



SZENT ISTVÁN  
EGYETEM  
GODDILLO

SZIE Szarvasi Campusának kutatási és képzési profiljának specializálása intelligens szakosodással: mezőgazdasági vízgazdálkodás, hidrokultúrás növénytermesztés, alternatív szántóföldi növénytermesztés, ehhez kapcsolódó precíziós gépkezelés fejlesztése

EFOP-3.6.1-16-2016-00016

## XXI. SZÁZADI VÍZGAZDÁLKODÁS A TUDOMÁNYOK METSZÉSPONTJÁBAN

### II. Víz tudományi Nemzetközi Konferencia

Konferencia kötet

Szarvas, 2019. március 22.



**Kiadó:**

Szent István Egyetem Agrár- és Gazdaságtudományi Kar  
5540 Szarvas, Szabadság út 1-3.

honlap: [www.gk.szie.hu](http://www.gk.szie.hu)

**Felelős kiadó:**

Dr. Futó Zoltán

egyetemi docens, Szent István Egyetem Agrár- és Gazdaságtudományi  
Karának megbízott dékánja

Rácz Istvánné dr.

főiskolai tanár, szakmai vezető EFOP 3.6.1-16-2016-00016 projekt

**Szerkesztette:**

Dr. Jakab Gusztáv – Csengeri Erzsébet

**A kiadvány megjelenését támogatta:**

Az **EFOP 3.6.1-16-2016-00016** számú, SZIE Szarvasi Campusának kutatási és képzési profiljának specializálása intelligens szakosodással: mezőgazdasági vízgazdálkodás, hidrokultúrás növénytermesztés, alternatív szántóföldi növénytermesztés, ehhez kapcsolódó precíziós gépkezelés fejlesztése című ESZA által finanszírozott EU projekt.

**Nyomda:**

Digitális Kalamáris Kiadó és Gyorsnyomda  
5540 Szarvas, Fűzfa u. 27.

**ISBN 978-963-269-808-3**

Szarvas, 2019

## **A konferencia tudományos és lektori bizottsága:**

Rácz Istvánné dr. főiskolai tanár, EFOP szakmai vezető, SZIE AGK Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet

Prof. Dr. Helyes Lajos egyetemi tanár, intézetigazgató, SZIE MKK Kertészeti Intézet

Dr. Skutai Julianna egyetemi docens, SZIE MKK Természetvédelmi és Tájgazdálkodási Intézet

Dr. Jakab Gusztáv egyetemi docens, mb intézetigazgató, SZIE AGK Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet

Dr. Jakabné Dr. Sándor Zsuzsanna tudományos főmunkatárs, NAIK Halászati Kutató Intézet

Dr. Gombos Béla főiskolai docens, SZIE AGK Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet

Dr. Virág Sándor főiskolai tanár, SZIE AGK Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet

Dr. Mészáros Miklós főiskolai docens, SZIE AGK Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet

Dr. Tirczka Imre egyetemi docens - SZIE MKK Természetvédelmi és Tájgazdálkodási Intézet

Dr. Centeri Csaba egyetemi docens, intézetigazgató, SZIE MKK Természetvédelmi és Tájgazdálkodási Intézet

Dr. Bodnár Károly főiskolai tanár, SZIE AGK Agrártudományi és Vidékfejlesztési Intézet

Dr. Egri Zoltán főiskolai docens SZIE AGK Agrártudományi és Vidékfejlesztési Intézet

Dr. Grónás Viktor egyetemi docens, SZIE MKK Természetvédelmi és Tájgazdálkodási Intézet

