

Hírsatorna

A MAGYAR VÍZ- ÉS SZENNYVÍZTECHNIKAI SZÖVETSÉG LAPJA
2017/6. szám



**A SZENNYVÍZ MEZŐGAZDASÁGI
FELHASZNÁLÁSÁNAK INDOKAI**

HIRDETÉSI FELHÍVÁS!

Hirdessen az Ön cége is a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség HÍRCSATORNA című szakmai lapjában!

A Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség (MaSzeSz) közel egy éve új arculattal, és a kor követelményeinek megfelelően, elektronikus formában jelenteti meg szakmai lapját, a Hírcsatornát.

A Hírcsatorna széles körben történő terjesztésével célunk, hogy a több száz MaSzeSz tagon túl, a települési vízgazdálkodás széleskörű szakember csoportját is hatékonyabban elérjük – legyen szó a víziközmű és vízipari cégekről, valamint a minisztériumok és szakhatóságok mellett az önkormányzatok és a témában érintett oktatási intézményekről egyaránt.

Szakmai lapunk célja a közel két évtizede megjelenő szakmai-tudományos tartalmak méltó keretek között történő megjelentetése a széles publikum részére, de elsősorban a MaSzeSz egyre növekvő aktivitásának színes és informatív bemutatása.

A szakmai körökben lapunk elismertsége töretlen, amelyben továbbra is lehetőséget biztosítunk olyan vízipari cégeknek, akik hirdetések elhelyezésével kívánják felhívni a vizes szakma képviselőinek figyelmét a legújabb fejlesztéseikre, eredményeikre, szolgáltatásaikra.

Áraink:

- 1/1-es oldal 50 000 Ft + áfa
- 2 db 1/1-es 80 000 Ft + áfa

Elkötelezettek vagyunk a friss, aktuális és professzionális szakmai lapunk működtetése mellett, és bízunk benne, hogy olvasóink is pozitívan értékelik a törekvéseinket.

Reméljük, az Ön szervezete is lehetőséget lát a Hírcsatornában való hirdetések megjelentetésében!

Bővebb információ:

titkarsag@maszesz.hu

IMPRESSZUM

A Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség kiadványa,

1134 Budapest, Váci út 23-27 MSZ 608

Megjelenik minden második hónapban

A fordításokat Simonkay Piroska okl. mérnök készítette.

Kiadó és terjesztő: MaSzeSz

Főszerkesztő: Dulovics Dezsőné dr.

A főszerkesztő munkatársa: Madarász Emese

Tördelés: Két Zsiráf

TARTALOM

| | |
|---|-----------|
| MaSzeSz Hírhozó | 4 |
| SZAKMAI - TUDOMÁNYOS ROVAT | |
| Bodáné Kendrovics Rita: A szennyvíz mezőgazdasági hasznosításának indokai és feltételei | 5 |
| Bakos Vince, Gyarmati Benjámín, Laurent Vachoud, Emilie Ruiz, Nagy Göde Péter, Nagy Eszter, Kovács Réka, Michele Delalonde, Christielle Wisnewski: Az eleveniszap reológiai tulajdonságainak vizsgálata az iszappehely szerkezet és ülephetőség függvényében II.: 2017-ben elért új eredmények | 24 |
| MASZESZ HÍREK, AKTIVITÁSOK | |
| Újabb sikeres szakmai tudásmegosztás az Ivóvíz-technológiai Szakmai Napon | 35 |
| Membrántechnológiai Szakmai Napot rendezett a MaSzeSz | 40 |
| Eredményes hiánypótló MaSzeSz Fórum a víziközművek állapotáról | 46 |
| Kovács Károly, a MaSzeSz elnöke kapta a Fenntartható Fejlődésért változásvezetői díjat | 47 |
| Eredményes és sikeres szekciót zárt a MaSzeSz Baján | 48 |
| JURTA Híradó | 49 |
| NEMZETKÖZI KITEKINTÉS | |
| Korrespondenz Abwasser novemberi összefoglalók | 50 |
| Bíró Ildikó, Gerencsérné Berta Renáta, Barabás Enikő, Galambos Ildikó: Biofilmek jelenléte az ivóvízelosztó hálózatokban | 52 |
| ÁGAZATI KÖRKÉP | |
| A Magyar Tudományos Akadémia Vízgazdálkodás-tudományi Bizottság Vízellátási és Csatornázási Bizottságának Üléséről | 68 |
| Magyar siker az IChemie Global AWARDS-on: 2. helyezés | 71 |
| Nagy érdeklődés kísérte az Országos Települési Csapadékvíz-gazdálkodási Konferenciát Baján, az NKE Víz-tudományi Karán | 72 |
| MHT: XXIV Ifjúsági Napok Dunaújvárosban | 76 |
| Követésre érdemes példa Szekszárdról | 78 |
| Beszámoló a Magyar Mérnöki Kamara Vízgazdálkodási és Vízépítési Tagozatának kibővített elnökségi üléséről | 80 |

