

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně
Sekce zemědělských vstupů



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

Zpráva za rok 2018

- 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.
Ing. Radka Daňková, Ph.D.
- Předkládá:** Ing. Miroslav Florián, Ph.D.
ředitel Sekce zemědělských vstupů
- Schválil:** Ing. Daniel Jurečka, ředitel ústavu

Brno, duben 2019

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 PCB v půdě.....	10
1.4.1.2 PAH v půdě	13
1.4.1.3 Persistentních chlorované pesticidy (OCP) v půdě.....	16
1.4.1.4 Účinné látky používané v přípravcích na ochranu rostlin v půdě.....	21
1.4.1.5 Uhlovodíky C10-C40 v půdě.....	28
1.4.1.6 Minerální dusík v půdě.....	29
1.4.1.7 Obsahy esterů kyseliny ftalové v půdách lokalit BMP v roce 2018	34
1.4.1.8 Monitoring mikrobiálních parametrů půd ČR	36
1.4.1.9 Monitoring rostlinné produkce – obsahy rizikových prvků v rostlinách	38
1.4.2 Kontrola hnojiv a pomocných látek	39
1.4.3 Monitoring kalů ČOV	40
1.4.3.1 Rizikové prvky v kalech.....	40
1.4.3.2 PCB v kalech	45
1.4.3.3 PAH v kalech.....	47
1.4.3.4 AOX v kalech.....	50
1.4.3.5 Organochlorové pesticidy v kalech	52
1.4.3.6 Polybromované difenylethery (PBDE) v kalech	55
1.4.3.7 Perfluoroalkylové sloučeniny (PFAS) v kalech.....	57
1.4.3.8 Mikrobiologická stanovení v kalech.....	60
1.4.3.9 Využití kalů	64
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 na přítomnost tkání suchozemských živočichů	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	80
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 kokcidostatik.....	85
2.3.2 Cílená kontrola dodržování limitů doplňkových látek	88
2.3.3 Cílená kontrola kontaminace krmiv léčivy	100



2.4	Sledování dalších bezpečnostních a jakostních ukazatelů.....	102
2.4.1	Cílená kontrola parametrů glycerolu, používaného jako krmná surovina.....	102
2.4.2	Cílená kontrola pesticidů	103
2.4.3	Cílená kontrola přítomnosti a označování genetických modifikací v krmivech	104
2.4.4	Cílená kontrola výskytu zakázaných stimulatorů nebo inhibitorů růstu	105
2.5	Závěr	106

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 2018 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
- výkop a popis pedologických sond na pozorovacích plochách BMP, včetně analýz vzorků půd z jednotlivých horizontů

2) Monitoring vstupů do půdy

- Monitoring kvality kalů a kvality půdy a rostlin po aplikaci kalů ČOV
 - odběry vzorků kalů s přednostním výběrem ČOV, jejichž kaly jsou využity v zemědělství
 - odběry a analýzy vzorků půd a rostlin na pozemcích po aplikaci kalů, na nichž byly zjištěny nadlimitní obsahy rizikových prvků
- Monitoring rybníčních a říčních sedimentů
 - odběry vzorků sedimentů (sledování výživových charakteristik, obsahu rizikových prvků, organických polutantů)
- Aktivní biomonitoring
 - sledování imisní zátěže rizikovými prvky a PAH, prostřednictvím standardně předpěstovaných kultur jílku mnohokvětého a borovice černé
- 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
- odběry vzorků půd na pozemcích s aplikací kalů

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 2018, navazuje na výsledky z minulých let a pokud je to možné, hodnotí též vývoj sledovaných parametrů.

1.2 CÍLE

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

Bazální monitoring půd

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

Monitoring vstupů do půdy

- a) Monitoring kvality kalů a kvality půdy a rostlin po aplikaci kalů ČOV
 - V návaznosti na registr kontaminovaných ploch byla v roce 1997 zahájena postupná tvorba databáze pozemků s aplikací kalů ČOV. Tato databáze bude sloužit k hodnocení rizik na konkrétních pozemcích, kde byly kaly aplikovány.
 - V roce 2003 byla zahájena postupná tvorba databáze rostlin pěstovaných na pozemcích s aplikací kalů. Také tato databáze bude sloužit k hodnocení rizik na konkrétních pozemcích, kde byly kaly aplikovány.
 - Výsledky inventarizace jsou využívány pro přípravu legislativních předpisů.
- b) Monitoring rybníčních a říčních sedimentů
 - Ústav provádí testování sedimentů s ohledem na další způsoby nakládání s vytěženými sedimenty, především s ohledem na jejich použití v zemědělských ekosystémech.
 - Databáze získaných analytických dat slouží jako zdroj informací pro orgány státní správy.
 - Databáze analytických dat tvoří samostatnou vrstvu v LPIS a usnadňuje vyhodnocení vhodnosti aplikace sedimentů na zemědělskou půdu.
 - Výsledky šetření byly použity při tvorbě legislativních opatření.
- c) Aktivní biomonitoring
 - Metoda slouží ke zjištění aktuální depoziční zátěže krajiny a především zemědělských plodin vybranými prvky a/nebo látkami.

- ÚKZÚZ zjišťuje prostřednictvím této metody na vybraných stanovištích požadované hodnoty vybraných anorganických a organických polutantů.
- d) Monitoring atmosférické depozice
 - Výsledky poskytují informace pro bilancování látek v agroekosystémech: hodnocení imisí z hlediska vstupů rizikových prvků do půdy, vytvoření národní sítě a poskytování referenčních hodnot. V návaznosti na monitoring půd lze hodnotit vliv imisí na zemědělskou produkci. Funkční systém poskytuje podklady pro odvozování emisních limitů a kritických zátěží půd. Prvotní data byla poskytována k dalšímu využití Zemědělské vodohospodářské správě a Českému hydrometeorologickému ústavu.
 - V současné době je tento program pozastaven.

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) Po předání databází registru krajským úřadům, obcím s rozšířenou působností, referátům životního prostředí, 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 byly 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., 2011–2017: 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 úřední kontroly, analytické práce převážně Národní referenční laboratoří. Vlastní laboratorní analýzy byly prováděny v regionálních laboratořích v Plzni, Brně a Opavě, vybrané analýzy krmiv a kalů ve smluvních laboratořích. Všechny laboratoře jsou zapojeny do vnitřního systému řízení jakosti, organizovaného Národní referenční laboratoří a všechny jsou akreditovány ČIA. Laboratoře se pravidelně účastní mezilaboratorních porovnávacích zkoušek na národní i mezinárodní úrovni.

Z důvodu úspor jsou od roku 2012 prováděny odběry půdních vzorků na stanovení organických polutantů pouze z orničního horizontu. Odběry těchto půdních vzorků jsou od roku 2015 prováděny na jaře (v březnu), před započítáním agrochemických operací. V roce 2017 byly poprvé 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 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.

1.4 VÝSLEDKY

1.4.1 Bazální monitoring půd

1.4.1.1 PCB 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.

Půdní vzorky ke stanovení PCB byly v roce 2018 odebrány ze 40 stálých monitorovacích ploch Bazálního monitoringu půd (pouze z orničních horizontů) a 5 lokalit v chráněných územích.

Výsledky stanovení PCB v roce 2018 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 limit detekce, byly nalezeny na 11 pozorovacích plochách, včetně ploch z chráněných území (CHÚ).

Základní statistické charakteristiky souboru jsou uvedeny v tabulce 1, hodnoty jsou uváděny zvlášť pro ornou půdu, trvalé travní porosty (TTP) a chráněná území; souhrnná deskriptivní statistika souboru (2005–2018) je uvedena v příloze 21. Grafické vyjádření obsahů PCB (medián) v jednotlivých kulturách uvádí příloha 4.

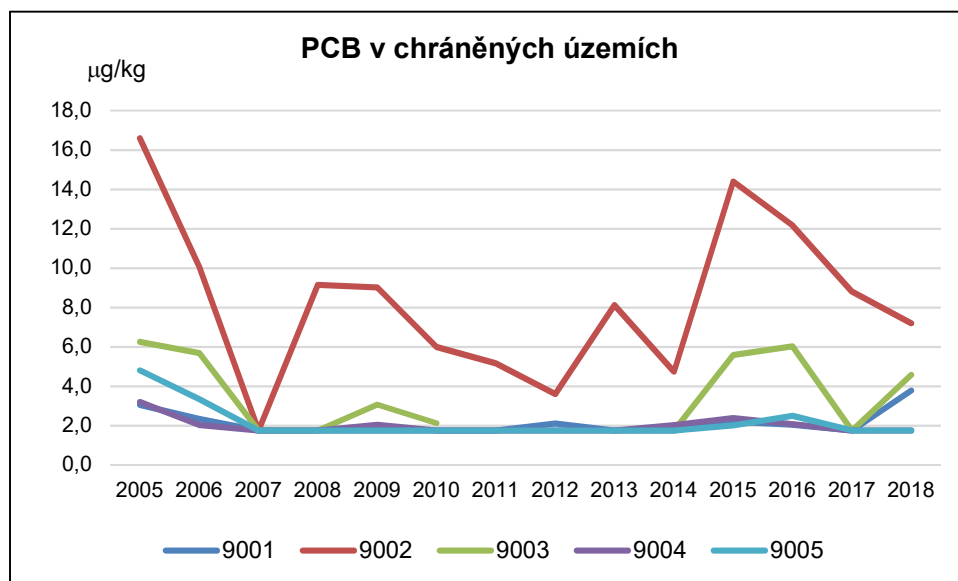
Medián sumy 7 kongenerů PCB v orných půdách se v období 2005–2018 pohybuje v rozmezí 1,75 až 3,60 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (nejvyšší hodnoty bylo dosaženo v roce 2006). Medián z roku 2018 činí 1,75 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Rozsah mediánů v půdních vzorcích z chráněných území činí 1,75–4,80 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ a z půd pod travními porosty 2,04–4,08 $\mu\text{g.kg}^{-1}$.

Z přílohy 4 je patrný shodný průběh mediánů sumy PCB v letech 2005–2018 v orných půdách a chráněných územích (stagnace od roku 2007). V roce 2018 vzrostl medián ve vzorcích z chráněných území z důvodu zvýšeného nálezu na ploše 9001 (Kroužek). V roce 2018 byla zjištěna druhá nejvyšší hodnota mediánu v CHÚ od roku 2005 (3,78 $\mu\text{g.kg}^{-1}$). Mediány obsahů PCB v půdách TTP kolísají v okolí hodnoty 3 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ a jsou vyšší než hodnoty mediánů v orných půdách a CHÚ, což je s největší pravděpodobností způsobeno menší hloubkou odběru vzorku. Medián z roku 2018 činí 2,26 $\mu\text{g.kg}^{-1}$.

Vzhledem k tomu, že PCB náleží do skupiny polutantů charakteristických dálkovým transportem, je významnou monitorovací lokalitou Studniční hora v Krkonošském národním parku (9002), která se díky své nadmořské výšce významně podílí na vysokých hodnotách průměrů pozorovacích ploch v chráněných územích (vyčesávací efekt). Obsahy PCB ve vzorcích ze Studniční hory jsou nezdědky vyšší než obsahy detekované v orných půdách. Druhou plochou, s obsahy PCB pravidelně vyššími než je limit detekce, je Bukačka (9003).

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 ($\text{LOQ} = 0,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$). Ve sledovaném souboru ploch/vzorků lze seřadit kongenery podle počtu jejich nálezů (v roce 2018) následovně: 153 > 138 > 180 > 101 > 118 > 28 > 52. Nejvyšší průměrný obsah byl detekován u kongeneru 180 a stejně tak nejvyšší maximální hodnota.

Graf 1 **Obsahy PCB na monitorovacích plochách v chráněných územích (2005–2018, $\mu\text{g.kg}^{-1}$)**



Nejvyšší obsahy PCB jsou pravidelně zjišťovány na plochách 7902KO, 7901KO, 7045BO a 9002 Studniční hora. Struktura zastoupení sledovaných kongenerů na těchto plochách je jiná než na ostatních plochách. Podíl výše chlorovaných kongenerů (138, 153 a 180) vzrůstá až na 90 % z celé sumy PCB (příloha 3).

Tabulka 1 **Mediány, aritmetické průměry a maxima obsahů sumy 7 kongenerů PCB v orničním horizontu (svrchní vrstvě) všech pozorovacích ploch BMP za období 2005–2018 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)**

Orná půda (ornice)														
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
medián	3,58	3,60	1,75	2,03	2,02	2,06	2,00	2,02	2,89	1,88	2,10	2,62	1,75	1,75
průměr	5,51	6,66	5,11	5,16	6,80	5,71	5,19	5,19	5,86	4,71	5,07	4,45	3,76	3,28
max.	44,7	62,8	55,7	59,2	98,9	44,6	58,5	51,7	47,8	40,1	35,4	31,3	29,6	24,3
Trvalé travní porosty (svrchní hor.)														
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
medián	3,60	3,53	2,04	2,11	3,70	2,63	2,34	3,09	3,58	2,57	4,08	3,79	2,52	2,26
průměr	4,29	6,76	3,60	4,79	3,57	3,98	3,34	4,91	4,60	2,56	4,22	3,51	2,71	2,82
max.	8,65	17,8	6,39	14,9	4,74	8,82	6,52	12,1	8,82	3,55	7,36	5,17	4,91	5,9
Chráněná území (svrchní hor.)														
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
medián	4,80	3,35	1,75	1,75	2,04	1,75	1,75	2,11	1,75	1,75	2,38	2,49	1,75	3,78
průměr	6,78	4,69	1,75	3,13	3,53	2,68	1,75	2,48	7,14	2,40	5,32	5,72	3,16	3,81
max.	16,6	10,1	1,75	8,64	9,02	6,00	1,75	3,61	22,3	4,74	14,4	12,2	8,81	7,2

Obsahy rizikových prvků a látek v půdě se hodnotí na základě vyhlášky č. 153/2016 Sb., o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy a o změně vyhlášky č. 13/1994 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu. Vyhláška definuje preventivní a indikační hodnoty. Preventivní hodnoty představují horní mez geogenního a antropogenního pozadí obsahů látek v půdě a jejich překročení může vést k ohrožení funkcí půdy. 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 2018 překročena na dvou monitorovacích plochách – 7901KO (k.ú. Tečovice, okr. Zlín) a 7902KO (k.ú. Chrlice, okr. Brno-město) obě na orné půdě; vzhledem k nejistotě stanovení by obsah PCB z obou ploch požadavku vyhlášky vyhověl. 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 (1998–2017) k překročení nyní platné preventivní hodnoty, je graficky znázorněn v příloze 5 (suma 6 kongenerů pro léta 1998 a 1999, od roku 2000 suma 7 kongenerů).

Tabulka 2 *Počty vzorků překračujících stanovenou preventivní hodnotu – orná půda, chmelnice (ornice)*

Rok	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Počet vzorků	1	2	2	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2

Závěry

- V roce 2018 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 2005–2018 se pohybuje v ornici orných půd mezi $1,75\text{--}3,60 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., nejvyšší hodnota byla zjištěna v roce 2006. Poté došlo ke snížení mediánů a jejich stagnaci. Pro rok 2018 byl pro ornou půdu vypočten medián $1,75 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.
- Mediány obsahů 7 kongenerů PCB v půdách chráněných území se vyskytují v rozsahu $1,75\text{--}4,80 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. a vykazují velmi podobný průběh jako orné půdy.
- Mediány obsahů 7 kongenerů PCB v půdách TTP kolísají kolem hodnoty $3 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. a jsou mírně vyšší než v orných půdách. Rozmezí mediánů činí $2,04\text{--}4,08 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.
- Preventivní hodnota obsahu PCB v zemědělských půdách, $20 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., stanovená vyhláškou č. 153/2016 Sb., byla v roce 2018 překročena v ornici 2 pozorovacích ploch orných půd. Při započítání nejistoty stanovení by oba vzorky vyhověly požadavkům vyhlášky.
- 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 PAH 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.

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

V roce 2018 byly obsahy 16 individuálních PAH stanoveny ve vzorcích ze 40 vybraných pozorovacích ploch BMP a 5 lokalit v chráněných územích, a to pouze v orničním (svrchním) horizontu (příloha 6). 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 7.

Základní statistické charakteristiky individuálních uhlovodíků na plochách s ornou půdou za dobu sledování 2006–2018 jsou uvedeny v příloze 8. Základní statistické charakteristiky sumy 12 PAH jsou uvedeny v tabulce 3 (statistická charakteristika sumy 12 EPA PAH) a souhrnná statistika souboru (2005–2018) je uvedena v příloze 21.

V souboru ploch s ornou půdou kolísaly hodnoty pro sumu 12 PAH v ornici v roce 2018 v rozmezí 92–1981 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Rozsah mediánů (2005–2018) činí 473–710 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Graficky jsou hodnoty mediánů zobrazeny v příloze 9. V roce 2018 byla vypočtena hodnota mediánu 579 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Ve svrchním horizontu TTP kolísají hodnoty mediánů v letech sledování 2005–2018 mezi 433 a 1174 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (medián 2018: 610 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). V posledních letech se mediány obsahů PAH ve svrchních horizontech orných půd a TTP vyrovnaly. Tento pokles obsahů PAH v půdách TTP není způsoben snížením obsahu PAH v těchto půdách, ale změnami struktury souboru ploch TTP. Monitorovací plochy nejsou majetkem ústavu, ale soukromých subjektů, které na nich hospodaří běžným způsobem a tedy může na nich docházet ke změně způsobu hospodaření, což vede k „přesunu“ ploch v rámci sledovaných kultur. Nicméně od roku 2013 je soubor ploch TTP stálý a obsahy PAH zůstávají na přibližně stejné hladině. Mediány obsahů sumy 12 PAH v půdách CHÚ jsou vyrovnané, rozsah činí 112–238 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (medián 2018: 125 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) a zhruba 3x nižší než obsahy v orných půdách.

Obsahy PAH v půdě se hodnotí podle vyhlášky č. 153/2016 Sb. Preventivní hodnota pro sumu PAH činí 1,0 mg.kg^{-1} suš., přičemž do sumy PAH se započítává 12 individuálních uhlovodíků (antracen ANT, benzo(a)antracen BAA, benzo(b)fluoranten BBF, benzo(k)fluoranten BKF, benzo(a)pyren BAP, benzo(ghi)perylen BPE, fenantren PHE, fluoranten FLT, chrysen CHR, indeno(123-cd)pyren IPY, naftalen NAP, pyren PYR). Preventivní hodnotu překročilo v roce 2018 šest vzorků orné půdy (tabulka 4) a jeden vzorek TTP. Po přihlédnutí k nejistotám měření by čtyři vzorky požadavkům vyhlášky vyhověly. Jedná se o plochy, u nichž lze překročení limitu očekávat, neboť na nich dochází k překročení preventivní hodnoty prakticky každý rok. Výjimkou je plocha 5017BO (okres Jablonec nad Nisou, TTP), u které je zvyšování obsahů PAH viditelné až v posledních letech. Obsahy PAH na plochách, na kterých byla v průběhu celého monitoringu alespoň 1x překročena preventivní hodnota, jsou zobrazeny v příloze 10.

Tabulka 3 Základní statistické charakteristiky sumy 12 PAH v ornici (svrchním horizontu) orných půd, TTP a CHÚ; 2005–2018 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)

	Orná půda													
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
arit. prům.	784	874	706	696	1005	957	1018	620	657	630	604	762	775	645
medián	595	649	521	473	710	656	632	515	510	509	500	595	582	579
minimum	86	50,7	101	53,9	167	101	115	75,0	67,3	77,2	115	100	92,2	92,3
maximum	3234	2591	2136	2931	3848	5868	5359	1639	2109	2068	2293	3912	2880	1981
počet	34	34	35	34	34	34	34	33	34	34	34	34	34	34

	Trvalé travní porosty													
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
arit. prům.	755	1029	953	1068	669	714	628	723	509	521	668	757	464	591
medián	890	1174	834	985	569	656	531	442	691	444	433	576	561	610
minimum	127	500	724	255	283	377	286	101	86,9	92,0	135	145	130	122
maximum	1146	1268	1421	2465	1086	1345	1058	2435	777	972	1425	1791	808	1347
počet	5	4	4	5	5	5	5	6	5	5	5	5	5	5

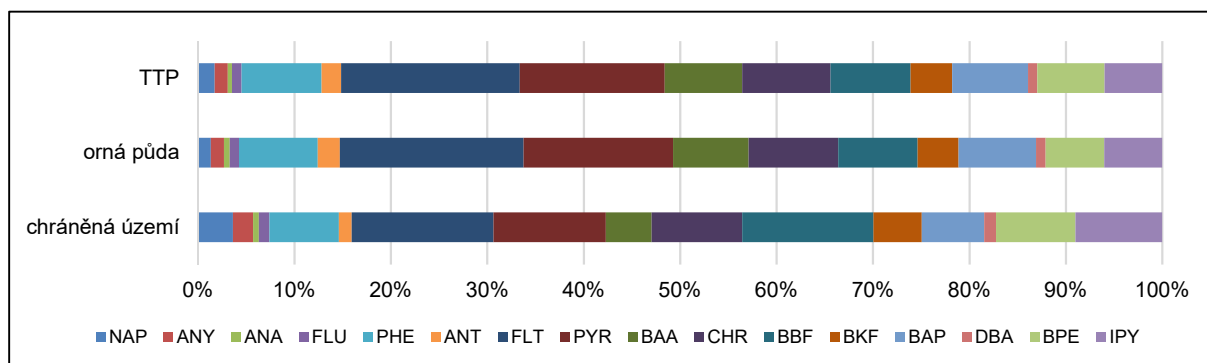
	Chráněná území													
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
arit. prům.	410	644	113	548	541	538	480	436	415	211	566	677	553	362
medián	122	204	112	152	199	238	155	171	119	136	149	181	133	125
minimum	82,4	66,4	65,4	85,9	153	146	126	113	91,0	135	115	103	95,4	89,2
maximum	1426	2108	164	2205	1808	1838	1482	1009	1331	486	1950	2337	2119	837
počet	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5

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
Počet vzorků	6	12	9	8	11	7	8	8	9	4	4	7	8	7

V rámci sumy 16 PAH jsou ve sledovaných zemědělských půdách (orná půda, chmelnice, TTP) nejvíce zastoupeny fluoranten (cca 19 %) a pyren (cca 15 %), podíl zbývajících jednotlivých uhlovodíků je pod 10 % (graf 2). U půd chráněných území je zastoupení jednotlivých PAH mírně odlišné, více než deseti procenty se podílí stejně jako u zemědělských půd fluoranten (14,7 %) a pyren (11,7 %), ale nad 10 % má také benzo(b)fluoranten (13,6 %). Podíl ostatních jednotlivých uhlovodíků je pod 10 %.

Graf 2 *Poměrné zastoupení jednotlivých PAH na sumě 16 PAH v letech 2005–2018 na zemědělských půdách a v chráněných územích*



Závěry

- V roce 2018 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 ornici (2005–2018) činí 473–710 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (medián 2018: 579 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Ve svrchním horizontu TTP kolísají hodnoty mediánů mezi 433–1174 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (medián 2018: 610 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.).
- Preventivní hodnotu stanovenou vyhláškou č. 153/2016 Sb. (1,0 mg.kg^{-1} suš.) pro polycyklické aromatické uhlovodíky celkem (suma 12 PAH), překročilo v roce 2018 šest vzorků orné půdy a jeden vzorek TTP. Po přihlédnutí k nejistotě stanovení by čtyři vzorky požadavkům vyhlášky vyhověly.

1.4.1.3 Persistentních chlorované pesticidy (OCP) v půdě

Šárka Poláková

Do skupiny organochlorových pesticidů 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 2018 jsou pro všechny pozorovací plochy uvedeny v příloze 11. Grafické znázornění obsahů jednotlivých pesticidů lze nalézt v přílohách 12–16, s výjimkou HCH, jehož hodnoty jsou pouze u dvou pozorovacích ploch vyšší než mez stanovitelnosti ($0,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Popisnou statistiku výsledků uvádí tabulky 5, 6 a 7 (u hodnot pod mezí stanovitelnosti je započítána polovina této hodnoty); souhrnná deskriptivní statistika (2005–2018) je uvedena v příloze 21. Průběh mediánů v jednotlivých kulturách zobrazuje příloha 17.

Tabulka 5 Základní statistické charakteristiky jednotlivých OCP v ornici orných půd za období 2005–2018 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
HCB	průměr	4,20	5,94	4,52	4,38	4,20	3,90	4,31	4,42	3,63	3,36	2,16	5,29	2,88	2,41
	medián	3,35	3,53	3,26	3,16	2,91	3,15	3,21	3,03	2,89	2,56	1,74	3,93	2,05	1,88
	min.	< 0,50	< 0,50	0,65	0,89	0,60	< 0,50	< 0,50	< 0,50	0,55	< 0,50	< 0,50	1,08	< 0,50	< 0,50
	max.	14,0	52,1	18,3	19,7	19,7	13,8	20,1	21,3	12,5	16,6	10,6	17,2	8,90	6,82
DDE	průměr	30,5	28,0	23,4	25,3	25,3	26,5	32,2	23,6	26,9	19,0	21,8	14,1	20,0	21,6
	medián	8,60	9,51	8,54	7,65	11,3	10,3	5,80	6,57	13,3	5,88	6,96	6,49	7,47	8,52
	min.	2,35	1,56	1,42	1,92	1,07	1,28	0,50	1,45	1,77	1,10	0,50	0,91	1,08	1,00
	max.	267	280	194	229	240	295	296	285	278	296	339	134	222	234
DDD	průměr	3,66	3,57	3,22	2,38	2,38	2,08	2,31	3,16	1,79	1,96	1,46	2,15	1,79	2,56
	medián	1,30	0,89	1,11	0,50	0,50	0,50	0,50	1,01	0,50	0,50	0,50	0,50	0,65	0,92
	min.	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	max.	30,0	64,1	54,1	44,4	41,4	24,7	28,6	21,1	18,0	30,0	13,7	20,2	12,5	14,4
DDT	průměr	34,3	34,7	27,8	67,7	27,2	33,4	28,2	23,3	28,6	19,5	24,9	20,5	18,9	18,4
	medián	12,9	12,8	13,6	9,90	12,4	12,2	9,83	7,61	16,5	9,37	11,5	9,72	6,27	8,56
	min.	1,25	0,97	0,88	1,39	1,06	1,22	0,50	1,36	0,88	0,50	0,50	0,92	0,87	0,50
	max.	326	367	255	230	287	413	243	193	265	195	285	167	192	176

Tabulka 6 Základní statistické charakteristiky jednotlivých OCP ve svrchním horizontu trvalých travních porostů za období 2005–2018 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
HCB	průměr	4,95	4,50	6,02	7,48	5,44	5,73	6,63	6,41	6,34	5,12	3,64	9,59	5,45	4,41
	medián	2,30	2,50	2,70	2,48	2,52	2,72	3,60	3,24	2,60	2,43	1,48	5,28	2,52	2,12
	min.	< 0,50	< 0,50	0,56	0,56	0,53	< 0,50	1,14	0,54	0,57	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	0,58
	max.	15,0	13,7	20,0	27,3	18,5	21,8	22,1	24,3	23,3	18,9	12,7	31,2	20,5	13,8
DDE	průměr	34,6	30,5	29,4	40,1	6,66	5,30	12,0	11,7	15,2	11,0	9,85	9,32	10,8	12,0
	medián	5,85	7,24	5,72	6,31	4,09	4,87	8,17	6,41	15,2	4,75	5,03	3,46	4,60	4,89
	min.	1,75	2,32	2,79	2,46	2,13	0,88	2,32	1,04	1,03	0,93	2,23	3,14	0,50	0,50
	max.	151	128	124	180	16,3	11,4	35,6	41,8	32,2	34,7	29,0	29,4	33,8	38,9
DDD	průměr	6,28	2,82	3,20	5,52	0,58	0,79	1,07	2,85	0,59	0,74	0,92	0,77	1,14	1,04
	medián	0,85	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,71	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	min.	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	max.	28,5	12,1	13,2	25,6	0,93	1,99	2,61	11,7	0,94	1,23	1,96	1,38	2,64	2,17
DDT	průměr	46,0	50,4	47,8	55,3	12,2	7,61	18,6	22,8	15,5	17,1	14,2	14,4	16,0	14,9
	medián	7,90	8,31	6,04	6,46	4,76	5,20	13,9	7,32	13,0	4,23	7,70	4,36	4,71	3,74
	min.	2,45	3,86	4,52	3,44	3,32	1,56	3,56	1,38	1,07	1,32	1,93	2,15	1,12	0,82
	max.	202	222	213	256	39,4	22,6	53,5	95,9	33,3	56,0	44,9	44,2	51,9	51,6

Tabulka 7 Základní statistické charakteristiky jednotlivých OCP ve svrchním horizontu půd v chráněných územích za období 2005–2018 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)

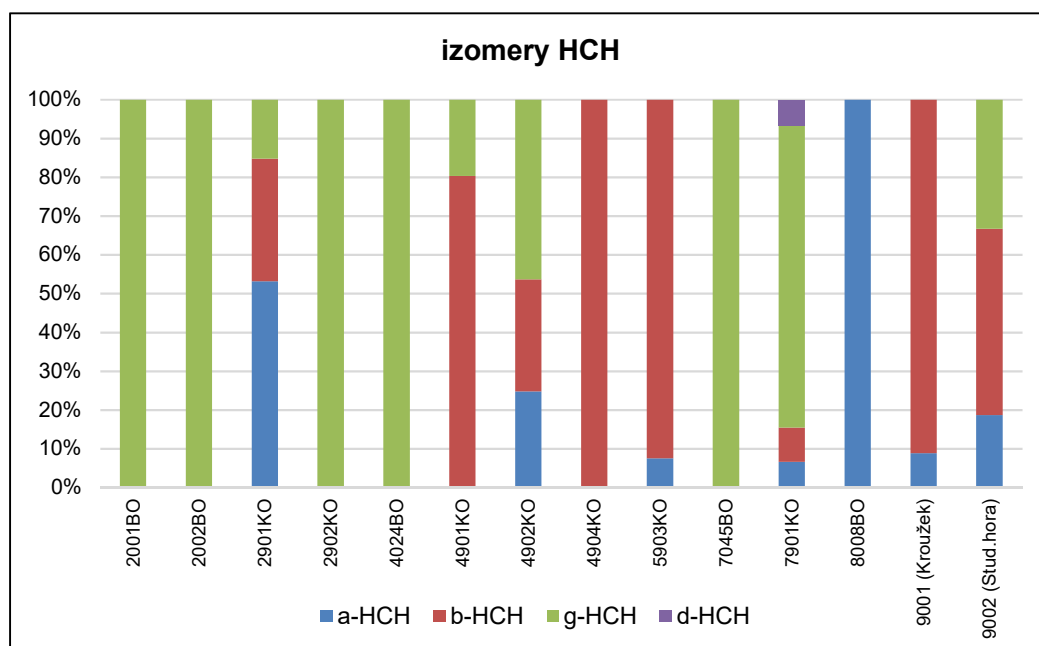
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
HCB	průměr	0,66	1,02	1,54	1,07	0,94	1,35	1,73	1,31	1,80	1,04	1,59	1,74	1,67	0,85
	medián	0,60	0,87	0,25	0,25	0,74	0,25	0,25	0,91	1,11	0,25	0,84	1,46	0,77	1,10
	min.	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	0,25
	max.	1,30	2,54	5,33	2,60	2,01	4,07	4,70	3,99	4,47	3,52	5,04	4,24	4,58	1,52
DDE	průměr	6,52	7,09	5,65	6,14	4,12	4,98	1,87	5,16	6,88	3,32	5,83	5,68	5,82	6,01
	medián	1,45	5,60	1,90	1,49	1,98	2,55	1,34	3,53	1,93	1,36	3,68	2,80	2,95	4,00
	min.	0,50	1,62	0,50	0,50	0,86	0,79	1,10	0,86	0,50	1,24	0,50	0,50	0,50	0,50
	max.	21,0	18,0	22,9	25,35	12,4	16,9	3,16	10,5	23,2	9,36	17,05	19,9	21,4	15,0
DDD	průměr	1,80	0,81	0,85	0,95	0,50	0,61	0,50	0,84	0,67	0,56	0,78	0,86	1,00	1,15
	medián	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,83
	min.	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	max.	7,00	2,05	2,27	2,74	0,50	1,03	0,50	1,79	1,17	0,78	1,89	2,31	3,02	2,30
DDT	průměr	17,7	10,2	10,1	13,9	14,0	11,8	3,24	9,27	15,1	5,05	11,3	8,33	8,88	7,68
	medián	1,75	2,96	1,13	1,37	1,22	1,55	1,51	6,67	9,29	1,01	5,72	4,84	1,55	9,09
	min.	0,50	1,46	0,50	0,77	0,97	0,87	0,88	1,38	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	max.	82,5	41,5	47,0	64,9	64,3	48,3	7,32	28,0	41,1	17,7	42,5	29,6	37,7	17,1

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 2018 překročena jen ve dvou vzorcích orné

půdy. Ve vzorcích byl detekován pouze γ -izomer. Medián sumy 4 izomerů HCH v orných půdách i TTP je $1,0 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (orniční/svrchní horizont).

HCH byl v roce 2018 detekován na ploše 2902KO a 4024KO. Ve vzorcích z těchto ploch byl HCH nalezen od roku 2005 12x. Celkem byl HCH (alespoň jeden izomer) od roku 2005 stanoven v 77 vzorcích z 12 ploch (z toho dvě leží v chráněných územích). Prakticky ve všech těchto vzorcích byl detekován γ -izomer, a to buď individuálně (2902KO, 4024KO, 7045BO, 7901KO), nebo společně s β -izomerem (9002), či společně s α - i β - izomerem (2901KO, 4902KO). Výrazná převaha nálezů β -izomeru je na ploše 9001 a 4901KO. Pouze α -izomer HCH byl detekován na ploše 5903KO (chmelnice). Na dvou zbývajících nejmenovaných plochách byl HCH zjištěn pouze 1x (graf 3). Pro zjednodušení byly do grafu zahrnuty pouze hodnoty vyšší než LOQ.

Graf 3 Zastoupení jednotlivých izomerů HCH v půdních vzorcích BMP



Od roku 2005 kolísají mediány obsahů **HCB** v ornici orných půd v rozmezí $1,74\text{--}3,93 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (nejvyšší hodnota je z roku 2016, nejnižší z roku 2015; medián pro 2018 je $1,88 \mu\text{g.kg}^{-1}$). Rozsah mediánů obsahů HCB ve vzorcích trvalých travních porostů činí $1,48\text{--}5,28 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. ve svrchním horizontu (nejvyšší hodnota z roku 2016, nejnižší z roku 2015; medián 2018 činí $2,12 \mu\text{g.kg}^{-1}$). Průběh i rozsah hodnot mediánů HCB na orné půdě a TTP je srovnatelný. Obsahy HCB v půdách CHÚ jsou nižší.

Mediány **sumy DDT** v orné půdě (suma o,p'- a p,p'- izomerů DDT) kolísají od roku 2005 v rozmezí $6,27\text{--}16,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (nejnižší hodnota z roku 2017; medián pro rok 2018 činí $8,56 \mu\text{g.kg}^{-1}$ 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. (nejnižší hodnota byla vypočtena pro rok 2018, nejvyšší pro rok 2011). Mediány DDT z chráněných území mají stejný průběh jako je tomu u TTP a orných půd, ale hodnoty jsou nižší.

Mediány **sumy DDE** v orných půdách kolísají v letech 2005–2018 mezi $5,80$ a $13,3 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (medián 2018: $8,52 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) a v půdách s TTP v rozmezí $3,46\text{--}15,2 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (2018: $4,89 \mu\text{g.kg}^{-1}$ 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 **DDD** na monitorovaných plochách (orná půda, TTP i chráněné území) jsou velmi nízké. Přibližně na polovině monitorovacích ploch jsou obsahy DDD pod mezí stanovitelnosti. Na druhou stranu nízké, ale měřitelné obsahy DDT byly zjištěny na třech plochách TTP (4904KO, 5905KO a 8905KO) a třech plochách v chráněných oblastech (9001, 9002 a 9003).

Průběh obsahů jednotlivých organochlorových pesticidů na plochách, na kterých došlo ve sledovaném období (2000–2018) k překročení preventivní hodnoty, je graficky znázorněn v přílohách 18 a 19.

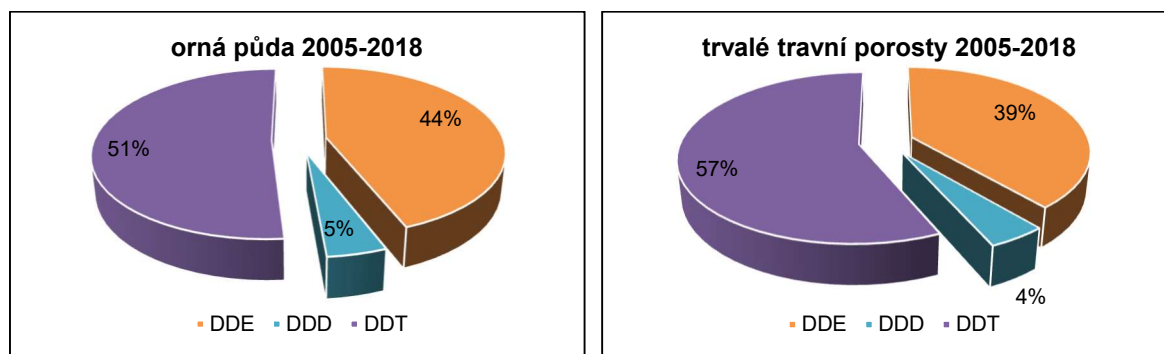
Počty vzorků, u nichž došlo k překročení preventivní hodnoty podle vyhlášky č. 153/2016 Sb. jsou uvedeny v tabulce 8. V roce 2018 došlo k překročení preventivní hodnoty pro sumu látek DDT na čtyřech plochách s ornou půdou, na chmelnici a jedné ploše TTP. Po přihlédnutí k nejistotě měření by požadavkům vyhlášky vyhověl vzorek z pozorovací plochy 5905KO (TTP). Preventivní hodnoty HCH a HCB překročeny nebyly. K překročení indikačních hodnot nedošlo.

Tabulka 8 *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
HCB	20	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Σ DDT	75	7	7	8	6	6	8	7	5	8	4	3	5	5	5
HCH	10	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

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

Příloha 20 uvádí vzájemný poměr DDT a jeho metabolitů na pozorovacích plochách BMP a CHÚ v ornici (svrchní vrstvě) pro rok 2018. Zastoupení jednotlivých látek skupiny DDT na celkové sumě DDT u trvalých travních porostů a orné půdy je znázorněno v grafu 4. Poměr DDT a DDE se v čase výrazně nemění. Vzájemný poměr jednotlivých látek vzrůstá v pořadí $\text{DDD} < \text{DDE} < \text{DDT}$.

Graf 4 Poměrné zastoupení látek skupiny DDT (2005–2018)

Závěry

- V roce 2018 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 limitem 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 2018 $1,88 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Medián obsahu HCB ve vzorcích z trvalých travních porostů dosáhl $2,12 \mu\text{g.kg}^{-1}$ 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 a DDE vypočtené pro orniční (a svrchní) horizonty kolísají. Obsahy DDD jsou z dlouhodobého hlediska vyrovnané. 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 2018 pouze u parametru DDT ve čtyřech vzorcích orných půd, chmelnici a v jednom vzorku TTP. Po přihlédnutí k nejistotě měření by požadavkům vyhlášky vyhověl vzorek z pozorovací plochy 5905KO (travní porost). Indikační hodnoty překročeny nebyly.
- Vzájemný poměr DDT a DDE je velmi vyrovnaný, zejména u orných půd. Podíl DDT na celkové sumě látek skupiny DDT činí v orných půdách cca 51 % a podíl DDE cca 44 %. V trvalých travních porostech je dosud vyšší podíl DDT (cca 57 %), DDE zaujímá přibližně 39 %. Vzájemný poměr jednotlivých látek vzrůstá v pořadí DDD < DDE < DDT.

1.4.1.4 Účinné látky používané v přípravcích na ochranu rostlin v půdě

Šárka Poláková

V rámci BMP jsou dlouhodobě a pravidelně sledovány obsahy vybraných obsoletních pesticidů (HCH, HCB, DDT) v souboru 40 pozorovacích ploch BMP a na 5 plochách v chráněných územích. Důvodem k tomuto monitoringu je jejich toxicita vůči necílovým organismům a perzistence v prostředí.

V současné době se na ochranu rostlin používají takové přípravky na ochranu rostlin (POR), jejichž účinné látky musí splňovat několik požadavků, např. musí vykazovat vysoký rozdíl mezi toxicitou pro cílové a necílové organismy, dobrou biodegradabilitu a neovlivňovat endokrinní systém savců. Obsahům těchto účinných látek ve vodách je věnována velká pozornost. Nyní chceme rozšířit naše poznání ohledně reálných obsahů těchto látek v zemědělských půdách.

Proto jsme od roku 2014 přistoupili k rozšíření škály parametrů stanovovaných v půdních vzorcích BMP o účinné látky POR. Získáváme tak 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.

Účinné látky POR byly stanoveny ve vzorcích ze souboru 45 pozorovacích ploch, ze kterých se odebírají vzorky pro stanovení organických polutantů. Za účelem sledování případného dálkového transportu jsou analyzovány také vzorky z chráněných území. V roce 2014 byly půdní vzorky odebrány při nebo těsně po sklizni plodiny (květen–říjen), v roce 2015 došlo k úpravě metodiky, a to především u termínu vzorkování. Půdní vzorky jsou nyní odebrány v průběhu února a března proto, aby se maximálně omezila pravděpodobnost aplikace POR před odběrem vzorku.

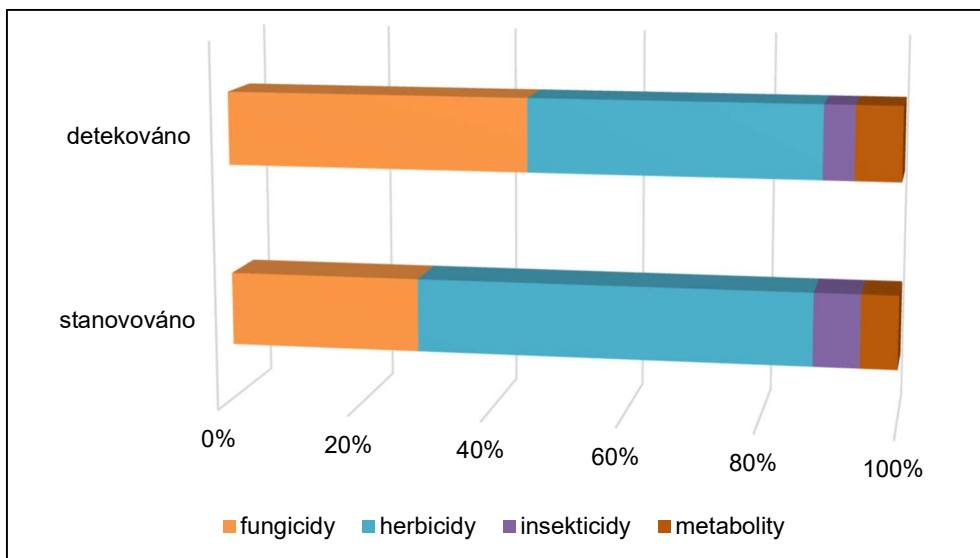
Ke stanovení byly vybrány látky nejčastěji aplikované na tyto plochy v období pěti let před začátkem samotného monitoringu (1998–2012), a také látky nejčastěji aplikované v zemědělské praxi obecně.