## Tartalomjegyzék

Bányai Gréta - Gulyás Nikolett - Lemmer Balázs - Jákói Zoltán - Hodúr Cecília: Ultrahangos előkezelés hatása az enzimkinetikára .....	10
Bártfai Z. - Bognár I.-Faust D.-Lágymányosi A. - Tóth L. - Blahunka Z.: Robotok a precíziós mezőgazdaságban .....	16
Bártfai Zoltán - Kátai László - Szabó István - Gárdonyi Péter - Mezőgazdasági ékszíjhajtások precíziós gépzemeltetés szempontjából lényeges üzemi paraméterei.....	29
Jákói Zoltán - Berta Adrienn - Papp Viktória - Hodúr Cecília - Beszédes Sándor: Mikrohullámú előkezelés alkalmazási lehetőségei a szennyvíz és iszapkezelési eljárásokban .....	34
Bognár István - Bártfai Zoltán - Szabó István - Blahunka Zoltán Szakaszevelés teljesítményoptimalizálása .....	40
Czellér Krisztina - Tuba Géza - Kovács Györgyi - Sinka Lúcia - Zsembeli József- Perce Attila: A <i>Miscanthus giganteus</i> vízfelhasználási hatékonyságának vizsgálata liziméteres kísérletben .....	48
Csengeri Erzsébet - Takács Sándor - Csányi Dániel - Barna Sándor - Jakab Gusztáv: Integrált vízgyűjtő modellezés: MIKE SHE .....	56
Fazekas Ákos Ferenc - Veréb Gábor - Kertész Szabolcs - Beszédes Sándor - Hodúr Cecília - László Zsuzsanna: Valós termálvíz nagyhatékonyságú oxidációs eljárásokkal való kezelésének költségbecslése.....	61
Futó Zoltán - Kruppa József - Orosz Szilvia - Bence Gábor - Ifj. Kruppa József: Gabonaszilázs előállítás lehetőségei kis vízigényű tritikálé fajták alkalmazásával a klímaváltozás tükrében .....	68
Gombos Béla - Hudák Roland: Csabacsüd község belterületén folytatott nagy területi sűrűségű csapadékmérések tapasztalatai .....	76
Grónás Viktor - Molnár Dániel - Skutai Julianna - Mohari Barbara: Térinformatikai és tájmetriai eljárásokon alapuló módszertan kidolgozása az agrárterületekhez kötődő madárfajok elterjedésének értékelésére .....	83

Jákói Zoltán - Hodúr Cecília - László Zsuzsanna - Szalay Dóra - Beszédes Sándor: Mikrohullámmal intenzifikált Fenton-eljárás alkalmazása szennyvízkezelésre .....	84
Kajári Balázs - Bozán Csaba: A belvízelöntések tartósságának elemzési lehetőségei néhány integrált hidrológiai modell összehasonlítása alapján .....	91
Kardos Máté Krisztián: Víz keretirányelv szerinti fiziko-kémiai minősítés alacsony mintaszám esetén .....	98
Kerezi György - Kajári Balázs - Túri Norbert - Körösparti János - Bozán Csaba: Vízvisszatartás tervezése belvizes területen UAV légitelvételekből készített digitális magassági modell alapján .....	111
Kertész Szabolcs - Garai Dzszenifer - Apáti-Nagy Petra - Seres Zita - Veréb Gábor - Beszédes Sándor - László Zsuzsanna - Szalay Dóra - Hodúr Cecília: Biológiai- és kétlépcsős előkezelések vizsgálata membránseparációnál .....	117
Kun Ágnes - Oncsik B. Mária - Szőke Anita - Bozán Csaba: Magas nátrium tartalmú öntözővíz hatása réti talajon kialakuló Al-oldható nátrium akkumuláció intenzitására .....	123
Lemmer Balázs - Jákói Zoltán - Stefán Márk - Deák József - Hodúr Cecília: Cellulózfermentumok szeperációja membrántechnikával .....	128
Mészáros Miklós - Virág Sándor: A precíziós öntözés helyzete az európai mezőgazdaságban .....	134
Molnár András - Módos Rita - Vári Enikő - Kiss Andrea: Az öntözés jövedelmezőségének vizsgálata a főbb szántóföldi növényeknél .....	140
Molnár Petronella - Nagy László - Hegedűs Szilárd: Magyar és szlovák közfeladatot ellátó vállalatok számviteli elemzése.....	147
Nagypál Virág - Mikó Edit - Hodúr Cecília: Vizlábnym: egy új szemlélet.....	157
Ördög Dorottya - Jákói Zoltán - Lemmer Balázs - Hodúr Cecília: Cukoroldatok fermentálása.....	165
Rákóczi Attila - Urbán Klaudia: A Vidékfejlesztési Program öntözésfejlesztési pályázatai és azok Békés megyei jellemzése .....	171
Ribács Attila: Alga felhasználása a halak takarmányozásában .....	179

