

## Nanovláknna jako součást ochranných prostředků dýchacího systému, ale i možný zdroj nano a mikroplastů do ŽP

doc. Ing. et Ing. Karel Klouda, CSc., Ph.D., MBA<sup>1,2</sup>

Mgr. Kateřina Bátorlová

Ing. Petra Roupcová, Ph.D.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v.v.i.

Jeruzalémská 9, 110 00 Praha 1

<sup>2</sup>VŠB-TUO, Fakulta bezpečnostního inženýrství

Lumírova 13, 700 30 Ostrava

karel.klouda@vsb.cz, petra.roupcova@vsb.cz

### Abstrakt

Príspevek se zaměřuje na získání a identifikaci zdrojů plastových nanočástic (nanovláken), které se uvolňují do ŽP. Porovnávají se tyto možné zdroje:

- při přípravě nanovláken elektrostatickým zvlákňováním;
- při zpracování textilií z nanovláken do výrobků jako jsou respirátory, nanoroušky;
- při mechanickém namáhání textilií z nanovláken, tření, otěr;
- při odhození použitých respirátorů, roušek na půdní travnatou plochu, do louže, do vod apod.

### Úvod

Zvýšená produkce nanovláken (nanotextilií) vyvolává celosvětovou pandemii, pro jejich aplikaci do ochranných pomůcek jako jsou respirátory, roušky, nanošátky, nanoúplety. Ve své podstatě jsou materiály, z kterých se vyrábějí tyto ochranné prostředky kombinací netkaných textilií a nanosených nanovláken na textilií. Otevírá se otázka, do jaké míry tyto produkty ovlivní výskyt nano a mikroplastů v životním prostředí.

### Výskyt nano a mikroplastů ve vodném prostředí a půdě

Je experimentálně prokázán výskyt nano a mikroplastů v oceánech, sladkovodních vodách včetně pitné vody. [1, 2, 3] Jsou identifikovány zdroje mikroplastů včetně rozdělení na primární a sekundární. Primární zdroj je vlastní výroba a zpracování. Za sekundární zdroj se bere fragmentace plastových produktů řadou způsobu např. mechanické foto degradace, fyzikální a chemická degradace. [4] Efekt působení nano a mikroplastů na vodní živočichy lze rozdělit na fyzikální efekt (vliv na trávicí trakt, morfologické změny) a chemický efekt (zahrnuje molekulární a buněčný efekt), systémové efekty - nabourání imunologie a reprodukční funkce, genotoxicita, neurotoxicita. Je dokázán oxidativní stres [5] a zánětlivé reakce u ryb - vliv dle velikosti a tvaru částic (film, vlákno, fragment) [6]. Toxicita může

být ovlivněna retardérem hoření polymerů a na povrchu plastu naadsorbovanými organickými polutanty, pesticidy, těžkými kovy a antibiotiky [7, 8]. Znečištění půdy z čističek odpadních vod (vlákna po praní oděvů) dosahuje větší kontaminace než ve vodě. Částice mohou ovlivňovat půdní flóru, jejich kondici, a tím fungování celého půdního koloběhu [9]. Osudu mikro(nano) částicím v půdách, jejich biodegradaci se věnuje na 170 publikacích založených (uveřejněných) na Web of Science v letech 1950-2020 [10].

### **Předpokládané zdroje nanočástic v životním cyklu ochranných pomůcek s nanovláknem**

- Při přípravě nanovláken elektrostatickým zvlákňováním - únik do atmosféry, expozice zaměstnanců;
- Při zpracování textilií z nanovláken do výrobků jako jsou respirátory, nanoroušky - únik do atmosféry, expozice zaměstnanců;
- Při mechanickém namáhání textilií z nanovláken, třetí, otěru - únik do okolí, expozice u přítomných;
- Při odhození použitého respirátoru nebo nanoroušek na půdní, travnatou plochu, do louže, vodní plochy apod. Zde je větší riziko, že jsou naadsorbovány pevné prachové částice, polutanty na nanotextilií, či jsou absorbované (interkalované) nežádoucí látky mezi vrstvami netkané textilie a nanotextilie a tím může dojít ke změně toxikologických vlastností.

