



Přítomnost plastových aditiv z elektroodpadu v dětských produktech

*Inq. Katarína Rusiňáková, Mgr. Simona Rozárka Jílková, Ph.D., Chijioke Olisah, Ph.D., Lisa Emily, Melymuk, Ph.D., Mgr. Ondřej Audy, Ph.D., Mgr. Petr Kukučka, Ph.D., RNDr. Petra Příbylová, Ph.D., Recetox, Masarykova Univerzita v Brně;
Martin Boudot, Premières Lignes Television, Brûlon, Paris, France*

Masarykova Univerzita, RECETOX

Fakulty

- > [Právnická fakulta](#) | WEB
- > [Lékařská fakulta](#) | WEB
- > [Přírodovědecká fakulta](#) | WEB
- > [Filozofická fakulta](#) | WEB
- > [Pedagogická fakulta](#) | WEB
- > [Farmaceutická fakulta](#) | WEB
- > [Ekonomicko-správní fakulta](#) | WEB
- > [Fakulta informatiky](#) | WEB
- > [Fakulta sociálních studií](#) | WEB
- > [Fakulta sportovních studií](#) | WEB

Ústavy

- > [Geografický ústav](#)
- > [Národní centrum pro výzkum biomolekul](#)
- > [RECETOX](#)
- > [Ústav antropologie](#)
- > [Ústav biochemie](#)
- > [Ústav botaniky a zoologie](#)
- > [Ústav experimentální biologie](#)
- > [Ústav fyziky a technologií plazmatu](#)
- > [Ústav fyziky kondenzovaných látek](#)
- > [Ústav geologických věd](#)
- > [Ústav chemie](#)
- > [Ústav matematiky a statistiky](#)
- > [Ústav teoretické fyziky a astrofyziky](#)

Výzkumné programy

1. Environmentální chemie a modelování
2. Environmentální zdraví
3. Environmentální toxikologie
4. Chemické nástroje pro diagnostiku a terapii
5. Loschmidtovy laboratoře proteinového inženýrství

31 Výzkumných skupin

Chemické polutanty a expoziční cesty člověka

- PI: doc. Lisa Emily Melymuk, PhD.

Témata výzkumu:

- Porozumění chemické expozici ve vnitřním prostředí
- Optimalizace metod odběru vzorků prachu a vzduchu v interiérech
- Propojení expozičních cest s biomonitoringem člověka
- Charakterizace chemikálií ve spotřebitelských produktech
 - Chemická bezpečnost dětských plastových produktech

FAKTA o plastových dětských hračkách

- **Plastové materiály** mohou obsahovat až **40 tisíc chemických látek** - polymery, změkčovadla, zpomalovače hoření, parfémované složky, neúmyslně přidané látky,...
- Při výrobě plastových hraček je použito až **419 chemických látek**
- **97 % z 200** plastových hraček zakoupených online nebylo v souladu legislativou EU – Toy Industries of Europe
- Safety Gate Rapid Alert System (2024) – 4137 hlášení - **15 %** všech hlášení se týkalo hraček
- Až **90 %** dětských hraček je vyrobeno z plastu
- **Nebezpečí – výroba nových hraček z recyklovaných plastů**

EXTREMELY HIGH LEVELS OF PBDEs in Children's Toys from European markets: causes and implications for the circular economy

Olisah et al. *Environmental Sciences Europe* (2024) 36:183
<https://doi.org/10.1186/s12302-024-00999-2>

Environmental Sciences Europe

RESEARCH

Open Access

Extremely high levels of PBDEs in children's toys from European markets: causes and implications for the circular economy

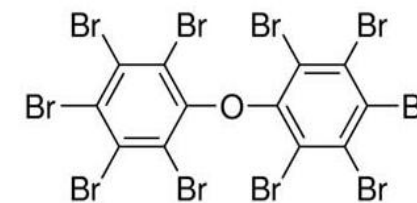


Chijioke Olisah¹, Lisa Melymuk^{1*}, Ondrej Audy¹, Petr Kukucka¹, Petra Pribylova¹ and Martin Boudot²

