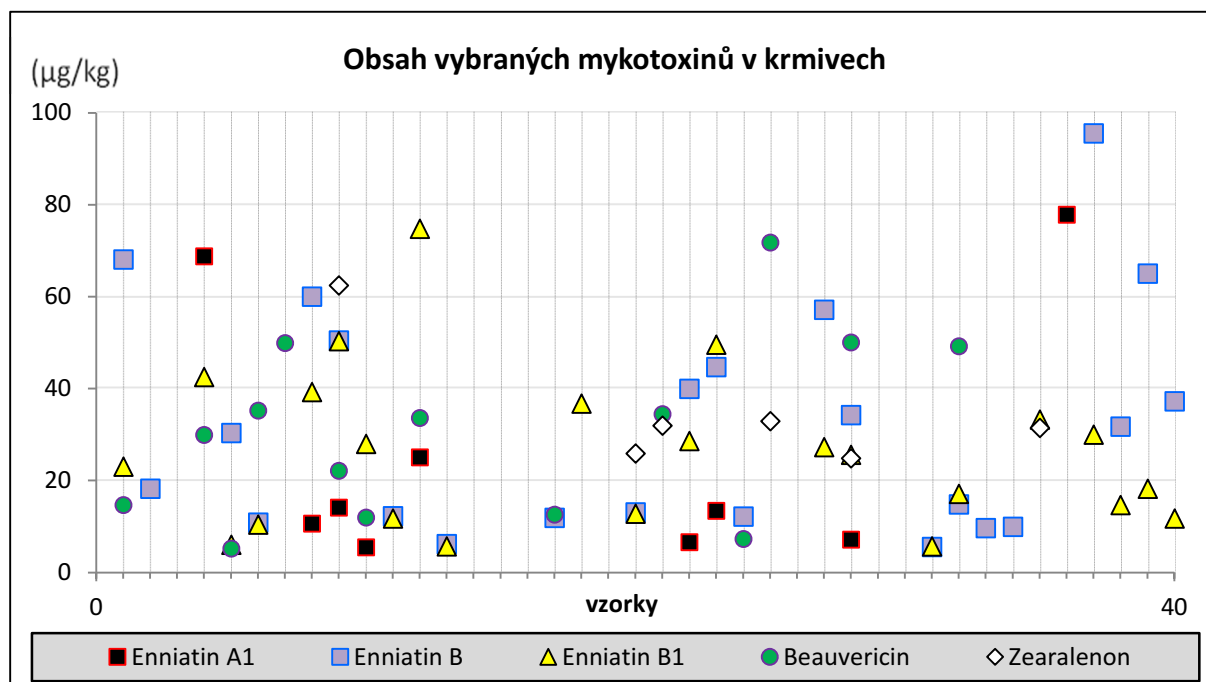
2.2.3 Monitoring mykotoxinů

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

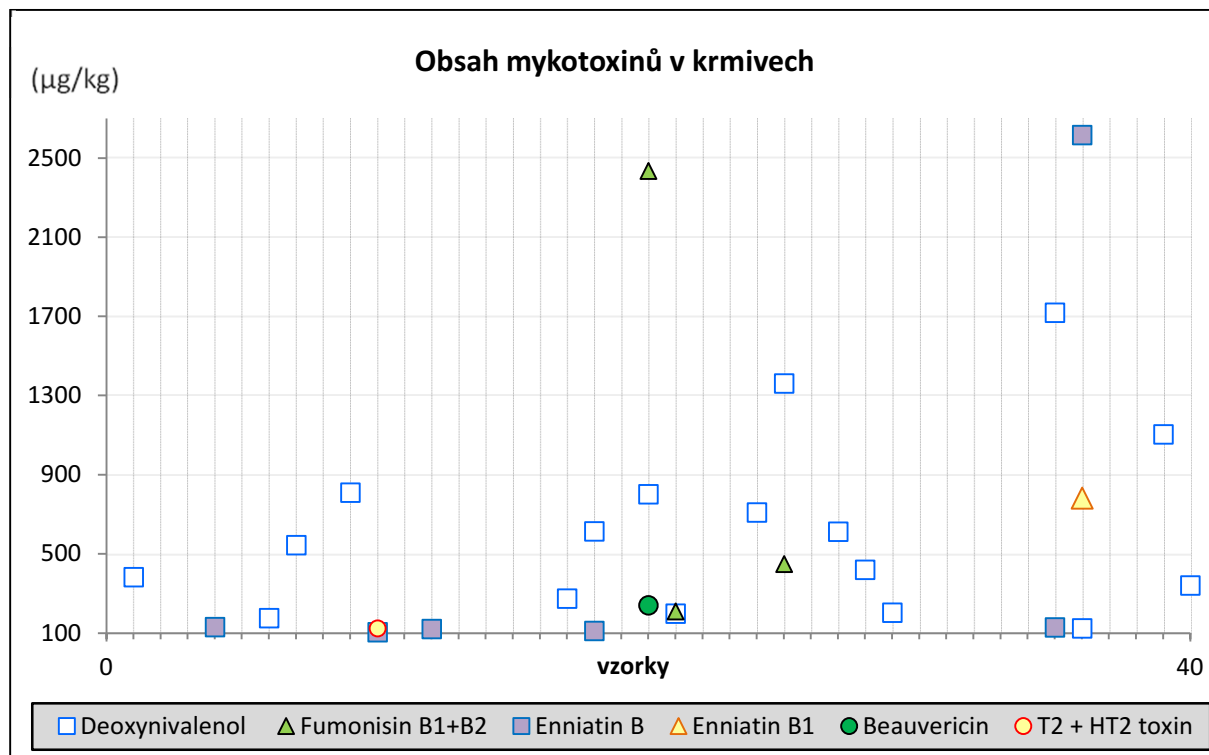
Graf 35 Zjištěné obsahy vybraných mykotoxinů do $100 \mu\text{g.kg}^{-1}$ (vyznačeny jsou hodnoty nad mezí detekce)



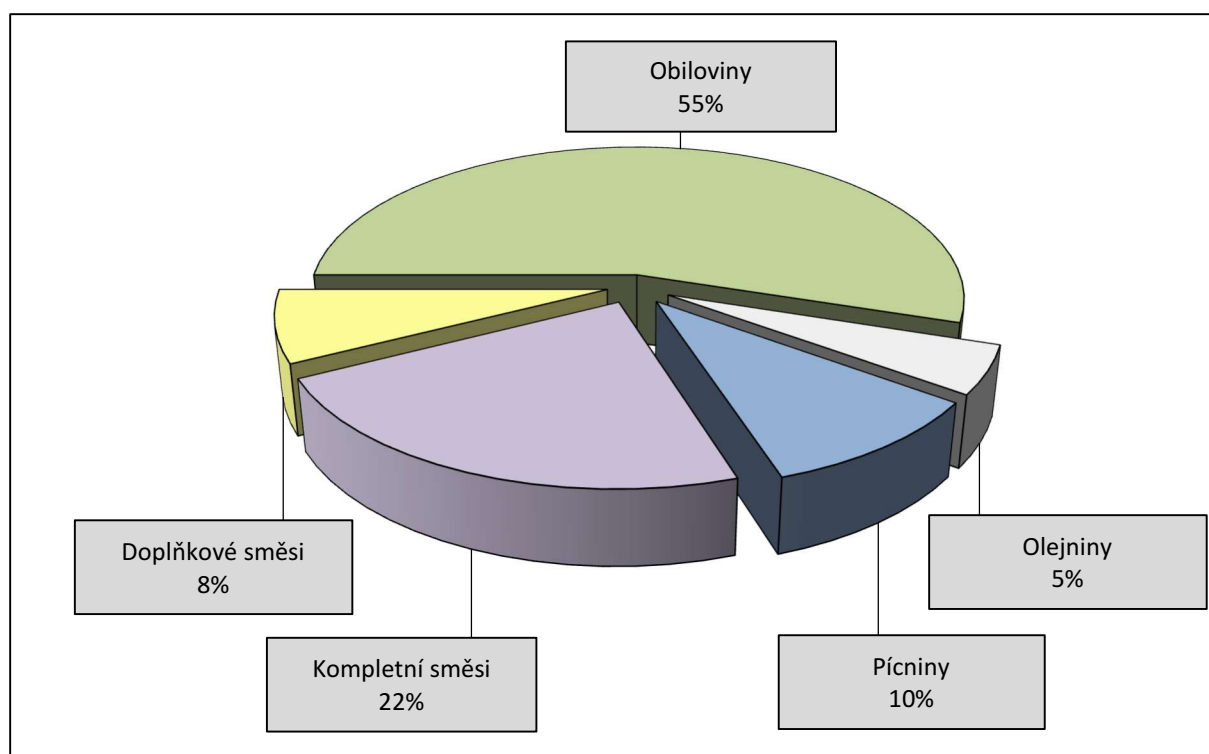
Graf 36 Zjištěné obsahy vybraných mykotoxinů do $100 \mu\text{g.kg}^{-1}$ (vyznačeny jsou hodnoty nad mezí detekce)



Graf 37 Zjištěné obsahy vybraných mykotoxinů vyšší než 100 µg.kg⁻¹



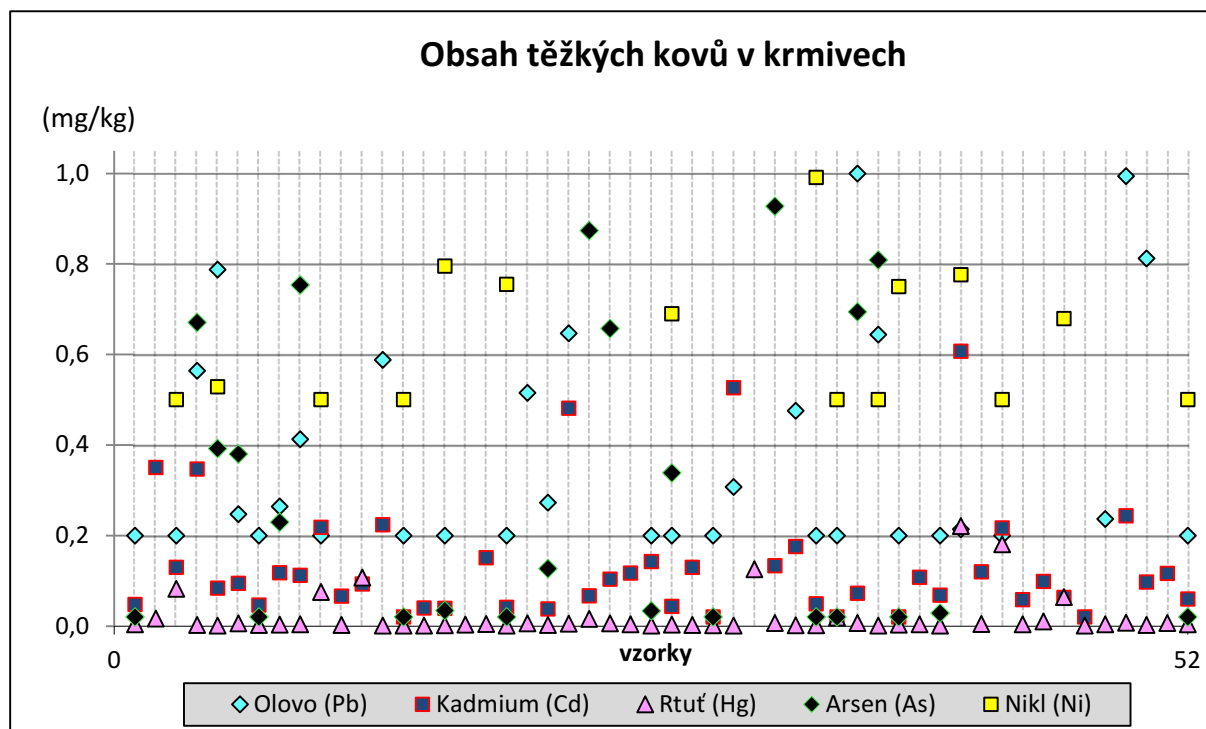
Graf 38 Zastoupení vzorků v rámci cílené kontroly mykotoxinů



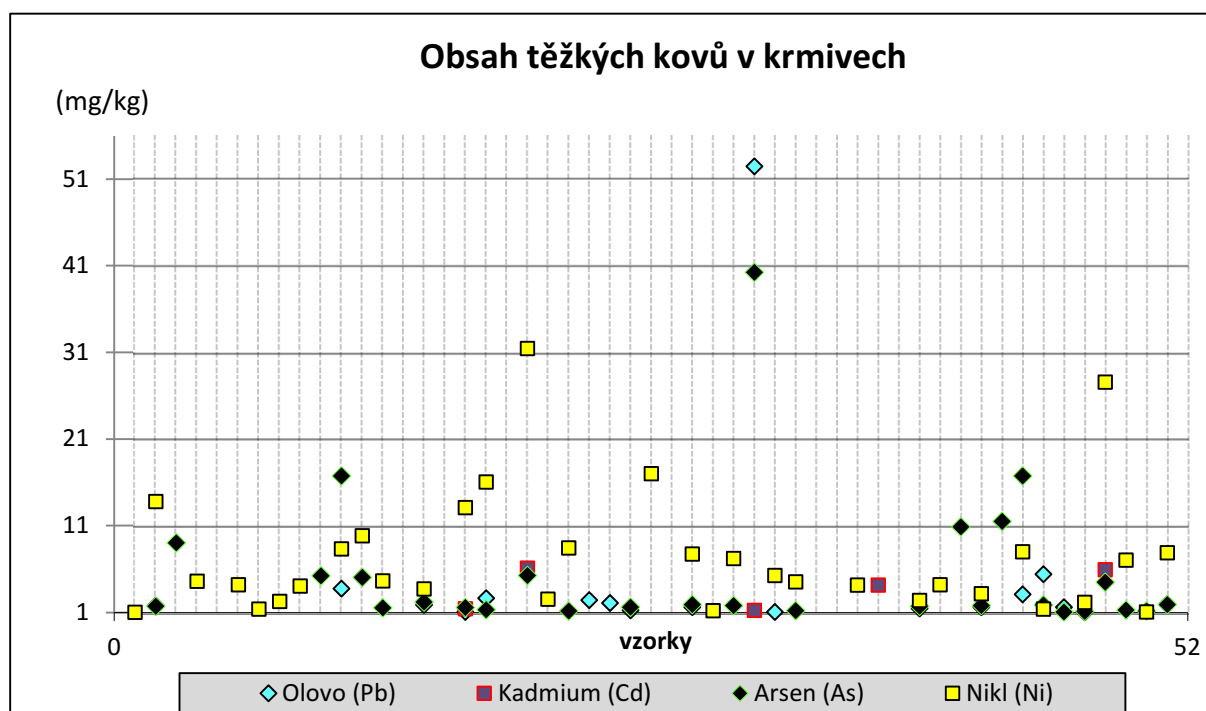
2.2.4 Cílená kontrola přítomnosti těžkých kovů v krmivech

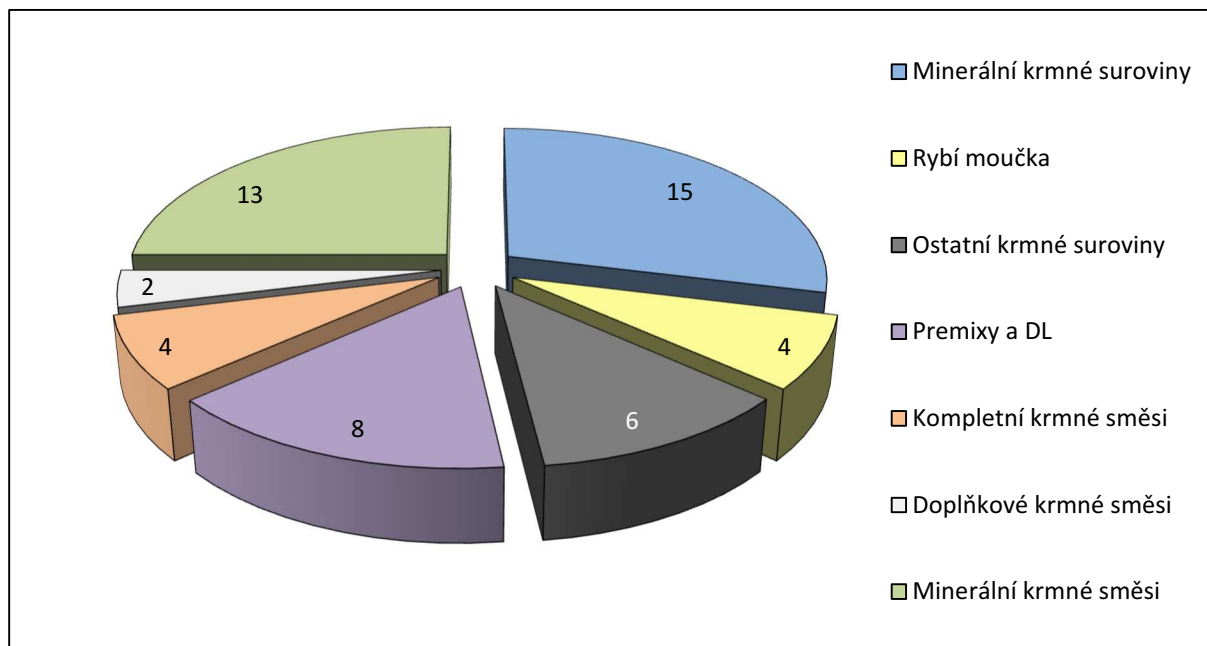
Inspektoři odebrali 52 vzorků převážně minerálních doplňkových látek a minerálních krmných směsí pro zjištění nežádoucího obsahu těžkých kovů. Byl sledován obsah olova, kadmia, rtuti, arsenu a niklu. Všechny analyzované vzorky vyhověly stanoveným maximálním limitům obsahu sledovaných těžkých kovů.

