

MEMBRÁN-

TECHNIKA

IPARI

BIOTECHNOLÓGIA



VI. évfolyam 3. szám

2015. szeptember

TARTALOM

oldal

Lemmer B., K. Keceri, Kertész Sz., László Zs., Hodúr C.: Szonikációval segített enzim-visszanyerés	42
Beszámoló a Membrános Nyári Egyetemről.....	52
Konferencia beszámoló: EuroMed.....	55
Közelgő membrános konferenciák, kurzusok.....	60

Szonikációval segített enzim-visszanyerés

Lemmer Balázs^a, Kübra Keceri^b, Kertész Szabolcs^a, Zsuzsanna László^a, Hodúr Cecilia^a

^aSzegedi Tudományegyetem, Mérnöki Kar, Folyamatmérnöki Intézet
Szeged 6725, Moszkvai krt. 9. hodur@mk.u-szeged.hu

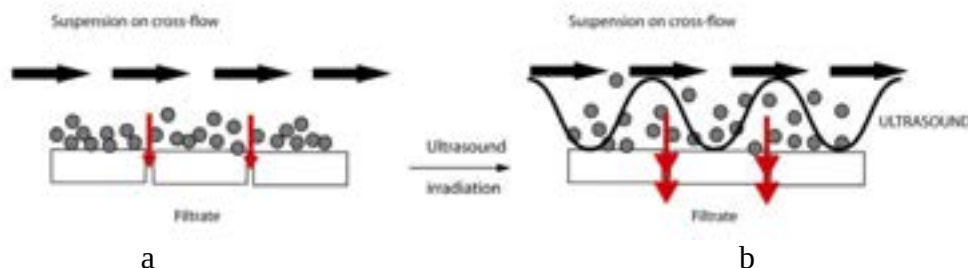
^bAbant, Izzet Baysal Universitesi, Bolu, Mérnöki Kar, Törökország

Bevezetés

Az alternatív energiaforrások kutatása napjainkban nagyon erőteljes hangsúlyt kap, így a bioetanol is. A bioetanol elsőgenerációs szénhidrát forrásból előállítva viszonylag kedvező megtérülést hoz, de ezt a lehetőséget a kutatók társadalmi nyomásra elvetették. Az érdeklődés sokkal inkább a második- és harmadik generációs alapanyagok, azaz a hulladékok és melléktermékek felé irányul. Ebben az esetben a bioetanol gyártás egyik meghatározó költségtényezője a cukrosításhoz szükséges enzimkomplex ára (Singh és mtsi. 2015). Az enzimvisszanyerés és újbóli alkalmazása reális enzim költségcsökkentő tényező lehetne. A leghatékonyabb enzim visszanyerési technikát az ultraszűrés szolgáltatja, ám ennek a technikának a legszűkebb keresztmetszete a membrán eltömődés (Cai és mtsi. 2008, Cai és mtsi. 2010). Az ultraszűrő membránok esetében az eltömődés jelensége három alapvető okra vezethető vissza: a membrán felszínén kialakult réteg szerkezetére, a membrán pórusainak eltömődésére valamint a betáplálási áramban lévő komponensek abszorpciójára, akár a membrán felszínén, akár a pórusok belsejében (Xu-Jiang és mtsi. 1995), vagyis az eltömődés a fehérje, kolloidok, makromolekulák akkumulációját jelenti a membrán felszínén és/vagy annak belsejében.

Az ultrahang erőterben végrehajtott membránszűrés kiváló lehetőséget nyújt az eltömődés jelenségének visszaszorítására (Chen és mtsi. 2006, Ábel és mtsi., 2013). Az ultrahang számos fizikai, biológiai és kémiai jelenség intenzifikálásánál már bevált és alkalmazott módszer (Sivasankar és mtsi 2007). A jelenség hátterében az ultrahang kiváltotta tranziens kavitáció áll. A kavitáció nem más, mint az ultrahang hullámok által, a közegben indukált nyomás szinuszhullám alakban történő terjedése következtében keletkező, vékonyfalú gáz/gőzbuborékok terjedése és intenzív szétpattanása. A kavitációs buborékok térben és időben koncentrált tranziens kollapszusa idézi elő azt a rendkívüli nagyságú energiatöbbletet, mely a jelenségek intenzitását jelentős mértékben képes megnövelni (Sushlik, 1990). Az ultrahang hullámok terjedése a fluidum részecskéinek oszcilláló mozgását eredményezi, ami mikro-turbulenciákat gerjeszt a közegben és ez intenzív keverést idéz elő, melynek egyik pozitív hatása, hogy az anyagtranszport folyamatokat gátló határrejtegeket, így az anyagtranszport ellenállását csökkenti. (Singh és mtsi. 2015a).

Az ultrahang erőter membránszűrés során történő alkalmazását is számos kutató vizsgálta már (Kyllönen et al. 2005, Muthukumaran et al. 2006, Maskooki et al. 2008, Mirzaie and Mohammadi, 2012). Itt elsősorban alacsony frekvenciájú (20-100 kHz) és nagy intenzitású teljesítményeket (1500W) alkalmaztak (Hakata és mtsi. 2011). Az ultrahang pozitív hatása a membránszűrés esetében is a kavitáció és a mikro-áramlásoknak tulajdonítható, ahogy azt az 1. ábra szemlélteti (Chemat és mtsi. 2011).



1. ábra: Membrán felületén kialakuló mozgások ultrahang alkalmazása nélkül (a) és ultrahang alkalmazása mellett (b). (Chemat és mtsi. 2011).

Mirzaie, A. és Mohammadi T. tej mikroszűrése esetében vizsgálták az ultrahang fluxus növelő hatását, és bizonyították, hogy a folytonos besugárzás mintegy 33%-val megnövelte a fluxust a pulzáló üzemmódhoz képest. Bár S. Muthukumaran és munkatársai áttekintő közleményükben számos cikkre hivatkoznak az ultrahang frekvenciájának és teljesítményének hatásáról, de a transzducer és a membrán közötti távolság hatását azonban eddig még nem vizsgálták.

Kutatásunk fő célkitűzése tehát, hogy modell oldatból (celluláz és β -glükózidáz) megvizsgáljuk az enzim visszanyerési lehetőséget ultrahang erőterben végzett ultraszűrés segítségével, és meghatározzuk a transzducer és a membrán távolságának a folyamatra kifejtett hatását.

Az ultrahang kezelés teljesítményének és frekvenciájának, a hőmérséklet és a viszkozitásnak az enzimek stabilitására kifejtett hatását is többen vizsgálták már (Belma et al. 2000, Singh et al. 2015) és megállapították, hogy az alacsony frekvencia és teljesítményszint mellett indukált mikro-áramlások előnyösek az enzim-szubsztrát kapcsolódások kialakításánál és a növelik a reakció sebességét.