Zakar Mihály - Farkas Dániel Imre - Szabó Anna - Hanczné-Lakatos Erika - Keszthelyi-Szabó Gábor - László Zsuzsanna: A Fenton-reakció és az ózonos előkezelés hatásának vizsgálata modell tejipari szennyvíz membránszűrése során .....	186
Szalókiné Zima Ildikó: Víz- és tápanyagellátás hatása a kukorica aminosav tartalmára ...	193
Szerencsés Szabolcs Gyula - Veréb Gábor - Beszedes Sándor- Lászlói Zsuzsanna-Hodúr Cecilia - Csanádi József - Kertész Szabolcs: Vibrációs membránszűrés működtetési paramétereinek vizsgálata a szennyvíztisztításban .....	201
Szöke Anita - Bozán Csaba - Jancsó Mihály - Kolozsvári Ildikó - Bíróné Oncsik Mária - Kun Ágnes: Fenológiai megfigyelések mezőgazdasági eredetű szennyvízzel öntözött alternatív növényeken .....	207
Szpisják-Gulyás Nikolett - Lemmer Balázs - Czupy Imre - Hodúr Cecilia: Ultraszűrés modellezése.....	213
Tuba Géza - Kiss Judit - Garcia A. Rivera - Czeller Krisztina - Kovács Györgyi - Zsembeli József: A fák és a köztesnövény vízfelhasználási konkurenciájának vizsgálata egy agrárerdészeti rendszer első évében .....	219
Túri Norbert - Körösparti János - Kerezi György - Kajári Balázs - Bozán Csaba: Belvízkárokkal érintett területek kiterjedésének felmérése és terméskiesés becslése drónnal készült légifelvétel felhasználásával .....	225
Virág Sándor - Mészáros Miklós - Csengeri Erzsébet: A Szarvas - Békésszentandrás Holt-Körös öntözési célú hasznosítása.....	231
Minoarimana Ny Ania - István Waltner: Drought and its effects in Madagascar Rakotoarivony.....	238
Szandra Baklanov - Ágota Horel - Zsófia Bakacsi Eszter Tóth - Györgyi Gelybó - Márton Dencső - Imre Potyó: Investigation of changes in nitrogen cycling processes under different land use types in a small catchment .....	249
Betim Bresilla - Adam Csorba - Marta Fuchs - Tamas Szegi: Charecteization of hydromorphological features of some kosovo Soils .....	250
Zita Birkás - Dzsénifer Német - Gábor Balázs - Katalin Fekete - Zoltán Kókai: Sensory quality and chemical composition of different types of sweet pepper (Capsicum annuum L.) hybrids.....	251

Bojana Dabić - Jasna Grabić - Emina Mladenović: Greywater in the service of horticultural crops.....	258
Egri Zoltán - Tímea Györi: Roles of country effect and country group effect in regional health inequality process of Europe and CEE.....	264
Katalin Fekete - Zoltán Pap - Zita Csapó-Birkás - Nour Alhadidi: The effect of mycorrhizal inoculation on inner content and yield in case of tomato, cucumber and potato in soilless systems and on field: A review .....	273
Jasna Grabić - Bojana Ivošević - Simonida Djurić - Marko Panić - Slobodan Birgermajer - Vasa Radonić: Remote sensing method for assessment of phytoplankton in aquatic environment.....	281
János Grósz - István Waltner - András Sebők - Zoltán Vekerdy: Results of a long-term data analysis for algae migration monitoring.....	287
Hella Fodor - Ádám Csorba - Bendegúz Sas - Tamás Szegi - Erika Michéli: Investigation of soils affected by inland excess water .....	288
Jafar Al-Omari - Gábor Soma Szerdahelyi - Júlia Radó - Sándor Szoboszlai - István Szabó: Identification of plastic-associated bacterial strains originated from fresh and seawater .....	289
Gusztáv Jakab: Water management in the Medieval Hungary: legacy and opportunity.....	290
Jovito L. Opeřa: Growth and Drought Resistance of Swietenia macrophylla (King) as Affected by Arbuscular Mycorrhizal Fungi.....	291
Lamlile Khumalo - Márk Horváth - György Heltai: Sampling procedure for monitoring processes for the mobility of radioactive elements and potentially toxic elements during the recultivation of the uranium mining deposit No.1 in Mecsek.....	292
Lyndre Nel: Mapping River Conservation Priority Areas along the bergriver, South Africa.....	293
Mohammed Ahmed Mohammed Zein - Abdelmagid Ali Elmobarak: Mapping and Assessment of Sand Dunes by Remote Sensing and GIS in Sufia Project Area, White Nile State, Sudan .....	294
Dániel Molnár - Julianna Skutai - Viktor Grónás: The monitoring approach of Common Agricultural Policy and the Water Framework Directive.....	295