Graf 39 Obsah těžkých kovů v krmivech nad detekčním limitem (hodnoty $<1 \text{ mg.kg}^{-1}$)



Graf 40 Obsah těžkých kovů v krmivech nad detekčním limitem (hodnoty $>1 \text{ mg.kg}^{-1}$)



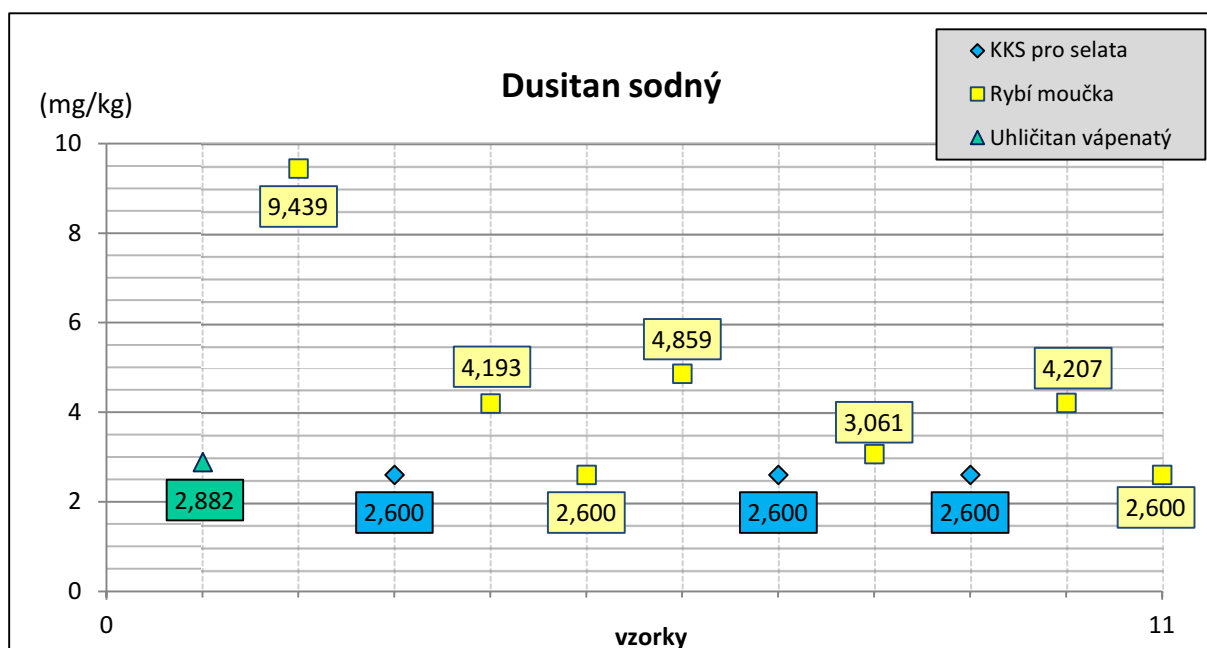
Graf 41 Zastoupení odebraných krmiv v rámci cílené kontroly obsahu těžkých kovů

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

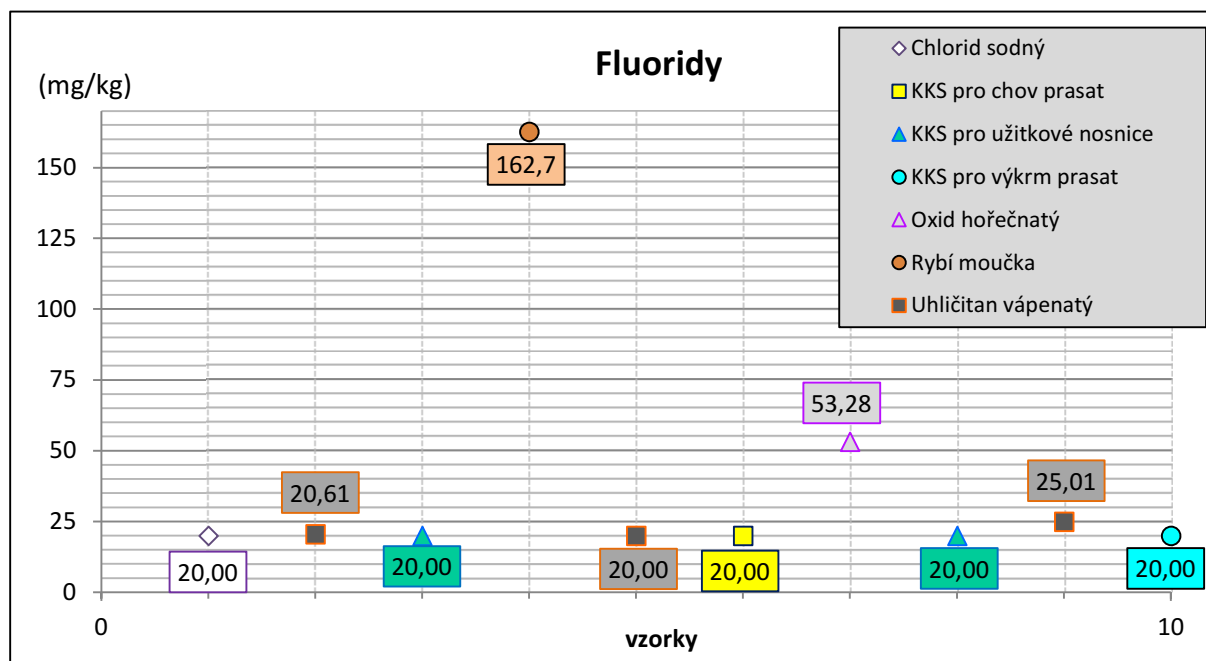
V rámci cílené kontroly bylo odebráno 11 vzorků krmiv pro stanovení obsahu dusitanů. Sleduje se, zda nebylo použito konzervování krmiv dusitany. Všechny vzorky byly vyhodnoceny jako vyhovující, obsah 6 vzorků byl nižší než detekční limit přístroje $2,6 \text{ mg.kg}^{-1}$. Maximální povolený obsah dusitanů je 15 mg.kg^{-1} v krmných směsích a 30 mg.kg^{-1} v rybí moučce.

Graf 42 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.

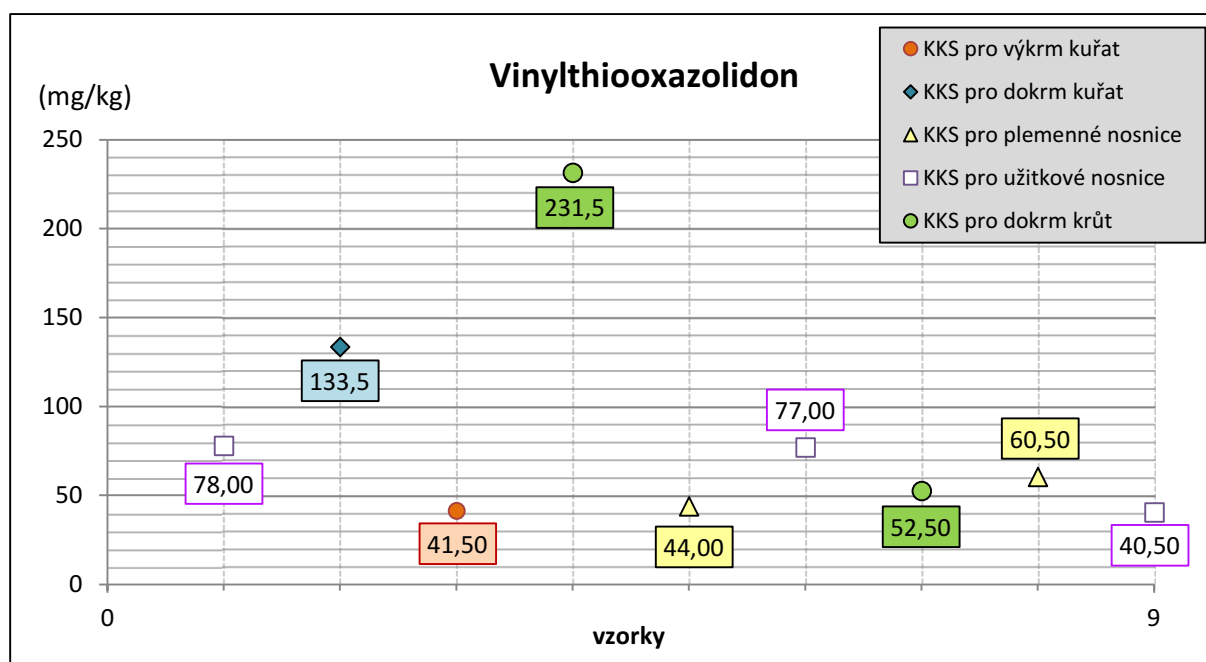
Graf 43 Obsah fluoridů v odebraných vzorcích krmiv



Vinylthiooxazolidon

Vinylthiooxazolidon se vyskytuje v krmivech s obsahem řepky. V 9 vzorcích kompletních směsí pro drůbež nebylo zjištěno překročení maximálního povoleného limitu nežádoucí látky.

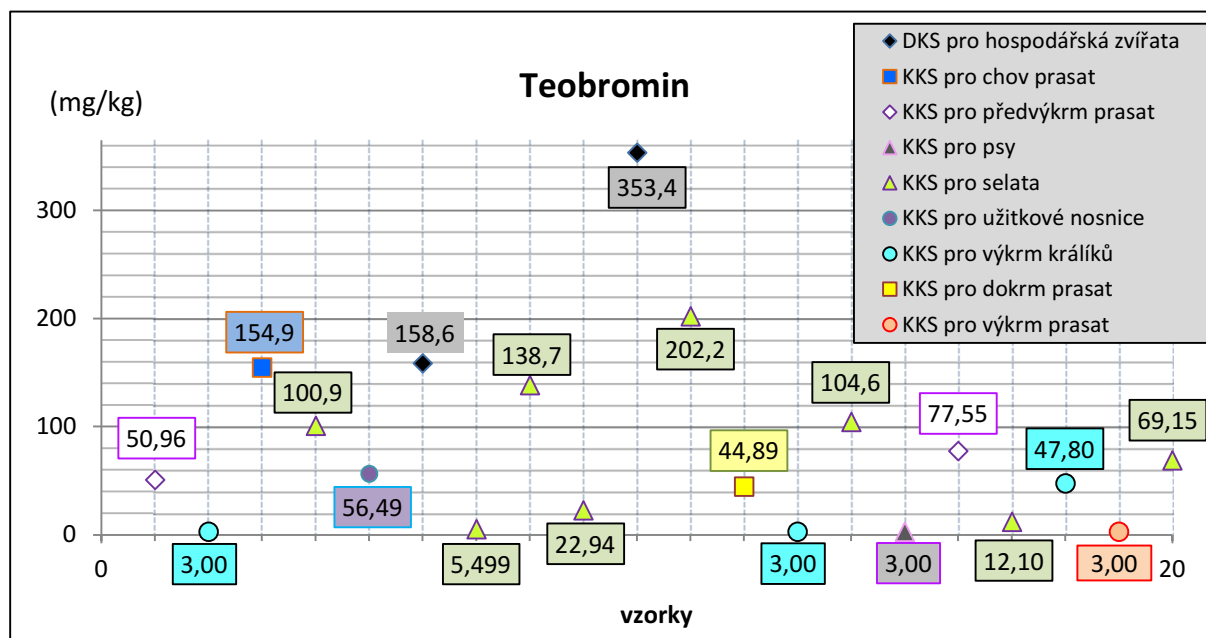
Graf 44 Obsah vinylthiooxazolidonu v odebraných vzorcích krmiv



Teobromin

Sleduje se v krmivech s obsahem kakaových slupek, kakaa, čokolády a dalších výrobků z cukrovinek. Bylo odebráno 20 vzorků kompletních a doplňkových krmných směsí. Žádné krmivo nebylo posouzeno jako nevyhovující z důvodu nadlimitního obsahu teobrominu.

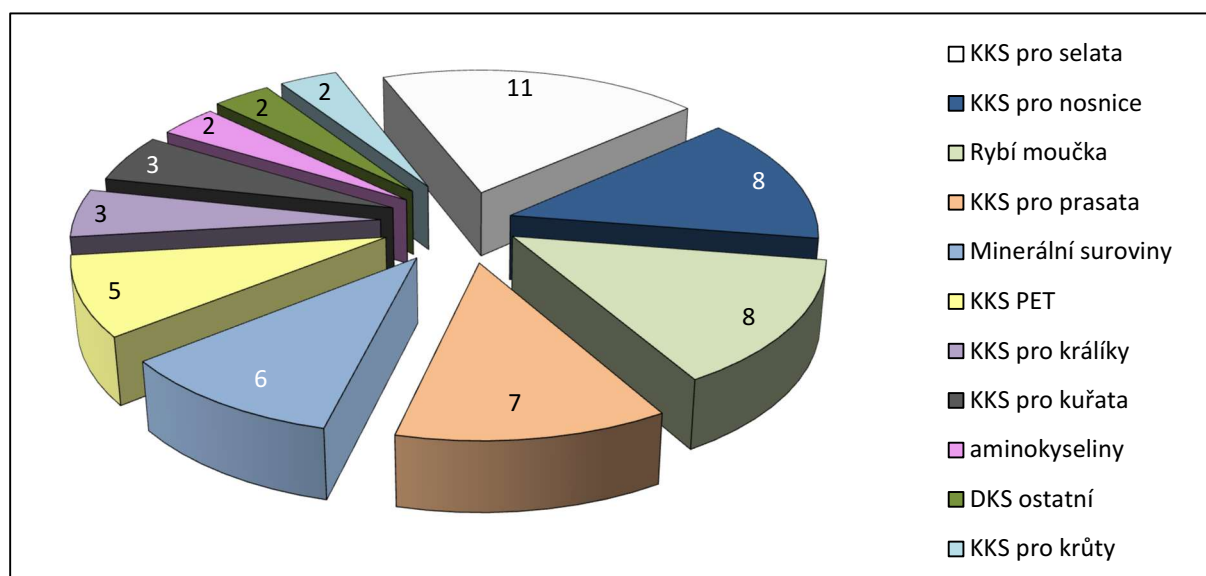
Graf 45 Obsah teobrominu v odebraných krmivech



Melamin a kyselina kyanurová

Bylo odebráno 7 vzorků kompletních krmných směsí pro zvířata určená k produkci potravin nebo aminokyselin za účelem stanovení obsahu melaminu a kyseliny kyanurové. Žádné nevyhovující krmivo nebylo zjištěno. Výsledky většiny analyzovaných vzorků se pohybovaly na úrovni detekčního limitu analytických přístrojů $0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$.