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 dalších 18 sloučenin, zejména herbicidů a vybraných metabolitů (v roce 2015 přibýly metabolity atrazinu, v roce 2017 metabolit terbutylazinu). Největší část účinných látek z hlediska určení cílových organismů tvoří herbicidy, následují fungicidy, dále bylo sledováno 2–5 insekticidů a 2–4 metabolity (tabulka 9).

Tabulka 9 Počet sledovaných účinných látek (rozdělení podle účinku)

	2014	2015	2016	2017	2018
Celkem	52	68	71	70	70
Herbicidy	30	38	41	42	42
Fungicidy	20	22	22	22	22
Insekticidy	2	5	4	4	4
Metabolity	-	3	4	2	2

Z hlediska nálezů však převažovaly látky fungicidní povahy (graf 5).

Graf 5 Podíl stanovovaných a skutečně detekovaných účinných látek POR v roce 2018

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 2014–2017 (informace o aplikacích POR v roce 2018 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. Na ostatních 35 plochách proběhla v uvedeném období minimálně jedna aplikace POR.

Tabulka 10 Přehled počtů účinných látek aplikovaných a monitorovaných/sledovaných na pozorovacích plochách BMP (2014–2018)

		Monitorované látky (ve vzorku se našly: ...)		Látky, které se nemonitorují	Celkem
		ANO	NE		
Aplikované látky	ANO	38	18	85	141
	NE	5	14		
Celkem		43	32		

Celkem bylo na vybraných monitorovacích plochách aplikováno 141 účinných látek, z toho 56 látek je na seznamu stanovovaných účinných látek a zbylých 85 látek nemonitorujeme. Z těchto 85 látek bylo 10 aplikováno ve více než deseti případech (tabulka 11).

Tabulka 11 Účinné látky, které byly v letech 2014–2017 aplikovány více než 10x a nejsou stanovovány v rámci monitoringu

Účinná látka	Počet aplikací
Chlormekvát	29
Glyfosát	23
Cypermethrin	22
Trinexapak-ethyl	18
Cymoxanil	17
Ethofumesát	16
Fenmedifam	14
Deltamethrin	13
Desmedifam	11
Ethefon	11

Chlormekvát, glyfosát a ethefon jsou látky, které nelze stanovit multireziduální metodou (vyžadují pro stanovení tzv. jednoúčelové metody) a v současné době NRL jejich stanovení ve vzorcích půd neprovádí. Nicméně o zavedení stanovení obsahu glyfosátu v půdních matricích se uvažuje a testují se metody.

Trinexapak-ethyl, cymoxanil, fenmedifam, desmedifam a ethofumesát jsou účinné látky stanovované v současnosti v rostlinném materiálu. Požadavek na jejich stanovení v půdních vzorcích zařadilo NRL mezi aktuální úkoly.

Cypermethrin je insekticidní, těkavá látka, která se v životním prostředí šíří především vzduchem. V půdě je považován za mírně perzistentní, byl detekován v podzemních vodách a je považován za významný kontaminant mořského prostředí. K jeho stanovení, stejně jako u deltamethrinu, je vhodná metoda plynové chromatografie s tandemovou hmotnostní spektrometrií, která při analýze půdních acetonitrilových extraktů vykazuje problematické chování přístroje, proto se o zavedení stanovení cypermethrinu a deltamethrinu zatím neuvažuje.

V roce 2018 bylo na seznamu monitorovaných látek 70 sloučenin. Celkem (za 2014–2018) však bylo na seznamu stanovovaných látek 75 sloučenin. Jejich výčet, včetně počtu nálezů jednotlivých účinných látek a základních statistických parametrů obsahů, je uveden v příloze 22. Z těchto látek bylo 43 nalezeno alespoň v jednom vzorku, zatímco 32 nebylo vůbec detekováno. Jedná se o látky v následující tabulce.

Tabulka 12 *Třicet dva účinných látek, které nebyly detekovány ani v jednom půdním vzorku (2014–2018)*

Účinné látky, které nebyly v půdních vzorcích detekovány ani nebyly aplikovány na plochu	Účinné látky, které nebyly ve vzorcích detekovány, ale byly aplikovány na pozorovací plochu	
		Počet aplikací 2014–2017
acetochlor	dimethoát	1
alachlor	mefenpyr-diethyl	1
atrazin	bentazon	1
desethylatrazin	dikamba	3
fluazifop	propachizafop	4
hexazinone	mesotrion	4
mekoprop	metalaxyl	5
omethoát	MCPA	5
pirimofos-methyl	lenacil	5
prometryn	jodosulfuron-methyl sodný	5
propachlor	chlorsulfuron	5
simazine	klopyralid	5
terbutryn	fluroxypyr	11
triasulfuron	pyroxulam	13
	2,4-D	18
	thiakloprid	19
	aminopyralid	22
	florasulam	28

Většinu z látek uvedených v tabulce 12 řadíme mezi herbicidy, některé sloučeniny mohou být zároveň také metabolickými produkty jiných účinných látek. O herbicidech obecně platí, že jsou v prostředí méně stabilní než např. fungicidy a jejich rozklad v půdě probíhá v řádu dní.

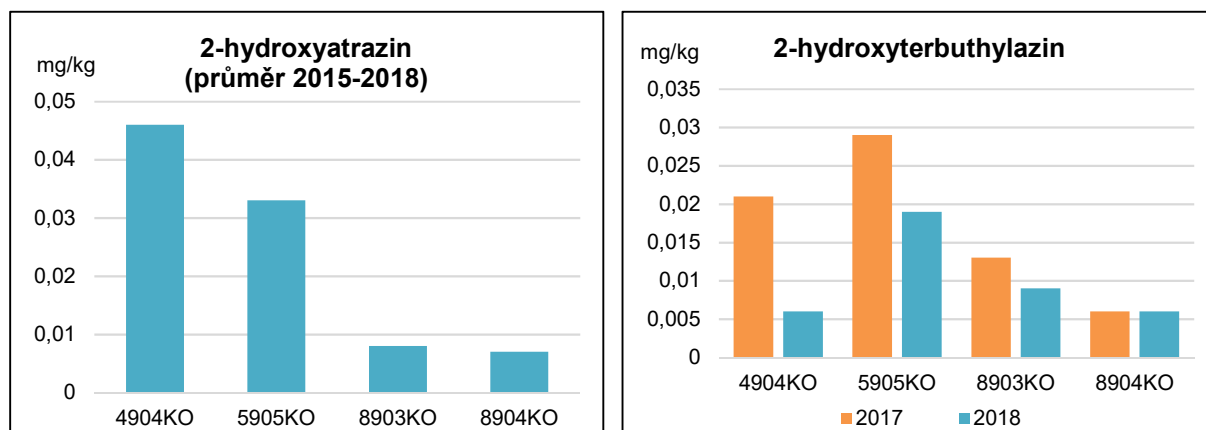
Látky uvedené v levé části tabulky již nejsou povoleny. Proto není překvapující, že nebyly na monitorovací plochy aplikovány. Výjimkou je pirimifos-methyl, který je stále povolen, nicméně se jedná o látku určenou pro skladištní aplikaci. Většina z látek vyjmenovaných v pravé části tabulky je řazena mezi neperzistentní látky, jejichž poločas rozpadu je kratší než 30 dní. Některé z nich (lenacil, metalaxyl, chlorsulfuron) se však rozkládají pomaleji a jejich poločas rozpadu je delší než 100 dní.

V půdních vzorcích BMP bylo nalezeno celkem 43 účinných látek (tabulka 10). Nejčastěji byl detekován epoxykonazol – za pět let sledování celkem 99x, tedy prakticky v polovině vzorků. Epoxykonazol, společně s dalšími látkami ze skupiny triazolových fungicidů (tebukonazol, propikonazol, ciprokonazol, flusilazol) patří k nejčastěji detekovaným účinným látkám. Látky azolového typu se používají proti houbovým chorobám v obilninách a řepce olejce. Přípravky na bázi těchto účinných látek se aplikují jako postřik na jaře nebo se používají jako mořidlo.

Naopak žádná účinná látka nebyla detekována na šesti monitorovacích plochách. Jedná o všechny plochy v chráněných územích a jednu plochu TTP (5017BO). Jinými slovy, na 39 monitorovacích plochách byla alespoň jednou v období 2014–2018 detekována minimálně jedna účinná látka. Na každé ploše s ornou půdou (35 ploch) se našla minimálně 1 a maximálně 14 účinných látek (uvedených 14 účinných látek se našlo na dvou monitorovacích plochách – 6904KO v roce 2017 a 5005BO v roce 2018).

Na čtyřech plochách TTP byly detekovány celkem tři účinné látky. Na ploše 5905KO byl v roce 2014 stanoven chlortoluron v množství těsně nad limitem stanovitelnosti. Od roku 2015 je ve všech půdních vzorcích detekován metabolit atrazinu, 2-hydroxyatrazin. Tato látka byla na uvedených plochách nalezena každý rok. Výše nálezů je různorodá (graf 6). Obsahy 2-hydroxyatrazinu se v čase prakticky nemění, pro zjednodušení je v grafu zobrazena průměrná hodnota. V roce 2017 byl na seznam stanovovaných látek připsán metabolit terbuthylazinu, 2-hydroxyterbuthylazin, který byl také na plochách TTP nalezen. Jeho obsahy byly v roce 2018 nižší, než v roce 2017. Podle dostupných informací nebyly mateřské sloučeniny na tyto plochy aplikovány.

Graf 6 *Obsahy 2-hydroxyatrazinu a 2-hydroxyterbuthylazinu v půdách travních porostů*



Z údajů v tabulce 10 dále vyplývá, že u pěti účinných látek nemáme informace o aplikaci příslušného přípravku na zemědělskou půdu, a přesto byly tyto látky v některých vzorcích detekovány. Jedná se o látky uvedené v tabulce 13.

Tabulka 13 *Účinné látky bez prokázané aplikace, které byly přesto ve vzorcích detekovány a celkový počet nálezů v období monitoringu (2014–2018)*

Účinná látka	Skupina	Počet nálezů
2-hydroxyatrazin	MET	92
2-hydroxyterbuthylazin	MET	80
Flusilazol	F	51
Karbendazim	F / MET	39
Desisopropylatrazin	MET	2

Největší počty nálezů jsou u *2-hydroxyatrazinu* a *2-hydroxyterbuthylazinu*, což jsou metabolity účinné látky atrazinu a terbuthylazinu. Do stejné skupiny metabolitů náleží také desisopropylatrazin se dvěma nálezy z roku 2015. Atrazin je synteticky vyráběná látka používaná jako herbicid. Používání atrazinu v Evropské unii bylo zakázáno v roce 2005 (1. 8. 2005) rozhodnutím Evropské komise 2004/248/EC. (V ČR povolen od 1. 1. 1972 do 17. 8. 2004, poslední použití přípravku k 31. 7. 2005.) K zákazu vedly především četné nálezy nadlimitních koncentrací atrazinu v podzemních vodách. Jako náhrada atrazinu bylo možné používat další látku ze skupiny triazinů – terbuthylazin. Terbuthylazin byl v roce 2008 rozhodnutím Komise 2008/934/ES také zakázán, lhůta pro zlikvidování zásob byla do 31. prosince 2011, nicméně nařízením Komise (EU) č. 820/2011 bylo používání této účinné látky za dodržení určitých podmínek opět schváleno. V ČR k přerušení povolení nedošlo.

Chování atrazinu v půdě je různé – může vstupovat do rostlin, odpařovat se, vyplavovat se do povrchové nebo podzemní vody, nebo se může pomalu rozkládat (perzistence až 4 roky). Metabolity atrazinu jsou relativně dobře rozpustné ve vodě, a může tedy docházet k další kontaminaci povrchových a podzemních vod, zároveň mají tendenci vázat se na půdní částice a takto přetrvávat v životním prostředí déle než mateřská látka.

Terbuthylazin je v půdě mírně až nízko mobilní, jeho rozklad urychlují půdní mikroorganismy. Vzniklé metabolity jsou vázané v půdě a jejich degradace je několikanásobně pomalejší, než je tomu v případě mateřské sloučeniny.

Flusilazol je fungicidní látka používaná k likvidaci houbových chorob obilovin, řepky a řepy. Z hlediska rychlosti rozpadu (v půdě) je označován jako mírně až velmi perzistentní. V rámci monitoringu byl detekován na deseti plochách každý rok (2014–2018) a na ploše 4023BO v letech 2017 a 2018. Na všech plochách s detekovanými nálezy flusilazolu byla někdy v minulosti tato látka aplikována, s výjimkou ploch 3023BO, 4902KO a 5005BO. Poslední uvedená plocha se vyznačuje nejvyššími nálezy.

Flusilazol byl aplikován téměř výhradně společně s karbendazimem prostřednictvím přípravku Alert, Alert Beta nebo Alert S a to ke vhodné plodině. V současné době není v ČR povolen žádný přípravek obsahující flusilazol.

Karbendazim je látka fungicidní povahy aplikovaná na široké spektrum plodin – od obilovin, přes okopaniny (cukrovka, krmná řepa) až k olejninám (slunečnice, řepka). Z hlediska perzistence v půdě je karbendazim považován za mírně perzistentní. Jeho použití v současné době není povoleno. V České republice bylo povolení k používání karbendazimu zrušeno v roce 2012.

Podle našich informací byl karbendazim (od počátku monitoringu v roce 1992) aplikován na 25 monitorovacích ploch, z toho na 17 plochách nebyl detekován. Na 10 monitorovacích

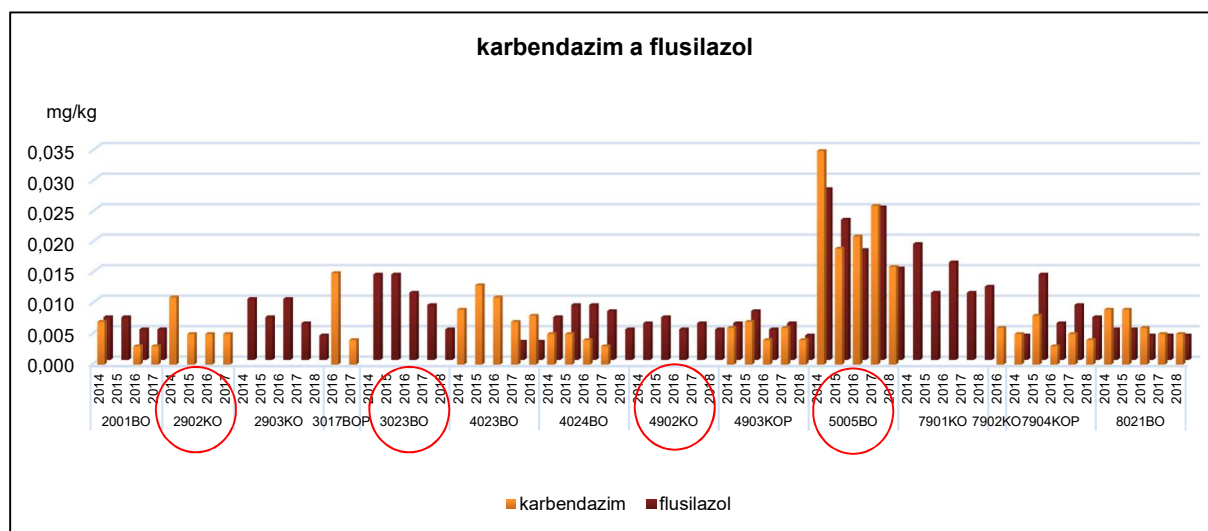
plochách byl od roku 2014 detekován 39x (graf 7). Na těchto deseti lokalitách byl karbendazim někdy v minulosti aplikován, výjimkou jsou plochy 2902KO a 5005BO, u nichž jakákoli informace o aplikaci přípravku s touto účinnou látkou chybí. Aplikace byly provedeny ke vhodným plodinám.

Vůbec nejvyšší detekované obsahy byly nalezeny ve vzorcích z plochy 5005BO! Z plochy, na níž nebyl karbendazim aplikován. Na ploše 2902KO jsou obsahy řádově nižší.

Kromě přímého vstupu karbendazimu do půdy jsou pro jeho nálezy další možná vysvětlení: Karbendazim je významným metabolitem thiofanát-methylu, přičemž k přeměně dochází velmi snadno. Aplikace thiofanát-methylu je doložena celkem na pěti pozorovacích plochách, z toho na třech byl karbendazim detekován (2001BO, 3017BOP, 7030BO, 7904KOP a 8901KO). Dále se thiofanát-methyl i samotný karbendazim používají k moření osiva, zvýšené obsahy v půdě mohou tedy být důsledkem používání ošetřeného osiva; přesné informace o použití mořeného osiva, případně o použité účinné látce však nemáme k dispozici.

Vzhledem k tomu, že byly tyto dvě látky velmi často (alespoň na monitorovaných plochách) aplikovány společně, jsou jejich obsahy znázorněny na grafu 7. Nálezy karbendazimu jsou řidší a (většinou) nižší než nálezy flusilazolu, což odpovídá větší perzistenci flusilazolu. Na obrázku jsou také vyznačeny čtyři monitorovací plochy, na které nebyl aplikován ani karbendazim ani flusilazol.

Graf 7 **Obsahy karbendazimu a flusilazolu na plochách BMP**



V tabulce 10 je dále uvedeno 38 účinných látek, které byly detekovány v půdních vzorcích BMP a zároveň máme informace o jejich aplikaci. Jedná se o 19 látek fungicidní povahy, 17 herbicidů a 2 insekticidy (příloha 23, 24).

K nejčastěji detekovaným fungicidům (i obecně účinným látkám) patří látky ze skupiny triazolových sloučenin (7 účinných látek). Dále jsou zde čtyři látky, které řadíme do skupiny strobilurinových sloučenin (jedna z nich, pikoxystrobin, již není povolena) a tři látky ze skupiny morfolinových sloučenin. Zbýlých pět účinných látek náleží k různým chemickým skupinám. Detekované fungicidní látky jsou v půdním prostředí většinou mírně perzistentní až perzistentní, nevolatilní, jejich log K_{ow} je vyšší než 3,0. Chinoxifen, fenpropimorf a trifloxystrobin mají log K_{ow} > 4,5 a lze u nich předpokládat vysokou afinitu k tukovým

tkáním živočichů. Dvě látky – fenpropidin a dimoxystrobin jsou označeny jako velmi nebezpečné.

Detekované herbicidy jsou z hlediska chemické struktury mnohem pestřejší, než je tomu u fungicidů. Bylo detekováno pět látek ze skupiny chloracetamidů, tři účinné látky ze skupiny urei, zbývajících devět látek se řadí k různým chemickým skupinám. Na rozdíl od fungicidů nelze říci, že látky z nejpočetnější skupiny, tj. ze skupiny chloracetamidů, jsou nejčastěji detekované. Detekované herbicidy jsou většinou neperzistentní povahy (látky s vyšším počtem nálezů jsou mírně perzistentní až persistentní), nevolatilní, většinou s nízkou hodnotou log Kow ($< 2,7$). Existují výjimky, např. pendimethalin má log Kow = 5,18 a další tři látky mají hodnotu log Kow nad 3,0.

Čtyři z herbicidních látek, chlortoluron, metazachlor, isoproturon a metolachlor, jsou označeny jako potenciální kontaminanty podzemních vod (isoproturon v současné době není povolen), tři jako velmi nebezpečné (metazachlor, chinmerak, nikosulfuron). Vesměs se jedná o neperzistentní, nevolatilní látky s nízkou hodnotou rozdělovacího koeficientu oktanol/voda (log Kow $< 2,7$), které jsou mírně až vysoce toxické pro vodní organismy.

Z insekticidů byly ve vzorcích BMP detekovány chlorpyrifos (skupina organofosfátových sloučenin) a methoxifenozyd (skupina diacylhydrazinu). Tyto látky jsou nevolatilní až mírně volatilní, v půdě mírně až velmi persistentní, s hodnotou log Kow $> 3,0$.

Závěry

- V roce 2018 byly účinné látky POR stanovovány 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 70 účinných látek POR, přičemž podíl herbicidů a fungicidů je přibližně 2:1. Z hlediska nálezů látek ve vzorcích však dominují fungicidy.
- Celkem bylo v roce 2018 detekováno 31 účinných látek a 2 metabolity. Nejčastěji byl ve vzorcích detekován 2-hydroxyterbuthylazin, metabolit terbuthylazinu, následovaný metabolitem atrazinu, 2-hydroxyatrazinem, epoxykonazolem a tebukonazolem.
- V průběhu dosavadního monitoringu (2014–2018) bylo ve vzorcích nalezeno 43 různých účinných látek. Nejčastěji detekované látky jsou opět 2-hydroxyterbuthylazin, 2-hydroxyatrazin, epoxykonazol a tebukonazol.
- V průběhu dosavadního monitoringu (2014–2018) byla na 39 pozorovacích plochách (orná půda, chmelnice, TTP) detekována minimálně jedna účinná látka. Mezi plochy s nulovým nálezem patří pouze plochy z chráněných území a jedna plocha TTP.

1.4.1.5 Uhlovodíky C10-C40 v půdě

Šárka Poláková

Pro obsahy uhlovodíků C10-C40 je od roku 2016 vyhláškou č. 153/2016 Sb. stanovena preventivní hodnota 100 mg.kg^{-1} . O reálných obsazích v půdě je však pouze omezené množství informací. Proto se přistoupilo 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.

Od roku 2016 probíhá sledování obsahu uhlovodíků C10-C40 na deseti každoročně nově vybraných plochách Bazálního monitoringu. Celkem bylo odebráno 30 vzorků půd a zatím pouze u dvou z nich byl změřen obsah parametru C10-C40 nad mezí stanovitelnosti, která činí 20 mg.kg^{-1} . Jednalo se o monitorovací plochu 7045BO, na které byl v roce 2016 naměřen obsah $31,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ a o plochu 7901KO, na které byl naměřen obsah 146 mg.kg^{-1} a došlo k překročení preventivní hodnoty.

1.4.1.6 Minerální dusík v půdě

Lenka Prášková

Největší množství dusíku v půdě je soustředěno v ornici půd, z toho nejvíce v lužních půdách, nejméně v luvizemích a regozemích (BIELEK, 1984). Větší podíl dusíku (98–99 %) se nachází ve **formě organické** – rostlinám nepřístupné (IVANIČ *et al.*, 1979). Převážná část dusíku je vázána na aromatická jádra huminových kyselin, fulvokyselin, huminů a dalších složitých organických sloučenin (FECENKO *et LOŽEK* 2000). Organický dusík se rozděluje na hydrolyzovatelný a nehydrolyzovatelný, přičemž hydrolyzovatelné formy se dále dělí podle schopnosti podléhat rozkladu na lehce a těžce hydrolyzovatelné a jsou nejdůležitějšími prekurzory minerálního dusíku v půdě (BIELEK, 1984). Určitý podíl hydrolyzovatelného dusíku, především aminokyseliny, amidy a aminocukry podléhají zpětné mineralizaci až na minerální formy dusíku, které mohou být rostlinou opětovně využity. Nehydrolyzovatelný zbytek tvoří stabilnější humusové látky složitějších chemických vazeb, které jsou těžko rozložitelné mikroorganismy, ale i chemicky (FECENKO *et LOŽEK*, 2000).

Anorganický dusík představuje podle RICHTERA *et* HLUŠKA (1994) 1–2 % celkového obsahu a je reprezentován hlavně nitrátovými a amonnými ionty. Přechodně se v půdě vyskytují také oxidy dusíku (N_2O , NO , NO_2) a meziprodukty mikrobiálních procesů např. hydroxylamin (NH_2OH), nitramid ($N_2H_2O_2$), které jsou však nestabilní a podléhají oxidačním a redukčním procesům. V konečném důsledku z nich vznikají NH_4^+ resp. NO_3^- ionty. Sorpce aniontu NO_3^- v půdě je velmi nízká z důvodu převládající sorpce kationtů a proto se nalézá převážně v půdním roztoku. Jeho obsah v půdním roztoku ovlivňuje resorpce rostlinami a mikroorganismy a vodní srážky. Na zvýšení obsahu se podílí biologická aktivita a intenzita hnojení (FECENKO *et* LOŽEK, 2000). Amonný iont je převážně vyměně 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 kg půdy až po více než 100 $mg \cdot kg^{-1}$. 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 se střídavou kulturou) 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 14 Statistické vyjádření obsahů minerálního dusíku ve vzorcích z odběrů v letech 1993–2018, (N-NO_3 v mg.kg^{-1} původního vzorku, N-NH_4 v mg.kg^{-1} sušiny, Nmin v mg.kg^{-1} sušiny)

	Horizont	Počet vzorků	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	10% percent.	90% percent.
N-NO₃	O	1104	8,22	6,20	< 0,20	78,8	2,00	15,8
	P	1098	7,60	5,25	< 0,20	227	1,31	15,7
	R	93	2,41	1,80	< 0,20	17,7	0,44	4,46
N-NH₄	O	1131	5,15	3,00	< 0,20	381	0,53	11,2
	P	1122	3,30	2,05	< 0,20	149	0,40	7,51
	R	93	4,17	3,80	0,25	12,2	1,39	7,24
Nmin	O	1101	13,8	11,0	< 0,20	435	5,30	23,9
	P	1097	11,0	8,60	< 0,20	185	3,70	20,3
	R	88	6,48	5,79	0,80	18,0	3,33	10,6

Tabulka 15 Statistické vyjádření obsahů minerálního dusíku ve vzorcích z odběrů v roce 2018 (N-NO_3 v mg.kg^{-1} pův. vzorku, N-NH_4 v mg.kg^{-1} sušiny, Nmin v mg.kg^{-1} sušiny)

	Horizont	Počet vzorků	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	10% percent.	90% percent.
N-NO₃	O	23	17,8	11,0	1,50	78,8	2,08	39,3
	P	23	12,0	8,40	0,30	69,9	0,46	20,6
N-NH₄	O	23	4,37	2,42	0,46	15,6	0,55	11,1
	P	23	2,07	1,67	< 0,20	8,88	0,53	3,82
Nmin	O	23	25,4	14,5	4,40	94,8	9,40	53,7
	P	23	15,9	13,3	1,50	83,9	3,08	24,5

Statistické hodnocení obsahů N-NO_3 , N-NH_4 a Nmin v půdách BMP v letech 1993–2018 a v roce 2018 je zobrazen v tabulce 14 a 15. Medián souboru vzorků z celé periody let měl pro nitrátový dusík hodnotu 6,20 mg.kg^{-1} pův. vz., přičemž minimální a maximální naměřená hodnota byla < 0,20 mg.kg^{-1} resp. 78,8 mg.kg^{-1} pro orníční horizont. Podorníčí vykazovalo nižší

obsahy, ale maximální hodnota byla dosažena vyšší než v případě ornice, a to 227 mg.kg⁻¹ suš. Horizont R, který byl odebírán u TTP se vyznačoval nejnižším obsahem. Střední hodnoty obsahu amonného dusíku byly v porovnání s nitrátovým dusíkem nižší v O i P horizontu, ale vyšší v horizontu R u TTP. V případě obsahů nitrátového a amonného dusíku v roce 2018 jsou výrazné rozdíly oproti celé sledované periodě let 1993–2018. Porovnání středních hodnot ukazuje obsahy nitrátového dusíku v ornici i podorničí výrazně vyšší a amonného dusíku nižší v roce 2018.

Nitrátový dusík v ornici představuje určité nebezpečí pro jakost vod, protože v závislosti na průběhu povětrnosti může být v různé míře vyplavován do hlubších vrstev půdy. Největším potenciálním rizikem je vysoký obsah N-NO₃ na konci podzimu, kdy již nemůže být ve větší míře využit vegetací, ale naopak vytváří zásobu snadno pohyblivých nitrátových iontů, které jsou z hlediska vyplavování nejnebezpečnější.

Pro hodnocení obsahu N-NO₃ v půdě bylo použito rozdělení oblastí do dvou skupin podle nadmořských výšek podle kritérií zavedených a provozně odzkoušených při řešení problematiky „Stanovení ekologicky únosných obsahů minerálního dusíku v půdách pásem hygienické ochrany vodních zdrojů“ – zpráva ÚKZÚZ Brno, 1995. Hodnocení bylo prováděno s ohledem na nadmořskou výšku stanoviště (tabulka 16).

Tabulka 16 Hodnocení obsahu N-NO₃ v půdě (mg.kg⁻¹)

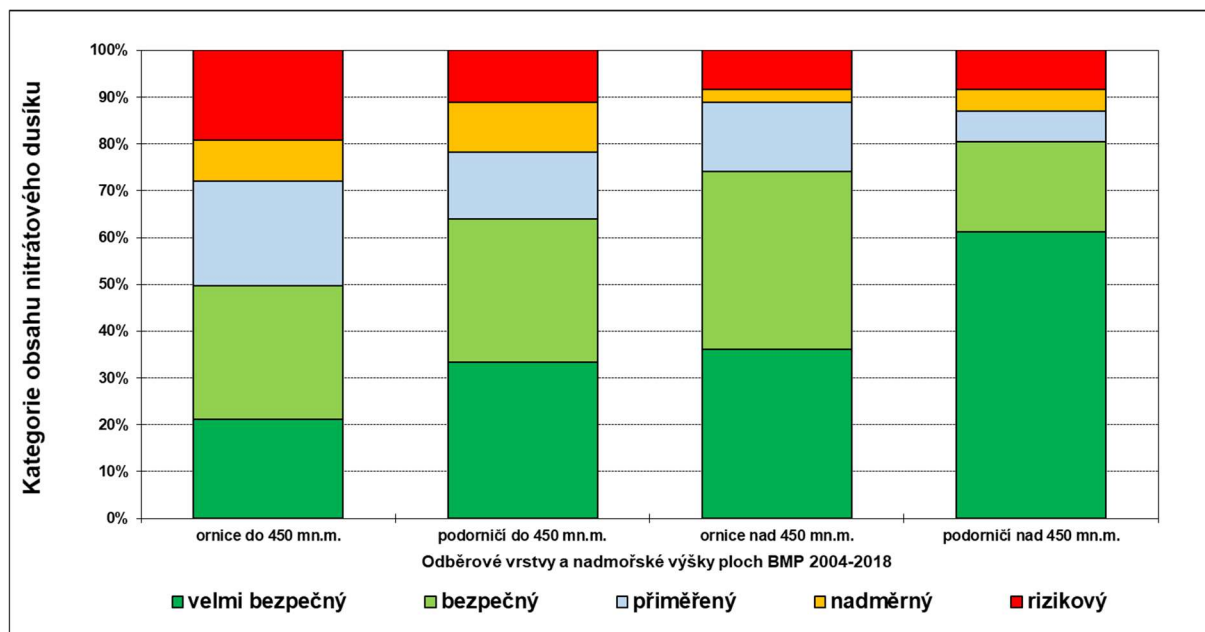
obsah N-NO ₃	do 450 m n. m.	nad 450 m n. m.
velmi bezpečný	do 5,0	do 4,0
bezpečný	5,1 – 10,0	4,1 – 8,0
přiměřený	10,1 – 15,0	8,1 – 12,0
nadměrný	15,1 – 20,0	12,1 – 16,0
rizikový	nad 20,1	nad 16,1

Tabulka 17 Statistické vyjádření obsahů minerálního dusíku ve vzorcích z odběrů v letech 2004–2018 s rozdělením ploch podle nadmořské výšky (N N-NO₃ v mg.kg⁻¹ sušiny, N-NH₄ v mg.kg⁻¹ sušiny, N_{min} v mg.kg⁻¹ sušiny)

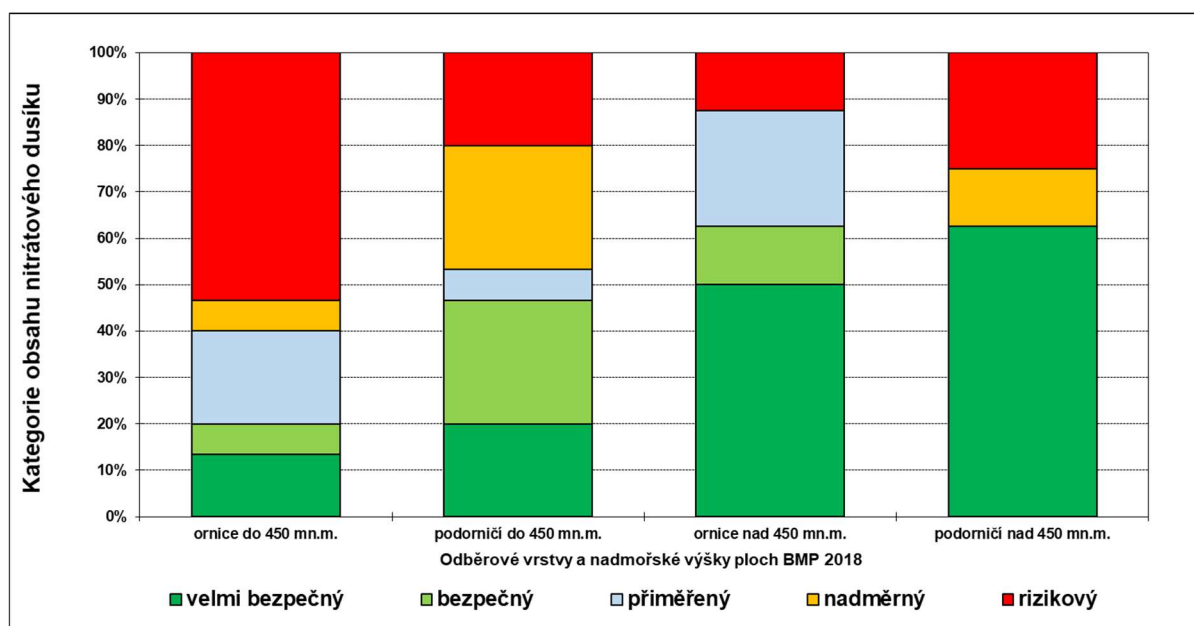
Nadm. výška		Horizont	Počet vzorků	Průměr	Medián	Min.	Max.	10% percent.	90% percent.
< 450	N-NO ₃	O	193	13,5	10,1	0,53	94,3	3,51	26,6
		P	189	9,85	7,51	< 0,20	83,1	1,84	21,2
	N-NH ₄	O	193	2,47	1,24	< 0,20	19,3	0,2	6,82
		P	189	1,54	0,78	< 0,20	16,9	< 0,20	3,78
	N _{min}	O	193	15,9	12,7	1,10	94,8	5,40	29,2
		P	189	11,4	8,40	< 0,20	83,9	2,86	22,8
> 450	N-NO ₃	O	108	7,61	5,06	0,74	69,1	2,01	13,9
		P	108	5,74	2,91	< 0,20	38,7	1,02	14,1
	N-NH ₄	O	108	6,39	5,75	< 0,20	22,9	1,88	11,5
		P	108	2,55	2,23	< 0,20	10,0	0,81	4,55
	N _{min}	O	108	14,0	11,7	2,70	77,1	6,87	22,2
		P	108	8,28	5,95	1,40	40,0	3,07	17,9

Rozdělení oblastí podle nadmořských výšek bylo použito pro hodnocení odběrů z let 2004–2018, kdy byly odběry vzorků prováděny každoročně na stálém počtu 23 ploch (tabulka 17). Rozdělení na oblasti bylo použito nejen pro hodnocení obsahu nitrátového dusíku, ale i amonného. Z výsledků zřetelně vyplynulo, že oblasti do 450 m n. m. obsahovaly v orničním i podorničním horizontu vyšší množství nitrátového dusíku než oblasti nad 450 m n. m. U amonného dusíku tomu bylo přesně naopak (vyšší obsahy v ornici i podornici byly u oblastí s nadmořskými výškami nad 450 m).

Graf 8 Procentické zastoupení vzorků v jednotlivých kategoriích obsahů $N-NO_3$ v ornici a podornici půd BMP, 2004–2018



Graf 9 Procentické zastoupení vzorků v jednotlivých kategoriích obsahů $N-NO_3$ v ornici a podornici půd BMP, 2018



Rozčlenění na jednotlivé kategorie podle obsahů nitrátového dusíku z tabulky 16 bylo použito ke grafickému zobrazení zjištěných obsahů N-NO₃ v půdě z let 2004–2018 a z roku 2018, kdy byly vzorky odebírány na stálém souboru 23 pozorovacích ploch (graf 8 a 9). 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. Rozdíl je mezi oblastmi velmi patrný. U oblastí s nadmořskými výškami nad 450 m n. m. v periodě let 2004–2018 v kategoriích bezpečných obsahů (velmi bezpečný + bezpečný) se nalézá přes 70 % vzorků jak v ornici, tak v podornici a v oblastech do 450 m n. m. je to od 50 % (ornice) do 63 % (podornici). Podobný rozdíl platí i u odběrů z roku 2018, kde je rozdíl mezi oblastmi více zřetelný. V kategoriích velmi bezpečný + bezpečný obsah se nalézá v oblastech do 450 m n. m. pouze 20 % vzorků ornice a 47 % vzorků podornici a v oblastech nad 450 m n. m. je to shodně pro ornici i podornici 63 %.

Závěry

- Minerální dusík je na plochách BMP stanovován od roku 1993.
- Medián souboru vzorků z let 1993–2018 měl pro nitrátový dusík hodnotu 6,20 mg.kg⁻¹ a pro amonný dusík 3,00 mg.kg⁻¹. Podornici vykazalo nižší obsahy jak pro nitrátový, tak pro amonný dusík. V roce 2018 byly hodnoty nitrátového i amonného dusíku vyšší v ornici i podornici oproti letům 1993–2018; 17,8 mg.kg⁻¹ (nitrátový dusík, ornice) a 4,37 mg.kg⁻¹ (amonný dusík, podornici).
- Od roku 2004 je prováděno stanovení nitrátového i amonného dusíku v ornici a podornici na 23 stálých plochách BMP (15 orných, 3 TTP, 1 sad, 4 plochy se střídavou kulturou).
- V letech 2004–2018 vzorky z oblastí do 450 m n. m. obsahovaly v orničním i podorničním horizontu vyšší množství nitrátového dusíku než oblasti nad 450 m n. m. Oblasti nad 450 m n. m. vykazaly vyšší obsahy v ornici i podornici u amonného dusíku oproti oblastem do 450 m n. m.
- Hodnocení obsahů nitrátového dusíku podle kategorií ve vzorcích z roku 2018 ukázalo, že v kategorii velmi bezpečný + bezpečný obsah se nalézá v oblastech do 450 m n. m. 20 % vzorků ornice a 47 % vzorků podornici a v oblastech nad 450 m n. m. je to shodně pro ornici i podornici 63 %.

1.4.1.7 Obsahy esterů kyseliny ftalové v půdách lokalit BMP v roce 2018

Ing. Radka Daňková, Ph.D, prof. Ing. Alžběta Jarošová, Ph. D.

Vzorky půd k monitoringu obsahu ftalátů v půdách byly odebrány ze 40 lokalit BMP. Uvedené výsledky se týkají vzorků půd odebíraných na jaře 2018. Analýza vzorků půd probíhala na Ústavu technologie potravin AF Mendelovy univerzity v Brně.

Vzorky půd byly lyofilizovány a následně extrahovány ve směsi aceton:hexan (1:1) pomocí ultrazvuku. Následovalo přečištění koncentrovanou kyselinou sírovou. Přečištěné vzorky byly dosušeny dusíkem do sucha a doplněny acetonitrilem se standardním přídatkem na objem 1 ml pro HPLC stanovení.

Analýza ftalátů byla provedena pomocí HPLC s UV detekcí při vlnové délce 224 nm. Všechny vzorky byly analyzovány duplicitně. Byla použita kolona Zorbax Eclipse C8. Výsledky byly vyhodnoceny pomocí kalibrační křivky za použití softwaru Agilent ChemStation for LC and LC/MS systems.

Vzorky půd byly získány ze svrchního horizontu půdy. Hodnoty koncentrace dibutyl ftalátu (DBP) se pohybovaly v rozmezí od 0,13 mg.kg⁻¹ suš. (4024BO) do 1,07 mg.kg⁻¹ suš. (2903KO).

Hodnoty koncentrace di-2-ethylhexyl ftalátu (DEHP) se pohybovaly v rozmezí koncentrací od 0,13 mg.kg⁻¹ suš. (8902KO) do 1,03 mg.kg⁻¹ suš. (2002BO).

Celkové hodnoty koncentrace di-2-ethylhexyl ftalátu a dibutyl ftalátu se potom pohybovaly v rozmezí koncentrací od 0,72 mg.kg⁻¹ suš. (3023BO) do 2,08 mg.kg⁻¹ suš. (2002BO, 2903KO).

Koncentrace obou ftalátů v jednotlivých krajích jsou poměrně na stále stabilní úrovni. I když vzorky odebrané na jaře 2018 vykazují nepatrně vyšší koncentrace DBP a DEHP oproti roku 2017. Což může být dáno řadou faktorů, například rozdílnými povětrnostními podmínkami mezi lety, které ovlivňují atmosférickou depozici těchto látek, jak suchou tak i mokrou cestou.

Pokud bychom srovnali zjištěné hodnoty s hodnotami uvedenými v Metodickém pokynu MŽP vycházející ze screeningových hodnot RSL (Regional Screening Levels) vydaných Americkou agenturou pro ochranu životního prostředí USEPA (United States Environmental Protection Agency), pak žádná z těchto hodnot nebyla v této studii překročena.

