

Záchyt mikročastic polyetylenů na polystyrenové nanovláknenné membráně a následné biointerakce

Ing. Jakub Kosina <jakub.kosina@tul.cz>, Ing. Jaromír Marek PhD.

Znečištění vod mikroplasty a nanoplasty představuje rychle rostoucí globální problém. Od 70. let minulého století roste produkce plastů exponenciálně a spolu s tím roste také výskyt mikroplastů v životním prostředí. Současné technologie používané v čističkách odpadních vod nejsou efektivní pro záchyt mikroplastů a nanoplastů. Naše práce se zabývá dvěma technologiemi, které mohou přispět k řešení tohoto problému – mikrofiltraci a biodegradaci.

Klíčová slova: mikroplasty, nanoplasty, filtrace, nanovláknna, biodegradace

Úvod

Výskyt primárních a sekundárních mikroplastů a nanoplastů v životním prostředí neustále roste. Výskyt byl potvrzen celosvětově v oceánech a mořích, sladkovodních systémech, v sedimentech, v půdě, v orgánech vodních živočichů i v potravinách a v pitné vodě. Obsah mikroplastů v oceánech je ke konci roku 2020 odhadován na 15,5 milionu tun. Podle WHO zkonsumuje průměrný člověk ročně až 250 g plastu v podobě mikroplastů a nanoplastů. Zdravotní rizika jsou dosud neznámá.

Metodika

Mikroplasty a nanoplasty se dělí na primární a sekundární podle toho, jakým způsobem vznikají a unikají do životního prostředí. Primární mikroplasty jsou plastové částice, které jsou přímo produkovány ve velikosti cca od 1 μm do 5 mm a jsou takto využívány například v kosmetice, barvách, a dalších produktech denní potřeby. Sekundární mikroplasty vznikají degradací a fragmentací makroplastů působením vnějších vlivů prostředí (broušení, omílání, chemický rozklad).

Po úpravě vody v čističce odpadních vod v České republice zůstane ve vodě stále 300 až 600 částic mikroplastů na jeden litr vyčištěné vody. Převažují částice polyetylen tereftalátu (PTFE), polypropylenu (PP) a polyetylenů (PE). Pro naše experimenty jsme použili několik druhů mikročastic polyetylenů.

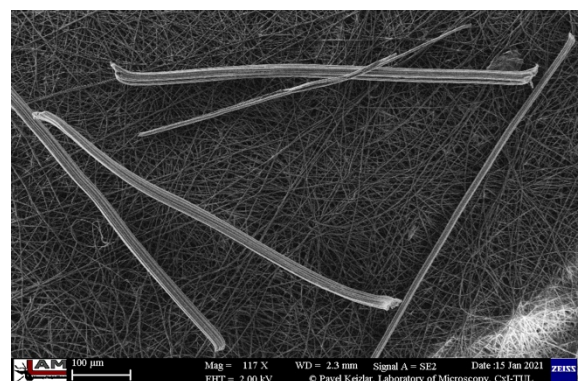
Membránové procesy jsou moderní vysoce energeticky účinné separační metody nejen pro úpravy

vod. Pro záchyt mikroplastů a nanoplastů jsou dle jejich velikosti vhodné tlakové membránové procesy – mikrofiltrace, ultrafiltrace, nanofiltrace a reverzní osmóza. Zatím pouze jedna čistička odpadních vod v České republice (ÚV Březová) používá tzv. čtvrtý stupeň úpravy – ultrafiltraci. Ultrafiltrace má limit zachytu částic velikosti 0,1 – 0,01 μm .

V případě, že se mikroplasty povede z vody separovat, je nutné nevrátit je zpět do oběhu odpadní vody. Jednou z těchto cest by mohla být biodegradace, která je dosud v případě mikroplastů a nanoplastů velmi málo prozkoumaná.

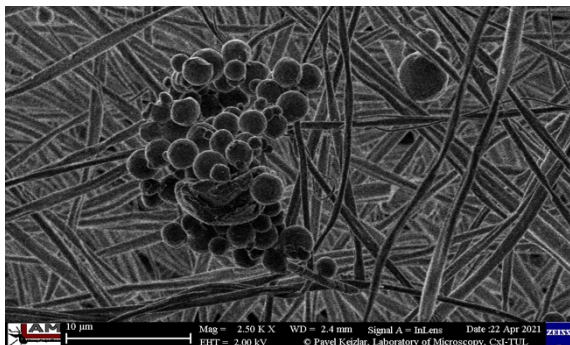
Výsledky a diskuze

Experimentálně byla ověřena efektivita záchytu vybraných mikroplastů z modelových roztoků na polystyrenové nanovláknenné membráně. Na záchyt a zakonzentrování mikroplastů byla použita filtrační soustava Fisher napojená na vývěvu.