Graf 46 Zastoupení všech krmiv v rámci cílené kontroly přítomnosti dalších nežádoucích látek v krmivech



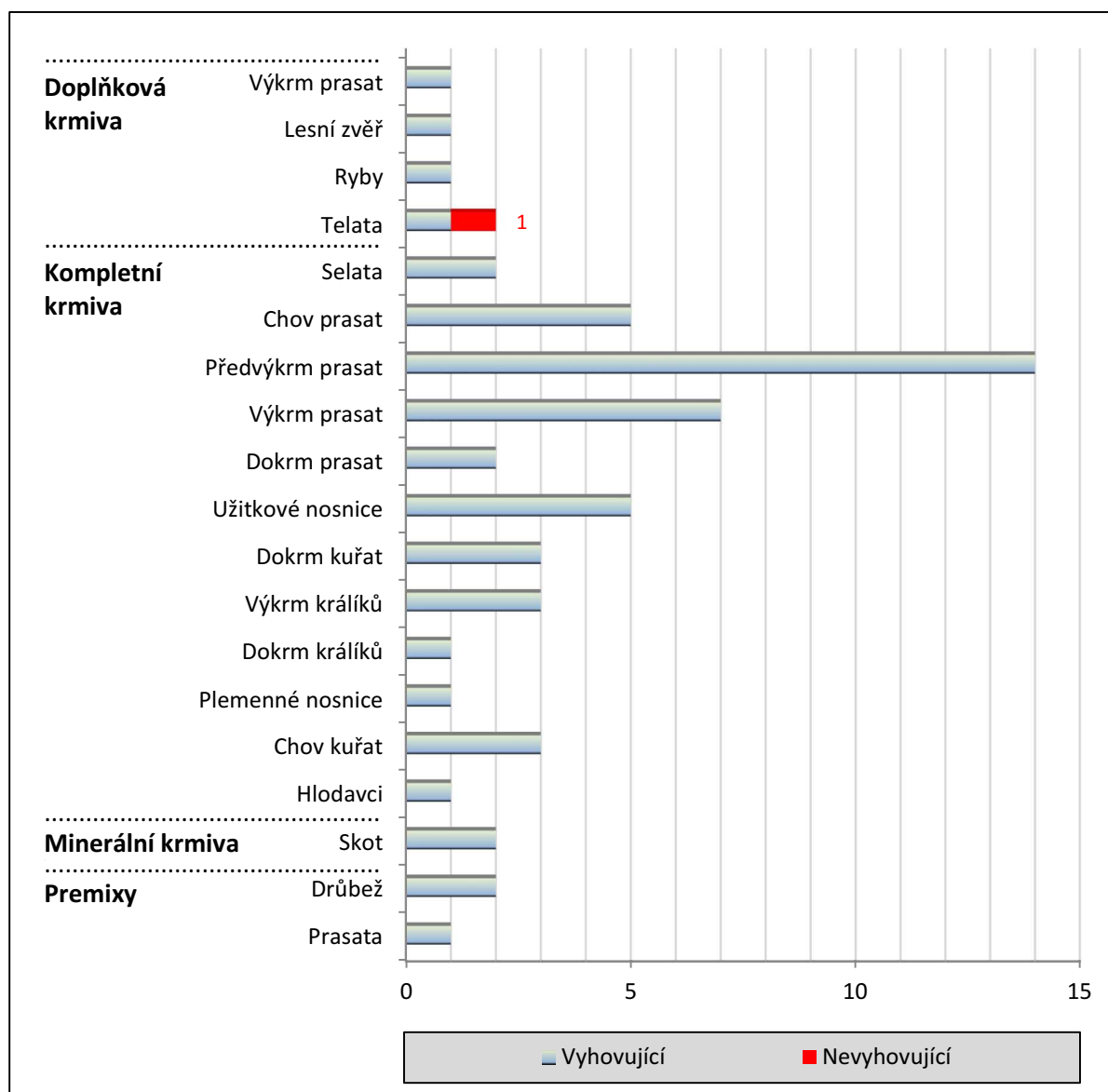
2.3 Sledování správného používání doplňkových látek

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.

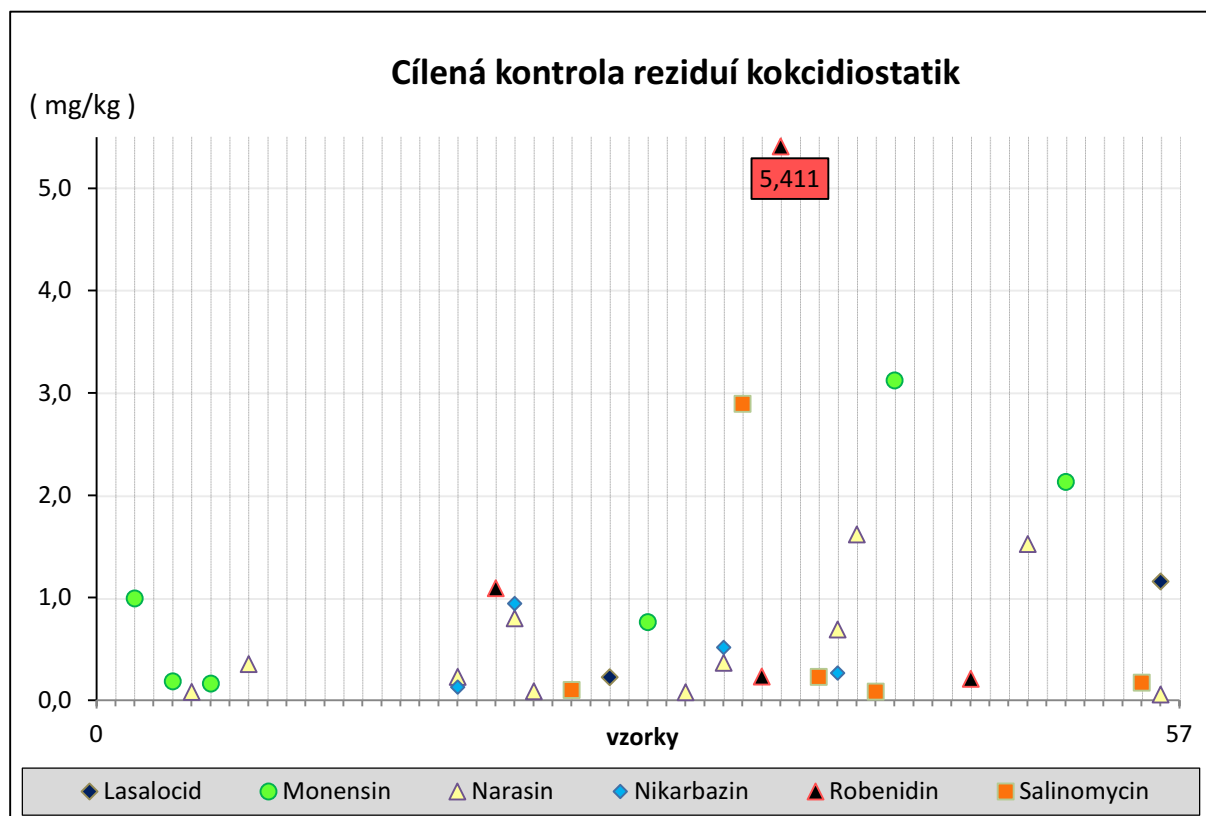
Byl zjištěn pouze 1 případ překročení maximálního limitu rezidua robenidinu v následně vyrobené doplňkové krmné směsi určené pro telata. Kontrola dodržování deklarovaného obsahu kokcidiostatik vyhodnotila všechny analyzované vzorky krmných směsí i premixů jako vyhovující.

Graf 47 Odebrané vzorky v rámci cílené kontroly křížové kontaminace krmiv kokcidiostatiky

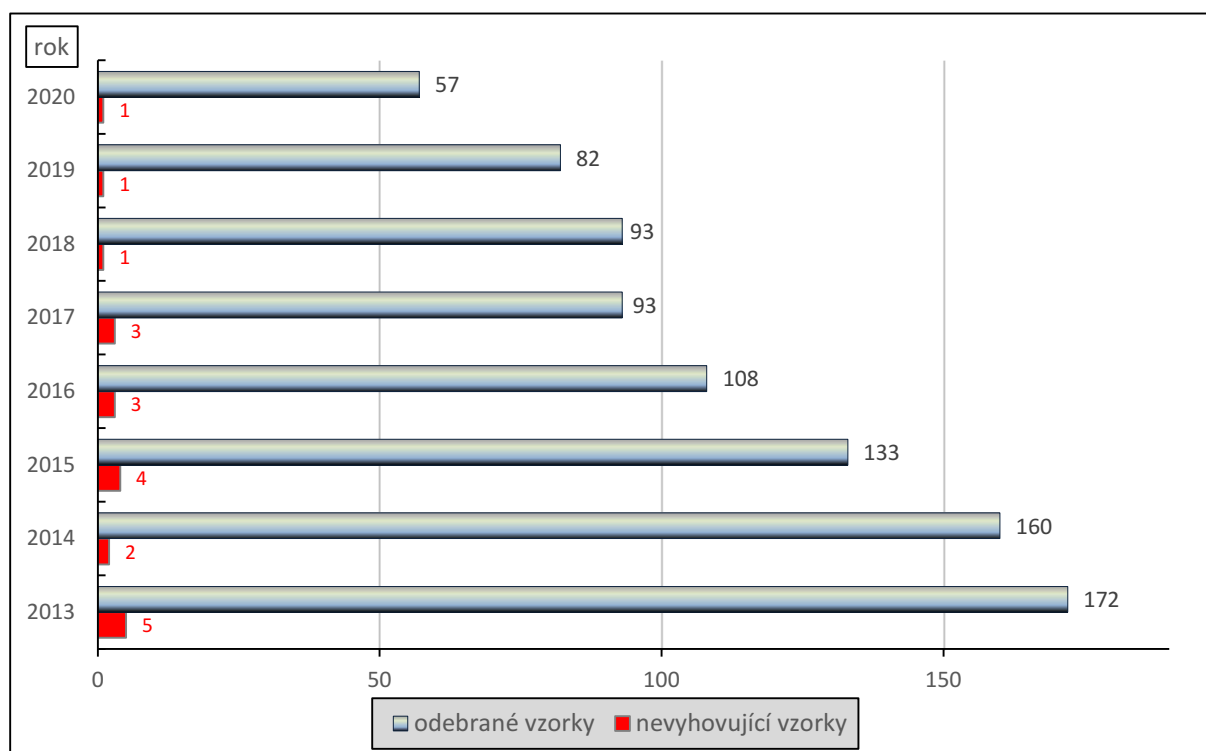


Nejčastěji byly odebírány kompletní krmné směsi (47 vzorků) s převahou krmných směsí pro předvýkrm prasat, výkrm prasat, chov prasat a krmiv pro užitkové nosnice.

Graf 48 *Křížová kontaminace krmiv kokcidiostatiky nad mezí detekce analýzy (v červeném poli hodnota nevyhovujícího vzorku)*

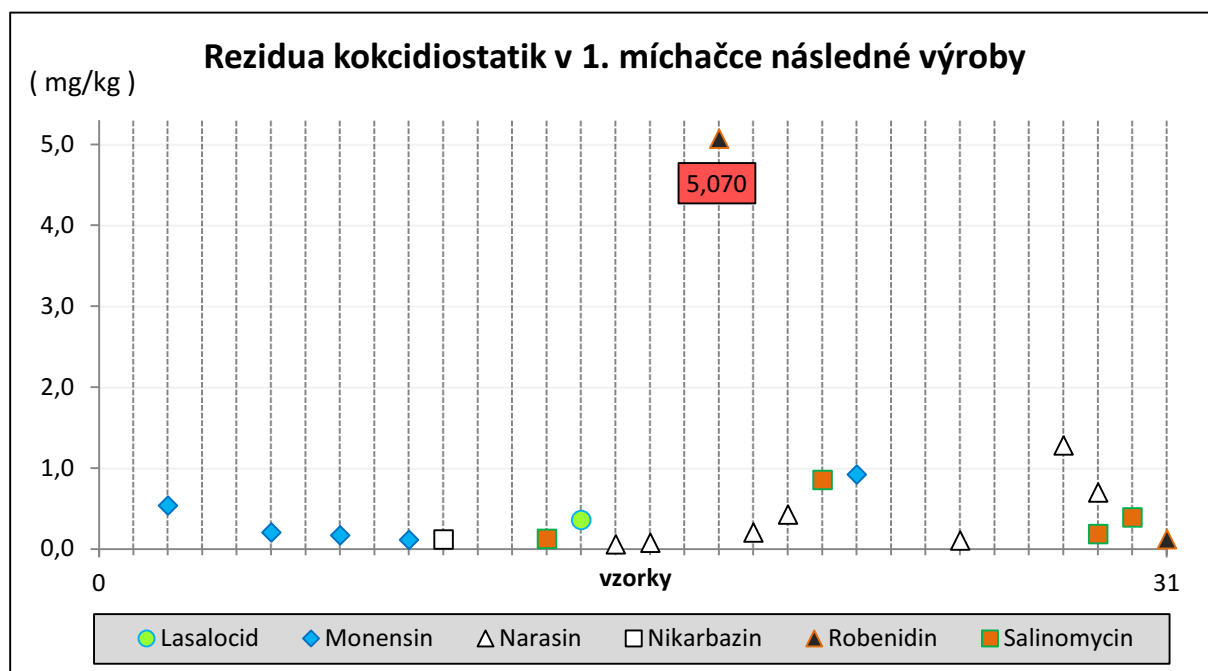


Graf 49 *Počty odebraných a nevyhovujících vzorků křížové kontaminace kokcidiostatik 2010–2020*

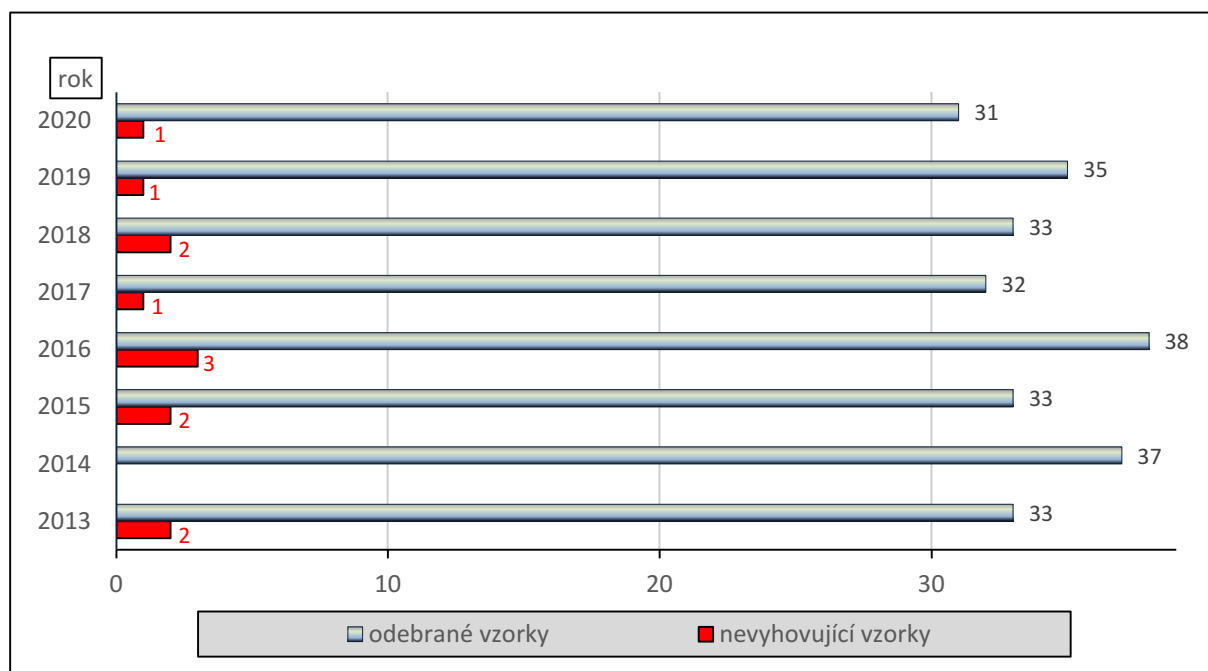


V rámci cílené kontroly byly rovněž sledovány reziduální stopy kokcidiostatik v krmivu, které bylo zpracováno míchacím zařízením výrobce bezprostředně po použití kokcidiostatik. Bylo prověřeno 31 vzorků z nejrizikovější první míchačky následně vyráběných krmiv. Stanovený limit byl překročen u 1 vzorku doplňkového krmiva pro telata obsahem rezidua robenidinu. Výrobce krmiva neprodleně zavedl účinnější postupy dekontaminace výrobní linky pro zabránění přenosů křížové kontaminace do následné výroby.

