

BACTERIA DETENTION BY NANOTEXTILES

Lev J., Černý M., Kalhotka L.

Department of Engineering and Automobile Transport, Faculty of Agronomy, Mendel University of Agriculture and Forestry in Brno, Zemedelska 1, 613 00 Brno, Czech Republic

E-mail: xlev@mendelu.cz

ABSTRACT

The article describes experiments concerning filtration by nanotextiles of microbiologically contaminated water. The aim of the project is to verify the filtering abilities of the chosen nanotextile materials. A high nanotextile porosity with the pores size of tens of nanometres, is a presumption for the use of nanotextiles for bacteria filtration. The size of bacteria is bigger, which is a good presumption for bacteria to be captured in the nanotextile net. Nanotextile layer from PA612, PUR and Tecoflex on the supporting unwoven textiles was used for the experiment. Bacteria *Escherichia coli* and *Micrococcus luteus* were chosen for the model simulation of microbial contamination. Contaminated water was filtrated during the activity of negative pressure on the output side of the filter from the mentioned material. After three-day incubation on the nutrient media, the cultures found in the water before and after the filtration were compared. In the filtrated water, both bacteria *E. Coli* and *Micrococcus luteus* were indicated, which did not validate the theoretical presumptions of the experiment. Better capturing characteristics of nanotextiles can be assumed for a material with bigger square weight and more effective filtration while using more layers of the nanotextile material.

Key words: filtration, bacteria, nanotextile

Acknowledgments: This study was supported and financed by the internal grant agency Mendel University of Agriculture and Forestry in Brno – Faculty of Agronomy No. 2102/IG290161.

ÚVOD

Rozvoj lidské civilizace šel ruku v ruce s rozvojem nových technologií a materiálů. Každý objev něčeho nového posunul lidstvo o velký kus dopředu. Ne náhodou nazýváme některá období vývoje lidské civilizace podle materiálů, které byly v dané době nejvíce používány. Doba kamenná, bronzová, železná, 19. století je nazýváno stoletím páry apod. V 21. století je očekáván rozvoj miniaturizace strojů a elektroniky do rozměrů v řádu nanometrů, sestavování materiálů po jednotlivých atomech. Proto se o 21. století pomalu začíná hovořit jako o století nanotechnologií. Budoucnost dozajista ukáže, zda je toto označení oprávněné, avšak již dnes je zřejmé, že nanotechnologie a nanomateriály výrazně ovlivňují a jistě ještě výrazně ovlivní vývoj lidské populace. Výroba elektroniky, strojů a materiálů se strukturami v dimenzi nano posouvá hranice lidského bádání o velký krok dopředu. Otevírá obrovské „prostory“ pro objevování něčeho nového v mnoha oborech lidské činnosti. Nanotechnologie mohou přinést lidstvu řadu vynálezů a objevů, které mohou pomoci lidstvu vyřešit mnoho problémů (získávání energie, uchovávání energie, odpadové hospodářství, výroba nových materiálů apod.) Na druhou stranu, je třeba zmínit, že nanotechnologie mohou představovat také rizika v podobě nanočástic a nanostrojů, které mohou nekontrolovatelně zamóřit životní prostředí a negativně ovlivnit lidský organismus.

