

MEMBRÁN-

TECHNIKA

IPARI



BIOTECHNOLÓGIA

XI. évfolyam 2. szám

2020. április

TARTALOM

oldal

Bakonyi P.: Mikrobiális üzemanyag cellák vizsgálatának
komplex megközelítése 14

Takács P., Bélafiné Bakó K.: Akvaporim membránok a
vízkezelésben..... 17

Elhalasztott, törölt, közelgő membrános konferenciák,
kurzusok..... 23

Mikrobiális üzemanyag cellák vizsgálatának komplex megközelítése

Bakonyi Péter

Pannon Egyetem, Biomérnöki, Membrántechnológiai és Energetikai Kutatóintézet

bakonyip@almos.uni-pannon.hu

A bioelektrokémiai rendszerek, köztük a mikrobiális üzemanyag cellák (MÜC) tanulmányozása egy összetett, multidiszciplináris megközelítést igényel. Ennek oka, hogy a MÜC-ban lejátszódó folyamatok egyszerre kapcsolódnak az anyagtudományhoz, az elektrokémiához, valamint a mikrobiológiához (Patil et al., 2015; Zhen et al., 2017).

Anyagtudományi- és –mérnöki szempontból kiemelt fontosságú az elektródok (anód és katód) kialakítása, anyagi minősége (Baudler et al., 2015; Wei et al., 2011), valamint az elektródokat legtöbb esetben elválasztó fizikális szeparátorok, membránok tervezése, szintézise és megválasztása (Bakonyi et al., 2018b; Leong et al., 2013; Li et al., 2011). Az elektródok (elsősorban az anód) biokompatibilis és elektromosan jól vezető tulajdonságokkal kell rendelkezzenek, hogy rajta az elektrokémiai aktív baktériumok (EAB) megfelelően szaporodjanak és a szubsztrátok oxidációjából felszabaduló elektronok transzportjában hatékonyan részt tudjanak venni. A membránok szerepe az anyagátadás tekintetében mutatkozik meg, hiszen pl. megfelelő ionvezetés (kationcsere-kapacitással bíró anyagok esetén protonvezetés) szükséges ahhoz, hogy a MÜC-ban az egyes félcella-reakciók (anódon szubsztrátok bontása, oxidációja; katódon: jellemzően oxigén redukciója) végbe tudjanak menni. Ha eme (abiotikus) tervezési szempontokat megfelelően vesszük figyelembe, akkor ez által elősegíthetjük a rendszert hajtó EAB alkotta biofilm fejlődését, s a mikrobiológiai folyamatok a kívánt irányba terelhetők, hozzájárulva ezzel a MÜC áramtermelő kapacitásának, a leadott elektromos teljesítmény növeléséhez.

Ez utóbbi áll az MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíjának támogatásával megvalósuló kutatások középpontjában, ahol az elektrokémiai aktív biofilm, az anód-felület kolonizációs folyamata (s annak időbelisége) képzeli a vizsgálat tárgyát, egyfelől elektrokémiai, másfelől biológiai módszerekkel (Bakonyi et al., 2018a; Koók et al., 2019b, 2019a, 2018). Előbbi esetben fordulhatunk a teljes cella polarizáció, ciklikus voltammetria (CV) és elektrokémiai impedancia spektroszkópia (EIS) felé, utóbbiban pedig hasznos információkat nyerhetünk ki specifikus enzimaktivitások pl. dehidrogenáz aktivitás mérésével, mikroszkópos felvételek készítésével, valamint DNS-szekvenáláson alapuló populáció/mikrobakonzorcium analízissel. Mindezen adatok birtokában mélyebben, részleteiben érthetjük meg az ok-okozati kapcsolatokat az egyes rendszerjellemzők között és a MÜC hatékonyságának változását,

melyet kifejezhetünk/számszerűsíthetünk a mért áram/teljesítménysűrűség, kumulált/fajlagos energia kihozatal, Coulombikus (töltéskinyerési) hatások és szerves anyag eltávolítási eredményeken (mint kimeneti, függő változókon) keresztül.