Graf 50 *Rezidua kokcidiostatik v 1. míchačce následné výroby, hodnoty nad mezi detekce stanovení (v červeném poli uvedena hodnota nevyhovujícího vzorku)*



Graf 51 *Počty odebraných a nevyhovujících vzorků křížové kontaminace kokcidiostatik v 1. míchačce následné výroby v letech 2013-2020*

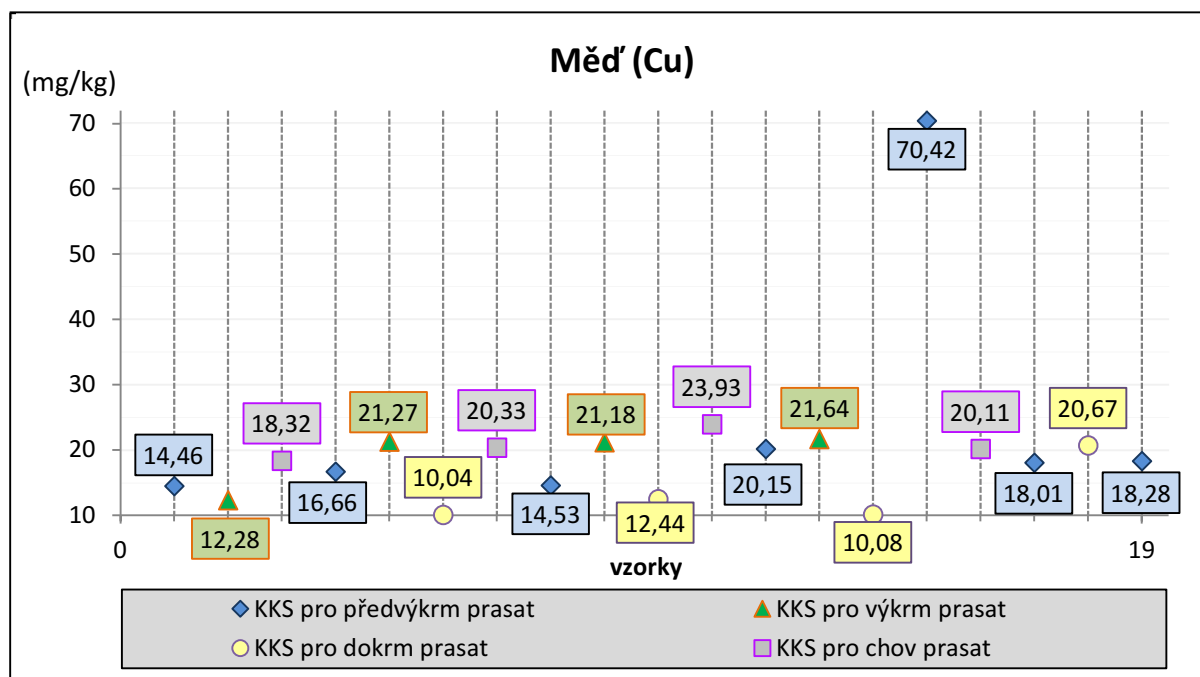


2.3.2 Cílená kontrola dodržování limitů doplňkových látek

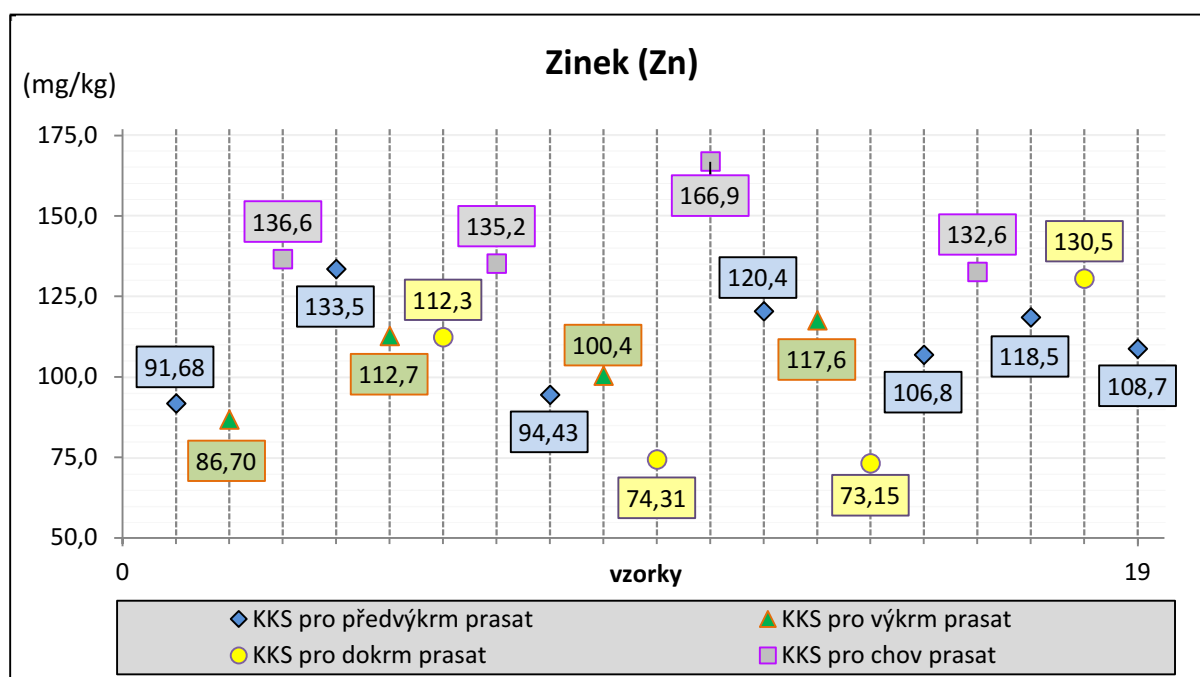
Při této kontrole se sledovalo dodržování maximálních limitů mědi, zinku, manganu, železa, selenu, jódu, molybdenu, vitaminu A a vitaminu D₃. Odebráno bylo celkem 36 vzorků krmiv, převažovaly kompletní směsi pro prasata a pro drůbež. Překročení limitu sledovaných analytů bylo zjištěno u 3 vzorků kompletních krmných směsí: KKS pro výkrm kuřat (nevyhovující obsah manganu), KKS pro dokrm kuřat (zinek a selen), a KKS užitkové nosnice (selen).

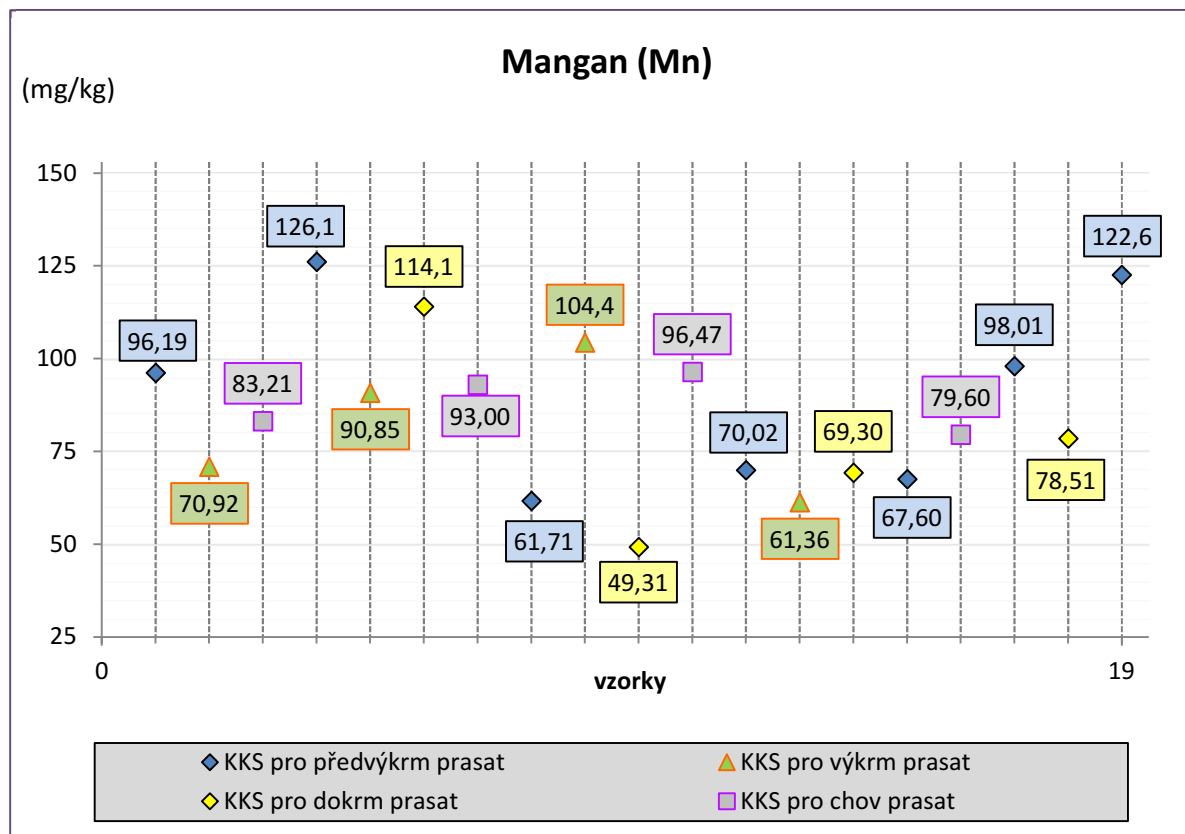
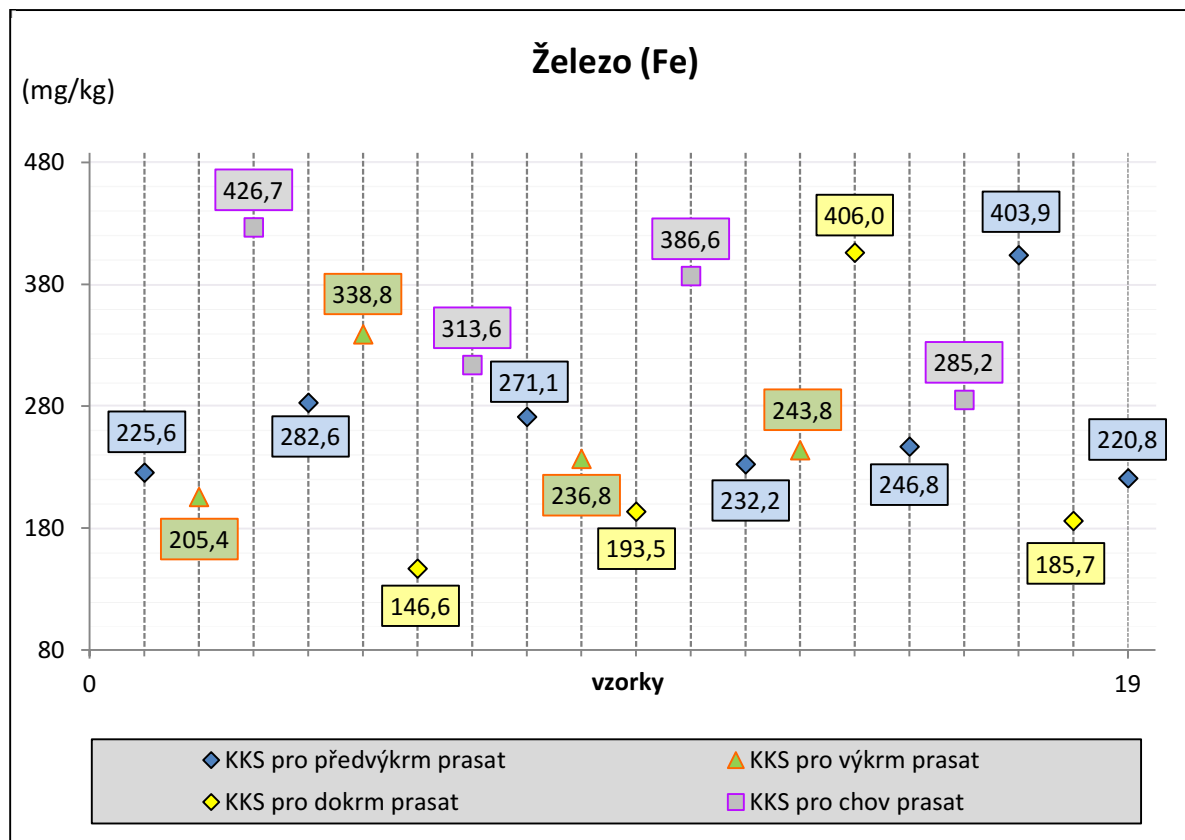
KRMIVA PRO PRASATA (19 vzorků)

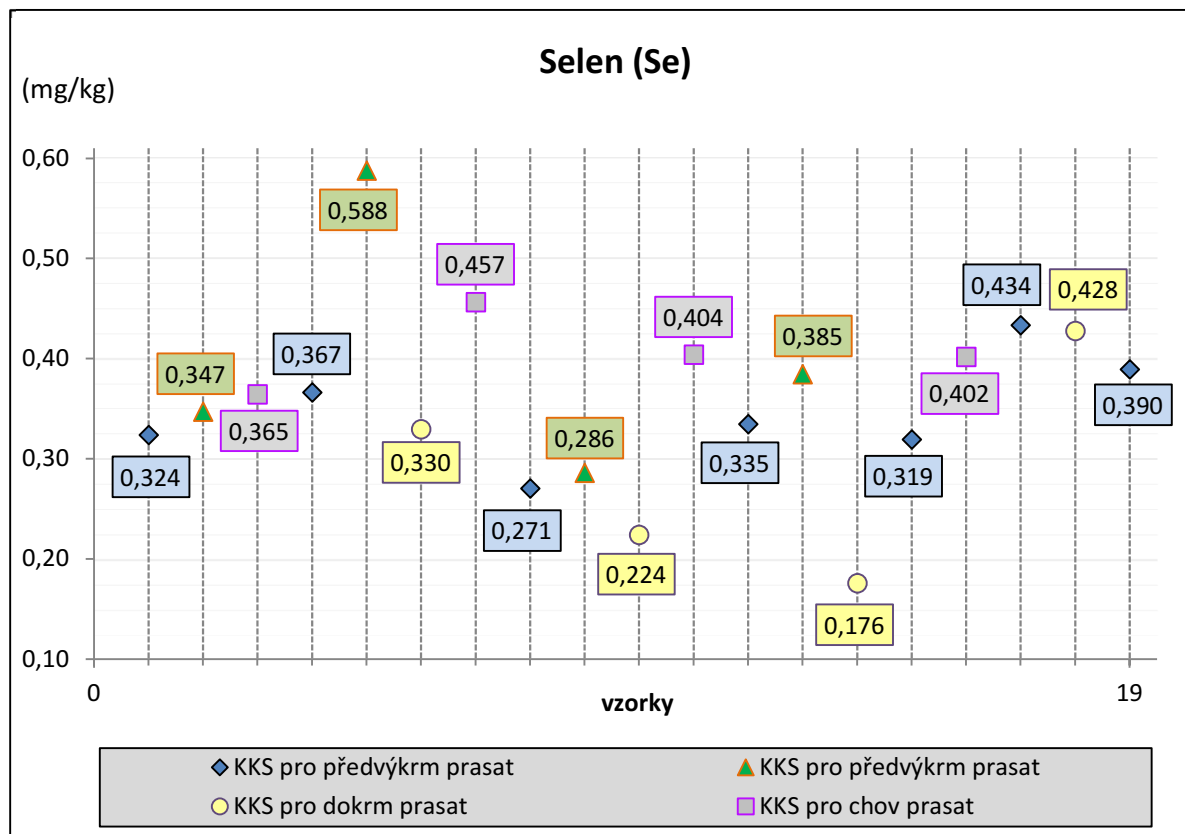
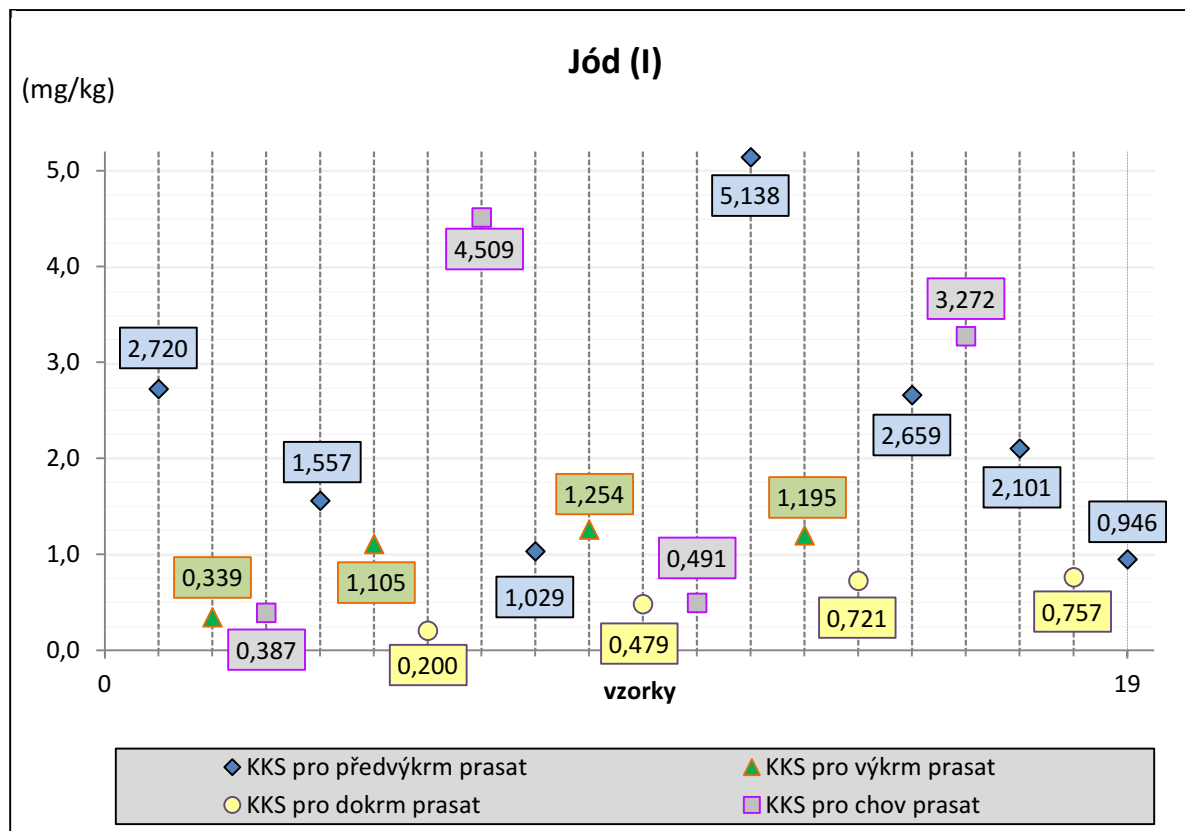
Graf 52 *Obsah mědi v krmivech pro výkrm a chov prasat*