Tabulka 18 Stanovené koncentrace DBP, DEHP a Σ DBP a DEHP (mg.kg^{-1} suš.) na jednotlivých lokalitách BMP v roce 2018

Lokalita.	Katastrální území	DBP	DEHP	ΣDBP a DEHP	Kultura
		mg.kg ⁻¹			
2001BO	Sedlec u Líbeznic	0,77	0,64	1,41	orná půda
2002BO	Filipov u Čáslavi	1,05	1,03	2,08	orná půda
2901KO	Příbram	0,58	0,83	1,41	orná půda
2902KO	Lhota u Příbramě	1,03	0,51	1,53	orná půda
2903KO	Kutná Hora 1	1,07	1,01	2,08	orná půda
2904KO	Hlízov	0,76	0,76	1,52	orná půda
2905KO	Kutná Hora 2	0,72	0,83	1,55	orná půda
3017BOP	Dražíč	0,53	0,54	1,08	orná půda
3023BO	Dolní Hořice	0,23	0,49	0,72	orná půda
3901KO	Žirovnice	0,37	0,54	0,91	orná půda
4023BO	Červený Hrádek u Plzně	0,20	0,60	0,80	orná půda
4024BO	Zruč	0,13	0,64	0,77	orná půda
4902KO	Křimice	0,63	0,60	1,23	orná půda
4903KOP	Sytno	0,15	0,69	0,84	orná půda
4904KO	Jenišov	0,64	0,65	1,29	TTP
5005BO	Panenský Týnec	0,45	0,50	0,95	orná půda
5017BO	Rádlo	0,61	0,73	1,34	TTP
5901KO	Louny	0,49	0,80	1,29	orná půda
5903KO	Žatec	0,56	0,92	1,48	chmelnice
5905KO	Lubenec	0,36	0,62	0,98	TTP
6019BO	Újezd u Sezemic	0,87	0,51	1,38	orná půda
6024BO	Záhrad	1,04	0,66	1,69	orná půda
6904KO	Utín	0,66	0,73	1,39	orná půda
7030BO	Nivnice	0,48	0,55	1,03	orná půda
7045BO	Boršice u Buchlovic	0,74	0,55	1,30	orná půda
7901KO	Malenovice u Zlína	0,59	0,65	1,24	orná půda
7902KO	Chrlice	0,75	1,00	1,75	orná půda
7903KO	Vysoké Studenice	0,53	0,81	1,34	orná půda
7904KOP	Střížov u Třebíče	0,56	0,49	1,05	orná půda
8008BO	Stará Bělá	0,65	0,80	1,46	orná půda
8010BO	Šenov u Nového Jičína	0,93	0,71	1,64	orná půda
8019BO	Tomíkovice	0,76	0,47	1,23	orná půda
8021BO	Jarcová	0,56	0,65	1,21	orná půda
8026BOP	Mosty u Českého Těšína	0,40	0,93	1,33	orná půda
8901KO	Bílá Voda u Javorníka	0,73	0,65	1,37	orná půda
8902KO	Město Albrechtice	0,87	0,13	1,01	orná půda
8903KO	Žilina u Nového Jičína 1	0,99	0,43	1,42	TTP
8904KO	Žilina u Nového Jičína 2	0,71	0,47	1,18	TTP
8905KO	Raškovice	0,67	0,75	1,42	orná půda
8906KO	Dolní Marklovice	1,00	0,45	1,45	orná půda

1.4.1.8 Monitoring mikrobiálních parametrů půd ČR

Stanislav Malý

První týden měsíce října byly odebrány vzorky půd ze 45 lokalit bazálního monitoringu pro mikrobiální analýzy. Z uvedeného počtu se pět ploch nacházelo na území CHKO. Vzorkováno bylo horních 15 cm. Půdy byly v čerstvém stavu prosety (2 mm) a uskladněny při -20 °C. Před analýzou byly rozmrazovány týden v lednici a před vlastním měřením preinkubovány a to v závislosti na dané metodě. Stanovení enzymatických aktivit pomocí fluorogenních substrátů a analýza DNA byly zahájeny ihned po rozmražení. Přehled laboratorních stanovení uvádí tabulka 15.

Za účelem hodnocení kvality půdní organické hmoty (SOM) byla zavedena metoda pro stanovení obsahu C v lehké a těžké frakci. Předpokládá se, že organické látky vázané na povrchu minerálních částic (těžká frakce, HF) jsou chráněné proti mikrobiálnímu ataku a představují frakci s delší dobou obratu. Naopak čerstvé či částečně rozložené rostlinné zbytky snadno podléhají mikrobiální transformaci (lehká frakce, LF). Pro separaci obou frakcí byl využit roztok polywolframanu sodného o hustotě 1,85 g.cm⁻³.

Validační studie byla provedena na čtyřech půdách bazálního monitoringu, lišící se obsahem Cox, texturou, pH a způsobem obhospodařování (tabulka 20). V každém vzorku bylo provedeno deset opakovaných analýz obsahu C v lehké (LF) a těžké frakci (HF) a pro každé stanovení vypočten poměr LF/HF. Jednotlivé analýzy byly provedeny ve dvou paralelních stanoveních. Obsah C byl stanoven jako celkový organický C na analyzátoru NC2100S (JenaAnalytik, SRN). Parametry charakterizující variabilitu stanovení jsou uvedeny v tabulce 21. Variační koeficient byl nižší v případě HF (2,09 % – 8,16 %) než LF (6,65 % – 15,0 %). V obou případech se jednalo o akceptovatelné hodnoty, stejně jako v případě poměru LF/HF (6,29 % – 15,5 %).

Ačkoliv odběr směsného vzorku neumožnil statistické porovnání, výsledky naznačují vyšší hodnoty HF v půdách trvalých travních porostů. Tato skutečnost pravděpodobně souvisí s vyšší mikrobiální aktivitou, neboť se předpokládá, že organické sloučeniny adsorbované na površích minerálních částic představují produkty mikrobiální transformace. Pozitivně se zřejmě rovněž projevuje absence agrotechnických zásahů, jak je např. orba, která vede k narušení půdních agregátů. Vyšší hodnoty HF v půdě 2001 než 2019 (orné půdy) a 9005 než 6025 (travní porosty) pravděpodobně souvisí s větším množstvím rostlinných zbytků (LF) a vyšším obsahem jílovitých částic, které mají vysokou kapacitu vázat organické sloučeniny. Nejvyšší obsah LF byl nalezen v půdě odebrané na lokalitě 9005, která se nachází v CHKO Bílé Karpaty.

Následně budou provedeny analýzy ostatních půdních vzorků bazálního monitoringu, ve kterých se provádí mikrobiální analýzy. Cílem je definování vztahů mezi LF, HF a půdními mikrobiálními vlastnostmi.

Tabulka 19 *Přehled analýz provedený v rámci monitoringu mikrobiálních vlastností půd ČR v roce 2018 (OMB – Národní referenční laboratoř, oddělení mikrobiologie a biochemie)*

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

Tabulka 20 *Fyzikálně-chemické a mikrobiologické vlastnosti půd*

Lokalita	Kultura	pH (1 M KCl)	jíl (%)	Cox (%)	MBC ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	RES ($\mu\text{g CO}_2\cdot\text{C}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)
2001	orná	6,2	30,1	2,18	164	0,90
2019	orná	6,6	14,1	1,19	126	0,87
6025	TTP	4,8	13,3	3,21	455	1,15
9005	TTP	4,4	22,8	5,77	1175	2,85

jíl – částice menší než 0,001 mm; MBC – C mikrobiální biomasy; RES – bazální respirace

Tabulka 21 *Parametry opakovatelnosti stanovení C lehké (LF) a těžké frakce (HF), n=10*

frakce	parametr	2001	2019	6025	9005
LF	minimum	3,08	2,17	1,89	6,98
	průměr	3,75	2,62	2,21	7,56
	maximum	4,52	3,19	2,64	8,44
	cv (%)	11,5	15,1	12,1	6,65
HF	minimum	12,2	7,13	23,7	41,4
	průměr	14,6	7,86	25,1	42,7
	maximum	16,5	8,50	27,1	44,7
	cv (%)	8,16	6,41	4,24	2,09
LF/HF	minimum	0,197	0,273	0,074	0,165
	průměr	0,259	0,334	0,088	0,177
	maximum	0,328	0,435	0,112	0,195
	cv (%)	13,9	15,5	14,2	6,29

1.4.1.9 Monitoring rostlinné produkce – obsahy rizikových prvků v rostlinách

Lenka Prášková

V roce 2018 bylo analyzováno 86 vzorků rostlin z 52 lokalit. V příloze 25 jsou uvedeny výsledky měření obsahů rizikových prvků v rostlinách z pozorovacích ploch Bazálního monitoringu půd. Pro celé období sledování (1997–2018) byly vypočítány průměrné obsahy rizikových prvků v rostlinách (příloha 26). 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 2018 byl celkem v 10 vzorcích zjištěn nadlimitní obsah prvku.

V šesti vzorcích (3x zrno pšenice ozimé, 1x zrno ječmene jarního, 1x zrno ovsa a 1x semeno máku) byla překročena nejvyšší přípustná hodnota stanovená Nařízením Komise (ES) č. 1881/2006 (hodnocení z hlediska potravin). Čtyři vzorky byly nadlimitní z hlediska obsahu kadmia. V případě jednoho vzorku zrna ječmene a jednoho vzorku zrna pšenice byl v rámci jednoho vzorku překročen limit jak pro kadmium, tak zároveň pro olovo.

Ve čtyřech vzorcích (3x sláma pšenice ozimé, 1x jetelotravní směska) byly překročeny nejvyšší přípustné hodnoty z hlediska krmiv stanovené Směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2002/32/ES ve znění Nařízení Komise (EU) 2017/2229. U slámy pšenice byl u 2 vzorků překročen limit pro kadmium a u 1 vzorku překročen limit pro arzén. U jetelotravní směsky byl překročen limit pro arzén.

Všechny vzorky, které byly shledány jako nadlimitní, byly odebrány ze subsystému kontaminovaných ploch. Vzorky rostlin s překročenými limitními hodnotami u jednotlivých plodin uvádí příloha 27.

Závěry

- V roce 2018 byla provedena analýza 86 vzorků rostlin z 52 pozorovacích ploch BMP.
- V 10 případech došlo k překročení limitních hodnot; z toho bylo 6 vzorků rostlinných produktů k potravinářskému využití a 4 produkty pro výrobu krmiv.
- K překročení limitních hodnot došlo ve všech případech ve vzorcích z kontaminovaného subsystému.

1.4.2 Kontrola hnojiv a pomocných látek

Jaroslav Houček

V roce 2018 pokračovala registrace hnojiv a pomocných látek podle zákona č. 156/1998 Sb., o hnojivech. Kromě registrace pracovníci OdH evidují hnojiva a pomocné látky uváděné do oběhu i dalšími 3 legálními způsoby, tzn. v režimu ohlášení (podle zákona č. 156/1998 Sb., o hnojivech), vzájemného uznávání (podle Nařízení EP a Rady (ES) č. 764/2008) a HNOJIV 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 569 rozhodnutí, z toho 224 rozhodnutí o registraci, 225 prodloužení platnosti registrace a v 120 případech bylo vydáno rozhodnutí o změně žádosti o registraci. Dále bylo ohlášeno 65 hnojiv, v režimu vzájemného uznávání bylo evidováno 69 výrobků a v režimu hnojiv ES 53 hnojiv.

V rámci odborného dozoru bylo odebráno celkem 398 vzorků, z toho 210 registrovaných hnojiv, 24 ohlášených hnojiv, 126 HNOJIV ES, 3 vzájemně uznané výrobky, 18 statkových hnojiv a 17 hnojiv určených k aplikaci na vlastní pozemky. Na základě nevyhovujících výsledků analýz vzorků bylo zrušeno 11 rozhodnutí o registraci a 1 ohlášené hnojivo. Důvodem byly kromě nevyhovujících jakostních ukazatelů také 3 případy překročení limitů rizikových prvků (tabulka 22). Dále byla zahájena správní řízení u 4 hnojiv ES (nevyhovující jakostní ukazatele) a 2 statkových hnojiv (překročení limitů rizikových prvků – tabulka 22).

Cílené kontroly (tabulka 23) 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 22 Hnojiva, u nichž byly v roce 2018 zjištěny nadlimitní obsahy rizikových prvků (červeně vyznačen limit rizikových prvků)

Výrobek	Překročení limitů rizik. prvků (v mg prvku/kg vysuš. vz.)
Kompost	Cd (3,38/ 2,0)
Sušený hnůj	Cd (3,83/ 2,0)
Substrát	Zn (454/ 300)
Statkové hnojivo	Zn (2522/ 1200)
Statkové hnojivo	Zn (869/ 600), Cu (176/ 150), Ni (58,5/ 50), Hg (1,56/ 1,0)

Tabulka 23 Cílené kontroly v roce 2018 – komposty, digestáty, statková hnojiva, sušené hnoje (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	85 (1/1)	Cd (3,38/ 2,0)
Digestáty	27 (0/0)	
Statková hnojiva	18 (2/-)	Zn (2522/ 1200); Zn (869/ 600), Cu (176/ 150), Ni (58,5/ 50), Hg (1,56/ 1,0)

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 2018 byly vzorky kalů odebrány v jarním období na 82 vybraných ČOV.

V laboratořích ÚKZÚZ byly vzorky analyzovány na rizikové prvky (RP) a ve vybraných vzorcích byly dále stanoveny 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 (PCB), halogenované organické sloučeniny (AOX), polycyklické aromatické uhlovodíky (16 EPA PAH) a organochlorové pesticidy (HCB, HCH a látky skupiny DDT). Od roku 2012 je v deseti vzorcích kalů 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 čtyřech vybraných vzorcích mikrobiologické parametry.

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

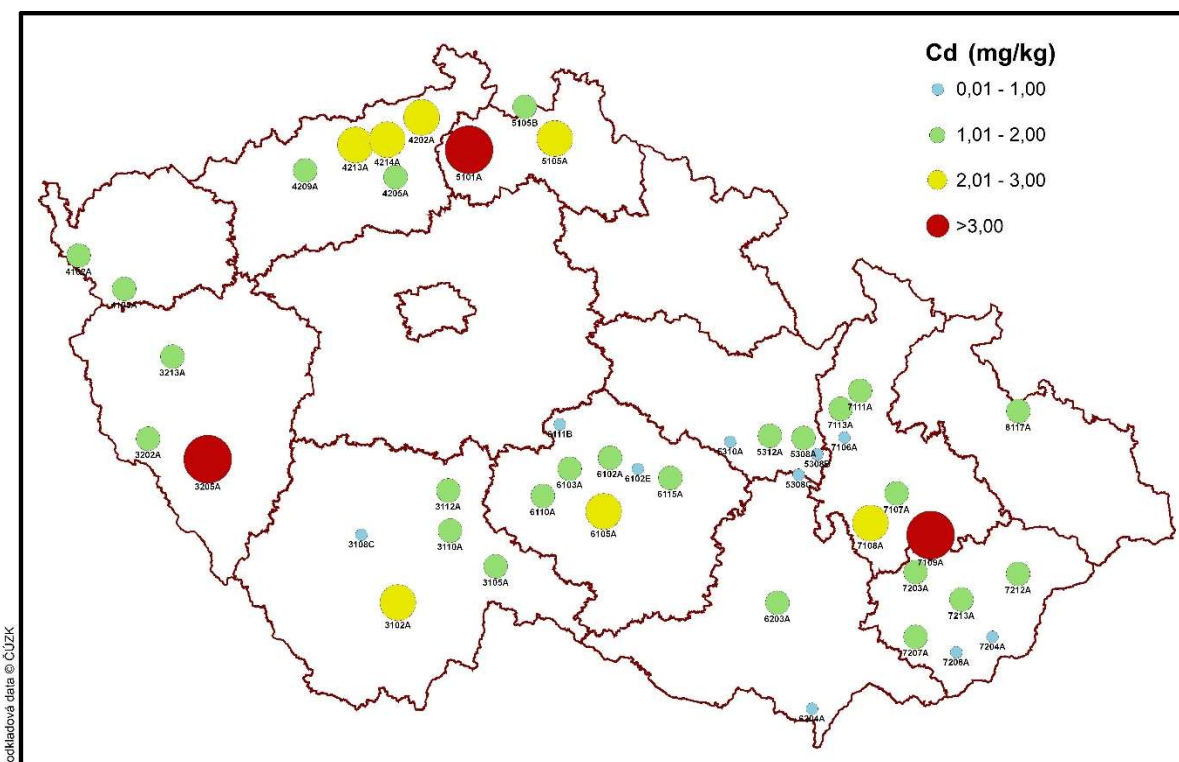
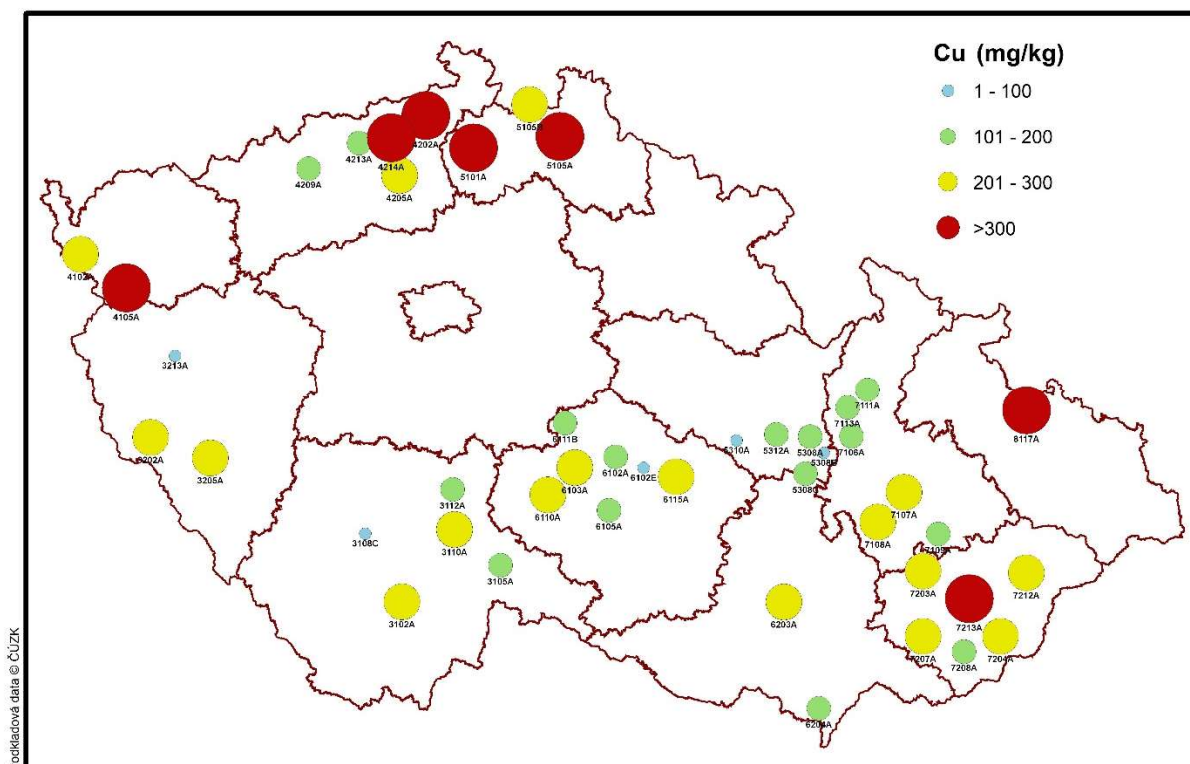
Statistické vyhodnocení obsahů rizikových prvků (RP) v kalech ČOV za rok 2018 je uvedeno v příloze 28 pro ČR a v příloze 29 pro jednotlivé kraje (byly odebrány vzorky ze 13 krajů; není zastoupen kraj Praha). Nejvyšší obsahy rizikových prvků byly v roce 2018 nalezeny ve vzorcích z Karlovarského a z Libereckého kraje. V těchto dvou krajích bylo dosaženo nejvyšších mediánů u 10 z 12 sledovaných rizikových prvků (arzén, berylium, kobalt, vanad – Karlovarský kraj; kadmium, chrom, měď, rtuť, nikl a olovo – Liberecký kraj). Nejvyšší hodnota mediánu pro molybden byla zjištěna v Ústeckém kraji spolu s Královéhradeckým a nejvyšší pro zinek v kraji Ústeckém (příloha 30). Příloha 31 uvádí výčet všech ČOV, na kterých byl v roce 2018 zjištěn nadlimitní výskyt sledovaných RP.

Přehled počtu vzorků kalů s nadlimitním obsahem rizikových prvků uvádí tabulka 24. Z této tabulky je patrné, že z celkových odebraných 82 vzorků kalů bylo 16 vzorků nadlimitních a u těchto vzorků bylo zjištěno 24 překročení limitních obsahů rizikových prvků. Z 82 vzorků nejvíce krát překročilo limitní hodnotu kadmium (6 překročení, což odpovídá 7,3 % vzorků) a měď (4 překročení, 4,9 % vzorků).

Tabulka 24 *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 (2018; 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	%
Praha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jihočeský	1	1	0	0	0	0	0	0	7	2	29
Jihomoravský	1	1	0	0	1	0	0	1	6	4	67
Karlovarský	1		1	1	0	0	0	0	2	2	100
Královéhradecký	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Liberecký	0	1	0	0	0	0	0	0	4	1	25
Moravskoslezský	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
Olomoucký	0	0	0	0	0	1	0	0	9	1	11
Pardubický	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0
Plzeňský	0	2	0	1	0	0	2	1	8	3	38
Středočeský	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0
Ústecký	0	0	0	1	0	0	0	0	7	1	14
Vysočina	0	1	1	1	0	1	0	0	8	1	13
Zlínský	0	0	1	0	0	1	0	0	8	1	13
Celkem	3	6	3	4	1	3	2	2	82	16	20

Kadmium a měď jsou nejčastěji se vyskytujícími RP překračujícími limitní hodnotu v kalech. Hodnoty mediánů mědi za posledních 10 let jsou graficky znázorněny na obrázku 1, a to u těch ČOV, které byly odebírány 10 x – 8 x za posledních 10 let. Na obrázku 2 je znázornění mediánů u těchto ČOV pro kadmium. Z obrázku 2 je patrné, že se mediány ve většině případů nacházely do obsahu 2 mg.kg^{-1} . Nejvyšší mediány (nad hranicí 3 mg.kg^{-1}) se vyskytly u tří ČOV, které ale nepřesáhly limitní hodnotu pro kadmium (5 mg.kg^{-1}). Jiný případ je u mědi (obrázek 1), kde se vyskytovalo 7 ČOV, které za desetiletou periodu vykázaly medián vyšší než 300 mg.kg^{-1} a ČOV 5105A (zvýrazněna v obrázku) svým mediánem přesáhla limitní hodnotu pro měď (500 mg.kg^{-1}). Tato ČOV byla v průběhu 10 let 9x nadlimitní.



Grafické znázornění vývoje aritmetických průměrů a mediánů obsahů RP v kalech ČOV za období sledování 2001 až 2018 je uvedeno v příloze 32. Při porovnání obsahů na počátku sledování (polovina 90. let) a v současnosti lze říci, že došlo k výraznému snížení obsahů kadmia, rtuti, olova a zinku. U těchto prvků se v polovině 90. let pohybovaly průměrné obsahy na úrovni 4,5 mg.kg⁻¹ u rtuti, 5 mg.kg⁻¹ u kadmia, 120 mg.kg⁻¹ u olova a 1600 mg.kg⁻¹ u zinku. U většiny prvků bylo možné pozorovat pokles hodnot mediánů přibližně do roku 2010, poté se tento trend zastavil a projevuje se opětový nárůst obsahů zejména u mědi a niklu. U arzenu se hodnoty mediánu udržují víceméně na stejné úrovni, na kterou poklesly, hodnoty olova a zinku kolísají a střední hodnoty obsahů chromu stagnují.

V rámci České republiky nevyhovělo v roce 2018 limitním hodnotám rizikových prvků stanoveným ve vyhlášce č. 437/2016 Sb. 16 vzorků kalů z 82 ČOV (19,5 %). 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 2018 zjištěn v Karlovarském kraji (100 % vzorků z odebraných bylo nadlimitních). Následovaly kraje Jihomoravský (67 %) a Plzeňský (38 %) (tabulka 24).

V průběhu let dochází z pohledu překračování limitních obsahů rizikových prvků ke snižování počtu nevyhovujících vzorků kalů (tabulka 25). V posledních letech jsou limitní obsahy překračovány u cca 20 % vzorkovaných ČOV.

Tabulka 25 Počet vzorků s nadlimitním obsahem alespoň jednoho rizikového prvku v kalech z ČOV v České republice (2001–2018)

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

Závěry

- V roce 2018 bylo na obsah rizikových prvků v rámci monitoringu kalů z ČOV odebráno a zanalyzováno 82 vzorků kalů z ČOV. Z tohoto souboru nevyhovělo vyhlášce č. 437/2016 Sb. 16 vzorků ČOV, tedy 19,5 %.
- Nejčastěji byla limitní hodnota překračována v případě kadmia a mědi.
- Při porovnání obsahů na počátku sledování (polovina 90-tých let) a v současnosti došlo k výraznému snížení obsahů kadmia, rtuti, olova a zinku. Přibližně do roku 2010 byl patrný klesající trend, který se poté zastavil a projevuje se opětový nárůst obsahů u mědi a niklu; u olova a zinku hodnoty kolísají. Střední hodnoty obsahů chromu se nemění.
- Největší podíl ČOV produkujících čistírenské kaly s nadlimitním obsahem alespoň jednoho rizikového prvku byl zjištěn v Karlovarském kraji.
- 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 PCB v kalech

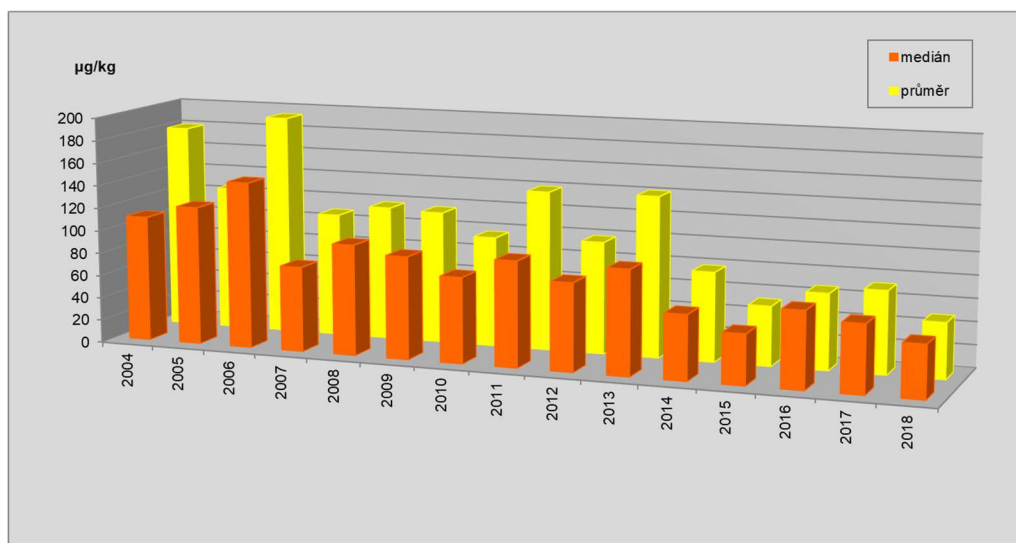
Polychlorované bifenylly (PCB) jsou v kalech ČOV stanovovány od roku 1998. K původně stanovovaným šesti kongenerům (28, 52, 101, 138, 153, 180) přibyl v roce 2002 sedmý (118). Celkem byly obsahy PCB v roce 2018 stanoveny v 21 vzorcích kalů. Podrobnou tabulku obsahů jednotlivých kongenerů PCB i sumy 7 kongenerů uvádí příloha 33. Grafické znázornění obsahů sumy 7 kongenerů PCB ve vzorcích z jednotlivých ČOV je uvedeno v příloze 34. Základní statistické charakteristiky souboru jsou uvedeny v tabulce 26. 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 26 Základní statistické charakteristiky obsahu PCB v kalech ČOV (2018, 21 vzorků, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ sušiny)

	Kongenery PCB							Suma 7 kongenerů
	28	52	101	118	138	153	180	
Průměr	3,09	2,12	4,31	2,17	10,08	16,8	9,99	48,6
Medián	1,77	1,87	3,88	2,06	8,43	14,3	8,48	46,2
Minimum	0,73	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	1,21	< 0,50	4,65
Maximum	11,5	5,98	10,0	4,16	24,5	38,1	23,3	106
10.percentil	1,24	0,94	2,93	1,30	4,91	9,90	4,34	29,9
90.percentil	5,65	3,11	7,34	3,21	16,7	28,1	16,00	79,0
Limitní hodnota pro sumu 7 kongenerů PCB podle vyhlášky č. 437/2016 Sb.								600
Počet překročení limitu v roce 2018								0

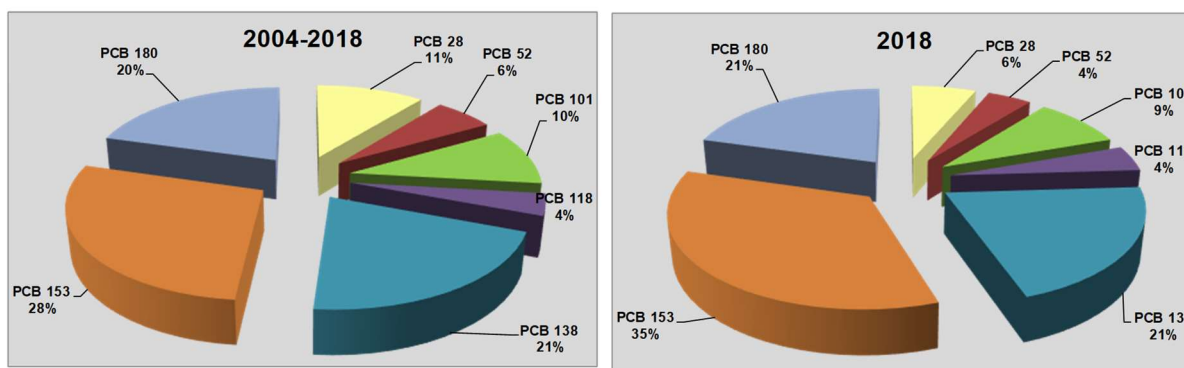
Nejnižší střední hodnoty v roce 2018 vykazovaly kongenery 28, 52, 118, které i v minulých letech měly nejnižší obsahy. Sumy 7 kongenerů PCB v kalech kolísaly v roce 2018 v rozpětí od 4,65 do 106 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., aritmetický průměr činil 48,6 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. a medián 46,2 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.

Graf 10 Střední hodnoty obsahů sumy 7 kongenerů PCB v kalech ČOV (2004–2018, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)



Vývoj středních hodnot obsahů sumy 7 kongenerů PCB (28, 52, 101, 118, 138, 153 a 180) v kalech ČOV je zobrazen v grafu 10, od roku 2007 došlo k jejich snížení a relativní stabilitě mediánů. Souhrnná statistika 694 vzorků kalů ČOV odebraných za období 1998–2018 je uvedena v příloze 35.

Graf 11 Procentuální zastoupení jednotlivých kongenerů PCB na celkové sumě 7 kongenerů v kalech ČOV, 2004–2018 a v roce 2018



Z kongenerů se, za vyhodnocené období 2004–2018, na celkové sumě 7 kongenerů PCB nejvíce podílel kongener 153 (28 %) a 138 (21 %) (graf 11). Zastoupení jednotlivých kongenerů v celkové sumě PCB se v dlouhodobém horizontu prakticky nemění. Ve vzorcích z roku 2018 měl rovněž největší zastoupení kongener 153 (35 %) a dále kongener 138 a 180 (oba 21 %).

V příloze 36 jsou uvedeny vzorky ČOV, u nichž došlo k překročení limitní hodnoty v období 1998–2017 (pro období 1998–2015 platila vyhláška č. 382/2001 Sb., která hodnotila sumu 6 kongenerů PCB a pro období od 2016 platí vyhláška č. 437/2016 Sb., která hodnotí sumu 7 kongenerů PCB a udává limitní hodnotu (0,6 mg.kg⁻¹ suš.). Od roku 2014 z námi monitorovaných kalů nepřesáhl žádný vzorek limitní hodnotu pro použití na zemědělské půdě.

Výsledky rozborů vzorků z ČOV, na nichž proběhly odběry alespoň pětikrát v období od roku 2004 do roku 2018 jsou zobrazeny v příloze 37 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.

Závěry

- V roce 2018 byl obsah polychlorovaných bifenylů stanoven v 21 vzorcích kalů.
- Sumy 7 kongenerů PCB v kalech kolísaly v roce 2018 v rozpětí hodnot od 4,65 do 106 µg.kg⁻¹ suš., aritmetický průměr činil 48,6 µg.kg⁻¹ suš. a medián 46,2 µg.kg⁻¹ suš.
- V sumě 7 kongenerů PCB měly v období 2004–2018 největší zastoupení kongenery 153 (28 %) a 138 (21 %).
- Střední hodnoty obsahů PCB v kalech (vybraných 21 ČOV) od roku 2004 klesají.
- Z odebraných vzorků kalů ČOV v roce 2018 nepřekročil žádný vzorek limitní hodnotu obsahu sumy 7 kongenerů PCB pro aplikaci kalů na zemědělskou půdu stanovenou ve vyhlášce č. 437/2016 Sb.

1.4.3.3 PAH v kalech

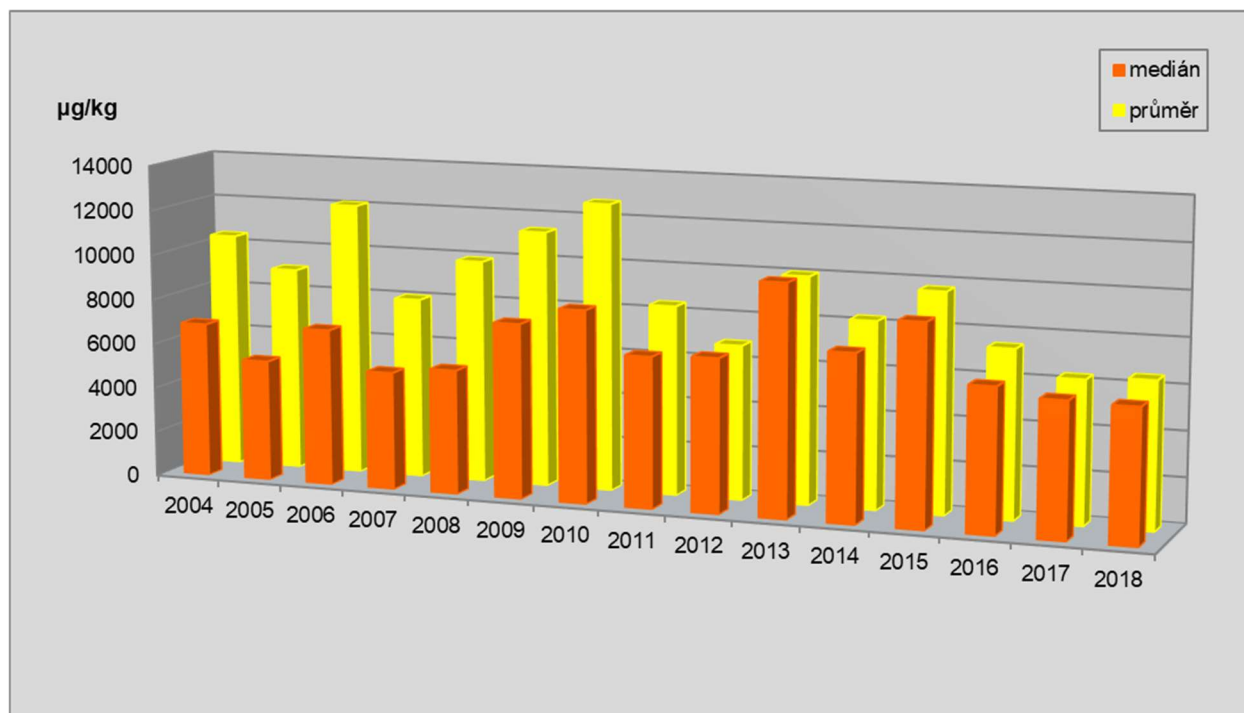
V roce 2018 byly PAH stanoveny v 21 vzorcích kalů. Přehled obsahů všech 16 individuálních PAH a jejich sumy jsou uvedeny v příloze 38, základní statistické charakteristiky v tabulce 27. Grafické znázornění sumy 12 PAH významných z hlediska určení limitní hodnoty (podle nové vyhlášky č. 437/2016 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě) je uvedeno v příloze 39. Do této doby bylo hodnocení prováděno podle návrhu směrnice EU k využití odpadních kalů ČOV v zemědělství, která udávala limitní hodnotu pro sumu 10 PAH (6 mg.kg^{-1}).

Tabulka 27 Základní statistické charakteristiky obsahů PAH v kalech (2018, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)

Individuální PAH	Průměr	Medián	Minimum	Maximum
NAP	283	293	40,1	558
ANY	48,2	10,0	< 20	435
ANA	52,1	45,8	9,15	129
FLU	63,6	57,7	14,7	199
PHE	423	370	83,1	1230
ANT	107	79,9	5,95	353
FLT	1095	972	110	2880
PYR	966	837	67,1	2540
BAA	501	433	110	1300
CHR	505	425	67,9	1410
BBF	557	465	75,5	1540
BKF	284	243	29,5	805
BAP	536	411	51,8	1690
DBA	53,5	41,2	7,39	175
BPE	537	414	52,7	1550
IPY	446	392	47,6	1410
SUMA16 PAH	6457	5883	821	16977
SUMA12 PAH	6240	5644	741	16325

Suma 16 EPA PAH se pohybuje v rozmezí $0,82\text{--}17,0 \text{ mg.kg}^{-1}$, medián souboru je $5,9 \text{ mg.kg}^{-1}$, průměrná hodnota $6,5 \text{ mg.kg}^{-1}$. Suma 12 PAH je v rozsahu $0,74\text{--}16,3 \text{ mg.kg}^{-1}$, průměr $6,2 \text{ mg.kg}^{-1}$, medián $5,6 \text{ mg.kg}^{-1}$. Tabulka 28 a graf 12 uvádí průběh aritmetických průměrů a mediánů obsahů PAH od roku 2004. Hodnoty mediánů vykazují od roku 2009 mírný nárůst.

Nejvyšší podíl z celkové sumy 16 PAH má fluoranten ($17,0 \%$) a pyren ($15,0 \%$). S výjimkou roku 2008 (a v případě uhlovodíku acenaften z roku 2010) je procentuální zastoupení jednotlivých uhlovodíků v sumě 16 PAH stále (příloha 40).

Graf 12 Střední hodnoty obsahů sumy 16 PAH v kalech ČOV (2004–2018, $\mu\text{g.kg}^{-1}$)**Tabulka 28** Aritmetický průměr a medián obsahů PAH v kalech ČOV za období 2004–2018 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)

Rok	Σ 16 PAH		Σ 12 PAH	
	Průměr	Medián	Průměr	Medián
2004	10438	6865	9480	6898
2005	9042	5361	7201	4862
2006	12100	6942	10556	6794
2007	8017	5219	7767	5348
2008	9883	5511	8307	5191
2009	11338	7741	10422	7349
2010	12723	8514	10662	7841
2011	8391	6669	7688	6375
2012	6836	6791	6520	6537
2013	10024	10198	9674	9667
2014	8262	7384	7796	7115
2015	9694	8868	4950	4500
2016	7423	6341	7138	5723
2017	6299	5952	6034	5777
2018	6457	5883	6240	5644
Celkový počet vzorků			424	
Počet nadlimitních vzorků (suma 12 PAH)			102	

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 mg.kg^{-1} suš. pro sumu 12 individuálních PAH (antracen, chrysen, fenantren, fluoranten, pyren, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)antracen, benzo(a)pyren, benzo(ghi)perylene, indeno(123cd)pyren a naftalen). Limitní hodnotu 10 mg.kg^{-1} překročily v roce 2018 celkem 3 vzorky kalů (3105A, 7101A, 7104A). Po zohlednění nejistoty měření, vzorek 7104A vyhoví požadavkům vyhlášky (příloha 41).

Výsledky rozborů vzorků z ČOV, na nichž proběhly odběry alespoň pětkrát v období 2004 až 2018 jsou zobrazeny v příloze 42.

Závěry

- V roce 2018 byl obsah polycyklických aromatických uhlovodíků stanoven v 21 vzorcích kalů.
- Suma 16 EPA PAH se pohybuje v rozmezí $0,82\text{--}17,0 \text{ mg.kg}^{-1}$, medián souboru je $5,9 \text{ mg.kg}^{-1}$, průměrná hodnota $6,5 \text{ mg.kg}^{-1}$. Suma 12 PAH je rozsahu $0,74$ až $16,3 \text{ mg.kg}^{-1}$, medián $5,6 \text{ mg.kg}^{-1}$, průměr $6,2 \text{ mg.kg}^{-1}$.
- Uhlovodíky s nejvyššími nálezy v kalech v roce 2018 jsou fluoranten (17,0 %) a pyren (15,0 %). Procentuální zastoupení jednotlivých uhlovodíků v sumě 16 EPA PAH je stále s výjimkou roku 2008 a 2010.
- 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 překročily v roce 2017 tři vzorky z 21 analyzovaných. Po započtení nejistoty měření by z těchto tří nadlimitních jeden vzorek vyhověl.

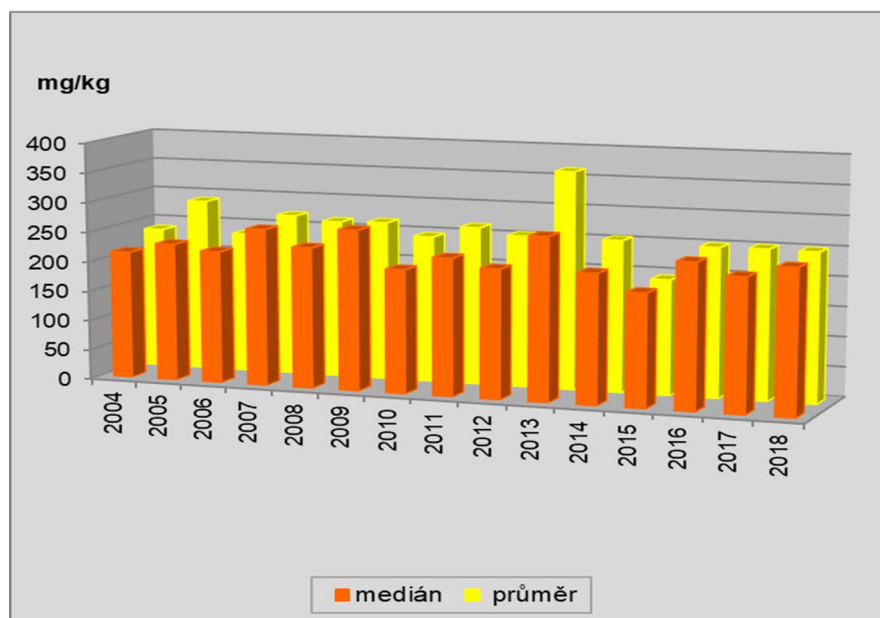
1.4.3.4 AOX v kalech

V roce 2018 bylo na obsah AOX (halogenové organické sloučeniny) analyzováno 21 vzorků kalů z ČOV. Přehled výsledků stanovení je uveden v příloze 43, grafické vyjádření v příloze 44. Základní statistické charakteristiky sledování AOX (od roku 2004) uvádí tabulka 29.

Tabulka 29 Základní statistické charakteristiky obsahů AOX v kalech 2004–2018 (mg.kg^{-1} suš.)

Rok	Arit. průměr	Medián	Min.	Max.	10% percent.	90% percent.	Celk. počet vzorků	Počet nadlimitních vzorků
2004	237	214	105	434	160	350	35	0
2005	289	231	129	1520	166	396	36	1
2006	236	222	115	442	168	333	35	0
2007	271	263	140	573	188	342	38	1
2008	264	236	118	558	165	367	36	1
2009	266	269	129	523	168	355	38	1
2010	246	207	131	1010	154	336	38	1
2011	265	230	157	565	168	380	21	1
2012	254	216	156	460	173	370	21	0
2013	364	273	170	2050	172	573	21	3
2014	254	217	151	577	163	421	21	1
2015	193	189	58,1	321	119	264	21	0
2016	250	243	129	430	158	369	21	0
2017	251	223	113	565	177	339	21	1
2018	250	242	138	580	176	291	21	1

Graf 13 Střední hodnoty AOX v kalech ČOV (2004–2018, mg.kg^{-1} suš.)



Průběh středních hodnot obsahů AOX v kalech je zobrazen v grafu 13. Medián souboru vzorků z roku 2018 je 242 mg.kg^{-1} suš., průměr 250 mg.kg^{-1} suš. Z hlediska dlouhodobého vývoje je možné pozorovat stagnaci hodnot jak průměru, tak i mediánu. Výjimku tvoří rok 2013, který

vykázal zatím nejvyšší hodnotu aritmetického průměru za celé sledované období. To bylo způsobeno dosud nejvyšším stanoveným obsahem AOX v kalu ($2050 \text{ mg.kg}^{-1} \text{ suš.}$) z ČOV s identifikačním kódem 5203A z Královéhradeckého kraje.

