

# Problematika emergentních cizorodých látek v podzemních vodách – aktuální stav poznání

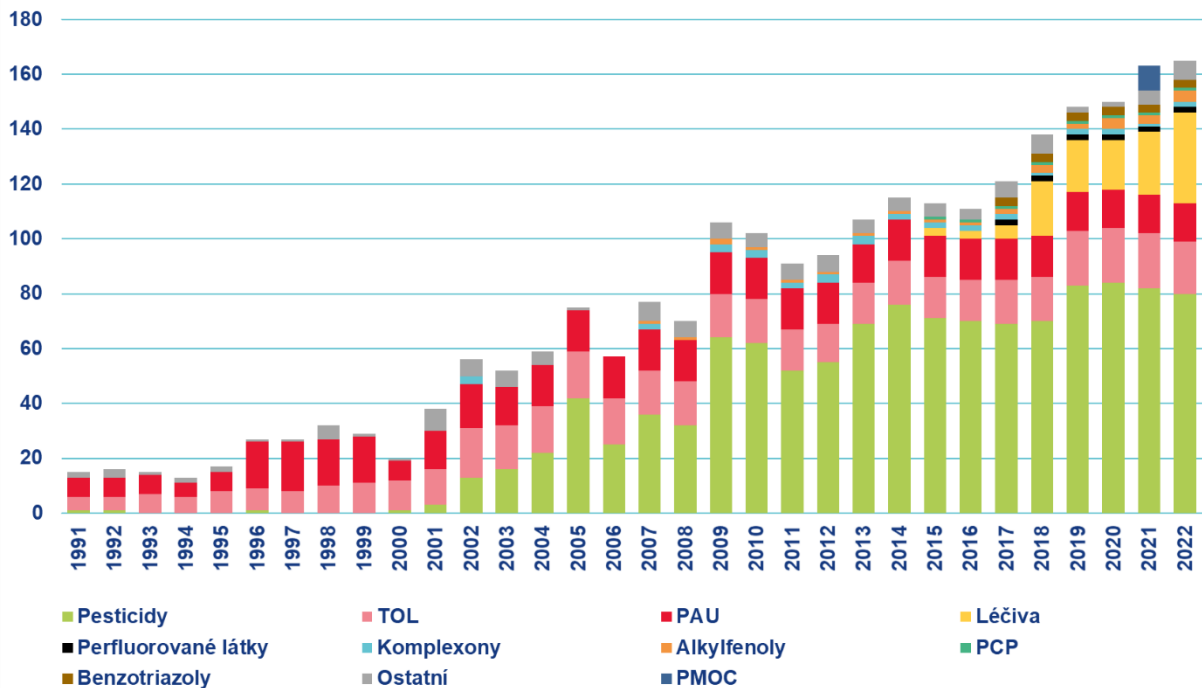
Vít Kodeš<sup>1</sup>, Miroslava Svátková<sup>1</sup>, Jindřich Freisleben<sup>1</sup>, Ganna Fedorova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 17, Praha 4, e-mail: [vit.kodes@chmi.cz](mailto:vit.kodes@chmi.cz)

<sup>2</sup>Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Zátíší 728/I, Vodňany

## 1. Úvod

Přestože je podzemní voda považována za relativně bezpečný vodní zdroj, který je přirozeně chráněn půdními a horninovými vrstvami, xenobiotika se vyskytují také v podzemních vodách kontaminovaných zemědělstvím, průmyslovými areály, skládkami, netěsnými kanalizačními řady a jímkami apod. Díky intenzivní literární rešerši pro identifikaci potenciálních polutantů, vývoji analytických metod a zvýšenému důrazu na kvalitu vzorkovacích prací a analytických stanovení jsou v rámci monitoringu ČHMÚ nalézány nové látky, jejichž počet se neustále zvyšuje (obr.1).