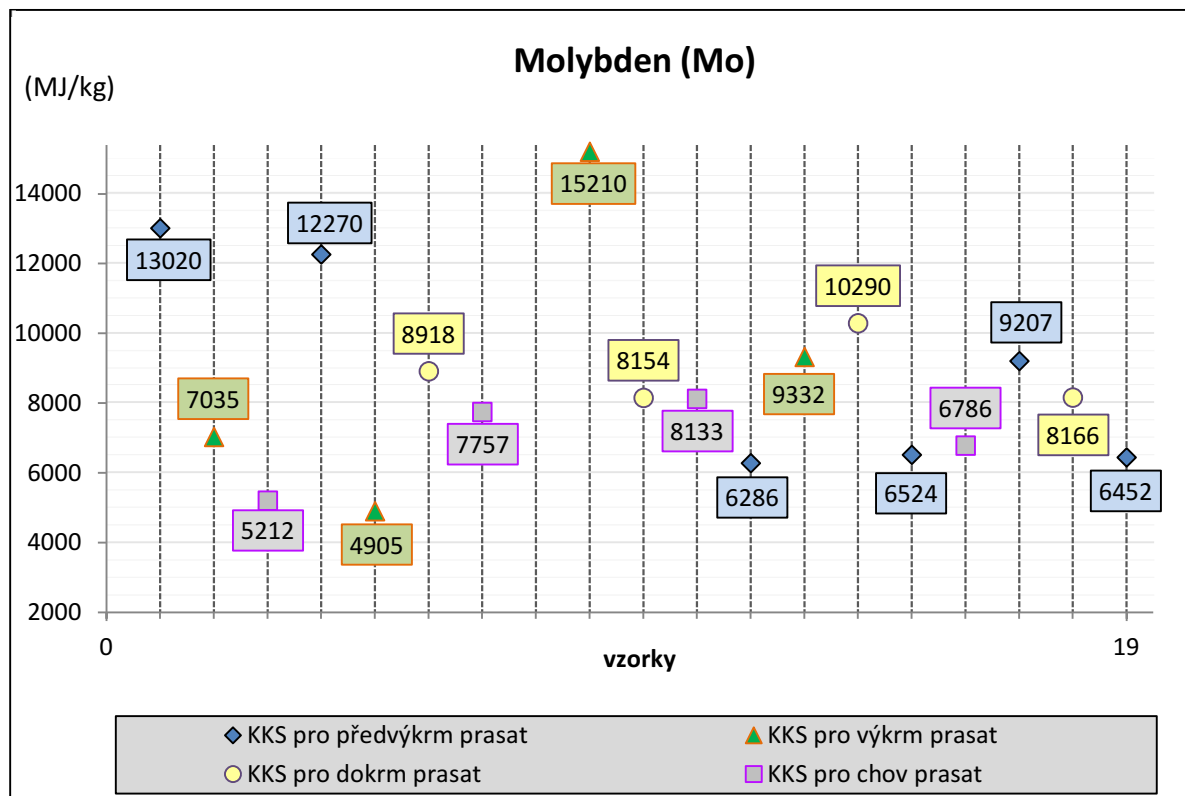
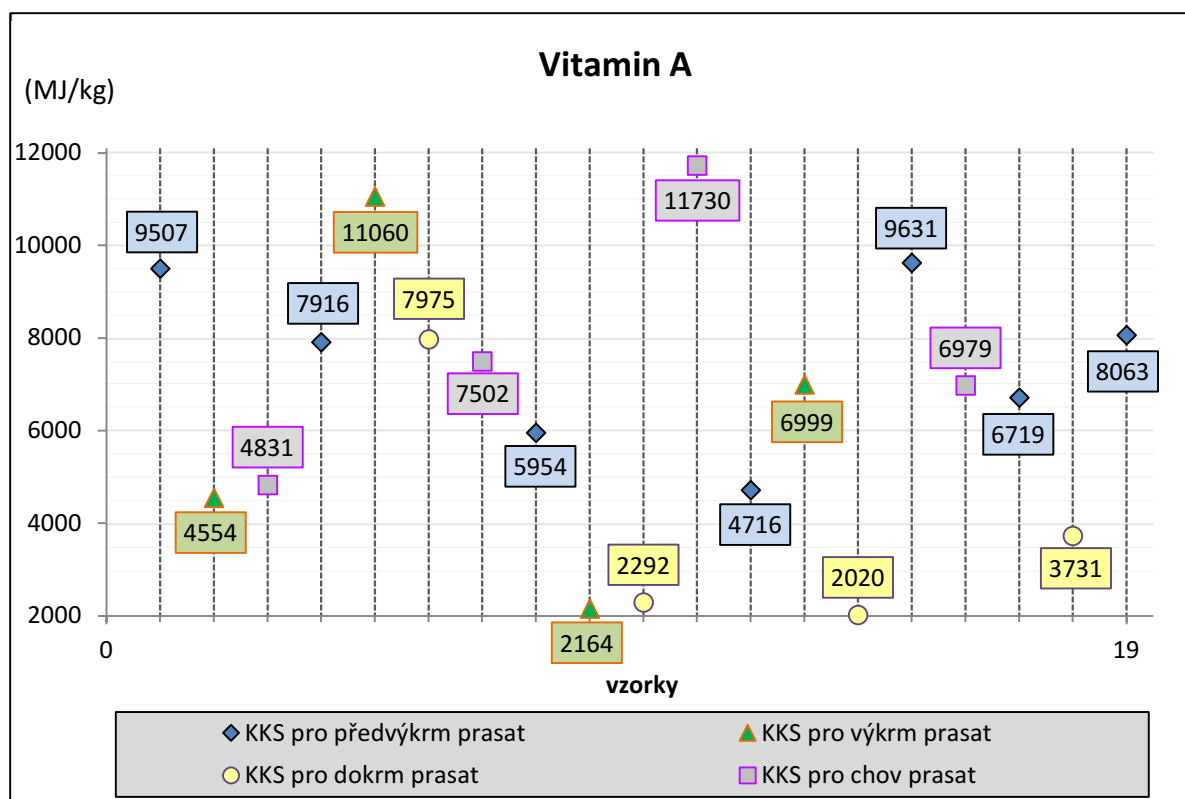


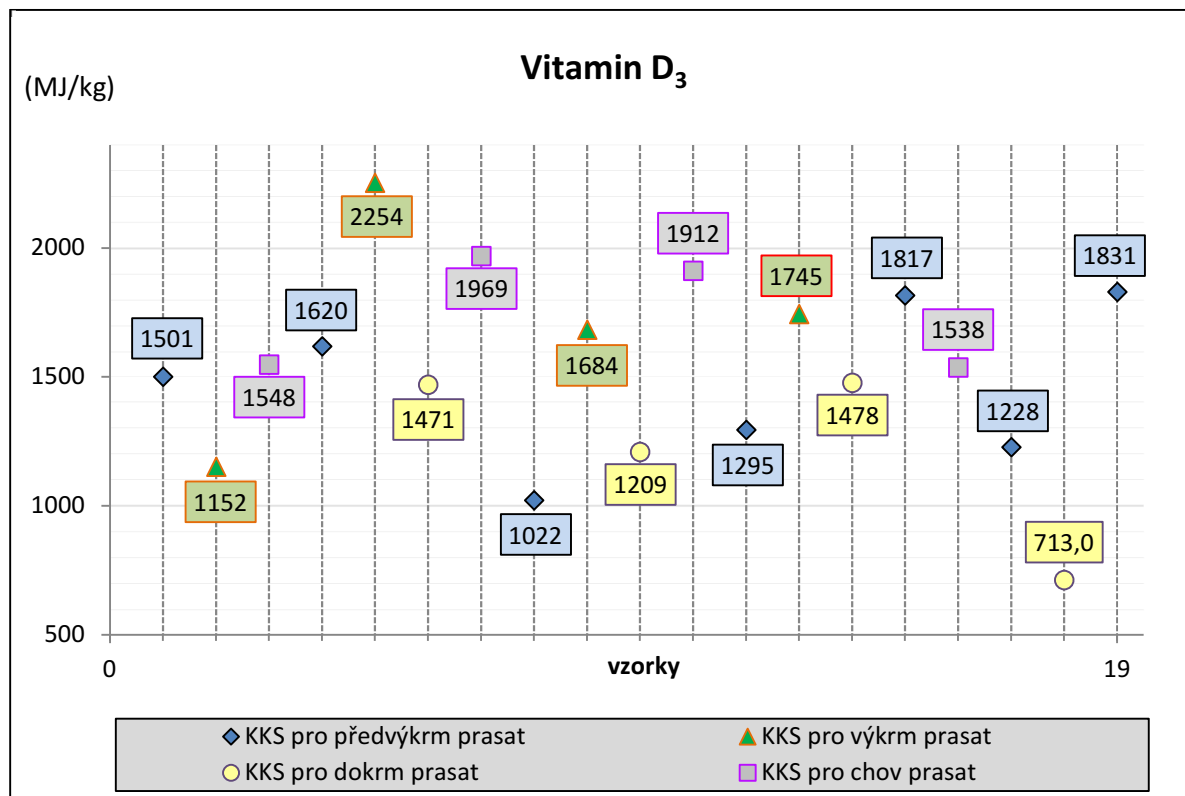
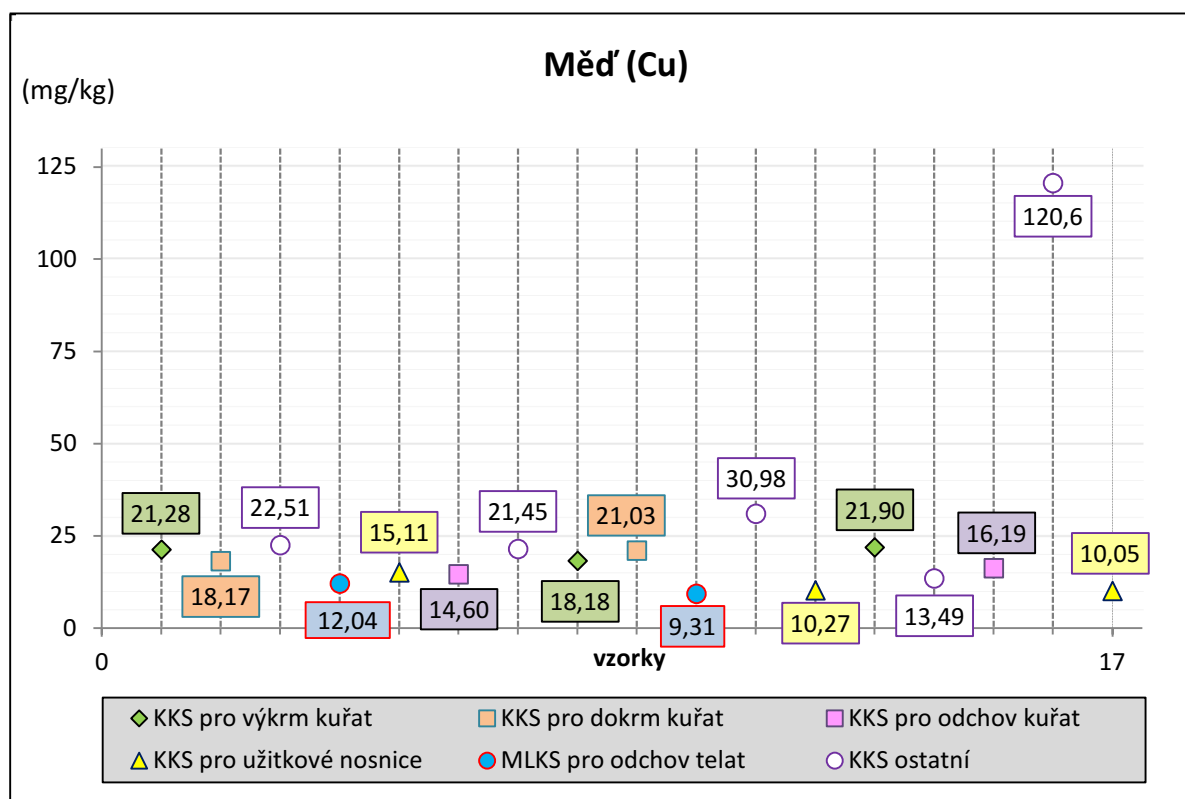
Graf 53 *Obsah zinku v krmivech pro výkrm a chov prasat*



