

Aktuální hrozby zatížení prostředí pesticidy a mikropolutanty a cesty vedoucí k jejich odstranění

Ing. Martina Siglová, Ph.D., Ing. Petr Beneš, Ph.D., Ing. Richard Ježdík, Ph.D., Ing. Miroslav Minařík, EPS biotechnology, s.r.o, martina.siglova@epsbiotechnology.cz

Souhrn

Jako mikropolutanty označujeme toxické, persistentní a bioakumulativní látky s negativním vlivem na ekosystémy, živé organismy, případně zdraví člověka, jejichž škodlivé účinky lze zaznamenat již v mikrogramových koncentracích. Tyto látky se dostávají do životního prostředí především v rámci antropogenních (průmyslových) procesů a díky své persistenci zasahují téměř všechny složky přírody. Velmi významnou roli v kontaminaci životního prostředí mají například farmaka, složky přípravků pro osobní péči (PPCPs - Pharmaceuticals and Personal Care Products) a pesticidy. Se stále se zlepšující kvalitou a citlivostí analytických postupů a vzrůstajícím zájmem lokálních autorit o zdravé životní prostředí, se problematika těchto látek stává v poslední době velmi aktuální a zároveň palčivou. Současné výzkumy a praktické zkušenosti ukazují, že moderní kombinované dekontaminační techniky, které do remediačního postupu integrují fyzikálně-chemické, biologické a případně i elektrochemické postupy mohou být velmi účinným, ekonomicky efektivním a především k životnímu prostředí šetrným nástrojem, který je schopen odstranit nejen konvenční kontaminaci, ale také celou řadu výše zmíněných mikropolutantů. Autoři se přímo podílí na projektech, které se výzkumem těchto moderních technologií zabývají a otevírají cestu k jejich přímému nasazení na znečištěných místech.

Klíčová slova: Mikropolutanty, Persistentní látky, Farmaka, Pesticidy, Životní prostředí

Mikropolutanty

Situace v Evropské unii

V rámci Evropské unie existuje směrnice 2013/39/EU, která se zabývá popisem prioritních látek v oblasti vodní politiky, které se jeví jako problematické [SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2013/39/EU ze dne 12. srpna 2013]. Za účelem aktualizace této směrnice se sbírají data z celé EU a vždy ve 4-letých intervalech se vyhodnocuje, které látky na stávajícím seznamu ponechat, které látky nově zařadit, a které naopak vynechat. Od roku 2008, kdy bylo na seznamu 33 prioritních sloučenin, došlo do současnosti k rozšíření seznamu na 45 látek. Tento seznam neobsahuje jen prostý výčet zájmových chemikálií, ale také jejich nejvyšší přípustné koncentrace v povrchových vodách případně v biotě. Nově byly na tento seznam zařazeny látky naplňující definici mikropolutantů a to: dikofol (pesticid), perfluoroktansulfonová kyselina a její deriváty (insekticid), chinoxifen (pesticid), hexabromcykloodekany (bromované zpomalovače hoření), heptachlor (insekticid), alonifen (herbicid), bifenox (herbicid), cybutryn (mikrobiocid), cypermethrin (insekticid), dichlorvos (fumigant) a terbutryn (herbicid). Dále jsou monitorovány látky ze skupiny farmak, zejména diklofenak (nesteroidní protizánětlivé léčivo), 17-beta-estradiol a 17-alfa-ethinylestradiol (látky pocházející z hormonální antikoncepce).