Obr.1 Vývoj počtu nalezených cizorodých látek v podzemních vodách

Síť sledování jakosti podzemních vod ČHMÚ je koncipována tak, aby se záměrně vyhýbala známým kontaminovaným místům. Přesto bylo v podzemních vodách v jednotlivých letech 2019-2022 nalezeno 148, 150, 163 a 165 organických mikropolutantů (celkem v tomto období to bylo 217 látek z 345 sledovaných), a to dokonce v různých směsích. Na podzim roku 2021 navíc

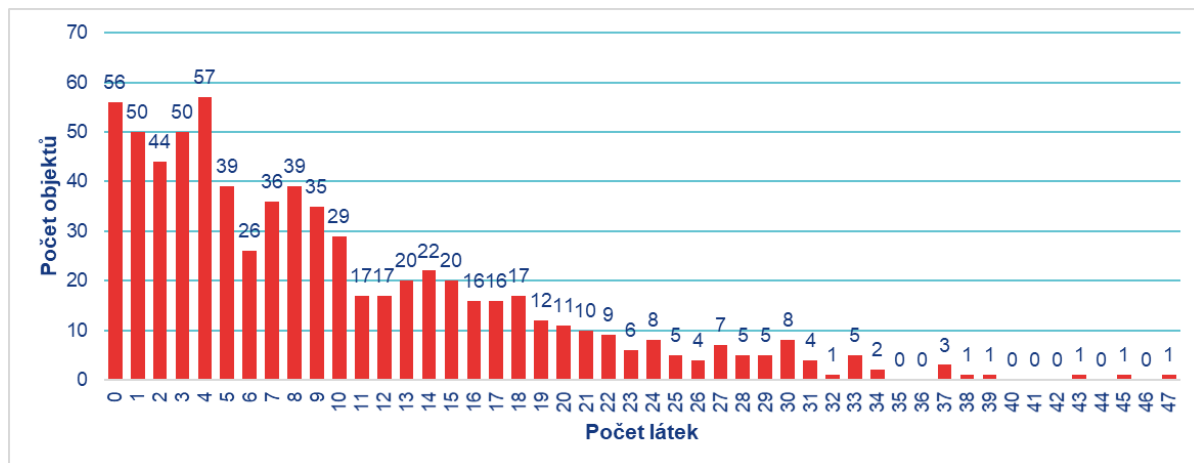
proběhl monitoring nové skupiny organických mikropolutantů tj. perzistentních a velmi mobilních látek, které mohou snadno překonat i sorpční bariéry v úpravnách vod.

## 2. Materiál a metody

Pro zhodnocení výskytu cizorodých látek a jejich směsí v podzemních vodách byla využita data ze 716 míst sítě sledování jakosti podzemních vod ČHMÚ z let 2019-2022. Vzorky jsou pravidelně odebírány 2x ročně v cyklu jaro-podzim a analyzovány za použití různých analytických metod (převážně LC-MS/MS a GC-MS/MS). Celkem bylo zpracováno 5539 vzorků. Za účelem posouzení výskytu cizorodých látek různého původu byly látky rozděleny do následujících skupin: alkylfenoly, benzotriazoly, chelatační činidla (komplexony), pesticidy, perfluorované sloučeniny (PFC), těkavé organické látky (TOL), polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU), léčiva, prostředky perzonální péče (PCP) a ostatní látky (ftaláty, chlorované alkany C10-13, umělá sladidla). Vzhledem k pouze jednorázovému stanovení perzistentních a velmi mobilních látek (PMOC) v roce 2021 byl výskyt těchto látek vyhodnocen samostatně.