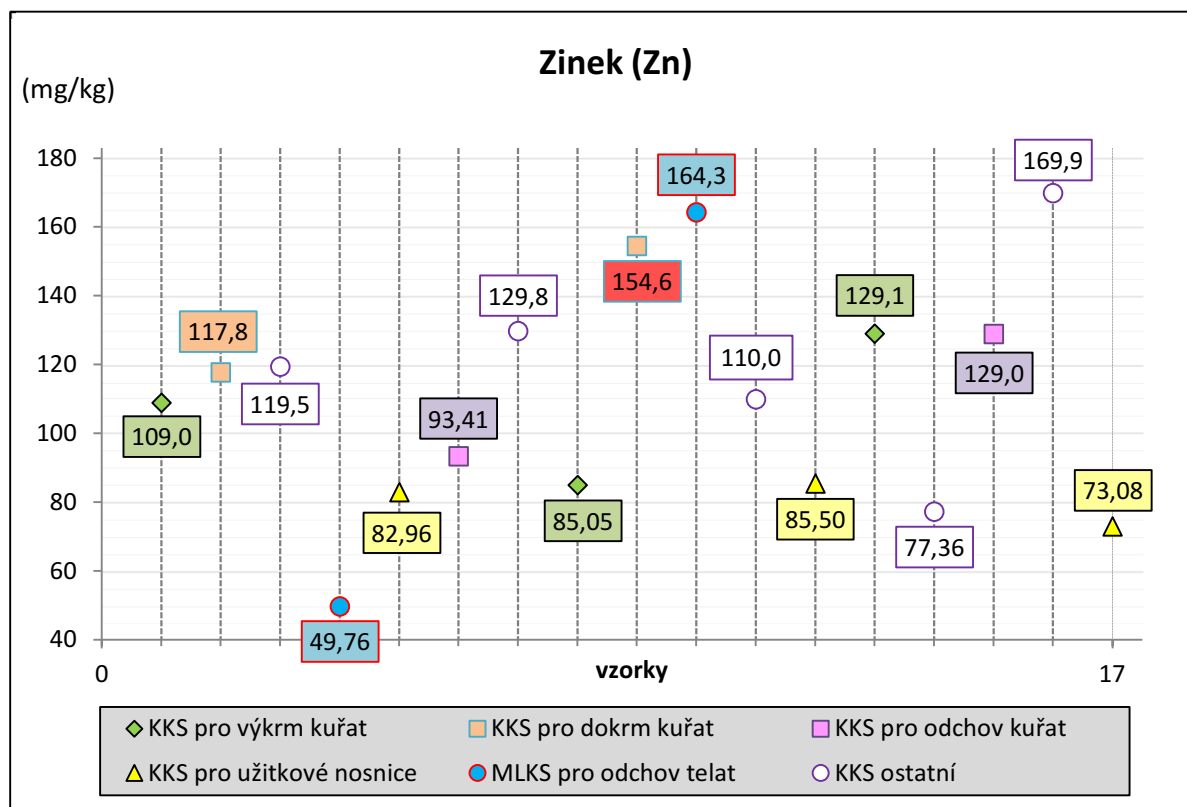
Graf 54 **Obsah manganu v kompletních krmných směsích pro výkrm a chov prasat****Graf 55** **Obsah železa v kompletních krmných směsích pro výkrm a chov prasat**

Graf 56 **Obsah selenu v kompletních krmných směsích pro výkrm a chov prasat****Graf 57** **Obsah jódu v kompletních krmných směsích pro výkrm a chov prasat**

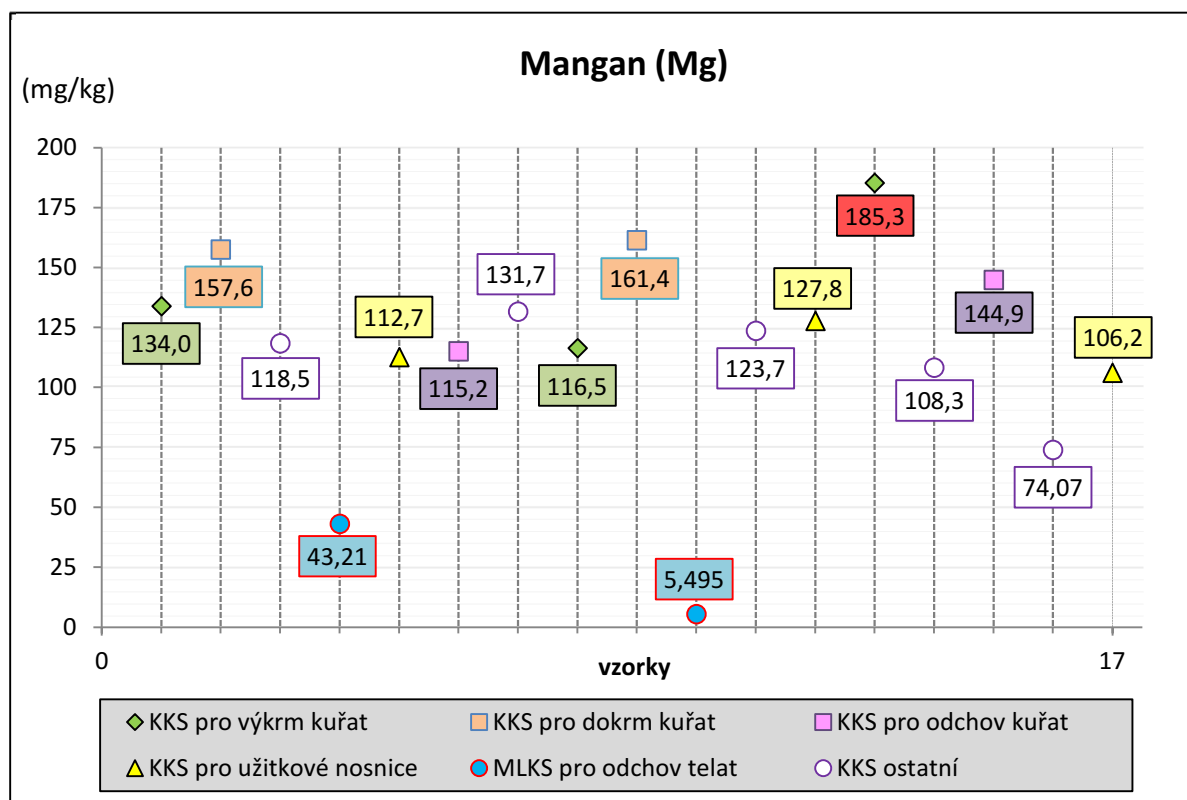
Graf 58 **Obsah molybdenu v kompletních krmných směsích pro výkrm a chov prasat****Graf 59** **Obsah vitamínu A v krmivech pro výkrm a chov prasat**

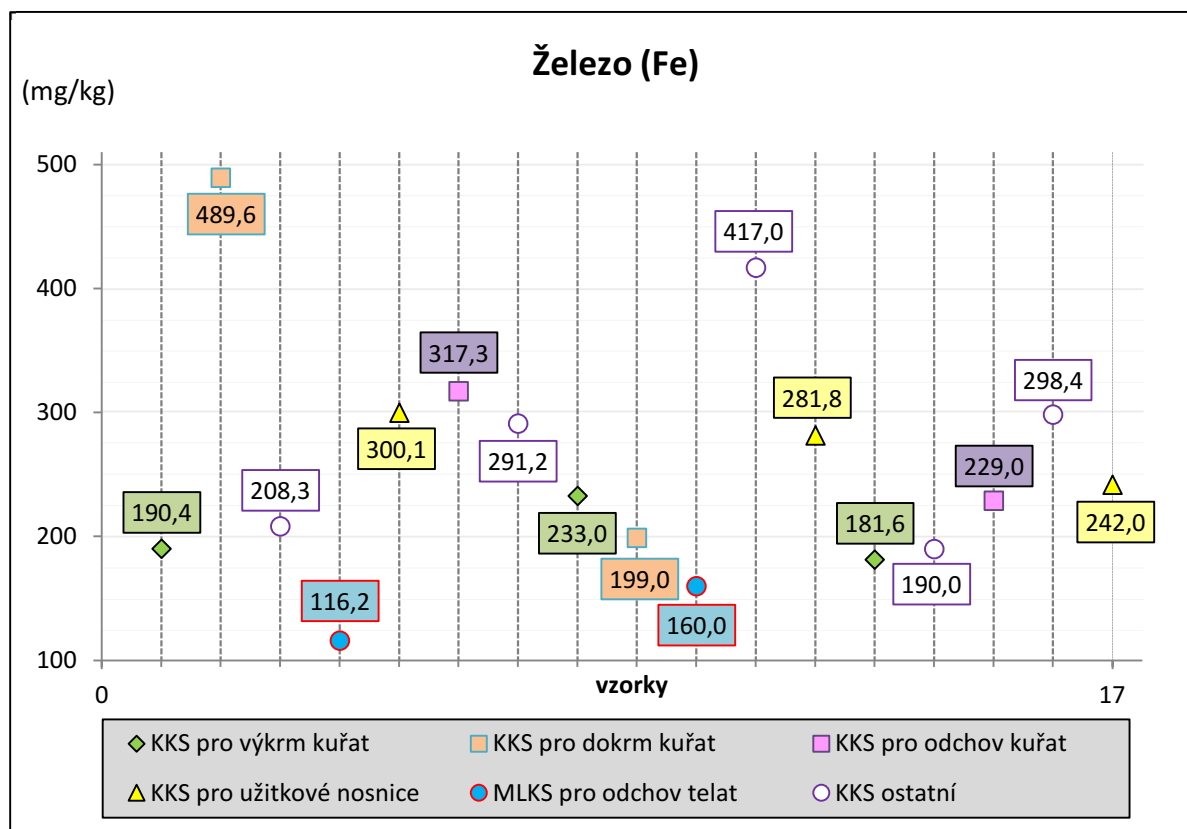
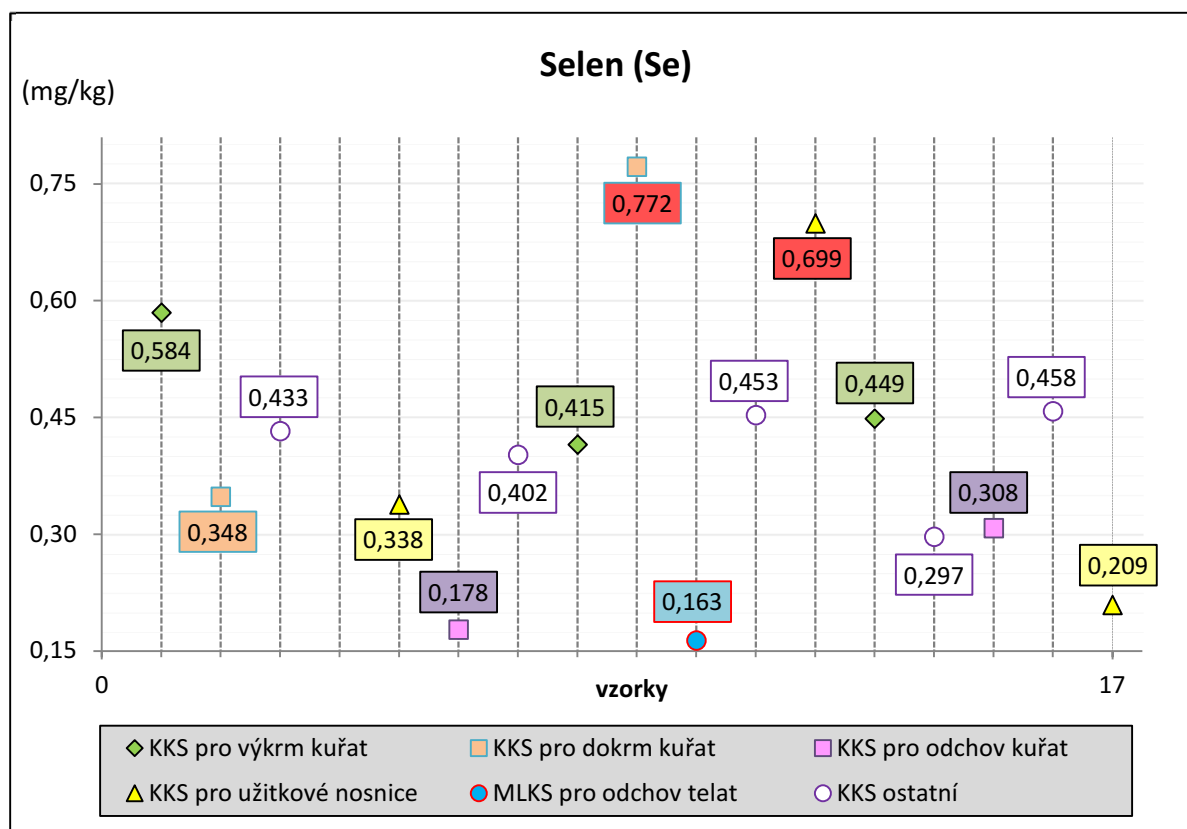
Graf 60 **Obsah vitamínu D₃ v krmivech pro výkrm a chov prasat****KRMIVA PRO DRŮBEŽ A OSTATNÍ HOSPODÁŘSKÁ ZVÍŘATA (17 vzorků)****Graf 61** **Obsah mědi v krmivech pro drůbež a jiné druhy zvířat**

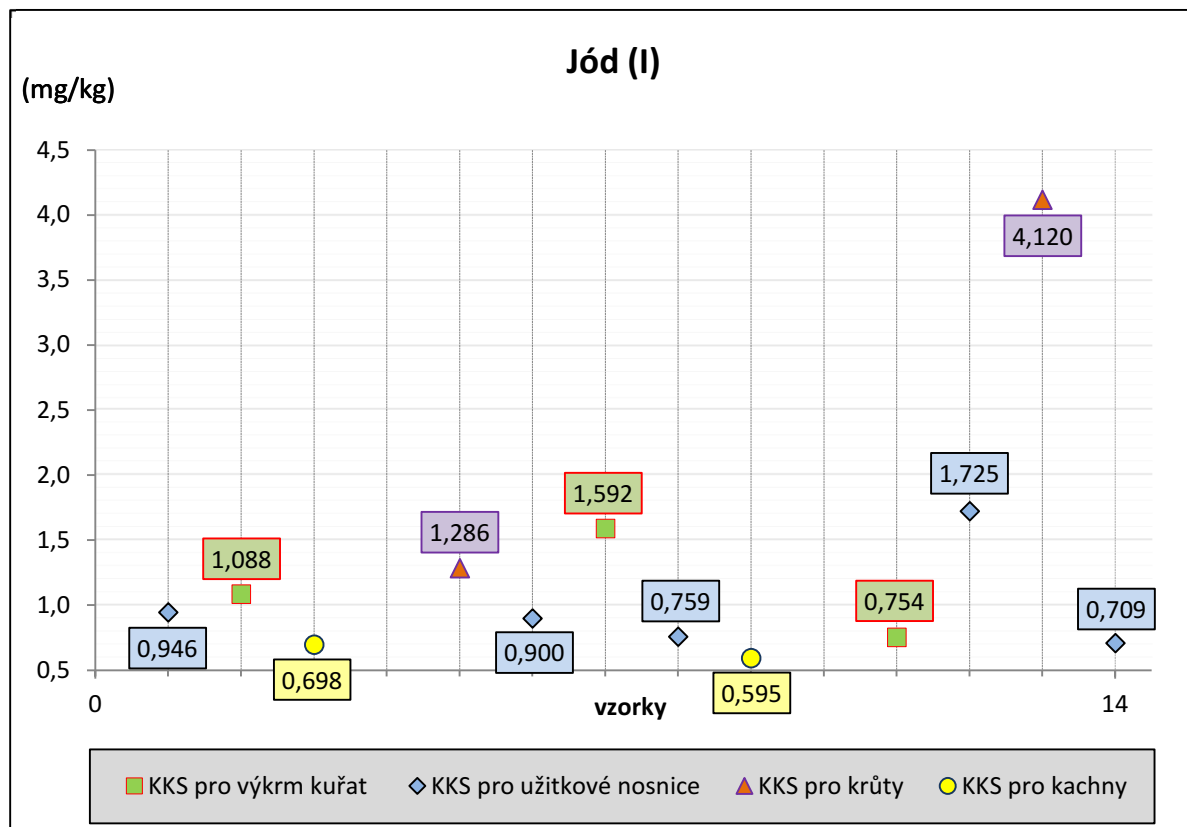
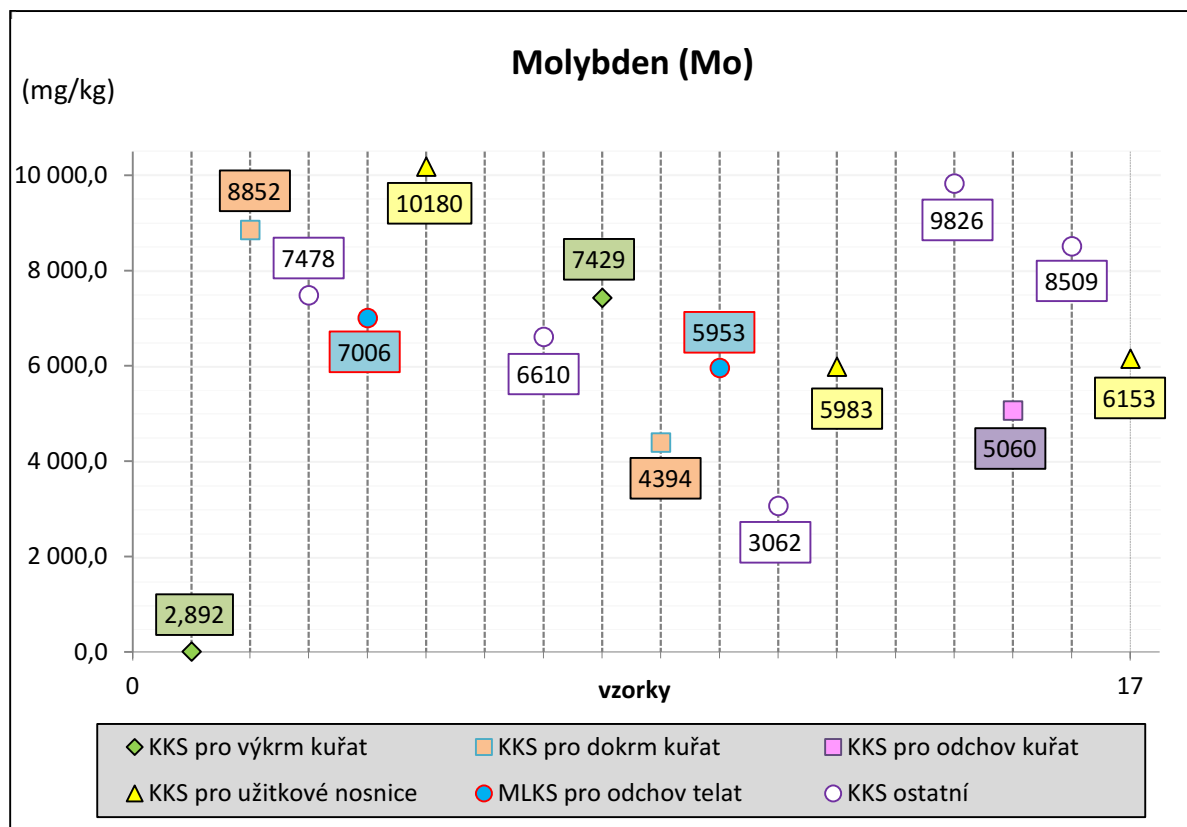
Graf 62 *Obsah zinku v krmivech pro drůbež a jiné druhy zvířat (v červeném poli hodnota nevyhovujícího vzorku)*

