

**Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ČR
ve vztahu k životnímu prostředí**



Subsystém V

**Zdravotní důsledky expozice lidského organismu toxickým látkám
ze zevního prostředí
(lidský biomonitoring)**

Odborná zpráva za rok 2021

Státní zdravotní ústav

září 2022

Ústředí systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ČR ve vztahu k životnímu prostředí

Ředitelka ústředí:	MUDr. Kubínová Růžena
Garant subsystému:	prof. MUDr. Černá Milena, DrSc.
Řešitelské pracoviště:	Ústředí monitoringu zdravotního stavu obyvatelstva Státního zdravotního ústavu v Praze
Spolupracující organizace:	Dislokovaná pracoviště Státního zdravotního ústavu, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze

Řešitelé:

Mgr. Nicole Vodrážková
RNDr. Vladimíra Puklová
prof. MUDr. Černá Milena, DrSc.
Mgr. Andrea Krsková, Ph.D.

Autoři zprávy:

RNDr. Vladimíra Puklová
prof. MUDr. Černá Milena, DrSc.
Mgr. Andrea Krsková, Ph.D.

Obsah

Vysvětlivky	4
1 Základní informace o subsystému	5
1.1 Úvod	5
1.2 Cíle subsystému V	5
1.3 Obsah odborné zprávy	5
2 Organizace činností v roce 2020	6
2.1 Organizace a osoby zodpovědné za odběry vzorků, manipulaci, skladování a transport	6
2.2 Analyzující laboratoř	6
3 Metodická část	7
3.1 Nábor (oslovení) kojících matek	7
3.2 Vstupní kritéria pro nábor kojících matek	7
3.3 Odběry biologického materiálu	7
3.4 Principy použitých analytických metod	8
3.4.1 Stanovení bromovaných zpomalovačů hoření (BFR), polychlorovaných bifenyly (PCB) a organochlorovaných pesticidů (OCP)	8
3.4.2 Stanovení bromovaných zpomalovačů hoření a per- a polyfluorovaných sloučenin	8
3.5 Meze stanovitelnosti (LOQ)	8
3.6 Charakteristika sledovaných látek	8
3.6.1 Polychlorované bifenyly (PCB)	8
3.6.2 Organochlorované pesticidy (OCP)	10
3.6.3 Bromované zpomalovače hoření (BFR)	11
3.6.4 Per- a polyfluorované sloučeniny (PFAS)	12
4 Charakteristika souboru (kojící matky prvorodičky)	13
5 Výsledky analýz	14
5.1 Polychlorované bifenyly (PCB)	14
5.2 Organochlorované pesticidy (OCP)	15
5.3 Bromované zpomalovače hoření (BFR)	17
5.4 Per- a polyfluorované sloučeniny (PFAS)	18
5 Závěry	19
Příloha	21

Vysvětlivky

BFR	Bromované zpomalovače hoření
nBFR	Nové zpomalovače hoření
BMI	Body Mass Index
DDT	Dichlordifenyltrichlorethan
EFSA	Evropský úřad pro bezpečnost potravin
IARC	Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny
LOQ	Mez stanovitelnosti
OCP	Organochlorované pesticidy
PFAS	Perfluorované a polyfluorované sloučeniny
REACH	Nařízení EU o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek
SOP	Standardní operační postup
SZÚ	Státní zdravotní ústav

1 Základní informace o subsystému

1.1 Úvod

Lidský biomonitoring představuje spojnici expozičních cest toxických kontaminantů z prostředí a je proto významným nástrojem řízení zdravotních rizik. Zahrnuje sledování biomarkerů expozice, resp. interní dávky (kontaminanty nebo jejich charakteristické metabolity) i biomarkerů saturace vybranými benefičními látkami analyzovanými v tělních tekutinách a tkáních jednotlivých populačních skupin.

Subsystém V (lidský biomonitoring) vychází z usnesení vlády České republiky č. 369/1991 Sb., a jako součást monitoringu sektoru zdravotnictví je zakotven v Zákoně 258/2000 Sb., v současném znění, a ve Strategickém rámci rozvoje péče o zdraví v ČR do roku 2030 (Zdraví 2030) přijatého Usnesením vlády č. 743/2020. V rutinním provozu je od roku 1994 pod garancí Státního zdravotního ústavu v Praze (SZÚ).

1.2 Cíle subsystému V

Lidský biomonitoring navazuje na monitorování kontaminantů v potravě, vodě a ovzduší, a rozšiřuje je o vliv dalších expozičních zdrojů, jako jsou předměty běžného užívání apod. Výsledky biomonitoringu tak poskytují podklady k hodnocení zátěže populace toxickými látkami ze všech expozičních zdrojů, ke stanovení bazálních (referenčních) hodnot pro českou populaci, k signalizaci zvýšeného zdravotního rizika v populaci a ke sledování časových trendů. Tento subsystém je navázán na celoevropské snahy o sladění národních lidských biomonitoringů.

1.3 Obsah odborné zprávy

Předmětem Odborné zprávy za rok 2021 je zpracování a hodnocení výsledků biomonitoringu mateřského mléka, jehož vzorky byly sbírány během roku 2020 v lokalitách Praha, Liberec, Ostrava a Žďár nad Sázavou. Zpráva obsahuje Přílohu, ve které je uveden seznam všech monitorovaných analytů, počty pozitivních záchytů sledovaných látek ve vzorcích mateřského mléka a základní statistické charakteristiky kvantifikovatelných analytů.

2 Organizace činností v roce 2020

Sledované oblasti	Praha, Liberec, Ostrava, Žďár nad Sázavou
Populační skupina	Kojící matky (prvorodičky) 2-8 týdnů po porodu
Požadovaný/plánovaný počet osob	50/lokalitu
Sledované matrice	Mateřské mléko
Sledované parametry (detailní seznam viz Příloha, tab. 3)	• Kongenery polychlorovaných bifenyly (PCB) • Organochlorované pesticidy (OCP) • Bromované zpomalovače hoření (BFR) a jejich deriváty • Perfluorované látky (PFAS) a jejich deriváty

2.1 Organizace a osoby zodpovědné za odběry vzorků, manipulaci, skladování a transport

SZÚ Praha Ústředí monitoringu zdravotního stavu obyvatelstva	Mgr. Nicole Vodrážková, Mgr. Šárka Tomková
SZÚ Praha Dislokované pracoviště Liberec	MUDr. Dana Zemanová, Daniela Jansíková
SZÚ Praha Dislokované pracoviště Ostrava	Mgr. Petra Lisníková, Monika Žoltá
SZÚ Praha Dislokované pracoviště Jihlava	Hana Pokorná

2.2 Analyzující laboratoř

Vysoká škola chemicko-technologická, Ústav analýzy potravin a výživy, Technická 5, 166 28 Praha 6	prof. Ing. Jana Hajšlová, CSc. prof. Ing. Jana Pulkrabová, Ph.D.
---	---

3 Metodická část

3.1 Nábor (oslovení) kojících matek

Pro studii byla vybrána populační skupina žen prvorodiček, které porodily a kojily pouze jedno dítě. Ženy byly osloveny pracovníky Státního zdravotního ústavu (SZÚ) přímo v porodnicích ve vybraných lokalitách Praha, Liberec a Ostrava. Odběry vzorků probíhaly od února roku 2020, do průběhu kampaně však nepříznivě zasáhla pandemie SARS-Covid-19, zejména omezením přístupu do porodnic. Bylo proto získáno méně vzorků, než bylo plánováno, v lokalitě Žďár nad Sázavou se podařilo odebrat jen jeden vzorek. Celkem bylo v roce 2020 získáno 151 vzorků mateřského mléka.