Anyagok és módszerek

Modell oldat

Modell oldat készítésekor két, a Sigma-Aldrich-tól származó folyékony enzimkészítményt (Cellobiase from *Aspergillus niger*, C6105 és Cellulase from *Trichoderma reesei* ATCC 26921, C2730) használtunk fel. A modell oldat 1L végtérfogata 5-5 cm³ enzimkészítményt tartalmazott.

Ultrahangos szakaszos ultraszűrő

A ultraszűrést egy kevertethető szakaszos szűrőcellával hajtottuk végre. A membrán vágási értéke 10 000 Da, az alkalmazott transzmembrán nyomás: 0,4 MPa. A berendezéshez csatlakoztatható egy ultrahangos egység is, munkánk során egy UP100H laboratóriumi ultrahang gerjesztő eszközt használtunk. A gerjesztő berendezés transzducerének membrántól való távolságát 20 és 40 mm közötti értékre lehetséges beállítani. A szonikátort 30W teljesítményen, 0,5 intenzitáson használtuk. Az ultrahang erőter alkalmazása miatt fellépő hőmérséklet változásokat a permeátum fluxusnak hőmérséklet korrekciójával egyenértékűsítettük.

TOC meghatározás

A teljes szerves széntartalom (TOC) meghatározását egy Teledyn Tekmar Apollo 9000 típusú automata berendezéssel végeztük. A berendezés működési elve a minták széntartalmú komponenseinek égetése során keletkező szén-dioxid infravörös detektálásán alapul (NDIR). A gép előzetes gyári kalibrálás alapján ebből számolja a TOC tartalmat.

A méréseink során 750°C égetési hőmérsékletet és 100 μ L mintatérfogatot alkalmaztunk. A minták TOC értékei kívül estek volna a készülék mérési tartományán, így a

mintákat az analízis előtt hígítottuk 1:25 arányban. A berendezés mintákhoz foszforsavat adagol, amellyel az inorganikus széntartalom az analízis előtt eltávolítható. Fehérjetartalom meghatározás

Fehérje tartalom mérése

Fehérjetartalom meghatározásához Kjeldahl módszert alkalmaztunk. A mérés során 5cm³ mintát használtunk fel. A katalizátortabletta (K₂SO₄, Se) és 25cm³ kénsav hozzáadása után 2 órás roncsolás következett. A minták kihűlése után Kjeltac 2300 automata analizáló berendezéssel meghatároztuk a fehérjetartalmat.

Enzimaktivitás mérés

Az enzimaktivitást fermentációs tesztek során határoztuk meg. Erlenmeyer lombikokba 1-1g kristályos cellulózt szuszpendáltunk 30cm³ mintát tartalmazó, 100cm³ végtérfigatú oldatban. Az így elkészített szuszpenzió pH-ját 5-re állítottuk be. A fermentációs tesztek alatt a szuszpenziókat 50°C-os vízfürdőben ráztuk. Mintavételezés 2 óránként történt. A minták cukortartalmának meghatározása DNSA reagens felhasználásával fotometriás módon történt.

Ellenállás értékek meghatározása

A membrán eltömődésének mértékét a különböző ellenállásértékek segítségével határoztuk meg. A teljes ellenállás (R_t) a részellenállásokból tevődik össze, a membrán ellenállásból (R_M), az reverzibilis, azaz a membrán felületéről mosással eltávolítható réteg ellenállásából (R_{rev}) és az irreverzibilis (R_{irr}), az egyszerű öblítéssel el nem távolítható eltömődési ellenállásból.

$$R_t = R_M + R_{irr} + R_{rev} \quad (1)$$

$$R_M = \frac{\Delta p}{J_w \eta_w} \quad [m^{-1}] \quad (2)$$

ahol J_w a tiszta membrán fluxus értéke [$m^3 m^{-2} s^{-1}$], Δp a transzmembrán nyomás [Pa], η_w a desztillált víz viszkozitása [Pas].

A reverzibilis ellenállás a szűrést követően, az eltömődött membrán felületének átöblítése utáni vízfluxusból (J_{wA}) számítható:

$$R_{rev} = \frac{\Delta p}{J_{wA} \eta_w} - R_M \quad (3)$$

Az irreverzibilis ellenállás az egyensúlyi állapotot megközelítő fluxusérték (J_c) segítségével határoztuk meg.

$$R_{irr} = \frac{\Delta p}{J_c \eta_w} - R_F - R_M \quad (4)$$

Eltömődési arány (%)

Az eltömődési arányokat (FR%) az előzőekben meghatározott ellenállások segítségével, azoknak a membránellenálláshoz viszonyított értékeik segítségével határoztuk meg:

$$FR_t \% = \frac{R_t}{R_M} \quad (5)$$

$$FR_{irr} \% = \frac{R_{irr}}{R_M} \quad (6)$$

$$FR_{rev} \% = \frac{R_{rev}}{R_M} \quad (7)$$

Szonikációs hatás (%)

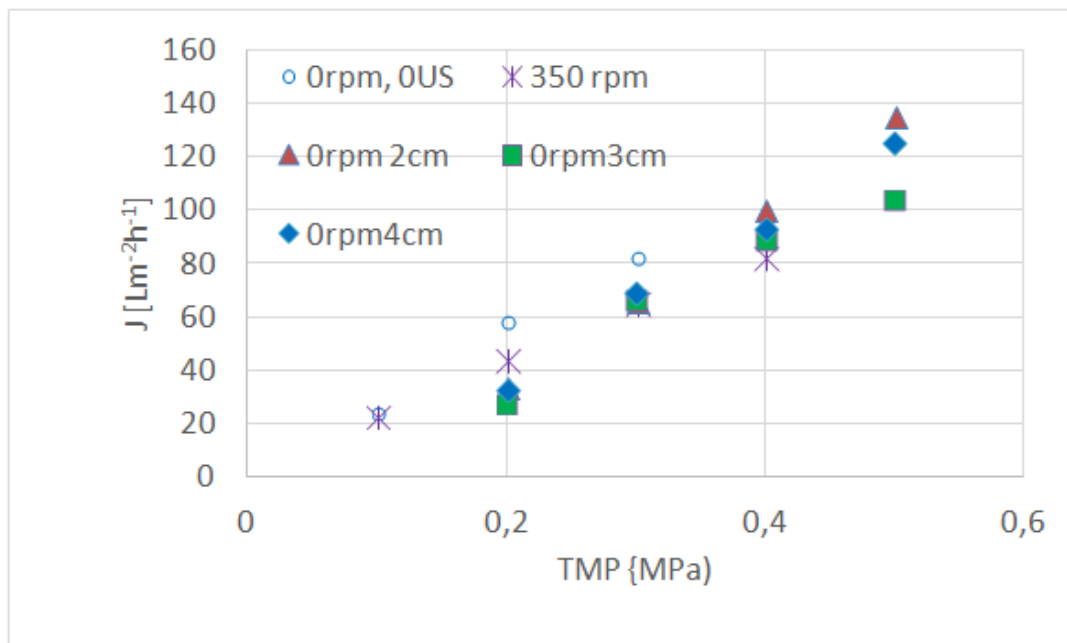
Az ultrahang erőterére kifejtett hatását (SEF%) az ultrahang erőterében (JUS) és az erőter alkalmazása nélkül (J) mért fluxusuk segítségével számoltuk ki Masud Hahemi és mtsi (2014) nyomán.