Maryam Mozafarian Meimandi - Noémi Kappel: Role of grafted vegetables under water stress conditions .....	302
Németh Dzszenifer – Balázs Gábor – Kappel Noémi: Vitamin C and soluble solid content of different Melon varieties .....	306
Osama "Moh'd Najeeb" Gazal: Hydro-geological investigation of groundwater aquifers in arid region, Case study of Azraq basin .....	310
Tibor Terbe - I. Rácz – Boglárka Ágoston – Barbara Schmidt-Szantner: Development pathways of water management in Hungarian hydroponic tomato production .....	322
Norbert Révész – Flórián Tóth – László Berzi-Nagy – Ferenc Demény – András Rónyai – Dénes Gál – Éva Kerepeczki: Effects of sustainable fish feed on water quality in semi-intensive ponds .....	329
Sadiq Al Maliki: Data Integration for Modelling of Environmental Impact of Using Brackish Water for Wetlands Restoration. Case Study: Al Hammar Marshland, Southern Iraq.....	336
Saeidi Sahar - Walter István - Centeri Csaba: Application of hydrodynamic and Quality Modeling of water resources .....	338
Barbara Schmidné Szantner – Péter Milotay – I. Rácz – Tibor Terbe: Impacts of irrigation and potassium supply on the yield and dry matter content of industrial tomato examined in two different years .....	343
András Sebők – Imre Czinkota – Boglárka Anna Dálnoki – István Waltner – János Grósz: Long-term reduction effects to the extractable soil chemicals .....	349
Taha Ibrahim: Analysis of Irrigation Efficiency Based on Remote Sensing. Test area: New Halfa scheme, Sudan .....	356
Terbe Tibor – I. Rácz – Barbara Schmidt-Szantner: Analysing plant monitoring data in hydroponic tomato cultivation .....	357
Tóth József A.: Bulk Density assessment in relation with Soil Moisture Characteristic ...	365

Tsedekech G. Weldmichael – Lubangakene Denish – Tamás Szegi – Erika Michéli – Barbara Simon: Soil moisture content is governed by a combination of soil texture and soil organic matter in selected soils of Hungary .....	366
--	-----

## VIBRÁCIÓS MEMBRÁNSZŰRÉS MŰKÖDTETÉSI PARAMÉTEREINEK VIZSGÁLATA A SZENNYVÍZTISZTÍTÁSBAN

SZERENCSÉS Szabolcs Gyula<sup>1</sup> - VERÉB Gábor<sup>1</sup> - BESZÉDES Sándor<sup>1</sup> - LÁSZLÓ  
Zsuzsanna<sup>1</sup> - HODÚR Cecilia<sup>2</sup> - CSANÁDI József<sup>3</sup> - KERTÉSZ Szabolcs<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Szegedi Tudományegyetem, Mérnöki Kar, Folyamatmérnöki Intézet, 6725 Szeged,  
Moszkvai krt.9., \*kerteszm@mk.u-szeged.hu

<sup>2</sup> Szegedi Tudományegyetem, Környezettudományi és Műszaki Intézet, 6720 Szeged, Tisza Lajos krt. 103.

<sup>3</sup> Szegedi Tudományegyetem, Mérnöki Kar, Élelmiszermérnöki Intézet, 6725 Szeged,  
Moszkvai krt. 5-7.,

### Bevezetés

Vizeinkre nagy kockázattal vannak a különböző ipari szennyvizek, kiemelt tekintettel az élelmiszeriparban keletkezőkre. Ide tartozik a tejipar is, aminek gyártástechnológiája a magas higiéniai körülményeknek megfelelően nagy mennyiségű vízhasználatot igényel. Megfelelő módon kell ezeket kezelni, hogy a környezetbe való kibocsátáskor már megfeleljenek a környezetvédelmi előírásoknak is. Számos hagyományosnak mondható technológia létezik, azonban ezekhez képest a membránszeparáció egy több téren is előnyös megoldás lehet, hiszen, akár egylépcsőben képes eltávolítani a nem kívánt alkotókat, valamint könnyen összeállítható más eljárásokkal, és igazán kevés vegyi anyag felhasználással jár, miközben enyhe működési paraméterekkel üzemeltethető. A számos előnye mellett azonban a membráneltömődés a fő korlátozó tényezője a technológiának, ez azonban csökkenthető, például a szűrő modul vibrációjával.

### Irodalmi áttekintés

A tejipari szennyvizek lényegében hígított tejnek tekinthetők, valamilyen tejszármazékot biztosan és kis mennyiségben tisztító- és fertőtlenítőszerket is tartalmaznak. Ezek alapján magas kémiai és biológiai oxigén igénnyel jellemezhetőek, ami egyfelől megfelelő kezelés nélkül magas környezetszennyezési kockázattal (pl. eutrofizáció kialakulásával) jár, másfelől pedig potenciális kiinduló anyaga lehet különféle termékeknek, például bioműanyagoknak (EPA, 1997). Számos hagyományosnak mondható szennyvíztisztítási technológia létezik, azonban ezen technológiai sorok tervezési, üzemeltetési és karbantartási szempontból is igen magas kihívásokkal járnak. Mindezek mellett az alkalmazott vegyszerek hatását és a szennyvíz ingadozó mennyiségét és minőségét is figyelembe kell venni. Felmerül az igény egy hasonlóan hatékony, azonban a felsorolt hátrányok közül kevesebbel rendelkező módszer iránt, amire egy lehetséges alternatíva a membrántechnika. Azért, mert ezzel még felhasználható összetevők tovább koncentrálhatók és a további alkalmazásra felhasználható víz is kinyerhető (Ballanec et al., 2002). A technológia alapja egy szelektív válaszfal, a membrán, amely pórusmérete vagy vágási értéke alapján és az alkalmazott nyomáskülönbségek alapján beszélhetünk mikro-, ultra- nanoszűrésről vagy fordított ozmózisról (Bélafiné, 2002). Negatívuma a technológia széleskörű ipari alkalmazásának a membránok eltömődése, ezért napjainkban intenzív kutatások folynak világszerte a membránok eltömődésének csökkentésére, közvetve a membránok