MASZESZ HÍRHOZÓ

KEDVES KOLLÉGA!



Már a hidrológiai újév hozta őszei-téli csapadékokat élvezhetjük. Készülünk a naptár szerinti újesztendőre, és sokasodnak a tennivalóink ezért.

Remélem, hogy lesz ideje azért arra is, hogy végigolvassa a HÍR-CSATORNÁT, amiben **most szíves figyelmébe ajánlom az alábbi két cikket:**

- **Bodáné Kendrovics Rita: A szennyvíz mezőgazdasági hasznosításának indokai és feltételei** címűt és a
- **Bakos Vince, Gyarmati Benjám, Laurent Vachaud, Emilie Ruiz, Nagy Göde Péter, Nagy Eszter, Kovács Réka, Michele Delalonde, Christielle Wisniewski** magyar-francia kutató team cikkének második részét: **Az eleveniszap reológiai tulajdonságainak vizsgálata az iszappehely szerkezet és ülepedékeség függvényében II.** amely a **2017-ben elért kutatási eredményeiket ismerteti.**

A Nemzetközi Kitekintés rovatban a Korrespondenz Abwasser októberi számából közlünk két összefoglalót és a Soós Kutatóintézet munkatársainak: **Bíró Ildikónak, Gerencsérné Berta Renátának, Barabás Enikőnek, Galambos Ildikónak: "A biofilmek jelenléte az ivóvíz-elosztó hálózatban"** c. összefoglalóját.

Nagy örömünkre szolgál, hogy az **ágazat számos rangos rendezvényéről** tudósítha-

tunk, amelyben a **MaSzeSz színes aktivitása** méltó helyet foglal el. Reméljük, hogy ezekkel a megmozdulásokkal **elősegítjük a szakterületünk fejlődését.**

Közreműködését megköszönve, jó munkát és a közelgő 2018. évben sok sikert kíván:

Prof. Emerita Dulovics Dezsőné dr.
a Szerkesztő Bizottság tagja, főszerkesztő

A SZENNYVÍZ MEZŐGAZDASÁGI FELHASZNÁLÁSÁNAK INDOKAI ÉS FELTÉTELEI

BODÁNÉ KENDROVICS RITA PHD.

ÓBUDAI EGYETEM REJTŐ SÁNDOR KÖNNYŰIPARI
ÉS KÖRNYEZETMÉRNÖKI KAR KÖRNYEZETMÉRNÖKI INTÉZET

Kulcsszavak: „kellően tisztított szennyvíz”, új víz, szűrkevíz, öntözés, klímaváltozás, aszály, agrotechnikai és gazdasági előnyök,

„A települési szennyvíz a társadalomtól származó, olyan másodlagos termék, amelyet az okosan gondolkodó gazdagok a maguk javára hasznosítanak, míg a szegények hulladékként kezelik.”

Prof. Dr. Juhász Endre 2013.