## 3. Výsledky

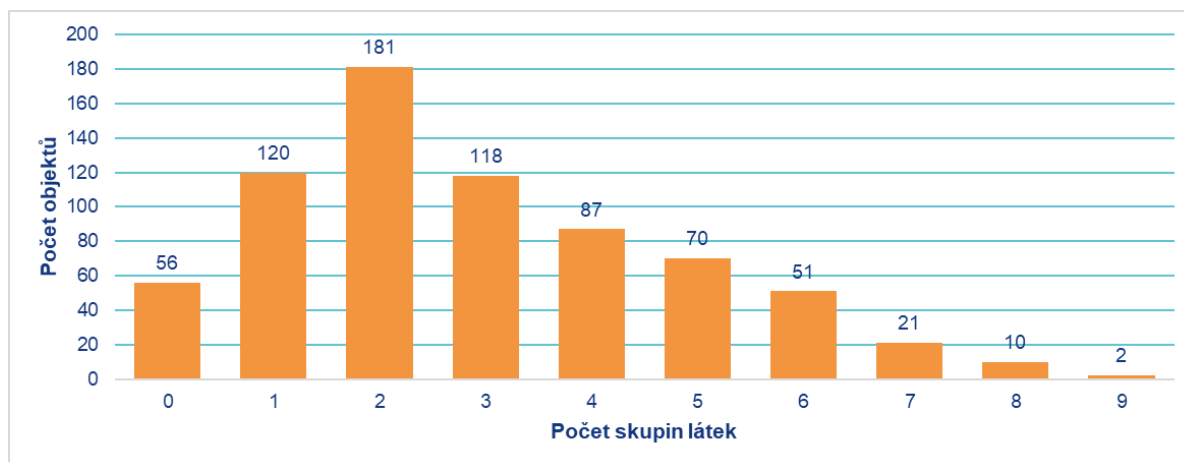
Analýza ukázala, že 23 % vzorků neobsahovalo žádnou ze sledovaných cizorodých látek, 13 % vzorků obsahovala pouze jednu látku, 9.6 % vzorků obsahovalo 2 látky, 3-10 látek bylo zjištěno ve 39.6 % vzorků a více než 10 látek (až 35 látek) bylo nalezeno ve 14.8 % vzorků. Cizorodé látky tudíž obsahovalo 77 % vzorků. Nejméně 2 látky současně se vyskytly v 64% vzorků, z toho 2 látky z různých skupin se vyskytly ve 48% vzorků. Z pohledu výskytu cizorodých látek v jednotlivých objektech, nebyly tyto látky nalezeny v 8 % (56) objektů, v jednom objektu byla nalezena směs až 47 látek, detaily počtů nalezených látek jsou uvedeny na obrázku 2. Směsi látek ze dvou různých látek jsou nejčastěji nalézány, viz obrázek 3. Přehledná mapa s počty nalezených skupin látek a počty nalezených látek v jednotlivých objektech je uvedena na obrázku.4.



Obr.2 Počty nálezů látek v jednotlivých objektech

Převládajícími kontaminanty jsou pesticidy (nalezeny ve 60 % objektů, prahovou hodnotu 0.1 µg/L překročily ve 43% objektů), PAU (58 % objektů) a TOL (48 % objektů). Méně často byly nalézány léčiva (28 % objektů), chelatační činidla (26 % objektů), benzotriazoly (20 % objektů), prostředky perzonální péče (14 % objektů), alkylfenoly (11 % objektů) a perfluorované sloučeniny (1 % objektů). Látky ze skupiny "ostatní látky" byly nalezeny ve 24 % objektů, z této