$$SEF\% = \frac{J_{US} - J}{J} 100 \quad (8)$$

Statisztikai elemzést a Microsoft Excel szoftver segítségével végeztünk, a minimum három alkalommal megismételt mérési eredmények felhasználásával.

Eredmények és értékelésük

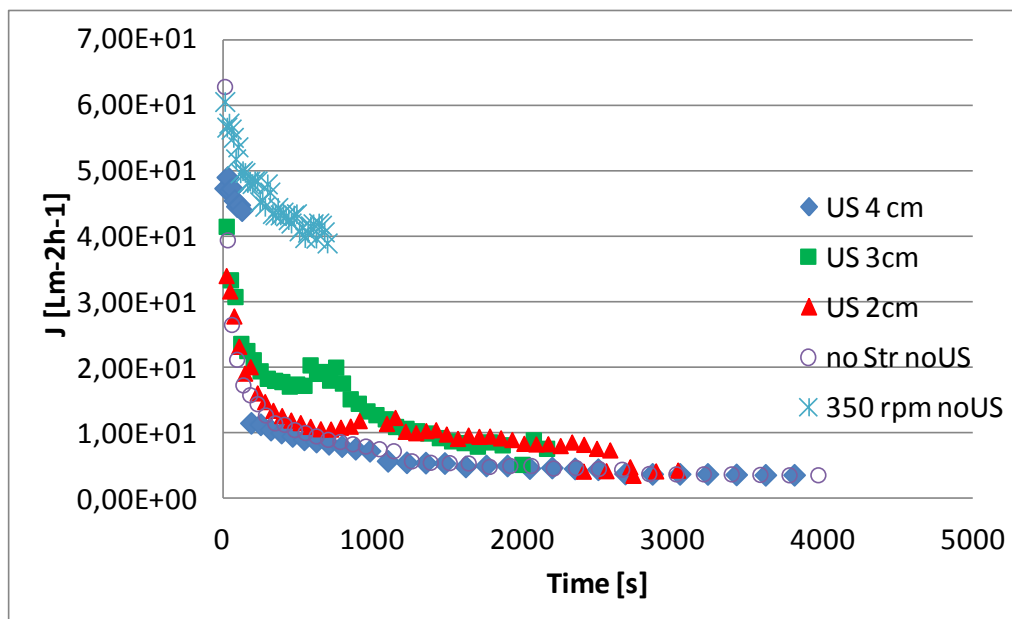
A desztillált víz fluxusának értékei nyomásfüggésének vizsgálata alapján (2. ábra) megállapítható, hogy azokban az esetekben, amikor semmilyen eltömődést okozó összetevő nincs a rendszerben az egyes beállítások nincsenek hatással a permeátum térfogatáramára.



2. ábra: Desztillált víz fluxusok a nyomás függvényében különböző áramoltatási hatások esetében

Az ultrahang gerjesztő berendezés transzducerét 2 cm, 3 cm és 4 cm távolságban elhelyezve sem tapasztaltunk szignifikáns eltéréseket az ultrahang erőterére nélküli, valamint a 350 min⁻¹, fordulatszámmal működő mágneses keverő alkalmazása mellett mért fluxus értékekhez viszonyítva.

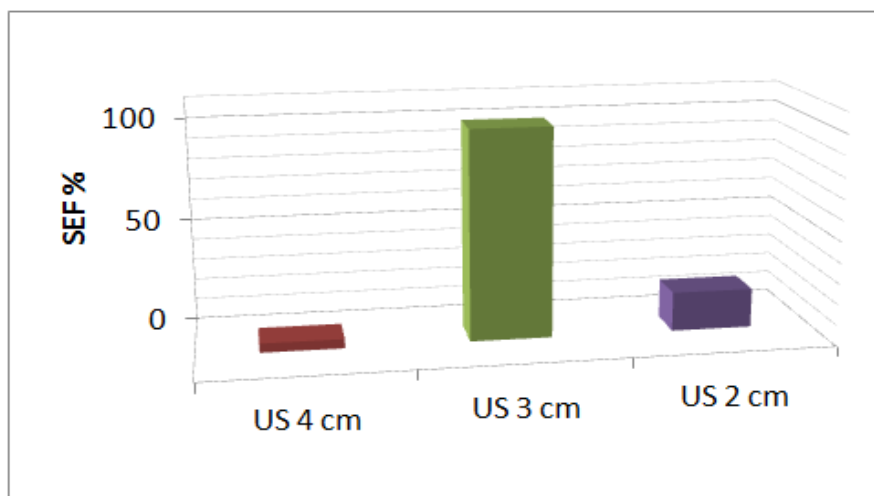
Az enzimeket tartalmazó modell oldatok szeparálásánál azonban már erőteljes eltérések rajzolódnak ki (3. ábra)