3.2 Vstupní kritéria pro nábor kojících matek

- věk nad 18 let
- prvorodička
- porod a kojení jednoho dítěte (ne dvojčat či vícčrat)
- minimální doba pobytu v dané lokalitě 1 rok
- písemný souhlas s odběrem vzorku

3.3 Odběry biologického materiálu

Odběry vzorků biologického materiálu byly definovány Standardním operačním postupem (SOP – Protokol odběru a manipulace se vzorky), který podrobně popisoval populační skupinu, počet požadovaných vzorků, dobu odběru, odběrové nádoby a jejich přípravu před odběrem, značení vzorků, manipulaci s biologickým materiálem po odběru, teplotní požadavky na skladování vzorků, způsob předávání vzorků k analýzám a zodpovědnost jednotlivých osob. SZÚ Praha, Ústředí monitoringu zdravotního stavu obyvatelstva, zajistilo pro všechny zúčastněné oblasti jednotné nádoby na vzorky mateřského mléka a další potřebné materiály včetně papírové dokumentace.

Zájemkyním o studii byly předány potřebné informace jak v ústní, tak v písemné formě (informační dopis a leták s údaji o sledovaných látkách). Pokud oslovené ženy souhlasily se svou účastí, podepsaly informovaný souhlas ve dvou vyhotoveních s tím, že jedno vyhotovení zůstalo účastníci studie a druhé bylo určeno pro SZÚ Praha.

Účastnice byly požádány o vyplnění dotazníku a poučeny o správném odběru vzorku mateřského mléka. Každé z nich byl přidělen kód, který charakterizuje oblast, populační skupinu, rok a pořadí odběru. Veškeré údaje z dotazníků byly po skončení všech odběrů

zaznamenány do databáze vedené na SZÚ Praha a jsou společně s výsledky analýz vedeny anonymně pod tímto kódem.

Provedení studie a zpracování dat splňují požadavky nařízení Evropského parlamentu a Rady 2016/679 ze dne 27. dubna 2016 o ochraně fyzických osob v souvislosti se zpracováním osobních údajů.

3.4 Principy použitých analytických metod

3.4.1 Stanovení bromovaných zpomalovačů hoření (BFR), polychlorovaných bifenyly (PCB) a organochlorovaných pesticidů (OCP)

Analytická metoda pro stanovení vybraných BFR, PCB a OCP v mateřském mléce je založena na extrakci sledovaných látek do ethylacetátu, kdy je primární extrakt přečištěný pomocí gelové permeační chromatografie (GPC), či SPE silikagelových kolonek. Identifikace a kvantifikace jednotlivých analytů se provádí pomocí kapilární plynové chromatografie (GC) s využitím hmotnostního detektoru s negativní chemickou ionizací (NCI) v případě vybraných BFR a ve spojení s tandemovým hmotnostním spektrometrem (MS/MS) v módu elektronové ionizace (EI) v případě PBDE, PCB a OCP.

3.4.2 Stanovení bromovaných zpomalovačů hoření a per- a polyfluorovaných sloučenin

Analytická metoda pro stanovení per- a polyfluorovaných sloučenin (PFAS) a vybraných bromovaných zpomalovačů hoření (BFR) v mateřském mléce je založena na extrakci sledovaných látek do acetonitrilu, kdy je primární extrakt přečištěný pomocí dispersní extrakce na tuhou fázi. Identifikace a kvantifikace jednotlivých analytů se provádí pomocí vysokoúčinné kapalinové chromatografie (UHPLC) ve spojení s tandemovým hmotnostním spektrometrem (MS/MS) v módu negativní ionizace elektrosprejem (ESI-).

3.5 Meze stanovitelnosti (LOQ)

Meze stanovitelnosti (LOQ) použitých analytických metod jsou pro jednotlivé analyty uvedeny v tabulce 3 v Příloze této odborné zprávy.

3.6 Charakteristika sledovaných látek

3.6.1 Polychlorované bifenyly (PCB)

Obecné informace

Polychlorované bifenyly (PCB) jsou skupinou 209 kongenerů, lišících se fyzikálně- chemickými vlastnostmi i toxicitou. Používání PCB se rozšířilo v 50. letech, a v důsledku jejich persistence a bioakumulace stoupala jejich koncentrace v prostředí, zejména v potravním řetězci.

Postupně byly prokazovány negativní zdravotní účinky, proto byla výroba PCB v druhé polovině 70. let ukončena (v bývalém Československu až v r. 1984). Regulováno pak bylo používání již vyrobeného PCB, a hladiny PCB v prostředí postupně klesaly. Dnes jsou problémem zejména kontaminované lokality, tzv. staré zátěže. Nová kompletní inventarizace kontaminovaných míst v ČR bude ukončena v roce 2022. Podle aktualizovaného Národního implementačního plánu Stockholmské úmluvy o perzistentních organických polutantech¹ existují v ČR nicméně stále stovky nedekontaminovaných transformátorů s obsahem PCB.

Zdroje expozice

Hlavní expoziční cestou PCB je z více než 90 % živočišná potrava, resp. živočišný tuk, včetně ryb.

Zdravotní význam

PCB jsou dávány do souvislosti s širokým spektrem negativních zdravotních účinků, zejména poruchami hormonálního systému a karcinogenitou. PCB s dioxinovými účinky DL-PCB (dioxin-like PCB) byly na základě experimentů na zvířatech zařazeny mezi prokázané lidské karcinogeny (kategorie 1 podle hodnocení Mezinárodní agentury pro výzkum rakoviny, IARC). Expozice PCB může souviset i s výskytem diabetu 2. typu.

Lidský biomonitoring

Vzhledem k persistenci a depozici v tuku je pro sledování zátěže populace PCB využíván jejich průkaz v tělních tekutinách a tkáních obsahujících tuk. Nejdéle a nejčastěji používaná matrice je mateřské mléko. Monitoring PCB v mateřském mléce je i součástí Národního plánu k naplňování Stockholmské úmluvy o persistentních polutantech. Jsou využívány i jiné matrice, jako je krevní sérum či plazma. Obsah tuku v séru je však násobně nižší než v mateřském mléce, proto je tato matrice náročnější na množství vzorku i na analytické postupy. V živočišných tucích, tedy i u člověka, významně převažují kongenery 138, 153 a 180. Pro zjednodušené vyjádření zátěže polychlorovanými bifenylly se používá indikátorový kongener PCB 153, který má zpravidla nejvyšší zastoupení. V národním biomonitoringu jsou PCB sledovány v mateřském mléce od roku 1994.

¹ Aktualizovaný Národní implementační plán Stockholmské úmluvy o perzistentních organických polutantech v České republice na léta 2018-2023. MŽP, 2017. Dostupné k 20.4.2022 z [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/strategicke_dokumenty_stockholmska_umluva/\\$FILE/OMV-Narodni_implementacni_plan\(2018-2023\)-20171004.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/strategicke_dokumenty_stockholmska_umluva/$FILE/OMV-Narodni_implementacni_plan(2018-2023)-20171004.pdf)

3.6.2 Organochlorované pesticidy (OCP)

Obecné informace

Jedná se o širokou skupinu perzistentních kumulativních lipofilních látek, které byly používány jako pesticidy ve 40. až 60. letech 20. století. Tato skupina zahrnuje například deriváty DDT (o,p' a p,p'-DDT), hexachlorcyklohexan (α -, β -, γ -HCH), nebo hexachlorbenzen (HCB). Insekticidní účinky DDT byly objeveny v průběhu 2. světové války, kdy byl preparát používán v armádě proti vším a blechám, později bylo hojně rozšířené i jeho používání v zemědělství. Používání DDT byly zakázány v 70. letech minulého století, s výjimkou v oblastech s výskytem malárie. DDT a jeho metabolity jsou velmi stálé, málo těkavé sloučeniny lipofilní povahy s nízkou rozpustností ve vodě a vysokou schopností se akumulovat v tukových tkáních. Všechny izomery i metabolity DDT jsou zdravotně i ekologicky škodlivé. Hexachlorbenzen byl široce využívaným fungicidem v zemědělství, především pro ochranu semen před plísněmi. Vzniká také stále jako vedlejší produkt při výrobě chlorovaných uhlovodíků. Hexachlorcyklohexan má několik izomerů α -, β -, γ - a δ -HCH, nejvíce toxický je γ -HCH, známý jako lindan. Tyto látky byly jako jedny z prvních zařazeny do přílohy A Stockholmské úmluvy jakožto látky určené k odstranění z použití a výroby a zákazu obchodu.