V průběhu let 2004–2018 byly v 25 ČOV minimálně pětkrát stanoveny obsahy AOX. Výsledky z těchto ČOV jsou zobrazeny v příloze 45.

V nové vyhlášce č. 437/2016 Sb. je maximální hodnota koncentrace obsahu těchto látek v kalech $500 \text{ mg.kg}^{-1} \text{ suš.}$ Stejná hodnota platila i ve vyhlášce předchozí (vyhláška č. 382/2001 Sb.) Tuto hodnotu v roce 2018 překročil jeden vzorek, který vyhlášce vyhoví po započítání nejistoty měření.

Závěry

- V roce 2018 bylo provedeno stanovení AOX v 21 vzorcích kalů.
- Medián souboru vzorků z roku 2018 je $242 \text{ mg.kg}^{-1} \text{ suš.}$, průměr $250 \text{ mg.kg}^{-1} \text{ suš.}$.
- Limitní hodnotu $500 \text{ mg.kg}^{-1} \text{ suš.}$ podle vyhlášky č. 437/2016 Sb. překročil v roce 2018 jeden vzorek, který v případě započítání nejistoty měření limitu vyhoví.

1.4.3.5 Organochlorové pesticidy v kalech

Obsahy organochlorových pesticidů (HCH, HCB, látky skupiny DDT) se ve vzorcích kalů stanovují od roku 2008. V roce 2018 bylo stanovení provedeno v 21 vzorcích. Přehled výsledků je uveden v příloze 46, grafické vyjádření v přílohách 47, 48 a 49. Základní statistika souboru je uvedena v tabulce 30 a 31.

Obsahy všech izomerů HCH jsou u všech analyzovaných vzorků pod mezí stanovitelnosti (LOQ = 0,5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.).

Obsahy HCB v roce 2018 kolísají v rozsahu <0,50–32,2 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (tabulka 30). Zatím nejvyšší hodnota HCB v kalu (753 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) byla zjištěna v roce 2017 za celé sledované období 2008–2018 (označena žlutě). Tato hodnota byla naměřena v kalu s identifikačním kódem 4214A a výrazně ovlivnila v roce 2017 průměrnou hodnotu (39,9 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.), přičemž průměrné obsahy HCB se v kalech většinou pohybují kolem 10 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Tento vysoký obsah neměl vliv na hodnotu mediánů, které od roku 2011 vykazují pokles.

Tabulka 30 Základní statistika obsahů HCH a HCB v kalech ČOV (2008–2018, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)

OCP	rok	průměr	medián	min.	max.	počet vzorků
HCB	2008	19,7	19,1	5,71	67,7	36
	2009	11,1	9,81	1,23	47,1	38
	2010	13,1	11,4	0,50	57,4	38
	2011	7,42	5,62	1,02	20,5	21
	2012	13,9	8,04	3,92	108	21
	2013	12,0	5,87	0,50	120	21
	2014	7,80	6,20	1,18	21,8	21
	2015	3,97	3,15	0,82	20,4	21
	2016	8,59	7,99	1,59	30,6	21
	2017	39,9	3,66	0,92	753	21
	2018	4,42	2,97	< 0,50	32,2	21
HCH ($\alpha\beta\gamma\delta$)	2008	-	-	-	-	-
	2009	-	-	-	-	-
	2010	1,20	1,00	1,00	2,77	38
	2011	1,12	1,00	1,00	3,55	21
	2012	1,00	1,00	1,00	1,00	21
	2013	1,00	1,00	1,00	1,00	21
	2014	2,74	1,00	1,00	37,5	21
	2015	1,08	1,00	1,00	1,43	21
	2016	1,13	1,00	1,00	3,44	21
	2017	1,24	1,00	1,00	2,62	21
	2018	1,00	1,00	1,00	1,00	21

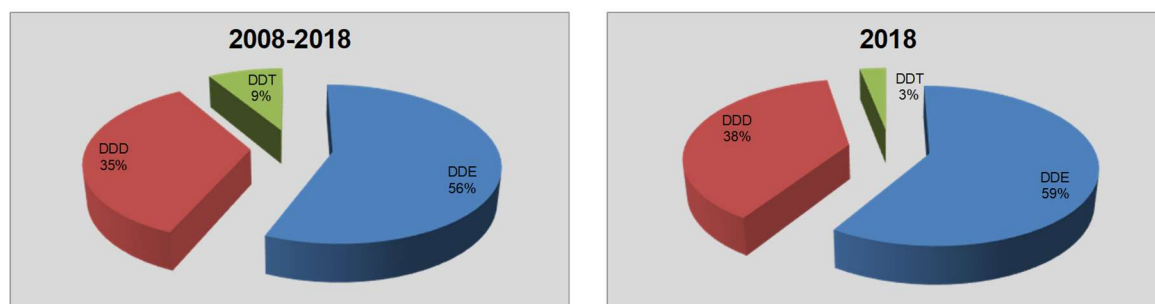
Hodnoty látek skupiny DDT kolísají v roce 2018 v rozmezí 3,57–64,9 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., medián má hodnotu 30,1 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., průměr činí 30,1 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Suma každé jednotlivé látky (DDE, DDD, DDT) je tvořena součtem jejich o,p'- a p,p'- izomerů. Vzájemný poměr jednotlivých látek skupiny DDT obecně vzrůstá v pořadí DDT < DDD < DDE (graf 14). DDE vzniká transformací DDT a DDD vzniká při výrobě DDT, nebo jako produkt mikrobiálního rozkladu DDT v půdě.

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

Tabulka 31 Základní statistika obsahů látek skupiny DDT v kalech ČOV (2008–2018, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)

OCP	rok	průměr	medián	min.	max.	počet vzorků
DDE	2008	32,4	31,0	11,6	62,4	36
	2009	31,3	31,4	6,87	69,7	38
	2010	26,1	24,2	2,61	86,9	38
	2011	26,1	25,2	17,5	35,5	21
	2012	24,6	23,3	16,4	40,1	21
	2013	15,9	15,5	2,14	27,7	21
	2014	24,9	20,9	7,74	116	21
	2015	13,6	11,9	2,50	26,6	21
	2016	16,1	16,6	4,02	25,5	21
	2017	19,7	21,0	3,26	4,72	21
	2018	17,7	17,3	2,57	30,1	21
DDD	2008	20,1	17,7	4,29	52,8	36
	2009	14,7	12,5	2,66	39,2	38
	2010	18,0	12,0	< 0,50	103	38
	2011	21,3	7,66	1,51	175	21
	2012	13,9	10,9	< 0,50	54,2	21
	2013	3,03	3,01	< 0,50	6,88	21
	2014	23,9	1,80	< 0,50	430	21
	2015	5,66	3,09	< 0,50	25,2	21
	2016	14,9	13,2	2,29	59,3	21
	2017	10,4	9,52	< 0,50	25,9	21
	2018	11,4	7,86	< 0,50	37,5	21
DDT	2008	3,96	2,93	0,77	13,6	36
	2009	3,58	2,06	< 0,50	13,9	38
	2010	4,50	1,60	< 0,50	27,4	38
	2011	3,72	2,39	< 0,50	21,8	21
	2012	1,47	< 0,50	< 0,50	6,18	21
	2013	1,03	< 0,50	< 0,50	6,36	21
	2014	12,9	< 0,50	< 0,50	234	21
	2015	2,02	< 0,50	< 0,50	19,9	21
	2016	4,37	1,76	< 0,50	25,9	21
	2017	1,23	< 0,50	< 0,50	6,49	21
	2018	0,92	< 0,50	< 0,50	2,97	21
DDT _{total}	2008	56,5	55,2	18,4	114	36
	2009	49,6	47,4	10,0	112	38
	2010	48,7	39,4	3,61	201	38
	2011	51,1	37,5	24,4	208	21
	2012	39,9	34,7	20,0	76,0	21
	2013	20,0	19,2	4,03	31,8	21
	2014	61,6	25,6	8,90	687	21
	2015	21,3	15,9	3,50	55,4	21
	2016	35,3	32,7	7,93	77,5	21
	2017	31,4	30,6	4,26	67,5	21
	2018	30,1	30,1	3,57	64,9	21

Graf 14 *Poměrné zastoupení jednotlivých látek skupiny DDT na celkové sumě DDT v kalech ČOV*



Závěry

- V roce 2018 bylo provedeno stanovení OCP v 21 vzorcích kalů.
- Obsahy HCH jsou u všech analyzovaných vzorků pod mezí stanovitelnosti ($\text{LOQ} = 0,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$).
- Obsahy HCB kolísají v rozsahu $<0,50\text{--}32,2 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš, medián $2,97 \mu\text{g.kg}^{-1}$.
- Suma látek skupiny DDT kolísá v rozmezí $3,57\text{--}64,9 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., medián činí $30,1 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.
- Vzájemný poměr jednotlivých látek obecně vzrůstá v pořadí $\text{DDT} < \text{DDD} < \text{DDE}$.

1.4.3.6 Polybromované difenylethery (PBDE) v kalech

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; ČOV se neopakují. V roce 2018 byly PBDE stanoveny v 10 vzorcích kalů.

Obsahy jednotlivých kongenerů PBDE stanovených ve vzorcích kalů odebraných v roce 2018 jsou uvedeny v příloze 50, suma 9 stanovených kongenerů ve vzorcích odebraných v letech 2010-2018 je graficky znázorněna v příloze 51. Základní statistiku obsahů sumy 9 kongenerů PBDE pro vzorky odebrané v roce 2018 a souhrnně, pro všech dosud analyzovaných 96 vzorků, shrnuje tabulka 32 a 33. Procentuální zastoupení jednotlivých kongenerů z celkové sumy PBDE je zobrazeno grafem 15.

Tabulka 32 Základní statistika obsahů PBDE v kalech ČOV (2018, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., 12 vzorků)

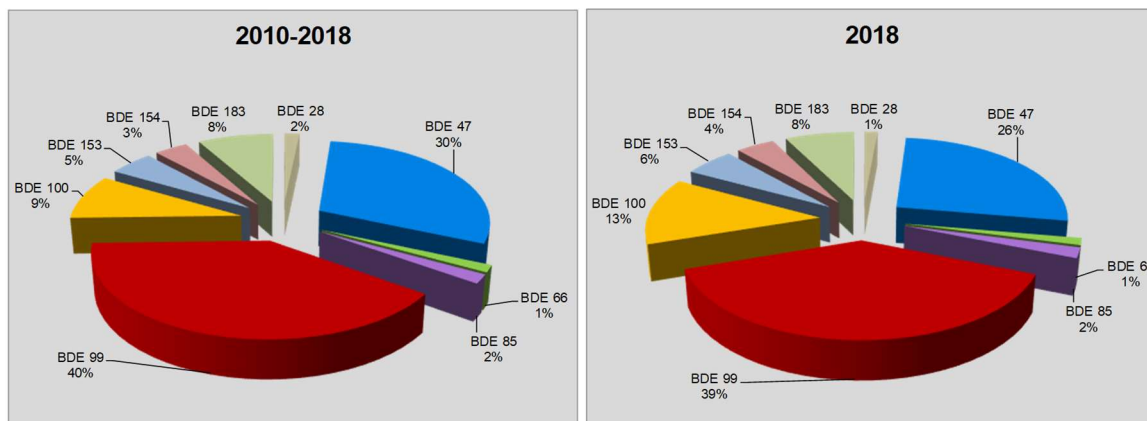
	BDE 28	BDE 47	BDE 66	BDE 85	BDE 99	BDE 100	BDE 153	BDE 154	BDE 183
Průměr	0,31	5,68	0,29	0,44	8,37	2,82	1,18	0,90	1,61
Medián	0,25	4,85	0,25	0,30	6,05	1,20	0,90	0,65	1,30
Minimum	< 0,10	1,90	< 0,10	< 0,10	2,10	0,40	0,30	0,30	0,50
Maximum	0,70	13,7	0,80	1,20	22,7	15,6	2,80	2,20	3,00
10. perc.	0,10	1,99	0,05	0,05	2,19	0,40	0,39	0,30	0,59
90. perc.	0,61	11,3	0,53	1,20	19,6	5,61	2,71	2,11	2,82

Tabulka 33 Základní statistika sumy 9 kongenerů PBDE v kalech ČOV (2010–2018, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)

	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Počet vzorků
2010	38,2	30,7	1,74	93,7	10
2011	45,4	33,8	15,0	112	11
2012	44,8	32,2	17,0	99,7	10
2013	29,7	28,7	9,80	54,1	11
2014	28,3	21,4	4,10	90,1	10
2015	28,6	20,9	7,60	77,8	12
2016	23,2	20,0	10,9	46,3	10
2017	30,8	28,3	3,05	68,4	12
2018	21,6	16,2	6,15	55,7	10
2010–2018	32,3	24,7	1,74	112	96

Střední hodnota sumy 9 kongenerů PBDE ve vzorcích z roku 2018 činí $21,6 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., medián $16,2 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Nejvyšší obsah byl zjištěn ve vzorku z ČOV s identifikačním číslem 5308A z Pardubického kraje ($55,7 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.), nejnižší ve vzorku z ČOV 3105D z Jihočeského kraje ($6,15 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Maximální hodnoty kolísají v letech až dvojnásobně.

Největší podíl na celkové sumě 9 kongenerů PBDE mají kongenery 99 a 47 (dohromady v roce 2018 tvořily 65 %). Tyto kongenery se také nejvíce vyskytují v živých organismech. Limitní hodnota není novou vyhláškou č. 437/2016 Sb. stanovena.

Graf 15 Procentuální zastoupení jednotlivých kongenerů PBDE na celkové sumě 9 kongenerů v kalech ČOV, 2010–2018 a v roce 2018

Závěry

- V roce 2018 bylo provedeno stanovení PBDE v 10 vzorcích kalů.
- Průměrný obsah PBDE v kalech v roce 2018 činil $21,6 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.; medián měl hodnotu $16,2 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., ovšem průměrný obsah za celé období sledování je $32,3 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., medián $24,7 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.
- Ve vzorcích z roku 2018 mají na sumě 9 kongenerů PBDE přibližně 2/3 podíl kongenery 99 (39 % z celkové sumy PBDE) a 47 (26 %). Tyto kongenery jsou dominantní také v celém souboru dosud analyzovaných vzorků.

1.4.3.7 Perfluoroalkylové sloučeniny (PFAS) v kalech

Perfluoroalkylové sloučeniny (PFAS) patří mezi perzistentní halogenované kontaminanty. Je to velká skupina synteticky vyráběných látek vyznačujících se různě dlouhým uhlíkatým řetězcem (lineárním nebo rozvětveným), v němž jsou všechny atomy vodíku (H), které jsou vázány přímo na uhlík (C), nahrazeny atomy fluoru (F). Na alkylový řetězec jsou napojeny různé koncové/funkční skupiny ($-\text{SO}_3^-$, $-\text{COO}^-$, $-\text{OPO}_3^-$, $-\text{NH}_4^+$, $-\text{OH}$, $-\text{SO}_3\text{NH}_2$).

Tyto látky mají výjimečné fyzikální a chemické vlastnosti – jsou extrémně stabilní (nebyla prokázána žádná degradace hydrolýzou, fotolýzou nebo biodegradací, vyznačují se také tepelnou stabilitou). Jedná se o látky povrchově aktivní; ve své molekule obsahují jak hydrofilní (funkční skupinu), tak hydrofobní část (alkylový řetězec). 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 s dlouhými řetězci, jak s lineárními, tak rozvětvenými 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.

Zdroje PFAS v prostředí jsou pouze antropogenního původu. V prostředí se přirozeně nevyskytují (většina organických sloučenin fluoru biogenního původu obsahuje pouze jeden atom fluoru na molekulu sloučeniny). Úniky PFAS do prostředí se vyskytují v průběhu celé jejich životnosti. Uvolňují se při vlastní produkci, kompletaci do komerčních produktů, v průběhu distribuce, industriálního i domácího užívání i po jejich užití ze skládek a čistíren odpadních vod. Nejvýznamnější zdrojem úniku je přímá výroba a následná kontaminace lokálního prostředí. Během tohoto procesu mohou být těkavější látky uvolněny do atmosféry. Významnou cestou je také únik z čistíren odpadních vod a skládek, kde byly pozorovány zvýšené koncentrace oproti pozadovým koncentracím.

Primární úložiště PFAS v prostředí jsou voda, sedimenty a půda. Šíření PFAS v životním prostředí probíhá především prouděním v povrchové vodě a s oceánskými proudy, transportem ve vzduchu (těkavé PFAS), adsorpcí na částice (ve vodě, sedimentech a ve vzduchu) a přes živé organismy.

Environmentální toxikologická data jsou známá především pro akvatické organismy jako ryby, bezobratlé, řasy a částečně také pro ptáky. Existuje dostatek informací o nebezpečnosti PFAS pro lidský organismus. PFOS jsou persistentní, bioakumulativní a toxické pro savce. Rychlost odstraňování z organismu je mezidruhově variabilní; poločas života 100 dní u krys, 200 dní u opic a roky u lidí. Toxické efekty jsou mezidruhově podobné. Opakovaná expozice způsobuje

hepatotoxicitu a smrt. PFOS a PFOA jsou distribuovány do krevního séra, ledvin a zejména jater a jsou nalézány v krvi běžné populace po celém světě.

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.

Celkem je ve vzorcích stanovováno 6 látek:

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

Detekované obsahy PFAS v jednotlivých vzorcích kalů jsou uvedeny v příloze 52 a 53. Průměrné hodnoty obsahů a rozsah stanovených hodnot uvádí tabulka 34.

Tabulka 34 Základní statistické charakteristiky vybraných perfluoroalkylových sloučenin v 21 vzorcích kalů ČOV odebraných v roce 2018 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)

	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFOS
Průměr	0,78	0,17	0,86	1,69	2,23	2,11
Medián	< 0,10	< 0,10	0,46	< 0,10	0,84	1,70
Minimum	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Maximum	6,60	1,80	5,70	30,6	16,2	7,10

Ve vzorcích kalů se nejnížší obsahy nalézaly u látek PFHxA, PFHpA. Jejich hodnoty většinou ležely pod mezí stanovitelnosti ($\text{LOQ} = 0,1 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Nejvyšších středních hodnot dosahoval PFDA a PFOS, přičemž maximální obsah ($30,6 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. – ČOV 5308A z Pardubického kraje) se překvapivě nalézal u PFNA, který se svým mediánem řadí na úroveň PFHxA, PFHpA. Kal 5308A dosahoval zároveň i nejvyšší hodnoty pro všechny ostatní vybrané perfluoroalkylové sloučeniny kromě PFOS (PFHxA – $6,60 \mu\text{g.kg}^{-1}$, PFHpA – $1,80 \mu\text{g.kg}^{-1}$, PFOA – $5,70 \mu\text{g.kg}^{-1}$, PFDA – $16,2 \mu\text{g.kg}^{-1}$). Nejvyšší hodnota PFOS byla nalezena v kalu s označením 3105D z Jihočeského kraje.

Látky s nejvyšším mediánem byly: PFOA, PFDA, PFOS. Obsah PFOA ve vzorcích kalů kolísal v rozmezí $<0,10$ – $5,70 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Rozsah obsahů PFDA činil ($<0,10$ – $16,2 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). A obsah PFOS byl ($<0,10$ – $7,10 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)

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

Závěry

- V roce 2018 bylo provedeno stanovení PFAS v 21 vzorcích kalů.
- S nejvyšším mediánem se ve vzorcích vyskytovaly látky: PFOA ($0,46 \mu\text{g.kg}^{-1}$), PFDA ($0,84 \mu\text{g.kg}^{-1}$), PFOS ($1,70 \mu\text{g.kg}^{-1}$).
- Nejnižší mediány vykazaly látky: PFHxA a PFHpA.
- Maximální obsah byl nalezen u látky PFNA, ve vzorku z ČOV s kódem 5308A z Pardubického kraje. Tento kal zároveň vykázal nejvyšší obsahy látek PFHxA, PFHpA, PFOA, PFDA

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 především podle počtu termotolerantních koliformních bakterií, enterokoků 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 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).

V nové vyhlášce č. 437/2016 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě, jsou upravena mikrobiologická kritéria pro použití upravených kalů na zemědělskou půdu. Od 1. ledna 2020 bude možné aplikovat na zemědělské půdy pouze kal vyhovující mikrobiologickým kritériím uvedeným v příloze č. 4 této vyhlášky.

Vyhláška rovněž stanovuje požadavky pro provozovatele zařízení na úpravu kalů tak, aby bylo prokazatelné, že technologie úpravy je schopna účinně kaly hygienizovat na požadované snížení počtu patogenních mikroorganismů. Provozovatel bude povinen ověřovat technologii na úpravu kalů, a to na základě odebrání vzorků na vstupu do technologie a na výstupu z technologie a následného porovnání kontaminace, která nesmí překročit stanovený počet kolonií tvořících jednotku (KTJ).

Tabulka 35 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 36 Mikrobiologická kritéria pro upravený kal pro aplikaci na zemědělské půdě v přechodném období (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 2018 byly screeningově stanoveny mikrobiologické parametry u 4 kalů z ČOV. A to u kalů z Olomouckého kraje s identifikačním číslem 7107A a 7109A, u kalu s identifikačním číslem 7203A ze Zlínského kraje a 8117A z Moravsko-slezského kraje. 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.

Vyhodnocení výsledků analýz bylo provedeno podle přílohy č. 7 k vyhlášce č. 437/2016 Sb. (tabulka 36)

Podle zjištěných výsledků analýz lze konstatovat, že ani jeden ze 4 analyzovaných kalů nevyhověl kritériím pro kal kategorie I. Jeden kal (7107A) nevyhověl z hlediska požadavku na negativní nález Salmonella spp (dva z pěti odebraných vzorků byly pozitivní). Tři kaly nevyhověly limitním hodnotám termotolerantních koliformních bakterií; vyhověl kal 7203A, který se vyznačoval extrémně nízkým nálezem KTJ (< 10 KTJ na 1 gram sušiny). Překračující kaly (7107A, 7109A, 8117A) přesáhly o jeden až dva řády limitní hodnotu pro termotolerantní koliformní bakterie. Rozsah zjištěných množství termotolerantních koliformních bakterií se pohyboval v rozpětí <0 (7203A) – $1,63 \times 10^5$ (7107A) KTJ na 1 gram sušiny (limit je $<10^3$). Limitní hodnota pro enterokoky byla u většiny vzorků překročena zhruba o jeden řád. Kal 7203A téměř vyhověl; nadlimitní byl pouze jeden z pěti odebíraných vzorků, který i po započtení 40 % nejistoty měření vykázal mírně nadlimitní hodnotu $1,1 \times 10^3$ KTJ. Vyhláška č. 437/2016 Sb. v příloze č. 7 uvádí, že pět z pěti zkoušených vzorků musí být podlimitních. Zjištěné hodnoty enterokoků byly v rozmezí <10 (7203A) – $4,5 \times 10^4$ (8117A) KTJ na 1 gram sušiny (limit je $<10^3$).

Všechny kaly po započítání 40 % nejistoty měření vyhověly parametrům pro kal kategorie II, který má mírnější kritéria a lze jej aplikovat na zemědělské půdy určené k pěstování technických plodin nebo v podzimním období na půdy určené k pěstování běžných plodin.

Tabulka 37 *Hodnocení mikrobiologických parametrů u kalů odebraných v roce 2018 podle přílohy č. 7 k vyhlášce č. 437/2016 Sb. Nadlimitní hodnoty jsou označeny červeně*

Kal kategorie I.

Indikátorový mikroorganismus	Počet zkoušených vzorků	Limitní hodnota (nález/KTJ*)	Číslo vzorku	ČOV 7107A	ČOV 7109A	ČOV 7203A	ČOV 8117A
Salmonella spp.	5	negativní	1	pozit.	negat.	negat.	negat.
			2	pozit.	negat.	negat.	negat.
			3	negat.	negat.	negat.	negat.
			4	negat.	negat.	negat.	negat.
			5	negat.	negat.	negat.	negat.
Termotolerantní koliformní bakterie	5	< 10 ³	1	2,78x10 ⁴	1,7x10 ⁴	< 10	8,6x10 ⁴
			2	1,56x10 ⁵	3,4x10 ³	< 10	1,84x10 ⁴
			3	6,5x10 ⁴	3,2x10 ³	< 10	5,5x10 ³
			4	8,7x10 ⁴	3,8x10 ³	< 10	8,5x10 ³
			5	1,63x10 ⁵	3,7x10 ⁴	< 10	3,6x10 ⁴
Enterokoky	5	< 10 ³	1	3,4x10 ⁴	7,3x10 ²	< 10	4,5x10 ⁴
			2	1,05x10 ⁴	2,5x10 ²	< 10	6,0x10 ³
			3	2,8x10 ³	7,0x10 ²	< 10	1,13x10 ³
			4	1,21x10 ⁴	5,4x10 ²	1,8x10 ³	7,5x10 ³
			5	5,7x10 ³	4,4x10 ³	6,5x10 ²	1,22x10 ⁴

Kal kategorie II.

Indikátorový mikroorganismus	Počet zkoušených vzorků	Limitní hodnota (nález/KTJ*)	Číslo vzorku	ČOV 7107A	ČOV 7109A	ČOV 7203A	ČOV 8117A
Termotolerantní koliformní bakterie	5	10 ³ - 10 ⁶	1	2,78x10 ⁴	1,7x10 ⁴	< 10	8,6x10 ⁴
			2	1,56x10 ⁵	3,4x10 ³	< 10	1,84x10 ⁴
			3	6,5x10 ⁴	3,2x10 ³	< 10	5,5x10 ³
			4	8,7x10 ⁴	3,8x10 ³	< 10	8,5x10 ³
			5	1,63x10 ⁵	3,7x10 ⁴	< 10	3,6x10 ⁴
Enterokoky	5	10 ³ - 10 ⁶	1	3,4x10 ⁴	7,3x10 ²	< 10	4,5x10 ⁴
			2	1,05x10 ⁴	2,5x10 ²	< 10	6,0x10 ³
			3	2,8x10 ³	7,0x10 ²	< 10	1,13x10 ³
			4	1,21x10 ⁴	5,4x10 ²	1,8x10 ³	7,5x10 ³
			5	5,7x10 ³	4,4x10 ³	6,5x10 ²	1,22x10 ⁴

Závěry

- V roce 2018 bylo provedeno screeningové stanovení mikrobiologických parametrů ve 4 kalech z ČOV.
- Všechny analyzované kaly byly nadlimitní v případě kritérií pro kal kategorie I. Kaly vyhověly požadavkům pro kategorii kalu II.
- Rozsah zjištěných hodnot pro termotolerantní bakterie se pohyboval v rozmezí $<10 - 1,63 \times 10^5$ KTJ na 1 gram sušiny a pro enterokoky $<10 - 4,5 \times 10^4$ KTJ na 1 gram sušiny.
- Od 1. 1. 2020 bude možno na zemědělskou půdu aplikovat kaly pouze podle přílohy 4 vyhlášky č. 437/2016 Sb.

1.4.3.9 Využití kalů

Způsob, jakým je většinou nakládáno s kaly z monitorovaných ČOV, shrnuje tabulka 38. U vybraných způsobů nakládání s kaly je v tabulce 39 uveden medián (střední hodnota) obsahů rizikových prvků.

Tabulka 38 Nakládání s kaly ČOV (2018)

Způsob zpracování upraveného kalu	Následné využití upraveného kalu	Počet monitorovaných ČOV
Žádné	Přímá aplikace na ZPF	26
Kompostování	Aplikace na ZPF	11
	Rekultivace	14
	Jiný způsob využití – bioplynová stanice	2
	Skládka	1
	Neuvedeno	7
Jiný způsob úpravy	Aplikace na ZPF	7
	Skládkování	2
	Rekultivace	6
	Neupřesněno	4
Neuvedeno		2

Tabulka 39 Střední hodnoty obsahů rizikových prvků v pěti skupinách kalů ČOV rozdělených podle způsobu nakládání s kaly (2018)

	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn	Hg
Přímá aplikace	5,31	0,37	1,21	5,97	41,1	207	28,7	30,5	23,8	878	1,30
Kompostování + aplikace na ZPF	7,79	0,51	1,15	6,17	48,6	164	33,0	31,1	20,2	921	1,20
Kompostování + rekultivace	9,33	0,72	1,50	6,96	47,6	218	33,6	55,0	27,0	953	1,20
Kompostování (další využití neuvedeno)	6,20	0,35	1,63	5,48	31,8	190	28,6	28,8	22,3	956	1,02
Jiný způsob úpravy + aplikace na ZPF	4,78	0,50	0,96	11,1	42,5	196	33,5	24,4	19,1	850	1,02
Jiný způsob úpravy + rekultivace	4,19	0,53	1,21	7,70	44,4	152	32,0	30,4	23,4	841	1,50

Ve skupině 26 kalů určených k přímé aplikaci na ZPF se vyskytlo celkem 7 vzorků, ve kterých byly překročeny mezní hodnoty koncentrací prvků v kalech stanovené vyhláškou č. 437/2016 Sb., ve znění pozdějších předpisů, a to As (1 vzorek), Cd (3), Cr (2), Cu (2), Ni (2), Pb (1) a Zn (2). 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. Požadavkům uvedené normy na kvalitu suroviny (na obsah prvků v sušině) by z uvedených 35 vzorků kalů použitých ke kompostování (tabulka 38) nevyhověl 1 vzorek na obsah arzenu, 1 vzorek na obsah kadmia, 1 vzorek na obsah kadmia a olova, 1 vzorek na obsah chromu, 1 vzorek na obsah olova, 1 vzorek na obsah zinku.

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 je ve vodních nádržích ČR odhadováno 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.

Po novele č. 223/2015 Sb. zákona o odpadech č. 185/2001 jsou sedimenty opět odpadem. Přímé použití sedimentů na zemědělský půdní fond není zakázáno a řídí se zvláštními právními předpisy - zákonem č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu, ve znění pozdějších předpisů, zákonem o hnojivech č. 156/1998 Sb. ve znění pozdějších předpisů a ustanoveními vyhlášky č. 257/2009 Sb., o používání sedimentů na zemědělské půdě.

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

Tabulka 40 Sedimenty – základní statistické parametry – zrnitost, spalitelné látky, pH a obsahy živin (1995–2018)

	zrnitost (% částic < 0,01 mm)	spalitelné. látky (% sušiny)	pH/CaCl ₂	přístupné živiny v mg.kg ⁻¹ (Mehlich 3)			
				P	K	Mg	Ca
Průměr	31,1	9,20	5,87	38,8	212	338	3989
Medián	31,9	8,00	5,70	24,4	187	305	2540
Min.	2,00	0,50	2,80	1,00	8,70	7,10	4,20
Max.	73,3	97,9	7,80	287	1070	1640	29500
Poč. vz.	228	470	504	467	468	468	467

Tabulka 41 Sedimenty – základní statistické parametry – obsahy rizikových prvků (1995–2018)

	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg ¹	Ni	Pb	V	Zn
	mg.kg ⁻¹ sušiny (extrakce lučavkou královskou)										
Průměr	12,0	1,24	11,9	12,9	54,4	30,7	0,13	35,2	49,1	50,2	151
Medián	8,04	1,15	0,45	12,5	48,0	24,5	0,10	32,1	26,2	47,9	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.	548	405	556	502	557	555	559	554	549	400	557
Limit	30	5	1	30	200	100	0,8	80	100	180	300

¹ obsah Hg je stanoven jako celkový obsah**Tabulka 42 Sedimenty – základní statistické parametry – obsahy PCB (2002–2018), DDT, HCH, HCB (2007–2018), PAH (2009–2018) a C10-C40 (2016–2018)**

	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	0,012	5,13	0,034	1,01	1,38	90,7
Medián	0,006	1,92	0,017	1,00	0,77	57,4
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.	94	57	62	55	62	61
Limit	0,2	6	0,1	-	-	300

¹ suma 7 kongenerů PCB (28, 52, 101, 118, 138, 153, 180)² suma 12 PAH³ suma DDT včetně metabolitů⁴ suma 4 izomerů HCH (α, β, γ, δ)**Tabulka 43 Sedimenty – průměrné hodnoty sledovaných parametrů (zrnitost, spalitelné látky, pH a obsahy živin) – celkový průměr, vodní toky, polní, návesní a lesní rybníky a vodní nádrže (1995–2018)**

	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	31,1	9,20	5,87	38,8	212	338	3990
Vodní tok	22,4	7,68	6,18	72,5	209	302	4571
Polní rybník	31,8	8,42	5,86	35,3	196	349	3701
Návesní rybník	29,0	10,1	5,98	43,7	270	348	4914
Lesní rybník	37,5	12,1	5,30	26,2	157	276	2650
Vodní nádrže	41,6	5,90	6,69	48,6	168	282	4866

Tabulka 44 *Sedimenty – průměrné hodnoty sledovaných parametrů (rizikové prvky) – celkový průměr, vodní toky, polní, návesní a lesní rybníky a vodní nádrže (1995–2018)*

	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg ¹	Ni	Pb	V	Zn
	mg.kg ⁻¹ suchého vzorku (extrakce lučavkou královskou)										
Celkový průměr	12,0	1,24	11,9	12,9	54,4	30,7	0,13	35,2	49,1	50,2	151
Vodní tok	15,8	1,07	0,89	11,1	52,9	88,4	0,20	30,4	49,1	42,1	231
Polní rybník	12,6	1,22	21,3	12,4	53,0	25,2	0,10	33,0	33,1	50,1	123
Návesní rybník	12,1	1,19	0,66	14,7	58,7	35,1	0,16	41,5	87,1	55,9	212
Lesní rybník	7,59	1,55	0,57	11,0	48,8	21,6	0,13	29,2	26,8	44,8	101
Vodní nádrže	7,15	0,97	0,32	13,4	68,9	27,9	0,14	51,3	21,7	44,9	103

¹ obsah Hg je stanoven jako celkový obsah

Tabulka 45 *Sedimenty – základní statistické parametry – obsahy PCB (2002–2018), DDT, HCH, HCB (2007–2018), PAH (2009–2018) a C10-C40 (2016–2018) – 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	0,012	5,13	0,034	1,01	1,45	90,7
Vodní toky	0,016	26,5	0,029	1,00	3,33	429
Polní rybníky	0,010	1,98	0,014	1,00	0,67	64
Návesní rybníky	0,011	7,20	0,062	1,01	2,30	124
Lesní rybníky	0,020	1,38	0,029	1,00	0,50	40,5
Vodní nádrže	0,003	–	–	–	–	–

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 2018 bylo odebráno a zanalyzováno celkem 564 vzorků sedimentů. Jednotlivé sedimenty jsou rozděleny do kategorií – z uvedeného počtu je 308 rybníků polních, 163 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 58 rybníků lesních, 26 sedimentů z toků a 7 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 40, 41, 42 a přílohy 54, 55).

Tabulka 46 Sedimenty – počty a procenta vzorků překračující limitní hodnoty – celkem, vodní toky, polní, návesní, lesní rybníky a vodní nádrže (1995–2018) – 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.	548	405	556	502	557	555	559	554	549	400	557	94	57	62	61
	počet nadlim.	27	2	92	5	3	4	3	11	20	0	45	0	12	4	2
	% nadlim.	4,9	0,5	16,5	1,0	0,5	0,7	0,5	2,0	3,6	0,0	8,1	0,0	21,1	6,5	3,3
Vodní toky	poč. vz.	26	24	26	26	26	26	26	26	24	24	26	7	3	5	3
	počet nadlim.	3	0	9	0	0	1	0	0	1	0	5	0	2	0	1
	% nadlim.	11,5	0,0	34,6	0,0	0,0	3,8	0,0	0,0	4,2	0,0	19,2	0	66,7	0	33,3
Polní rybníky	poč. vz.	299	221	303	273	306	304	305	303	303	221	306	44	27	28	38
	počet nadlim.	14	1	43	1	2	1	0	4	10	0	17	0	2	0	0
	% nadlim.	4,7	0,5	14,2	0,4	0,7	0,3	0,0	1,3	3,3	0,0	5,6	0	7,4	0	0
Návesní rybníky	poč. vz.	159	101	163	141	160	160	163	160	158	96	160	34	21	22	12
	počet nadlim.	10	0	32	4	1	2	3	7	9	0	22	0	8	4	1
	% nadlim.	6,3	0,0	19,6	2,8	0,6	1,3	1,8	4,4	5,7	0,0	13,8	0	38,1	18,2	8,3
Lesní rybníky	poč. vz.	57	52	57	55	58	58	58	58	57	52	58	8	6	7	8
	počet nadlim.	0	1	8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	% nadlim.	0,0	1,9	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0	0	0	0
Vodní nádrže	poč. vz.	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	1	0	0	0
	počet nadlim.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	% nadlim.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

¹ obsah Hg je stanoven jako celkový obsah

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

³ suma 12 PAH

⁴ suma DDT včetně metabolitů

Základní charakteristiky jednotlivých kategorií rybníků a obsahy rizikových prvků

Sedimenty **vodních toků** (tabulka 43) jsou hlavně hrubší zrnitosti s nejnižším průměrným obsahem spalitelných látek (organické hmoty), a nízkými průměrnými obsahy přístupných živin kromě P a Ca, jejichž hodnoty jsou vysoce nadprůměrné. Z rizikových prvků (tabulka 44) mají dlouhodobě nadprůměrné obsahy As, Cu, Hg a Zn.

Polní a návesní rybníky (tabulka 43) jsou převážně střední zrnitosti, s pH většinou v oblasti kyselé a slabě kyselé, návesní rybníky mají lehce vyšší průměrné obsahy spalitelných látek (organické hmoty), obsahy spalitelných látek u polních rybníků jsou naopak lehce nižší než celkový průměr. Obsahy přístupných živin u polních rybníků vykazují průměrné až nižší hodnoty, zatímco obsahy živin u návesních rybníků jsou průměrné až nadprůměrné (P, Ca). Sedimenty návesních rybníků mají zpravidla vyšší průměrné obsahy všech rizikových prvků než ostatní kategorie rybníků (tabulka 44), nejmarkantnější je to zejména u Pb a Zn, naopak obsahy Cd jsou hluboce pod celkovým průměrem. Sedimenty polních rybníků mají v průměru nejvyšší obsahy Cd a vyšší obsahy As. Obsahy ostatních prvků v polních rybnících se shodují s celkovými průměry nebo jsou nižší.

Sedimenty **lesních rybníků** (tabulka 43) jsou zrnitostně těžší, s nejvyšším podílem 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 44)

v porovnání s celkovými průměry má nadprůměrné obsahy Be, ostatní rizikové prvky vykazují nižší nebo podobné hodnoty vůči celkovým průměrům.

Sedimenty **vodních nádrží** (tabulka 43) obsahují ze všech sledovaných kategorií největší procento jemných částic, 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 mají Co, Cr, Hg, 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 2002–2018 byly stanoveny obsahy PCB v 94 vzorcích sedimentů, v 62 vzorcích byly stanoveny obsahy organochlorových pesticidů (HCH, HCB, látek skupiny DDT), dále pak v 57 vzorcích sedimentů stanoveny obsahy 12 PAH a v 61 vzorcích stanoveny obsahy C10-C40. Konkrétní hodnoty a grafy jednotlivých parametrů jsou uvedeny v příloze 57.

Sedimenty **vodních toků** (tabulka 45) mají průměrné obsahy PCB vyšší a průměrné obsahy PAH až výrazně vyšší, než je celkový průměr. Pouze u tří vzorků sedimentů vodních toků jsou stanoveny hodnoty PAH, z nich dva vzorky s vysokými obsahy PAH jsou odebrány z jednoho místa (Pustějovský potok) v časovém rozestupu 6 let (příloha 57). 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 45) 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 45) 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 7 vzorků pouze jeden byl analyzován na PCB (tabulka 45), obsah PCB v sedimentu byl hluboce pod průměrnou hodnotou.

Vzájemný poměr jednotlivých metabolitů skupiny DDT a 12 sledovaných PAH v sedimentech ukazují grafy 16 a 17. Z metabolitů DDT převládá DDD (48 %), následuje DDE (36 %) a poslední je DDT (16 %). 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 %). Dlouhodobě se poměry metabolitů pro obě látky mění jen nepatrně.

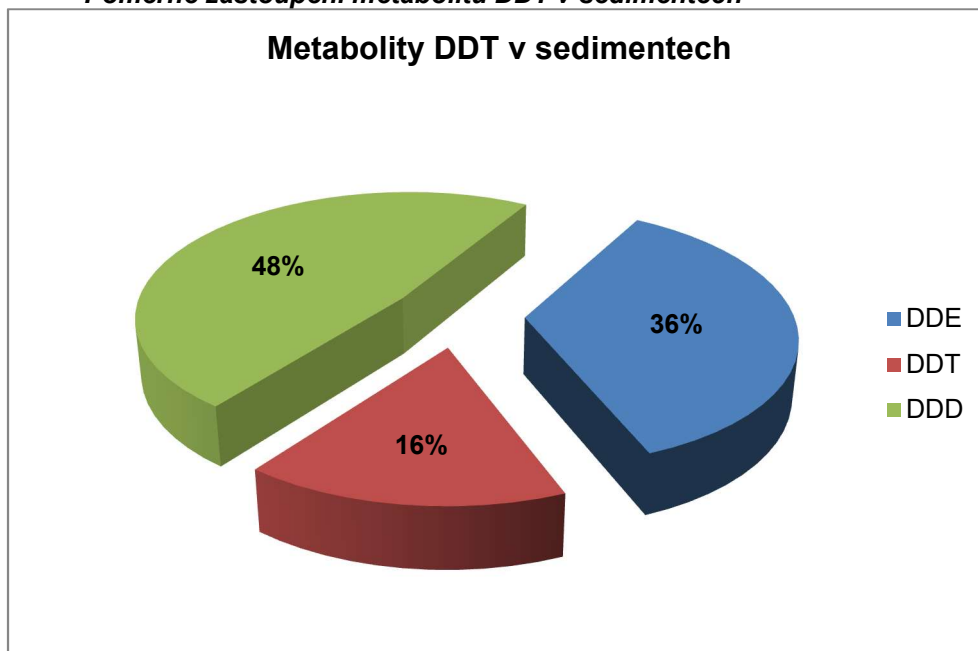
Mediány sledovaných parametrů pro všechny kategorie sedimentů jsou graficky uvedeny v přílohách 54–56.