élettartamának növelésére. Az egyik sokat ígérő módszer a vibráció alkalmazása, amellyel a membrán felületén a keresztáramú üzemeltetés által alapvetően létrehozott nyírófeszültség tovább növelhető a membrán modul vibráltatásával, ezzel csökkentve a membrán ellenállási értékeit, így végsősoron az eltömődését. A nyírási sebességet vibrációval növelő szűrési eljárást használó berendezés a membránt egy torziós tengely segítségével rezegteti meg, ezáltal lényegesen nagyobb nyírási feszültségeket generál, mint a klasszikus szűrési mechanizmus esetén. Akoum és társai ezen a berendezésen sovány *UHT* tejet vizsgáltak. Eredményeik azt mutatták, hogy egy bizonyos kritikus fluxus érték felett a transzmembrán nyomás rövid idő alatt nagymértékben növekedett, miközben a fluxus nem változott, de a vibráció hatása így is megnövekedett fluxusokat okozott (Akoum, Ding, Jaffrin,; 2002). Luo és társai pedig megnövekedett fluxusokat okozott (Akoum, Ding, Jaffrin,; 2002). Luo és társai pedig megnövekedett fluxusokat okozott (Akoum, Ding, Jaffrin,; 2002). Luo és társai pedig megnövekedett fluxusokat okozott (Akoum, Ding, Jaffrin,; 2002).

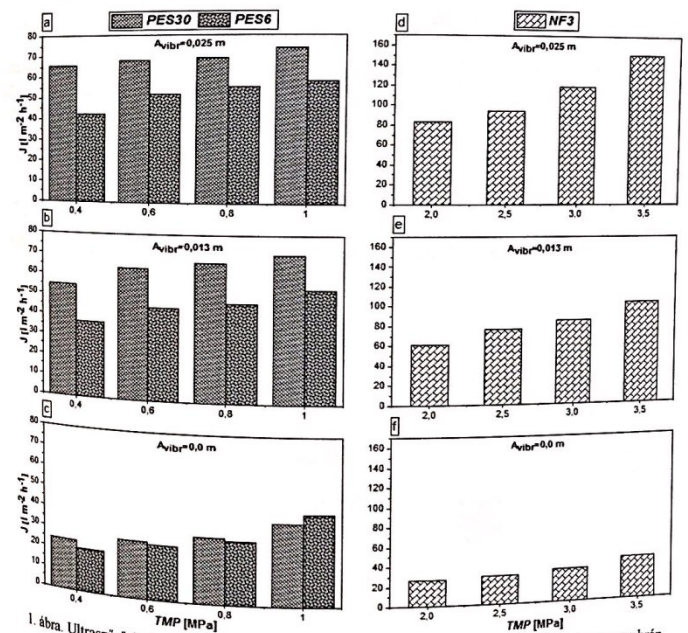
Munkánk során modell tejipari szennyvizek kezelését vibrációs membránseparációval végeztük a működési paraméterek hatásainak vizsgálatára. A membrán modul vibrációs amplitúdójának és a transzmembrán nyomás értékeinek változtatását teszteltük a membránseparáció hatékonyságára, döntően a permeátum fluxus és a membrán visszatartási értékeire vonatkozóan.

