

MEMBRÁN-

TECHNIKA

IPARI

BIOTECHNOLÓGIA



IX. évfolyam 3. szám

2018. szeptember

TARTALOM

	oldal
Bóna Á., Nemestóthy N., Galambos I., Bélafiné Bakó K: Többrétegű polielektrolit membránok: új lehetőségek a nanoszűrés területén.....	46
Beszámoló az EUROMEMBRANE konferenciáról.....	53
Beszámoló a Membrános Nyári Egyetemről.....	55
Konferencia felhívás.....	57
Közelgő membrános konferenciák, kurzusok.....	59

TÖBBRÉTEGŰ POLIELEKTROLIT MEMBRÁNOK: ÚJ LEHETŐSÉGEK A NANOSZŰRÉS TERÜLETÉN

Bóna Áron¹, Nemestóthy Nándor², Galambos Ildikó¹, Bélafiné Bakó Katalin²

¹ Pannon Egyetem, Soós Ernő Víztechnológiai Kutató-Fejlesztő Központ
H-8800 Nagykanizsa, Zrínyi M. u. 18.

² Pannon Egyetem, Biomérnöki, Membrántechnológiai és Energetikai Kutatóintézet
Veszprém, Egyetem u. 10.

BEVEZETÉS

Az utóbbi években megnőtt az nanoszűrés (NF) iránti érdeklődés, részben RO előkezelés gyanánt, elsősorban a tengervíz sótalanítási műveletének hatékonyabbá tétele céljából, részben egyéb szeparációs műveletek optimalizációja céljából. Az NF olyan nyomás különbségen alapuló anyagátadási művelet, melyben a nagyságrendileg 1 nm körüli méretű molekulákat visszatartja, ezért a fordított ozmózis (RO) és az ultraszűrés (UF) között helyezkedik el mind fluxus, mind visszatartási tulajdonságokat illetően. A nanoszűrés története a 70-es évekre nyúlik vissza, amikor olyan membránokat fejlesztettek ki, melyek visszatartása alacsonyabb, a fluxusa magasabb volt a szokásos RO membránokéhoz képest. Az alacsonyabb energiaigény, a kisebb beruházási költség és a szelektívebb anyag visszatartás emelik fel egyes vízkezelési alkalmazásoknál az RO elé (amennyiben a monovalens ionok visszatartása nem cél). A nanoszűrésnél használt membránok esetében az UF-nél ismert méret alapú elválasztás keveredik a RO-nál fellépő oldódás-diffúziós folyamattal, továbbá ennél a műveletnél a leghangsúlyosabb a Donnan-effektussal magyarázható töltés-alapú visszatartás: a multivalens ionok monovalensekhez képest jóval magasabb visszatartása. Ezen három folyamat együttes figyelembevételével lehet csak helyesen megérteni a NF szűrési mechanizmusát. Ez a több komponensű rendszer teszi lehetővé a jól irányított visszatartást, ami mára a vegyipari folyamat-tervezés fontos szereplőjévé emelte a nanoszűrést: ivó- és ipari vízelőkészítés, (ipari) szennyvízkezelés, vizes és szerves oldószeres vegyipari elválasztási műveleteknél vált kedvelt technológiává [1]–[3].

Az ivóvíz-előállításnál alkalmazott technológiák az egyre kisebb részméretű szűrők felhasználásának irányába tolódnak el: a homokszűrőt egyre gyakrabban váltja fel az ultraszűrés, és ha a nyersvíz szennyezettsége indokoltá teszi, a nanoszűrés vagy a fordított ozmózis a preferált eljárás. Mivel a mikroszennyezőkről való ismeretek egyre nőnek, a jövőben a kis részméretű szűrési műveletek iránt igény rohamosan növekszik, akár ivóvíz-telepek, akár szennyvizek kibocsátási pontjairól (melyeknél sokszor az ivóvíz célú újrahasznosítás a cél) van szó. Ehhez gazdaságilag kedvezően üzemeltethető membránokra van szükség, melyet leginkább a nanoszűrők biztosíthatnak az alacsony sóvisszatartás általi alacsonyabb beruházási (magasabb fluxus) és működtetési költségek (alacsonyabb üzemi nyomás) révén. Mindehhez olcsó, robosztus és kémiai ellenálló membránokra van szükség [3]–[6].

A kezdeti cellulóz-acetát anyagú membránok kompozit membránra (*thin film composite*, TFC) való cseréje hozta el az RO és NF technológiák tömeges elterjedését. Spiráltekeres modulban történő alkalmazása olcsó, kompakt és – megfelelő üzemeltetési körülmények között – igen robosztus technológiának bizonyult. Az eljárásnak azonban van két hátránya: a membrán-modul eltömődésre való hajlama (érzékeny szerkezetéből – tekerces elem – adódóan), illetve a kémiai anyagokkal szembeni érzékenysége: limitált pH tartományban stabil és a szelektív réteg oxidálószerre igen érzékeny [3].

Áttekintő cikkünkben a PEM alapú membránokat vesszük górcső alá: hogyan állíthatóak elő és mennyiben járulhatnak hozzá a nanoszűrési műveletek fejlődéséhez.