Nejvhodnější místa eliminace látek ze skupiny farmak, kosmetických produktů a domácí chemie jsou zejména čistírny odpadních vod, případně úpravní pitné vody. Jiná situace je u pesticidů, které se na ČOV sice také dostávají, ale primárně se jedná spíše o plošné znečištění v zemědělských oblastech, které následně ohrožuje zdroje podzemních a povrchových vod a kontaminuje půdu. Nicméně ani

konvenční ČOV nejsou v současné podobě vhodným řešením pro většinu organických mikropolutantů (dále OMP), neboť nedochází k jejich dostatečnému zachycení a přecházejí tak dále do recipientů, kde mohou působit na říční biocenózu a transportovat se do dalších částí ekosystému a mohou tudíž kontaminovat i zdroje pitné vody. Tento druh koloběhu není však jedinou variantou průniku mikropolutantů do životního prostředí. Dalším způsobem kontaminace je v ČR využívání čistírenských kalů jako hnojiva, které však bude již v blízké budoucnosti zakázáno. A nemalým zdrojem farmak ve vodách jsou léky s proslou trvanlivostí, které se do koloběhu dostávají formou průsaků ze skládek nebo jejich spláchnutím do odpadu [PITTER, P. (2009): Hydrochemie. 4. vydání. Praha: VŠCHT Praha, 568 s., ISBN 978-80-7080-701-9].

Situace v České republice

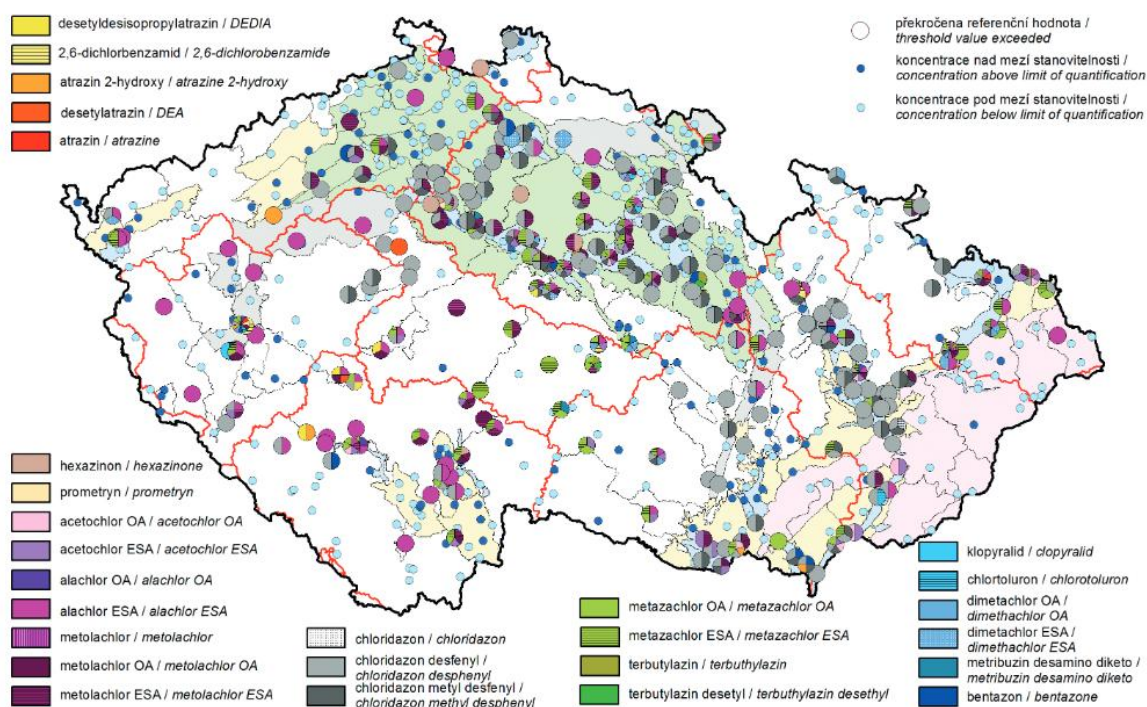
Při mapování problematiky mikropolutantů v Česku lze vycházet např. z informačních zdrojů Českého hydrometeorologického ústavu (dále jen ČHMÚ), jenž má jednu z nejkompaktnějších databází jakosti vod (povrchových i podzemních) v rámci působení jeho oddělení Hydrologie. A v případě pitných vod se věnuje dlouhodobě sběru a vyhodnocování dat Státní zdravotní ústav (dále jen SZÚ), který mapuje každoročně stav pitných vod v ČR a vydává souhrnné roční zprávy, které jsou k nalezení v jeho informační databázi PiVo (dále jen IS PiVo). Kontaminaci zemin mikropolutanty dosud nebyla věnována taková pozornost, jakou by si tato problematika zasloužila.