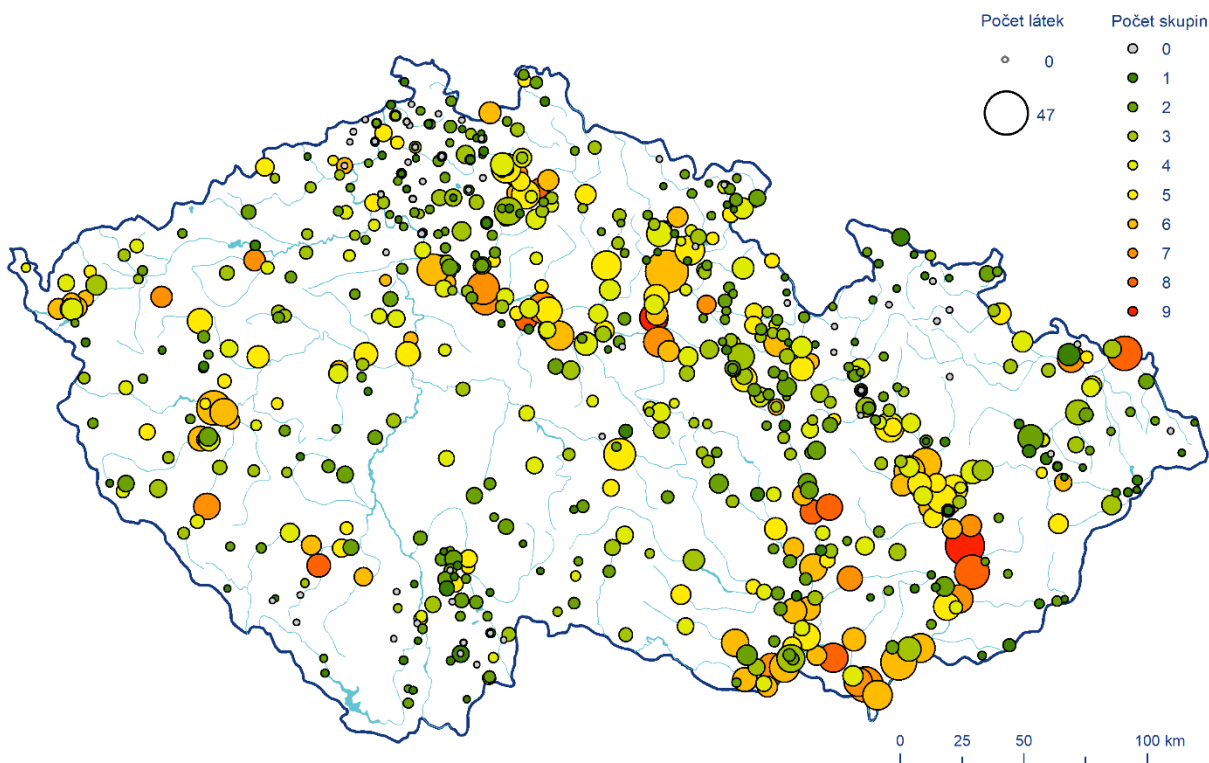
skupiny látek bylo nejčastěji nalezeno umělé sladidlo acesulfam, a to ve 20 % objektů. Sumární koncentrace cizorodých látek mohou překročit 100 a dosáhnout hodnoty až 443.49 µg/L, koncentrace ve většině vzorků byly v rozmezí do 1 µg/L. Existují místa, kde byly nalezeny směsi velkého počtu látek z různých skupin ve velkých koncentracích, jedno z míst, kde byly nalezeny směsi 43 látek ze všech 9 sledovaných skupin látek, je využívaný vodárenský zdroj, což je alarmující vzhledem k tomu, že to je významný zdroj, který má stanovená ochranná pásma viz tabulka 1, kde jsou uvedena tři místa, které lze nazvat rekordmany.



Obr.3 Počty nálezů skupin látek

Tab.1 Národní rekordmani

Důvod	Sumární koncentrace (µg/L)	Počet skupin	Počet látek
Vysoká koncentrace	<b>443.49</b>	6	13 - TOL (6), pesticidy (3), alkylfenoly (1), léčiva (1), chelatační činidla (1), ostatní (1)
Vysoký počet látek	34.2	6	<b>47</b> - pesticidy (39), PAU (3), léčiva (2), chelatační činidla (1), TOL (1), alkylfenoly (1),
Vysoký počet látek a vysoký počet skupin	7.606	<b>9</b>	<b>43</b> – TOL (6), benzotriazoly (2), pesticidy (17), alkylfenoly (1), PAU (6), léčiva (7), PCP (1), chelatační činidla (1), ostatní (2)
Vysoký počet skupin látek	7.606	<b>9</b>	43 – TOL (6), benzotriazoly (2), pesticidy (17), alkylfenoly (1), PAU (6), léčiva (7), PCP (1), chelatační činidla (1), ostatní (2)