#### Anyag és módszer

A membránseparációkat a *VSEP* Series L (Vibratory Shear Enhanced Processing) berendezésen végeztem  $4 \text{ GPM}$  (gallon per minute), azaz  $0,9085 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  recirkulációs térfogatáram ( $q_{\text{vibr}}$ ) beállítás mellett,  $25,5 \pm 1,5 \text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékleten. A működési paraméterek, a transzmembrán nyomás (*TMP*) és a membrán modul vibrációs amplitúdó ( $A_{\text{vibr}}$ ), lépcsőzetes változtatásával teszteltem ezek hatásait a membránseparáció hatékonysági értékeire vonatkozóan, mint a szűrlet fluxus és a membrán visszatartási értékek. A mérésekhez használt membránok ultra- és nanoszűrő membránok voltak, melyek sorra polieterszulfon (*PES*: polyethersulfone) és vékonyfilm kompozit (*TFC*: thin film composite) anyagból készültek és a vágási értékeik (*MWCO*: Membrane weight cut-off) a következők:  $30 \text{ kDa}$  (*PES30*);  $10 \text{ kDa}$  (*PES6*);  $240 \text{ Da}$  (*NF3*). Ezek körgyűrű alakú,  $0,0503 \text{ m}^2$  aktív szűrési felületű lapmembránok voltak. A vizsgálatokhoz használt modell szennyvíz mintáim  $5 \text{ g dm}^{-3}$  koncentrációban tartalmaztak sovány tejpórt (Instant Pack, Magyarország) és  $0,5 \text{ g dm}^{-3}$  koncentrációban anionos felületaktív detergenst (Chemipur *CL80*, HungaroChemicals, Magyarország). Az elektromos vezetőképesség értékeit *BVBA C5010* típusú multiméterrel (Consort, Belgium) mértem. A minták kémiai oxigénigényének meghatározásához (*KOI*) *ET 108* típusú roncsoló blokkal, tesztsővek segítségével  $150^\circ\text{C}$  hőmérsékleten 2 óráig roncsoltam, majd lehűlés után *PCCheckIt* fotométert használtam (Lovibond, Németország). A teljes oldott anyag tartalmat (Total dissolved solids, *TDS AD-31* típusú hordozható eszközzel (Adwa Kft., Magyarország), a pH értéket hordozható eszközzel (Adwa Kft., Magyarország) mértem. Az infravörös tej-analizátor (Bentley Instruments Inc., USA) segítségével a tejszír, fehérje, tejcukor és szárazanyag tartalmat határoztam meg.

#### Eredmények és értékelésük

A *PES30*, *PES6* és *NF3* membránokkal a korábbiakban leírt módon elkészített modell tejipari szennyvizet szűrtem. A kísérletek a működési paraméterek közül a modul vibrációs amplitúdójának és a transzmembrán nyomás változásának vizsgálatára irányultak. A mérések során, egy azonos modul vibrációs amplitúdó mellett, ultraszűrő (UF) esetén  $0,4; 0,6; 0,8$ ; majd  $1 \text{ MPa}$ , nanoszűrőnél (*NF*)  $2; 2,5; 3$  majd  $3,5 \text{ MPa}$  értékre növeltem a transzmembrán nyomás értékeit. A modul vibrációs amplitúdó ( $A_{\text{vibr}}$ ) kezdetben maximális ( $0,025 \text{ m}$ ), ezután köztes ( $0,013 \text{ m}$ ), majd zérus értékre állítottam ( $0 \text{ m}$ ). A nyomásváltoztatás lépcsői minden esetben azonosak voltak. Az 1. ábrán a mért fluxusok szerepelnek a *TMP* függvényében az egyes alkalmazott vibrációs amplitúdó értékek esetén. A szűrési módok közvetlen összehasonlításán túl ezek a grafikonok a működési paraméterek összefüggéseinek elemzésére alkalmasak.



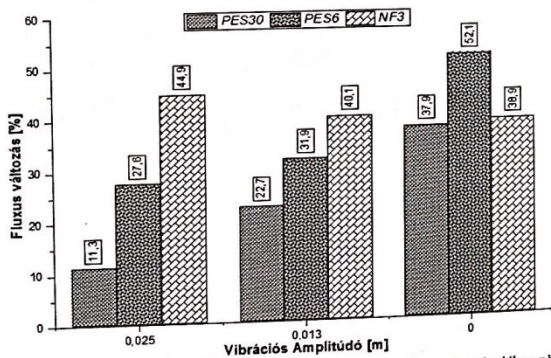
1. ábra. Ultraszűrő (a, b, c) és nanoszűrő (d, e, f) membránok esetén a fluxusok változása a transzmembrán nyomás függvényében, adott modul vibráció mellett ( $q_{\text{vibr}}=4 \text{ GPM}$  ( $0,9085 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ ),  $T=25,5 \pm 1,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

Figure 1. Transmembrane pressure vs. measured fluxes on ultrafiltration (a, b, c) and nanofiltration (d, e, f) membranes on different vibration amplitudes ( $q_{\text{vibr}}=4 \text{ GPM}$  ( $0,9085 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ ),  $T=25,5 \pm 1,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