3. ábra: Modell oldatok fluxus értékei az idő függvényében

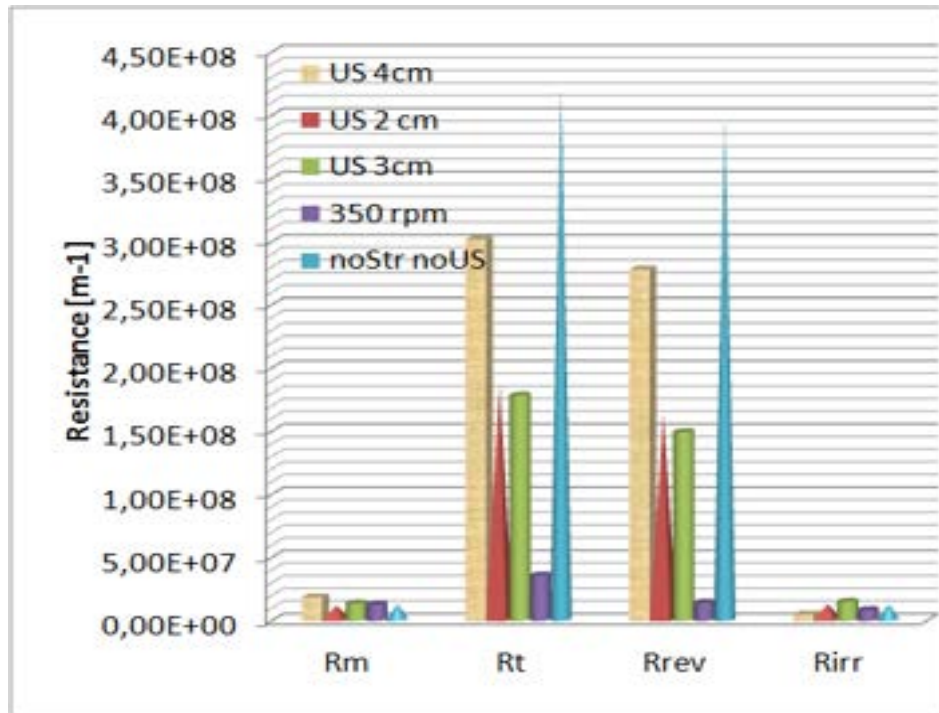
A csak-kevertetett rendszer esetében mérhető a legnagyobb fluxus érték és a „sem nem kevert sem nem ultrahangos kezelést nem kapott” beállítás a legkisebb értéket mutatta.

Az ultrahangnak a fluxus értékére kifejtett hatását kifejező jelzőszám (SEF %) segítségével a transzducer elhelyezési távolságának befolyásoló jellegét jobban láttathatjuk. (4. ábra)



4. ábra: Szonikációs hatás (SEF %)

A 4. ábráról egyértelműen kitűnik a 3 cm-es távolság kedvező hatása, amely a kavitáció által keltett mikro-áramlások kialakulásának optimális áramlási képével magyarázható. A 2 cm távolság túl közelinek tűnik, csupán kicsiny-határolt térre jellemző intenzitásnövekedés fejezhető ki, ha a hőtranszport analógiáját használjuk fel a jelenség leírására. A 4 cm esetében pedig az látszik, hogy távol esik a membrán felszínétől a kavitáció keltette intenzív áramoltatás, ezért nem tudja kifejteni erőteljesebben pozitív hatását.

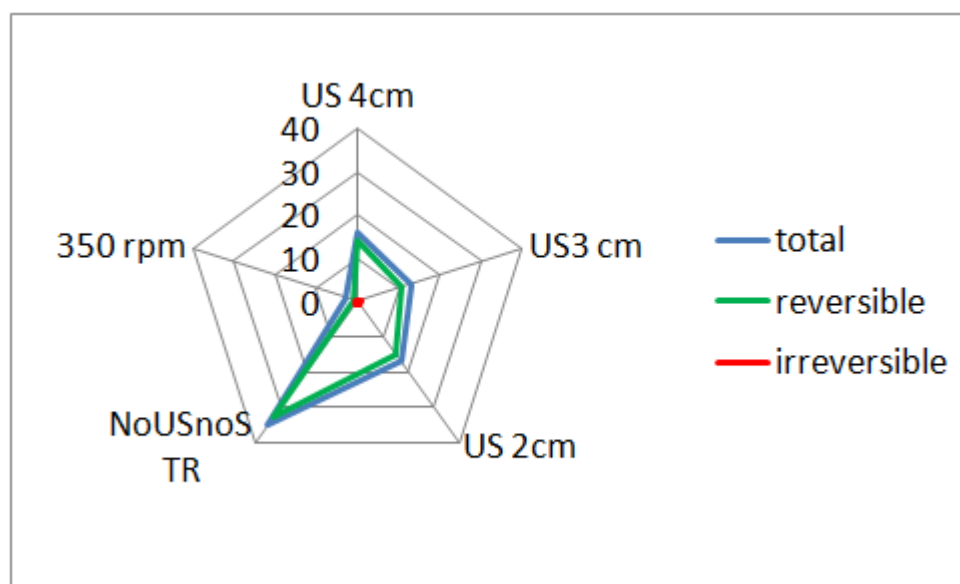


5. ábra: Ellenállás értékek

A (1) – (4) egyenletek segítségével meghatározott ellenállásértékeket bemutató 5. ábráról egyértelműen kitűnik a keverés hatásának előnyös megnyilvánulása, valamint a teljes ellenállás felépítésében szerepet játszó ellenállás típusok megoszlásának aránya is.

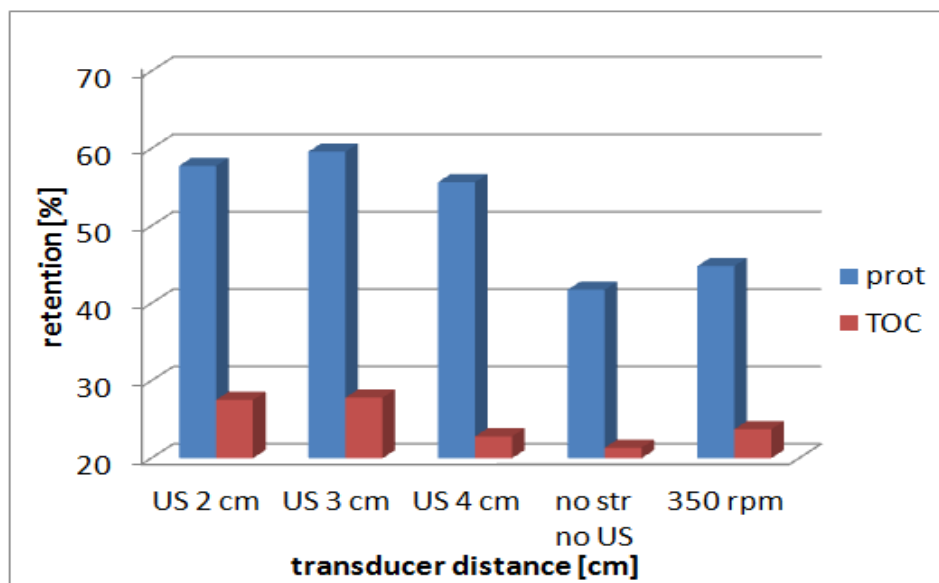
Ezt a megoszlási különbséget a 6. ábrán bemutatott, (5) – (7) egyenlettel számított, eltömődési arány (FR%) értékeinek bemutatásával tesszük kifejezőbbé.

Jól látható, hogy az irreverzibilis, azaz a könnyen el nem távolítható részecskék által okozott ellenállás érték a membrán ellenállásához viszonyítva, mindegyik esetben elhanyagolhatóan kicsi. A teljes- és a reverzibilis ellenállásoknak a membránellenálláshoz viszonyított aránya tehát közel megegyezik, a teljes ellenállás túlnyomó részét a könnyen eltávolítható reverzibilis ellenállás teszi ki.