Nejlépe zmapovanou skupinou mikropolutantů v ČR jsou bezesporu pesticidní látky a to zejména z toho důvodu, že pro ně existují jednoznačně legislativou dané limity pro přípustné koncentrace v jednotlivých typech vod a jsou tedy různými vodohospodářskými subjekty pečlivě monitorovány. Kromě toho ČHMÚ, který se zaměřuje zejména na kontrolu jakosti podzemních a povrchových vod, každoročně kontroluje přes 600 objektů a analyzuje více jak 105 účinných látek a 39 metabolitů odvozených od různých typů pesticidů. Výsledky vycházející z databáze ČHMÚ, jež se týkají posledních let (konkrétně období 2013-2015), indikují, že zhruba u 53 % monitorovaných objektů (z celkem 660) byl zaznamenán pozitivní nález alespoň 1 pesticidu či relevantního metabolitu (většinou více než jednoho). U toků a půd bylo stanovováno 172 pesticidů, pozitivní nález jich mělo 69 (43 účinných látek a 26 metabolitů). Výše uvedená data popisují situaci z roku 2013.

V roce 2017 byla situace u podzemních vod v početné skupině pesticidních látek následující: co do počtu nadlimitních koncentrací, se nejnápadněji projevíly metabolity chloridazonu - chloridazon desfenyl (25 % nadlimitních vzorků) a chloridazon methyl desfenyl (11 % nadlimitních vzorků). Následuje rozsáhlá skupina metabolitů herbicidů alachloru, metazachloru, metolachloru a acetochloru (chloracetanilidové pesticidy). Polutanty s relativně častějším výskytem byly také triazinové herbicidy odvozené od atrazinu, jako jsou atrazin-2-hydroxy, atrazin desethyl a atrazin desethyl desisopropyl (všichni okolo 1 % nadlimitních vzorků). Z dalších pesticidů jsou to pak bentazon, hexazinon a 2,6-dichlorbenzamid (všichni asi 1 % nadlimitních vzorků). Ostatní pesticidy se v nadlimitních koncentracích vyskytovaly jenom sporadicky. Vzorky podzemních vod s nadlimitními koncentracemi pesticidů byly převážně odebrány z mělkých vrtů. Nadlimitní koncentrace pesticidů byly stanoveny ve vzorcích podzemních vod prakticky u všech monitorovaných dílčích povodí, což se projevilo i ve výrazných hodnotách počtu překročení ukazatele suma pesticidů (celkem pro všechny vzorky dosahovalo 23 % kontrolovaných vzorků nadlimitních hodnot).

Kvalitou pitných vod se pravidelně zabývá zejména SZÚ, který každoročně vydává zprávy na toto téma. Podle získaných údajů z roku 2016, které jsou dostupné v informačním systému „Pitná voda“, [IS PiVo http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/odborne_zpravy/Voda_2016.pdf], bylo evidováno 132 oblastí zásobovaných pitnou vodou, pro které v roce 2016 platila výjimka schválená orgánem ochrany veřejného zdraví, tzv. mírnější hygienický limit (MHL) z důvodu překročení některého z ukazatelů kvality pitné vody. Mírnější hygienický limit, než stanoví platná vyhláška č. 252/2004 Sb., byl nejčastěji udělen pro ukazatel dusičnany (37 oblastí zásobujících celkem 11 074 obyvatel). Nicméně již na druhém místě se objevuje látka ze skupiny mikropolutantů, konkrétně ze skupiny chloracetanilidových pesticidů (evidováno 31 oblastí s nadlimitní hodnotou u acetochloru ESA). Jinými slovy 230 392 obyvatel bylo

zásobováno pitnou vodou s nadlimitní hodnotou acetochloru ESA. Z hlediska počtu ohrožených osob jsou tedy pesticidy jednoznačně na prvním místě mezi nadlimitními kontaminanty pitných vod.