Doba nanotechnologií a nanomateriálů přináší lidstvu další možnosti, jak zlepšit a zvýšit efektivitu doposud používaných technologií a zároveň chránit a šetřit cenné přírodní zdroje, důležité pro budoucnost lidské populace. Jedním ze základních přírodních zdrojů, nezbytných pro život, je pitná voda. Odhady Světové zdravotnické organizace (WHO) hovoří zhruba o 1,2 miliardy lidí, kteří nemají přístup k čisté pitné vodě. Ročně zemřou dva miliony lidí na následky nemocí z kontaminované vody, většinou se jedná o děti a staré lidi. Největší problém představují ve znečištěné vodě bakterie a viry, které způsobují závažné zdravotní problémy, jejichž důsledkem může být i smrt. Toto znečištění je možno odstranit buď chemickou cestou, filtrací nebo kombinací těchto metod. Právě v oblasti filtrace vody, kde je třeba odfiltrovat velmi malé částice, se nabízí možnost uplatnění nanotechnologií. Struktura filtru musí být dostatečně pórovitá, aby se neucpávala a zároveň póry musí být dostatečně malé, aby nepropustily nežádoucí nečistoty. Jako vhodný materiál se nabízí nanotextilie. Nanotextilie je netkaná textilie tvořená vlákny o velikosti průměru 50 - 500 nm. Velikost pórů nanotextilie se pohybuje v řádu desítek nanometrů. Teoreticky by tedy filtr vyrobený z nanotextilie měl být schopen zachytit např. bakterie, jejichž velikost se pohybuje mezi desetinami až desítkami mikrometrů. V případě filtrace virů by rozměry pórů musely být menší, velikost virů je od 20-300nm.

Tuto hypotézu jsme se ověřovali v laboratorních podmínkách na různých nanotextilních materiálech. Pokud by vzorky nanotextilií dokázaly zachytit nebezpečné bakterie případně viry, nabýzela by se další možnost snadné a levné úpravy kontaminované vody, bez použití chemikálií.

MATERIÁL A METODIKA

Pro experiment byly použity materiály viz tab.1. Vzorek byl kruhového průřezu o průměru 50 mm.

Tab. 1. Použité materiály

Materiál	Plošná hmotnost [gsm]	Průměr vláken [nm]
PA 612 na matici z viskózy	0,7	100-400
Tecoflex na PP spunbond	3,3	100-300
PUR na PP spunbond	8,1	400-600

2.1 Metodika

Jako testovací mikroorganismy byly použity bakterie *Escherichia coli* a *Micrococcus luteus* získané z CCM. Tyto bakterie jsou jedním z indikátorů fekálního znečištění vody.

Velikosti bakterií:

Escherichia coli: 1,1 - 1,5 x 2 – 6 µm [1]

Micrococcus luteus: 0,5 - 2 µm [2]

Sterilizace nanotextilie UV zářením 4 hodiny.

Živná média:

Živný bujón č. 2 (Imuna, Šarišské Michaľany)

Nutrient Agar No. 2 (Himedia, India) pro stanovení *Micrococcus luteus*

Endo – agar (Merck, Germany) pro stanovení *Escherichia coli*

Sterilní bujón byl inokulován *E.coli* a *Micrococcus luteus*. Po 24 hodinové kultivaci při 37 °C (*E.coli*) resp. 30 °C (*M. luteus*). byly 2 ml kultury inokulovány do 198 ml sterilní destilované vody, takto připravený roztok byl přefiltrován přes nanotextilii umístěnou na Saitzově nálevce. 100 ml filtrátu bylo za pomoci vodní vývěvy přefiltrováno přes sterilní membránový filtr. Filtr byl poté položen na Petriho misku s živným médiem a inkubován 72 h. Pro zjištění přítomnosti *E.coli* byl použit Endo – agar (Merck, Germany), kultivační teplota 37 °C po dobu 72 h, pro zjištění přítomnosti *Micrococcus luteus* byl použit Nutrient Agar No. 2 (Himedia, India), kultivační teplota 30 °C po dobu 72 h. Na filtrech pak byly spočítány narostlé kolonie bakterií.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Srovnání použitých materiálů je uvedeno v tab.2.