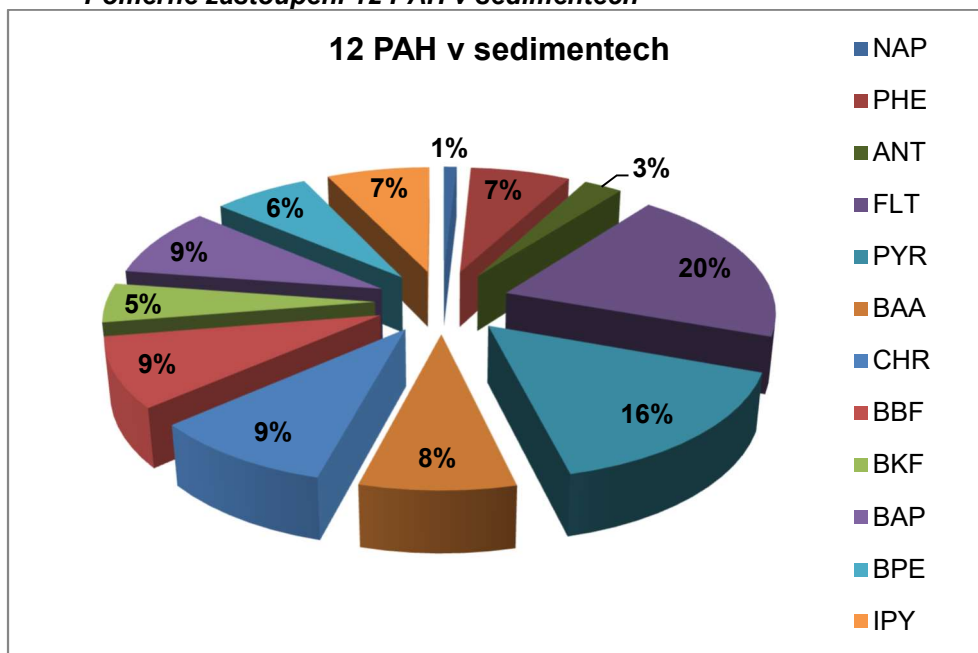
V tabulce 46 jsou prezentovány počty a procenta vzorků překračující limitní hodnoty uvedené ve vyhlášce č. 257/2009 Sb. Za celé sledované období překročilo limitní hodnoty celkem 212 vzorků sedimentů. Nejčastěji překračovaným rizikovým prvkem je Cd 16,5 % následuje Zn 8,1 % a As 4,2 %. Vodní nádrže zatím nemají žádný vzorek, který by překračoval limitní hodnoty. Z ostatních kategorií lesní rybníky mají celkem nejméně vzorků (10) překračujících limitní hodnoty. Problematickými prvky pro lesní rybníky jsou Cd (14 %) a Be (1,9 %). 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 (93) a návesní (90) rybníky mají téměř stejný počet nadlimitních vzorků. U všech sledovaných skupin rybníků, tak jako i u toků, je problematickým rizikovým prvkem Cd, dalším je Zn. Limitní hodnoty pro PCB dosud nepřekročil žádný vzorek, limitní hodnoty pro PAH překročilo celkem 12 vzorků, z toho nejvíce u návesních rybníků (8); limitní hodnoty DDT překročily 4 vzorky, všechny z kategorie návesních rybníků. Limitní hodnotu pro C10-C40 překročily 2 vzorky – jeden z vodního toku, který limitní hodnotu překročil více než trojnásobně (944 mg.kg^{-1}) a jeden z návesního rybníku.

V roce 2018 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 16 *Poměrné zastoupení metabolitů DDT v sedimentech*



Graf 17 Poměrné zastoupení 12 PAH v sedimentech

Závěry

- Z uvedených výsledků vyplývá značná variabilita sedimentů ve všech zjišťovaných parametrech, která je závislá na charakteru povodí.
- Zrnitostně sedimenty zahrnují prakticky všechny kategorie podle Novákovy klasifikační stupnice pro půdy, přičemž více jak polovinu tvoří sedimenty „středně těžké“; do určité míry je zrnitost odrazem charakteru půd v povodí jednotlivých rybníků.
- 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 ve vodních nádržích. 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) – 92 vzorků (16,5 %), zinkem (Zn) – 45 vzorků (8,1 %) a arsenem – 27 vzorků (4,9 %). Počet vzorků

s nadlimitními hodnotami je nejvyšší u polních rybníků, které jsou nejpočetnější kategorií v databázi.

- Vzorky testované na PCB dosud nepřekročily limitní hodnotu danou vyhláškou. Limitní hodnota pro obsah DDT v sedimentu byla překročena u 4 vzorků a to pouze u sedimentů z návesních rybníků. Limitní hodnota pro PAH byla překročena u 12 vzorků z toho dvakrát u toku, dvakrát u polního rybníku a osmkrát u návesního rybníku. Limitní hodnota pro C10–C40 byla překročena dvakrát, jednou vzorkem z návesního rybníky 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. 2001. Výživa a hnojení ozimé řepky sírou. In *Sborník z konference „Racionální použití průmyslových hnojiv“*. Praha: ČZU. s. 49-55.

BIELEK, P. 1984. *Dusík v pôde a jeho premeny*. Bratislava: Príroda, 135 s.

BIELEK, P. 1998. *Dusík v poľnohospodárskych pôdach Slovenska*. Bratislava: VÚPÚ. 255 s. ISBN 80-85361-44-2.

FECENKO, J. – LOŽEK, O. 2000. *Výživa a hnojenie poľných plodín*. Nitra: SPU. 452 s. ISBN 80-7137-777-5.

IVANIČ, J. – HAVELKA, B. – KNOP, K. 1979. *Výživa rastlín a hnojenie*. Bratislava: Príroda, Praha: SZN, 360 s.

RICHTER, R. – HLUŠEK, J. 1994. *Výživa a hnojení rostlin*. Brno: VŠZ. 171 s.

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

Jiří Fiala

V roce 2018 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:

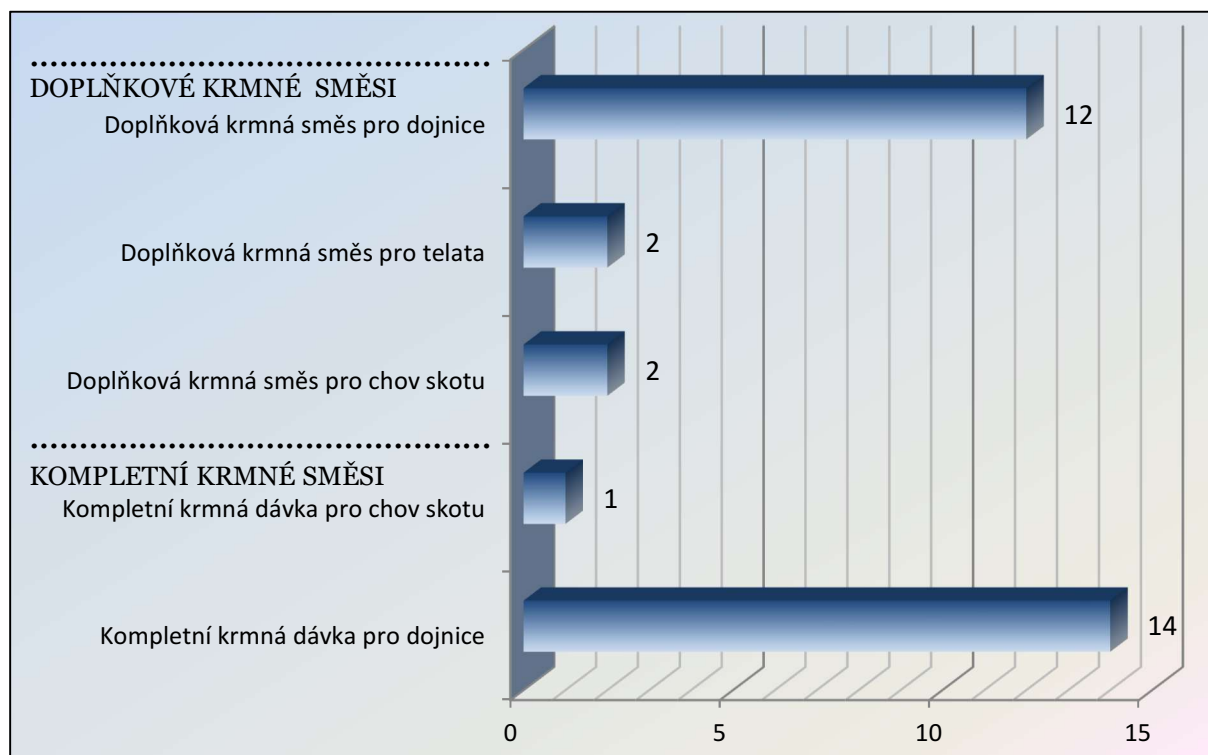
- Sledování výskytu zakázaných látek a produktů v krmivech
- Sledování výskytu nežádoucích látek a produktů v krmivech
- Sledování správného používání doplňkových látek v krmivech
- Sledování dalších problematik, týkajících se bezpečnosti a kvality krmiv

2.1 Sledování zakázaných látek

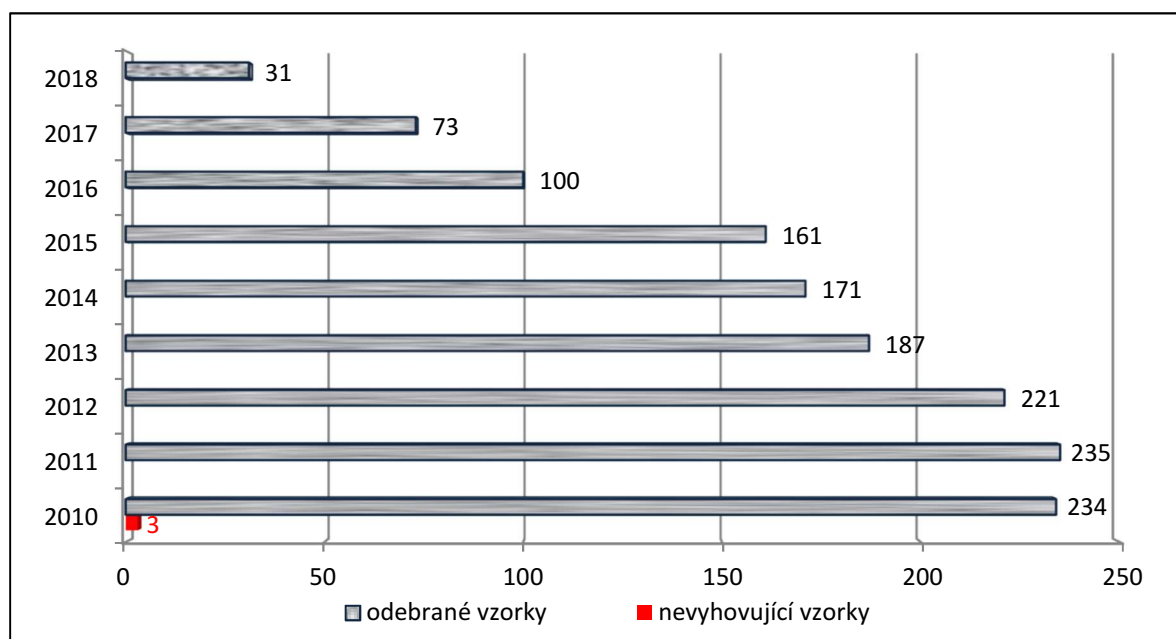
2.1.1 Cílená kontrola přítomnosti zpracovaných živočišných bílkovin v krmivech

Kontrola je zaměřená na možnou kontaminaci krmiv zpracovanými živočišnými bílkovinami (PAP). V roce 2018 bylo takto prověřeno 31 vzorků krmných směsí pro přežvýkavce. Přítomnost nepovolených zpracovaných živočišných bílkovin nebyla v žádném vzorku zjištěna.

Graf 18 Počty krmiv analyzovaných na přítomnost zpracovaných živočišných bílkovin (PAP) v roce 2018



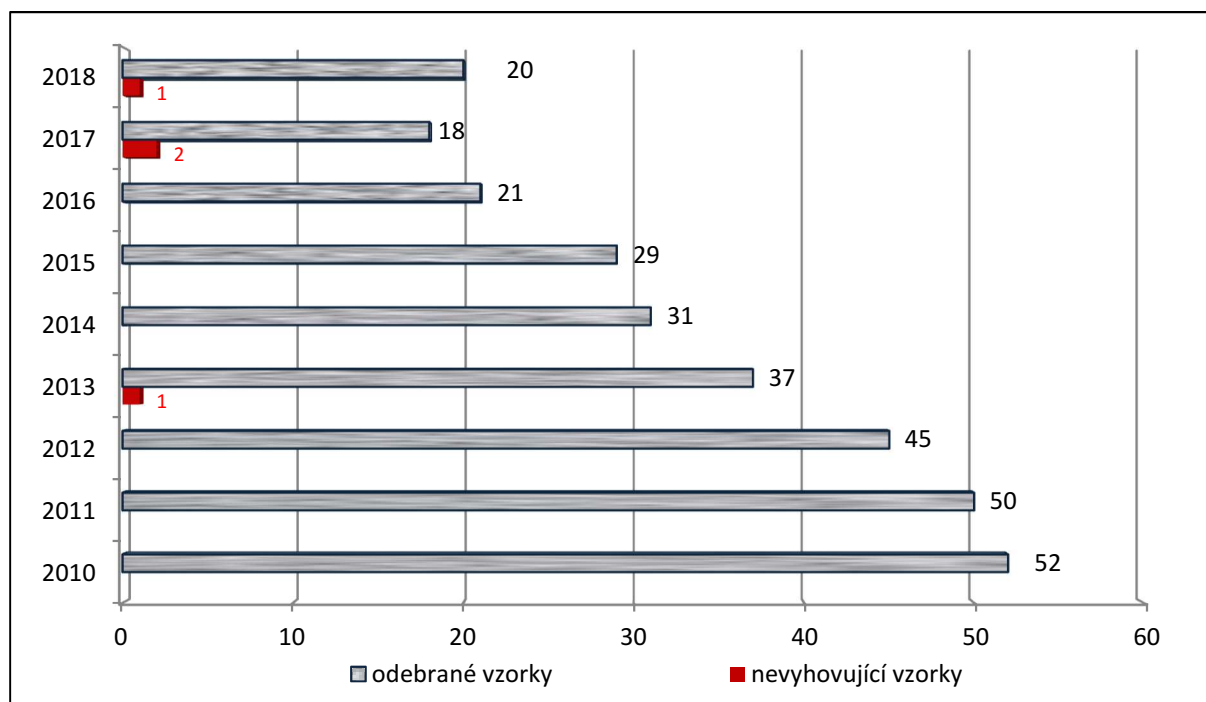
Graf 19 Počet odebraných a nevyhovujících vzorků v rámci cílené kontroly PAP v letech 2010–2018



2.1.2 Cílená kontrola rybí moučky na přítomnost tkání suchozemských živočichů

Cílem kontroly je zachytit přítomnost cizích příměsí nebo tkání suchozemských živočichů v rybí moučce, také v souvislosti s povolením používat rybí moučku do mléčných krmných směsí pro přežvýkavce. Mikroskopicky bylo prověřeno 20 vzorků krmiv. Jeden falšovaný vzorek rybí moučky byl posouzen jako nevyhovující, s vysokým podílem částic chrupavek a kostí ptáků. Metodou PCR byla ve vzorku potvrzena přítomnost DNA drůbeže.

Graf 20 Počet analyzovaných vzorků v rámci cílené kontroly tkání v rybí moučce v letech 2010–2018

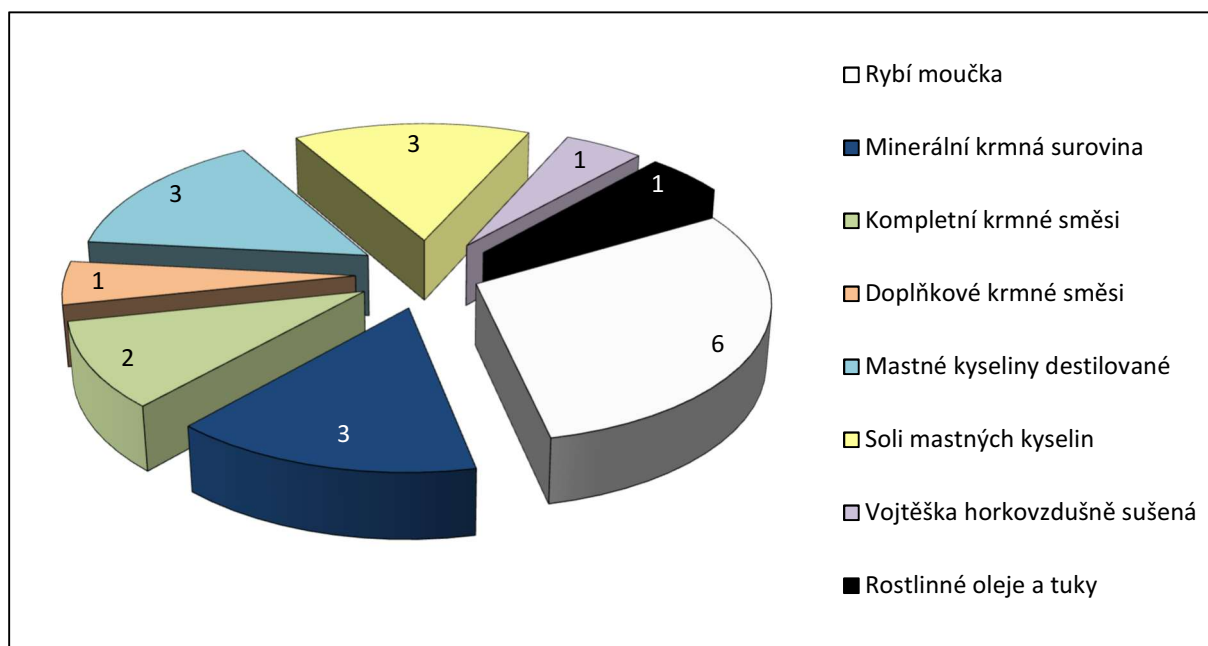


2.2 Sledování nežádoucích látek

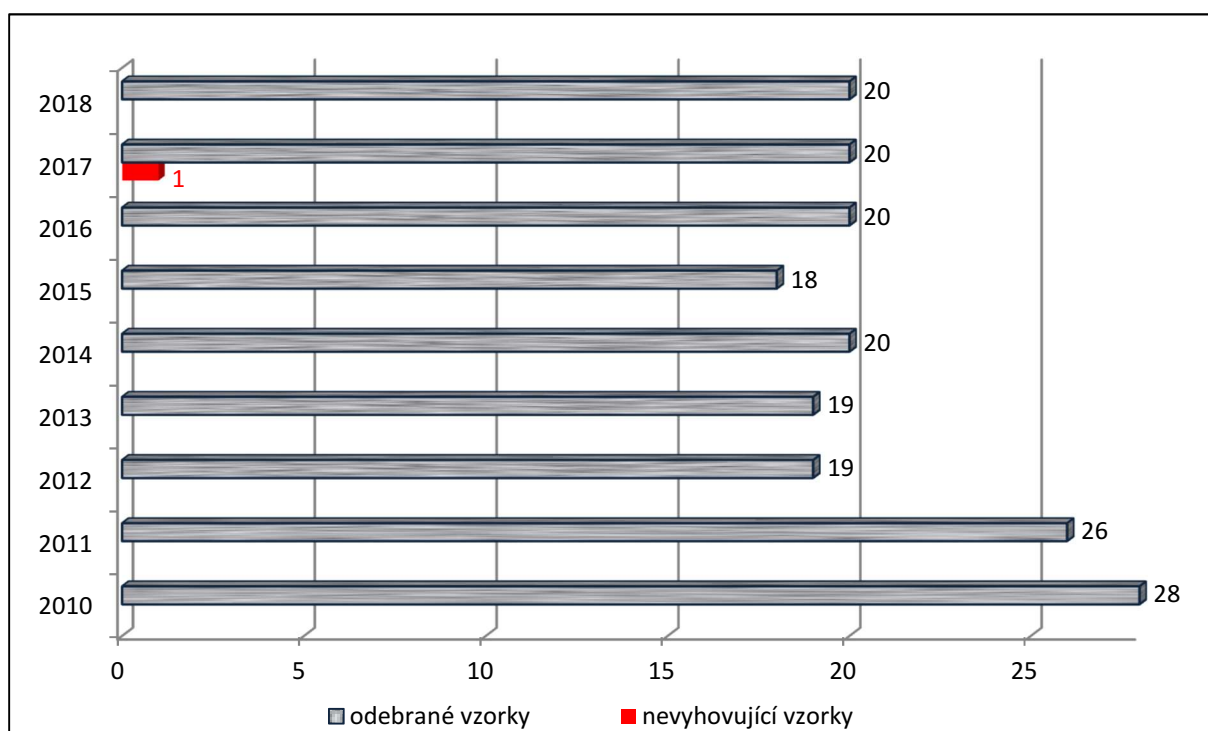
2.2.1 Monitoring vybraných perzistentních organických polutantů (POP)

V rámci kontroly bylo analyzováno 20 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 21 Zastoupení vzorků v rámci cílené kontroly vybraných perzistentních org. polutantů (POP)



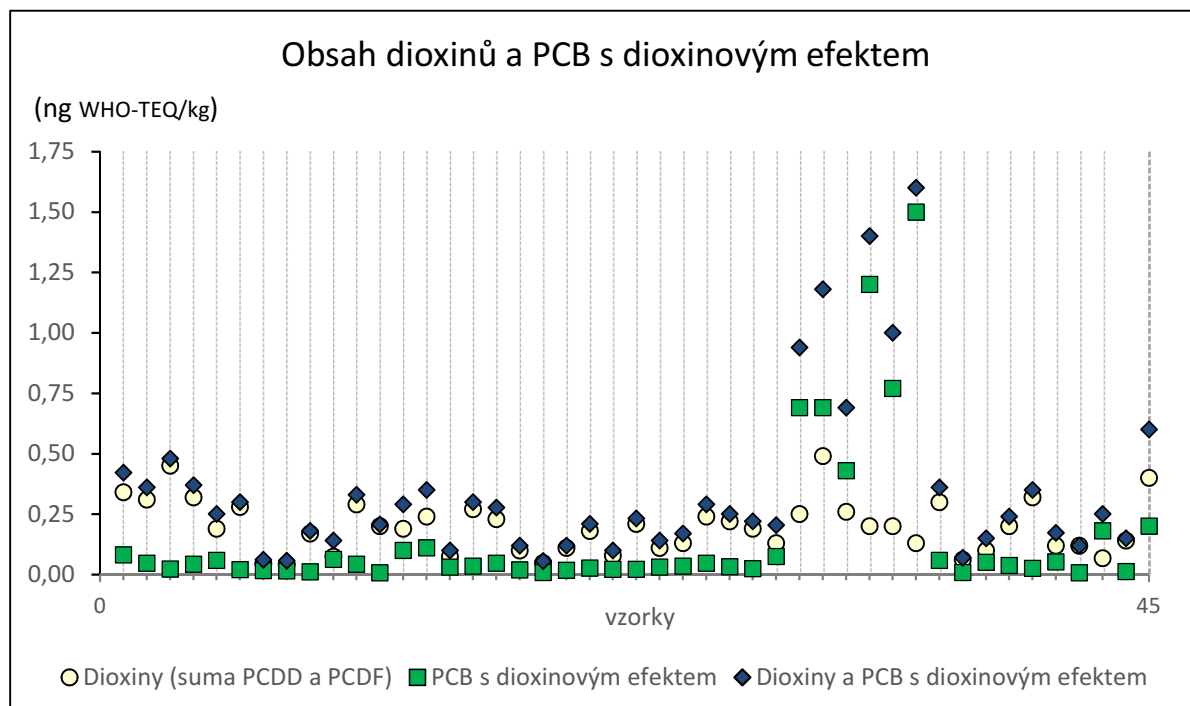
Graf 22 Počet odebraných vzorků krmiv v rámci cílené kontroly POP ve 2010–2018



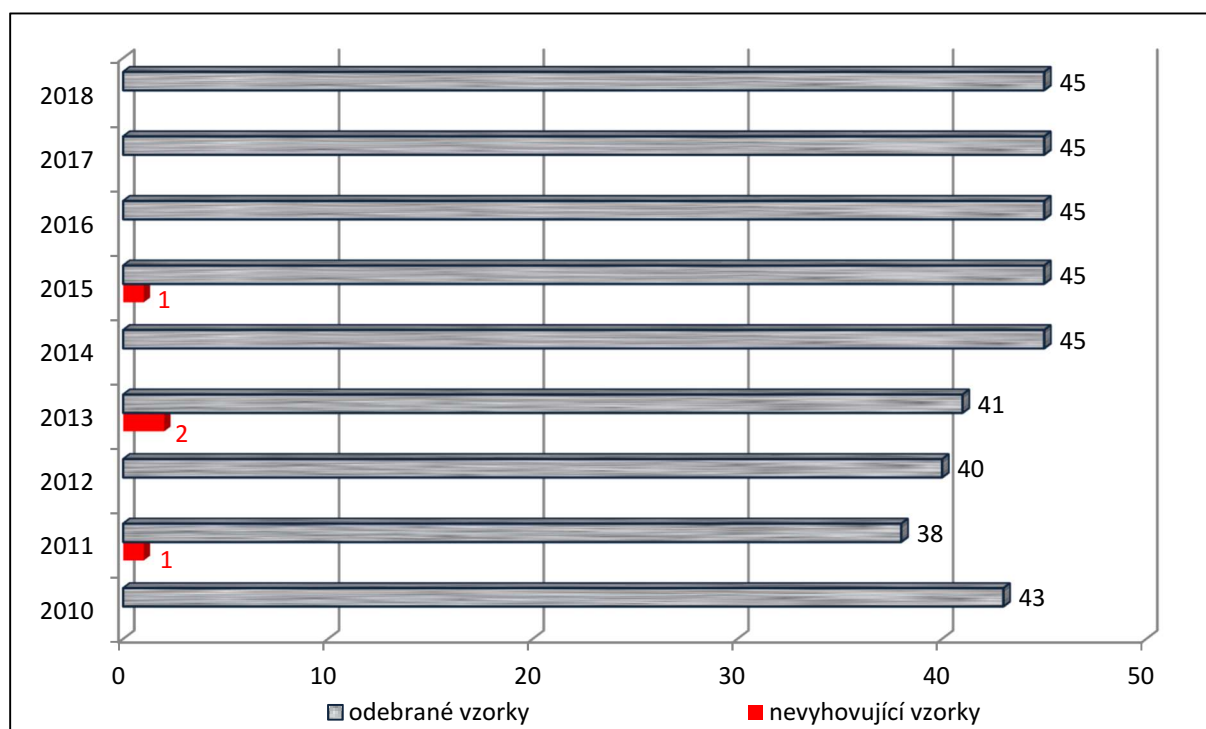
2.2.2 Cílená kontrola dioxinů, furanů a PCB dioxinového typu

V rámci cílené kontroly bylo analyzováno celkem 45 vzorků, zejména minerálních krmiv, rybí moučky, doplňkových krmných směsí a 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 23 Zjištěné obsahy dioxinů a PCB s dioxinovým efektem v krmivech



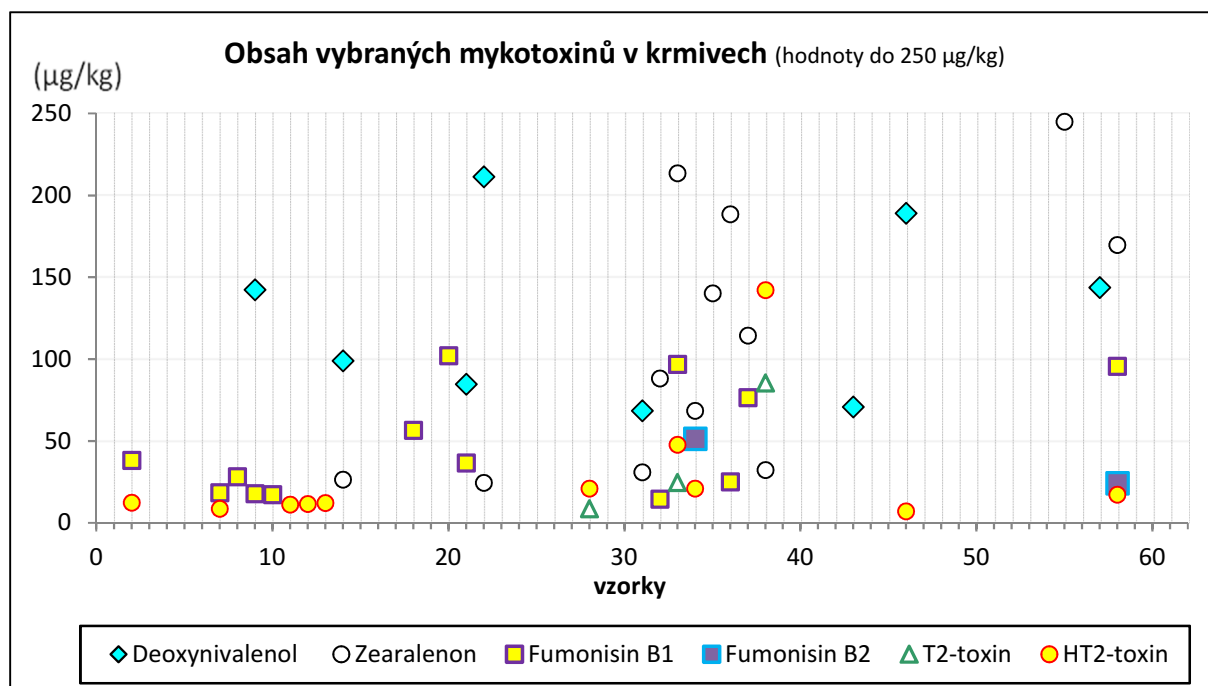
Graf 24 Počet odebraných a nevyhovujících vzorků v rámci cílené kontroly obsahu dioxinů 2010–2018



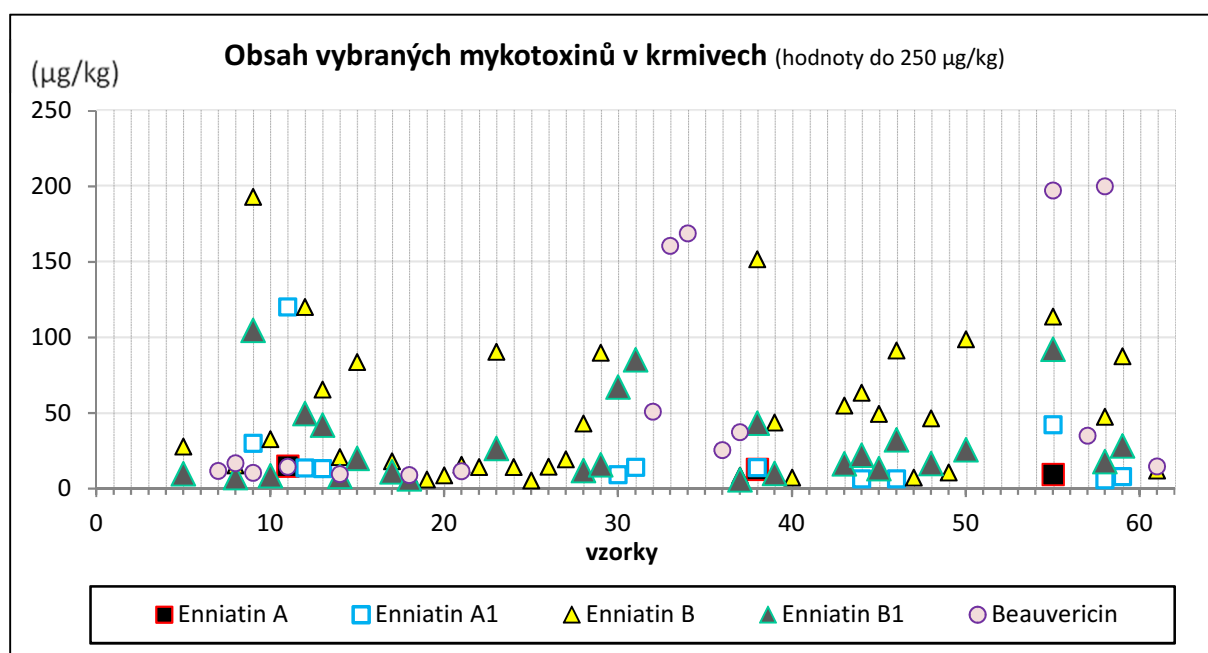
2.2.3 Monitoring mykotoxinů

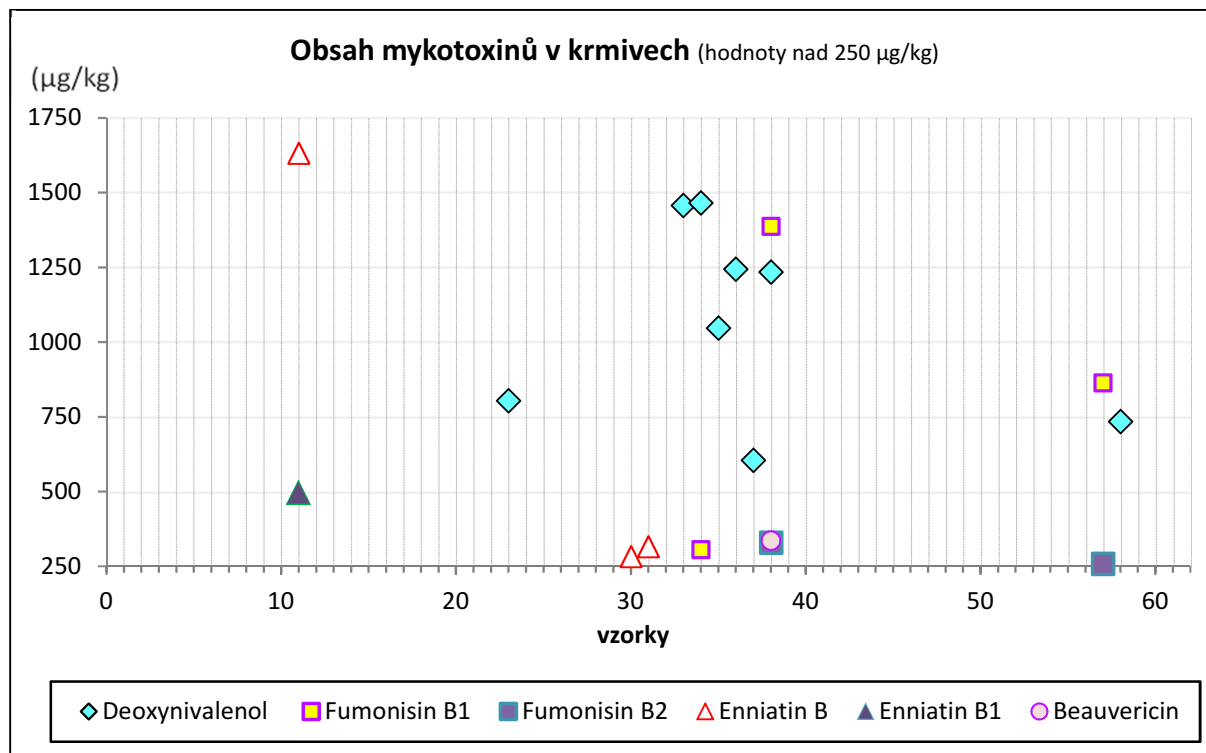
V rámci této kontroly se zjišťuje přítomnost aflatoxinů B₁, B₂, G₁ a G₂, zearalenonu, ochratoxinu A, fumonisinů B₁ a B₂, deoxynivalenolu, T-2 a HT-2 toxinu, beauvericinu, enniatinů A, A₁, B, B₁ a nivalenolu. Bylo odebráno 62 vzorků převážně krmných surovin. Překročení maximálního limitu ani doporučených směrných hodnot obsahu mykotoxinů nebylo zjištěno u žádného vzorku.

Graf 25 Zjištěné obsahy vybraných mykotoxinů (hodnoty nad mezí detekce) do 250 $\mu\text{g.kg}^{-1}$



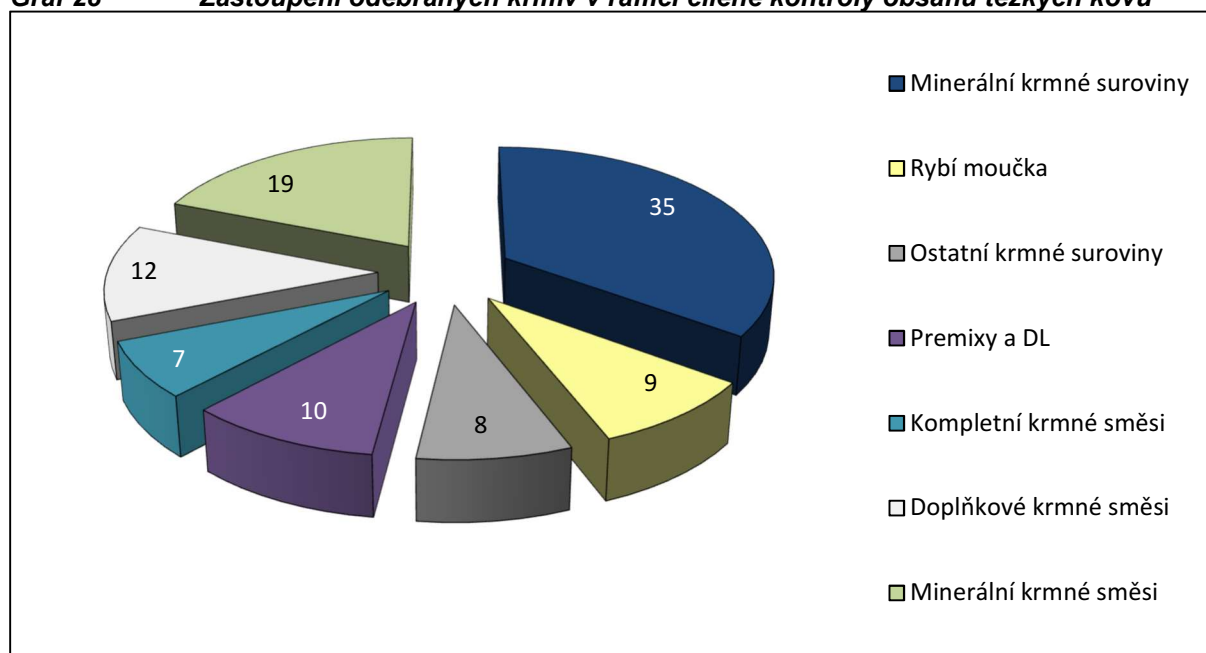
Graf 26 Zjištěné obsahy vybraných mykotoxinů (hodnoty nad mezí detekce) do 250 $\mu\text{g.kg}^{-1}$

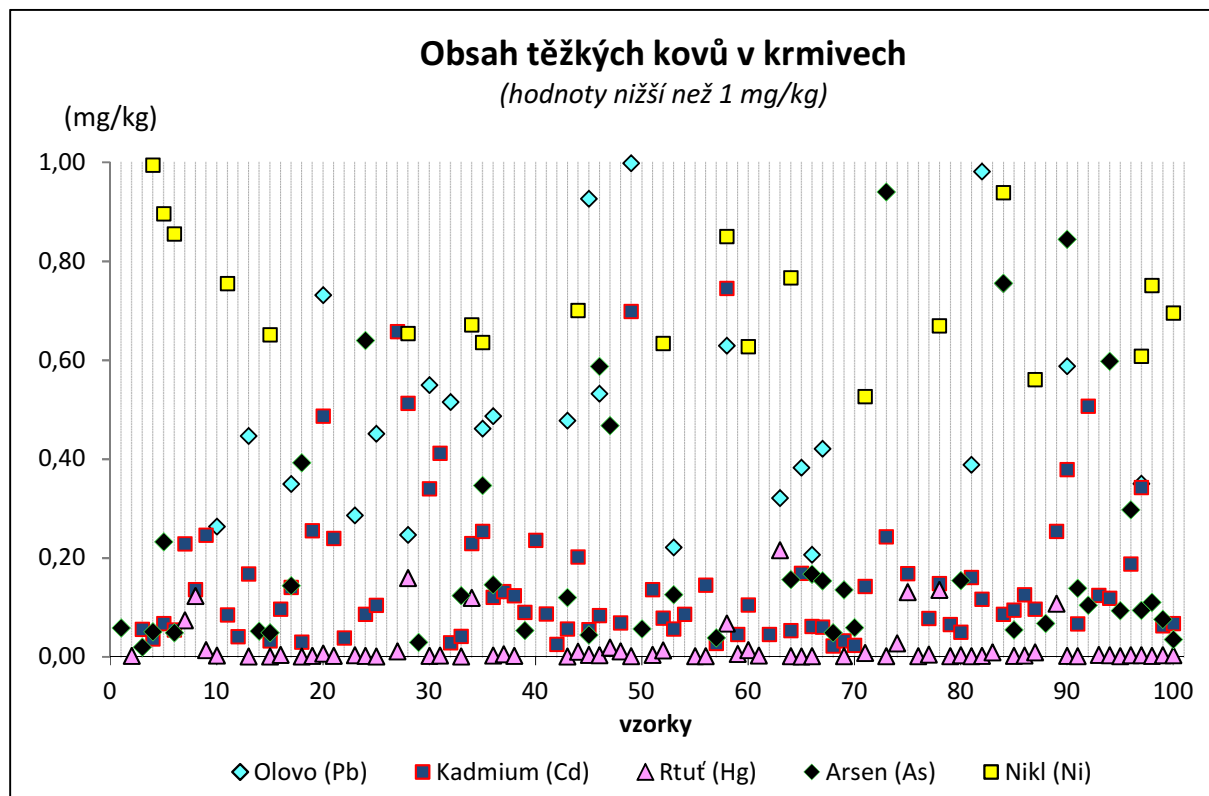
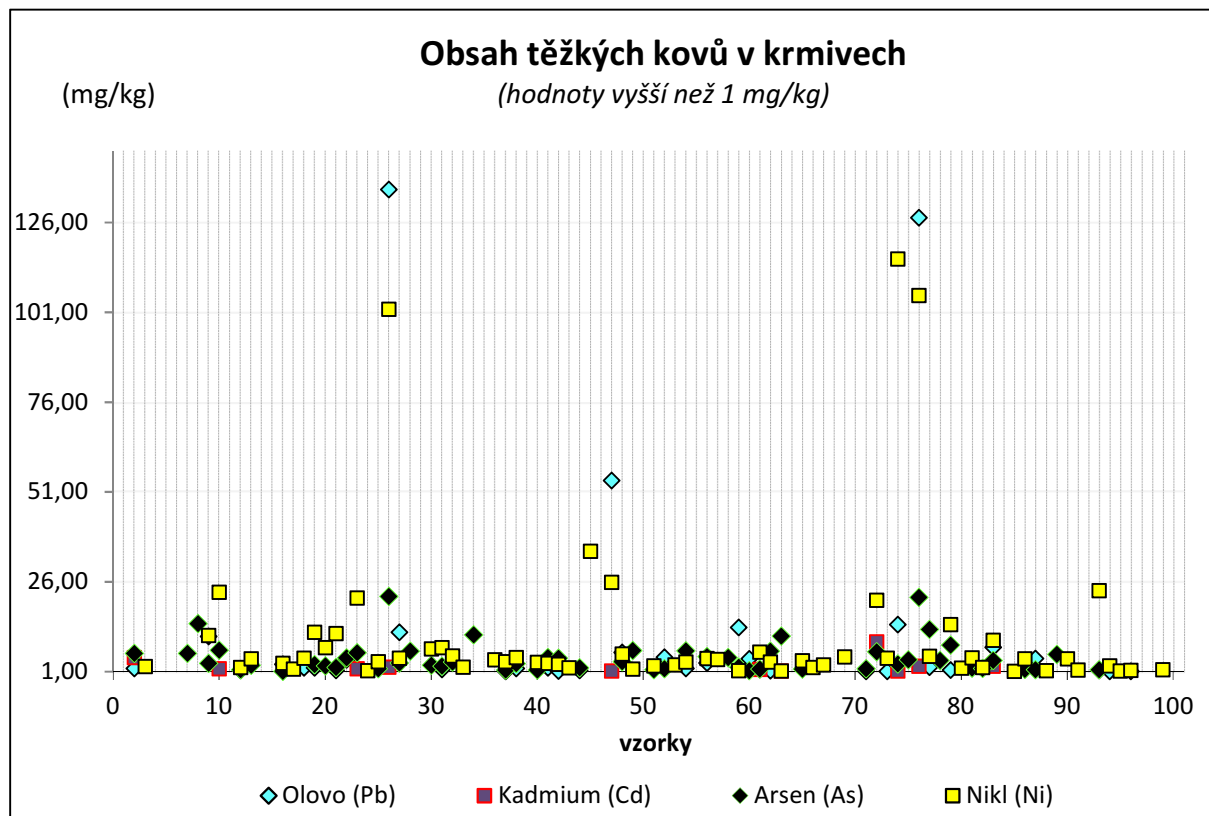


Graf 27 Zjištěné obsahy vybraných mykotoxinů nad 250 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 

2.2.4 Cílená kontrola přítomnosti těžkých kovů v krmivech

Inspektoři odebrali 100 vzorků převážně minerálních látek a minerálních krmiv pro zjištění nežádoucího obsahu těžkých kovů. Byl sledován obsah olova, kadmia, arsenu, rtuti a niklu. Všechny analyzované vzorky vyhověly stanoveným maximálním limitům obsahu sledovaných těžkých kovů.