POLIELEKTROLIT MEMBRÁNOK SZINTÉZISE

A 90-es évek végén új felületképző technológia jelent meg, mellyel NF műveletekre alkalmas szelektív réteget lehet képezni: a *layer by layer* (LbL) technika, melynek alapja, hogy egy töltéssel rendelkező tartórétegre, leggyakrabban szulfonált poliéterszulfonra (PES) váltakozva pozitív és negatív töltésű polimereket kötnek meg (3-8 rétegben), mely egy vékony (~1nm), tömör többrétegű polielektrolit bevonatot (*polyelectrolyte multilayer* - PEM) eredményez a membránon (ld. 1. ábra).

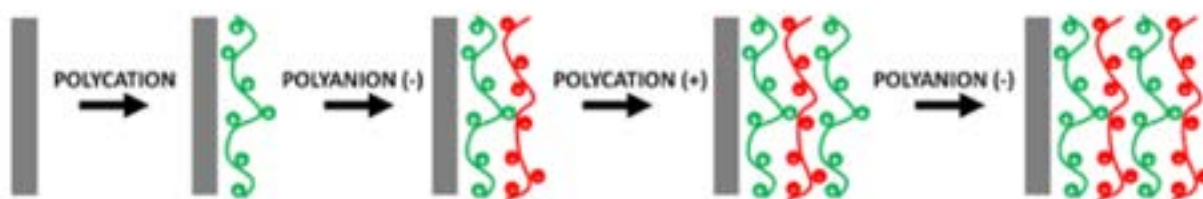


Figure 2. Schematic representation of the adsorption of polyanions and polycations using the layer-by-layer technique.

1. ábra: Az LbL eljárás sematikus ábrázolása [6]

A TFC membránok ~50 nm vastagságú tömör poliamid rétegével szemben a PEM szelektív réteg csak ~1 nm vastag, ráadásul erősen hidrofíl, így a szeparációs tulajdonságaiban is jelentős különbségek adódhatnak. Felületesen szemlélve ez egyszerű ideiglenes felületmódosításnak tűnhet, viszont a gyakorlatban meglepően stabilnak bizonyult a LbL eljárás szerint előállított membránok szignifikáns része, annak ellenére, hogy a szelektív réteget látszólag csak Coulomb erők tartják össze. Valójában a polielektrolit polimerek ellenionjainak oldatba áramlásával bekövetkező entrópia-nyereség adja a nagyobb stabilizáló hatást, és megmagyarázza, hogy a polimer-rétegek felhordásakor miért különösen fontos paraméter az ionerősség, mely a létrejövő membrán szűrési tulajdonságait nagymértékben befolyásolja.

A PEM réteg stabilitása különféle keresztkötések (ún. amin- vagy szilán-kapcsolással) kialakításával tovább növelhető, amely egyes membránok esetében (pl. ha az egyik polaritású polimert ikerionra cseréljük) elengedhetetlen a stabil szelektív réteg kialakításához [4], [7].

Az LbL technika kémiai (pH, oxidálószer) ellenállóbb NF membránt eredményez, továbbá a kedvezőbb geometriai felépítésének következtében nagymértékben megnöveli az eltömődés nélküli üzemidőt [5]. Ezen technika a NF membránok igen széles tárházát nyitja meg, mivel a gyártás során igen sok paraméter változtatható:

- polimerek kémiai minősége, illetve a töltésük (anionos polimer helyett ikerionos polimerek is alkalmazhatóak)
- keresztkötéseket kialakító reagens minősége, mennyisége (opcionális)
- a polimer-rétegek felvitele során alkalmazott só-koncentráció

Magas sókoncentrációval történő edzéssel is változtathatók a membrán tulajdonságai: a permeáció, a zeta-potenciál, a nedvesítési peremszög. A gyakorlatban ezzel az eljárással pl. a szulfát- és a mikroszennyező visszatartás jelentős mértékben növelhető [8], [9].

A PEM ÉS TFC MEMBRÁNOK ÖSSZEHASONLÍTÁSA A NANOSZŰRÉSI MŰVELETEK PROBLÉMÁI TÜKRÉBEN

A nanoszűrési műveletek terén *Van der Bruggen* és munkatársai hat kritikus alapproblémát találtak, melyek 10 év után is teljesen aktuális szempontok [3]. Mutatja ezt az is, hogy a 2017-ben megjelent áttekintő cikkükben Li és kollégái lényegében ugyanezeket a problémákat sorolják fel [10]. Ezért ezen szempontok alapján vetjük össze a PEM alapú membránokat az iparban elterjedt TFC membránokkal.