6. ábra. Az eltömődési arány értékei

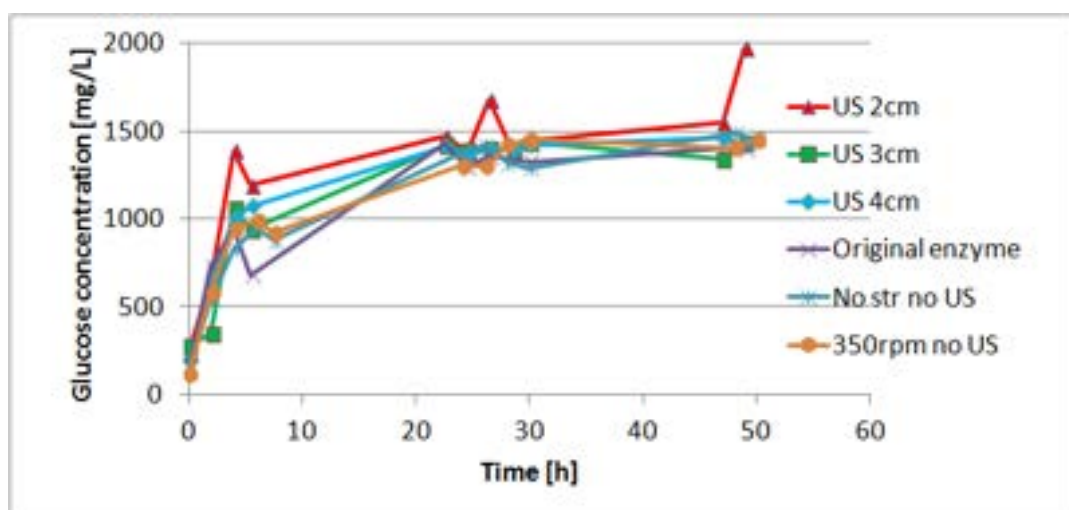
A különböző elrendezési módok a fehérjére számított visszatartás értékeit is befolyásolták. Ezt a hatást mutatjuk be a 7. ábrán.



7. ábra: Visszatartási értékek a különböző elrendezések esetén fehérjetartalomra (prot) és teljes szerves széntartalomra vonatkoztatva (TOC)

A teljes szerves széntartalomra (TOC) vonatkoztatott visszatartás értékek számottevően kisebbek, mint a fehérje tartalomra (prot) vonatkoztatott értékek, ami arra utal, hogy a kereskedelmi forgalomból beszerzett enzimmészítményben, az enzimek mellett számos szénforrást jelentő komponens, vívíanyag, oldószermaradvány, fehérje töredék, aminosav stb. is jelen van.

Az ultrahang erőter szűrésre vonatkozó előnyös hatásai csak akkor lehetnek számottevőek, ha a visszanyerni kívánt enzim nem sérül. Ennek ellenőrzésére végeztük el a szeparált enzimek enzimaktivitás mérését, melyet a keletkezett cukor mennyiségének időbeni változásával mutatunk be a 8. ábrán.



8. ábra: Enzimaktivitási mérés a keletkezett cukor mennyiségének értékeivel

A 8. ábrán jól látható, hogy az eltérő besugárzási távolságok alkalmazása mellett szeparált retentátókból nyert enzimek jelentős enzimaktivitást mutatnak. A cukorlebontási erély értékelhetőségének érdekében ábráztuk a natív, azaz sem nem ultrahang, sem nem ultraszűrésnek kitett enzim modell oldat cukorlebontási erélyét is. A 8. ábrán látható, hogy ez a minta, a natív enzimkészítmény adta a legalacsonyabb lebontási értékeket és az ultrahang erőterének kitett minták ennél jelentősebb cukorkihozatalokat mutatnak.

Az eredmény összhangban áll azokkal a kutatásokkal (Szabó és Csiszár 2013, Morrell-Falvey és mtsi. 2015), melyek kimondottan az alacsony frekvencián végzett ultrahang kezelés enzimaktivitást növelő hatásáról számolnak be.

Következtetés

Az alacsony teljesítmény és frekvencia szintű ultrahang alkalmazásával segített ultraszűrés esetében nagyobb fluxus értékeket tudunk elérni, mint erőter alkalmazása nélküli szeparációk során. A szonikáció hatása a 3 cm-es transzducer – membrán távolság esetében volt a legjelentősebb. Az irreverzibilis ellenállás értékei mindegyik elrendezésnél alatta maradtak a reverzibilis ellenállás értékeknek, és a szonikáció hatására csak a reverzibilis ellenállásértékek mutattak csökkenést. Az erőter alkalmazása mellett végzett kísérleteknél a fehérjetartalomra számított visszatartás értékei minden esetben, minden távolság alkalmazásánál meghaladták az 50 %-t, míg a kontroll és kevertetett minták alig haladták meg a 40 %-os értéket.

Az ultrahanggal besugárzott enzimek aktivitásukat nem csak megőrizték, de nagyobb cukorlebontást idéztek elő, mint a kontroll, ill. a kevertetett mintákból szeparált enzimek.

Összegezve tehát megállapítható, hogy az ultrahanggal segített ultraszűrés eredményesen alkalmazható enzimek visszanyerése céljából, sőt az enzimek nemcsak megtartják aktivitásukat, hanem még meg is emelkedik az ultrahang erőter következtében.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak az OTKA *K105021* – számú programhoz nyújtott anyagi támogatásért.

Irodalomjegyzék

Ábel, M., Szabó, G., Poser, O., László Zs., Cecilia Hodúr (2013): Enzyme recovery and fouling mitigation by ultrasound enhanced ultrafiltration, *Desalination And Water Treatment* 51:(2527) pp. 4921-4926

Bélafi-Bakó, K.: Simultaneous application of enzymes and membranes in food processing, in *Food Engineering Research Trends*, Ed. by Jerrod, M Cantor, Nova Science Publishers, New York, 2008, pp. 263-279

Bélafiné Bakó K.: Membrános műveletek, Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém, 2002