Referenciajegyzék

- Bakonyi, P., Koók, L., Keller, E., Bélafi-Bakó, K., Rózsenszki, T., Saratale, G.D., Nguyen, D.D., Banu, J.R., Nemestóthy, N., 2018a. Development of bioelectrochemical systems using various biogas fermenter effluents as inocula and municipal waste liquor as adapting substrate. *Bioresour. Technol.* 259, 75–82. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.03.034>
- Bakonyi, P., Koók, L., Kumar, G., Tóth, G., Rózsenszki, T., Nguyen, D.D., Chang, S.W., Zhen, G., Bélafi-Bakó, K., Nemestóthy, N., 2018b. Architectural engineering of bioelectrochemical systems from the perspective of polymeric membrane separators: A comprehensive update on recent progress and future prospects. *J. Memb. Sci.* 564, 508–522. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2018.07.051>
- Baudler, A., Schmidt, I., Langner, M., Greiner, A., Schröder, U., 2015. Does it have to be carbon? Metal anodes in microbial fuel cells and related bioelectrochemical systems. *Energy Environ. Sci.* 8, 2048–2055. <https://doi.org/10.1039/c5ee00866b>
- Koók, L., Kanyó, N., Dévényi, F., Bakonyi, P., Rózsenszki, T., Bélafi-Bakó, K., Nemestóthy, N., 2018. Improvement of waste-fed bioelectrochemical system performance by selected electro-active microbes: Process evaluation and a kinetic study. *Biochem. Eng. J.* 137, 100–107. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2018.05.020>
- Koók, L., Kaufer, B., Bakonyi, P., Rózsenszki, T., Rivera, I., Buitrón, G., Bélafi-Bakó, K., Nemestóthy, N., 2019a. Supported ionic liquid membrane based on [bmim][PF₆] can be a promising separator to replace Nafion in microbial fuel cells and improve energy recovery: A comparative process evaluation. *J. Memb. Sci.* 570–571, 215–225. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2018.10.063>
- Koók, L., Quémener, E.D. Le, Bakonyi, P., Zitka, J., Trably, E., Tóth, G., Pavlovec, L., Pientka, Z., Bernet, N., Bélafi-Bakó, K., Nemestóthy, N., 2019b. Behavior of two-chamber microbial electrochemical systems started-up with different ion-exchange membrane separators. *Bioresour. Technol.* 278, 279–286. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.01.097>
- Leong, J.X., Daud, W.R.W., Ghasemi, M., Liew, K. Ben, Ismail, M., 2013. Ion exchange membranes as separators in microbial fuel cells for bioenergy conversion: A comprehensive review. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 28, 575–587. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.052>

- Li, W.W., Sheng, G.P., Liu, X.W., Yu, H.Q., 2011. Recent advances in the separators for microbial fuel cells. *Bioresour. Technol.* 102, 244–252. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.03.090>
- Patil, S.A., Gildemyn, S., Pant, D., Zengler, K., Logan, B.E., Rabaey, K., 2015. A logical data representation framework for electricity-driven bioproduction processes. *Biotechnol. Adv.* 33, 736–744. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2015.03.002>
- Wei, J., Liang, P., Huang, X., 2011. Recent progress in electrodes for microbial fuel cells. *Bioresour. Technol.* 102, 9335–9344. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.07.019>
- Zhen, G., Lu, X., Kumar, G., Bakonyi, P., Xu, K., Zhao, Y., 2017. Microbial electrolysis cell platform for simultaneous waste biorefinery and clean electrofuels generation: Current situation, challenges and future perspectives. *Prog. Energy Combust. Sci.* 63, 119–145. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2017.07.003>

Köszönetnyilvánítás

A szerző szeretne köszönetet mondani az MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíjának, valamint az „Új Nemzeti Kiválóság Program” keretében megítélt Bolyai+ Felsőoktatási Fiatal Oktatói, Kutatói Ösztöndíjának (ÚNKP–19–4).

Akvaporin membránok a vízkezelésben

Takács Piroska¹, Nemestóthy Nándor¹, Irena Petrinić², Bélafiné Bakó Katalin¹

¹Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Biomérnöki, Membrántechnológiai és Energetikai Kutatóintézet, 8200 Veszprém, Egyetem u. 10.

²University of Maribor, Faculty of Chemistry and Chemical Engineering, Laboratory for Water Biophysics and Membrane Processes, Smetanova ulica 17, 2000 Maribor, Slovenia

Bevezetés

A vízkezelés fogalma alatt különböző víztisztítási eljárásokat értünk. A természetes vizek hasznosítása - akár ivóvíz előállítása, akár ipari felhasználás a cél - csak megfelelő kezelés után lehetséges. A használat során változhatnak a víz tulajdonságai (hőmérséklet, pH, oldott anyagok mennyisége, stb.), ezért ismét vízkezelésre van szükség ahhoz, hogy elérje a kielégítő minőséget a befogadóba való juttatáshoz, tehát a szennyvíz-tisztítási eljárások is ide tartoznak. A tisztított víz paramétereinek meg kell felelniük a szabályozásoknak, melyek lehetnek ipari előírások a technológiai felhasználásnál, illetve hatóságilag előírt határértékek a befogadóba bocsátás esetén.