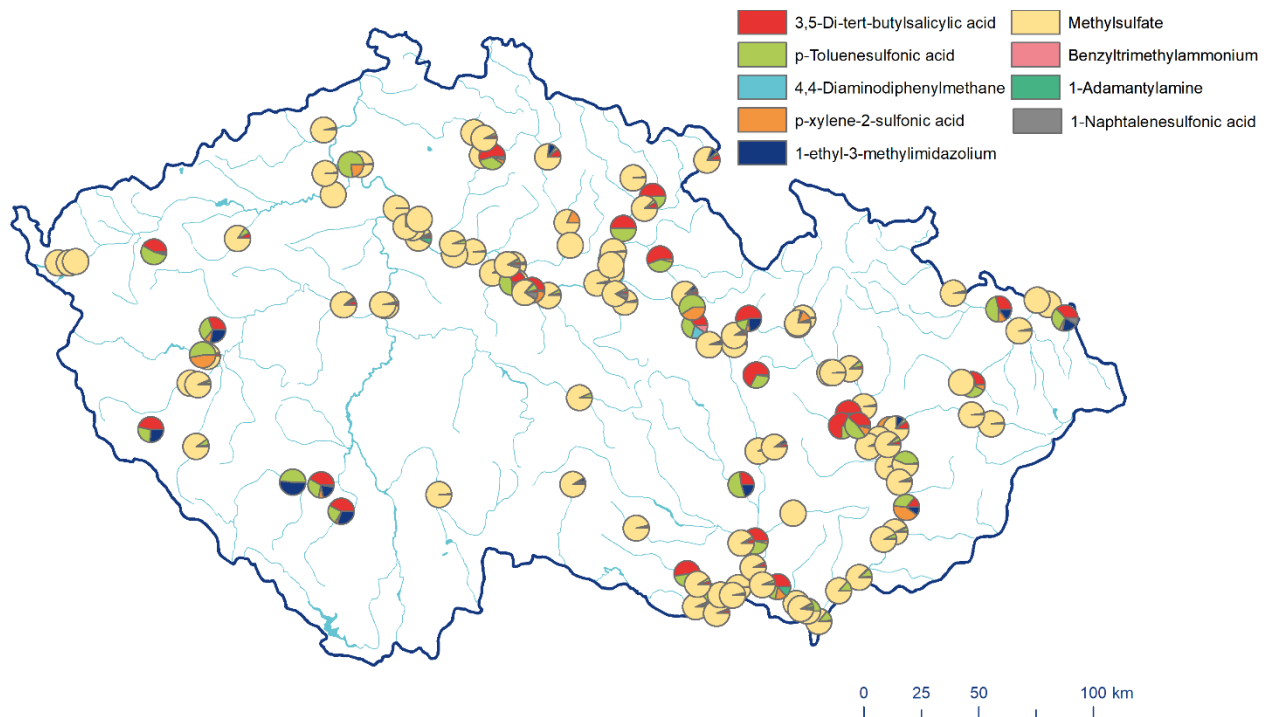
Obr.4 Nálezy cizorodých látek v podzemních vodách v letech 2019-2022

Perzistentní a mobilní látky byly sledovány v podzemních vodách v roce 2021, kdy bylo celkem jednorázově odebráno 125 vzorků z 8 pramenů a 108 vrtů monitorovací sítě ČHMÚ a z 9 vodárenských zdrojů s vydatností nad 50 L/s, začleněných do monitoringu podzemních vod ČHMÚ