- Belma Ö., Kutlu Ö. Ülgen (2000) The stability of enzymes after sonication, *Process Biochemistry* 35 1037–1043
- Cai Z., Kim J., Benjamin M.M., (2008) NOM removal by adsorption and membrane filtration using heated aluminum oxide particles, *Environ. Sci. Technol.* 42 (2) 619–623
- Cai M., Zhao S., Liang H., (2010) Mechanisms for the enhancement of ultrafiltration and membrane cleaning by different ultrasonic frequencies, *Desalination* 263 (1) 133–138
- Chemat F, Zill-e-Huma, Muhammed Kamran Khan (2011) Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction *Ultrasonics sonochemistry* 18. 813-835
- Chen D., Weavers L.K., Walker H.W., (2006) Ultrasonic control of ceramic membrane fouling by particles: effect of ultrasonic factors, *Ultrason. Sonochem.* 13 (5) 379–387
- Hakata Y., Roddick F., Fan L., (2011) Impact of ultrasonic pre-treatment on the microfiltration of a biologically treated municipal effluent, *Desalination* 283. 75–79
- Hashemi M. Maskooki S. A., Ali Faezian (2014). Effect of various sonication modes on permeation flux in cross flow ultrafiltration membrane , *Journal of Environmental Chemical Engineering* 2. 2289–2294
- Kyllönen H., Pirkonen P., Nyström M. (2005) Membrane filtration enhanced by ultrasound: a review, *Desalination* 181 (1)) 319–335.
- Maskooki, A. Kobayashi T., Mortazavi S.A. (2008) Effect of low frequencies and mixed wave of ultrasound and EDTA on flux recovery and cleaning of microfiltration membranes, *Sep. Purif. Technol.* 59 67–73
- Mirzaie A., Mohammadi T., (2012)Effect of ultrasonic waves on flux enhancement in microfiltration of milk, *J. Food Eng.* 108 77–86
- Morrell-Falvey J LElkins., J G., Wang Zhi-Wu (2015)Determination of the cellulase activity distribution in *Clostridium thermocellum* and *Caldicellulosiruptor obsidiansis* cultures using a fluorescent substrate *J. of Env. Sci.* 212 – 218
- Muthukumaran S., Kentish S.E., Stevens G.W., Ashokkumar M., (2006) Application of ultrasound in membrane separation processes: a review, *Rev. Chem. Eng.* 22 155–194
- Pandiyar, K., Tiwari, R., Rana, S., Arora, A., Singh, S., Saxena, A.K., Nain, L.,(2014). Comparative efficiency of different pretreatment methods on enzymatic digestibility of *Parthenium* sp. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, 30, 55–64
- Rana, S., Tiwari, R., Arora, A., Singh, S., Kaushik, R., Saxena, A.K., Dutta, S.C., Nain, L., (2013) Prospecting *Parthenium* sp. pretreated with *Trametes hirsuta*, as a potential bioethanol feedstock. *Biocatal. Agricu. Biotechnol.* 2, 152–158
- Singh, S., Sarma, S., Agarwal, M., Goyal, A., Moholkar, V.S., (2015) Ultrasound enhanced ethanol production from *Parthenium hysterophorus*: A mechanistic investigation. *Bioresour. Technol.* 188, 287-294
- Singh S., Agarwal M., Sarma S., Goyal A., Moholkar V. S. (2015) Mechanistic insight into ultrasound induced enhancement of simultaneous saccharification and fermentation of *Parthenium hysterophorus* for ethanol production *Ultrasonics Sonochemistry* 26 249–256
- Sivasankar, T., Paunekar, A.W., Moholkar, V.S., (2007) Mechanistic approach to enhancement of the yield of a sonochemical reaction. *AIChE J.* 53, 1132–1143

Suslick, K.S., (1990,) Sonochemistry. Science 247, 1439–1445

Szabó O.E., Csiszár E. (2013) The effect of low frequency ultrasound on the activity and efficiency of a commercial cellulose enzyme Carbohydrate Polymers 98 1483-1489

Xu-Jiang Y., Dodds J., Leclerc D., Lenoel M., (1995) A technique for the study of the fouling of microfiltration membranes using two membranes in series, J. Membr. Sci. 105 23.

XXXII. EMS Summer School

Csehország, Stráž pod Ralskem, 2015. június 21-26

A 2015. évi XXXII. EMS Nyári Egyetem június 21-26 között a csehországi Stráž pod Ralskem városában került megrendezésre a Czech Membrane Platform szervezésében. A rendezvénynek a Membrane Innovation Centre (MIC), a MemBrain és Mega cégek adtak otthont, mely nem meglepő, mivel az itt kialakított tudományos szemléletmód és technológia tökéletes összhangban van az „Integrated and Electromembrane Processes” alcímet viselő nyári egyetem tárgykörével. A résztvevők a régió legnagyobb városában, Liberecben kerültek elszállásolásra, ahonnan minden nap szervezett buszjáratok álltak rendelkezésre a nyári egyetem színterének megközelítésére. Az érkezés napján a regisztrációt követően üdvözlő vacsorára került sor Liberecben, a Hotel Pytloun-ban.

Az első nap során a rendezvény megnyitója zajlott, majd ezt követte Bart Van der Bruggen (KU Leuven) és Aleš Černín (MemBrain) előadása az általános és integrált membrános műveletekről, azok alapjairól, jelenlegi helyzetéről.



Membrane Innovation Centre

A továbbiakban ismertetőt kaptunk a membránok anyagairól Mathias Ulbricht (University Duisburg Essen), valamint a kifejezetten szeparációs célú membránokról Wojciech Kujawski (EMS, Nicolaus Copernicus University Torun) előadásában. A délután tartott poszter szekció során a hallgatók lehetőséget kaptak a saját kutatómunkájuk bemutatására, a 3 tagú zsűri 33 posztert tekintett meg és bírált el. A két perces előadások után a zsűri a legjobbnak ítélt munkákat díjazta. A nap zárásaként Liberecben, a Ještěd hegy tetején lévő étteremben tölthettünk egy kellemes, zenés vacsorát.

A következő napokban a résztvevőknek lehetőségük adódott megismerkedni a különféle elektromembrán folyamatokkal – nagy hangsúlyt fektetve az elektrodialízisre és az elektrodeionizációra –, ezek matematikai modellezésére, a membránok szerepére a energiatermelésben, szennyvízkezelésben, illetve oldószerek visszanyerése tekintetében. Olyan érdekes témák kerültek továbbá tárgyalásra, úgymint a membrán kristályosítás, membrán desztilláció és a különféle gázszeperációs műveletek.



Bart Van der Bruggen előadása

Az utolsó estén a lindavai Ajeto üvegekészítő műhelybe látogattunk, ahol egy kellemes vacsora eltöltése és műhelylátogatás mellett a vállalkozó szelleműek kipróbálhatták az üvegfúvás mesterségét. Részt vehettünk a teljes innovációs központ telephelyének és laboratóriumainak megtekintésén, ezen kívül választható laborgyakorlatokon is, osztott csoportokban. Az általam is látogatott laborlátogatás során az ún. elektrodialízis-metathesis művelettel ismerkedhettünk meg, mely során nem csak szeparáció, de kémiai reakció is

végbemegy. Az utolsó napon szintén választható jelleggel lehetőség volt a chrastavai Benteler cég, illetve Mladá Boleslavban a Škoda Auto gyár- és múzeumlátogatására.