Graf 28 Zastoupení odebraných krmiv v rámci cílené kontroly obsahu těžkých kovů

Graf 29 *Obsah těžkých kovů v krmivech nad detekčním limitem (hodnoty <1 mg.kg⁻¹)***Graf 30** *Obsah těžkých kovů v krmivech nad detekčním limitem (hodnoty >1 mg.kg⁻¹)*

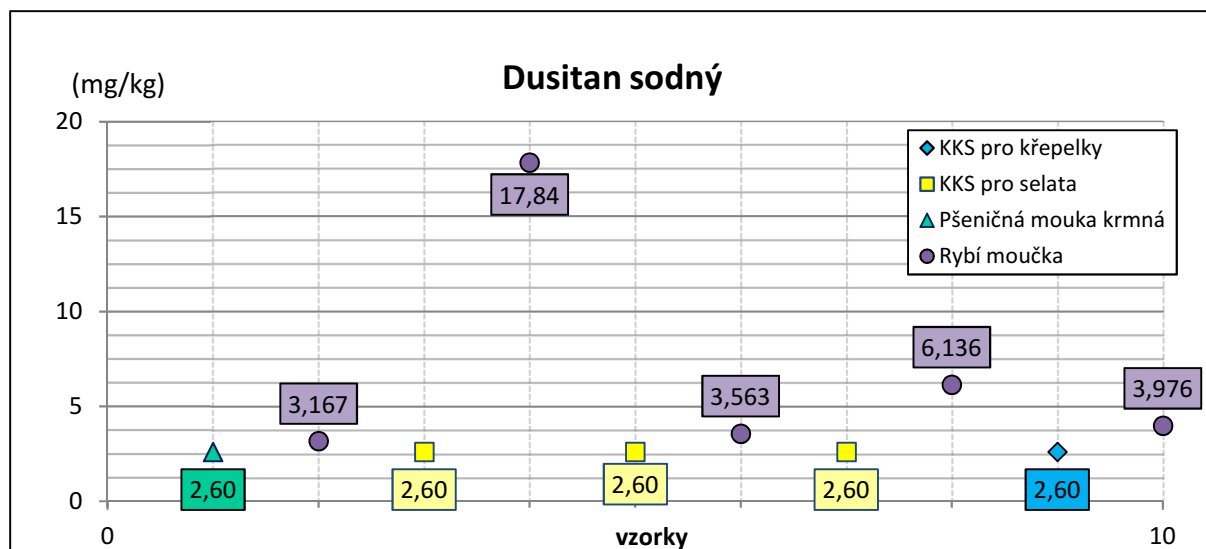
2.2.5 Cílená kontrola přítomnosti dalších nežádoucích látek v krmivech

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

Dusitany

V rámci cílené kontroly bylo odebráno 10 vzorků krmiv pro stanovení obsahu dusitanů. Sleduje se, zda nebylo použito konzervování krmiv dusitany. Všechny vzorky byly vyhodnoceny jako vyhovující. Limit pro dusitany je 15 mg.kg^{-1} u krmných směsí nebo 30 mg.kg^{-1} pro rybí moučku.

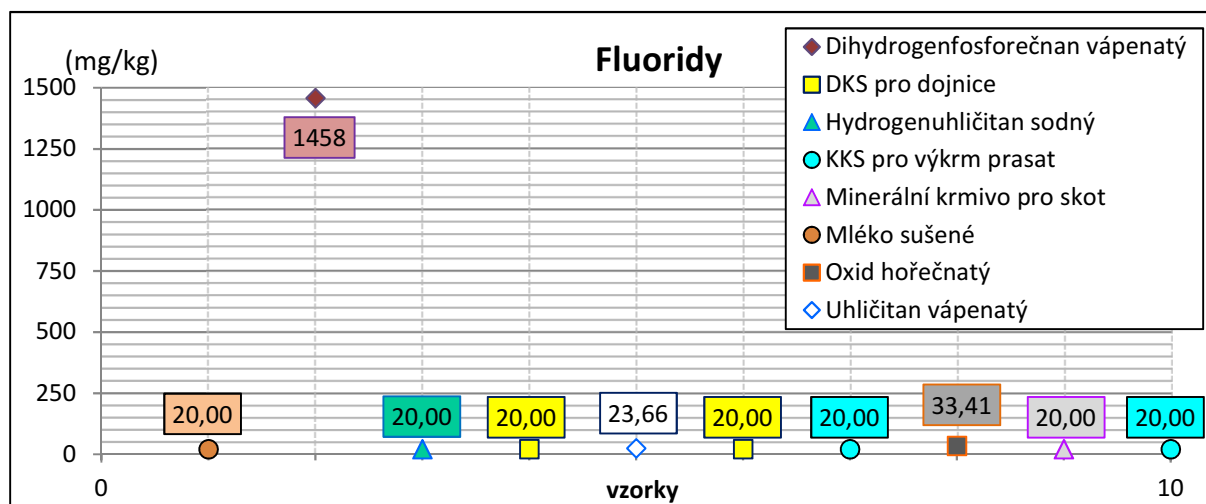
Graf 31 Obsah dusitanu sodného v odebraných vzorcích krmiv



Fluoridy

Bylo odebráno 10 vzorků krmných surovin nebo krmných směsí pro různé druhy hospodářských zvířat za účelem stanovení obsahu fluoridů. Z odebrané skupiny 7 vzorků nepřekročilo detekční mez analýzy, žádný analyzovaný vzorek neporušil maximální povolený limit obsahu fluoridů.

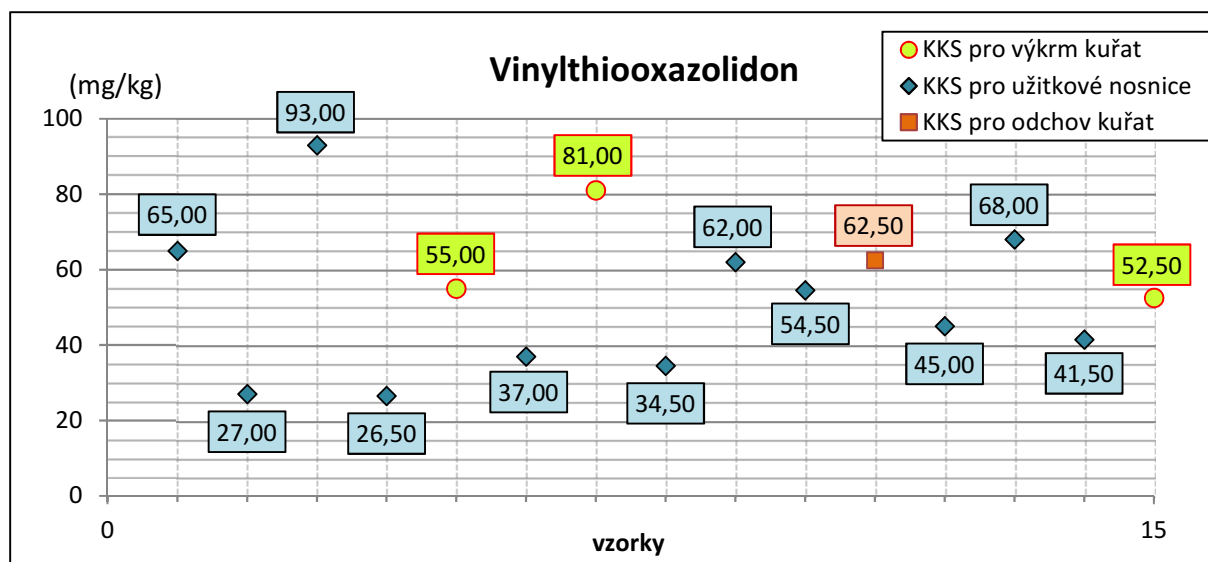
Graf 32 Obsah fluoridů v odebraných vzorcích krmiv



Vinylthiooxazolidon

Vinylthiooxazolidon se vyskytuje v krmivech s obsahem řepky. V 15 vzorcích kompletních směsí pro drůbež nebylo zjištěno překročení maximálního povoleného limitu nežádoucí látky.

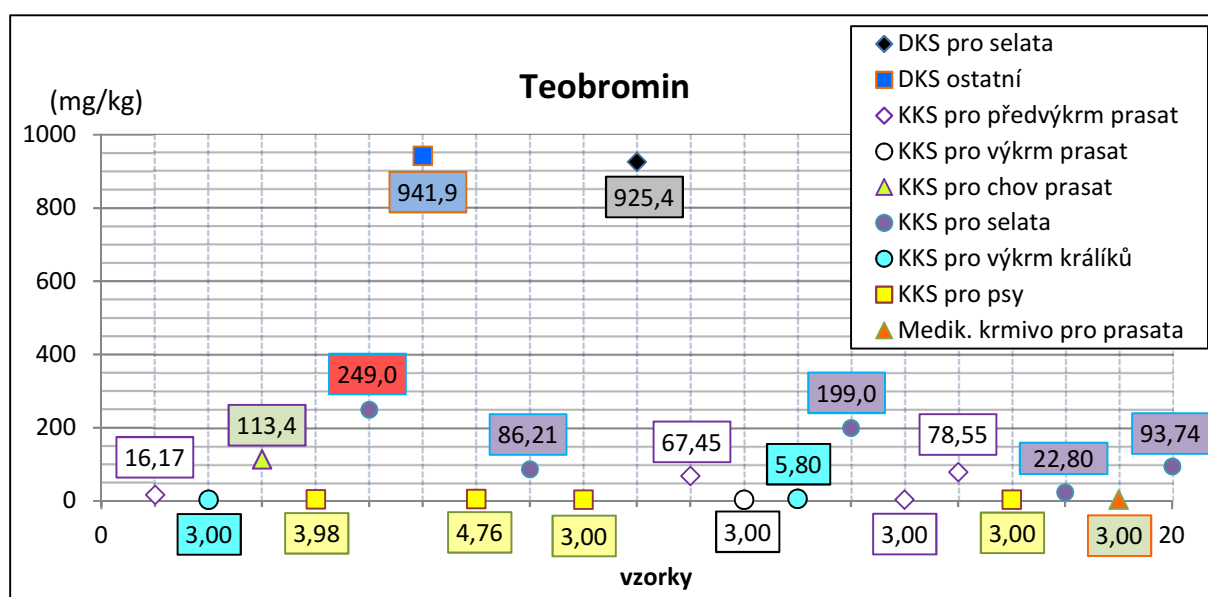
Graf 33 Obsah vinylthiooxazolidonu v odebraných vzorcích krmiv



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. Byl zjištěn 1 vzorek kompletního krmiva pro selata (ČOS), který překročil maximální povolený limit obsahu teobrominu 200 mg.kg^{-1} .

Graf 34 Obsah teobrominu v odebraných krmivech (v červeném poli hodnota nevyhovujícího vzorku)



Melamin

Bylo odebráno 10 vzorků převážně kompletních krmných směsí pro psy a kočky za účelem stanovení obsahu melaminu a kyseliny kyanurové. Výsledky všech analyzovaných vzorků se pohybovaly pod úrovní detekčního limitu analytických přístrojů $0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$.

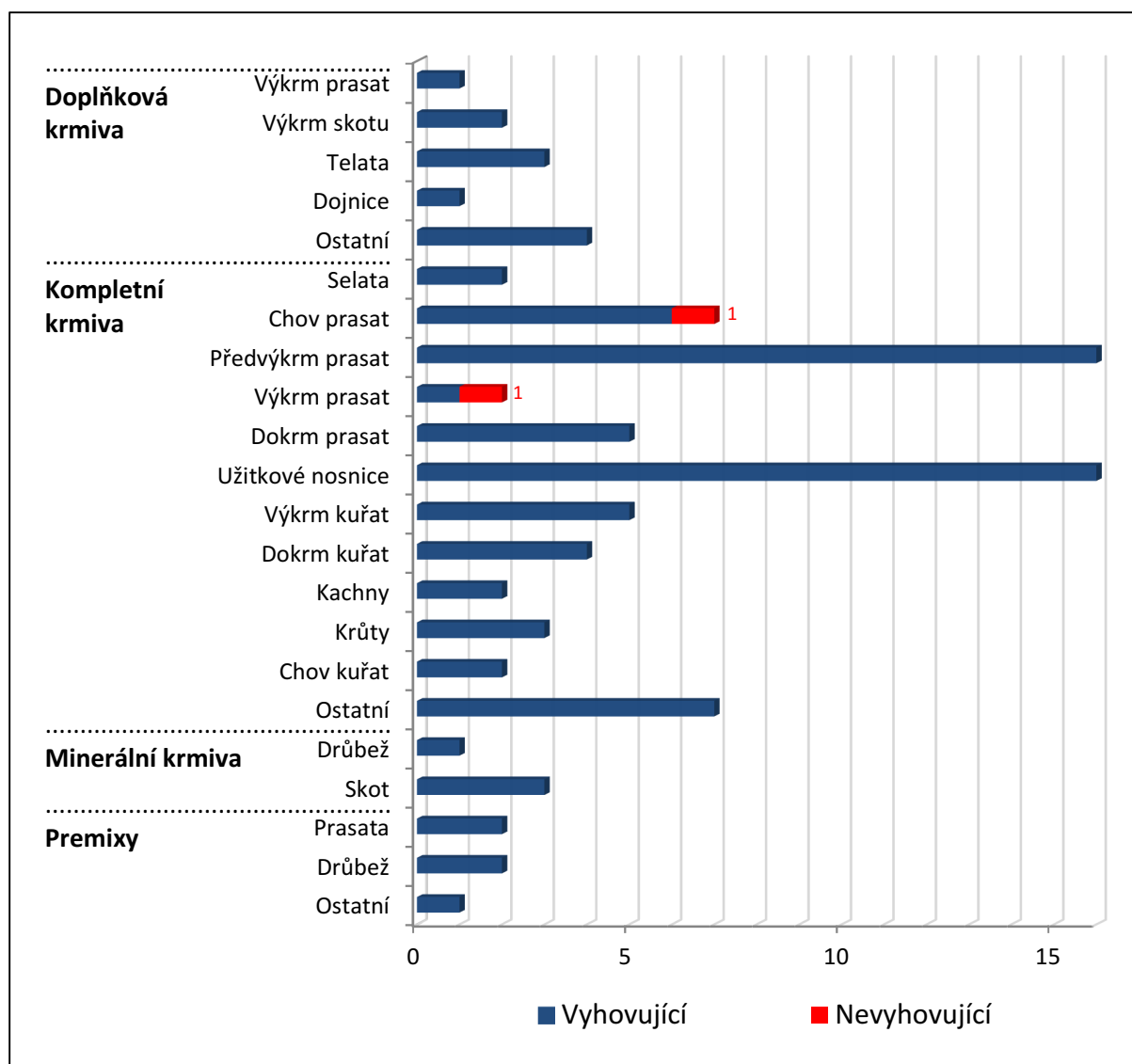
2.3 Sledování správného používání doplňkových látek

2.3.1 Cílená kontrola používání kokcidostatik

Cílená kontrola ověřuje dodržování deklarovaného obsahu kokcidostatika 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 93 vzorků kompletních, doplňkových a minerálních krmných směsí a premixů.

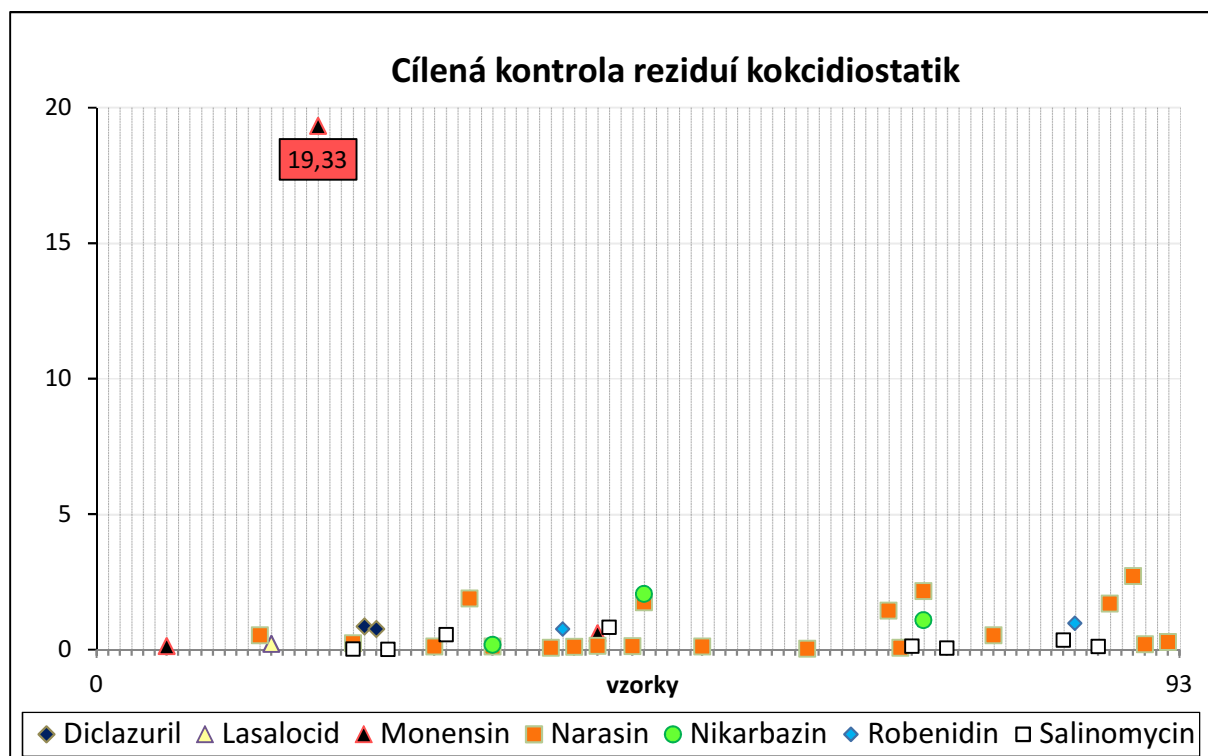
Byl zjištěn 1 případ porušení maximálního limitu rezidua monensinu u krmné směsi určené pro chov prasat. Jedno krmivo pro výkrm prasat A2 vyhovělo obsahem reziduí kokcidostatik, avšak nevyhovělo deklarovaným obsahem selenu. Kontrola dodržování deklarovaného obsahu kokcidostatik vyhodnotila všechny analyzované vzorky krmných směsí i premixů jako vyhovující.

Graf 35 Odebrané vzorky v rámci cílené kontroly křížové kontaminace krmiv kokcidostatiky

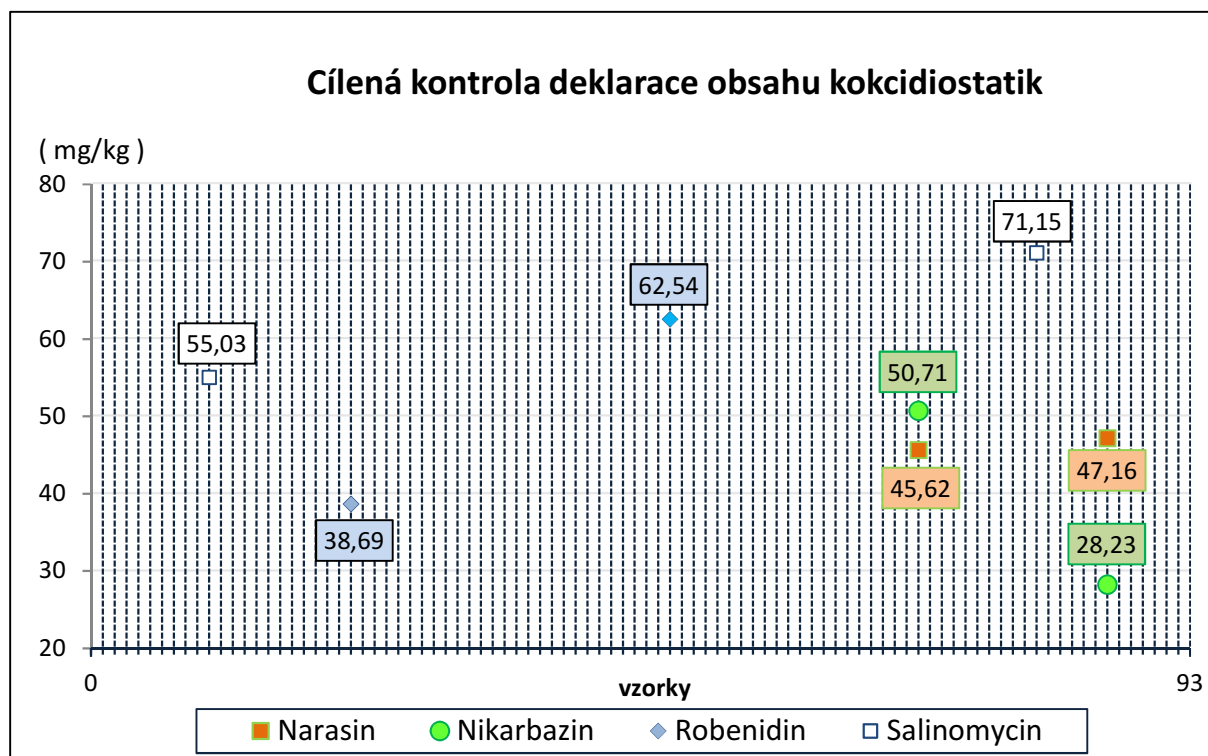


Nejčastěji byly odebírány kompletní krmné směsi (73 vzorků) s převahou krmných směsí pro výkrm prasat a krmiv pro užitkové nosnice.

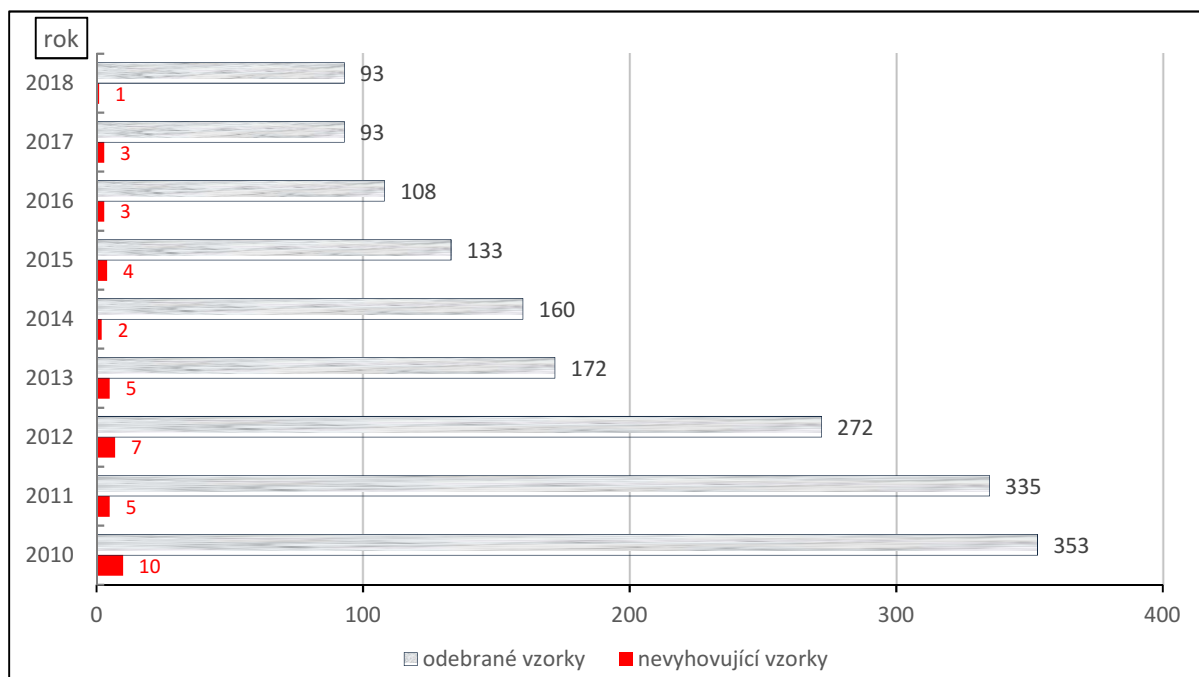
Graf 36 Křížová kontaminace krmiv kokcidiostatiky nad mezí detekce analýzy (v červeném poli hodnota nevyhovujícího vzorku)



Graf 37 Výsledky kontroly dodržování deklarovaného obsahu kokcidiostatik

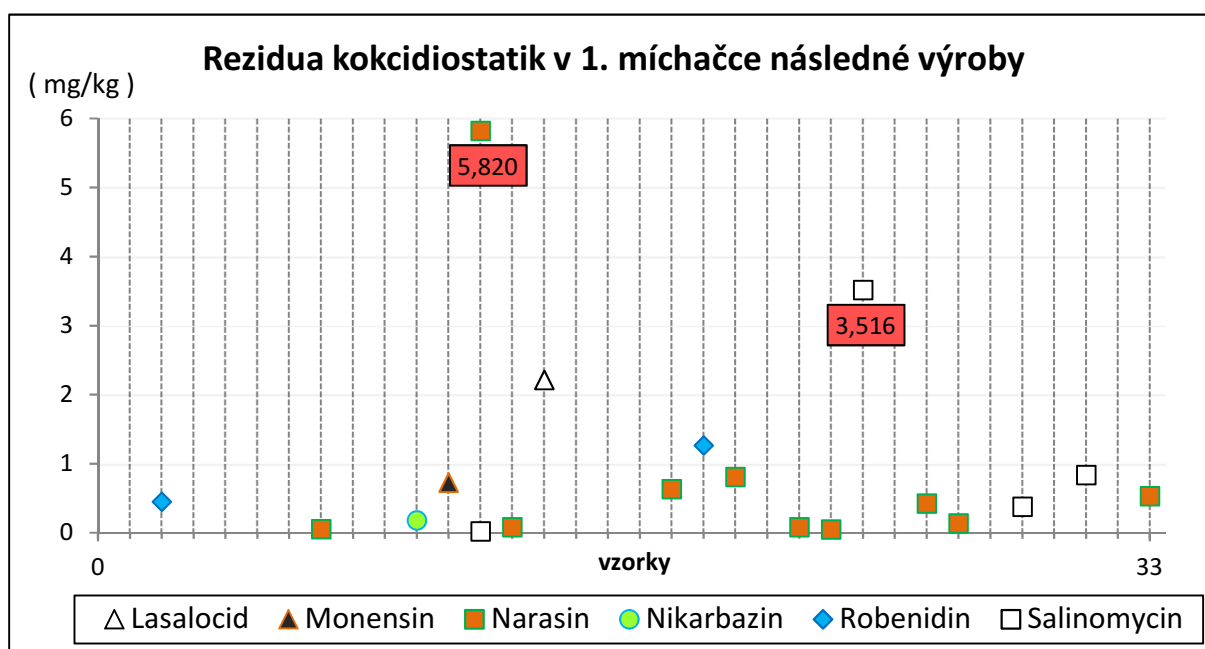


Graf 38 Počty odebraných a nevyhovujících vzorků křížové kontaminace kokcidiostatik 2010–2018



V rámci cílené kontroly byly rovněž sledovány reziduální stopy kokcidiostatik v krmivu, které bylo zpracováno míchacím zařízením výrobce bezprostředně po použití kokcidiostatik. Bylo prověřeno 33 vzorků z nejrizikovější první míchačky následně vyráběných krmiv. Stanovený limit byl překročen u 2 vzorků krmiva pro předvýkrm prasat (A1) obsahem reziduí narasinu, resp. salinomycinu. Odpovědní provozovatelé neprodleně zavedli účinnější postupy dekontaminace výrobní linky pro zabránění přenosů křížové kontaminace do následné výroby.

Graf 39 Rezidua kokcidiostatik v 1. míchačce následné výroby, hodnoty nad mezí detekce stanovení (v červených polích uvedeny hodnoty nevyhovujících vzorků)

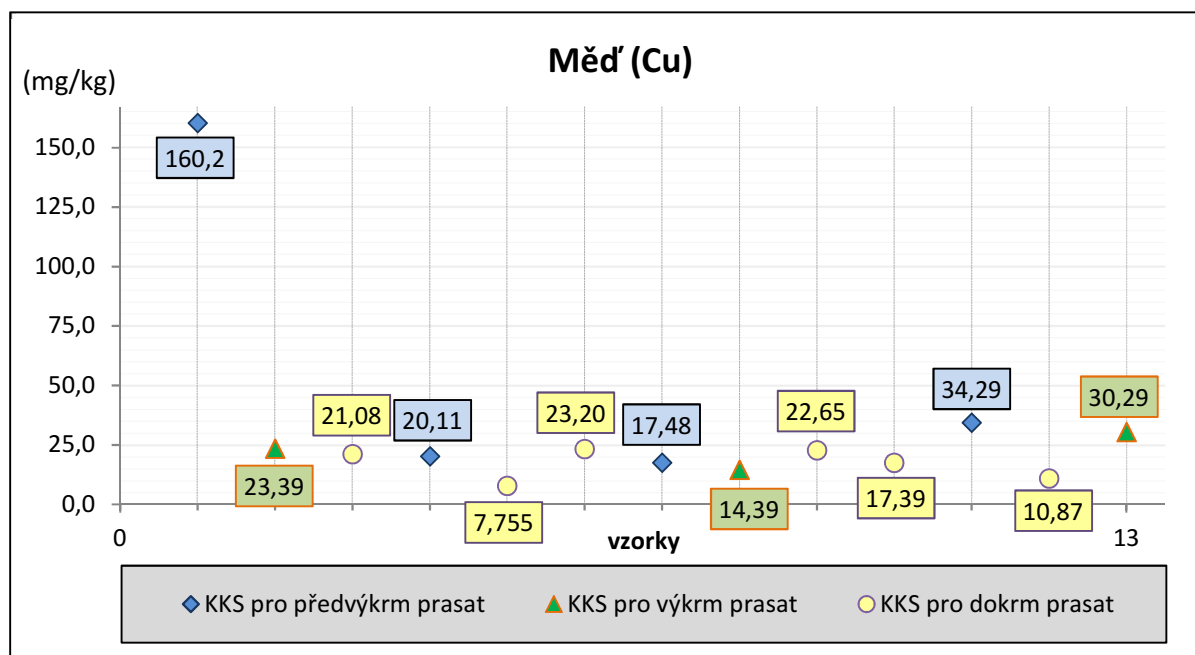


2.3.2 Cílená kontrola dodržování limitů doplňkových látek

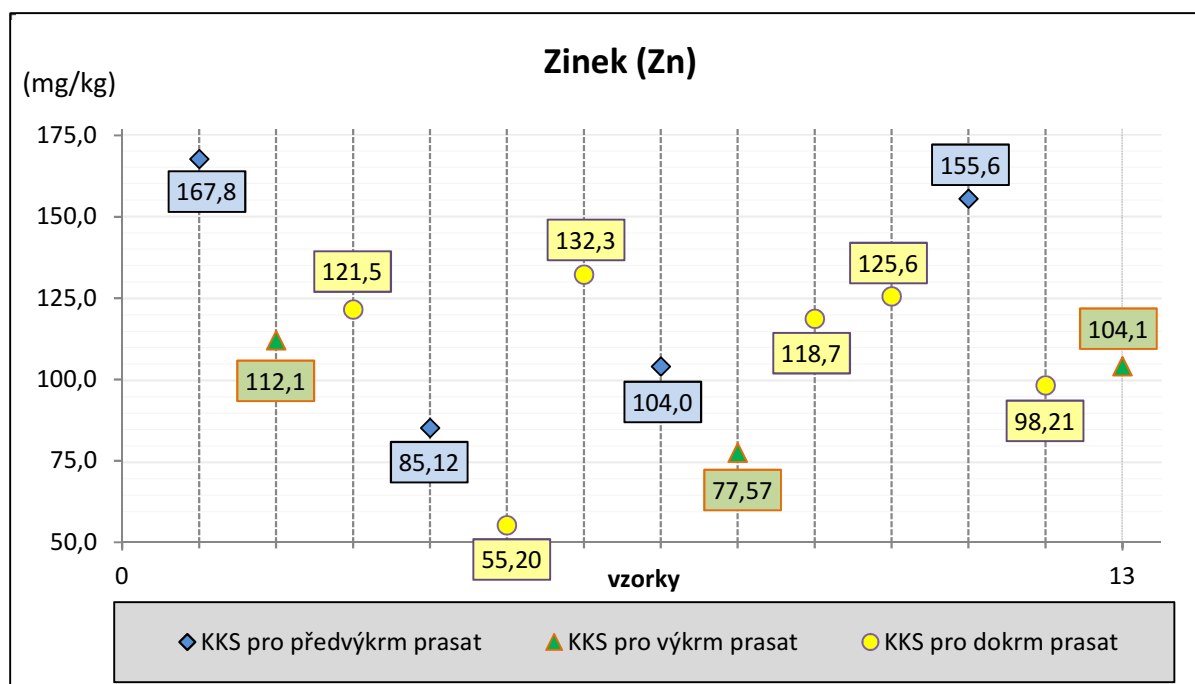
Při této kontrole se sledovalo dodržování maximálních limitů mědi, zinku, manganu, železa, selenu, jódu, vitamínu A a vitamínu D₃. Odebráno bylo 50 vzorků krmných směsí. Převažovala kompletní krmiva pro výkrm prasat a drůbeže. Překročení limitu sledovaných doplňkových látek bylo zjištěno u 3 vzorků kompletních krmných směsí (2 vzorky KKS pro selata ČOS s nadlimitním obsahem zinku, 1 KKS pro výkrm králíků s překročeným limitem obsahu mědi).

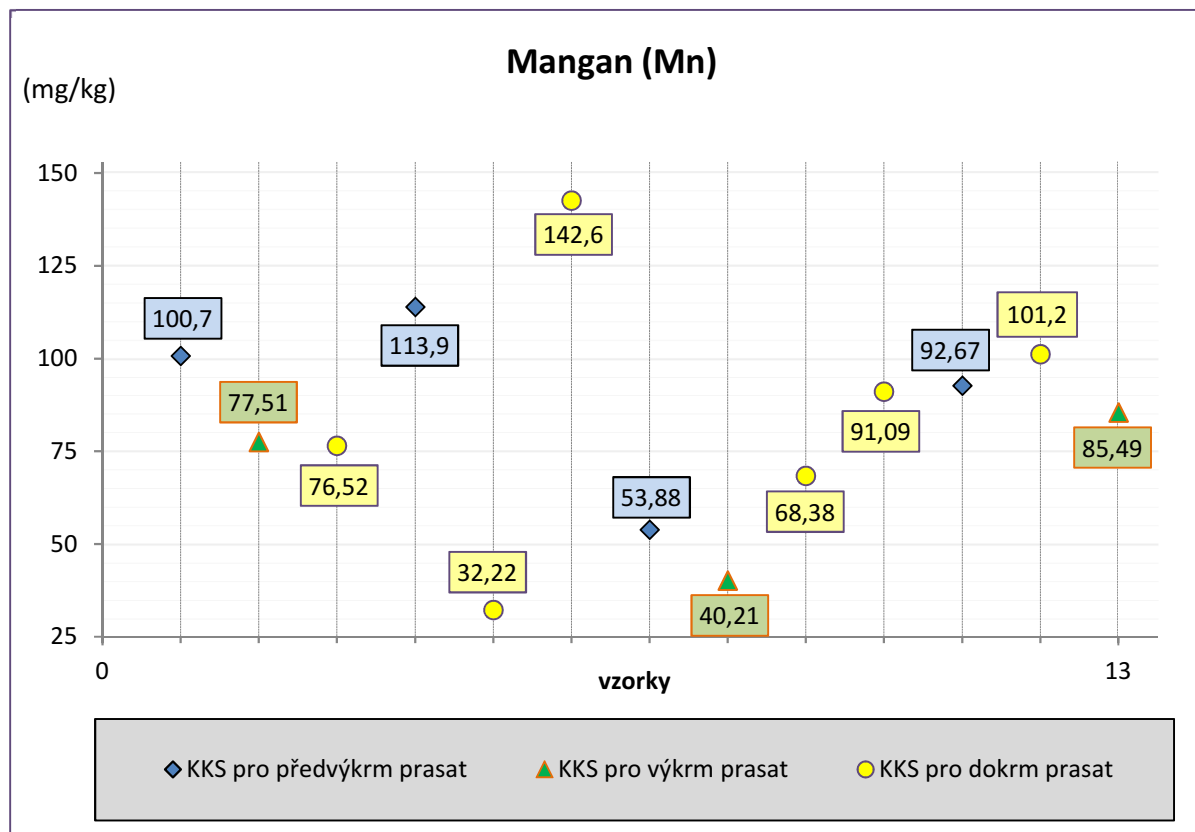
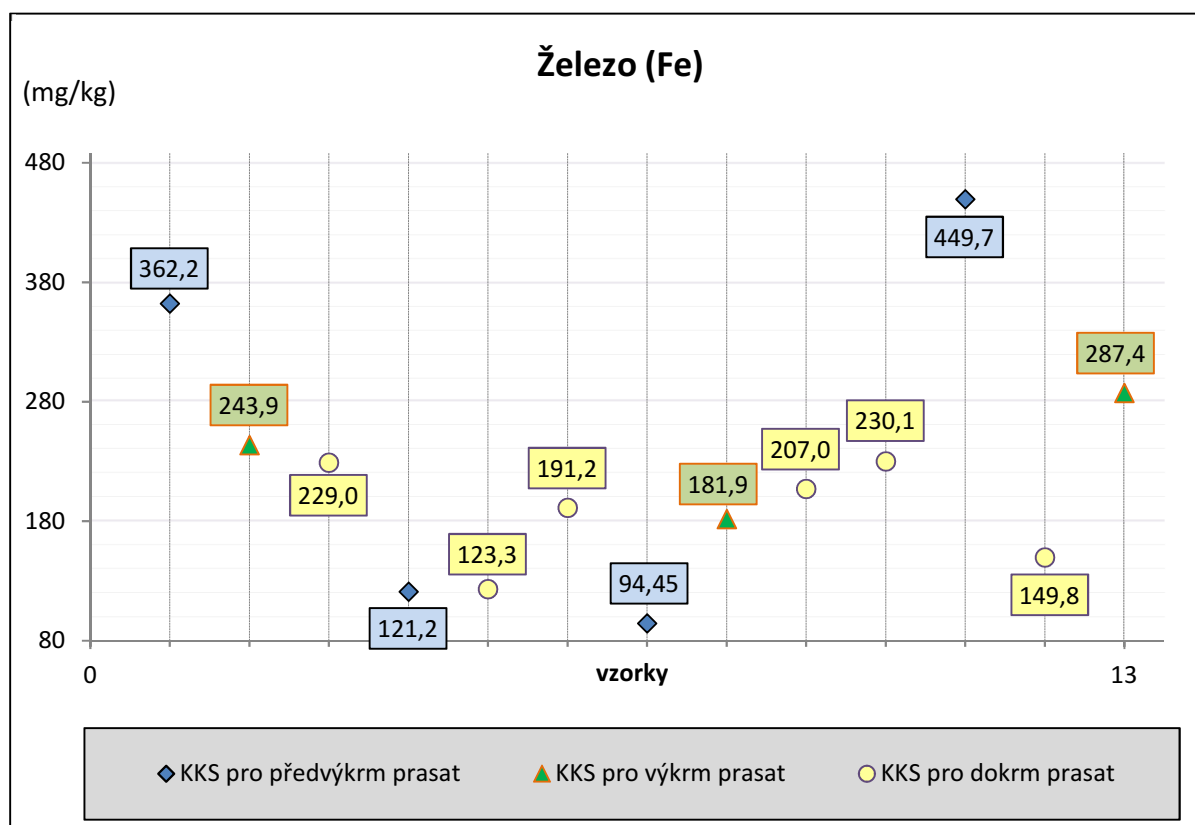
KRMIVA PRO VÝKRM PRASAT