Obrázek 1 Pesticidy v podzemních vodách v roce 2017 (látky, které překročily referenční hodnotu ve 2 a více objektech monitorovací sítě). Mapa přejatá z Hydrologické ročenky ČR pro rok 2017 (ČHMU).

V roce 2017 však již bylo v IS PiVo evidováno 152 zásobovaných oblastí, pro které platila výjimka schválená orgánem ochrany veřejného zdraví. Mírnější hygienický limit, než stanoví platná vyhláška č. 252/2004 Sb., byl nejčastěji stanoven opět pro ukazatel acetochlor ESA (jednalo se o 55 oblastí zásobujících celkem 254 739 obyvatel). Z výše uvedených dat je jasné, že problém pesticidů se rok od roku zvětšuje [více na: http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/monit/voda_2017.pdf].

V roce 2015 byly v ČR vydány na základě hodnocení zdravotních rizik, sloužících jako podklad k určení, zda dočasným používáním pitné vody s překročenými limitními hodnotami pesticidních látek může dojít k ohrožení veřejného zdraví, „výjimky“ pro 17 zásobovaných oblastí. Pro ukazatele s NMH není možné udělit výjimku na neomezeně dlouhou dobu, ale nejvýše na třikrát tři roky, přičemž poslední (třetí) období musí schválit Evropská komise [F. Kožíšek – Pesticidy v pitných vodách: aktuality a poznámky z hlediska SZÚ, 2016]. V průběhu této lhůty je nutné nalézt řešení pro eliminaci nadlimitních látek z pitné vody anebo musí být zdroj závadné pitné vody uzavřen až do nápravy situace. Bohužel je nutno konstatovat, že typů organických mikropolutantů, jež by si zasloužily více pozornosti je mnohonásobně více, než zachycuje legislativní rámec ČR, popřípadě výše zmíněná směrnice EU a jejich počet bude navíc stoupat s rozvojem dostatečně citlivých detekčních metod a s přibývajícím důkazy o jejich škodlivosti.

Moderní technologie pro odstraňování organických mikropolutantů

V současnosti existuje celá řada dekontaminačních metod, které cílí právě na úplné odstranění nebo alespoň redukcí OMP. Děje vedoucí k eliminaci organických sloučenin z vod jsou v podstatě dvojího druhu. V prvním přiblížení lze mluvit o sorpčních a degradačních procesech (biotických nebo abiotických).

Sorpce na aktivní uhlí

Při využití aktivního uhlí k odstraňování zejména nepolárních organických mikropolutantů (dále jen OMP) z vody je nutné se nejprve zaměřit na výběr vhodného typu aktivního uhlí. Nejpodstatnější jsou při výběru základní charakteristiky aktivního uhlí. Mezi ně patří zrnitost, pevnost zrn, hustota či specifický povrch. Obecně je kladen větší tlak na prodloužení filtrační délky a opakované regenerace materiálu. Co se týče typů aktivního uhlí, někteří autoři uvádějí, že účinnost organických typů aktivního uhlí je nižší než aktivního uhlí minerálního původu. Velkou výhodou při použití tohoto prostředku je fakt, že nevznikají žádné meziprodukty nebo metabolity. Dále je aktivní uhlí výhodné i pro jeho snadnou manipulaci a odstranění po použití, jelikož se nejčastěji spaluje. Tím dojde i k odstranění všech organických látek včetně takových, které jsou ostatními dekontaminačními způsoby jen těžko odbouratelné (např. karbamazepin). Otázkou však zůstává, kdy se tato dočišťovací technologie stane výhodnou i po ekonomické stránce [KOTYZA, J., SOUDEK, P., KAFKA, Z., VANĚK, T. (2009): Léčiva- "nový" environmentální polutant, Chem. Listy 103, 540 – 547].