Összességében egy kellemes hetet tudhatunk magunk mögött, mely során számos szakmai és baráti kapcsolat született. A nyári egyetem alatt megismert új membrános ismeretanyag egyértelműen szolgálja szakmai fejlődésemet további munkám terén. A nyári egyetemen való részvétel a Magyar Kémikusok Egyesülete és az European Membrane Society támogatása révén valósult meg.

Koók László
Pannon Egyetem

Konferencia beszámoló
EUROMED 2015 Konferencia sorozat
'Desalination for Clean Water and Energy' Cooperation among
Mediterranean Countries of Europe and the MENA Region
Foro Italico, 2015. május 10-14.

Az EDS (European Desalination Society) szervezet 2015-ös konferenciájának idei helyszínéül a Földközi-tenger legnagyobb szigete, Szicília adott otthont. Európa hetedik legnagyobb szigetének és Olaszország közigazgatásilag legkiterjedtebb régiójának területe kb. 25 700 négyzetkilométer, lakosainak száma kb. 5 millió fő. A szigeten található Európa leghatalmasabb tűzhányója, az Etna (3370 m), mely még napjainkban is igen aktív vulkán és gyakori kitörések jellemzik. A Szicília régió és Palermo megye legnagyobb városában, Palermóban rendezték a 'Desalination for Clean Water and Energy' konferenciát május 10-14-ig. Az építészeti emlékekben rendkívül gazdag Palermót (a világ egyik leggazdagabb városa e téren és az európai normann építészet fő központja), Conca d'Oro-nak, azaz arany kagylónak is nevezik. A város elhelyezkedését tekintve a Monreale mögötti hegyek és Monte Pellegrino között fekszik. Mintegy 200 évvel ezelőtt Palermo központja Európa egyik legpompásabb belvárosa volt, míg napjainkban a pusztulás és pezsgő élet számos változatát mutatja. Míg az óvárosban sok romos épületet találunk, amely részben még a 2. világháború bombatámadásainak maradványai, a város más részein reggeltől estig zsúfoltak az utcák, a helyiek itt élik rohanó életüket. A nemzetközi konferencia helyszínéül a négycsillagos NH Hotel adott otthont. Több konferenciaterme négy párhuzamos szekció megrendezésére adott lehetőséget, amire szükség is volt a nagyszámú, regisztrált, kb. 300 résztvevő miatt. Ebből 7 fő plenáris előadást, 157 jelentkező 15 perces előadást és 97 fő poszter előadást tartott. (Érdekesség, hogy az összes bemutatott munkák tekintetében a következő sorrend alakult ki: 1. Olaszország: 38 bemutató; 2. Spanyolország: 37 db; 3. Algéria: 21 db; 4. Szaúd-Arábia: 17 db és 5. Egyiptom: 15 db. Ez jól mutatja a membrános eljárásokat intenzíven használó országok 'listáját'. A teljesség igénye nélkül a résztvevő további országok, akik a konferencián képviseltették magukat: Portugália, Görögország, Ciprus, Algéria, Egyesült Arab Emírségek, Lengyelország, Kuvait, Csehország, Belgium, Anglia, Kína, Katar, Malajzia, Tunézia és persze Magyarország.



A konferencia témakörei igen széles területeket fedtek le: Fenntarthatóság; Eltávolítás és visszanyerés; Költség, megtérülés és gazdaságosság; Eltömődés; Biológiai eltömődés; Esettanulmányok; Membrán desztilláció; Membrán bioreaktorok; Fordított ozmózis/

Nanoszűrés; Víz, olaj és gáz; Membrános alkalmazások; Hibrid eljárások; Szennyvíztisztítás és Koncentrátum hasznosítás.

A konferencia nyitóbeszédeit a Palermói Egyetem Palazzo Steri Rektorátusában tartották, ahol a híres Renato Guttuso 1974-es „Vucciria” festménye is található:



Giorgio Micale a konferencia elnöke, Ursula Annunziata az EDS elnöke, Miriam Balaban az EDS titkára és Roberto Lagalla a Palermói Egyetem Rektora is üdvözölte és köszöntötte a konferencián megjelenteket. A plenáris előadások között a MENA régió (Közép-Kelet és Észak-Afrika), Tunézia és Algéria jelenleg futó sótalánítási projektjeiről hallhattunk, valamint a 'Red-Dead Sea' projektről. Utóbbi az Izrael, Jordánia és Palesztin Hatóság csővezeték projektje, melynek célja, hogy a Vörös tengerből hatalmas csővezetékek segítségével vizet szállítson a Holttengerbe villamos energia termelése mellett (ezt a jelentős, kb. 400 m-es szintkülönbség teszi lehetővé). (További információ magyar nyelven ezzel kapcsolatban itt található: <http://kozelkeletjelene.weebly.com/21/post/2013/12/tet-al-hoztk-a-red-dead-csvezetk-projektet.html>).

Ezt követően, a konferencia helyszínéül szolgáló NH Hotelban, hétfő délutántól szerda estig szekcióüléseket tartottak A, B, C és D termekben párhuzamosan. A szekcióülések elnökei neves professzorok és kutatócsoport vezetők voltak, mint például: TorOve Leikness (Szaud-Arábiából), Lute Broens (Németországból), Maria D. Kennedy (Hollandiából), D. Hasson (Izraelből), Andrea Cipollina (Olaszországból) vagy G. Zaragoza (Olaszországból). A szervező bizottság tagjai között olyan neves és híres membrános témakörökben jártas szakértőkkel, számos folyóiratban, bírálati bizottságában aktívan tevékenykedő professzorokkal találkozhattunk, mint például a Konferencia Főszervezője: Giorgio Micale és Miriam Balaban, vagy Ursula Annunziata, Borja Blanco, Sophie Bertrand, Quim Comas, vagy Marta Farriols Hernando. A poszterek igen nagy száma miatt (97 db) a poszter szekciót a konferencia teljes időtartama alatt meg lehetett tekinteni és a szerzőkkel értékes tapasztalatot cserélni, kapcsolatokat kiépíteni. A párhuzamosan megrendezett szekcióülések alatt 15 perces előadásokat hallhattunk, a membrános eljárásokban ismert előadóktól, PhD hallgatóktól és professzoroktól, ami bizony sokszor nagyon rövidnek bizonyult, így a tudományos diszkusszió gyakran a kávészünetekben is folytatódott. Az előadások döntő része a tengervíz sótalánításával, eltömődés csökkentésével, membrán desztillációval, modellezéssel és nanoszűréssel és fordított ozmózissal foglalkozott. Csak elvétve

hallgathattunk például a korábbi években igen népszerű membrán bioreaktorokkal kapcsolatos kutatási eredményeket.