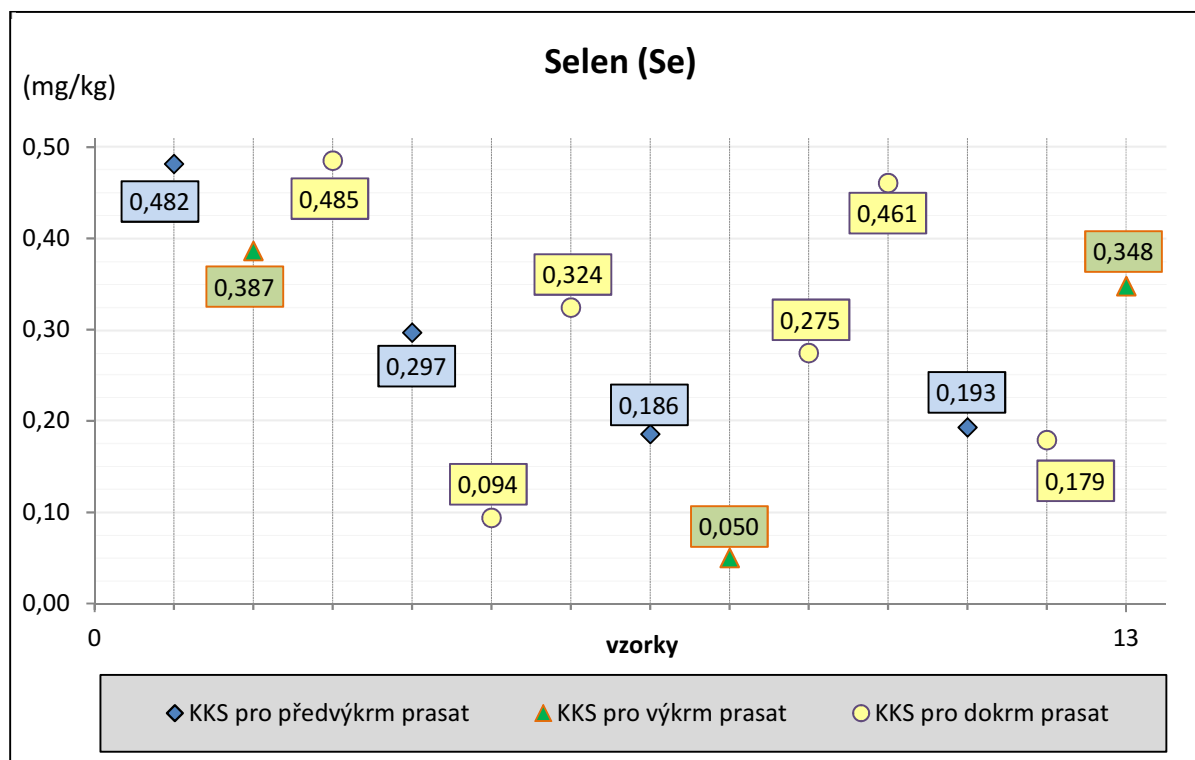
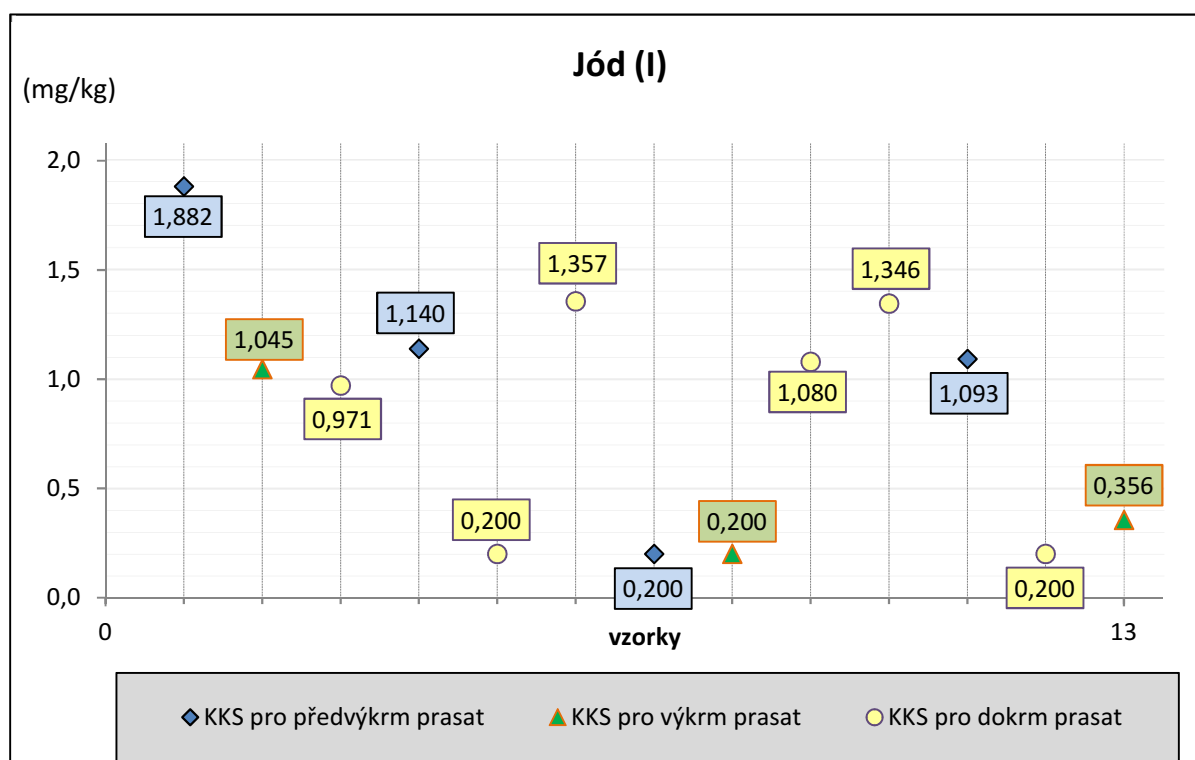
Graf 40 *Obsah mědi v kompletních krmných směsích pro výkrm prasat*

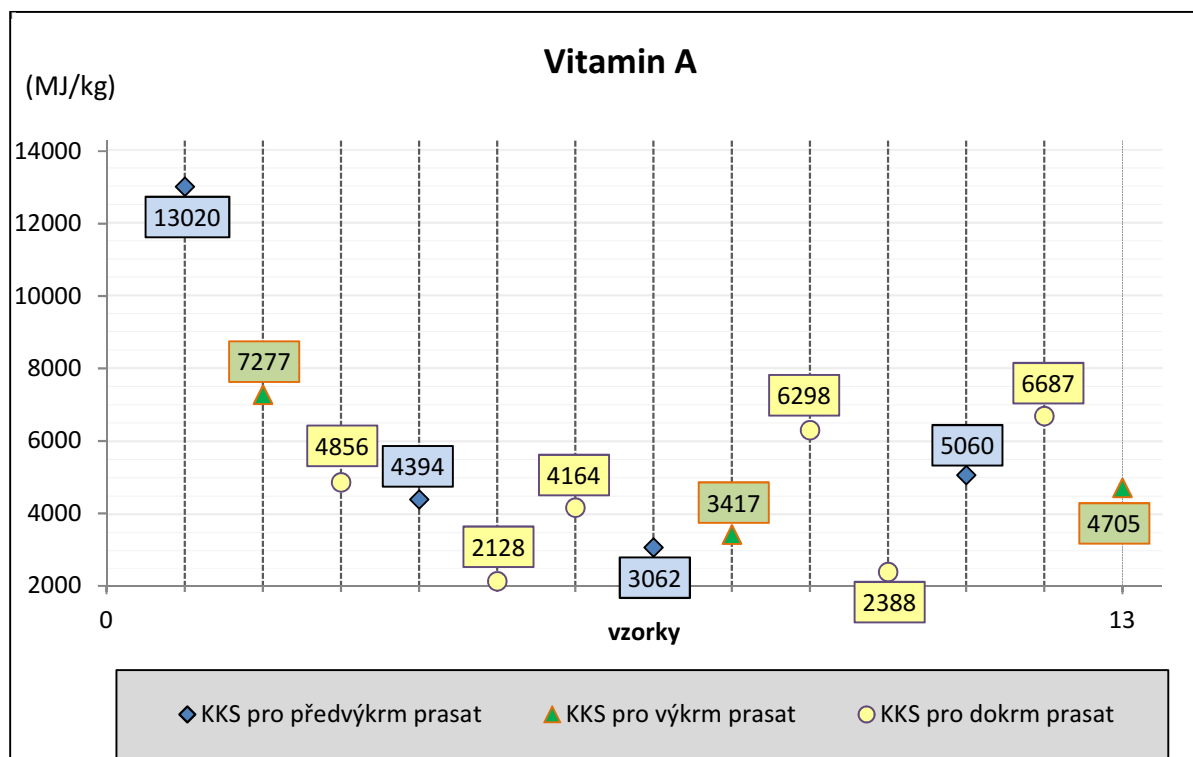
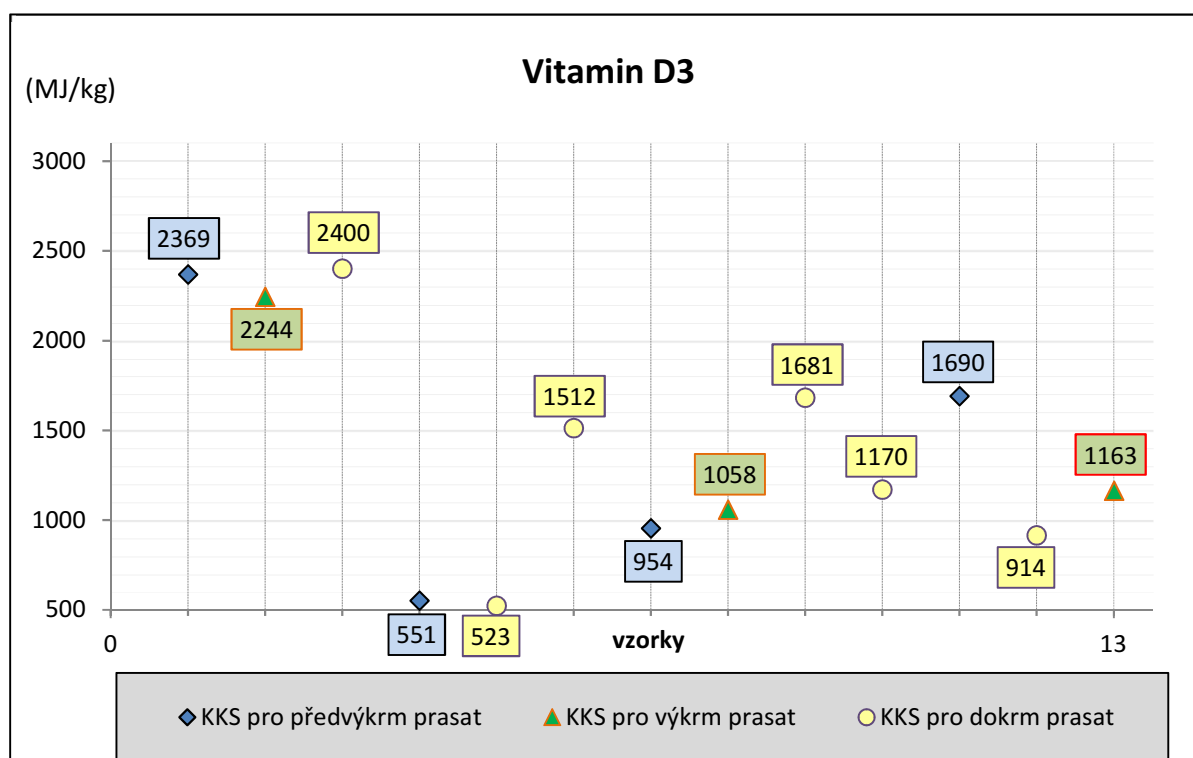


Graf 41 *Obsah zinku v kompletních krmných směsích pro výkrm prasat*

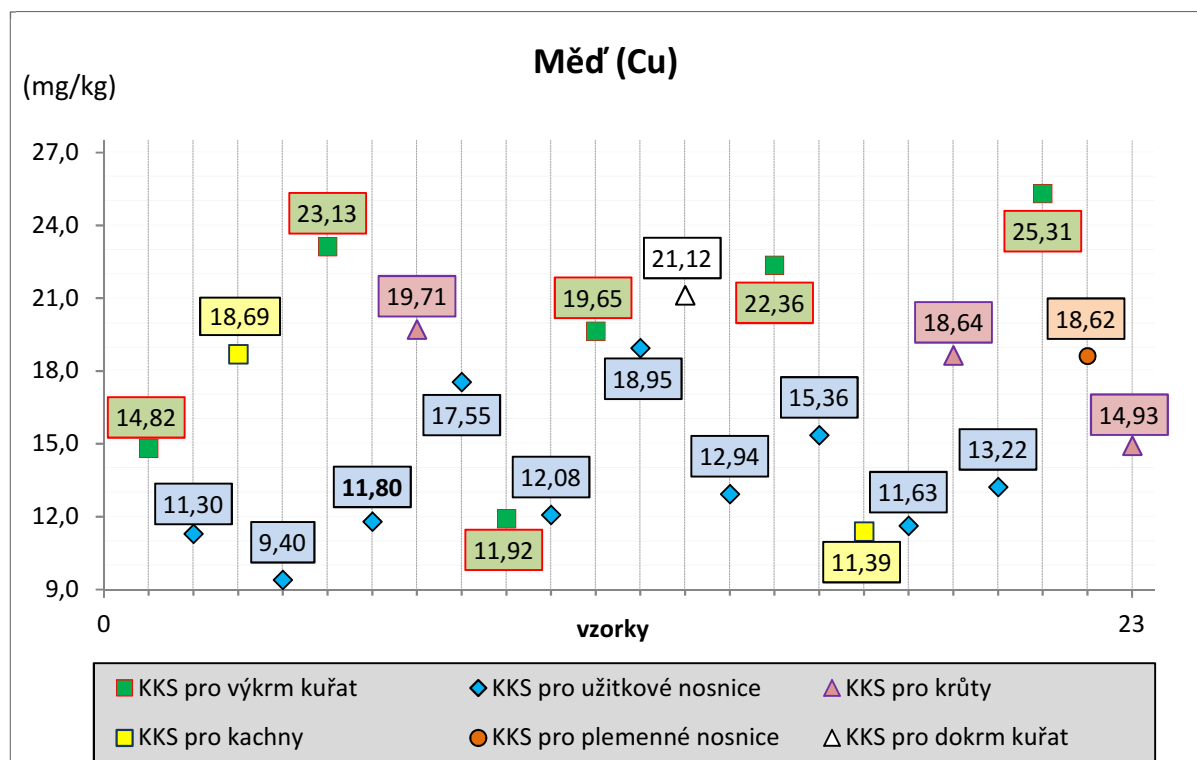
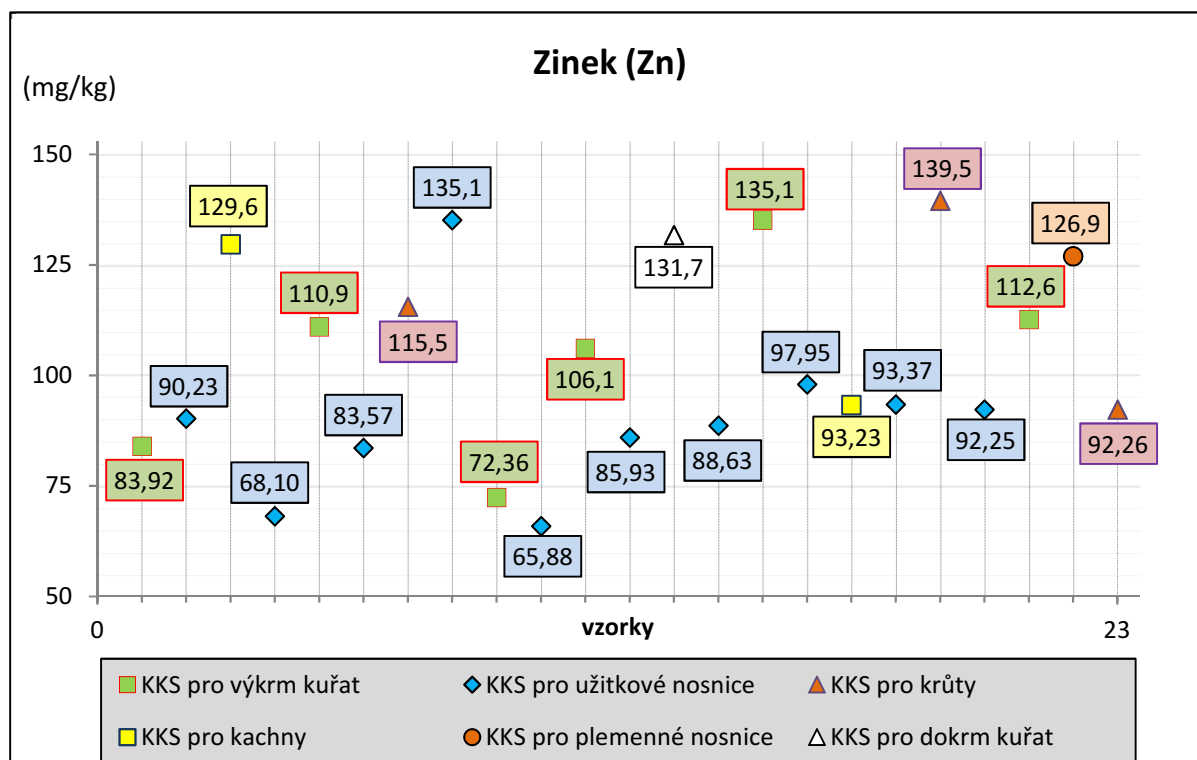


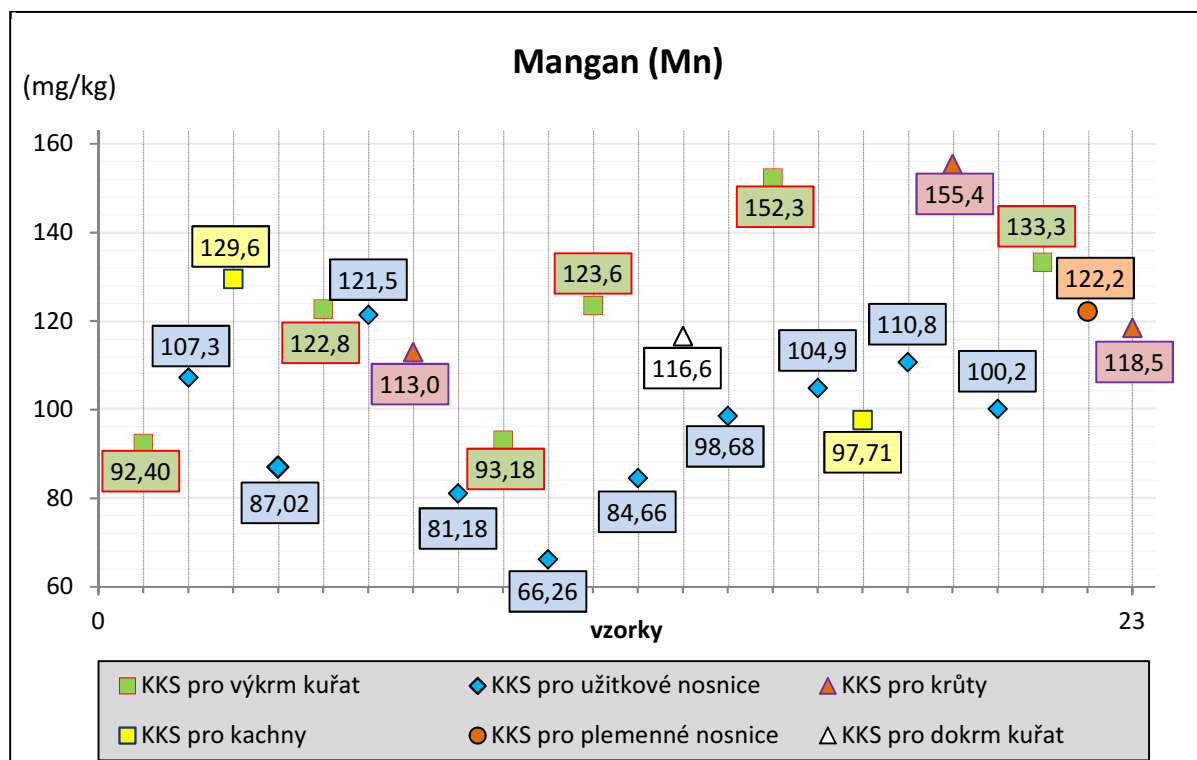
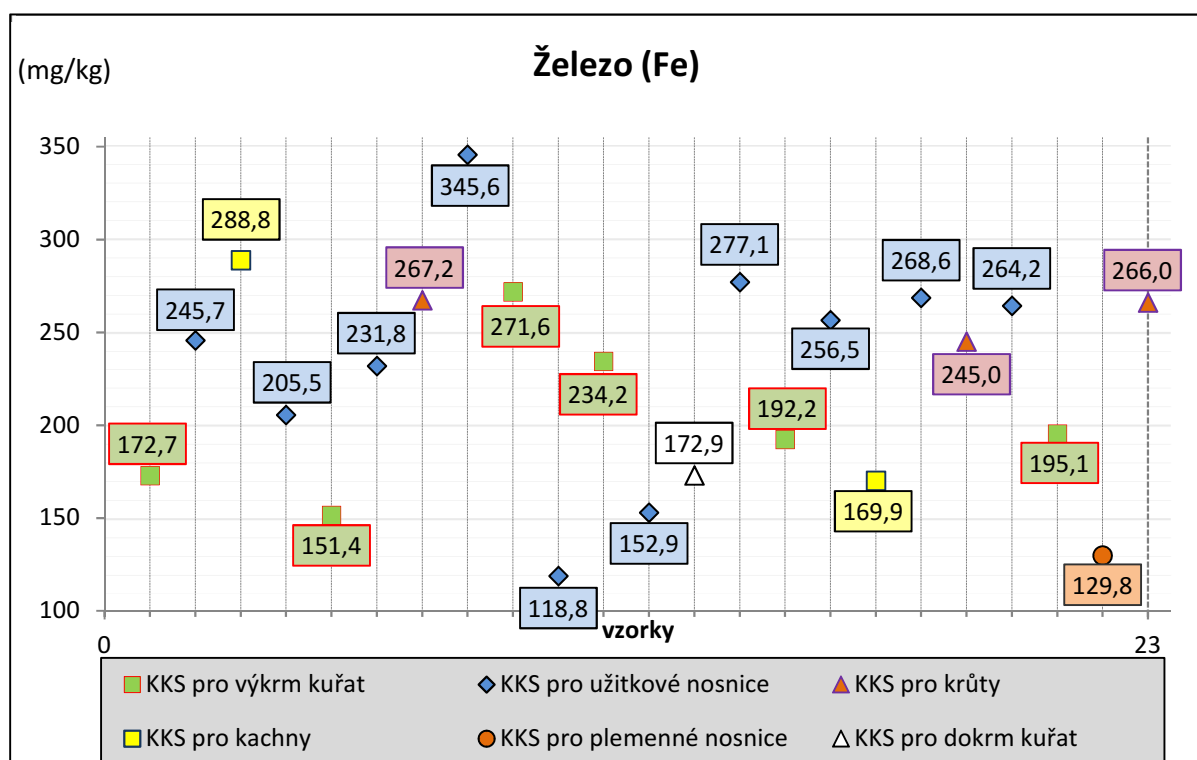
Graf 42 *Obsah manganu v kompletních krmných směsích pro výkrm prasat***Graf 43** *Obsah železa v kompletních krmných směsích pro výkrm prasat*

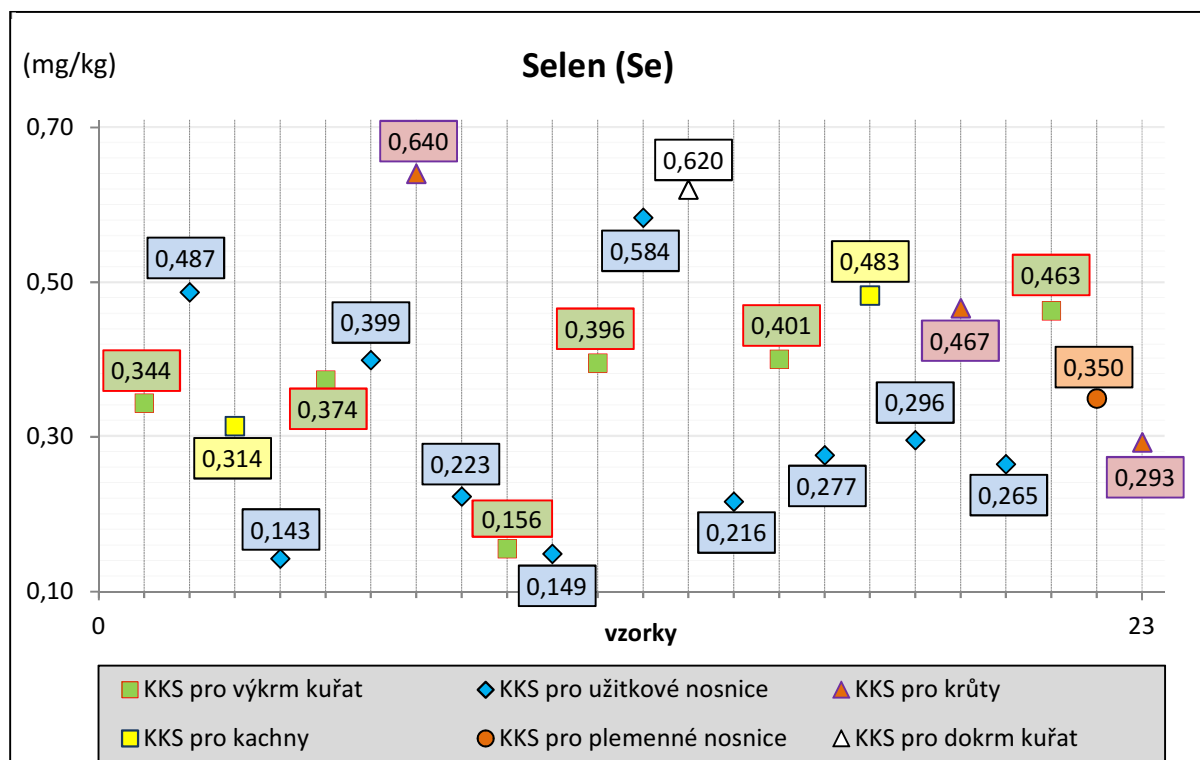
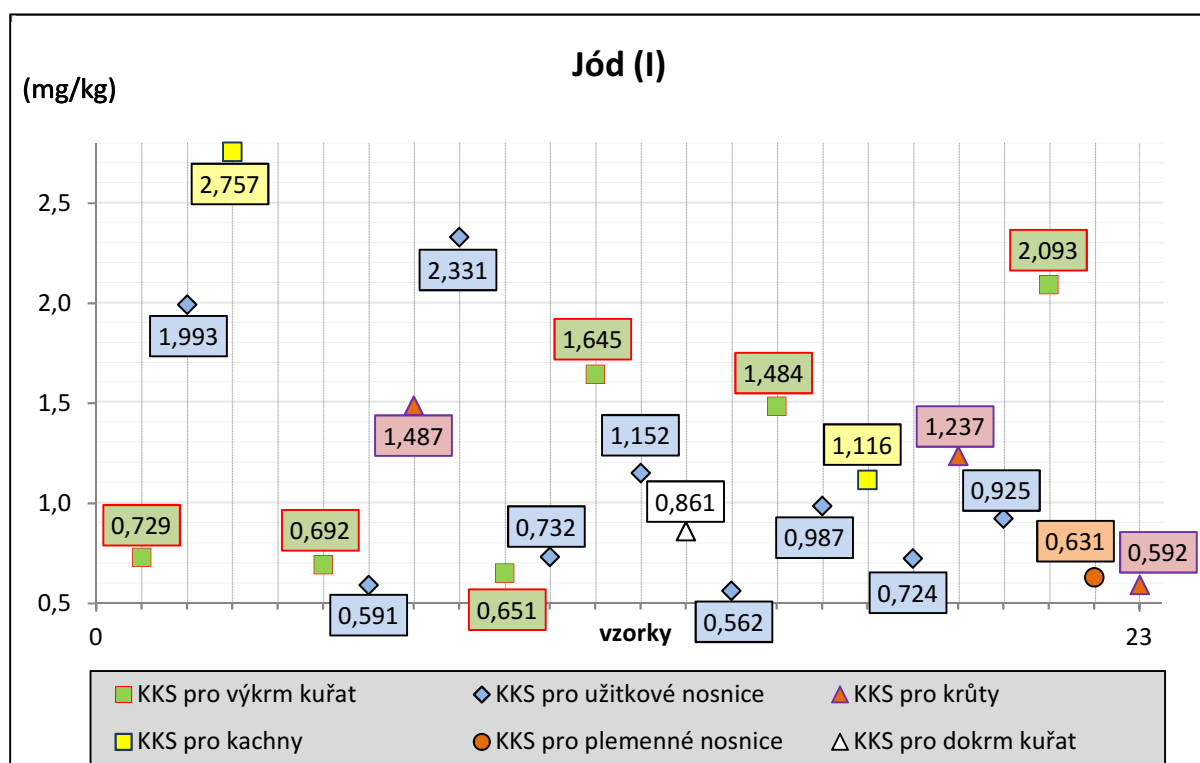
Graf 44 *Obsah selenu v kompletních krmných směsích pro výkrm prasat***Graf 45** *Obsah jódu v kompletních krmných směsích pro výkrm prasat*

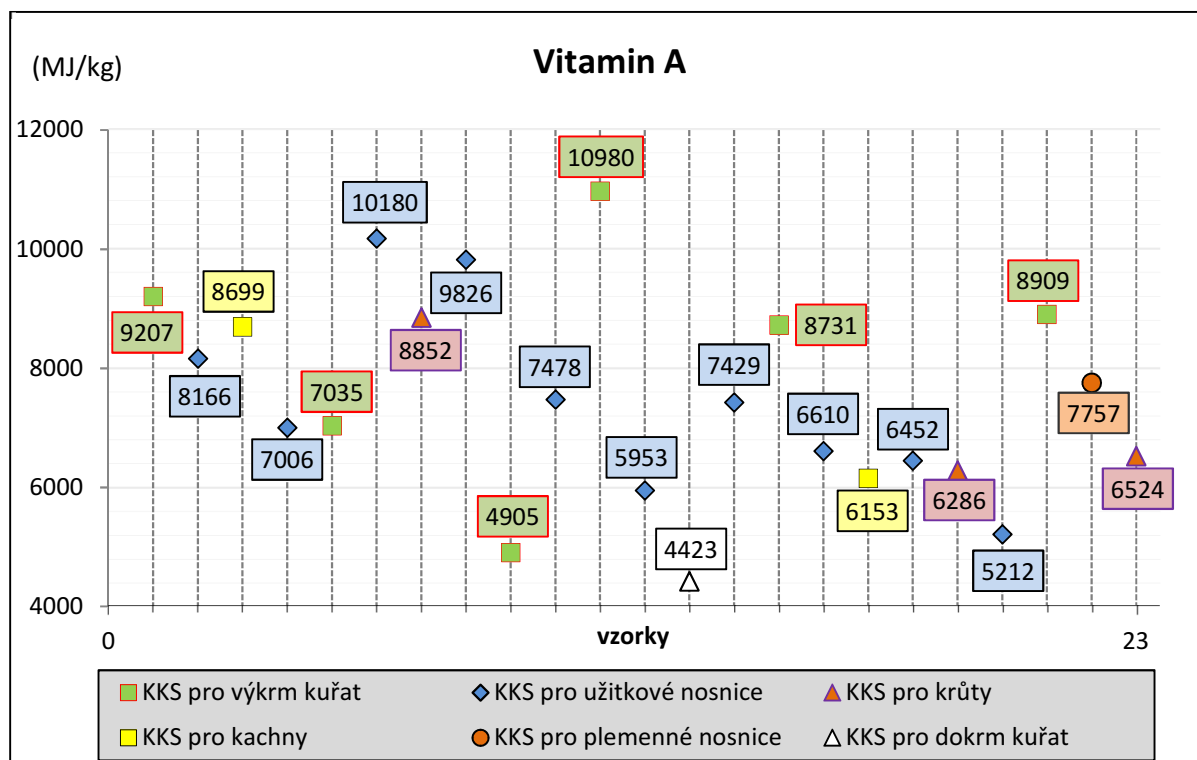
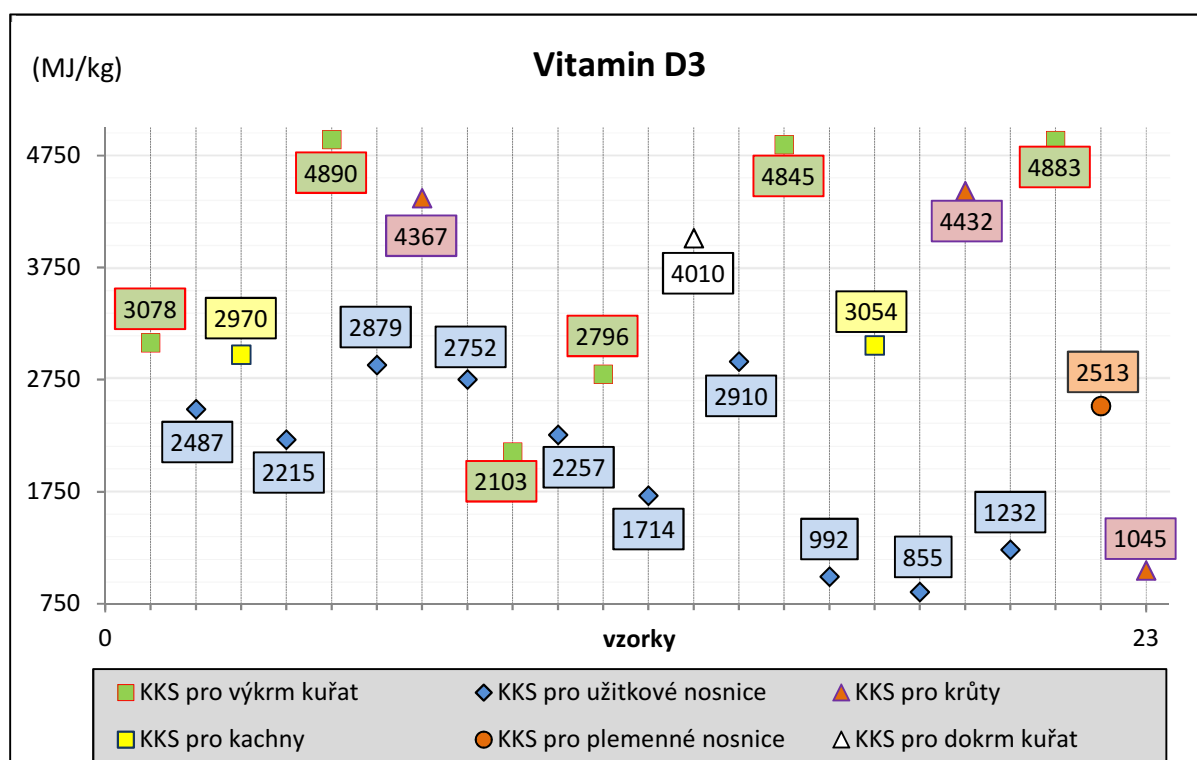
Graf 46 *Obsah vitamínu A v kompletních krmných směsích pro výkrm prasat***Graf 47** *Obsah vitamínu D3 v kompletních krmných směsích pro výkrm prasat*

KRMIVA PRO DRŮBEŽ

Graf 48 Obsah mědi v kompletních krmných směsích určených pro drůbež**Graf 49** Obsah zinku v kompletních krmných směsích určených pro drůbež

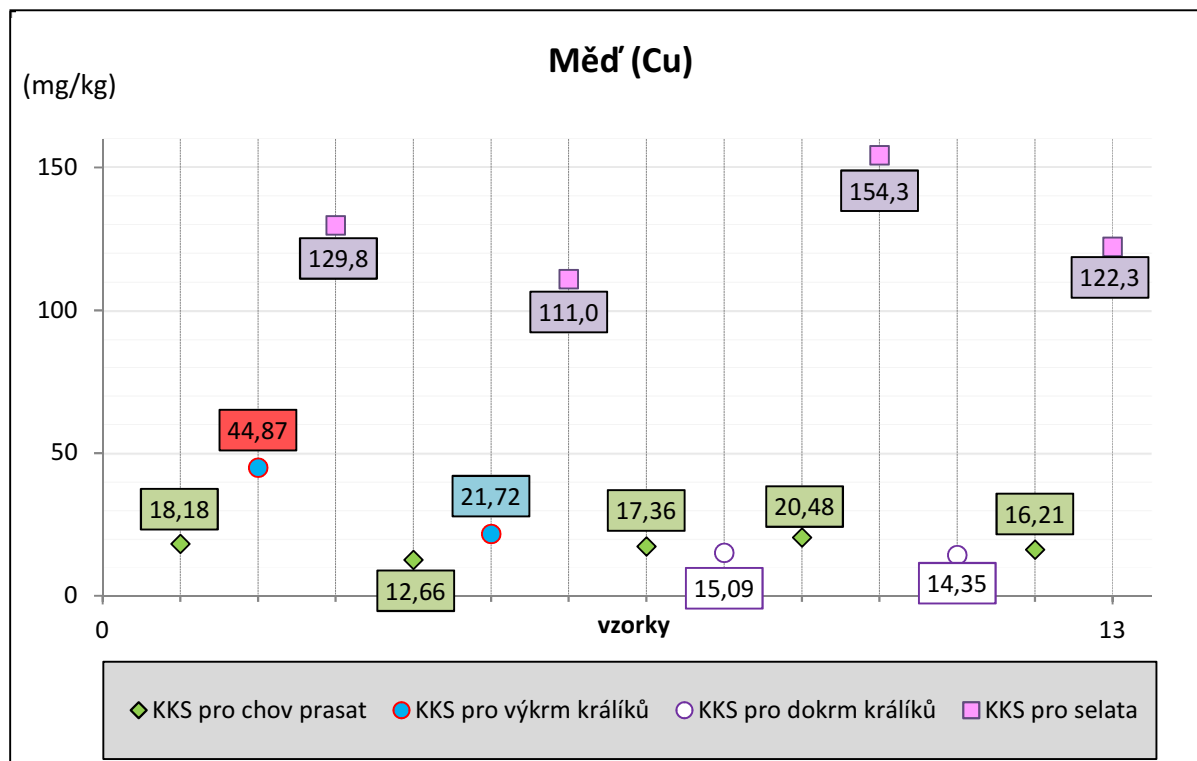
Graf 50 **Obsah manganu v kompletních krmných směsích určených pro drůbež****Graf 51** **Obsah železa v kompletních krmných směsích určených pro drůbež**

Graf 52 *Obsah selenu v kompletních krmných směsích určených pro drůbež***Graf 53** *Obsah jódu v kompletních krmných směsích určených pro drůbež*

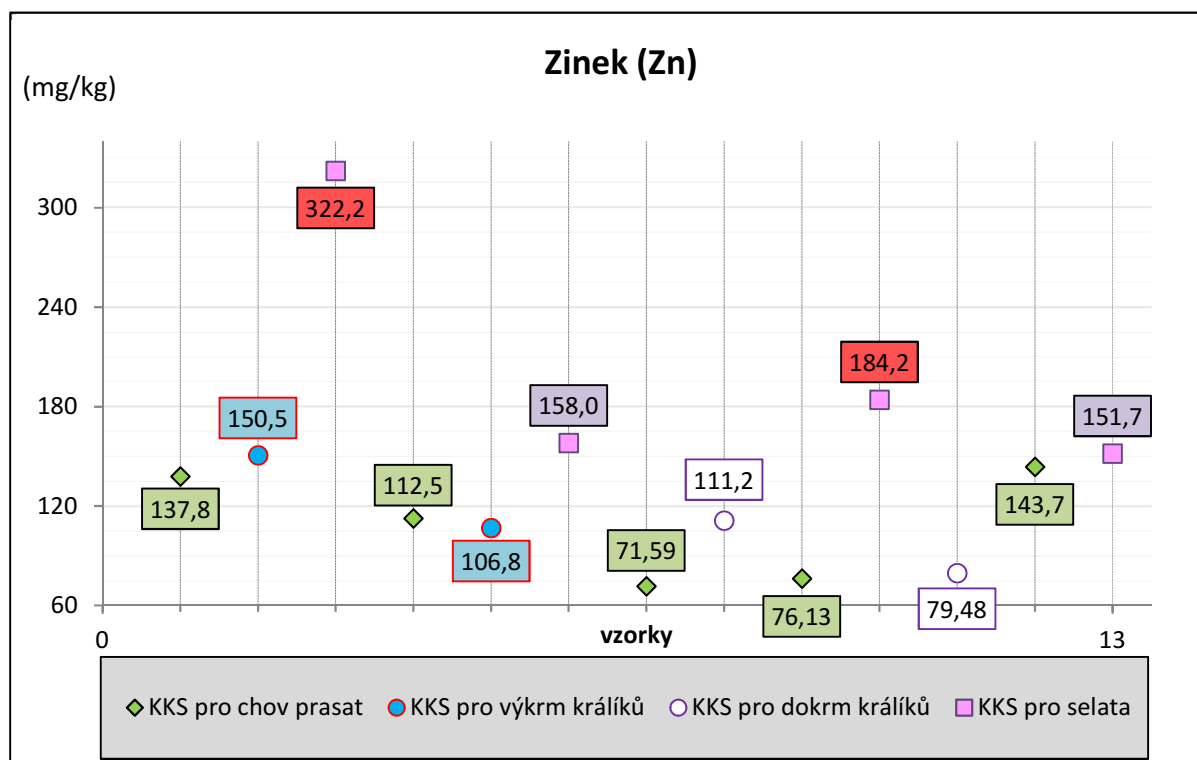
Graf 54 **Obsah vitamínu A v kompletních krmných směsích určených pro drůbež****Graf 55** **Obsah vitamínu D3 v kompletních krmných směsích určených pro drůbež**

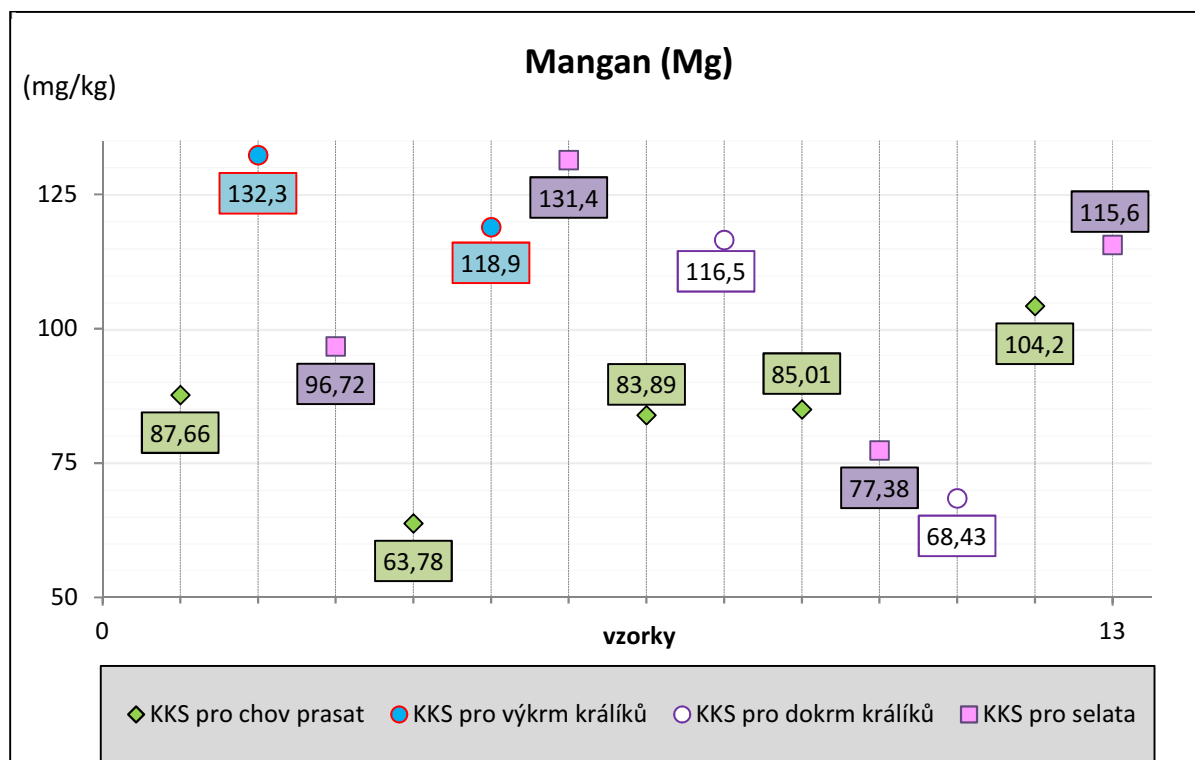
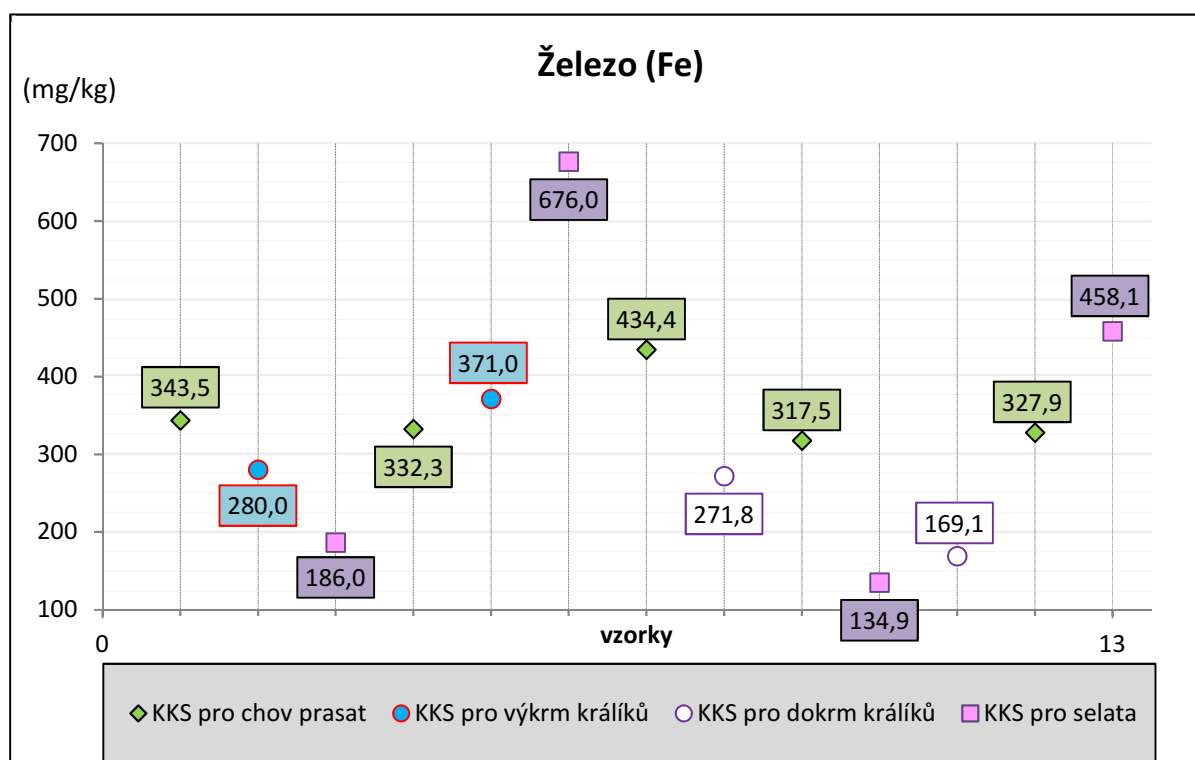
OSTATNÍ KRMNÉ SMĚSI