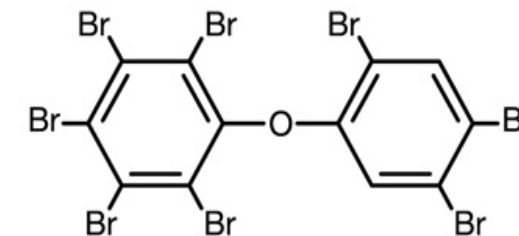
CÍL: Zhodnotit bezpečnost hraček prodávaných na trhu EU a jejich soulad s předpisy EU, se zaměřením na obsah **PBDE**

Polybromované difenylethery (PBDE)

- **Použití:** zpomalovače hoření v elektronice, nábytku, textiliích, stavebních materiálech
- **Stockholmská úmluva o POPs**
 - Tetra, Penta, Hexa, Hepta, Octa-BDE (2009)
 - Výroba a použití ukončeno
 - Deca-BDE (BDE-209) (2017)
 - Dočasná výjimka: doprava (náhradní díly)
- **Dopady PBDE na zdraví dětí:** snížené IQ, hyperaktivita, poruchy pozornosti, poruchy učení
- **Nařízení EU o POPs (2019/1021)**
 - LPCL - Low Persistent Organic Pollutant Content Limit = 500 µg/g
 - UTC - Unintentional Trace Contaminant = 10 µg/g



BDE-209
Decabromodifenyether



BDE-183
Octabromodifenyether

Vzorkování

- 84 dětských plastových hraček
- Hračky byly zakoupeny ve Francii v listopadu a prosinci 2022
- 14 – online obchody
- 67 – mezinárodní obchodní řetězce
- 3 – second-hand produkty

Br screening

- Prioritizace vzorků pro analýzu PBDE
- RTG fluorescenční analýza (XRF)
- Vzorky s koncentrací Br vyšší než 500 µg/g (n=11) byly vybrány k analýze PBDE

Analýza PBDE

- Řezání na menší kousky
- Zmrazení kapalným dusíkem
- Homogenizace v mlýnku
- 200 mg vzorku
- 5 ml hexanu
- Ultrazvuk: 20 minut
- Čištění primárního extraktu:
 - kolona naplněná H_2SO_4 - modifikovaným silikagelem a Na_2SO_4
 - Eluce: 40 ml hexan:DCM (1/1)
- Redukce objemu: N_2
- Analýza: GC-HRMS
- Analyty (10): BDE-28, BDE-47, BDE-66, BDE-99, BDE-85, BDE-100, BDE-153, BDE-154, BDE-183, BDE-209

