

*Posudek oponenta:*

Diplomová práce Petry Bernardové **Čištění odpadních vod pomocí nanovláknenných membrán** se zabývá velmi aktuální problematikou hospodaření se stále vzácnější strategickou surovinou – vodou.

V teoretické části se autorka postupným způsobem s logickou návazností dostává k jádru řešené problematiky. Definiuje odpadní vody a přehledně člení způsoby jejich čištění. Následně se zaměřuje na membránové procesy, uvádí jednotlivé stupně membránových procesů od mikrofiltrace po reverzní osmózu, popisuje principy tlakových membránových procesů, obecně charakterizuje samotné membrány a membránové moduly.

Po obecném vstupu do řešené problematiky se teoretická část více zaměřuje na vlastní téma práce. Jsou to jednak nanovláknna – klíčový prvek hodnocených membrán, jejich příprava, dále pak membránové bioreaktory a obsahově nejrozsáhlejší část zaujímá rešerše využití nanovláknitých membrán pro čištění odpadních vod. Tato rešerše je kvalitní a zahrnuje nejnovější významné práce ve sledované oblasti. Celkově lze ocenit, že jde o logicky správné zaměření teoretické části práce. Velice pozitivně hodnotím, že autorka v teoretické části poukázala na klíčové problematiky tvorby biofilmu při filtraci odpadních vod a antifoulingové modifikace filtrů, zajišťující zvýšení průtoku (s. 44) filtrovaného media.

Po formální stránce práce obsahuje řadu stylistických nejasností a terminologických nepřesností, vytýkám ale jen některé z nich. Pro anglické označení nanovláknitých membrán (s. 6) se spíše používá termín nanostructured membrane nebo membrane based on nanofibres. Špatně je použito označení - (roztoků) - v popisu obr. 3. K použití nevhodných pojmů dochází i špatným překladem z angličtiny – průřez proudu, zvláknovací trychtýř (obr. 8). Místo označení nastavené uspořádání nanovláken (s. 27) je vhodnější použít termín v jednom směru orientovaná nanovláknna. V používaných zkratkách polymerů je rovněž řada nezvyklostí, rozhodně za chybu lze označit značení polysulfonu zkratkou PS (s. 36 a obr. 15), která je v tabulce 1 rezervována pro polystyren, nemluvě o označení polysulfonu další zkratkou PSF (s. 45). Zbytečná chyba nepozorností je i používání dvou zkratek pro dimethylformamid (s. 36 a 12) a neúplný výčet seznamu zkratek jako např. E (s. 18), nMBR, cMBR, CN (s. 38), TFC (s. 39), AgNPs, AgPNs, CAB (s. 44) a další. Když je již použito zkratkové značení konkrétního termínu, tak není dobré v následující větě opět vypisování celého pojmu, např. UCN (s. 30). Místo výrazu hustota vrstvy (s. 31) je vhodnější používat označení plošná hmotnost. Pro lepší představu o testovaných materiálech by bylo pro čtenáře vhodné, aby materiál Pragopor 6 byl obdobně charakterizován jako materiál Spurtex (tabulka 2). Místo slov - po 1 h separace vody - by stačilo použít slovní spojení po jedné hodině průtoku (s. 33). Membrány A, B a C z odkazu 16 nejsou vhodné pro srovnávání s mikrofiltračními nanostrukturovanými membránami, které mají velikost pórů v desetinách  $\mu\text{m}$ . Při prezentování hodnot průtoků membrány (odkaz 20) je nezbytné vždy uvádět i při jakém tlaku byly naměřeny.

V teoretické kapitole o nanovláknnech se vyskytuje řada termínových nepřesností, která je ale daná citací chybných dat z literatury. Např. protože průměr lidského vlasu je kolem



100 000 nm tak nanovláknem je přibližně jen 1000 krát tenčí než lidský vlas (s. 24). Za chybu lze považovat i označení elektrospinningu za rychlou a nízkonákladovou techniku (s. 25).