Zdroje expozice

Zdrojem expozice je potrava, především komodity živočišného původu, tj. ryby a rybí výrobky, maso a masné výrobky a mléčný tuk.

Zdravotní význam

Organochlorované pesticidy mají vliv především na nervový a reprodukční systém člověka. Mají také karcinogenní účinky; např. DDT je zařazen podle agentury IARC na základě experimentů na zvířatech mezi pravděpodobné lidské karcinogeny v kategorii 2A. HCB je zařazen v kategorii 2B, jakožto možný karcinogen pro člověka, a lindan je dle IARC v kategorii 1 jako prokázaný lidský karcinogen. Používání těchto látek bylo u nás zakázáno již v 70. letech minulého století, ale i po několika dekádách je stále možno je nalézt v lidském organismu.

Lidský biomonitoring

Pro sledování zátěže populace se využívá analýza chlorovaných pesticidů v tělních tekutinách a tkáních obsahujících tuk. V rámci studií biomonitoringu jsou dlouhodobě sledovány deriváty DDT a jejich metabolity, HCH (α -, β -, γ -) a HCB, a to zejména v mateřském mléce. Vhodnou matricí je také krevní sérum, které bylo začleněno do biologického monitoringu poprvé v roce 2005. Koncentrace jsou vztahovány na lipidovou složku.

3.6.3 Bromované zpomalovače hoření (BFR)

Obecné informace

Zpomalovače hoření (retardéry hoření, samozhášecí přísady) jsou různorodou skupinou organických sloučenin bromu, které se používají jako přísada do hořlavých materiálů (polystyren, plasty, textilie apod.) s cílem omezit či zpomalit jejich hoření a zlepšit tak požární bezpečnost. Široce se užívají např. v elektronice a elektronických zařízeních, textiliích, plastech, v bytovém zařízení a ve stavebních materiálech. Mezi nejstarší BFR patří polybromované difenyletery (PBDE), které mají 209 kongenerů založených na halogenaci fenylových kruhů. Tetra-, penta-, hexa- a heptabromdifenyletery byly v roce 2009 zařazeny na seznam zakázaných látek Stockholmské úmluvy o perzistentních organických polutantech. Problémy však přináší likvidace a zejména recyklace výrobků, resp. plastů, které tyto látky obsahují. V roce 2013 byl na seznam přidán také hexabromcyklododekan (HBCD), který byl díky dočasné výjimce donedávna používán v pěnových polystyrenových deskách k zateplování budov. Ke zpomalování hoření se dále používají bromované bisfenoly, např. tetrabrombisfenol A (TBBPA). Jako alternativa původních zpomalovačů hoření regulovaných legislativou jsou do použití zaváděny tzv. nové zpomalovače hoření (nBFR). Zástupci této skupiny jsou např. dekabromdifenyletan (DBDPE) nebo hexabrombenzen (HBB). U části nových BFR jsou však dnes studiemi prokazovány rovněž bioakumulativní, toxické a potenciálně karcinogenní účinky.

Zdroje expozice

Nejpravděpodobnější cesta expozice je inhalace s prachem v prostředí interiérů, přičemž většina pochází ze stavebních materiálů, textilií či elektroniky; do úvahy přichází také přívod konzumací kontaminovaných potravin. Aktuální je i expozice z recyklovaných plastových výrobků obsahujících tyto toxické látky.

Zdravotní význam

Nebezpečnost látek skupiny BFR je dána jejich stabilitou a schopností bioakumulace. Kumulují se v tukových tkáních a orgánech s vysokým obsahem tuků, a jejich koncentrace v organismu stoupá směrem k vrcholu potravního řetězce. BFR působí jako endokrinní disruptory narušující hormonální rovnováhu organismu. Podle studií na zvířatech jsou také neurotoxické, potenciálně karcinogenní, poškozují reprodukci a vývoj plodu.

Lidský biomonitoring

Obsah BFR v těle je možno sledovat analýzou krve, resp. séra či plasmy, nebo mateřského mléka.

3.6.4 Per- a polyfluorované sloučeniny (PFAS)

Obecné informace

Perfluorované a polyfluorované sloučeniny jsou silně perzistentními organickými polutanty s bioakumulačními vlastnostmi. Ve své molekule obsahují pouze atomy uhlíku a fluoru. Nejznámějšími zástupci jsou perfluorooktanová kyselina (PFOA) a perfluorooktansulfonát (PFOS). Používají se jako povrchově aktivní látky v hasicích pěnách a jako odpuzovače vody a oleje v textiliích, kůži, materiálech přicházejících do styku s potravinami, a v kosmetice. PFAS se také používají při výrobě polovodičů, lékařských zařízení, přípravků na ochranu rostlin, biocidů, přísad do krmiv, léčiv a barev². V životním prostředí jsou všudypřítomné; uvolňují se zejména z hasicích pěn používaných pro hašení požárů paliv, z ošetřených výrobků při jejich používání, při recyklaci či likvidaci odpadu atd.

Výroba a použití starších PFAS s dlouhým uhlíkovým řetězcem (např. PFOA a PFOS) jsou regulovány v rámci Stockholmské úmluvy o perzistentních organických látkách a nařízením REACH, připravováno je také zařazení perfluorhexansulfonátu (PFHxS) a perfluorohexanové kyseliny (PFHxA) na seznam regulovaných látek. Nově však bylo syntetizováno mnoho „nových“ PFAS s krátkým řetězcem nahrazujících starší regulované PFAS, nicméně i u nich jsou studiemi prokazovány podobné negativní zdravotní účinky, a některé jsou identifikovány dokonce jako látky vzbuzující mimořádné obavy (např. HFPO-DA).

Zdroje expozice

Cestami expozice je především konzumace kontaminovaných potravin a pitné vody, konzumace potravin balených do obalů obsahujících PFAS (obaly na pizzu a popcorn, na jídla typu fast food), vdechování prachu ve vnitřním prostředí, nebo přenos z ruky do úst z povrchů ošetřených materiálů (čalounění, oblečení, koberce), což je potenciálně významné zejména u malých dětí. Během roku 2022 by Evropská komise měla schválit nařízení o limitování obsahu PFOS a PFOA v potravinách.

Zdravotní význam

Na rozdíl od ostatních halogenovaných kontaminantů se PFAS neakumulují v tukové tkáni, ale jsou vázány na proteinovou složku tkání, např. na krevní proteiny. Hromadí se tak zejména v játrech, ledvinách a pohlavních žlázách. PFAS zvyšují hladinu cholesterolu a poškozují játra, poškozují zejména u dětí imunitní systém, rozvracejí hormonální rovnováhu a vzhledem k možnému průchodu placentou negativně působí na vývoj nervové soustavy plodu.

² J. Glüge, M. Scheringer, I.T. Cousins, J.C. DeWitt, G. Goldenman, D. Herzke, R. Lohmann, C.A. Ng, X. Trier, Z. Wang. An overview of the uses of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS). Environ. Sci. Process Impacts, 22 (12) (2020), pp. 2345-2373.