A vízkezelési technológiák igen sokfélék lehetnek, ugyanakkor mindegyiknek része egy vagy több szűrési lépés, melyet manapság jellemzően valamilyen nyomáskülönbségen alapuló membránszeparációval végeznek. Ide sorolható többek között a fordított ozmózis (röviden RO az angol 'reverse osmosis' kifejezésből) és a direkt ozmózis ('forward osmosis', FO). Ahogy a nevük is mutatja, mindkét eljárásnál kulcsfontosságú az ozmózis jelensége.

Direkt ozmózis és fordított ozmózis

A folyamat alapja egy megfelelő szerkezetű membrán, mely a víz számára átjárható, az oldott anyagokat azonban visszatartja. Ha egy rendszert ilyen membránnal két térrészre osztunk, melyekben különböző koncentrációjú oldatok találhatók, a membrán két oldala között kémiai potenciálkülönbség lép fel. Ennek kiegyenlítése csak az oldószer diffúziójával mehet végbe (hiszen az oldott anyagok számára a membrán átjárhatatlan), tehát a hígabb oldat felől víz áramlik a töményebb felé. A növekvő vízoszlop hidrosztatikai nyomása a koncentráció gradienssel ellentétes irányú erőhatást és ennek megfelelő vízáramlást eredményez, majd egy idő után kialakul az ozmotikus és hidrosztatikai erők egyensúlya, vagyis az ellentétes irányú

transzportfolyamatok kiegyenlítik egymást. A dinamikus egyensúly állapotának eléréséhez szükséges nyomást nevezzük ozmózisnyomásnak (jele π) [1].

Direkt ozmózis esetén a kisebb koncentrációjú betáp oldatból a fent leírt ozmózisnak megfelelően tiszta víz áramlik spontán a töményebb húzóoldat felé, külső energia-befektetés nélkül. Fordított ozmózis során ezzel szemben a szekunder oldali oldat hígabb a betápnál, ezért a víz áramlásához az ozmózisnyomásnál nagyobb nyomást kell alkalmazni. A valódi fluxust az alkalmazott nyomáskülönbség (ΔP) és az ozmózisnyomás (π) viszonya határozza meg, ez lesz a folyamat hajtóereje. Az ozmotikus víztisztítási eljárások használhatók tengervíz sótalánítására édesvíz előállítása céljából, valamint az elektronikai iparban szükséges ultratiszta víz termelésére [2].

A minél nagyobb fluxus és kiváló szelektivitás egyidejű biztosítása fejlett gyártástechnológiát és megfelelő alapanyagot igényel. A két említett tulajdonság javítása érdekében az utóbbi két évtizedben egyre jobban elterjedt a sejtmembránokban található fehérjecsatornák, ún. akvaporinok mesterséges membránokban való alkalmazhatóságának vizsgálata.

Akvaporinok

Az akvaporinok a biológiai sejtek membránjába ágyazott fehérjék, melyek egyfajta szelektív csatornaként szabályozzák a sejtek vízáteresztő képességét. A hat α -hélixből álló fehérje több ponton keresztezi a membránt, a polimerláncok között kialakuló központi üreg pedig a víznél nagyobb molekulákat méretük alapján kizárja. A szelektivitásban fontos szerepet játszik a csatorna belsejének nettó pozitív töltése, mely elektrosztatikus hatások révén gátolja a pozitív töltésű ionok bejutását [3]. Emellett a fehérjelánc meghatározott részén található aminosav tripletek (ún. NPF motívumok) hidrogénkötést létesítenek a csatornán áthaladó vízmolekulákkal, és úgy irányítják azokat, hogy a szomszédos vízmolekulákon ne juthassanak át protonok. Ezek a szerkezeti sajátosságok azt eredményezik, hogy az akvaporinok $6 \cdot 10^{-14}$ – $11 \cdot 10^{-14}$ cm³/s vizet képesek áteresztetni csatornánként, miközben az ionok túlnyomó többségét visszatartják [4].