Koagulace

Další možností při odstraňování OMP je využití koagulačních činidel. Koagulací síranem hlinitým lze odstranit maximálně 30% léčiv, při využití kombinovaného procesu koagulace a flotace lze dosáhnout 30-60% účinnosti odstranění léčiv. V posledních letech se jako koagulační činidlo začal používat biopolymer na bázi chitosanu, jehož sorpční schopnost objevili Japonci již před sto lety. Chitosan se získává z chitinu, který je po celulóze druhým nejvíce se vyskytujícím přírodním biopolymerem. Chitosan je kationtový poloelektrolyt, předpokládá se tak jeho koagulace s negativně nabitými suspendovanými částicemi, které se nacházejí v přírodních zakalených vodách [ZDRAŽILOVÁ, A. (2016): MOŽNOSTI ODSTRANĚNÍ MIKROPOLUTANTŮ VODÁRENSKÝMI PROCESY, Diplomová práce VUT v Brně].

Membránová filtrace

Membránové procesy patří mezi progresivní technologie v oblasti čištění odpadních vod. Poskytují velmi dobré výsledky v oblasti separace xenobiotik o nízkých koncentracích. Obzvláště vhodné jsou pro zachycení estrogenů díky jejich silné sorpci na membránový materiál. Pro odstranění léčiv je nejvhodnější nanofiltrace a reverzní osmóza. Tyto metody se však prozatím používají jen pro úpravu pitné vody, nicméně mohou být použity i pro vody odpadní. Jako vysoce účinné bylo označeno použití mikro nebo ultrafiltrace v kombinaci s reverzní osmózou. Nanofiltraci lze také v budoucnu s úspěchem využít např. při oddělování léčiv a jejich metabolitů z moči pacientů a může tak být využita při naplňování koncepce separace zdrojů. Cenově se však tato technologie řadí mezi nejdražší [KOTYZA, J., SOUDEK, P., KAFKA, Z., VANĚK, T. (2009): Léčiva- "nový" environmentální polutant, Chem. Listy 103, 540 – 547].

Ozon a další oxidační procesy

Principem chemické oxidace obecně je tvorba oxidantů v prostředí čištěné vody, které mohou následně reagovat s organickými látkami včetně OMP. Hydroxylový radikál (jedno z nejsilnějších oxidovadel) vzniká např. při rozkladu H_2O_2 iniciovaném UV zářením, ve Fentonově činidle, případně reakcí excitovaného atomárního kyslíku s H_2O v atmosféře. Ozonizace se ukazuje jako další možnost, jak účinně odstranit z odpadních vod mikropolutanty, a to i přes svou poměrně velkou selektivitu vůči některým funkčním skupinám (thioly, dvojná vazba, aktivovaný aromatický kruh a alkylaminy) [ZDRAŽILOVÁ, A. (2016): MOŽNOSTI ODSTRANĚNÍ MIKROPOLUTANTŮ VODÁRENSKÝMI PROCESY, Diplomová práce VUT v Brně].