Biologický monitoring

Pro sledování zátěže populace se nejčastěji využívá analýza PFAS v krevní plazmě či séru, nebo také v mateřském mléku.

4 Charakteristika souboru (kojící matky prvorodičky)

Údaje byly čerpány z dotazníků vyplňovaných matkami při odběrech mateřského mléka. Data jsou zpracována formou popisné statistiky, viz tab. 3.7.1.

Tab. 3.7.1 Základní charakteristika souboru kojících matek, 2020

Věk: průměr (v letech)	31
Výška: průměr (v cm)	168
Hmotnost po porodu: průměr (v kg)	71
BMI (průměrná hodnota) (kg/m^2)	25
Hmotnost před těhotenstvím: průměr (v kg)	67
Kouření: (v %)	
kuřačka	3
nekuřačka	73
bývalá kuřačka	24
Vzdělání: (v %)	
základní (i neukončené)	1
středoškolské bez maturity	8
středoškolské s maturitou	20
vysokoškolské	70
neuvedeno	1

V roce 2020 se studie účastnilo 151 prvorodiček ve věku od 21 do 45 let. Dále jsou popsány rozdíly při porovnání souboru matek v předchozí etapě biomonitoringu mateřského mléka v roce 2017. Věk matek byl v průměru vyšší, než v roce 2017 (31 vs 29 let). V tomto souboru bylo také více matek s vysokoškolským vzděláním (70 %), nežli v roce 2017 (57 %). Tato fakta mohla mírně ovlivnit srovnání výsledků obou studií při hodnocení trendů, neboť monitoring již dříve potvrdil (viz např. Odborné zprávy za roky 2014 a 2017), že obsah řady sledovaných látek v mateřském mléce narůstá v souvislosti s rostoucím věkem a vzděláním prvorodiček. Kromě toho obsah látek v mléce narůstá také se vzrůstající hmotností (resp. BMI) matek. Protože se však průměr BMI obou souborů matek nelišil (BMI=25), tento faktor pravděpodobně nehrál v případných rozdílech v obsahu sledovaných látek větší roli.

5 Výsledky analýz

Výsledky analýz lidského biomonitoringu jsou prezentovány souhrnně pro celý soubor matek. Vybrané látky sledované v roce 2020 jsou prezentovány tabulárně a v časových řadách graficky.

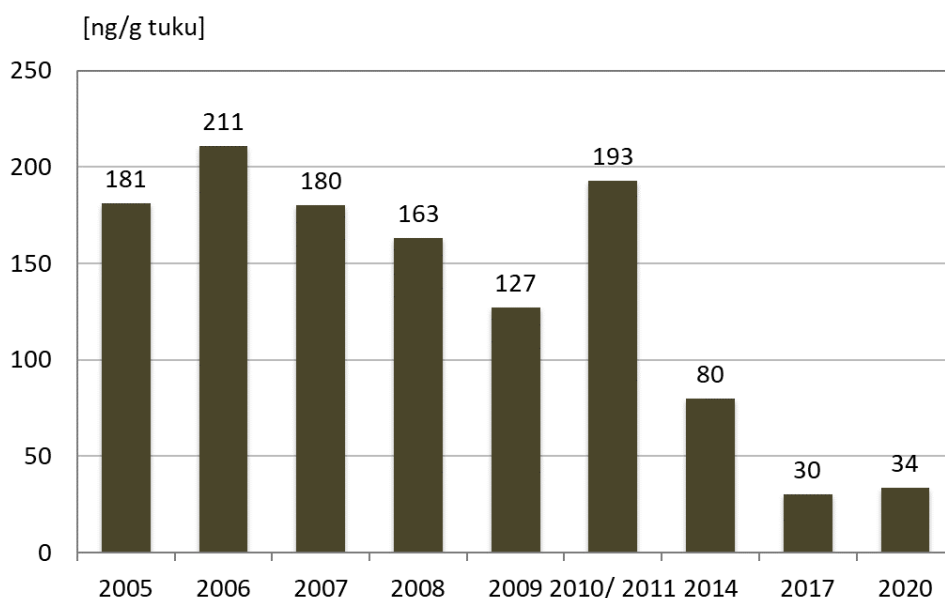
V případě koncentrace sledované látky v mateřském mléce pod mezí stanovitelnosti byla pro další hodnocení použita hodnota rovna $\frac{1}{2}$ meze stanovitelnosti dané metody. Analyty, u kterých byl počet vzorků s hodnotami pod mezí stanovitelnosti dané analytické metody vyšší než 50 % celkového počtu vzorků, nejsou hodnoceny statisticky, ale pouze slovně.

K hodnocení a interpretaci výsledků je nutno přistupovat s vědomím nejistot ovlivňujících správnost a přesnost analytických výsledků, značných interindividuálních rozdílů typických pro výsledky biologického monitoringu a pravděpodobnostního charakteru zjištěných dat.

5.1 Polychlorované bifenyly (PCB)

Výsledky monitoringu obsahu PCB v mateřském mléce stále potvrzují převahu vícechlorovaných kongenerů. U kongenerů PCB 52 a 101 byl nalezen obsah pod mezí stanovitelnosti ve více než polovině vzorků. Naopak kongenery PCB 118, PCB 138, PCB 153, PCB 170 a PCB 180 byly přítomny ve všech (100 %) vzorcích mléka, PCB 28 v 97 % vzorků. Základní statistické charakteristiky koncentrací PCB v mateřském mléce jsou uvedeny v tabulce 1 v Příloze této zprávy.

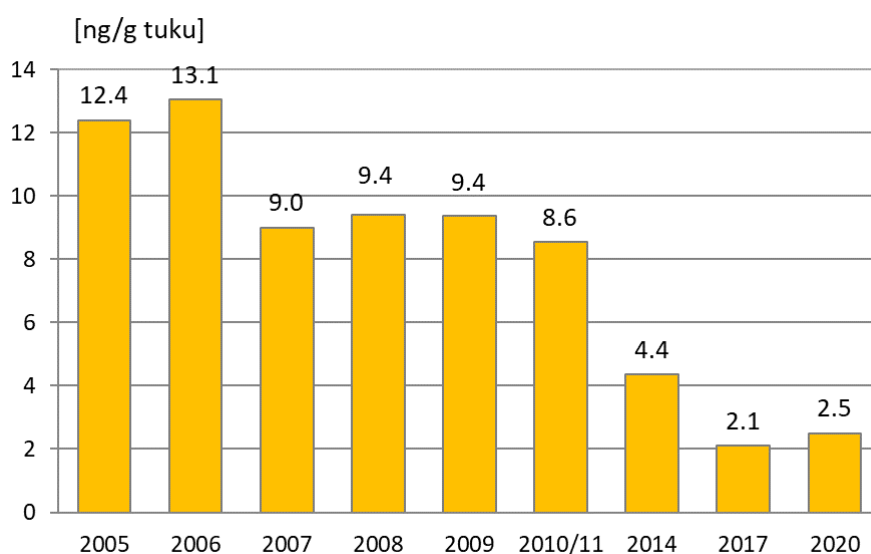
Obr. 5.1.1 Obsah indikátorového kongeneru PCB 153 v mateřském mléce v letech 2005-2020, medián koncentrace



Hodnota mediánu koncentrací indikátorového kongeneru PCB 153 v roce 2020 činila 34 ng/g tuku, což představuje výrazný pokles ve srovnání s rokem 2014 (80 ng/g), a srovnatelnou hodnotu s rokem 2017 (30 ng/g). V letech monitorování 2005 až 2020 je zřejmý pozvolný pokles obsahu v čase, přerušovaný zvýšenými hodnotami v letech 2006 a 2010/2011 (obr. 5.1.1).