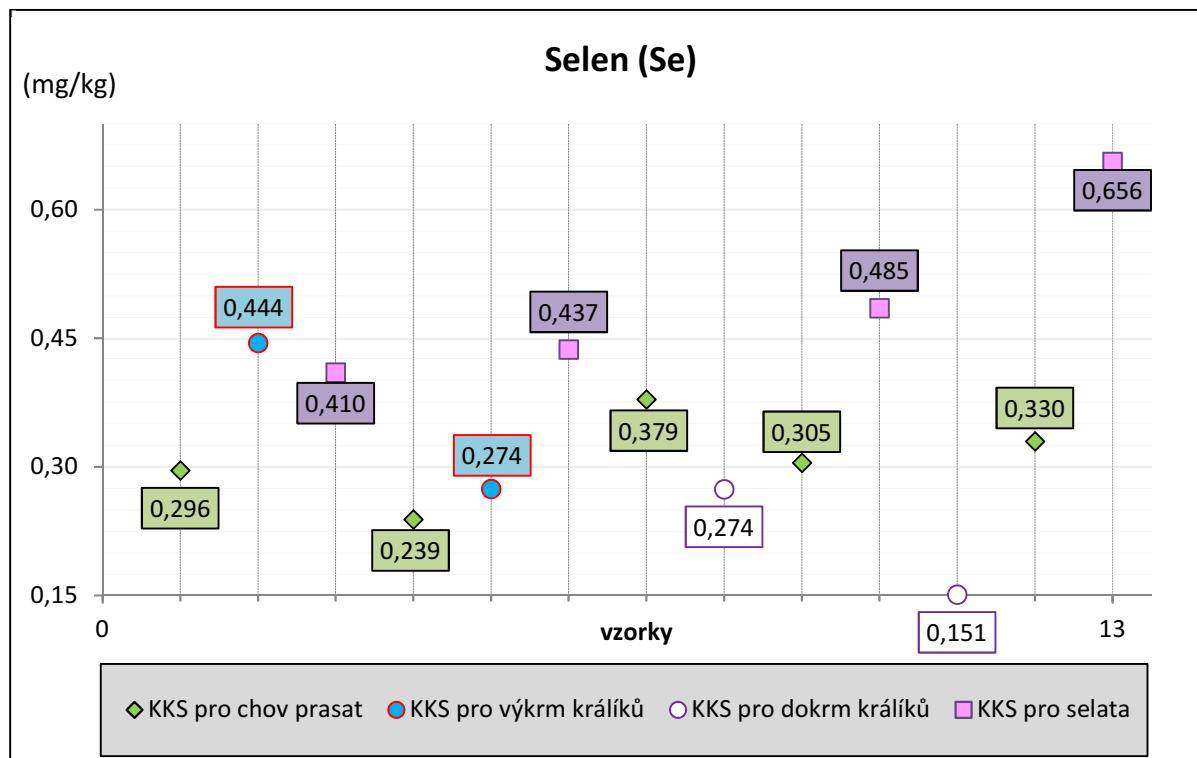
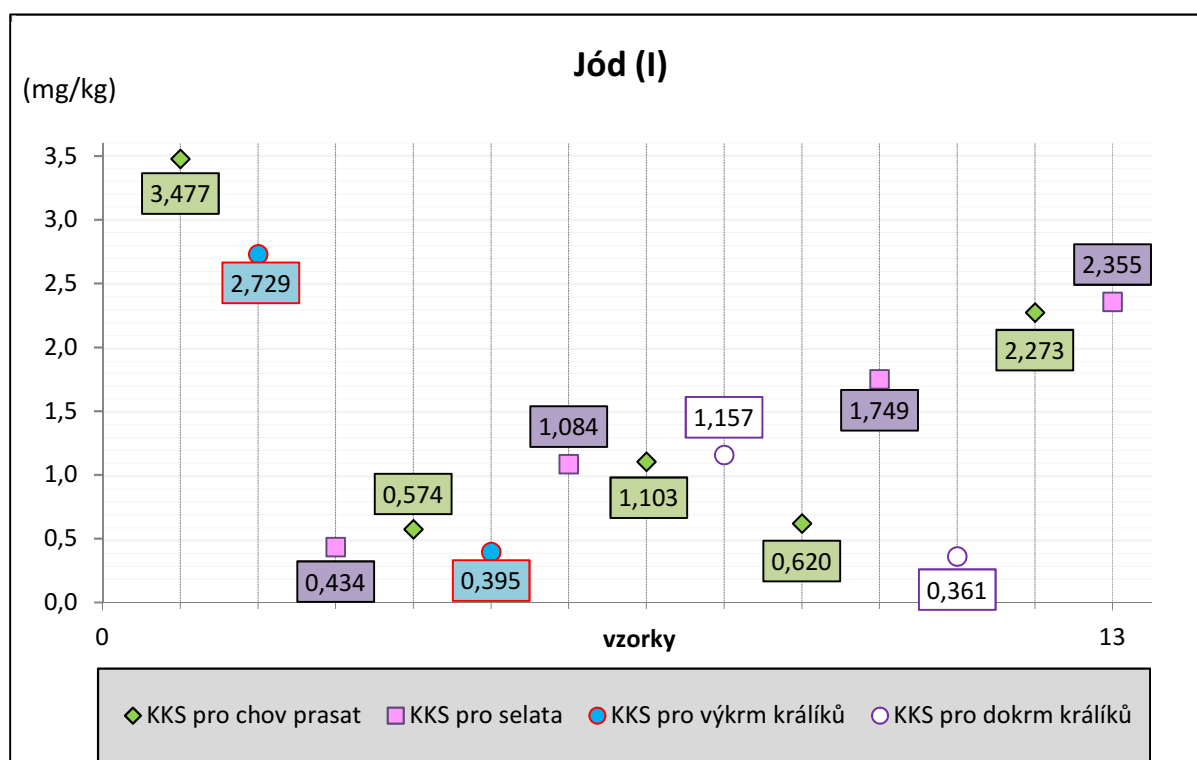
Graf 56 *Obsah mědi v ostatních krmných směsích (hodnota nevyhovujícího vzorku v červeném poli)*

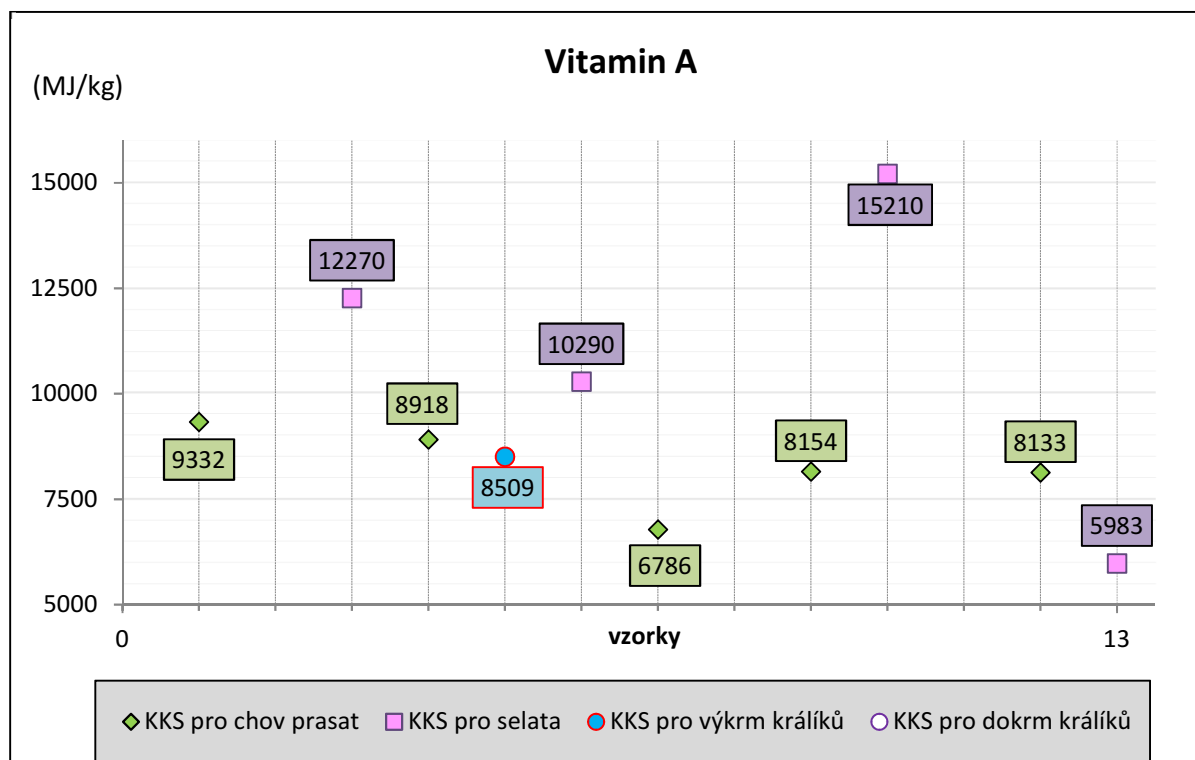
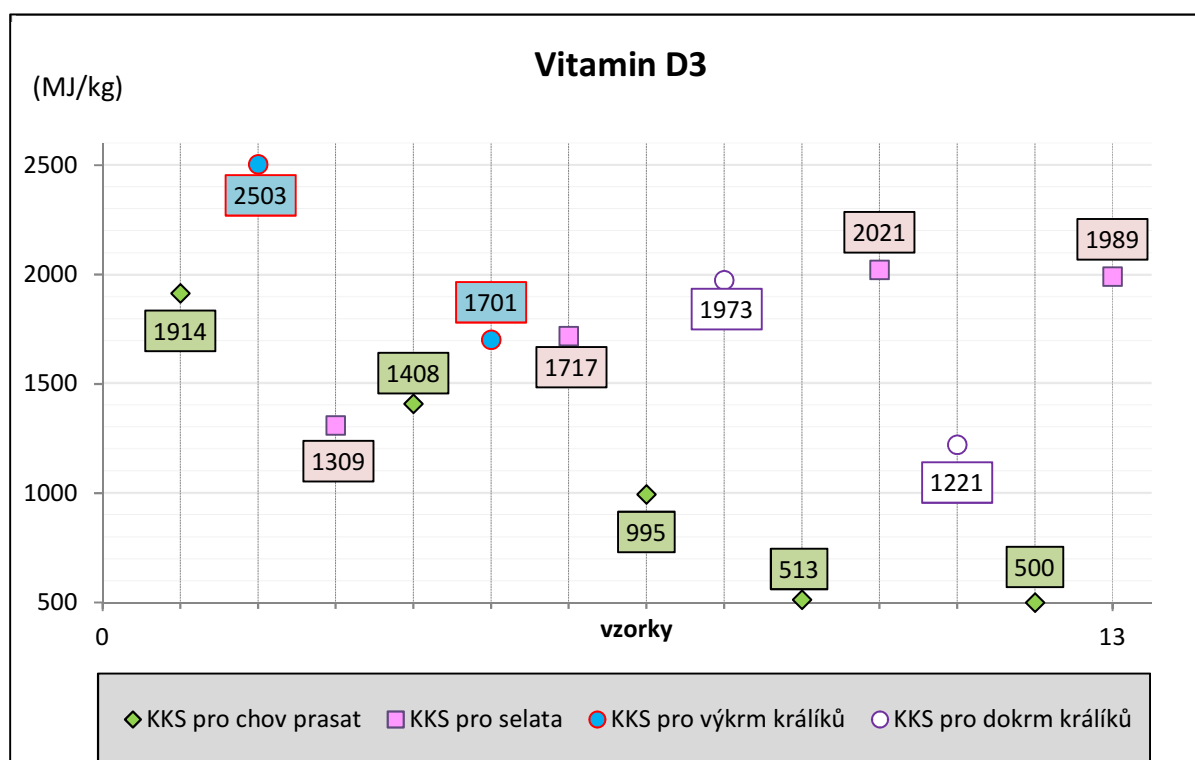


Graf 57 *Obsah zinku v ostatních krmných směsích (v červených polích hodnoty nevyhovujících vzorků)*



Graf 58 *Obsah manganu v ostatních krmných směsích***Graf 59** *Obsah železa v ostatních krmných směsích*

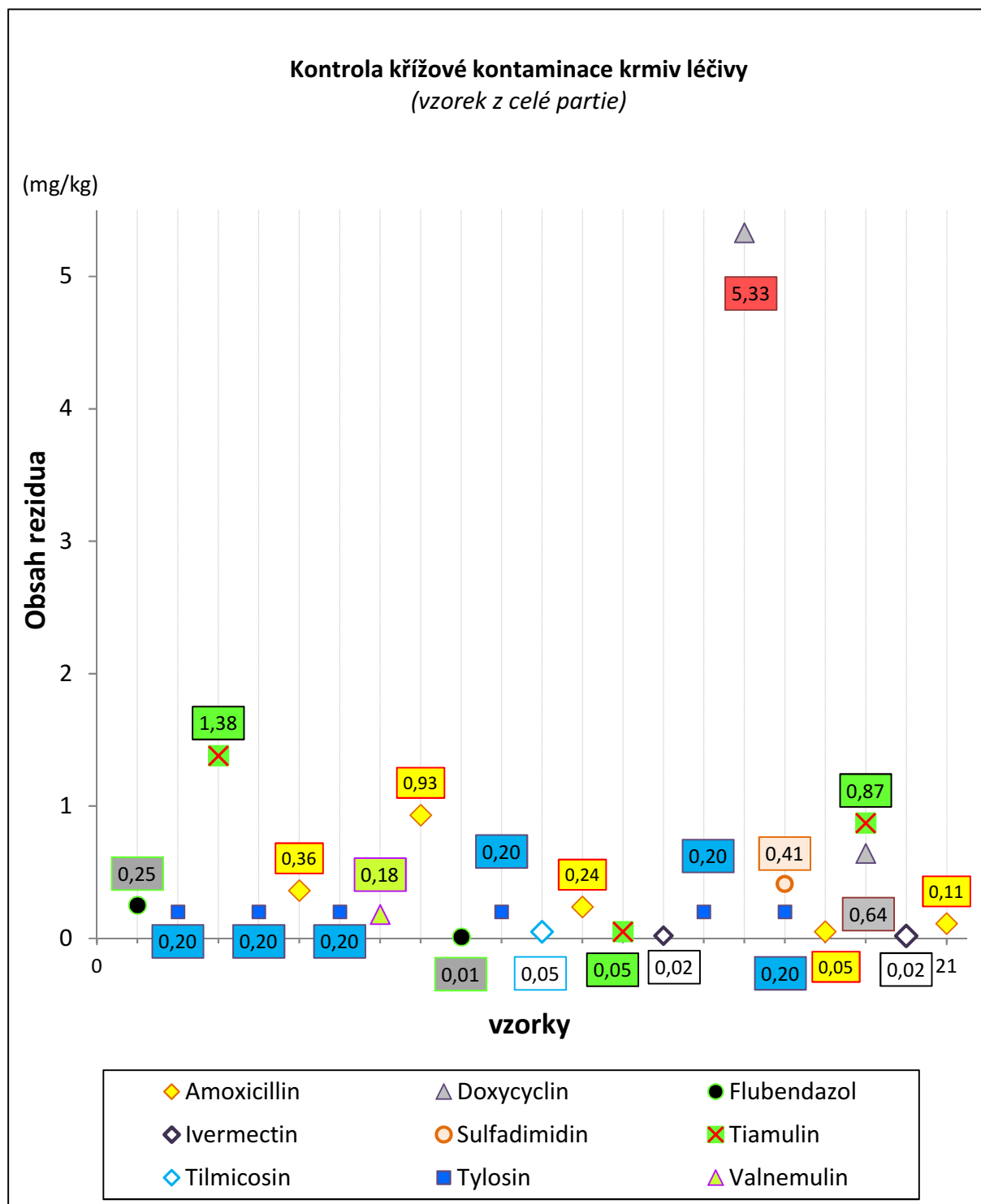
Graf 60 *Obsah selenu v ostatních krmných směsích***Graf 61** *Obsah jódu v ostatních krmných směsích*

Graf 62 *Obsah vitamínu A v ostatních krmných směsích***Graf 63** *Obsah vitamínu D3 v ostatních krmných směsích*

2.3.3 Cílená kontrola kontaminace krmiv léčivy

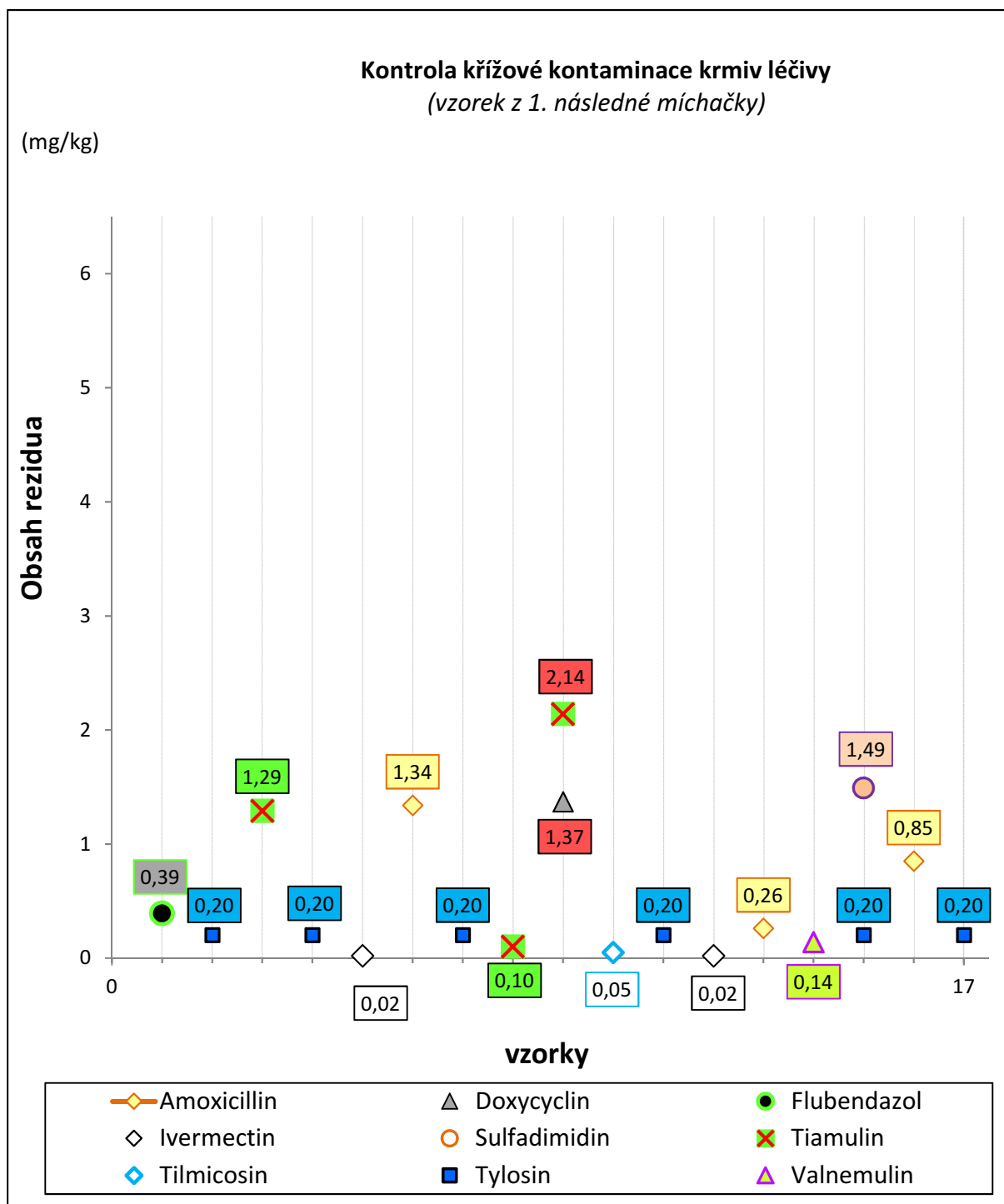
V rámci kontroly bylo odebráno 21 vzorků z celých partií krmných směsí, vyrobených ihned po medikovaných krmivech. Jedno krmivo (kompletní směs pro předvýkrm prasat A1) překročilo úroveň obsahu 1 % rezidua doxycyclinu, kterou ÚKZÚZ ve spolupráci s ÚSKVBL toleruje jako maximální povolený limit nevyhnutelné křížové kontaminace léčiv.

Graf 64 Křížová kontaminace léčivy u vzorků krmiv z celé partie (v červeném poli nevhovující hodnota)



Rovněž byla sledována úroveň reziduí léčiva v první dávce krmiva, vyrobené bezprostředně po medikované krmné směsi. Kontrola je zaměřena na posouzení účinnosti dekontaminačního programu výrobní linky. Jako maximální vyhovující hladina byla po dohodě s ÚSKVBL stanovena přítomnost 1 % obsahu rezidua medikační látky, aplikované v předchozí výrobě. Bylo analyzováno 17 vzorků krmiv. Nevyhověl 1 vzorek doplňkové směsi pro telata ČOT překročením obsahu reziduí doxycyclinu a tiamulinu. Výrobci krmiva byl uloženo opatření zvýšit účinnost dekontaminačního programu pro zabránění křížové kontaminace krmiv.

Graf 65 *Křížová kontaminace léčivy u vzorků krmiv z 1. míchačky (v červených polích nevyhovující hodnoty)*

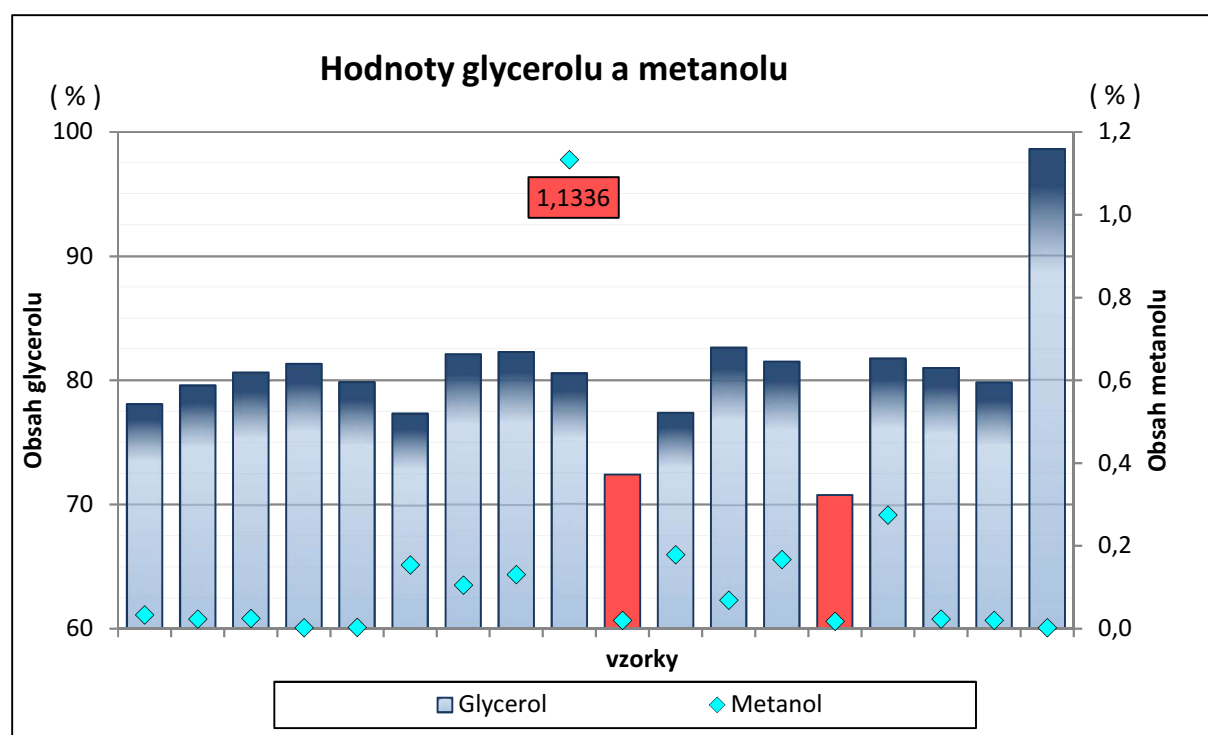


2.4 Sledování dalších bezpečnostních a jakostních ukazatelů

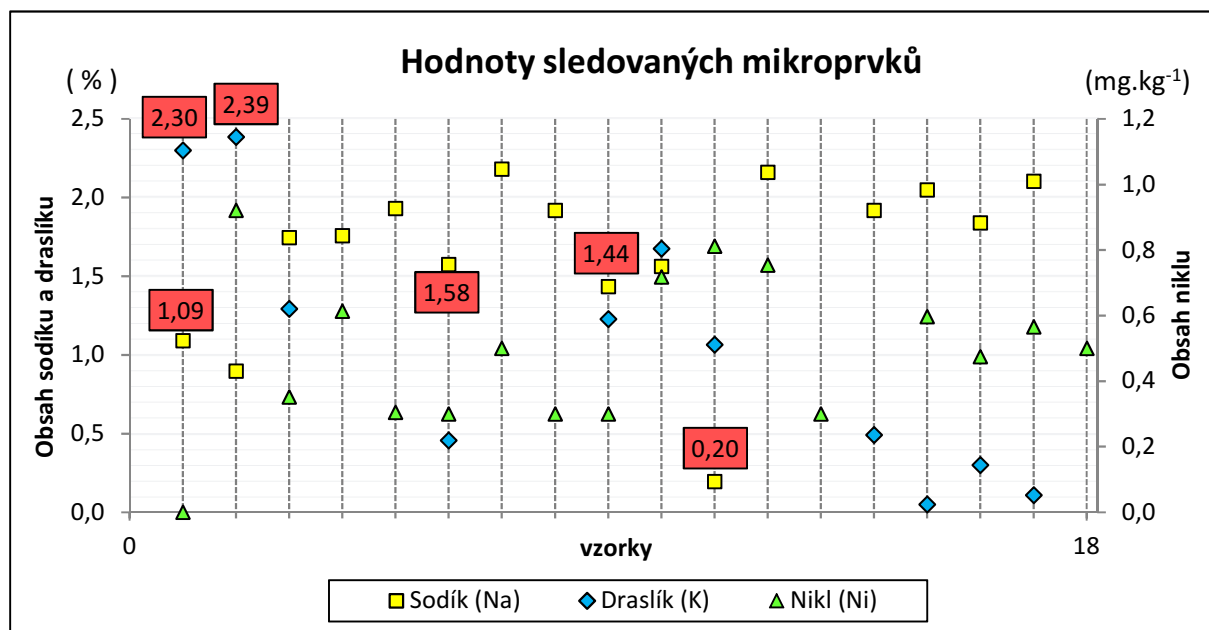
2.4.1 Cílená kontrola parametrů glycerolu, používaného jako krmná surovina

Bylo odebráno 18 vzorků surového glycerínu, u kterých byl sledován obsah metanolu a dodržení deklarovaného obsahu glycerolu, MONG (organické hmoty bez glycerolu), sodíku, draslíku, niklu a popela. Jeden vzorek překročil maximální povolený obsah metanolu 0,5 %. Rovněž významný podíl 8 analyzovaných vzorků svým složením nevyhovělo deklaraci sledovaných parametrů.

Graf 66 Zjištěný podíl glycerolu a metanolu v krmném glycerínu (červeně vyznačeny nevyhovující vzorky)



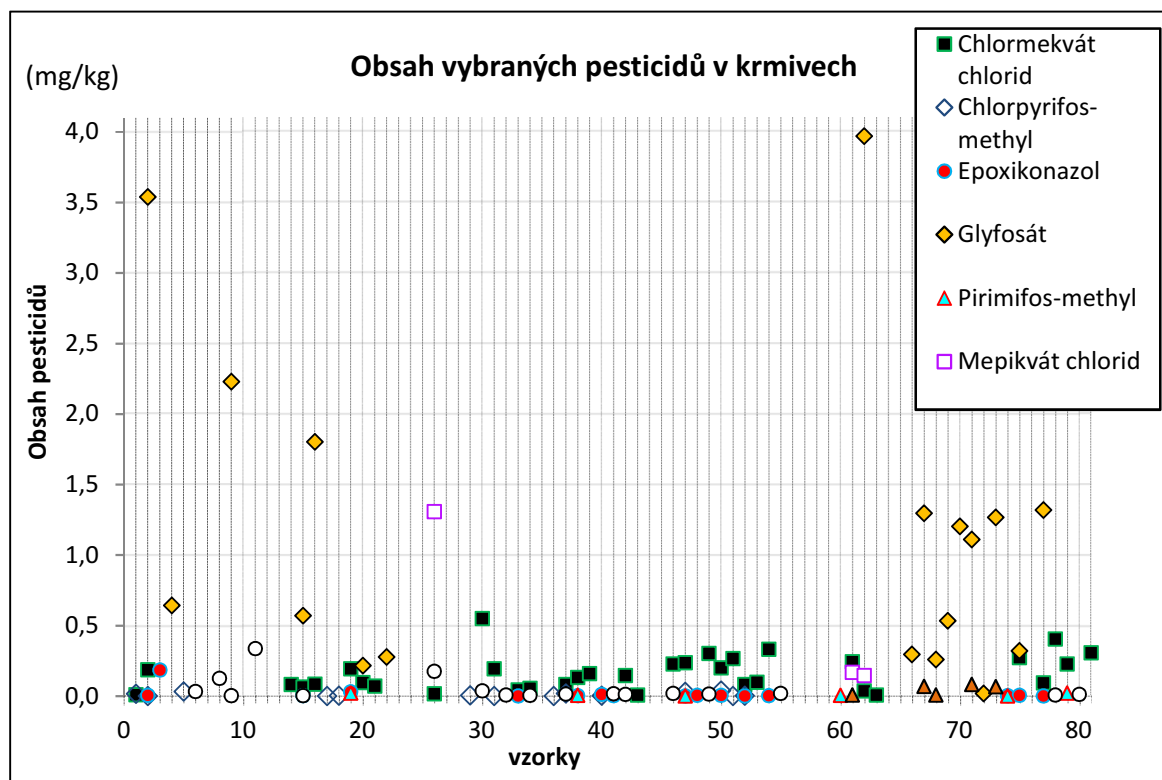
Graf 67 Zjištěné hodnoty sledovaných prvků v krmné surovině glycerínu (v červených polích nevyhovující deklarace)

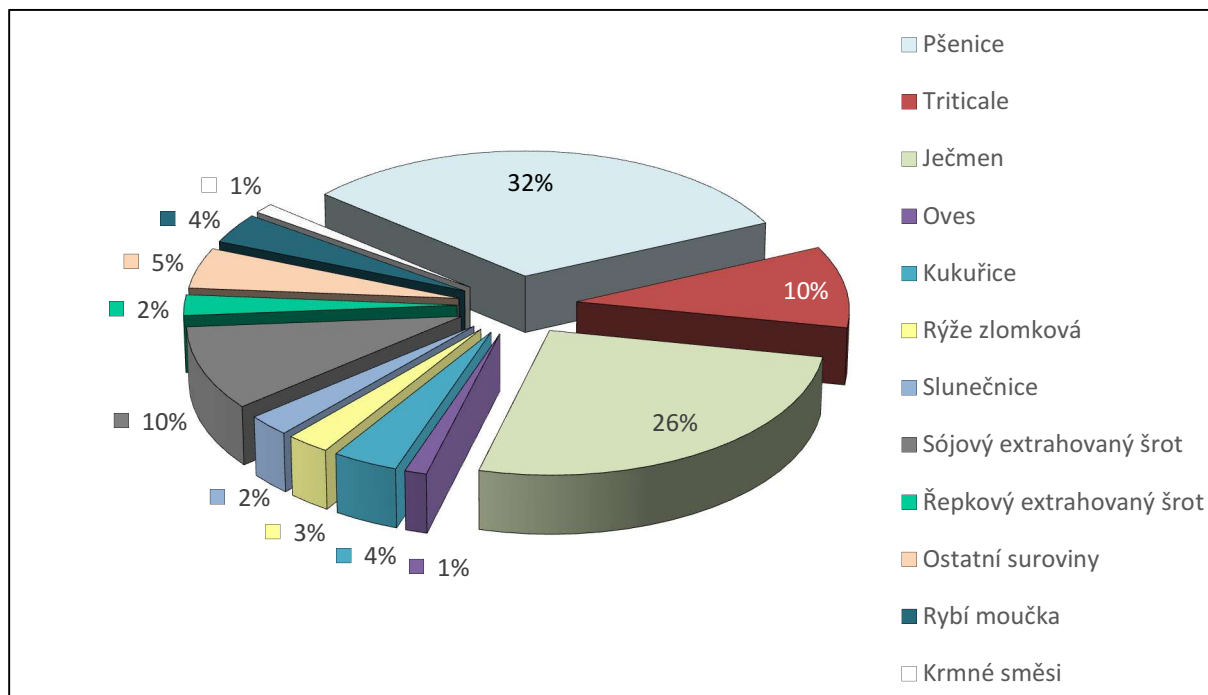


2.4.2 Cílená kontrola pesticidů

Přítomnost pesticidů byla zjišťována u 81 vzorků, převážně obilovin. Zjištěné hodnoty účinných látek se obvykle pohybovaly pod mezí detekce přístrojů. Všechny vzorky byly posouzeny jako vyhovující.

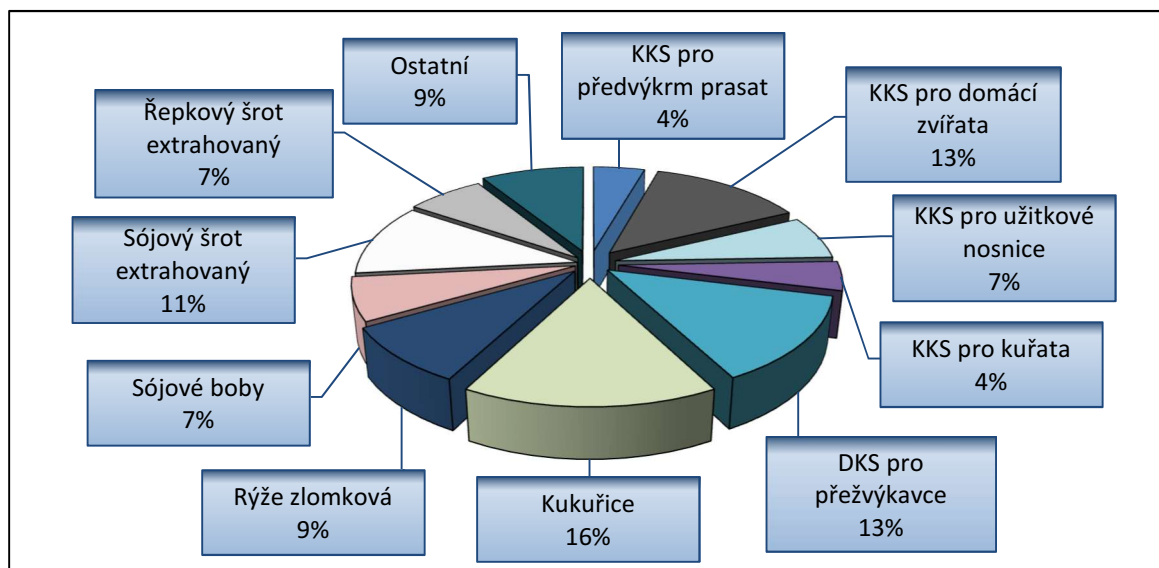
Graf 68 Zjištěný obsah pesticidů nad hranicí detekce přístrojů, do úrovně 1 mg.kg⁻¹



Graf 69 Zastoupení odebraných krmiv v rámci cílené kontroly obsahu těžkých kovů

2.4.3 Cílená kontrola přítomnosti a označování genetických modifikací v krmivech

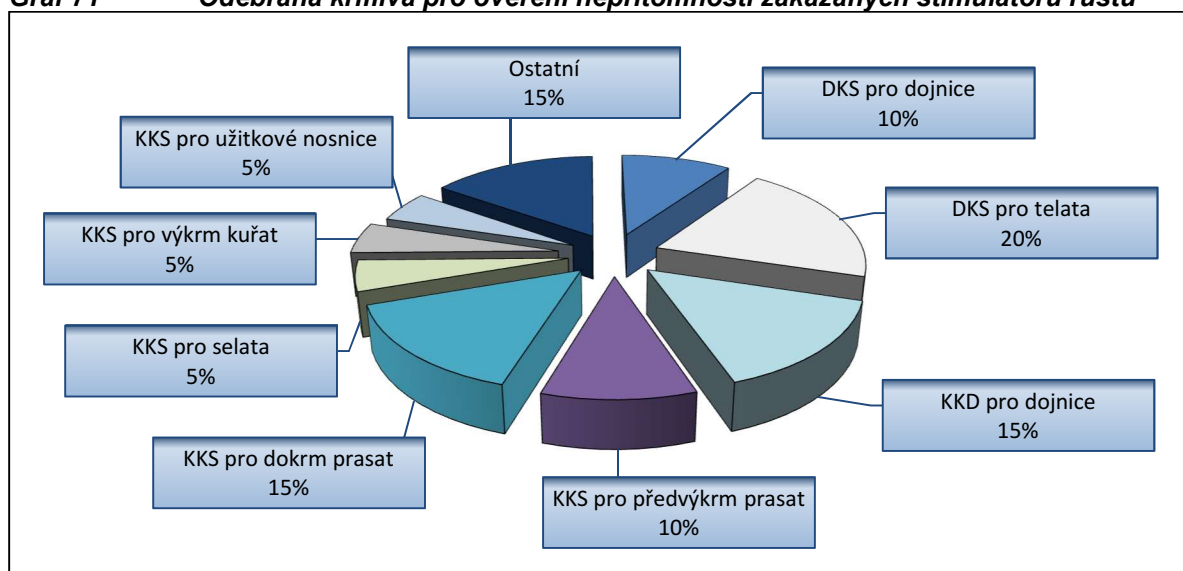
V rámci této kontroly jsou prověřovány genetické modifikace v krmivech. Ve vzorcích se sleduje přítomnost povolených modifikací, náležité označení krmiv obsahujících GM složky a rovněž nepřítomnost modifikací nepovolených. Vzorkuje se zejména kukuřice, rýže, sója, řepka a kompletní i doplňkové krmné směsi. Bylo prověřeno 45 krmiv. Část vzorků byla analyzována v laboratoři VÚRV Ruzyně. Jako nevyhovující byl posouzen 1 vzorek sójového extrahovaného šrotu se zjištěným a nedeklarovaným obsahem geneticky modifikované sóji.

Graf 70 Zastoupení krmiv odebraných v rámci cílené kontroly přítomnosti GMO

2.4.4 Cílená kontrola výskytu zakázaných stimulantů nebo inhibitorů růstu

Bylo prověřeno 20 vzorků převážně krmných směsí pro prasata a skot, zda neobsahují nepovolené antibiotické stimulanty. Rovněž se kontrolují vedlejší výrobky procesů kvašení, zdali neobsahují antimikrobiální látky, které se používají při zpracování k regulaci kvasných procesů. Všechny vzorky byly vyhovující a obsah analytů se pohybovaly pod hranicí detekce.

Graf 71 Odebraná krmiva pro ověření nepřítomnosti zakázaných stimulantů růstu



2.5 Závěr

V roce 2017 ÚKZÚZ v rámci cílené kontroly a monitoringu krmiv odebral celkem 771 vzorků krmiv. Jako nevyhovující bylo vyhodnoceno 20 vzorků (2,6 %). Z tohoto počtu bylo 7 krmiv nejakostních (vše surový glycerín), 3 krmiva se závažnou nejakostí více deklarovaných parametrů, 1 krmivo falšované, 3 krmiva s nevyhovujícím obsahem reziduí, vyžadující nutnost úpravy systému dekontaminace výrobního zařízení po medikacích a rovněž bylo zjištěno 6 vzorků krmiv s ohroženou bezpečností, které byly neprodleně staženy z trhu. V předcházejícím roce 2017 cílené kontrole a monitoringu nevyhovělo 3,1 % vzorků krmiv. Lze konstatovat, že v uplynulém roce 2018 byl zaznamenán trend mírného poklesu výskytu nevyhovujících vzorků a současně i zvýšení závažnosti zjištěných závad úředně analyzovaných krmiv

V rámci analytických činností bylo provedeno celkem 23398 stanovení sledovaných parametrů, z toho nevyhovujících bylo 49 výsledků stanovení analytů. Nejčastěji závadou bylo zjištění nedodržení deklarace surového glycerínu (sodík 4 stanovení, MONG a popel 3 analýzy, draslík a obsah glycerolu 2 stanovení). U sledovaných analytů ověření bezpečnosti krmiv nebylo zjištěno opakované porušení totožného parametru. Falšování bylo zjištěno u 1 vzorku rybí moučky s významným podílem nedeklarované drůbeží moučky.

V příštích letech bude ÚKZÚZ v kontrole výskytu zakázaných a nežádoucích látek u krmiv pokračovat. S ohledem na zjištěné výsledky v letošním roce bude zvýšená pozornost stále zaměřena na eliminaci rizika křížové kontaminace krmiv vyrobených po použití kokcidostatik nebo léčiv, zjišťování případů záměrného falšování krmiv a výskytu GMO krmiv.