Experimentální část se zabývá studiem odstraňování nerozpuštěných látek z odpadních vod. Srovnává dvě nanovláknité polymerní membrány z výzkumného programu se dvěma komerčními polymerními mikrofiltračními membránami renomovaných světových firem, které nejsou na bázi nanovláken. Turbidimetrické měření potvrdilo absolutní záchyt částic pozorovatelných viditelným světlem u všech čtyř sledovaných membrán, což dobře koreluje s výsledky porometrie těchto membrán. Nicméně přesnější a účelnější by zde zřejmě bylo využití „počítače částic“ (PC particle counter) pro detekci ultrajemných částic.

Řadu termínových nepřesností lze najít i v Experimentální části a v oddíle Výsledky a diskuse. Např. v tabulce 5 se místo předepsané maximální teploty uvádí teplotní interval. V rovnici (1) na stránce 61 není popsáno, co znamená  $\mu$ .

Další činnosti byly zaměřeny na studium rychlosti průtoku – filtračního výkonu, při různých provozních podmínkách. Pro základní porovnání vlastností membrán byla splněna nezbytná podmínka stejné účinnosti odstranění nerozpustných látek, v práci 100 %. Těžiště práce je soustředěno do sledování závislosti intenzity toku membránou na čase. Bohužel získané grafy jsou nepřehledné a jen velmi obtížně lze sledovat rozdíly mezi jednotlivými výsledky. Převedení stupnice y-osy do logaritmického měřítka by tento problém mohlo vyřešit nebo minimálně výrazně zmírnit.

U sledování toku demineralizované vody membránou před separací kalu jsou uvedeny pouze výsledky membrán s nanovláknem, komerčních ne. Proč? V kapitole 3.4 je škoda, že konstatování, že nanovláknité membrány smočené v 50 % isopropylalkoholu vykazovaly o řád vyšší intenzity toku demineralizované vody, není dokumentováno tabulkou s číselnými hodnotami.

Prezentované závislosti filtračního odporu na čase mají vzhledem k nedostatkům, uvedeným v předchozích dvou odstavcích, lepší vypovídací schopnost. Je na škodu, že v práci není naznačen postup výpočtu filtračních odporů, ale pouze uvedeny výsledné hodnoty.

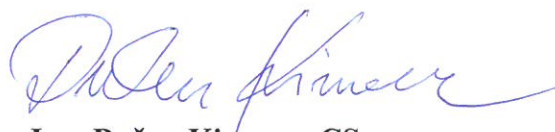
V tabulkách 8, 10, 12, 14 a na obrázcích 25, 28 a 30 je demonstrováno, že největší intenzity toku, největší hodnoty objemu permeátu a nejmenší hodnoty celkového odporu membrány vykazoval nanovláknitý materiál MF RF 558. Experimentálně získané hodnoty velmi dobře korelují s údaji z teoretické části práce (odkazy 25, 26 a 30). Byl prokázán pozitivní vliv areace na průtok nanovláknitými membránami a bylo zjištěno, že u nich dochází ve srovnání s komerčními membránami k pozvolnému průběhu zanášení. Přes řadu demonstrovaných pozitivních účinků nanovláknitých membrán je zarážející konstatování v poslední větě závěru, že tyto membrány dosahují stejných výsledků jako běžně komerčně dostupné a používané membrány.

Celkově lze práci hodnotit velmi pozitivně, některé dosažené výsledky ale nejsou patřičně okomentovány, chybí větší odvaha při celkovém hodnocení membrán a interpretaci výsledků. Nestačí pouze konstatovat, že sledované membrány dosahují stejných výsledků, ale je zapotřebí jasně ukázat na klady a nedostatky jednotlivých membrán, především membrán s nanovláknem.

Centrum polymerních systémů Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně  
Třída Tomáše Bati 5678  
760 01 Zlín

Předložená práce bezzbytku naplňuje všechny Zásady pro vypracování diplomové práce. Diplomovou práci hodnotím klasifikací

„B“



**Ing. Dušan Kimmer, CSc.**

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Centrum polymerních systémů

tel.: + 420 576 031 735

mobil: +420 602 395 041

e-mail: [kimmer@utb.cz](mailto:kimmer@utb.cz)

adresa: Třída Tomáše Bati 5678, 760 01 Zlín

Ve Zlíně dne 23. 5. 2018