Mintegy két évtizeddel ezelőtt jelent meg egy publikációban az akvaporinok mesterséges membránokban történő alkalmazásának ötlete [5]. Az ipari vízkezelés körülményei (nyomás, hőmérséklet, sókoncentráció) azonban jelentősen eltérhetnek a sejtekre jellemző értékektől, a fehérjék pedig általában igen érzékenyek a környezeti változásokra. A

biomimetikus membránok gyártásához tehát olyan technológiát kell kidolgozni, melynek során az akvaporinok megőrzik eredeti funkciójukat és tulajdonságaikat, ugyanakkor ellenállnak a gyakorlati alkalmazás kihívásainak [4].

Akvaporin membránok

A probléma megoldására általánosan használt eljárás során kettős lipidrétegből álló vezikulumokba ágyazzák a fehérjéket, ezek a proteo-liposzómák tehát tulajdonképpen a sejtmembránok leegyszerűsített másolatai [6]. A membrán mechanikai szilárdságát a pórusos támasztóréteg adja, mely jellemzően valamilyen polimerből készül fázisinverziós technikával [7]. Ezután a támasztórétegen szelektív fedőréteget alakítanak ki határfelületi polimerizációval, melynek során a membránt a fedőréteget alkotó egyik monomer vizes oldatába merítik, majd a másik monomer vízzel nem elegyedő oldatával érintkeztetve a két oldószer határfelületén lejátszódik a polimerizáció. Az előre elkészített proteo-liposzómák oldatát az egyik monomerhez keverik, ezáltal a létrejövő polimer körbeveszi a vezikulumokat, melyek keresztkötő ágens hozzáadásával még stabilabban rögzíthetők a membránban [8]. Az FO és RO membránok esetében az támasztó- és fedőréteg anyaga, pórusmérete, a beágyazott vezikulumok mennyisége eltérhet, de a gyártástechnológia alapja mindkét típusnál azonos.

1. táblázat: FO membránok összehasonlítása

Membrán	Membrán modul	Vízfluxus (L/m ² h)	Só-visszaáramlás (g/m ² h)	Húzóoldat	Hivatkozás
AIM ¹	lap	23,1 ± 0,9	4,4 ± 0,4	1 M NaCl	[6]
HTI ²	lap	14,3 ± 1,8	5,4 ± 1,5		
AIM	lap	15,54 ± 1,00	5,77 ± 0,24	1 M NaCl	[9]
AIM	kapilláris	15,55 ± 0,78	1,65 ± 0,39		
AQP ³	kapilláris	35,4	2,7	0,5 M NaCl	[10]
		49,1	4,7	1 M NaCl	

¹ AIM: Aquaporin InsideTM membrane by Aquaporin A/S, Denmark

² HTI: Hydration Technology Inc., USA

³ AQP: a cikk szerzői készítették a membránt

Az **1. táblázat**ban különböző direkt ozmózis membránok teljesítményjellemzői láthatók. Betáp oldatként minden esetben desztillált vizet alkalmaztak, húzóoldatként pedig nátrium-klorid-oldatot. Kereskedelmi forgalomban kapható hagyományos és akvaporint tartalmazó membránokat összehasonlítva a kutatók több, mint másfélszer nagyobb fluxust tapasztaltak akvaporin membrán esetében, miközben kevesebb só áramlott vissza a húzóoldatból [6]. A második publikációban ugyanazon cég kétféle akvaporin membránját vizsgálták, az egyetlen különbséget köztük a membrán konfigurációja jelentette. Lapmodul és kapilláris típusú modul esetén közel azonos vízfluxust mértek, a lapmodulnál viszont közel 3,5-szer több só áramlott vissza, tehát a kapilláris membrán összességében hatékonyabbnak bizonyult [9]. A transzportfolyamatok jellemzésénél az alkalmazott húzóoldat koncentrációja sem elhanyagolható – hiszen épp az eltérő ozmotikus viszonyok képezik a hajtóerőt. Ennek megfelelően nagyobb sókoncentráció esetén magasabb fluxus és só-visszáramlási adatokat kapunk [10].