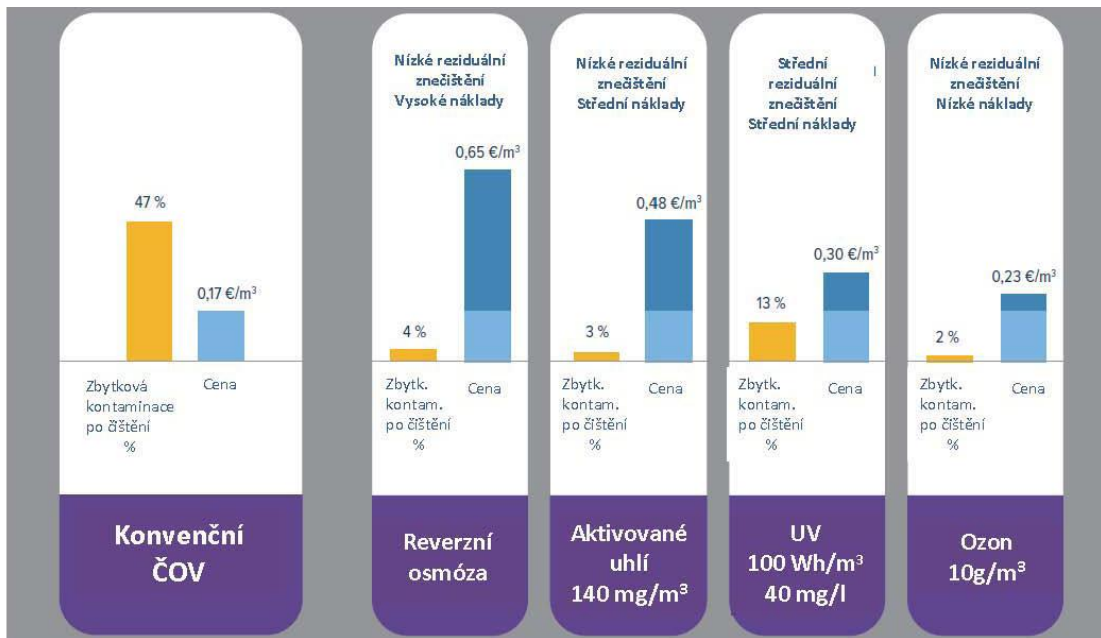
UV záření

Při použití běžných dávek sloužících k dezinfekci vody není UV záření efektivní technologií pro odstranění léčiv a dalších mikropolutantů, i když při těchto dávkách může být dosaženo částečného odstranění těchto látek. Při zvýšení dávek UV na $400 \text{ mJ}\cdot\text{cm}^{-2}$ v kombinaci s peroxidem vodíku v dávce $3 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ dojde ke zvýšení účinnosti odstranění většiny látek. Bohužel lze jen špatně předvídat, jaké vzniknou po ozáření UV světlem štěpné produkty původních kontaminantů a jestli tyto fragmenty nebudou ještě problematičtější kontaminací než mateřské sloučeniny. [ZDRAŽILOVÁ, A. (2016): MOŽNOSTI ODSTRANĚNÍ MIKROPOLUTANTŮ VODÁRENSKÝMI PROCESY, Diplomová práce VUT v Brně].

Biodegradace a fytořemediace

Biodegradaci rozumíme buď úplné rozložení mikropolutantů nebo jejich částečnou transformaci na degradační meziproducty díky mikrobiální aktivitě (buď aktivovaného kalu na ČOV nebo autochtonních mikroorganismů osídlujících přirozeně půdní matici a vodu). Na ČOV dochází k degradaci farmak a dalších mikropolutantů jen částečně, hlavně díky jejich nízkým koncentracím v přitékající odpadní vodě a krátké době zdržení. Parametry ovlivňující účinnost odstranění nejsou zcela přesně známy, nicméně můžeme jmenovat několik pravděpodobně nejdůležitějších: a) stáří kalu v aktivaci, b) biodostupnost mikropolutantů, c) oxidačně-redukční podmínky prostředí (aerobní x anaerobní), d) sorpce (jako kompetiční proces), e) celkové uspořádání technologie systému, f) pH. Při pokusu o snížení emisí OMP do životního prostředí se nabízí ještě další alternativa – použití kořenových čistíren odpadních vod (KČOV), které fungují na principu rhizofiltrace. KČOV již dnes dosahují vynikajících výsledků v oblasti odstranění organického znečištění a nerozpuštěných látek. Tato technologie má jednoznačně nejnižší náklady v případech, kdy jsou velké objemy vody znečištěny nízkými koncentracemi polutantu, což je právě u OMP splněno [KOTYZA, J., SOUDEK, P., KAFKA, Z., VANĚK, T. (2009): Léciva- “nový” environmentální polutant, Chem. Listy 103, 540 – 547].