Tab. 2. Výsledky filtrace

Materiál (material)	Plošná hmotnost (area weight) gsm	Analýza (analysis)	
		<i>Escherichia coli</i>	<i>Micrococcus luteus</i>
PA612	0,92	Nerozlišitelná změna	Nerozlišitelná změna
Tecoflex	3,3	Nerozlišitelná změna	Nerozlišitelná změna
PUR	8,1	Nepropustí vodu	netestováno
PA612 – 3 filtry	0,92 – 3x	před filtrací 8727273 tj. $8,7 \times 10^6$ po filtraci 40136 tj. $4,0 \times 10^4$ Snížení počtu konií cca o 2 řády	netestováno

ZÁVĚR

Výsledky experimentu nepotvrzují jednoznačně teoretické předpoklady, že velikost pórů vybraných nanotextilií zabrání průniku zvolených bakterií. Kontaminovaná kapalina, s výjimkou PUR, byla přefiltrována přes nanotextilii, avšak při následném vyhodnocení bylo prokázáno bakteriální znečištění. Silnější nanotextilie z PUR již nebyla k filtraci vhodná z důvodu nepropustnosti vody (příliš velká vrstva). V případě použití tří vrstev z PA612 byl zaznamenán rozdílný počet kolonií před a po filtraci. Po filtraci došlo ke snížení počtu bakterií o dva řády. Takový obsah mikrobiologického znečištění je sice stále zdraví škodlivý, ale technologie uspořádání filtru může naznačit směr kterým dále postupovat.

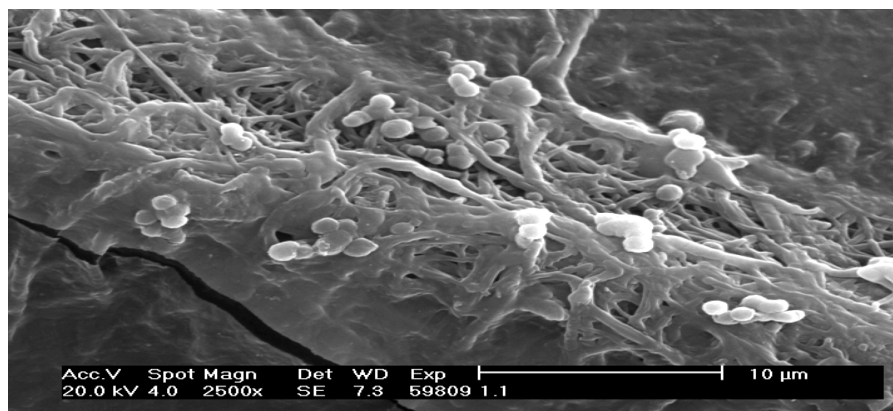
Důvodů, proč bakterie pronikly nanotextilií by mohlo být několik:

Otvory v nanotextilii byly příliš velké. Možným řešením by bylo snížit velikost pórů zmenšením průměru nanovláken a zvětšením nanotextilní vrstvy (plošná hmotnost nanotextilie). Nutno však nalézt vhodný poměr velikosti průměru vlákna a vrstvy, aby nedošlo k naprosté nepropustnosti.

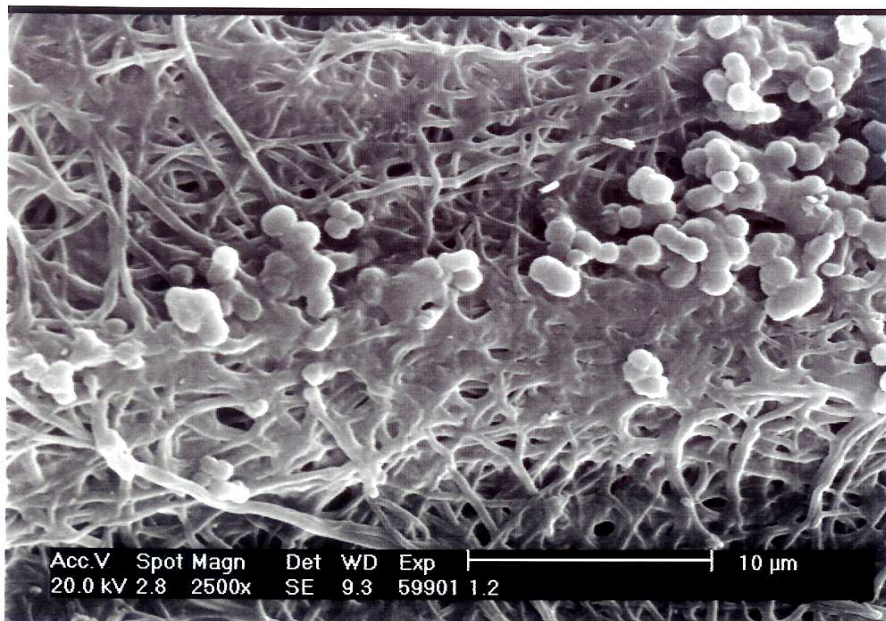
Nanotextilní vrstva mohla být poškozena, při výrobě či manipulaci, bakterie prošly defektem. Výroba nanotextilie pomocí elektrospinningu vykazuje vysokou kvalitu nanotextilie, tudíž defekt při výrobě lze téměř eliminovat. Může však dojít k mechanickému poškození při manipulaci a přepravě. Řešením by byla důkladná kontrola použitých materiálů, nebo použití více vrstev. Použitím více vrstev by se podstatně eliminovala možnost průniku bakterií filtrem s defektem.