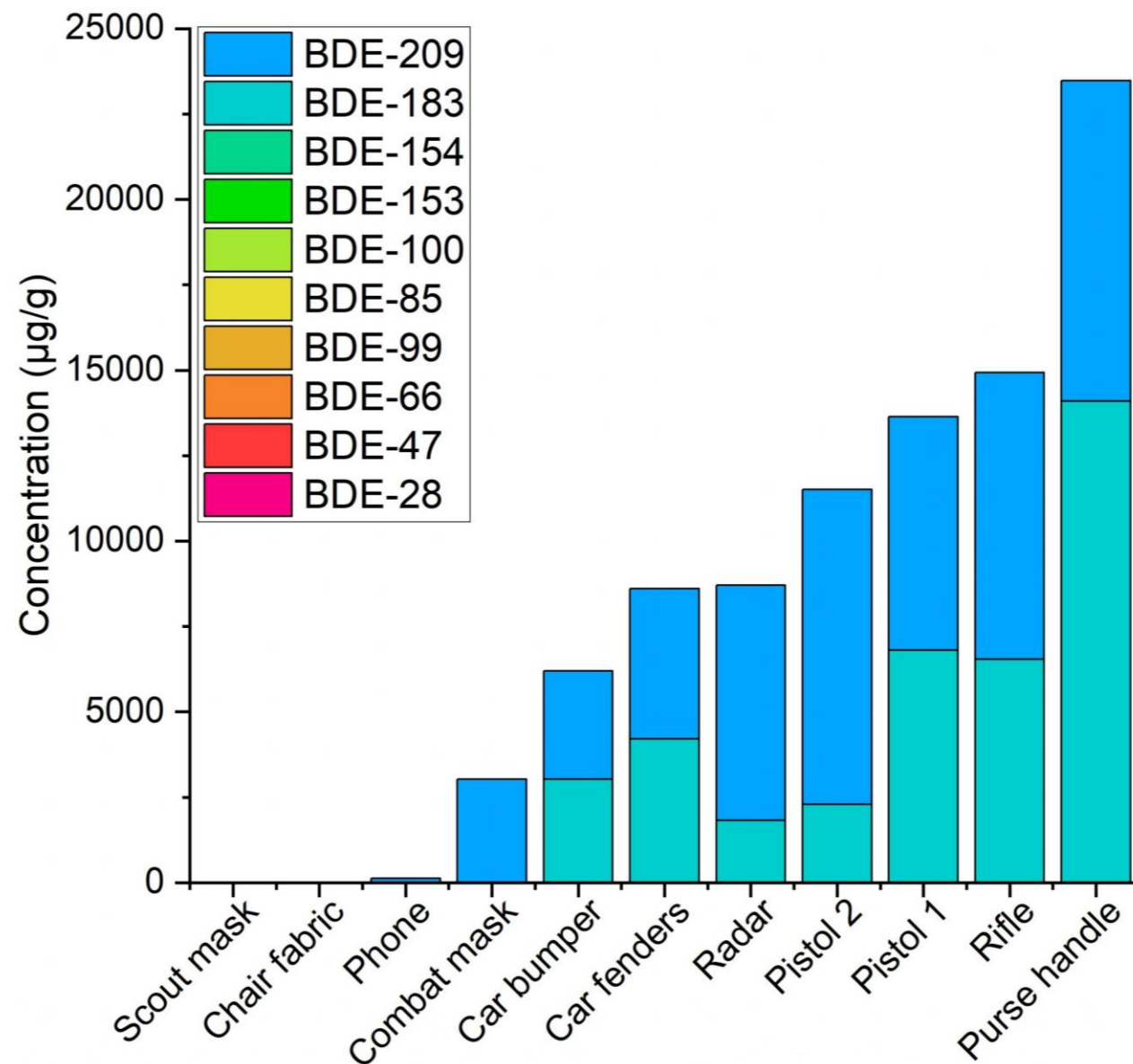
Table S2 Physical description and mass fractions of bromine in toys (n = 11) from the French market.

Short sample code	Description of toys	Bromine mass fraction (µg/g)
Rifle	Toy rifle, gun barrel	2500
Pistol 1	Silver toy pistol, stock and barrel	5300
Pistol 2	Silver toy pistol with black grip, side	700
Phone*	Transparent fake phone screen	1500
Combat mask	Grey shiny combat mask	655
Purse handle	Grey shiny beaded handle of a handle bag	3450
Radar	Black and yellow radar	1600
Car fenders	Black remote control car fenders	1545
Car bumper	Black remote control car bumper	1090
Scout mask*	Red and grey scout mask	21300
Chair fabric*	Chair, synthetic fabric	15000