BEVEZETÉS

A 21. században a vízhiány az egyik legnagyobb globális probléma, mely valamilyen társadalmat érinti. A világ népességének majdnem az ötöde valós, fizikai vízhiánnyal sújtotta területen él, a népesség negyede gazdasági vízhiánnyal néz szembe, vagyis nem rendelkezik olyan infrastruktúrával, amellyel megtörténhetne a vízkitermelés, akár felszíni, akár felszín alatti készletből (FAO, 2007).

Ehhez adódik hozzá az éghajlatváltozás, melynek tényét mára már a tudományos világ nagyobb része elfogadta, és megállapította, hogy egyik okozója a jelentős részben az emberi tevékenységből – ipari tevékenység, motorizált közlekedés, iparszerű mezőgazdaság – származó üvegházhatású gázok (pl.

szén-dioxid, metán, dinitrogén-oxid) légköri arányának növekedése (IPCC 5. Helyzetértékelő jelentés, 2013). Következménye többek között az intenzívebb vízkörforgás, a párolgási viszonyokban bekövetkező változás, melyet tovább erősít a felszínborítás megváltoztatása (növénytakaró megváltoztatása, burkolt, ill. beépített területek arányának a növekedése, a felszíni vizek lecsapolása, stb.), ill. a beépített területeken az épületek, üzemek, közlekedési eszközök, stb. direkt hő kibocsátása, mely hatások legfőbb okozója az egyre erősödő urbanizáció. Az előrejelzések szerint 2030-ra a várhatóan több mint 8 milliárdos népesség 60%-a fog városokban lakni (Gayer et Ligetvári, 2015) megváltoztatva a környezetet, az ökoszisztéma, a biodiverzitás csökkenését

eredményezve. Az urbanizációs folyamat következménye az energia-kibocsátás és hulladékmennyiség növekedése, a vízellátáshoz, szennyvíz- és csapadékcsatornázáshoz kötődő problémák megjelenése.

A növekvő népesség és a változó klíma a vízigények növekedését eredményezi. Ez, valamint a korlátozott hozzáférés a vízhez és az ennek kapcsán kialakuló vízért folyó éles versenyhelyzet megteremtette a szükségességét annak, hogy ma már az ún. nem-hagyományos vízforrásokat, pl. alacsony hozamú kutak és források, esővíz, zivatarok csapadékvize, hóolvadás, városi csapadékvizek és szennyvíz újrahasznosítása is előtérbe kerüljön a vízgazdálkodás kapcsán (FAO, 2007).

Különösen nagy vízfelhasználó a mezőgazdaság, mely az öntözéses gazdálkodás során az édesvízkészlet 70%-át használja fel (World Water Development Report, 2016). *Ezért a vízhiány problémájának megoldása elsősorban a hatékony vízfelhasználásban, a víztakarékos öntözéses technológiák kidolgozásában és a szennyvizek újrafelhasználásában rejlik.*

Európában és hazánkban, a mindennapi gyakorlatban sajnos még továbbra is megfigyelhetők vízpazarló tevékenységek (pl. termálvizek, tisztított szennyvizek és belvizek vízfolyásba engedése, stb.), de az utóbbi években komoly koncepcióváltást (paradigmaváltást) lehet érezni. Ennek egyik példája, hogy az Európai Bizottság 2016. március 17-én kiadott sajtóközleményében (Európai Bizottság sajtóközleménye, 2016) bemutatta a „körforgásos

gazdaságra” vonatkozó intézkedését, amellyel új szabályokat kíván bevezetni a szerves és hulladékalapú trágyával kapcsolatban. Az intézkedés egyik fő célja, hogy a biohulladékot újrafeldolgozott tápanyagként lehessen hasznosítani.

A cselekvési tervben megfogalmazott célok a szennyvíz újrahasznosításához kapcsolódó téma választásának aktualitását támasztják alá, mivel feltehetően nagyobb jelentőséget fog kapni a közeljövőben a *szennyvíznek a mezőgazdaságban „térégi vízgazdálkodási elemként” történő újrahasznosítása*, különösen az arid, aszályos területeken, felismerve azt a fontos tény, hogy a szennyvíz nem csupán talajtáperő, hanem a hiányzó nedvességtartalom pótlását is szolgálhatja. A hazai domborzati- és klíma-viszonyokat tekintve tehát fontos, hogy a „kellően tisztított” szennyvíz (új víz) nem csupán „alternatív vízkészlet”, hanem pozitív térségi vízgazdálkodási elem, amivel különösen az aszályos területeinken feltétlen számolni, azzal gazdálkodni kell, az általa kínált előnyöket ki kell használni.