Koncentrace kongeneru PCB 118 s dioxinovými účinky (dioxin-like, DL-PCB) v mateřském mléce mají podobně klesající tendenci v průběhu monitorování jako PCB 153, s výrazným poklesem zejména od roku 2014 (obr. 5.1.2).

Obr. 5.1.2 Obsah PCB 118 s dioxinovými účinky v mateřském mléce v letech 2005-2020, medián koncentrace

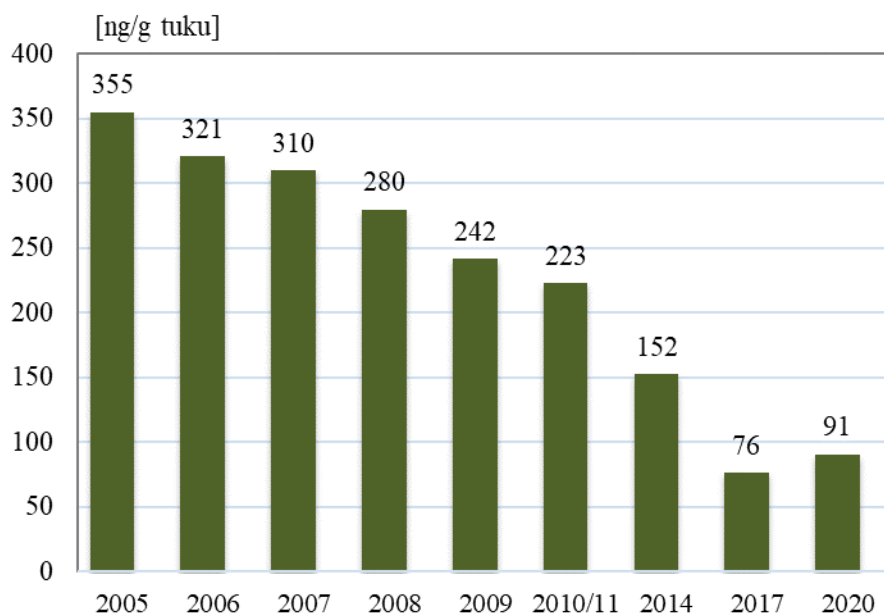


5.2 Organochlorované pesticidy (OCP)

Organochlorované pesticidy jsou v mateřském mléce, stejně jako polychlorované bifenyly, kontinuálně monitorovány od roku 1994. Jedná se o toxické, většinou perzistentní bioakumulativní látky, jejichž výroba a používání jsou již řadu let zakázány. Jsou však setrvale široce přítomny v různých složkách prostředí. Popisná statistika dat je uvedena v tabulce 1 Přílohy této zprávy, počet a podíl pozitivních vzorků mateřského mléka v tabulce 2, přehled všech stanovovaných analytů v tabulce 3.

V roce 2020 činil medián koncentrace **sumy izomerů DDT** (s převahou p,p'-DDE) v mateřském mléce 91 ng/g tuku. Byl tím přerušen sestupný trend (obr. 5.2.1) mírným zvýšením oproti roku 2017 (76 ng/g tuku). Kontinuálně klesající zátěž je dokumentována již od konce 80. let 20. století a byla opakovaně potvrzována v předchozích letech biomonitoringu.

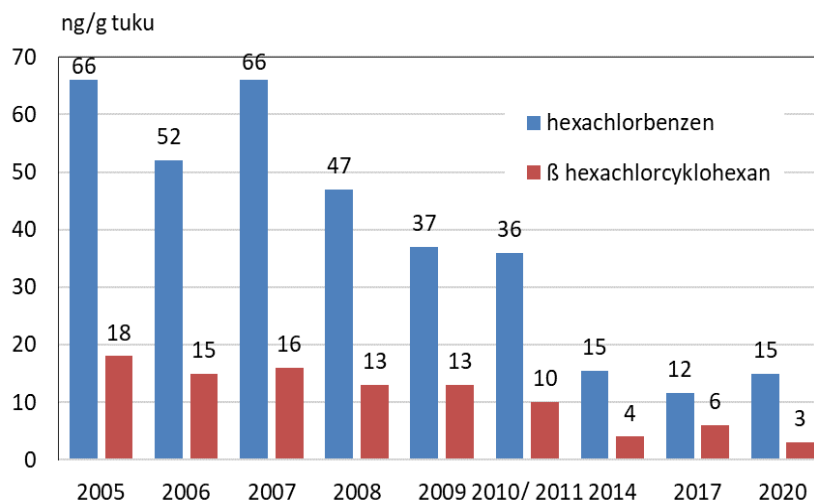
Obr. 5.2.1 Obsah Σ DDT (p,p'DDE+ p,p' DDT) v mateřském mléce v letech 2005-2020, medián koncentrace



Hexachlorbenzen HCB byl přítomen ve všech vzorcích mateřského mléka (100 %). Medián koncentrace (15 ng/g tuku) se výrazně nelišil od hodnot předchozích dvou etap monitoringu. HCB patří mezi pesticidy, jejichž výroba a použití byla zakázána, nicméně se nadále uvolňuje do prostředí z průmyslové a chemické výroby, skládek i spaloven odpadů apod. To samé platí i o **pentachlorbenzenu PCBz**, jehož výskyt v mateřském mléce byl v rámci národního biomonitoringu v roce 2020 sledován poprvé. Jeho přítomnost ve stanovitelném množství byla zjištěna v téměř 70 % vzorků mléka.

Obsah pesticidu **beta-hexachlorcyklohexanu (β-HCH)** v mateřském mléce pozvolna klesá, nicméně je dlouhodobě přítomen téměř ve všech vzorcích mléka. V necelé polovině (44 %) vzorků mléka byla nalezena měřitelná množství **gama-hexachlorcyklohexanu (γ-HCH, Lindan)**, který patří k nejtoxičtějším zástupcům HCH; **α-HCH** byl nalezen pouze v 5 % vzorků. Vývoj koncentrací hexachlorbenzenu a β-HCH v mateřském mléce od roku 2005 ukazuje obr. 5.2.2.

Obr. 5.2.2 Obsah hexachlorbenzenu a β -hexachlorcyklohexanu v mateřském mléce v letech 2005-2020, medián koncentrace



5.3 Bromované zpomalovače hoření (BFR)

Bromované zpomalovače hoření (Brominated flame retardants, BFR) byly sledovány v rámci biomonitoringu poprvé v roce 2013, a to v archivovaných vzorcích mateřského mléka z let 2006, 2010 a 2011. Do pravidelného monitoringu byly zařazeny v roce 2014.

Pozornost byla zaměřena na zakázané polybromované difenylethery (PBDE) a hexabromcyklododekan (HBCD), a dále na řadu tzv. nových BFR (nBFR). Přehled všech monitorovaných BFR v mateřském mléce je uveden v Příloze v tabulce 3.

Ze 40 sledovaných BFR se 26 nenalezlo v žádném vzorku mateřského mléka. Z polybromovaných difenyleterů (PBDE) jde např. o tetra-BDE (kromě BDE 47), okta- a nona-BDE, OH-BDE, dále o bromované fenoly, pentabromtoluen a další tzv. nové zpomalovače (BTBPE, HCDBCO, OBIND aj).