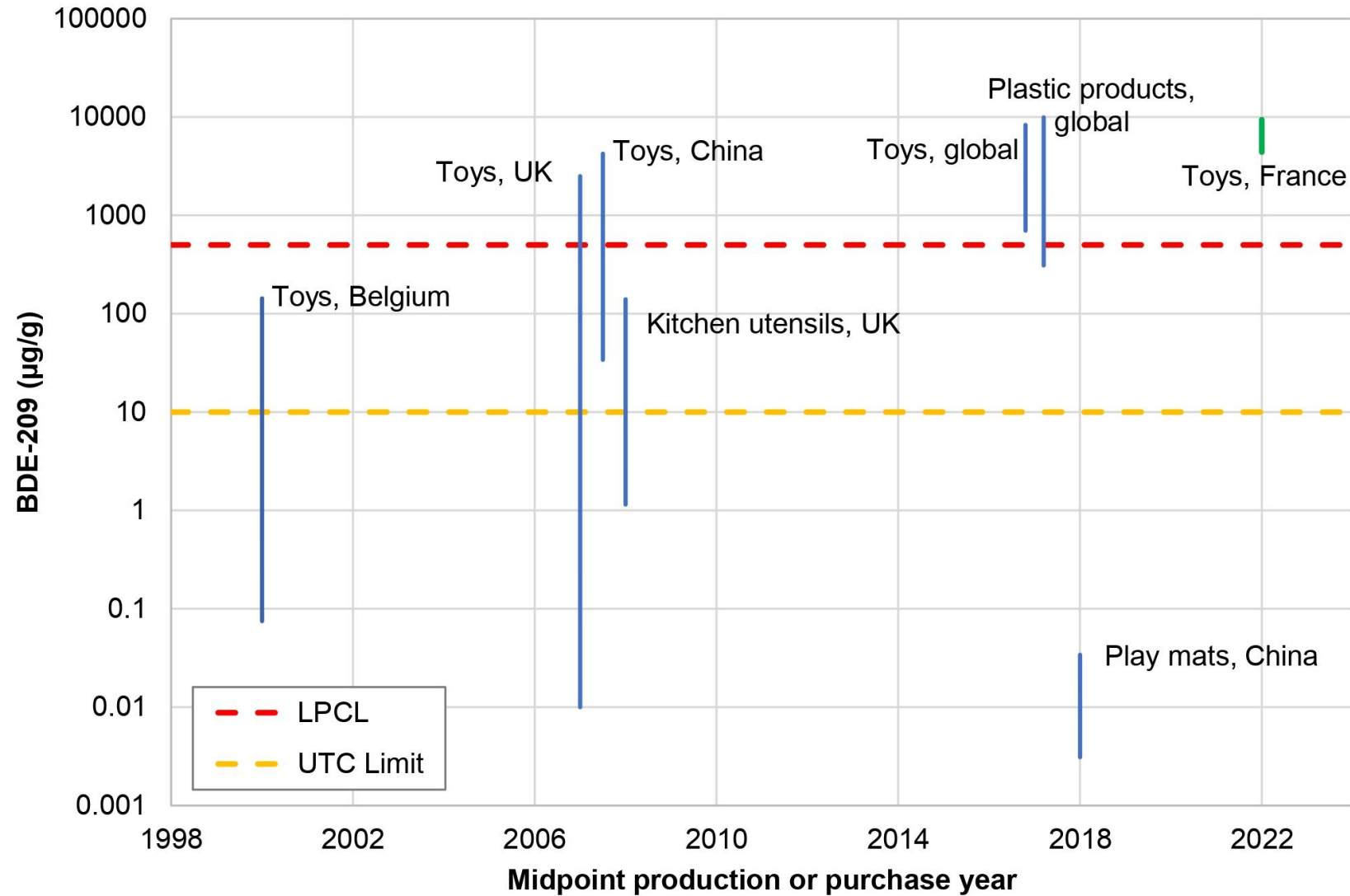
* - second hand toys

Výsledky analýzy PBDE v hračkách

- PBDE detekovány ve všech vzorcích hraček
- **Nejčastěji detekované: BDE-183** (octa-BDE) a **BDE-209** (deca-BDE)
- Nejvyšší koncentrace BDE-209: **2%** hmotnosti v rukojeti kabelky
- BDE-183: původ z technické směsi deca-BDE, degradační produkt deca-BDE
- 8 z 11 vzorků **překročilo LPCL** limit 500 µg/g pro Σ 10 PBDE **6-47x**
- 9 z 11 vzorků **překročilo UTC** limit 10 µg/g pro deca-BDE **12-800x**



Porovnání hladin BDE-209 mezi touto a jinými studiemi



Faktory ovlivňující výskyt nebezpečných plastových hraček na trhu EU

Růst nakupování v e-shopech

- Online prodej hraček vzrostl o 21% (2021-2022)
- Až $\frac{3}{4}$ hraček nahlášených v systému Safety Gate pocházely ze zemí **mimo EU**



- **Chemické složení** hraček je často **neznámé i samotným výrobcům** – prohlášení o souladu s EU předpisy se zakládá na neúplných údajích

Technické problémy při recyklaci plastů

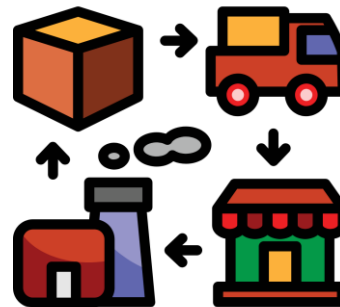
- **Recyklovaný PET** v roce 2024 stál 1000 USD/t, **nový plast** 800-900 USD/t