1. *Eltömődés elkerülése, illetve megfelelő kezelése tisztítási eljárásokkal*

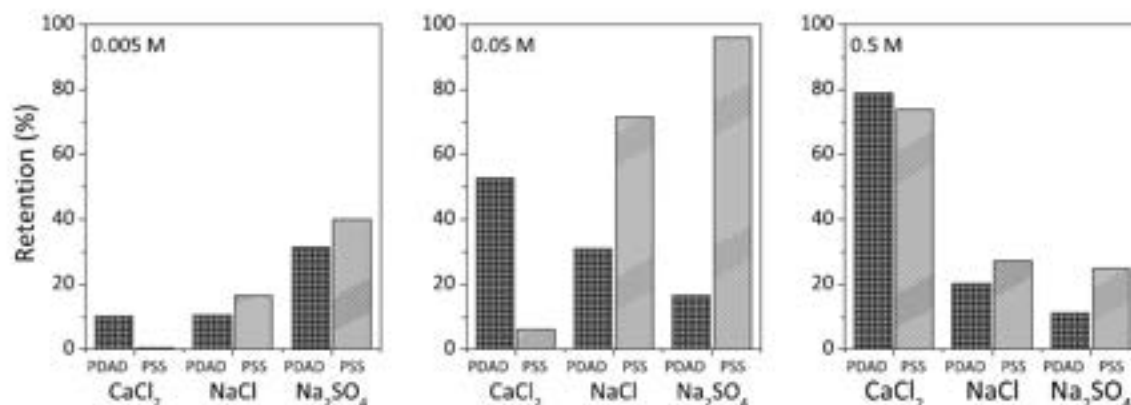
Az összes membránműveletnél kulcsfontosságú probléma az eltömődés kérdése. A membrán-előállítás egyik fontos fejlesztési iránya az eltömődéseknek ellenálló (*low fouling*) membrán-anyagok szintézise. A NF esetén ez különösen nehéz probléma – a nano mérettartományba tartozó rések eltömődésének vizsgálati nehézségei miatt. Az eltömődéseknek többféle típusa van: szerves, szervetlen, kolloid és biológiai. Az oldott szerves anyagok adszorpciója a membrán felületéhez az egyik leggyakoribb probléma. A szerves anyagok dipólus momentuma (mely az oktanol-víz koefficienssel is közelíthető) jól korrelál az eltömési potenciállal, ezért a hidrofilebb, és/vagy nagyobb felületi töltésű membránok alkalmazása megoldást jelenthet [3].

Ideális lenne előkezelés nélkül, közvetlenül alkalmazni a nanoszűrést a nyersvízen (*direct nanofiltration: dNF*). Erre spiráltekercs modulok esetében ritkán adottak a vízminőség és üzemeltetési paraméterek által biztosítható feltételek. A kapilláris szerkezetű PEM NF membránok jóval kevésbé érzékenyek az eltömődésre, ezért dNF üzemmódban csak nagyon szennyezett szennyvizek esetén nem alkalmazhatóak. Sőt, a PEM bevonatú NF membránok a felületmódosítás nélküli UF membránokhoz képest is sokkal ellenállóbbak az eltömődésekkel szemben, a tömör aktív réteg védő-hatása miatt. Tehát az egy műveletben alkalmazható PEM alapú dNF ellenállóbb rendszert alkot, mint a kétlépcsős UF+ TFC NF technológia. A kapilláris PEM membránok üzembiztonságát még két faktor támogatja: a nagyobb kémiai ellenállóképességük és a visszamoshatóság nagymértékben megnöveli a tisztítási eljárások lehetőségeit [4]–[6].

2. *Elégtelen szeparáció – az elválasztási műveletek még hatékonyabbá tétele*

A nanoszűrési művelettel kapcsolatos fontos igény – mint a membrános műveleteknél általában – hogy a membrán engedje át, amit a művelet során nem akarunk visszatartani, és minél nagyobb mértékben tartsa vissza a célmolekulákat. A szeparációs faktorok növelése általános cél az NF membránok fejlesztése esetén [3].

A PEM alapú szűrők egy része erősebb monovalens-divalens elválasztási tulajdonságokat mutat a TFC NF membránokhoz képest, hasonlóan a bőr-típusú szulfonált felületű PES membránokhoz, melyeknél a Donnan-effektussal magyarázható eme tulajdonság. Az NTU egyetemen Mg^{2+} -ra 99% visszatartású membránt állítottak elő, mely a Na^{+} -ra negatív visszatartást mutatott [11]. A PEM membránoknál nem egyértelmű a helyzet: a membrán szelektív rétegének nagyobb töltés-sűrűsége a Donnan-effektus felé mutat, ugyanakkor egyes szerzők a pórusmérettel magyarázzák a Cl^{-}/SO_4^{2-} visszatartás nagymértékű különbségét, ami a nagyobb semleges molekulák (pl. laktóz) sómentesítésénél nagy előnyt jelent [12]. A PEM előállításánál alkalmazott körülmények (ionerősség, polimerek minősége, rétegek száma) nagymértékben befolyásolják a membrán szeparációs tulajdonságait (ld. 2. ábra és 1. táblázat).



2. ábra: Különböző ionerősség mellett előállított PEM membránok sóvisszatartási értékei [6]
 PSS), PDADMAC and (PDADMAC/PSS) at 0.005, 0.05 and 0.5 M NaCl. Retention measurements were performed in crossflow mode with a Reynolds number of approximately 3800.

1. táblázat Különböző PEM membránok aminosav-visszatartási értékei és az egyes aminosavakra vonatkozó szelektivitási értékei [12]

Table 4
 Rejections and selectivities from NF experiments using membrane modified by polyelectrolytes (with NaCl as supporting electrolyte).
 Adapted with permission from [24].