2. táblázat: RO membránok összehasonlítása

Membrán	Vízfluxus (L/m ² h)	Víz- permeabilitás (L/m ² hbar)	Só- visszatartás (%)	Alkalmazott nyomás és betáplált oldat	Forrás
TFC ¹	-	3,2 ± 0,3	96,3 ± 1,2	5 bar	[11]
AQP ²	-	4 ± 0,4	97	10 mM NaCl	
BW30 ³	-	2,83 ± 0,04	97,3 ± 0,4	10 bar	[12]
AQP	-	4,13 ± 0,40	97,2 ± 0,6	10 mM NaCl	
TFC	40,4 ± 1,0	-	99,7 ± 0,2	55 bar	[7]
AQP	82,9 ± 2,5	-	99,3 ± 0,3	2000 mg/L NaCl (34,2 mM)	
TFC	11,2 ± 0,5	-	99,0 ± 0,1	55 bar	
AQP	21,0 ± 0,4	-	99,0 ± 0,3	32000 mg/L NaCl (0,54 M)	

¹ TFC: hagyományos vékonyfilm kompozitmembrán, a publikáció szerzői készítették

² AQP: akvaporint tartalmazó membrán, a publikáció szerzői készítették

³ BW30: hagyományos RO membrán, Dow FilmTec®

A

2. táblázat fordított ozmózis membránokkal végzett kísérletek eredményét tartalmazza. A sóvisszatartási adatokat tekintve az itt bemutatott publikációkban nem tapasztaltak számottevő eltérést a hagyományos és az akvaporint tartalmazó membránok között, a visszatartás hatásfoka minden esetben jónak mondható. Zhao és munkatársai [11] által végzett kísérletek során az akvaporin membrán vízpermeabilitása mintegy 25 %-kal nagyobb volt a hagyományos vékonyfilm kompozit membránnál mért értéknél. A méréseket inaktív (szelektív víztranszportra képtelen) akvaporint tartalmazó membránokkal is elvégezték, ekkor azonban a hagyományos membránéhoz hasonló vagy rosszabb eredményt kaptak. Ezekkel a kontrollmérésekkel igazolták, hogy a megnövekedett permeabilitásért valóban a fehérjecsatornák felelősek.

A második publikációban kereskedelmi forgalomban kapható RO membránt hasonlítottak össze saját készítésű akvaporin membránnal [12]. A permeabilitási adatok az előző publikáció eredményéhez hasonlóak, bár itt a két típus közti különbség még szembetűnőbb. A szerzők a hosszú távú stabilitás vizsgálatának érdekében kéthetes ciklusokra bontott, összesen száz napig tartó kísérletet is végeztek, a ciklusok végén tisztítási lépést beiktatva. A kísérlet végén az akvaporin membránnal mért fluxus a kísérlet előtti érték 90 százaléka volt, míg a hagyományos membrán esetében 33 százalékkal csökkent a fluxus. Az akvaporinok alkalmazása tehát hosszabb távon még előnyösebb lehet, mint azt a rövid mérési idejű laborkísérletek alapján feltételezhetjük.

Li és munkatársai [7] a gyakorlati alkalmazás minél pontosabb vizsgálata érdekében az ipari felhasználáshoz hasonló körülményeket teremtettek meg méréseik során. A kísérleteket 55 bar nyomáson, 2000 mg/L, illetve 32 000 mg/L sókoncentráció mellett végezték. Mindkét esetben azt tapasztalták, hogy az akvaporin membrán ugyanakkora sóvisszatartás mellett kétszer akkora vízfluxus elérésére képes, mint a hagyományos RO membrán.

Az itt bemutatott példákból is látszik, hogy a fehérjecsatornák alkalmazása előnyös tulajdonságokat biztosít a vízkezelésben használt membránoknak, használatukkal nagyobb fluxus érhető el, illetve ugyanakkora fluxus biztosításához kisebb alkalmazott nyomásra van szükség. Bár a kutatók továbbra is dolgoznak az akvaporin membránok vizsgálatán és fejlesztésén, napjainkban már kereskedelmi forgalomban is kaphatók, így a jövőben szélesebb körű elterjedésükre számíthatunk.