- **Před recyklací** je nutné **snížit koncentrace** toxických látek na požadovanou úroveň
- Průmyslné XRF **spolehlivě** stanovuje koncentrace nad **1000 ppm**, požadavek je **10 ppm**

Složitost dodavatelského řetězce

- Údaje o složení plastových hraček **nejsou veřejně dostupné**

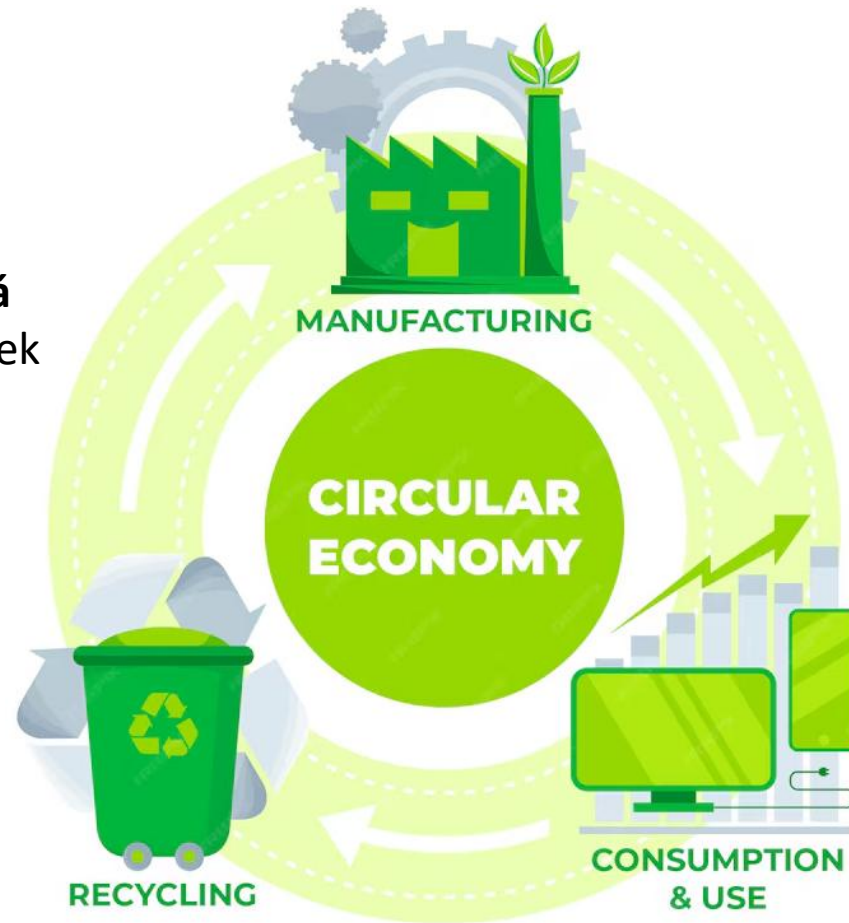


- Chybí přehled o **složení plastových výrobků** napříč **dodavatelským řetězcem**
- Řešením má být **digitální produktový pas EU (DPP)**

Oběhové hospodářství a recyklace elektroodpadu

Ideální oběhové hospodářství **nepočítá** s **vysokými koncentracemi** toxických látek v **elektroplastech**

E-plasty **musí být segregovány** od ostatních plastů kvůli odlišným recyklačním procesům



Legislativa: POP (2019/1021), WFD (2008/98/ES), WEEE (2012/19/EU), CENELEC (normy)

Cíl EU: recyklovat 50 % plastového odpadu do roku 2025 – nesplněno → **nedostatek sekundárních surovin**



POKRAČUJEME

- **Vzorkovací kampaň:** světové regiony, online platformy, second-hand produkty
- **Vývoj analytické metody:** kvantifikace vícero skupin nebezpečných chemických látek v plastových materiálech
- **Prioritizace cílových chemických látek:** na základě legislativy, necílené analýzy, odborné literatury
- **Analýza produktů a interpretace dat:** soulad s legislativou, typ polymeru vs. aditiva,...
- **Identifikace původu prioritních chemikálií:** sledování v rámci dodavatelského řetězce