Ve vzorcích mateřského mléka bylo nalezeno 14 BFR. U žádného z nich nepřekročil podíl pozitivních vzorků (nad mezí stanovitelnosti) 50 % z celkového počtu vzorků mléka. Nejvyšší frekvence výskytu byla zjištěna u BDE 153 (36 % vzorků) a BDE 47 (25 %), hexabrombenzenu (HBB, 21 %) a anti-Dechloranu Plus (anti-DP, 21 %). Ze tří izomerů zakázaného hexabromcyklododekanu (α -, β -, γ -HBCD) byl α -HBCDD zjištěn v 15 % vzorků mateřského mléka. Koncentrace nad mezí stanovitelnosti zakázaných penta-BDE byly nalezeny v 10 % vzorků. Pozitivní nálezy u zbývajících 7 BFR byly pouze ojedinělé, v některých případech však šlo o poměrně vysoké hodnoty. Počet a podíl pozitivních vzorků mateřského mléka je uveden v tabulce 2 v Příloze této zprávy.

5.4 Per- a polyfluoroalkylované alkylované sloučeniny (PFAS)

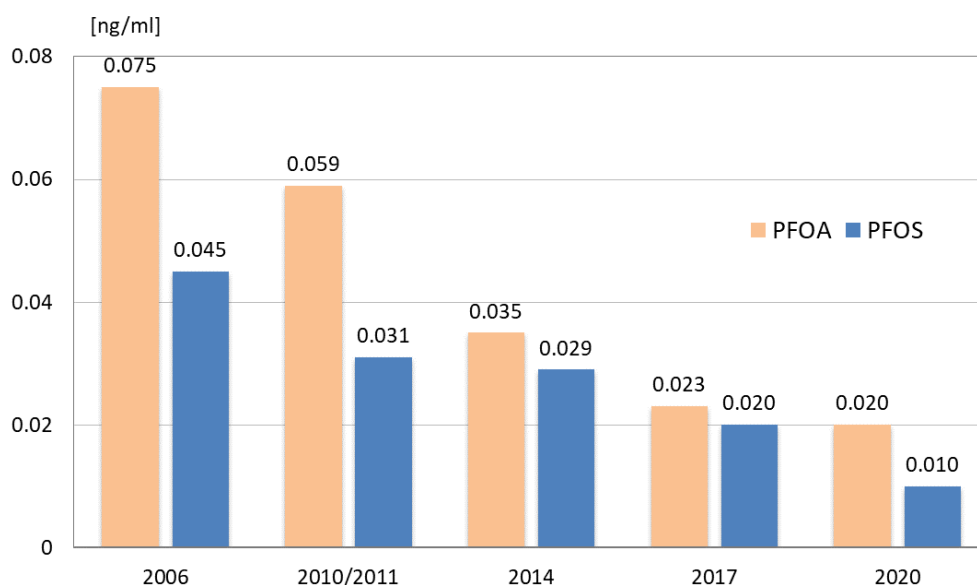
Per- a polyfluoroalkylované sloučeniny (PFAS) byly v rámci biologického monitoringu analyzovány v mateřském mléce poprvé v roce 2013 v archivovaných vzorcích z let 2006, 2010 a 2011. Od roku 2014 jsou PFAS zařazeny do pravidelného monitoringu.

V roce 2020 byly ve vzorcích mateřského mléka analyzovány perfluoroalkylkarboxylové kyseliny (C4-C18), perfluoroalkan sulfonáty (C3-C13), perfluorooktan sulfonamidy (FOSA atd.) a perfluoroalkylether-karboxylové kyseliny (HFPO-DA, NaDONA).

Z celkového počtu 31 sledovaných PFAS nebyla u 26 PFAS zjištěna přítomnost v žádném vzorku mateřského mléka (100 % pod mezí stanovitelnosti). Nad mezí stanovitelnosti byly nalezeny koncentrace 5 PFAS. Perfluorooktanová kyselina (PFOA), dosud používaná, byla nalezena ve všech vzorcích mateřského mléka. Z použití postupně vylučovaný perfluorooktansulfonát (PFOS) byl nalezen zhruba v 60 % vzorků. Perfluorhexansulfonát (PFHxS), současný adept na seznam Stockholmské úmluvy, byl přítomen v 5 % vzorků mateřského mléka. Frekvence výskytu PFAS v mateřském mléce a přehled monitorovaných PFAS jsou uvedeny v tabulkách 2 a 3 v Příloze.

Vývoj obsahu dvou nejfrekventovanějších PFAS v mateřském mléce mezi lety 2006 a 2020 je zobrazen na obr. 5.4.1. Od roku 2006, pro který byla poprvé získána data, koncentrace PFOA i PFOS v mateřském mléce klesají.

Obr. 5.4.1 Obsah PFOA a PFOS v mateřském mléce v letech 2006 až 2020, medián koncentrace



5 Závěry

Obsah toxických látek v mateřském mléce je dobrým ukazatelem zátěže dospělé populace a kojenců. Sledované látky se dostávají do složek životního prostředí, přecházejí do potravního řetězce a hromadí se v organismech, včetně lidského. Jejich obávanými zdravotními účinky je narušování hormonální rovnováhy, včetně poškozování funkce štítné žlázy, toxicita pro reprodukci, poškození vývoje plodu, zejména nervové soustavy a vznik chronických onemocnění v dospělosti, u některých látek také poškození jater, ledvin, imunitního systému a karcinogenita.

Výsledky obsahu persistentních organických látek v mateřském mléce potvrzují permanentní přítomnost již několik desetiletí nepoužívaných polychlorovaných bifenyly a chlorovaných pesticidů v organismu člověka. Od počátku pravidelného monitorování v polovině 90. let minulého století postupně klesal obsah těchto látek v mateřském mléce s občasnými ojedinělými vzestupy. Hodnoty z roku 2020 zůstávají zhruba na úrovni předchozí etapy monitoringu v roce 2017, nebo se i slabě zvyšují. Zastavení poklesu hodnot může být způsobeno mírným rozdílem ve věkovém a vzdělanostním zastoupení matek ve studiích z let 2020 a 2017, vzhledem k monitoringem opakovaně prokazovanému signifikantnímu nárůstu hladin PCB a chlorovaných pesticidů v mateřském mléce se zvyšujícím se věkem a vzděláním prvorodiček.

Zpomalovače hoření jsou v mateřském mléce přítomny s nižší frekvencí; jde většinou o starší, legislativou regulované polybromované difenylethery (PBDE). Z „nových“ retardérů hoření se v pětině vzorků nacházel hexabrombenzen a též Dechloran Plus, který je v procesu posuzování k regulaci Stockholmskou úmluvou o persistentních organických polutantech. Tyto dva zpomalovače jsou také nejčastěji nacházeny ve vnitřním prostředí bytů a kanceláří.

Po desetiletí výzkumu, který prokázal vysokou perzistenci, bioakumulační potenciál, toxicitu a všudypřítomnou distribuci per- a polyfluorovaných alkylovaných sloučenin s dlouhým řetězcem v životním prostředí, biotě i lidech, přijímal průmysl a regulační orgány zhruba od počátku tisíciletí opatření ke snížení jejich používání. Přesto zůstávají v mateřském mléce českých žen starší, legislativou regulované PFOA a PFOS, přítomny v největší míře. Do používání je již řadu let nekontrolovaně uváděno velké množství alternativních látek; identifikované alternativy však mají často podobné vlastnosti, jako jejich předchůdci, což vyvolává značné obavy. Sledované látky tohoto typu se však ve stanovitelném množství v mateřském mléce v podstatě nenalezly.

Je zřejmé, že v těle každého člověka se nachází směs tvořená nejen výše uvedenými persistentními bioakumulativními látkami, ale také řadou dalších, jako např. ftaláty, toxickými

kovy, tzv. moderními pesticidy, chlorovanými parafiny (náhrada za PCB) atd., které mají stejné nebo podobné negativní účinky na organismus. Tím se pochopitelně neurotoxické, hepatotoxické, reprotoxické, vývojově toxické, endokrinně disruptivní, karcinogenní nebo další dopady mohou zvyšovat. Pro většinu těchto látek není placenta dostatečnou bariérou, a proto mohou ovlivnit vývoj plodu. Kojenec je jim pak nadále exponován z mateřského mléka. Modelové simulace a empirická data prokázaly, že denní dietární příjem a výsledné vnitřní hladiny PFAS mohou být dokonce vyšší u kojených dětí než u matek.³ Řada vědeckých kapacit v souvislosti s těmito látkami varuje zejména před negativními vlivy na další generace.