Tab.2 Monitorované nové perzistentní a mobilní látky

Látka	Použití
kyselina p-toluensulfonová	chemický průmysl, textilní barviva, léčiva, čisticí prostředky, polymery, barvy, fotografie, plasty
kyselina 3,5-di-terc-butylsalicylová	tonery, UV filtry
metylsulfát sodný	povrchově aktivní látky
kyselina 2,4-xylensulfonová	gumárenství, polymery
1-ethyl-3-methylimidazol	elektrolyty
kyselina 1-naftalensulfonová	gumárenství, barviva, léčiva, politury
1-adamantylamin	léčiva, meziprodukt při výrobě
4,4'-diaminodifenylmetan	lubrikanty, polymery, mazadla
benzyltrimethylamonium chlorid	povrchově aktivní látky, gumárenství, polymery

Ve vzorcích podzemních vod bylo nalezeno 9 látek: kyselina p-toluensulfonová, kyselina 3,5-di-terc-butylsalicylová, metylsulfát sodný, kyselina 2,4-xylylsulfonová, 1-ethyl-3-methylimidazol, kyselina 1-naftalensulfonová, 1-adamantylamin, 4,4'-diaminodifenylmetan a benzyltrimethylamonium chlorid (viz tabulka.2, obr.5). Maximální koncentrace jednotlivých látek se pohybovaly mezi 0.044 µg/L (benzyltrimethylamonium chlorid vodárenský zdroj ve středních čechách) a 69 µg/L (methylsulfát sodný ve vrtu u Bohumína).

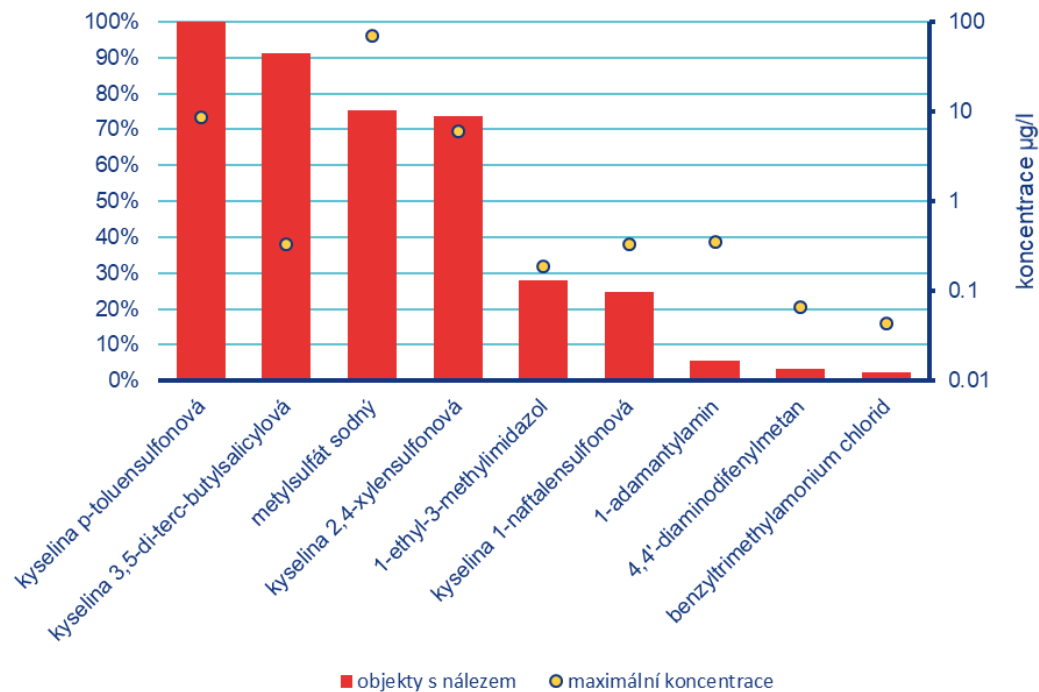


Obr.5 Nálezy nových perzistentních a mobilních látek v podzemních vodách v roce 2021