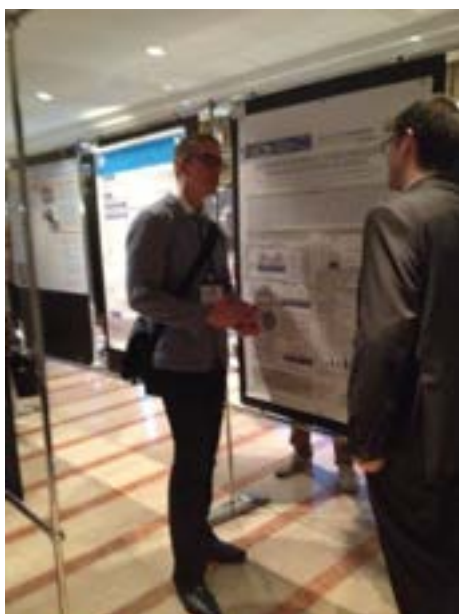
További ismert kutatócsoport vezetői és kutatási témájuk a teljesség igénye nélkül:

- A.S. Hassan (Katar): Vákuum membrán desztillációs rendszerek jellemzése;
- R. Devesa (Spanyolország): Esettanulmány: Fordított ozmózissal kezelt magas kén tartalmú vizek íz javítása;
- A. Galia (Olaszország): Fordított elektrodialízis alkalmazása a szennyező anyagok visszatartására; További információ a fordított elektrodialízisre magyar nyelven itt található: <http://www.energiafocus.hu/szines/energia-keletkezik-ahol-az-edes-es-a-sosviz-talalkozik/>)
- Petr Mikulasek (Csehország): Titán-dioxid szuszpenziók mikroszűrése kerámia membránokkal;
- M. Hesampour (Finnország): Esettanulmány: Egy finnországi szennyvíztisztító működésének bemutatása és a szerzett tapasztalatok megosztása;
- H. Ben Bacha (Tunézia): Desztillációs modulok sótalanítási modellezése.

Magyarország egy poszter és egy prezentációs előadással képviseltette magát: ultrahanggal besugárzott hibrid membránszűréssel és olajos szennyvizek tisztítása kutatási témákkal:

1. Ultrasound membrane hybrid processes for dairy wastewater treatment (Szabolcs Kertész, Ildikó Kovács, Cecilia Hodúr, Gábor Keszthelyi-Szabó, Zsuzsanna László) és

2. Treatment of model oily produced water by combined preozonation-microfiltration process (Zsolt László Kiss, Ildikó Kovács, Gábor Veréb, Cecilia Hodúr, Zsuzsanna László)



Összességében elmondható, hogy a konferencia kiváló lehetőséget nyújtott a fiatal kutatóknak, hogy a hasonló tudományterülettel foglalkozó neves kutatócsoportokkal megismerkedjenek, kapcsolatokat építsenek ki. Sokszor éppen az okozott gondot, hogy a 4 párhuzamos szekciókban több előadás is érdekesnek bizonyult, így nehéz volt választani, hogy melyiket hallgassuk meg. A konferencia során igen sokat tanulhattunk, és mindemellett érdekes dolgokat is hallhattunk.

Továbbá az utolsó napon lehetőségünk nyílt üzemlátogatásokra és kulturális programként egy nyitott színház meglátogatására is, melyek felejthetetlen élményt nyújtottak:

1. Segesta szentélyei és nyitott színháza.



2. Trapani MED-TVC (Multi-Effect Distillation Thermo Vapor Compression) sótalanító üzemének meglátogatása. Carmelo Mineo Üzemigazgatótól, akinek mintegy 20 éves üzemeltetési tapasztalatai vannak, megtudtuk, hogy az üzem névleges kapacitása 9 ezer m³/nap, de a maximális kapacitás akár 36 ezer m³/nap.



3. REAPower fordított elektrodialízis prototípus megtekintése.



Míg a hagyományos dialízis során elektromos áram segítségével alakítanak át sós vizet édesvízzé, addig a fordított elektrodialízis során két különböző eljárást kombinálnak, és így termelnek energiát, amelynek mértéke a víz sótartalmától függ. Minél nagyobb a különbség a két víz sótartalmában, annál több energia termelődhet. Így a fordított elektrodialízisen alapuló eljárásoknál egyfajta sóakkumulátor jön létre: a sós és az édes vizet membránok által elválasztott váltakozó kamrába helyezik, és elektrokémiai töltést hoznak létre. (További információkat találhat az eljárásról a következő linken: www.reapower.eu.)

Előreláthatólag a konferencia előadásai az impakt faktoros *Desalination and Water Treatment* folyóiratban (<http://www.deswater.com/home.php>) kerülnek bírálat után publikálásra.

A konferenciával kapcsolatos további információk elérhetők:
<http://www.desline.com/congress/Palermo2015/home.shtml>

A következő EUROMED (2016) konferencia valószínűleg Rómában lesz megtartva (<http://www.desline.com/Rome2016.pdf>).

Köszönetnyilvánítás:

A konferencia részvétel OTKA projektek (OTKA K112096 & K 105021) keretein belül, valamint Bolyai János posztdoktori ösztöndíj támogatásával valósulhatott meg.

Dr. Kertész Szabolcs és
Kiss Zsolt
Szegedi Tudományegyetem
Mérnöki Kar

KÖZELGŐ KONFERENCIÁK, KURZUSOK

Euromembrane 2015

2015. szeptember 6-10., Aachen, Németország
Matthias.Wessling@avt.rwth-aachen.de

6th World Congress on Biotechnology

2015. október 5-7., Új Delhi, India
<http://www.biotechnologycongress.com/india/>

5th International Conference on Organic Solvent Nanofiltration, OSN2015

2015. november 17-19., Antwerpen, Belgium
<https://osn2015.vito.be/>

International Conference On Nanotechnology Based Innovative Applications For The Environment, NINE

2016. március 20-23., Róma, Olaszország
<http://www.aidic.it/nine/>

12th World Filtration Congress, WFC 12

2016. április 11-15., Taipei, Taiwan
www.wfc12.tw

Membrane Science and Technology Conference of Visegrad Countries, PERMEA 2016

2016. május 18-21., Prága, Csehország
<http://www.melpro.cz>

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: Békássyné Dr. Molnár Erika, Dr. Mizsey Péter, Dr. Hodúr Cecília, Dr. Vatai Gyula; valamint Dr. Gubicza László (lektor)

Megjelenik: negyedévente, 300 példányban

Előfizetési díja: évi 1 500 Ft

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