Náklady abiotických dekontaminačních metod na odstraňování organických mikropolutantů z vodních efluentů ČOV jsou porovnány na následujícím obrázku:



Obrázek 2 Srovnání cenové nákladnosti a účinnosti vybraných abiotických dekontaminačních metod vhodných pro odstraňování OMP z vod na ČOV. [Sběr dat z EU čistíren odpadních vod s kvartérním čistícím stupněm: <http://micropollutants.com/Portals/0/Downloads/Cost-of-treatment-water-micropollutants.pdf>]

Využití kombinovaných technologií pro odstraňování organických mikropolutantů

Škála organických mikropolutantů zahrnuje velmi rozmanité látky jak z hlediska chemického, tak i jejich fyzikálních vlastností a z těchto důvodů není možné nalézt jednu univerzální dekontaminační metodu, která by byla funkční napříč spektrem těchto znečišťujících látek.

Obecně se můžeme setkat s dekontaminací OMP zejména na ČOV a v úpravných pitných vod. Ostatní typy aplikací jsou zatím převážně ve fázích laboratorních nebo pilotních experimentů.

Přirozené degradační procesy probíhající v přírodě či v aktivačních nádržích ČOV jsou založeny na působení mikroorganismů, jejichž základem je zejména proces kometabolismu s běžnými substráty. Vývoj přirozeného degradačního konsorcia je však často nedosažitelný zejména kvůli příliš „exotickým“

chemickým strukturám těchto látek, které vyžadují dlouhodobou adaptaci mikrobiálního společenstva, jež přesahuje běžné stáří aktivovaného kalu. Navíc doba zdržení znečištěné vody v aktivační nádrži se jeví jako příliš krátká, kdy nedojde k degradaci OMP buď vůbec, nebo jen k částečnému rozkladu na meziproducty s vlastnostmi, které však mohou být ještě problematictější než u původních mateřských sloučenin.

Pilotní experimenty dekontaminace OMP vedoucí k rozšíření výsledků do plného provozního měřítka jsou známy především ze zahraničí. Např. společnost Veolia se zaměřila na testování vysokorychlostního čiření spojeného s dávkováním práškového aktivního uhlí (dále jen PAU) pro odstranění pesticidů. Vysokorychlostní čiření je technologie pracující na principu sedimentace a lamelové separace. Surová voda nejprve prochází prvním stupněm koagulace, flokulace a separace a v reakční nádrži je míchána s PAU, které je dávkováno v koncentracích 2-10 g·l⁻¹ s dobou zdržení 2 až 10 minut. Tyto parametry jsou stanoveny na základě požadované účinnosti. Poté směs dále protéká do koagulační nádrže, kam je dávkován koagulant v koncentracích 0,5-2 mg·l⁻¹. Pak přichází na řadu zatěžkávání mikropískem, flokulace a separace vloček z upravené vody pomocí sedimentace. K recyklaci mikropísku dochází v hydrocyklonech. PAU je zaváděno zpět do reakční nádrže. Vyčerpané PAU je ze systému odstraňováno a nahrazeno novým v dávce 5-30 mg·l⁻¹. Nejvíce je tato technologie využívána při úpravě povrchové vody na vodu pitnou. Tato technologie, kde je kombinováno čiření a adsorpce na práškovém aktivním uhlí nese název Actiflo Carb. [HORECKÝ, Petr. Použití vysokorychlostního čiření na odstraňování pesticidů. In: Voda Zlín 2012. Zlín, 2012, s. 8. ISBN 978-80-260-1468-3] a je používána např. na úpravě vody v Beaufortu v západní Francii.