	Glycine rejection (%)	Lysine rejection (%)	Glutamine rejection (%)	Glycine/glutamine selectivity	Lysine/glutamine selectivity	Glycine/lysine selectivity
(PSS/PAH)4PSS	10.4 ± 4.1	31.8 ± 4.6	44.2 ± 5.5	1.7 ± 0.0	1.3 ± 0.0	1.3 ± 1.0
(PSS/PAH)6	10.4 ± 0.9	50.9 ± 6.1	85.2 ± 0.8	6.1 ± 0.4	3.3 ± 0.6	1.8 ± 0.2
(PSS/PAH)6PSS	14.7 ± 2.4	39.5 ± 2.3	72.6 ± 1.6	3.1 ± 0.4	2.2 ± 0.2	1.3 ± 0.1
(PSS/PAH)7	19.7 ± 6.7	64.6 ± 6.6	92.8 ± 0.9	11.1 ± 0.5	4.9 ± 0.8	2.3 ± 0.1
(PSS/PAH)7b	14.2 ± 2.9	65.5 ± 3.3	92.3 ± 0.6	11.1 ± 0.7	4.5 ± 0.4	2.5 ± 0.2

3. A koncentrációk kezelése

A kis pórusméretű membránszeparációs műveletek (NF, RO) során visszamarad valamennyi koncentráció (retentátum), melyek elhelyezése, feldolgozása megoldandó feladatot jelent. A kapilláris PEM dNF membránok felső megengedett transzmembrán nyomása jóval kisebb, így koncentráltabb retentátumok képzésére elvileg nincs lehetőség. A szál-gyártási technológia fejlesztésével ez a probléma csökkenthető, de a TFC membránokra jellemző nagy nyomások (40-120 bar) nehezen érhetők el. Ugyanakkor a gyakorlatban sok esetben a bekonzentrálási határt nem a betáp oldat NF membrán által visszatartott komponensek ozmotikus potenciálja jelenti, hanem az eltömődéssel összefüggő kritikus fluxus [3].

A tekercselt elemes PEM membránok esetében a magasabb üzemi nyomás nem probléma, így – az eltömődési problémáról gondoskodva – hasonló bekonzentrálási arány valósítható meg, mint a TFC membránok esetén.

4. A membránok kémiai ellenállóképessége és élettartama

A TFC membránok esetében fontos működési határokat szab az alkalmazható pH tartomány, illetve az oxidálószeres és oldószeres iránti érzékenységük. Ezzel szemben a kémiailag sokkal ellenállóbb PEM alapú membránok agresszívebb, oxidatív tisztítószeresekkel (pl. NaOCl) kezelhetők, és jelentősen tágabb pH tartományban működtethetők. Ezáltal csökkenthető a tisztítási ciklusok általi teljesítmény-romlás, így a membrán várható élettartama növelhető [3], [5].

Ha mégis visszafordíthatatlanul sérülne vagy helyreállíthatatlanul eltömődne a PEM réteg, egy egyszerű folyamat keretében eltávolítható, és visszaállítható (a pontos gyártási

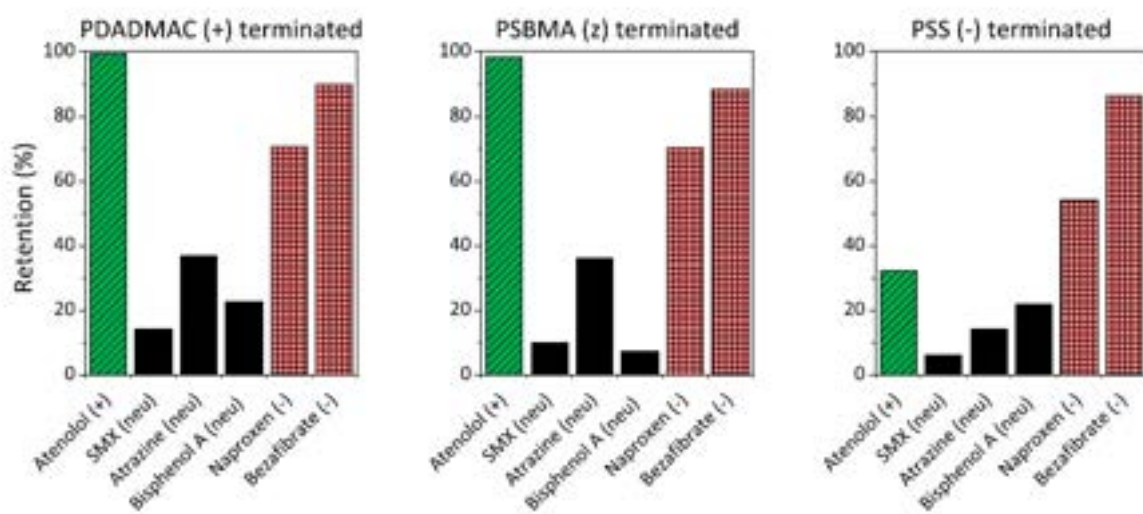
körülmények ismeretében), tehát egyfajta „feláldozható” réteggént is felfogható [12]. Ha PES helyett oldószer-álló UF támasztórétegre viszik fel a PEM réteget, az oldószer-állóság is nagymértékben javítható [14].

A kapilláris dNF membránoknál – hasonlóan, mint az UF esetében - a szálszakadás kérdése a gyakorlatban új problémát vet fel. Ez a probléma jobb minőségű, nyomásállóbb UF membránok fejlesztésével és az üzemeltetési körülmények optimalizálásával (pl. hirtelen nyomásváltozások elkerülése) csökkenthető [6].