Látható, hogy azonos vibráció mellett, a *TMP* emelésével a mért fluxus értékek is növekedtek. Megállapítható, hogy az egyes lépcsőként, azonos mértékkel növelt *TMP* értékek egymáshoz viszonyított arányaikban nem azonos mértékben növelték a fluxusokat. A maximális fluxus érték a *PES30* membránnál 74, a *PES6* membránnál 58,5 és 151,5  $\text{lm}^2\text{h}^{-1}$  az *NF3* membránnál. Az egyes vibrációs amplitúdó érték váltások során minden esetben ugrás volt tapasztalható a fluxusokban, ezt a megváltozott transzmembrán nyomás által okozott felborult áramlási viszonyok eredményezték. Abban az esetben, ha a vibráció nélküli szakaszban mért fluxusok átlagértékeit tekintjük a fluxus értékek 100%-os szintjének, akkor köztes vibráció esetén ez a szint a *PES30* membránnál 209%, az *NF3* membránnál 247%, maximális vibráció esetén pedig ez a *PES30* membránnál 225%, az *NF3* membránnál 340% értékekre növekszik. Ezek az értékek jóval magasabbak, mint a mérés előrehaladtával bekövetkező membrán eltömődésnek tulajdonított fluxus csökkenés. Ezek alapján elmondható, hogy maximális amplitúdó esetén az *UF* membránnál több, mint kétszeres, *NF* membránnál pedig körülbelül 3,5-szeres mértékre sikerült növelni a fluxus átlagértékeket.

Méréseink során felvetődött, hogy vajon a vibráció nélküli szakasz után újra felkapcsolt modul vibráció képes-e növelni a fluxus értékeket. Méréseink alapján ez lehetséges, a *PES30* membrán esetén a köztes amplitúdó 18%-kal, a maximális amplitúdó 27%-kal növelte átlagosan a mért fluxusértékeket.

A 2. ábrán a transzmembrán nyomás fluxusra gyakorolt hatása látható, miszerint, hogy azonos modul vibrációs amplitúdó mellett a legalacsonyabb *TMP* értékről a legmagasabbra történő váltás mekkora fluxus növelő százalékos hatással volt. Ultraszűrések esetén a vizsgált minimum 0,4 MPa és 1 MPa volt a maximum, így 0,6 MPa volt a *TMP* növekedés. Nanoszűrés esetén 2 MPa volt az alkalmazott legkisebb érték és 3,5 MPa a legnagyobb, így 1,5 MPa volt a *TMP* növekedés.



2. ábra. A *PES30*, *PES6* és *NF3* membránokkal végzett szűrések során a fluxusok százalékos növekedésének értékei a *TMP* értékek módosulásának hatására ( $q_{\text{vmax}}=4 \text{ GPM}$  ( $0,9085 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ );  $T=25,5\pm 1,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

Figure 2. Increase in flux rate by changed transmembrane pressure vs. vibration amplitudes on *PES30*, *PES6* and *NF3* membranes ( $q_{\text{vmax}}=4 \text{ GPM}$  ( $0,9085 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ );  $T=25,5\pm 1,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

Az ultraszűrések során a nagyobb vibrációs amplitúdók mellett kevésbé tudott érvényesülni a transzmembrán nyomás növelés fluxus fokozó hatása. Ez alapján a legnagyobb százalékos javulások a vibráció nélküli szakaszban voltak, szám szerint 37,9% a *PES30* membránnál és 52,1% a *PES6* membránnál. A *PES30* és *PES6* membránokról elmondható, hogy a kisebb vágási értékű *PES6* membrán százalékos fluxus javulás értékei minden esetben nagyobbak voltak, mint a *PES30* membráné.

A nanoszűrésre használt *NF3* membrán esetén más tendencia figyelhető meg, mert a vibráció csökkenésével arányosan csökkent a fluxus értékeken bekövetkező százalékos növekmény. Valószínűsíthetőleg a membrán börtípusának eredménye a kapott trend, amely a membrán eltömődési mechanizmusával áll közvetlen kapcsolatban. Igaz, itt is minden esetben emelkedtek a fluxusok, de a százalékos fluxus javulások a tesztek előrehaladásával csökkentek.

Visszatartás értékeket határoztunk meg az analitikai módszerekkel mért paraméterekből. A kezdeti nagyjából  $4700 \text{ mg l}^{-1}$  kémiai oxigénigényre (*KOI*) vonatkoztatott membrán visszatartási értékek a *PES30* esetén kb. 65%, *PES6* membrán esetén kb. 69% volt, *NF3* membrán esetén pedig sikerült ezt egy lépésben a szennyvíz kibocsájtási határérték alá csökkenteni, a több mint 99%-os visszatartással. Továbbá, megfigyelhető volt ultraszűrések esetén egy kritikus transzmembrán nyomásérték, amelyek esetén maximálisak voltak a *KOI* visszatartások, ez nagyjából 0,8 MPa értékre tehető. További visszatartásokat kalkuláltunk teljes oldott anyagra és sókra is, valamint infravörös tej-analizátor segítségével tejalkotók visszatartására, amelyeket az *NF3* membrán szinte 100%-ban visszatartott, így ez a módszer lehetőséget adhat az élelmiszeripari technológiákban, jelen esetben a tejipari technológiai víz egy részének újrafelhasználására.