Irodalomjegyzék

- [1] M. Perry, "The principles of forward osmosis (FO)," 2013. [Online]. Available: <https://www.forwardosmosistech.com/the-principles-of-forward-osmosis/>.
- [2] K. Bélafi-Bakó, *Membrános műveletek*. Veszprém: Veszprémi Egyetemi Kiadó, 2002.
- [3] Á. L. Simon, "Megtalálták a kiskaput. Nobel-díj a membráncsatornák felfedezéséért.," *Természet Világa*, vol. 135, no. 2, pp. 54–56, 2004.
- [4] Y. Kaufman and V. Freger, "Supported Biomimetic Membranes for Pressure-Driven Water Purification," in *On Biomimetics*, 2011.
- [5] C. Y. Tang, Y. Zhao, R. Wang, C. Hélix-Nielsen, and A. G. Fane, "Desalination by biomimetic aquaporin membranes: Review of status and prospects," *Desalination*, vol. 308, pp. 34–40, 2013.
- [6] Y. Chun, L. Qing, G. Sun, M. Roil, and A. G. Fane, "Prototype aquaporin-based forward osmosis membrane: Filtration properties and fouling resistance," *Desalination*, vol. 445, no. August, pp. 75–84, 2018.
- [7] Y. Li, S. Qi, M. Tian, W. Widjajanti, and R. Wang, "Fabrication of aquaporin-based biomimetic membrane for seawater desalination," *Desalination*, vol. 467, no. May, pp. 103–112, 2019.
- [8] M. Xie, W. Luo, H. Guo, L. D. Nghiem, C. Y. Tang, and S. R. Gray, "Trace organic contaminant rejection by aquaporin forward osmosis membrane: Transport mechanisms and membrane stability," *Water Res.*, vol. 132, pp. 90–98, 2018.
- [9] M. Nikbakht Fini, H. T. Madsen, J. L. Sørensen, and J. Muff, "Moving from lab to pilot scale in forward osmosis for pesticides rejection using aquaporin membranes," *Sep. Purif. Technol.*, vol. 240, 2020.
- [10] X. Li, C. Heng, R. Wang, W. Widjajanti, and J. Torres, "Fabrication of a robust high-performance FO membrane by optimizing substrate structure and incorporating aquaporin into selective layer," *J. Memb. Sci.*, vol. 525, pp. 257–268, 2017.
- [11] Y. Zhao *et al.*, "Synthesis of robust and high-performance aquaporin-based biomimetic membranes by interfacial polymerization-membrane preparation and RO performance characterization," *J. Memb. Sci.*, vol. 424, pp. 422–428, 2012.
- [12] S. Qi *et al.*, "Aquaporin-based biomimetic reverse osmosis membranes: Stability and long term performance," *J. Memb. Sci.*, vol. 508, pp. 94–103, 2016.

Köszönetnyilvánítás

A kutatómunka részben az „Ozmotikus hatásokon alapuló koncentrációk vizsgálata” című, 2018-2.1.11-TÉT-SI-2018-00001 számú kétoldalú, szlovén-magyar együttműködési projekt támogatásával készült.

ELHALASZTOTT VAGY TÖRÖLT KONFERENCIÁK, KURZUSOK***International Membrane Science and Technology Conference, IMSTEC2020***

2020. február 2-6., Sydney (Ausztrália)

<http://www.imstec2020.com>

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/>

North American Membrane Society 29th Annual Meeting, NAMS 2020

2020. május 16 – 20., Tempe (U.S.A.)

<https://membranes.org/nams-2020/>

XXXVII EMS Summer School, EMS SS2020,

2020. május 24 - 29., Alentejo (Portugália)

<https://sites.google.com/view/37themssummerschool2020/home>

KÖZELGŐ (BIZONYTALAN) KONFERENCIÁK, KURZUSOK***XIII Scientific Conference “Membranes and Membrane Processes in Environmental Protection (MEMPEP 2020)***

2020. június 17 – 20., Zakopane, (Lengyelország)

<http://mempep2020.systemcoffee.pl/index2.html>

Nanofiltration 2020

2020. július 7 – 10., Reutlingen (Németország)

<http://nanofiltration2020-mt.ifg.kit.edu/index.php>

12th International Congress on Membranes and Membrane Processes, ICOM

2020. július 12 – 17., London (Egyesült Királyság)

<http://www.icom2020.co.uk/>

Gordon Research Conference on Membranes: Materials and Processes, GRC

2020. augusztus 2 – 7., New London, NH (U.S.A.)

<https://www.grc.org/membranes-materials-and-processes-conference/2020/>

Membrane Materials - Modification and Separation, M3-S

2020. szeptember 7 – 9., Torun (Lengyelország)

<https://sites.google.com/view/m3s-conference/home>

MEMBRÁNTECHNIKA ÉS IPARI BIOTECHNOLÓGIA

A MKE Membrántechnikai Szakosztályának kiadványa ISSN 2061-6392

Felelős szerkesztő:

Bélafiné Dr. Bakó Katalin, Pannon Egyetem, Biomérnöki, Membrántechnológiai és Energetikai Kutatóintézet, 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.