5. A szennyezőanyag-visszatartás elegendő-e?

Napjainkban egyre inkább fókuszba kerülnek a különféle mikroszennyezők kiszűrésére alkalmas eljárások, melyeknél a membrán szennyezőanyag-visszatartási értéke kritikus paraméter. Ha a mikroszennyező a nagyobb mérettartományba sorolható (>500Da), akkor egyértelmű, hogy az NF ideális választás. Kisebb méretű mikroszennyezők esetében az RO alkalmazása kerül előtérbe, ugyanakkor sok esetben az RO membránok visszatartása is önmagában elégtelen: mindenképp valamilyen utókezelésre (pl. aktív szén, fejlett oxidációs eljárás stb.) van szükség. Ez esetben gazdaságosabb lehet egy magasabb sóáteresztésű NF membránt választani, amivel a membránművelet OPEX és CAPEX megtakarítása nagyobb lehet az utókezelés megnövekvő költségeinél, melyet az NF permeátum RO permeátumnál nagyobb szennyezőanyag-tartalma okoz [5], [15].

A 3. ábraán látható, hogy a PEM membránok minősége nagymértékben befolyásolja a mikroszennyező-visszatartási értékeket. A poliamidnál hidrofilebb PEM szelektív réteg alkalmazásával különböző mikroszennyező-visszatartási értékek érhetőek el, így ezen irányú kutatások kiterjesztése indokolt.



3. ábra Különböző mikroszennyezők visszatartása különféle határolóréteggű PEM membránok esetében [6]

6. A modellezési és szimulációs eszközök fejlesztése

Az NF membránok pórusmérete pont olyan mérettartományba esik (~1nm), hogy a szeparációt a membrán felületén és a nanopórusokban többféle kölcsönhatás alakítja: szterikus, Donnan, dielektromos és transzport effektusok komplex együttese határozza meg az egyes anyagok visszatartási értékeit [2], [3].

A lazább NF membránok jellemezhetőek a Darcy törvényen alapuló „pore flow” modellekkel, melyek a mikro- és ultraszűrőkhöz hasonlóan írják le az anyagtranszportot.

Mivel a NF esetében pórusméret nem igazán jól jellemezhető, illetve határozható meg, a Darcy törvényben levő permeabilitási állandót empirikusan határozzák meg, anyagonként. A kisebb részméretű TFC NF membránok esetében az RO-hoz hasonlóan az oldódási-diffúziós hatás adja a modellek alapját.

Maga a Donnan effektus is tisztázatlan a PEM membránok esetében: a tapasztalható nagy szulfát-visszatartás a hidratált szulfát-ion (a hidratált egyszeres töltésű anionokhoz képest) méretével vagy a töltésével függ-e össze.

Pozitív felületi töltésű PEM alapú kapilláris nanoszűrők modellezésével Labban et al. végeztek az utóbbi években úttörő munkát: a kiterjesztett Nernst-Planck egyenleten alapuló modelljük lehetővé teszi a nagyléptékű dNF modulok és vízkezelő rendszerek tervezését laborkísérletek alapján [11], [16], [17].

Az utóbbi 10 évben csökken az NF modellezéssel foglalkozó cikkek száma, annak ellenére, hogy a membrán-fejlesztést és alkalmazást kutató cikkek száma folyamatosan növekszik. Ez a trend várhatóan megfordul, hiszen a PEM alapú membránok elterjedésével jó minőségű modellekre lesz szükség ezen új típusú membránokon alapuló szeparációs folyamatok megtervezéséhez [18].

KITEKINTÉS

Napjainkban nagymértékben növekszik a hatékony és olcsó vízelőkészítés és a zöld vegyipari szeparációs folyamatok iránti igény. A nanoszűrés terén még sok kiaknázatlan lehetőség van, így az új típusú membránoknak, mint a polielektrolit-alapúaknak fontos szerepük lesz a közeljövőben.

A PEM alapú membránok nem oldják meg az NF technológia összes jelenlegi nehézségét egy csapásra a közeljövőben, ugyanakkor a kémiai sokoldalúságuk révén lehetőség nyílik több, speciális problémára egyedileg optimalizált membrán-típus készítésére, mely által a korábbi szűk keresztmetszetek áthidalhatóak.

A PEM alapú membránok új kutatási területeket nyitottak meg: a membrán-anyagok, különféle gyártási, üzemeltetési, tisztítási eljárások és matematikai modellek fejlesztése sok feladatot tartogat a kutatóknak a jövőben.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatómunkát a "Vízbázis-védelem, moduláris, mobil vízkezelő rendszerek és szennyvízkezelő technológiák fejlesztése a Pannon Egyetem bázisán hazánk dinamikus export növekedésének elősegítése érdekében" című, GINOP-2.3.2-15-2016-00016 és "A Pannon Egyetem átfogó intézményfejlesztése az intelligens szakosodás elősegítése érdekében" című EFOP-3.6.1-15-2016-00016 azonosítószámú projekt támogatta.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] N. Hilal, H. Al-Zoubi, N. A. Darwish, A. W. Mohamma, and M. Abu Arabi, "A comprehensive review of nanofiltration membranes: Treatment, pretreatment, modelling, and atomic force microscopy," *Desalination*, vol. 170, no. 3, pp. 281–308, Nov. 2004.
- [2] A. W. Mohammad, Y. H. Teow, W. L. Ang, Y. T. Chung, D. L. Oatley-Radcliffe, and N. Hilal, "Nanofiltration membranes review: Recent advances and future prospects," *Desalination*, vol. 356, pp. 226–254, Jan. 2015.
- [3] B. Van der Bruggen, M. Mänttari, and M. Nyström, "Drawbacks of applying nanofiltration and how to avoid them: A review," *Separation and Purification Technology*, vol. 63, no. 2, pp. 251–263, Oct. 2008.