³ H. Fromme, C. Mosch , M. Morovitz , I. Alba-Alejandre , S. Boehmer , M. Kiranoglu , F. Faber , I. Hannibal , O. Genzel-Boroviczeny , B. Koletzko and W. Volkel , Pre- and postnatal exposure to perfluorinated compounds (PFCs), *Environ. Sci. Technol.*, 2010, 44, 7123 —7129.

M. A. Verner, G. Ngueta , E. T. Jensen , H. Fromme , W. Volkel , U. C. Nygaard , B. Granum and M. P. Longnecker , A Simple Pharmacokinetic Model of Prenatal and Postnatal Exposure to Perfluoroalkyl Substances (PFASs), *Environ. Sci. Technol.*, 2016, 50, 978 —986.

Příloha

Tabulka 1 Základní statistické charakteristiky toxických látek v mateřském mléce s obsahem nad mezí stanovitelnosti (LOQ) ve více než 50 % vzorků, rok 2020

Analyt (ng/g tuku)	Geometrický průměr	Medián	25% kvantil	75% kvantil	95% kvantil	Maximum
PCB 28	0.76	0.72	0.49	1.30	2.69	15.1
PCB 118	2.48	2.51	1.64	3.40	6.80	13.0
PCB 138	23.6	23.2	16.0	35.9	67.5	92.2
PCB 153	33.7	33.7	22.5	50.5	93.0	121
PCB 170	11.7	12.6	8.16	17.6	36.8	45.9
PCB 180	26.0	27.0	17.9	40.3	82.1	115
p,p'-DDE	84.1	86.4	54.1	128	258	468
p,p'-DDD	0.72	0.82	0.52	1.35	2.55	8.16
p,p'-DDT	4.00	4.49	3.00	7.89	25.4	397
HCB	18.4	15.1	10.9	27.0	84.6	261
PCBz	0.23	0.21	0.08	0.37	1.97	3.80
β-HCH	2.98	2.82	2.07	4.71	12.2	66.3
Analyt (ng/ml mléka)						
PFOA	0.020	0.020	0.016	0.026	0.040	0.104
PFOS	0.007	0.010	0.002	0.026	0.059	0.178

Tabulka 2 Počet a podíl vzorků mateřského mléka s obsahem toxických látek nad (> LOQ) a pod (< LOQ) mezí stanovitelnosti (LOQ) a hodnota LOQ, rok 2020

Analyt	hodnot > LOQ	% > LOQ	hodnot < LOQ	% < LOQ	LOQ (ng/g tuku)
PCB 28	147	97.4	4	2.6	0.15
PCB 52	3	2.0	148	98.0	0.15
PCB 101	55	36.4	96	63.6	0.15
PCB 118	151	100	0	0	0.15
PCB 138	151	100	0	0	0.15
PCB 153	151	100	0	0	0.30
PCB 170	151	100	0	0	0.30
PCB 180	151	100	0	0	0.30
o,p'-DDE	42	27.8	109	72.2	0.15
p,p'-DDE	151	100	0	0	0.15
o,p'-DDD	8	5.3	143	94.7	0.15
p,p'-DDD	137	90.7	14	9.3	0.15
o,p'-DDT	82	54.3	69	45.7	0.30

p,p'-DDT	136	90.1	15	9.9	0.30
HCB	151	100	0	0	0.15
PCBz	104	68.9	47	31.1	0.15
α -HCH	7	4.6	144	95.4	0.15
β -HCH	146	96.7	5	3.3	0.15
γ -HCH	66	43.7	85	56.3	0.15

BDE 28	0	0	151	100	0.15
BDE 47	37	24.5	114	75.5	0.15
BDE 49	0	0	151	100	0.15
BDE 66	0	0	151	100	0.15
BDE 85	0	0	151	100	0.15
BDE 99	5	3.3	146	96.7	0.15
BDE 100	10	6.6	141	93.4	0.15
BDE 153	54	35.8	97	64.2	0.15
BDE 154	0	0	151	100	0.15
BDE 183	1	0.7	150	99.3	0.15
BDE 196	0	0	151	100	0.15
BDE 197	0	0	151	100	0.15
BDE 203	0	0	151	100	0.15
BDE 206	0	0	151	100	0.30
BDE 207	0	0	151	100	0.30
BDE 209	4	2.6	147	97.4	1.5
BTBPE	0	0	151	100	0.15
DBDPE	1	0.7	150	99.3	1.5
DP-anti	31	20.5	120	79.5	0.15
DP-syn	6	4.0	145	96.0	0.15
DPTE	1	0.7	150	99.3	0.15
EH-TBB	0	0	151	100	0.15
HBBz	31	20.5	120	79.5	0.15
HCDBCO	0	0	151	100	0.15
OBIND	0	0	151	100	1.5
PBEB	0	0	151	100	0.15
PBT	0	0	151	100	0.15
TBCO	0	0	151	100	0.15
TBECH	12	7.9	139	92.1	0.15

LOQ (ng/ml mléka)

2,4-DBP	0	0	151	100	0.156
2,4,6-TBP	0	0	151	100	0.031
PBP	0	0	151	100	0.006
TBBPA	3	2.0	148	98.0	0.15
α -HBCD	22	14.6	129	85.4	0.015
β -HBCD	0	0	151	100	0.015
γ -HBCD	0	0	151	100	0.015
6-OH-BDE-47	0	0	151	100	0.006
4'-OH-BDE-49	0	0	151	100	0.006

2'-OH-BDE-68	0	0	151	100	0.006
6'-OH-BDE-99	0	0	151	100	0.006
PFBA	0	0	151	100	0.006
PFPeA	0	0	151	100	0.006
PFHxA	0	0	151	100	0.003
PFHpA	1	1	150	99.3	0.003
PFOA	151	100	0	0	0.003
PFNA	0	0	151	100	0.003
PFDA	0	0	151	100	0.003
PFUdA	0	0	151	100	0.003
PFDoA	0	0	151	100	0.003
PFTTrDA	0	0	151	100	0.003
PFTeDA	0	0	151	100	0.003
PFHxDA	0	0	151	100	0.003
PFODA	0	0	151	100	0.003
PFPrS	0	0	151	100	0.003
PFBS	1	0.7	150	99.3	0.003
PFPeS	0	0	151	100.0	0.003
PFHxS	8	5.3	143	94.7	0.003
PFHpS	0	0	151	100	0.003
PFOS	89	58.9	62	41.1	0.003
PFNS	0	0	151	100	0.003
PFDS	0	0	151	100	0.003
PFUnDS	0	0	151	100	0.003
PFDoS	0	0	151	100	0.003
PFTTrDS	0	0	151	100	0.003
PFOSA	0	0	151	100	0.003
N-EtFOSA	0	0	151	100	0.003
N-MeFOSA	0	0	151	100	0.003
HFPO-DA	0	0	151	100	0.015
NaDONA	0	0	151	100	0.015
9Cl-PF3ONS	0	0	151	100	0.015
11Cl-PF3OUdS	0	0	151	100	0.015

Tabulka 3 Přehled látek stanovených v mateřském mléce (odběry 2020, analýzy v roce 2021)

Polychlorované bifenyly:

Analyt		CAS #
PCB 28	2,4,4' – trichlorobiphenyl	7012-37-5
PCB 52	2,2',5,5' – tetrachlorobiphenyl	35693-99-3
PCB 101	2,2',4,5,5' – pentachlorobiphenyl	37680-73-2
PCB 118	2,3',4,4',5' – pentachlorobiphenyl	31508-00-6
PCB 138	2,2',3,4,4',5' – hexachlorobiphenyl	35065-28-2
PCB 153	2,2',4,4',5,5' – hexachlorobiphenyl	35065-27-1
PCB 170	2,2',3,3',4,4',5' – heptachlorobiphenyl	35065-60-6
PCB 180	2,2',3,4,4',5,5' – heptachlorobiphenyl	35065-29-3

Organochlorované pesticidy:

Analyt		CAS #
p,p'-DDT	1,1,1-Trichloro-2,2-bis(4-chlorophenyl)ethane	50-29-3
o,p'-DDT	1-Chloro-2-(2,2,2-trichloro-1-[(4-chlorophenyl)ethy]benzene	784-02-6
p,p'-DDD	1,1-Dichloro-2,2-bis(p-chlorophenyl)ethane	72-54-8
o,p'-DDD	2-2-Chlorophenyl-2-(4-chlorophenyl)-1,1-dichloroethane	53-19-0
p,p'-DDE	1,1'-Dichloroethenylidene(bis(4-chlorobenzene)	72-55-9
o,p'-DDE	1-Chloro-2-(2,2-dichloro-1-(4-chlorophenyl)ethenyl)benzene	3424-82-6
HCB	Hexachlorobenzene	118-74-1
PCBz	Pentachlorobenzene	608-93-5
α-HCH	1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexane (alpha)	319-84-6
β-HCH	1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexane (beta)	319-85-7
γ-HCH	1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexane (gamma)	58-89-9

Bromované zpomalovače hoření:

Analyt		CAS #
BDE 28	2,4,4'-tribromdifenyl ether	41318-75-6
BDE 47	2,2',4,4'-tetrabromdifenyl ether	5436-43-1
BDE 49	2,2',4,5'-tetrabromdifenyl ether	243982-82-3
BDE 66	2,3',4,4'-tetrabromdifenyl ether	189084-61-5
BDE 85	2,2',3,4,4'-pentabromdifenyl ether	182346-21-0
BDE 99	2,2',4,4',5-pentabromdifenyl ether	60348-60-9
BDE 100	2,2',4,4',6-pentabromdifenyl ether	189084-64-8
BDE 153	2,2',4,4',5,5'-hexabromdifenyl ether	68631-49-2

BDE 154	2,2',4,4',5,6'-hexabromdifenyl ether	207122-15-4
BDE 183	2,2',3,4,4',5',6-heptabromdifenyl ether	207122-16-5
BDE 196	2,2',3,3',4,4',6,6'-oktabromdifenyl ether	446255-39-6
BDE 197	2,2',3,3',4,4',6,6'-oktabromdifenyl ether	117964-21-3
BDE 203	2,2',3,4,4',5,5',6-oktabromdifenyl ether	337513-72-1
BDE 206	2,2',3,3',4,4',5,5',6-nonabromodifenyl ether	63387-28-0
BDE 207	2,2',3,3',4,4',5,6,6'-nonabromoifenyl ether	437701-79-6
BDE 209	Dekabromdifenyl ether	1163-19-5
BTBPE	1,2-bis(2,4,6-tribrom-fenoxy)ethan	37853-59-1
HBB	Hexabrombenzen	87-82-1
PBEB	Pentabromometylbenzen	85-22-3
PBT	Pentabromtoluen	87-83-2
OBIND	Oktabromtrimetylfenylindan	155613-93-7
DBDPE	Dekabromdifenylethan	84852-53-9
<i>anti</i> -Dechloran Plus	<i>anti</i> -Bis(hexachlorcyklopentadien)cyklooktan	13560-89-9
<i>syn</i> -Dechloran Plus	<i>syn</i> -Bis(hexachlorcyklopentadien)cyklooktan	13560-89-9
DPTE	2,3-dibrompropyl-2,4,6-tribromfenyl ether	35109-60-5
EH-TBB	2-ethylhexyl-2,3,4,5-tetrabrombenzoát	183658-27-7
HCDBCO	Hexachlorcyklopentadienyl-dibromcyklooktan	1068659-48-2
TBCO	1,2,5,6-tetrabromcyklooktan	3194-57-8
TBECH	1,2-dibrom-4-(1,2-dibromethyl)cyklohexan	3322-93-8
α -HBCD	α -1,2,5,6,9,10-hexabromcyklododekan	134237-50-6
β -HBCD	β -1,2,5,6,9,10-hexabromcyklododekan	134237-51-7
γ -HBCD	γ -1,2,5,6,9,10-hexabromcyklododekan	134237-52-8
TBBPA	tetrabrombisfenol A	79-94-7
2,3-DBP	2,4-dibromofenol	615-58-7
2,4,6-TBP	2,4,6-tribromfenol	118-79-6
PBP	Pentabromfenol	608-71-9
6-OH-BDE-47	6-hydroxy-2,2',4,4'-tetrabromdifenyl ether	79755-43-4
4'-OH-BDE-49	4'-hydroxy-2,2',4,5'-tetrabromdifenyl ether	N/A
2'-OH-BDE-68	2'-hydroxy-2,3',4,5'-tetrabromdifenyl ether	N/A
6'-OH-BDE-99	6'-hydroxy-2,2',4,4',5-pentabromdifenyl ether	N/A

Perfluorované sloučeniny a jejich deriváty:

Analyt		CAS #
PFPrS	perfluoro-1-propanesulfonát	N/A
PFBS	perfluorbutansulfonát	29420-49-3
PFPeS	perfluor-1-pentanesulfonát	630402-22-1
PFHxS	perfluorhexansulfonát	82382-12-5

PFHpS	perfluor-1-heptansulfonát	21934-50-9
PFOS	perfluoroktansulfonát	1763-23-1
PFNS	perfluoro-1-nonanesulfonát	98789-57-2
PFDS	perfluordekansulfonát	N/A
PFDoS	perfluor-1-dodekansulfonát	N/A
PFBA	perfluorbutanová kyselina	375-22-4
PFPeA	perfluorpentanová kyselina	2706-90-3
PFHxA	perfluorhexanová kyselina	307-24-4
PFHpA	perfluorheptanová kyselina	375-85-9
PFOA	perfluoroktanová kyselina	335-67-1
PFNA	perfluornonanová kyselina	375-95-1
PFDA	perfluordodekanová kyselina	335-76-2
PFUDa	perfluorundekanová kyselina	2058-94-8
PFUnDS	perfluor-1-undekansulfonát	N/A
PFDoA	perfluordodekanová kyselina	307-55-1
PFTTrDS	perfluor-1-tridekansulfonát	174675-49-1
PFTTrDA	perfluortridekanová kyselina	72629-94-8
PFTeDA	perfluortetradekanová kyselina	376-06-7
PFHxDA	perfluorhexadekanová kyselina	67905-19-5
PFODA	perfluoroktadekanová kyselina	16517-11-6
FOSA	perfluoroktansulfonamid	754-91-6
N-MeFOSA	N-methylperfluor-1-oktansulfonamid	31506-32-8
N-EtFOSA	N-ethylperfluor-1-oktansulfonamid	4151-50-2
NaDONA	dodekafluor-3H-4,8-dioxanonanoát	958445-44-8
9Cl-PF3ONS	9-chlorohexadekafluor-3-oxanonan-1-sulfonát	73606-19-6
11Cl-PF3OUdS	11-chloroeikosafluor-3-oxaundekan-1-sulfonát	83329-89-9
HFPO-DA (GenX)	dimer hexafluorpropylenoxidu	13252-13-6