ĎAKUJEM ZA POZORNOST

Ing. Katarína Rusiňáková
e-mail: katarina.rusinakova@recetox.muni.cz

Použité zdroje

Muncke, J. *Sci Tot Env* 2009, 407 (16), 4549–4559. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2009.05.006.
Aurisano, N., et al. *Environ Int* 2021, 146. DOI: 10.1016/j.envint.2020.106194.
European Commission. (2025). *The Safety Gate Rapid Alert System in 2024*. Publications Office of the EU.
The World Counts (2023) Toys is a \$90 billion industry. \$300 billion if games are included.
Eskenazi, B., et al. *Environ Health Perspect.* 2013. DOI: 10.1289/ehp.1205597.
Vuong, A. M., et al. *Hormones and Behavior.* 2018. DOI: 10.1016/j.yhbeh.2017.11.008.
Park, S., et al. *Front Epidemiol* 2023, 3. DOI: 10.3389/fepid.2023.1061234.

North and Central America



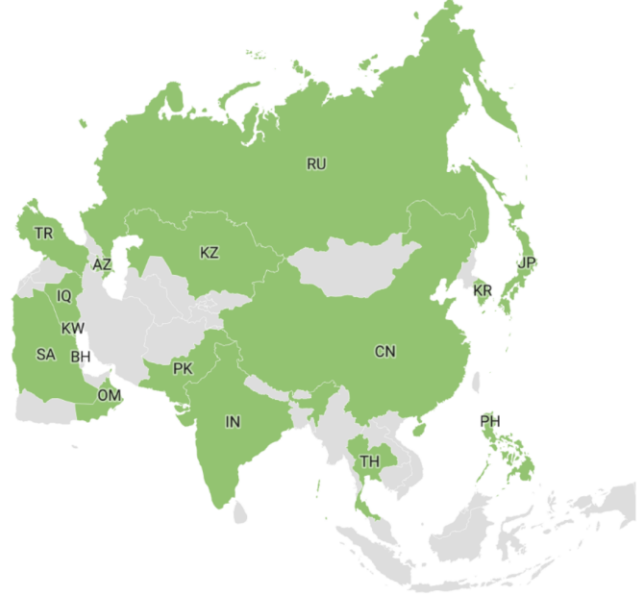
South America



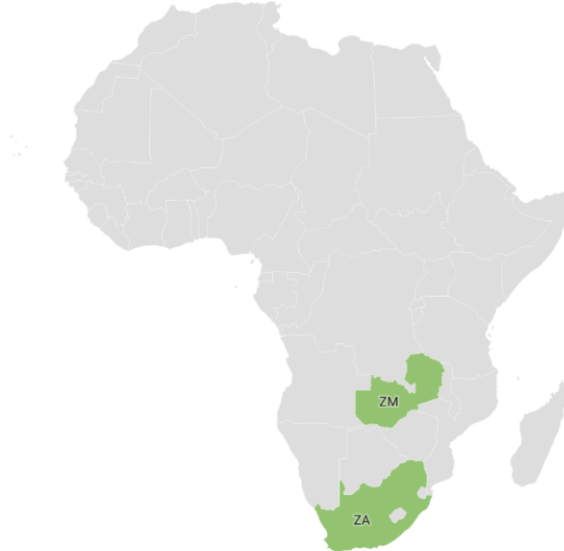
Europe



Asia



Africa



Australia and Oceania



PLASTIC SAMPLE

1. HOMOGENIZATION

2. EXTRACTION

3. PURIFICATION

4. ANALYSIS



Blenders



Scissors
and blade



Plastic
pieces



Plastic
powder



Ultrasonic bath



Vortex



Soxhlet
extractor



Primary
Extract



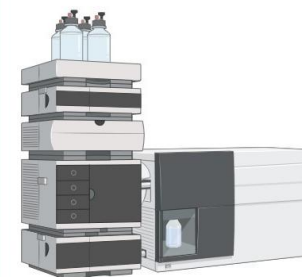
Filtration in
syringe



Sorbent
clean-up



Final
Extract



LC-MS/MS



GC-MS/MS

Zber vzoriek

- Plastové detské produkty: hryzadlá, lyžičky, fľaše, cumlíky
- Produkty z druhej ruky
- Produkty zakúpené online
- Produkty zakúpené v čo najviac krajinách sveta
- **Cieľ:** 200-250 produktov
- **Metadáta:** krajina výroby, farba produktu, cena, typ polyméru,...