- [4] J. de Grooth, D. M. Reurink, J. Ploegmakers, W. M. de Vos, and K. Nijmeijer, “Charged Micropollutant Removal With Hollow Fiber Nanofiltration Membranes Based On Polycation/Polyzwitterion/Polyanion Multilayers,” *ACS Applied Materials & Interfaces*, vol. 6, no. 19, pp. 17009–17017, Oct. 2014.
- [5] J. de Grooth, B. Haakmeester, C. Wever, J. Potreck, W. M. de Vos, and K. Nijmeijer, “Long term physical and chemical stability of polyelectrolyte multilayer membranes,” *Journal of Membrane Science*, vol. 489, pp. 153–159, Sep. 2015.
- [6] J. de Grooth, *A tale of two charges: zwitterionic polyelectrolyte multilayer membranes*. 2015.
- [7] D. Saeki, M. Imanishi, Y. Ohmukai, T. Maruyama, and H. Matsuyama, “Stabilization of layer-by-layer assembled nanofiltration membranes by crosslinking via amide bond formation and siloxane bond formation,” *Journal of Membrane Science*, vol. 447, pp. 128–133, 2013.
- [8] S. M. Abtahi *et al.*, “Micropollutant rejection of annealed polyelectrolyte multilayer based nanofiltration membranes for treatment of conventionally-treated municipal wastewater,” *Separation and Purification Technology*, vol. 209, pp. 470–481, Jan. 2019.
- [9] D. M. Reurink, J. P. Haven, I. Achterhuis, S. Lindhoud, E. H. D. W. Roesink, and W. M. de Vos, “Annealing of Polyelectrolyte Multilayers for Control over Ion Permeation,” *Advanced Materials Interfaces*, p. 1800651, Aug. 2018.
- [10] J. Li, M. Tang, Z. Ye, L. Chen, and Y. Zhou, “Scale formation and control in oil and gas fields: A review,” *Journal of Dispersion Science and Technology*, vol. 38, no. 5, pp. 661–670, 2017.
- [11] O. Labban, C. Liu, T. H. Chong, and J. H. Lienhard V, “Fundamentals of low-pressure nanofiltration: Membrane characterization, modeling, and understanding the multi-ionic interactions in water softening,” *Journal of Membrane Science*, vol. 521, pp. 18–32, Jan. 2017.
- [12] S. Ilyas, J. de Grooth, K. Nijmeijer, and W. M. de Vos, “Multifunctional polyelectrolyte multilayers as nanofiltration membranes and as sacrificial layers for easy membrane cleaning,” *Journal of Colloid and Interface Science*, vol. 446, pp. 386–393, May 2015.
- [13] L. Y. Ng, A. W. Mohammad, and C. Y. Ng, “A review on nanofiltration membrane fabrication and modification using polyelectrolytes: Effective ways to develop membrane selective barriers and rejection capability,” *Advances in Colloid and Interface Science*, vol. 197–198, pp. 85–107, Sep. 2013.
- [14] S. Ilyas *et al.*, “Weak polyelectrolyte multilayers as tunable membranes for solvent resistant nanofiltration,” *Journal of Membrane Science*, vol. 514, pp. 322–331, Sep. 2016.
- [15] S. M. Abtahi, S. Ilyas, C. Joannis Cassan, C. Albasi, and W. M. de Vos, “Micropollutants removal from secondary-treated municipal wastewater using weak polyelectrolyte multilayer based nanofiltration membranes,” *Journal of Membrane Science*, vol. 548, pp. 654–666, Feb. 2018.
- [16] O. Labban, C. Liu, T. H. Chong, and J. H. Lienhard, “Relating transport modeling to nanofiltration membrane fabrication: Navigating the permeability-selectivity trade-off in desalination pretreatment,” *Journal of Membrane Science*, vol. 554, pp. 26–38, May 2018.
- [17] O. Labban, T. H. Chong, and J. H. Lienhard, “Design and modeling of novel low-pressure nanofiltration hollow fiber modules for water softening and desalination pretreatment,” *Desalination*, vol. 439, pp. 58–72, Aug. 2018.
- [18] D. L. Oatley-Radcliffe, M. Walters, T. J. Ainscough, P. M. Williams, A. W. Mohammad, and N. Hilal, “Nanofiltration membranes and processes: A review of research trends over the past decade,” *Journal of Water Process Engineering*, vol. 19, pp. 164–171, Oct. 2017.