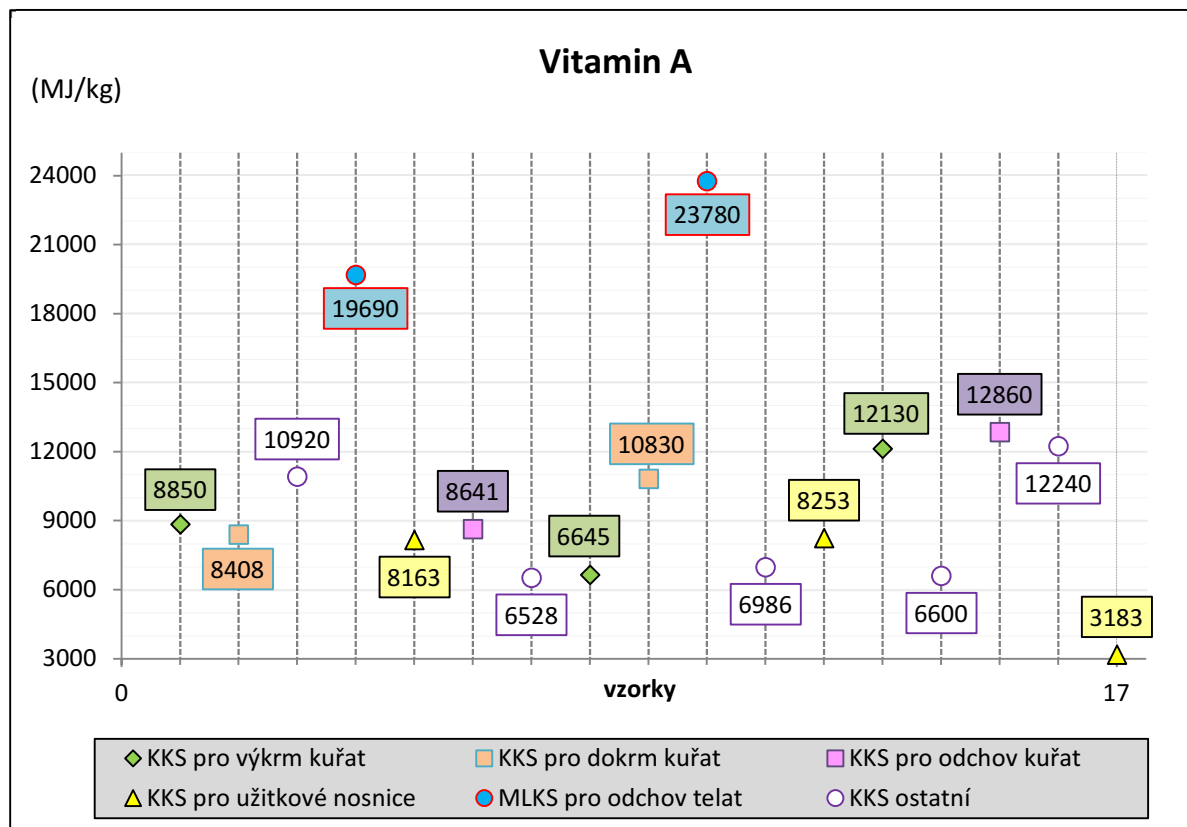
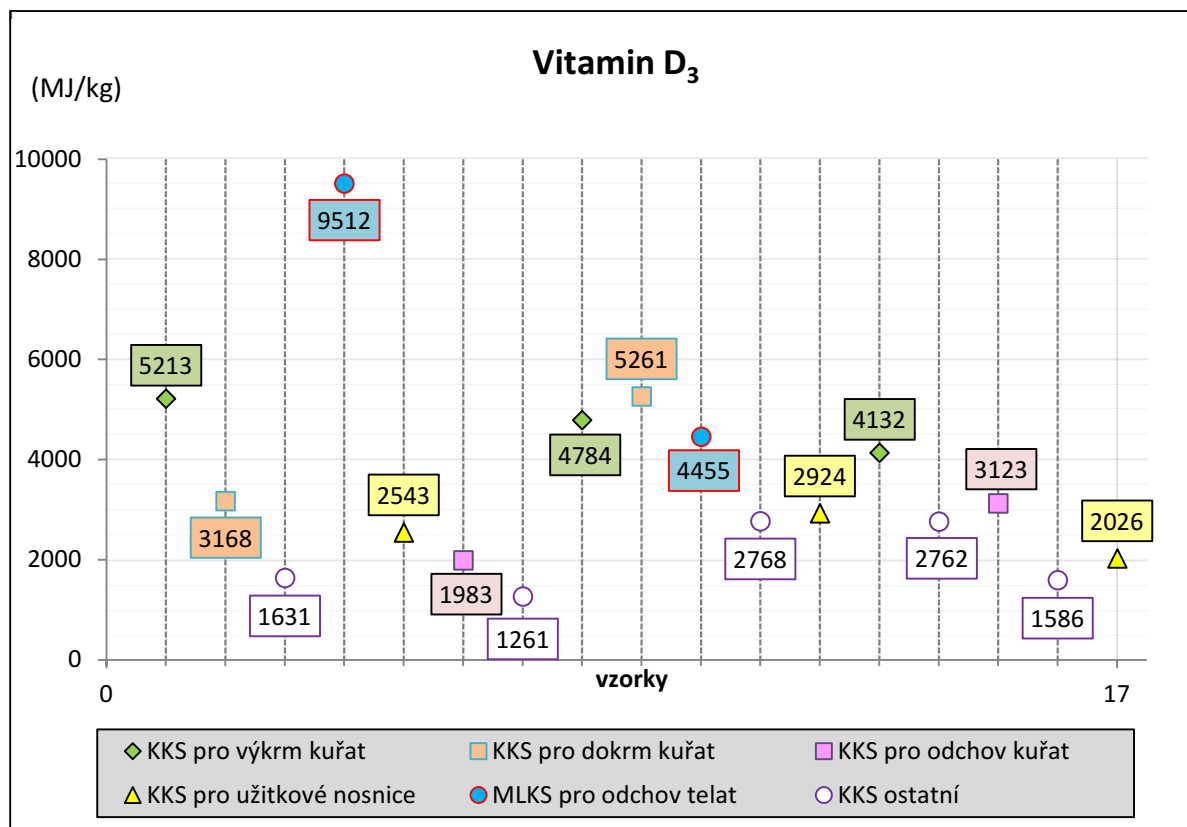


Graf 63 *Obsah manganu v krmivech pro drůbež a jiné druhy zvířat (v červeném poli hodnota nevyhovujícího vzorku)*



Graf 64 **Obsah železa v krmivech určených pro drůbež a jiné druhy zvířat****Graf 65** **Obsah selenu v krmivech pro drůbež a jiné druhy zvířat (v červených polích hodnoty nevyhovujících vzorků)**

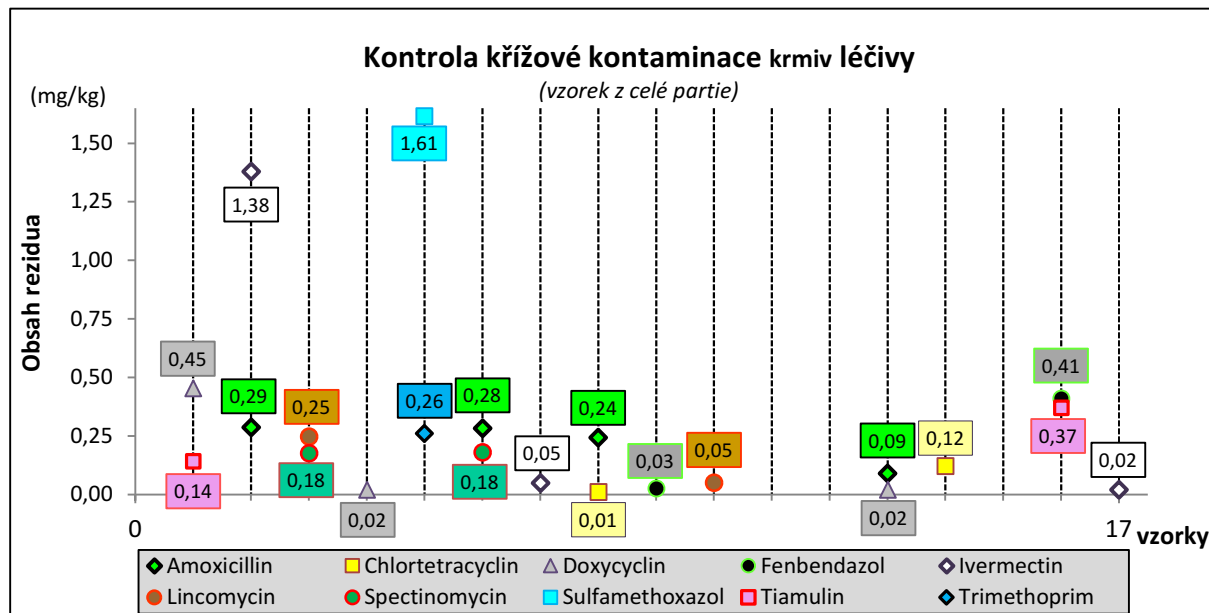
Graf 66 **Obsah jódu v krmivech pro drůbež a jiné druhy zvířat****Graf 67** **Obsah molybdenu v krmivech pro drůbež a jiné druhy zvířat**

Graf 68 **Obsah vitamínu A v krmivech pro drůbež a jiné druhy zvířat****Graf 69** **Obsah vitamínu D₃ v krmivech pro drůbež a jiné druhy zvířat**

2.3.3 Cílená kontrola kontaminace krmiv léčivy

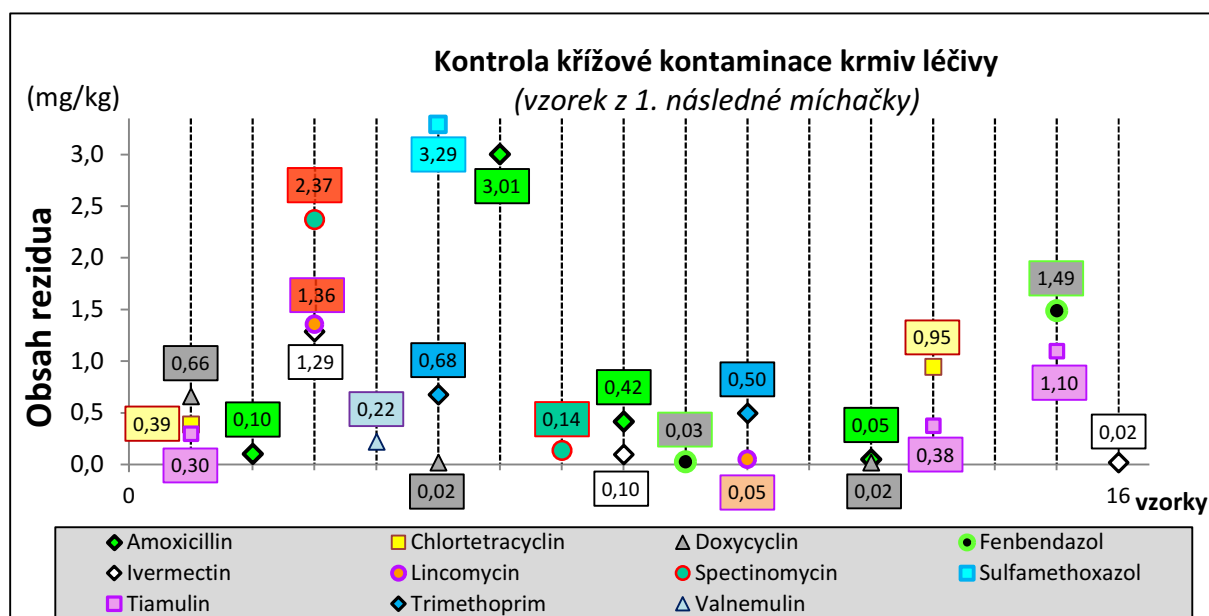
V rámci kontroly bylo odebráno 17 vzorků z celých partií krmných směsí, vyrobených ihned po medikovaných krmivech. Všechny vzorky vyhověly požadavku max. obsahu rezidua 1 %.

Graf 70 Křížová kontaminace léčivy u vzorků krmiv z celé partie



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 výkrm prasat A2 překročením obsahu reziduí lincomycinu a spectinomycinu. Výrobci krmiva byl uloženo zvláštní opatření zvýšit a ověřit účinnost dekontaminačního programu pro zabránění křížové kontaminace krmiv.