Další možností, jak zabránit pronikání bakterií by byla modifikace vrstvy látkou, která bakterie zabije. Zde by bylo možno využít nanočástice stříbra, které mají dobré antibakteriální vlastnosti, nebo další antibakteriální prostředky. Lze však očekávat podstatnější navýšení ceny takto upravených filtrů, což by mohlo způsobit nekonkurenceschopnost při srovnání s chemickou úpravou vody. Chemická úprava bakterie sice zabije, ale na rozdíl od filtrace mrtvé bakterie zůstávají ve vodě. Z uvedených úvah tedy plyne, že nejlepším řešením filtru by bylo použití několika vrstev nanotextilie s dostatečně malými póry. Nanotextilie by zachytila bakterie, a vícevrstvé řešení by eliminovalo průnik mikroorganismů případným mechanickým poškozením. Na snímcích z elektronového mikroskopu (obr. 1 až obr. 4) jsou zachyceny bakterie na vzorcích z PUR a PA612.

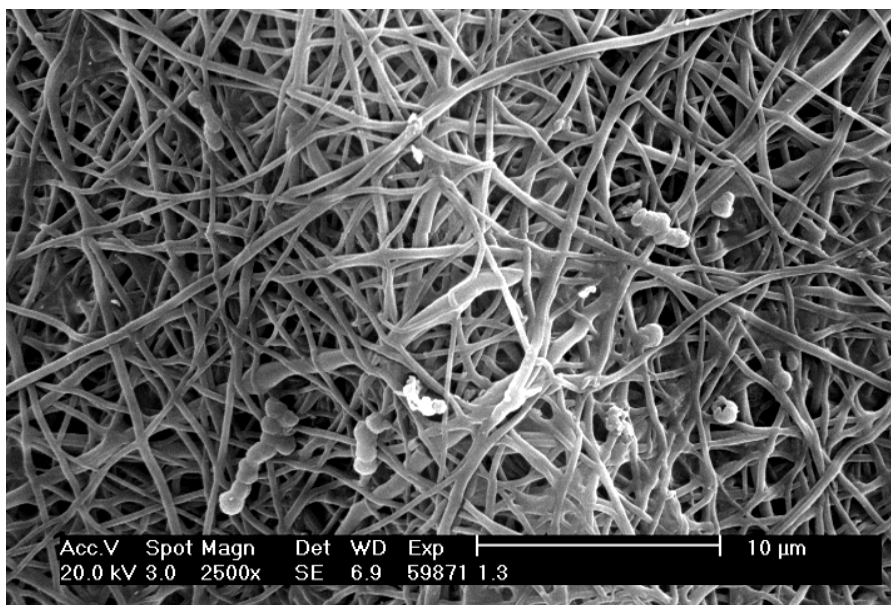
Obr. 1. Bakterie E. coli zachycena na nanotextilii z PA612 1, vrstva (zvětšeno 2500x)