#### Következtetések

Kísérleteink során megállapítottuk, hogy a vizsgált tejipari szennyvizek vibrációs membránszűrése során a működtetési paraméterek közül a modul vibráció igen jelentős mértékű fluxus növekedést okozott és javított egy bizonyos mértékben az eltömődött membránon mért fluxus értékeken. Ezek alapján érdemes lehet a modul vibráció alkalmazása, akár szakaszos működtetésben is, azonban ennek teljes feltárásához energetikai elemzés is szükséges. A transzmembrán nyomás, mint további vizsgált működtetési paraméter, a vibráció függvényében eltérő eredményeket mutatott az ultraszűrő membránok használata esetén. Eredményeink alapján az ultraszűrő membránoknál a transzmembrán nyomás fluxus növelő hatása a vibráció nélküli szakaszban volt a legnagyobb, miközben a nanoszűrő membránnál a maximális vibráció mellett. Ezek alapján megállapítottuk, hogy membrán típusonként eltérő hatásokkal kell kalkulálni a vibrációs membránszűrések esetén.


#### Összefoglalás

Munkánk során a szennyvíztisztításban alkalmazható technológia, a vibrációs membránszeparáció működtetési paramétereit vizsgáltuk. Méréseink modell tejipari szennyvízzel történtek a lehető legmagasabb fokú reprodukciós biztosítása érdekében. Megállapítottuk, hogy a modul vibrációs amplitúdó és a transzmembrán nyomás értékek

változtatásával befolyásolhatók a fluxus értékek és az egyes visszatartások, így a szűrés hatékonysága. Bízunk benne, hogy a leírt és jövőbeni tervezett kutatások közelebb visznek egy még hatékonyabb és környezetkímélőbb szennyvíztisztítási módszerhez.

**Kulcsszavak:** tejipari szennyvíztisztítás, ultraszűrés, nanoszűrés, vibrációs membránszeparáció, transzmembrán nyomás

### Köszönetnyilvánítás

 Az Emberi Erőforrások Minisztériuma UNKP-18-2 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült”

A kutató munka a „Fenntartható Nyersanyag-gazdálkodási Tematikus Hálózat – RING 2017” című, EFOP-3.6.2-16-2017-00010 jelű projekt részeként a Szechenyi2020 program keretében az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg. A TÉT\_16-1-2016-0138 számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a Kétoldalú Tudományos és Technológiai (TÉT) Együttműködés támogatása (TÉT\_16) pályázati program finanszírozásában valósult meg.

### Irodalom

- EPA: Environment Protection Authority: 1997. Environmental Guidelines for the Dairy Processing Industry, State Government of Victoria,
- Ballanec B., Guiziou G., Chaufer B., Baudry M., Daufin G.: 2002. Treatment of dairy process waters by membrane operations for water reuse and milk constituents concentration, *Desalination*, 147. (1-3) 89-94.
- Bélafiné B. K.:2002. Membrános műveletek, Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém
- Akoum O., Ding L. H., Jaffrin M. Y. (2002): Microfiltration and ultrafiltration of UHT skim milk with a vibrating membrane module, *Separation and Purification Technology*, 28. (1) 219-234.,
- Luo J., Ding L., Wan Y., Jaffrin M. Y.:2012. Threshold flux for shear-enhanced nanofiltration: Experimental observation in dairy wastewater treatment, *57 Journal of Membrane Science*, 409–410. (1) 276-284.,

## Investigating vibratory shear enhanced processing operational parameters in wastewater treatment

### Abstract

In our work vibratory shear enhanced membrane separation was tested for wastewater treatment. Operational parameters and their effect on fluxes and rejections were tested with model dairy wastewater. Module vibration amplitude and transmembrane pressure could both affect the efficiency of the membrane filtration, resulting higher permeate fluxes and membrane rejections. Increased module vibration amplitude could improve fluxes more than two times in case of ultrafiltration and more than three times in case of nanofiltration. Transmembrane pressure could affect fluxes most efficiently without the application of vibration. Further energy demand calculations are in plans to improve both energy consumption side. Hopefully, this research and the others planned can help in creating a method for wastewater treatment that is much more efficient and less harmful for our environment.

**Keywords:** dairy wastewater treatment, ultrafiltration, nanofiltration, vibratory shear enhanced processing, transmembrane pressure