Avšak i v ČR jsou již první vodohospodářské provozy, které se zabývají odstraňováním OMP v plném provozním měřítku. Konkrétně se jedná např. o úpravny vody Plzeň a Václaví.

Příspěvek společnosti EPS biotechnology, s.r.o. k řešení problematiky mikropolutantů

Společnost EPS biotechnology, s.r.o. je v současnosti jedním ze spoluřešitelů projektu TH03030118 "Metody dekontaminace a detekce perzistentních chloracetanilidových pesticidů a jejich metabolitů, které jsou legislativně sledované" spolufinancovaným Technologickou agenturou ČR. Hlavním řešitelem tohoto projektu je Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. a dalším spoluřešitelem jsou analytické laboratoře ALS Czech Republic, s.r.o. Cílem tohoto projektu je 1.) implementovat metody pro detekci a kvantifikaci metabolitů chloracetanilidových pesticidů, které jsou perzistentní v životním prostředí a znamenají riziko kontaminace podzemních vod a také nebezpečí pro půdní organismy. Po zavedení těchto metod bude na pesticidy a vybrané metabolity proveden screening v půdě popř. vodě na vybraných místech ČR, včetně CHKO Moravský Kras, 2.) dalším cílem je určit biotransformaci pesticidů simulacemi detoxikace organismy v půdním prostředí, rostlinami a enzymaticky za použití čistých enzymů a proteinových extraktů z organismů, tyto výsledky budou apriori sloužit pro přípravu metabolitů in vivo a uplatní se při zavádění LC-MS/MS metod. Dále je v rámci projektu věnována pozornost optimalizaci moderních výzkumných metod s využitím OMICS přístupu pro cílené získání mikroorganismů využitelných pro dekontaminace xenobiotik a 3.) získat mikrobiální izoláty pomocí klasických kultivačních metod, které by mohly být využity v rámci vyvíjené dekontaminační biotechnologie. Právě tento třetí cíl je řešen v gesci společnosti EPS biotechnology, s.r.o., která v uplynulých dvou letech již tyto mikrobiální izoláty vyizolovala z přirozených matric jejich výskytu – vod a zemin dlouhodobě kontaminovaných chloracetanilidovými pesticidy. Proběhla selekce a propagace těchto kmenů s cílem založit sbírku mikroorganismů využitelných pro detoxifikaci perzistentních chloracetanilidových pesticidů včetně jejich metabolitů, které jsou v ČR legislativně sledované v pitných vodách. Tento cíl je v tuto chvíli splněn a ve firemní sbírce EPS biotechnology, s.r.o. se nyní nachází 31 mikrobiálních kmenů s biodegradačním potenciálem vůči chloracetanilidovým pesticidům, z nichž určitá malá část (max 3-8 kmenů s nejlepšími technologickými vlastnostmi) bude využita pro vývoj dekontaminační technologie.

Závěr

Jak plyne z výše uvedeného, existuje celá řada technologií, které jsou schopny odstranit organické mikropolutanty z jednotlivých složek životního prostředí. Stále je však intenzivně diskutována nejen technická, ale zejména finanční náročnost jednotlivých procesů a rovněž možnosti jejich praktické

aplikace. Mnohé z těchto postupů se prozatím nachází v laboratorním, či poloprovozním měřítku, nicméně některé z nich byly již úspěšně provozně nasazeny a vykázaly kvalitní výsledky. Bohužel při řešení problému odstranění polutantů nacházejících se ve velkých objemech vod v mikromnožstvích často dochází ke kolizi zejména v nákladové rovině. Cílem vývoje nových technologií je tedy dosažení hodnot požadovaných legislativou za současné racionalizace pořizovacích nákladů a provozních výdajů.

Poděkování

Naše poděkování patří Technologické agentuře ČR, která finančně podpořila projekt výzkumu a vývoje TH03030118 "Metody dekontaminace a detekce perzistentních chloracetanilidových pesticidů a jejich metabolitů, které jsou legislativně sledované".