Euromembrane 2018

2018. július 9. és 13. között Valenciában (Spanyolország) rendezték meg az EuroMembrane konferenciát, ahol összesen 54 országból 700 résztvevő 4 plenáris és 19 ún. „keynote” előadást, illetve további 240 szekció előadást hallgathatott meg és 484 posztert vehetett szemügyre az alábbi szekcióbeosztásban:

- Gáz- és gőzszeperáció
- Kever mátrix membránok
- Membrán reaktorok és bioreaktorok
- Mikro- és ultraszűrés
- Nanoszűrés és fordított ozmózis
- Hibrid eljárások
- Membránok a vízkezelésben
- Elektrokémiai membrános eljárások
- Modelllezés és szimuláció
- Membránok előállítása és felszín módosítása
- Membrán eltömődés és öregedés
- Membránok az energia konverziós folyamatokban (Üzemanyagcellák...)
- Szennyvízkezelés
- Egészségügyi alkalmazások
- Membrán kontaktorok
- Szervetlen membránok
- Nanotechnológia és membránok
- Ozmotikus membrán eljárások
- Eljárás intenzifikálás



Joao Crespo előad

Az MTA támogatásával vettem részt a konferencián, ahol „Optimisation of itaconic acid production with membrane systems” címmel tartottam előadást legújabb kutatási eredményeinkről az *Elektrokémiai membrános eljárások* szekcióban. Elhangzott továbbá, hogy 2019-ben hazánkban lesz a következő PERMEA konferencia.



Plenáris ülés

Az Európai Membrán Szövetség (EMS) éves közgyűlését is a konferencián tartotta meg, ahol bejelentették, hogy a következő EuroMembrane kongresszus 2021-ben Svédországban lesz.

Összességében egy magas színvonalú, jól szervezett, értékes, informatív membrános eseménynek lehettem résztvevője, kár, hogy nagyon kevés magyarral találkoztam...

Dr. Nemestóthy Nándor
egyetemi docens

Beszámoló a 35. EMS Membrános Nyári Egyetemről

A nyári egyetem június 25. és 29. között került megrendezésre a Twente-i Egyetemen. A megnyitó előtt, vasárnap délután foglalhattuk el a szállásunkat: a résztvevők többsége hangulatos faházakban lakott a kampusz területén. A sok közösen eltöltött időnek köszönhetően a szakmai tapasztalatok megosztásán túl – a kötetlen beszélgetések révén – baráti kapcsolatok kiépítésére is lehetőségünk volt.

Minden nap reggeltől estig tartó, jól szervezett programokon vehettünk részt. Délelőttönként a membrántechnológia különböző területeiről tartottak előadásokat, melyeken szó volt többek között a membránok felépítéséről, transzportmechanizmusokról, ioncserélő membránokról és számos alkalmazási területükről. Az egyetemi oktatók mellett ipari szakemberek előadásait is hallhattuk, így az egyes tématerületek többféle nézőpontból történő megközelítésével átfogó képet kaptunk a membrántechnológiáról.



A Nyári Egyetem résztvevői

Az előadások mellett változatos szakmai és csapatépítő jellegű rendezvények vártak ránk. Körbevezettek minket az egyetem azon laboratóriumaiban, ahol a különböző

membránok előállításával, tesztelésével, membrános eljárások vizsgálatával foglalkoznak. A Pentair X-Flow membrántesztelő telephelyén is jártunk, ahol bemutatták a membránok minőségellenőrzésére és javítására szolgáló eszközöket, valamint speciális víztisztító berendezéseket is láthattunk. A nyári egyetem egyik népszerű programja volt a Grolsch sörgyárban tett látogatás. A túravezető részletesen ismertette a technológiát, és számos érdekességet mesélt, miközben körbevezette a csapatot a gyár területén. A látogatás végén kapott vacsora mellett meg is kóstolhattuk a különböző sörfajtákat.

A hét során szerzett tudásunkat és általános műveltségünket egyaránt tesztelhattük a grillezéssel egybekötött „kocsmakvíz” során. A kötetlen szabadidős programok közé tartozott emellett a városnézés és számos sportolási lehetőség is, így a komolyabb szakmai események után volt alkalmunk kikapcsolódni, és a nyári egyetem többi résztvevőjét megismerni.

Összességében úgy gondolom, bár a membrántechnológia területéhez kapcsolódó, de eltérő tudományterületekről érkeztünk, a változatos témáknak és programoknak köszönhetően mindenki gyarapíthatta szakmai ismereteit, szélesíthette látókörét. A szervezők és oktatók munkájának köszönhetően pedig mindez jó hangulatban, baráti légkörben zajlott, így a nyári egyetem kiváló esemény volt minden, a témában érintett hallgató, fiatal kutató számára.



Takács Piroska
Pannon Egyetem, Veszprém



IV. Soós Ernő Nemzetközi Tudományos Konferencia

VÍZ- ÉS SZENNYVÍZKEZELÉS AZ IPARBAN 2018

II. FELHÍVÁS

VSZI'18

A Soós Ernő Víztechnológiai Kutató-Fejlesztő Központ V. nemzetközi tudományos konferenciáját szervezi

VÍZ- ÉS SZENNYVÍZKEZELÉS AZ IPARBAN 2018 címmel.

Időpont: 2018. október 18.

Helyszín: HOTEL KAROS SPA**superior; (8749 Zalakaros, Alma utca 1.)**

Tisztelettel meghívjuk a felsőoktatási intézmények, a kormányzati és az ipari szektor képviselőit, a téma iránt érdeklődő valamennyi kollégát, szakértőt immár IV. alkalommal megrendezésre kerülő konferenciánkra.