Graf 71 Křížová kontaminace léčivy u vzorků krmiv z 1. míchačky (v červených polích nevyhovující hodnoty)

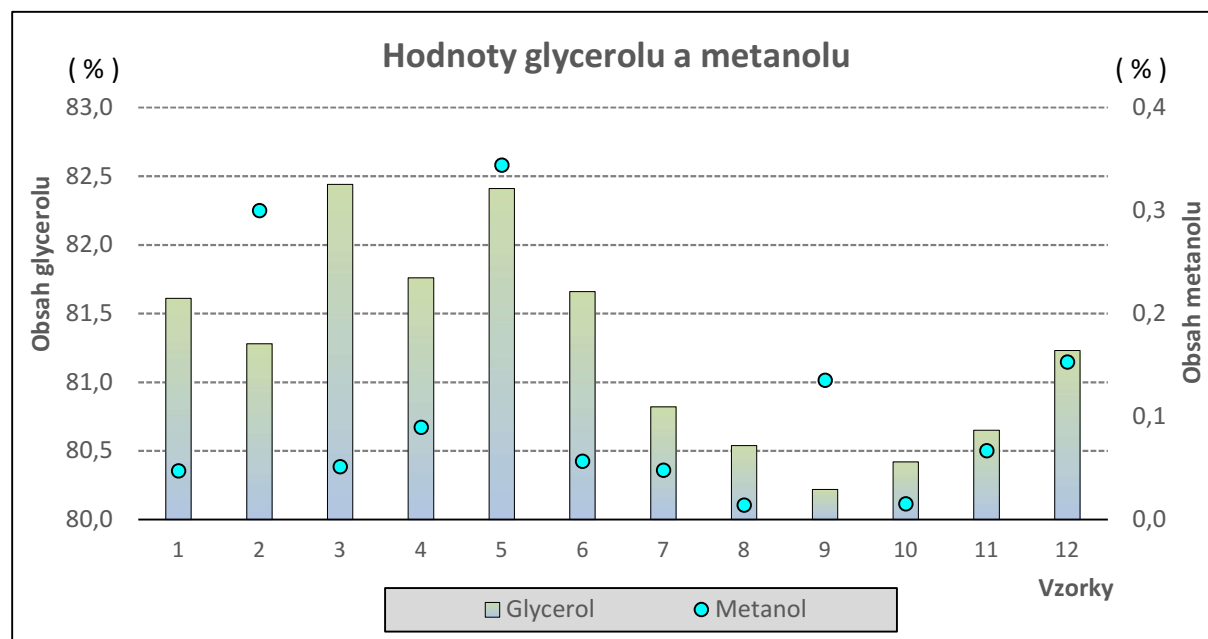


2.4 Sledování dalších bezpečnostních a jakostních ukazatelů

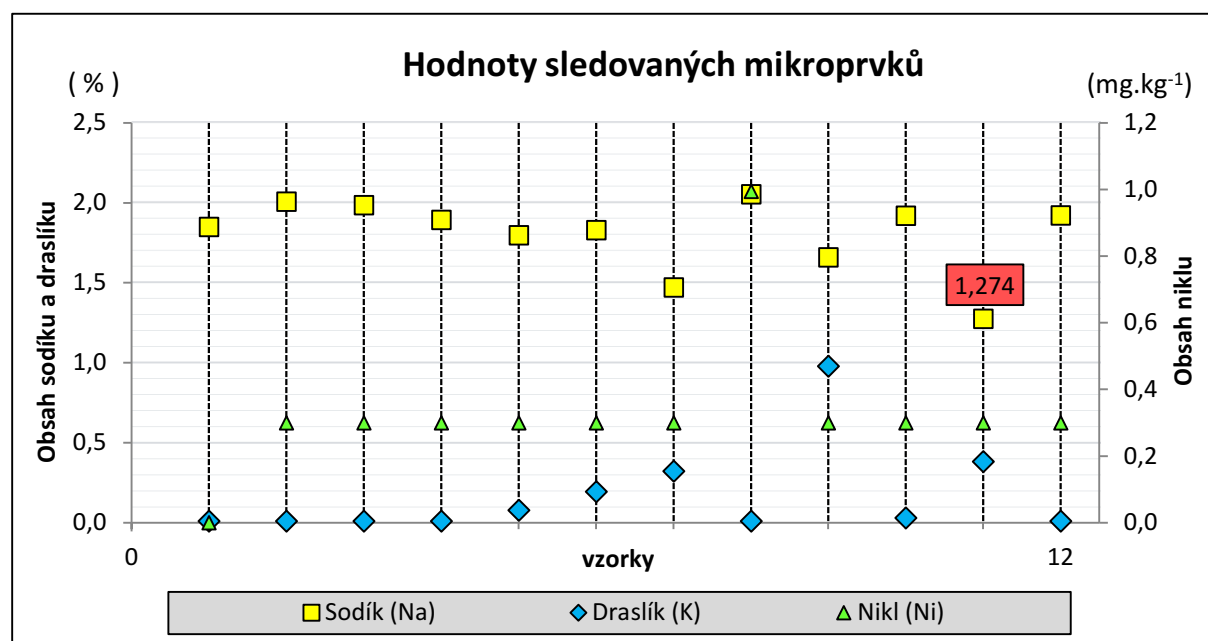
2.4.1 Cílená kontrola parametrů glycerolu, používaného jako krmná surovina

Bylo odebráno 12 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 byl pouze 1 vzorek s nedodrženou deklarací sodíku.

Graf 72 Zjištěný podíl glycerolu a metanolu v krmném glycerínu



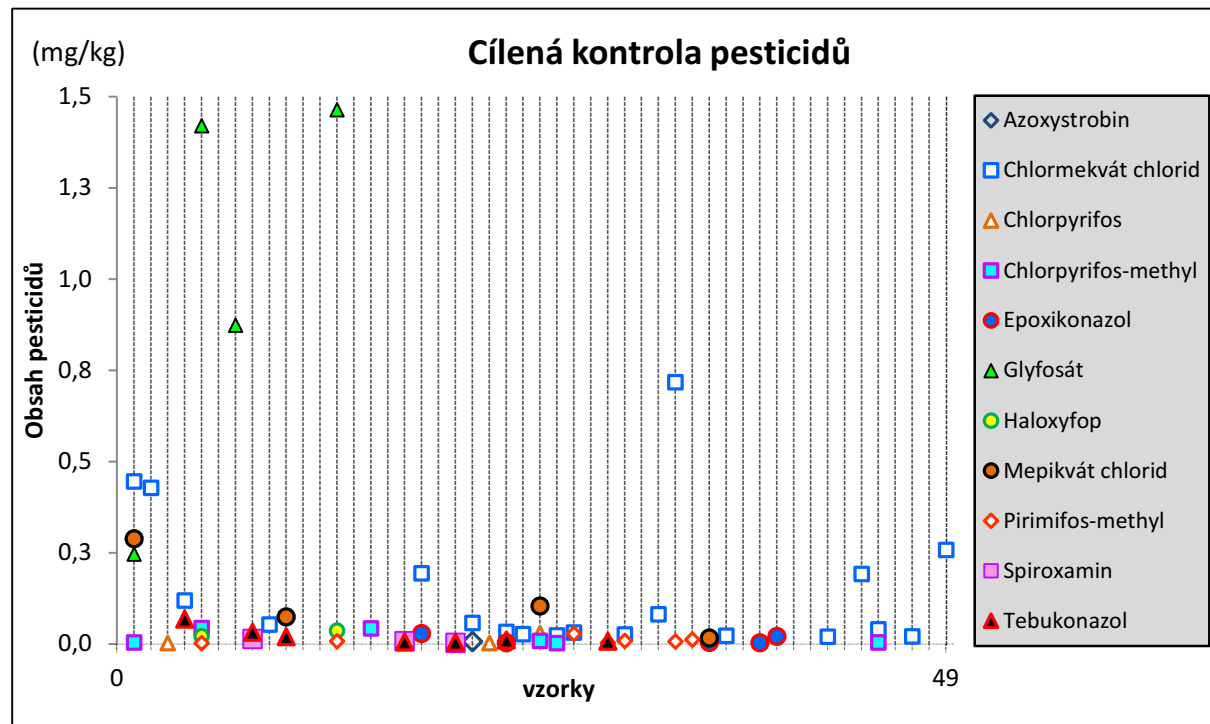
Graf 73 Zjištěné hodnoty sledovaných prvků v krmné surovině glycerínu (v červeném poli nevyhovující deklarace)



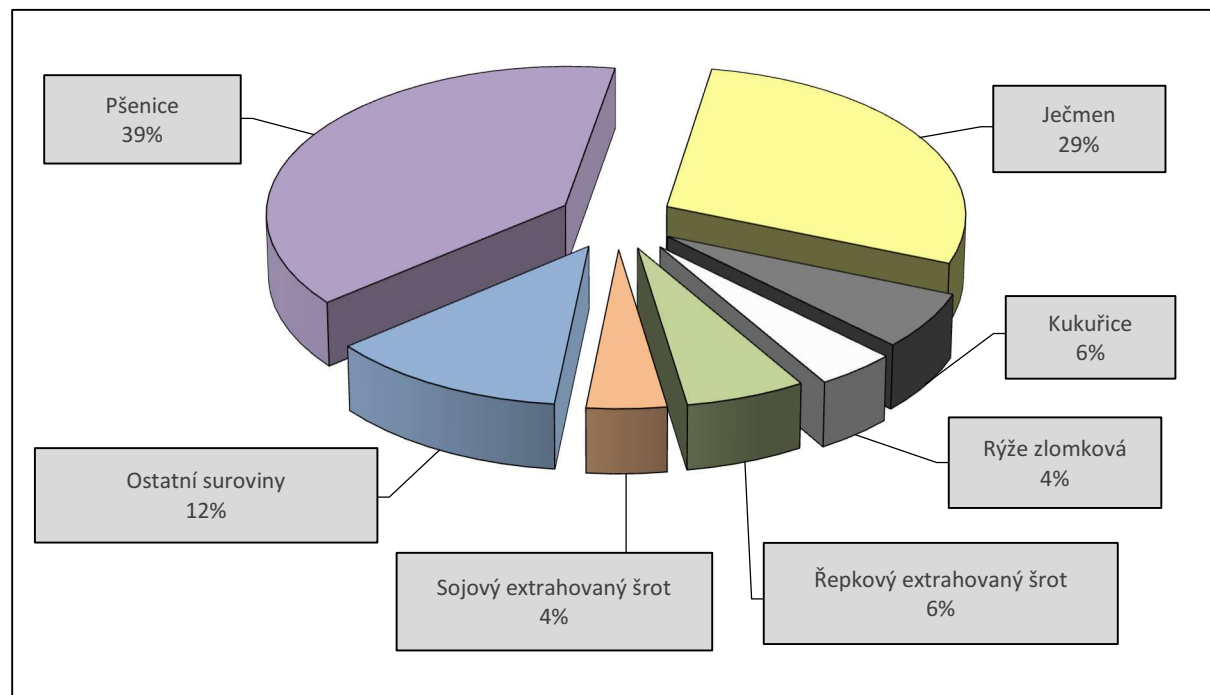
2.4.2 Cílená kontrola pesticidů

Přítomnost pesticidů byla ověřena u 49 vzorků, zejména obilovin. Žádný nevyhovující vzorek nebyl úřední kontrolou zjištěn.

Graf 74 Zjištěný obsah pesticidů v krmivech nad hranicí detekce přístrojů



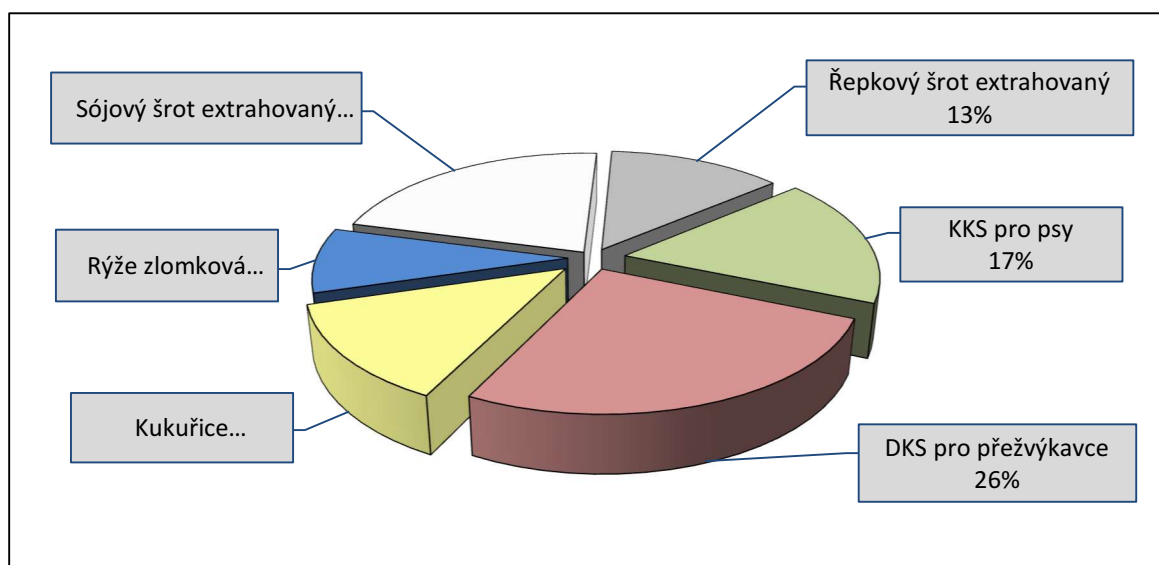
Graf 75 Zastoupení odebraných krmiv v rámci cílené kontroly reziduí pesticidů



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. Vzorkuje se zejména kukuřice, rýže, sója, řepka a kompletní i doplňkové krmné směsi. Pro kontrolu bylo odebráno 23 krmiv. Žádný vzorek nebyl posouzen jako nevyhovující

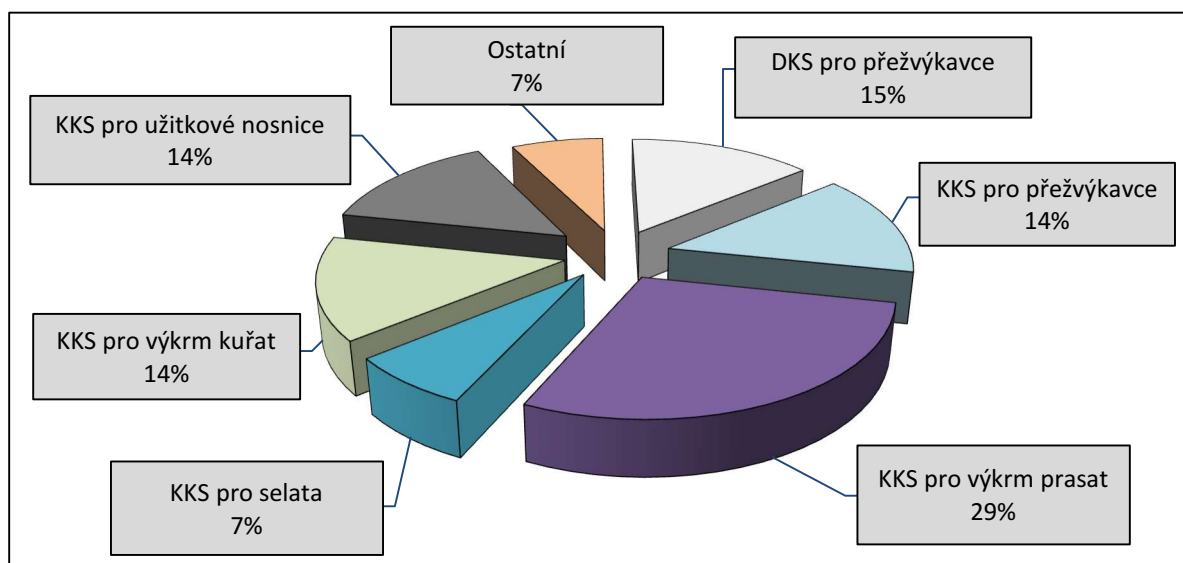
Graf 76 Zastoupení krmiv odebraných v rámci cílené kontroly přítomnosti GMO



2.4.4 Cílená kontrola výskytu zakázaných stimulátorů nebo inhibitorů růstu

Bylo prověřeno 14 vzorků převážně krmných směsí pro přežvýkavce, prasata a drůbež, zda neobsahují nepovolené antibiotické stimulátory. Rovněž se kontrolují vedlejší výrobky procesů kvašení, zda neobsahují antimikrobiální látky, které se používají při zpracování k regulaci kvasných procesů. Všechny vzorky byly vyhovující a obsah analytů byl pod hranicí detekce.

Graf 77 Odebraná krmiva pro ověření nepřítomnosti zakázaných stimulátorů růstu



2.5 Závěr

V roce 2020 ÚKZÚZ v rámci cílené kontroly a monitoringu krmiv posoudil celkem 534 vzorků krmiv. Jako nevyhovující bylo vyhodnoceno 11 vzorků (2,1 %). Z tohoto počtu bylo 1 krmivo nejakostní, 4 krmiva se závažnou nejakostí více deklarovaných parametrů, 2 krmiva falšovaná, 2 krmiva s nevyhovujícím obsahem reziduí, vyžadující nutnost úpravy systému dekontaminace výrobního zařízení po medikacích a rovněž bylo zjištěno 2 vzorky krmiv s ohroženou bezpečností, které byly neprodleně staženy z trhu. V předcházejícím roce 2019 cílené kontrole a monitoringu nevyhověl podíl 2,6 % vzorků krmiv. Lze konstatovat, že v uplynulém roce 2020 byl zaznamenán pokles četnosti zjištění nevyhovujících vzorků. Důsledkem vyhlášení nouzového stavu vládou ČR a zavedením protiepidemických opatření v zemědělských provozech došlo mimo jiné k omezení kontrolní činnosti ÚKZÚZ. Počet vzorků, odebraných v roce 2020 cílenou kontrolou a monitoringem, poklesl o 23% v porovnání s rokem 2019. V rámci analytických činností bylo provedeno celkem 15109 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 krmiv vyrobených po použití kokcidiostatik nebo léčiv a zjišťování případů záměrného falšování krmiv.