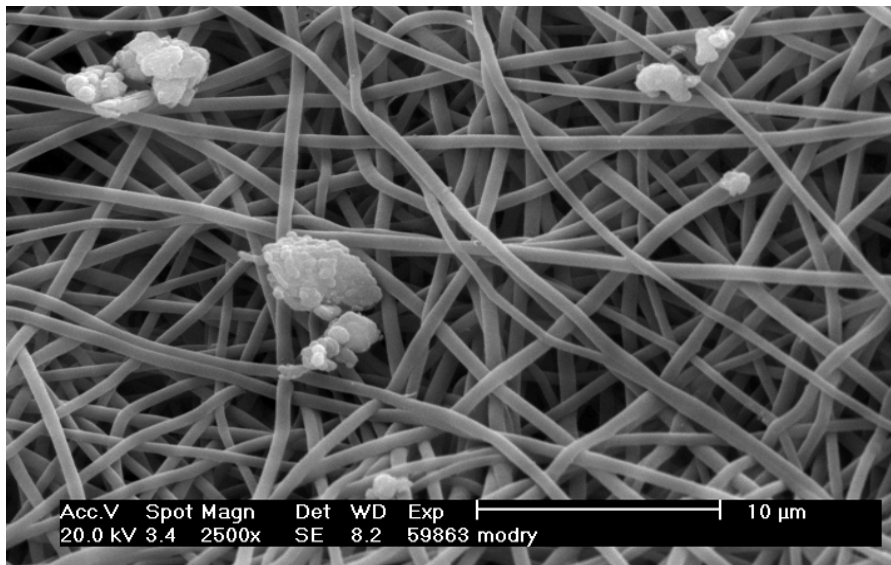
Obr. 2. Bakterie *E. coli* zachycena na nanotextilii z PA612 2; vrstva (zvětšeno 2500x)



Obr.3. Bakterie *E. coli* zachycena na nanotextilii z PA612 3; vrstva (zvětšeno 2500x)



Obr.4. Bakterie *E. coli* zachycena na nanotextilii z PUR (zvětšeno 2500x)



Na obr. 1, 2, 3 jsou zachyceny bakterie *E.Coli* na jednotlivých vrstvách filtru z PA 612. Jednotlivé vrstvy filtru obr.1 první vrstva, obr. 2 druhá vrstva, obr. 3 třetí vrstva. Na snímcích je patrný úbytek počtu bakterií. Jak bylo uvedeno, ve filtrované kapalině se při použití tohoto filtru snížil počet bakterií o dva řády. Lze tedy diskutovat, zda by bylo možno docílit 100 % filtrace bakterií použitím většího množství vrstev. Na Obr. 4 je snímek nanotextilie z PUR. Tento materiál měl podstatně větší plošnou hmotnost (větší tloušťka nanotextilie) i větší průměr vláken. Na snímku lze pozorovat zachycené bakterie na povrchu textilie, vrstva nanotextilie byla však již příliš velká, a nepropouštěla filtrovanou kapalinu ani za podtlaku.

Dalším cílem práce tedy bude hledat optimální velikost průměru nanovláken, tloušťku vrstvy a počet vrstev filtru z nanotextilie. Výsledkem by měl být závěr o vhodnosti použitých druhů nanotextilie k filtraci vody, případně návrh filtračního zařízení k úpravě pitné vody bez použití chemických látek.

LITERATURA

- [1] GARRITY, M.G. At al. Bergey's Manual of Systematic bacteriology, second edition, Volume two, The Proteobacteria. Michigan State University, 2005, ISBN-10: 0-387-24144-2.
- [2] Holt, J.G. Bergey's At al. Manual of Determinative Bakteriology, Ninth edition, Baltimore: Williams Wilkins, 1994, ISBN: 0-683-0063-7.