A konferencia tervezett programja:

A plenáris előadásokat követően szekció előadásokra kerül sor az alábbi témakörök szerint:

ivóvízkezelés	ipari víz előkészítés
termálvizek komplex hasznosítási lehetőségei	víz mikrobiológia
ipari hulladékvíz kezelés/visszaforgatási lehetőségek	szennyvizek és szennyvíziszapok kezelése, hasznosítása
újítások a vízanalitikában	szabályozás ill. pályázati lehetőségek a tudományos és ipari szektor részére

A konferencia előzetes regisztrációhoz kötött. Regisztrálni az <http://www.sooswrc.hu/hu/> honlapon lehet:

- konferencia előadóként az előadások rövid magyar és angol nyelvű összefoglalójának feltöltésével **2018. szeptember 15-ig** (maximum 800-1000 karakter szöközzel, a honlapon található minta alapján).
Teljes anyag megjelentetése esetén a beküldési határidő: **2018. szeptember 15.** (a honlapon található minta alapján).
- konferencia látogatóként **2018. október 15-ig.**
- kiállítóként **2018. október 15-ig.**
- támogatóként a conference@sooswrc.hu e-mail címen.

Soós Ernő Víztechnológiai Kutató-Fejlesztő Központ Nagykanizsa
Pannon Egyetem Mémóriái Kar
800 Nagykanizsa, Zrínyi u. 18.
Tel: +36 93 502 927 | info@sooswrc.hu | sooswrc.hu





IV. Soós Ernő Nemzetközi Tudományos Konferencia

VÍZ- ÉS SZENNYVÍZKEZELÉS AZ IPARBAN 2018

Konferencia regisztrációs díjak:

	Regisztrációs díj
Előadó	28 000 Ft+ÁFA
PhD hallgató, látogató	18 000 Ft+ÁFA
Ipari stand + rollup	90 000 Ft+ÁFA

A konferencián átadásra kerülnek a Soós Ernő Ifjú Kutatói Díjak MSc és PhD kategóriákban, melyekre nemzetközi szinten lehet pályázni. Bővebb információért keressen bennünket!

A részletes programmal hamarosan jelentkezünk, de addig is kérjük, jegyezze fel a rendezvény október 18-i dátumát.

Szálláslehetőség: <http://www.sooswrc.hu/hu/konferencia/vszi-18/szallaslehetosegek>

További információ a konferenciával kapcsolatban:

Nemzetközi szekciók

Berkesné Rodek Nóra
titkár
Soós Ernő Víztechnológiai Kutató-Fejlesztő
Központ
+36 30 378 7058

Magyar nyelvű szekciók

Barabás Enikő
tudományos segédmunkatárs
Soós Ernő Víztechnológiai Kutató-Fejlesztő
Központ
+36 70 616 2447

KÖZELGŐ KONFERENCIÁK, KURZUSOK

17th Aachener Membran Kolloquium, AMK2018

2018. november 13-15., Aachen (Németország)

<http://www.amk.rwth-aachen.de>

Víz és Szennyvízkezelés az iparban 2018, IV. Soós Ernő Nemzetközi Tudományos Konferencia

2018. október 18., Zalakaros

<http://www.sooswrc.hu/hu>

Dead Sea Water 2019 Workshop: Nanomaterials at the Water-Energy Nexus, Dead Sea Water

2019. február 4 – 7., Ein-Gedi, Dead Sea (Izrael)

<https://dsw2019.net.technion.ac.il/>

Engineering with Membranes 2019, EWM2019

2019. április 8 – 10., Bastad (Svédország)

<http://ewm2019.eu/>

36th EMS Summer School 2019, EMS SS2019

2019. június 23 – 28., Edinburgh (Egyesült Királyság),

14th International Conference on Catalysis in Membrane Reactors, ICCMR14

2019. július 8 – 11., Eindhoven (Hollandia)

<https://www.iccmr14.com>

PERMEA'19

2019. augusztus 26-29., Budapest

<http://mke.org.hu/PERMEA2019>

***International Congress for Membrane and Electromembrane Processes,
MELPRO2020***

2020. április 19-22., Prága (Csehország)

<https://www.melpro.cz/>

13th World Filtration Congress, WFC13

2020. április 20 – 24., San Diego (U.S.A.)

<https://wfc13.societyconference.com/v2/>

MEMBRÁNTECHNIKA ÉS IPARI BIOTECHNOLÓGIA

A MKE Membrántechnikai Szakosztályának kiadványa ISSN 2061-6392

Felelős szerkesztő:

Bélafiné Dr. Bakó Katalin, Pannon Egyetem, Biomérnöki, Membrántechnológiai és Energetikai Kutató Intézet, 8200 Veszprém, Egyetem u. 10.

E-mail: bako@almos.uni-pannon.hu

A szerkesztőbizottság tagjai:

a MKE Membrántechnikai Szakosztály vezetősége: Dr. Nemestóthy Nándor, Békássyné Dr. Molnár Erika, Dr. Mizsey Péter, Dr. Hodúr Cecília, Dr. Vatai Gyula, Dr. Cséfalvay Edit, valamint Dr. Gubicza László (lektor)

Megjelenik: negyedévente, 300 példányban

Előfizetési díja: évi 1 500 Ft

Megrendelhető: MKE Membrántechnikai Szakosztály, 1015 Budapest, Hattyú u. 16.