### **Příprava nanovláken elektrickým zvlákňováním**

Měření koncentrace nanočástic během kontinuální výroby nanovlákněných textilií probíhalo u výrobků s mírně odlišným technologickým uspořádáním. U staršího uspořádání (např. SPUR a.s. Zlín) se hodnoty koncentrací nanočástic pohybovaly v rozmezí 30000-40000 #·cm<sup>-3</sup>, střední průměr nanočástic byl cca 40 nm. Nejmodernější linky pro elektrostatické zvlákňování se dvěma zvlákňovacími segmenty se strunovými elektrodami vlastní společnosti NAFIGATE Corporation a Nano Mediacal s.r.o., jedná se v podstatě o linky vyrobené společností ELMARCO s.r.o. Měření koncentrace nanonočástic u linky Nano Mediacal s.r.o. (Obr. 1), kde se zvlákňovalo polyvinylidendifluoridu (PVDF) z roztoku dimethylacetamidu včetně laminace do sestavy třívrstvého materiálu, který tvoří 2 vrstvy netkané textilie (spunbond), mezi kterými je uzavřena vytvořená nanotextilie PVDF. Naměřený koncentrační průběh byl pulzačního charakteru v intervalu 4000-7000 #·cm<sup>-3</sup> s výraznějšími píky s hodnotou 9000 #·cm<sup>-3</sup> a 16000 #·cm<sup>-3</sup>. Obdobné měření koncentrace nanočástic proběhlo na velkokapacitní lince u společnosti NAFIGATE Corporation, kde během měření probíhalo elektrostatické zvlákňování PVDF z roztoku dimethyl acetamidu. I zde byl změřením potvrzen rovněž pulzační charakter změn koncentrace od 2000-8000 #·cm<sup>-3</sup> v průměru 4000 #·cm<sup>-3</sup>, střední průměr nanočástic byl cca 30 nm. Byly změřeny výkyvy při nízké koncentraci, a to růst průměru na 60; 100; 180 nm.

### Zpracování textilií z nanovláken do výrobku

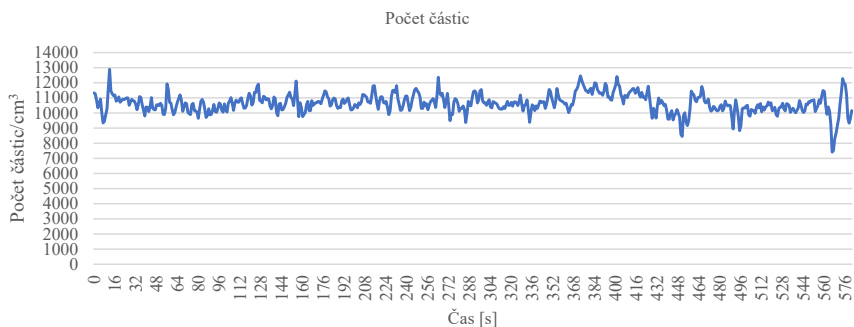
Jako příklad uvádíme hodnoty naměřených koncentrací 15000-25000 #·cm<sup>-3</sup> u vytlačování respirátorů u automatické linky, vyšší koncentrace nanočástic (40000-60000 #·cm<sup>-3</sup>) byla naměřena v provozu výrobní hala (190 m<sup>3</sup>), kde byla puštěna linka na výrobu nanoroušek z materiálu PP Spunbond na něm PP Meltdown a nanovláknenná vrstva PVDF.

### Mechanické namáhání textilií z nanovláken

Např. u řezacího stroje při řezání nanotextilie PA-6 nylon na PP podkladu byly naměřeny hodnoty cca 37000 #·cm<sup>-3</sup>. V administrativní kanceláři na konferenčním stole jsme „muchlali“ cca 2 m nanotextilie s nanovláknem PVDF a měřili jsem koncentraci nanočástic uvolněných tímto mechanickým pohybem. Měřicí přístroj se nacházel cca 50 cm nad úrovní stolu a doba „muchlání“ byla 10 min. Průběh koncentrace nanočástic měl pulzační charakter v rozsahu 10000-12500 #·cm<sup>-3</sup> (Obr. 1) se středním průměrem nanočástic 75-80 nm.