Prioritizácia nebezpečných chemických látok

- **Cieľ:** vytvoriť zoznam prioritných nebezpečných chemických látok, ktoré budeme kvantifikovať v detských plastových produktoch
- **Prioritizácia založená na:**
 - Literárne zdroje (vedecké články)
- Legislatíva: Smernica o bezpečnosti hračiek (2009/48/ES), REACH (1907/2006)- zoznam SVHC chemických látok, ECHA – plány pre PFAS a FRs legislatívu
- Výsledky necielenej analýzy

Vývoj analytickej metódy

- Analytické metódy na stanovenie chemických látok v plastových materiáloch sú malo popísané a nie sú štandardizované
- **Cieľ:** vyvinúť robustnú analytickú metódu na stanovenie prioritných chemikálií v plastových materiáloch

Kvantifikácia prioritných chemických látok

- **Cieľ:** analýza zozbieraných vzoriek, kvantifikácia prioritných chemických látok, analýza a interpretácia dát
- **Odpovieme na otázky:**
- Sú produkty v súlade s miestnou legislatívou?
- Čo má väčší vplyv na kvalitu produktu? Krajina, v ktorej bol produkt zakúpený alebo krajina pôvodu?
- Dá sa generalizovať naprieč typom polyméru? Sú nejaké aditíva bežnejšie s nejakým typom polyméru?
- Sú online zakúpené produkty v súlade s EU legislatívou? Je ich chemické zloženie v súlade s legislatívou krajiny pôvodu?
- Ako sa líšia koncentrácie nebezpečných chemikálií medzi novými a používanými produktami?

Identifikácia pôvodu prioritných chemikálií v rámci dodávateľského reťazca

- **Cieľ:** zistiť, v ktorej časti výrobného procesu sa nebezpečné chemikálie dostávajú do produktu; poskytnúť výrobcom spätnú väzbu
- Bude zozbieraných 5-10 vzoriek v rôznych častiach výrobného procesu – suroviny, medziprodukty, pred a po transporte,
- obalové materiály osobitne
- Spolupráca s fabrikami, dodávateľmi surovín, výrobcami, distribútormi
- Kontakt s fabrikami bude zabezpečený cez asociácie ako Toy industries of Europe, Food Packaging Forum



1. Zber vzoriek

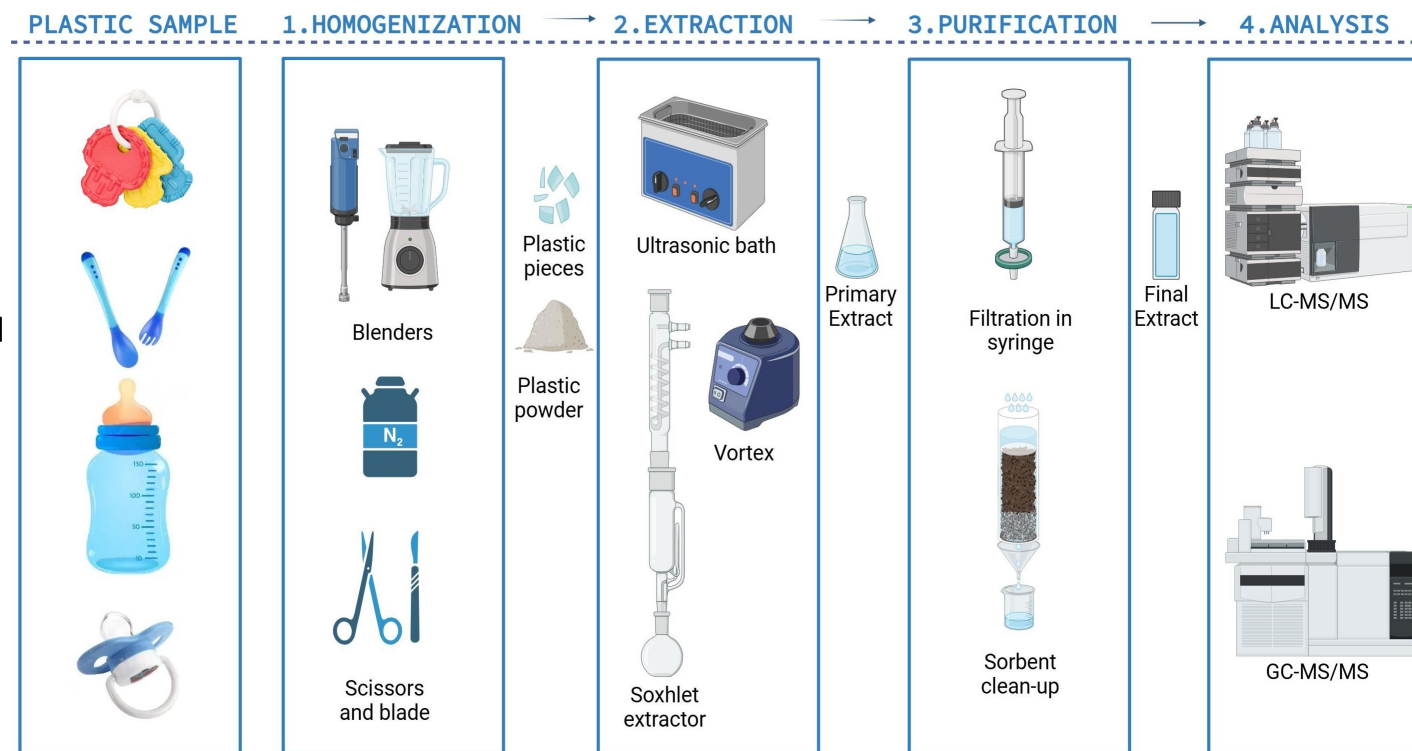
- Plastové detské produkty: hryzadlá, lyžičky, fľaše, cumlíky
- Produkty z druhej ruky
- Produkty zakúpené online
- Produkty zakúpené v čo najviac krajinách sveta (kolegovia, kamaráti, slovenskí a českí cestovní blogeri)
- Cieľ: 200-250 produktov
- Metadáta: krajina výroby, farba produktu, cena, typ polyméru,...