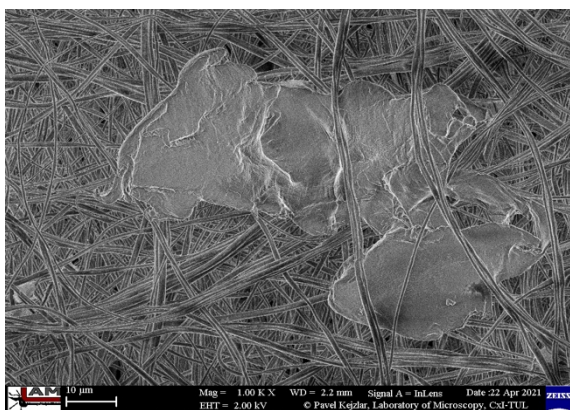


Obrázek 1: Syntetická **mikrovláknna** zachycená na nanovláknenné **polystyrenové** vrstvě, zvětšení 117x

Prvním vzorkem byla směs mikrovláken z odpadní vody automatické pračky (Obrázek 1). Dále byly testovány tři druhy mikročásteček polyethylenu – mikrokuličky z nízkohustotního polyethylenu (LDPE) s průměrem 1–4 μm (Obrázek 2), mikročástečky HDPE z granulátu a mikročástečky HDPE z obalu jogurtového nápoje (Obrázek 3).

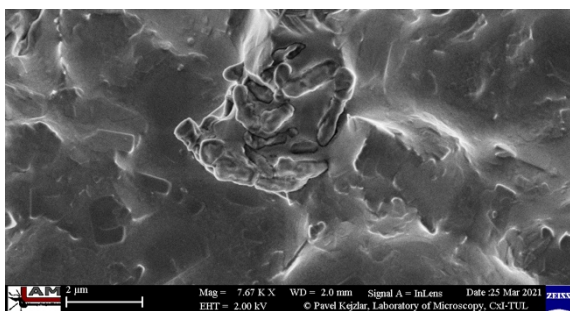


Obrázek 2: LDPE mikrokuličky zachycené na PS nanovláčkové vrstvě

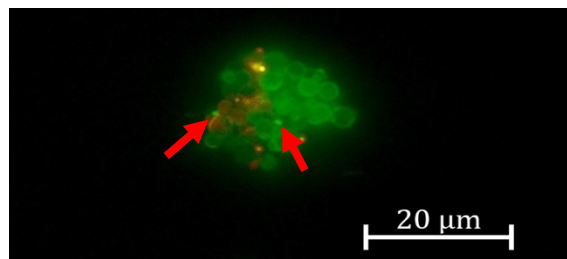


Obrázek 3: Mikročástečky HDPE z namleté lahve zachycené na PS nanovláčkách, zvětšení 1000x

Vzorky s mikroplasty a bakteriemi aktivovaného kalu nebo *R. rhodochrous* byly analyzovány po 30 a 60 dnech od začátku experimentu. Nejprve pomocí epifluorescenčního mikroskopu a poté na rastrovacím elektronovém mikroskopu. U všech vzorků se potvrdila tvorba biofilmu po 60 dnech experimentu.



Obrázek 5: SEM snímek, *R. rhodochrous*, vzorek s LDPE mikrokuličkami, zvětšení 7670x



Obrázek 4: Snímek z epifluorescenčního mikroskopu, LDPE mikrokuličky s adherovanými bakteriemi

Závěr

Podářilo se potvrdit 100 % efektivitu záchytu mikroplastů na mikrofiltrační nanovláčkové polystyrenové membráně. V dalších experimentech plánujeme využívat další běžné typy mikroplastů, reálné vzorky a menší rozměry.

Dále byla potvrzena tvorba biofilmu po 60 dnech biodegradčních experimentů. V takto krátkém časovém úseku nebylo možné potvrdit biodegradční procesy, protože PE degraduje pomalu. Nicméně metoda qPCR ukázala, že množství bakterií zůstalo ve vzorcích po celou dobu experimentu stejné a nesnížilo se, což otevírá perspektivu zvýšení metabolismu mikroplastů bakteriemi v delším časovém úseku.

Poděkování

Tato práce byla podpořena z projektu Studentské grantové soutěže (SGS) na Technické univerzitě v Liberci v roce 2021.

Mikrobiologické experimenty byly financované grantovým programem TUL na podporu základního výzkumu PURE v rámci projektu A. Ševců NanoBioEffect (Environmental fate, behavior and biological effects of engineered nanomaterials).

Reference

- [1] WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2019. *Microplastics in drinking water. 2019 B.m.: Geneva*
- [2] JELÍNEK, Luděk, 2009. *Desalinační a separační metody v úpravě vody*. ISBN 978-80-7080-705-7.
- [3] BONHOMME, S, ET AL., a ET AL., 2003. Environmental biodegradation of polyethylene. *Polymer Degradation and Stability* [online]. **81**, 441–452. Dostupné z: doi:[doi:10.1016/S0141-3910\(03\)00129-0](https://doi.org/10.1016/S0141-3910(03)00129-0)