### Po odhození použitých ochranných pomůcek do lokálního ŽP

Byly nasazené testy na fytotoxicitu (celá škála rostlinných semen), termické analýzy produktů i jednotlivých netkaných textilií (analýza zatím prokázala endoeffekt bez váhového úbytku s následujícím exoeffektem 220-550 °C s totálním váhovým úbytkem). Budou testovány mechanické vlastnosti- tahové zkoušky, odolnost vůči široké škále chemikálií - vliv polarity, pH. Bude snaha aproximovat získané laboratorní výsledky na reálnou situaci v ŽP.



Obr. 1 Koncentrace nanočástic při mírném „muchlání“ nanotextilie (PP+PVDF)

### Závěr

V příspěvku jsme vybrali oblasti, kde je předpoklad zvýšeného uvolňování mikro a nano plastů (vláken) do ŽP. Jsou to technická a organizační opatření, která omezí jejich uvolňování.

**Použitá literatura**

- [1] PIRSAHEB, M.; HOSSINI, H.; MAKHDOUMI, P. (2020): Review of microplastic occurrence and toxicological effects in marine environment: Experimental evidence of inflammation. *Process Safety and Environmental Protection*. doi:10.1016/j.psep.2020.05.050.
- [2] PIVOKONSKÝ, M.; PIVOKONSKÁ, L.; NOVOTNÁ, K.; ČERMÁKOVÁ, L.; KLIMTOVÁ, M. (2020): Occurrence and fate of microplastics at two different drinking water treatment plants within a river catchment. *Science of The Total Environment*, 140236. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.140236.
- [3] NOVOTNA, K.; CERMAKOVA, L.; PIVOKONSKA, L.; CAJTHAML, T.; PIVOKONSKY, M. (2019): Microplastics in drinking water treatment - Current knowledge and research needs. *Science of The Total Environment*. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.02.431.
- [4] BARNES, D.K.; GALGANI, F.; THOMPSON, R.C.; BARLAZ, M. 2009.: Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philos. Trans. Biol. Sci.* 364, 1985-1998.
- [5] BARBOZA, L.G.A.; VIEIRA, L.R.; BRANCO, V.; FIGUEIREDO, N.; CARVALHO, F.; CARVALHO, C.; GUILHERMINO, L. 2018.: Microplastics cause neurotoxicity, oxidative damage and energy-related changes and interact with the bioaccumulation of mercury in the European seabass, *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758). *Aquat. Toxicol.* 195, 49-57.
- [6] BARBOZA, L.G.A.; LOPES, C.; OLIVEIRA, P.; BESSA, F.; OTERO, V.; HENRIQUES, B.; ... GUILHERMINO, L. (2019): Microplastic in wild fish from North East Atlantic Ocean and its potential for causing neurotoxic effects, lipid oxidative damage, and human health risks associated with ingestion exposure. *Science of The Total Environment*, 134625. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.134625.
- [7] BRENNECKE, D.; DUARTE, B.; PAIVA, F.; CAC, ador, I., CANNING-CLODE, J., 2016.: Microplastics as vector for heavy metal contamination from the marine environment. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 178, 189-195.
- [8] GUO, X.; WANG, J., 2019.: Sorption of antibiotics onto aged microplastics in freshwater and seawater. *Mar. Pollut. Bull.* 149, 110511.
- [9] WAHL, A.; Le JUGE, C.; DAVRANCHE, M.; EL HADRI, H.; GRASSL, B.; REYNAUD, S.; GIGAULT, J. (2021): Nanoplastic occurrence in a soil amended with plastic debris. *Chemosphere*, 262, 127784. doi:10.1016/j.chemosphere.2020.127784.
- [10] ZHANG, S.; WANG, J.; YAN, P.; HAO, X.; XU, B.; WANG, W.; AURANGZEIB, M. (2020): Non-biodegradable microplastics in soils: A brief review and challenge. *Journal of Hazardous Materials*, 124525. doi:10.1016/j.jhazmat.2020.124525.