2. Prioritizácia nebezpečných chemických látok

- **Cieľ:** vytvoriť zoznam prioritných nebezpečných chemických látok, ktoré budeme kvantifikovať v detských plastových produktoch
- **Prioritizácia založená na:**
 - Literárne zdroje (vedecké články)
 - Legislatíva: Smernica o bezpečnosti hračiek (2009/48/ES), REACH (1907/2006)- zoznam SVHC chemických látok, ECHA – plány pre PFAS a FRs legislatívu
 - Výsledky necielenej analýzy

3. Vývoj analytickej metódy

- Analytické metódy na stanovenie chemických látok v plastových materiáloch sú malo popísané a nie sú štandardizované
- **Cieľ:** vyvinúť robustnú analytickú metódu na stanovenie prioritných chemikálií v plastových materiáloch



Najčastejšie opísané analytické metódy na determináciu rôznych skupín chemických látok v plastových materiáloch

4. Kvantifikácia prioritných chemických látok

- **Cieľ:** analýza zozbieraných vzoriek, kvantifikácia prioritných chemických látok, analýza a interpretácia dát

Odpovieme na otázky:

- Sú produkty v súlade s miestnou legislatívou?
- Čo má väčší vplyv na kvalitu produktu? Krajina, v ktorej bol produkt zakúpený alebo krajina pôvodu?
- Sú existujúce databázy produktov relevantné?
- Dá sa generalizovať naprieč typom polyméru? Sú nejaké aditíva bežnejšie s nejakým typom polyméru?
- Sú online zakúpené produkty v súlade s EU legislatívou? Je ich chemické zloženie v súlade s legislatívou krajiny pôvodu?
- Ako sa líšia koncentrácie nebezpečných chemikálií medzi novými a používanými produktami?

5. Identifikácia pôvodu prioritných chemikálií v rámci výrobného reťazca

- **Cieľ:** zistiť, v ktorej časti výrobného procesu sa nebezpečné chemikálie dostávajú do produktu; poskytnúť výrobcovi spätnú väzbu
- Bude zozbieraných 5-10 vzoriek v rôznych častiach výrobného procesu – suroviny, medziprodukty, pred a po transporte, obalové materiály osobitne
- Spolupráca s fabrikami, dodávateľmi surovín, výrobcami, distribútormi
- Kontakt s fabrikami bude zabezpečený cez asociácie ako Toy industries of Europe, Food Packaging Forum