V podzemní surové vodě bylo v 9 významných sledovaných vodárenských zdrojích nalezeno těchto 7 látek (sestupně dle četnosti nálezů s uvedením počtu vodárenských zdrojů s výskytem): kyselina 3,5-di-terc-butylsalicylová (9 vodárenských zdrojů), kyselina p-toluensulfonová (9), kyselina 2,4-xylylsulfonová (8), metylsulfát sodný (8), kyselina 1-naftalensulfonová (7), 1-adamantylamin (3) a benzyltrimethylamonium chlorid (2 vodárenské zdroje). Maximální koncentrace těchto látek se pohybovaly v rozmezí 0.044 µg/L (benzyltrimethylamonium chlorid) až 26 µg/L (methylsulfát sodný).

Mezi perzistentní mobilní látky lze zařadit i umělá sladidla sacharin a acesulfam, antikoroziiva 1H-benzotriazol a 5-methyl-1H-benzotriazol a metabolit konazolových fungicidů 1,2,4-triazol. Z těchto látek byl nejčastěji nalezen acesulfam (v 258 z 1408 vzorků), následovaný 5-methyl-1H-benzotriazolem (272 z 1773 vzorků), 1H-benzotriazolem (208 z 1773 vzorků) a 1,2,4-triazolem (191 vzorků z 1700 vzorků). Sacharin byl nalezen pouze v 9 ze 1408 vzorků. Acesulfam byl nalezen v koncentracích nad 0.1 µg/L ve 163 vzorcích, s maximální koncentrací 2.05 µg/L. 5-methyl-1H-benzotriazol, 1H-benzotriazol, 1,2,4-triazol, a sacharin byly nalezeny v koncentracích

nad 0.1 µg/L v 77, 52, 15 a 7 vzorcích, v maximálních koncentracích 25.2, 24.8 0.511 a 0.723 µg/L.



Obr. 6 Četnost nálezů a maximální koncentrace nalezených perzistentních a mobilních látek

#### 4. Závěr

Nejproblematictějšími látkami ze skupiny pesticidů jsou preemergentní herbicidy používané an ošetření řepy cukrovky, řepky olejky a kukuřice, zejména jsou to jejich metabolity chloridazon desfenyl, alachlor ESA, chloridazon desfenyl-metyl, metazachlor ESA, metolachlor ESA, acetochlor ESA, metazachlor OA, desetylatrazin, dimethachlor ESA a metolachlor OA. Chloridazon desfenyl (mateřská látka chloridazon byla v ČR používána na ošetření cukrovky do roku 2020) byla nalezena ve více jak 36% vzorků a jeho koncentrace dosahovaly až 25.6 µg/L. Alachlor ESA (mateřská látka alachlor byla používána na ošetření řepky do roku 2007) je druhá nejčastěji nalézaná pesticidní látka v podzemních vodách. Společně s pesticidy se ve směsích nalézají i jiné organické mikropolutanty, typicky PAU (fenantren, pyren, fluoranten, fluoren, naftalen), chelatační činidla (EDTA), TOL (toluen, tetrachloreten), alkylfenoly (bisfenol A), léčiva (karbamazepin, gabapentin) a benzotriazoly (1H-benzotriazol, 5-metyl-1H-benzotriazol). Některé z těchto látek se vyskytují ve vysokých koncentracích např. TOL, ftaláty, pesticidy, chelatační činidla, benzotriazoly, alkylfenoly a dokonce i léčiva. Výsledky monitoringu ukazují, že směsi různých xenobiotik lze v podzemních vodách nacházet častěji, než by se dalo očekávat. Prokázání přítomnosti perzistentních mobilních mikropolutantů v podzemních vodách, které mohou snadno překonávat sorpční bariéry, může v budoucnu znamenat technologickou výzvu pro úpravný vod.

Poděkování: Příspěvek byl zpracován za finanční podpory projektu NAZV QK21020080 a projektu TAČR SS02030027.