A nagy költséggel „kitermelt” víztől – használat után – nem megszabadulni, hanem azt okosan visszatartva hasznosítani kell (Juhász, 2007).

1. A SZENNYVÍZ HASZNOSÍTÁSÁNAK SZÜK-SÉGESSÉGE, LEHETŐSÉGEI, ÉS KORLÁTAI

A vízfelhasználások során elhasználódott, szennyezett víz – szennyvíz – térben és időben állandóan rendelkezésre álló vízforrásnak

tekinthető. Mivel víz nélkül nincsen élet, így a szennyvíz keletkezése, majd ártalmatlanítása és elhelyezése a vízgazdálkodás számára állandó kihívás, és megoldása a kor szellemének megfelelően, minél nagyobb mértékben a *körforgásos gazdaság* megvalósításában keresendő. Ez egy olyan zárt (closed-loop) anyag- és energiaáramlás, amelyben hatékony az erőforrás-használat, csökken az ökológiai lábnyom, egyre jelentősebbé válik a tiszta technológiák és a tisztább termelés megvalósítása (1. ábra).

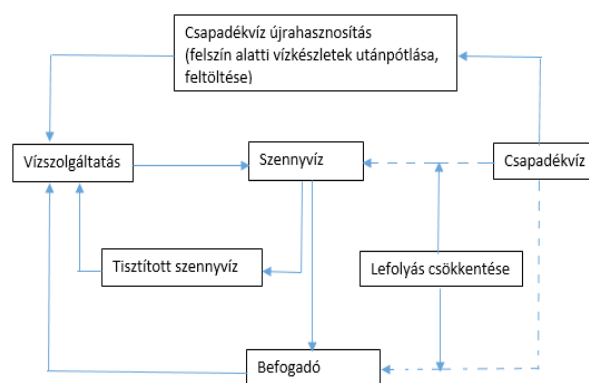


1. ábra: Körforgásos gazdaság modellje

(forrás: Öllős, 2017)

Ez a körforgásos gazdálkodási modell a vízfelhasználások kapcsán is felállítható, benne nagy hangsúlyt helyezve a szennyvíztisztítás során keletkező tisztított szennyvíz és a másodlagos termékként keletkező szennyvíziszap újrahasznosítására. A tisztított szennyvíz

biztonságos és költséghatékony feltételek mellett történő újrafelhasználása a vízellátás javításának és a túlzottan kiaknázott vízerőforrásokra nehezedő nyomás mérséklésének értékes, de egyelőre még nem kellően kihasznált módja. Ezt irányozza elő az *integrált vízgazdálkodás* (2. ábra) a tisztított szennyvíz helyben tartására, hasznosítására, így kímélve a befogadót és elősegítve a körforgásba közvetlen úton történő visszavezetést, megoldást nyújtva a vízkészletek pótlására, miközben akár a víz, akár a vízben lévő tápanyagok hasznosítása megtörténik.



2. ábra: Az integrált vízgazdálkodás modellje

(forrás: Juhász et Major, 2016.)

Az Európai Bizottság uniós cselekvési terve az ehhez kapcsolódó jogszabály kidolgozását jelöli meg elsődleges feladatként: a „A Bizottság több fellépéssel is élni fog a tisztított szennyvíz újrafelhasználásának megkönnyítése érdekében; ez magában foglalja a (például öntözés vagy talajvíz-visszatáplálás céljából) újrafelhasznált vízre vonatkozó minimumkövetelményekről szóló jogalkotási javaslatot is.” (COM (2015) 614)

1.1. A szennyvízhasznosítás lehetőségei

A szennyvízhasznosítás a szennyvíztisztítás során keletkező olyan víz használatát foglalja magába, amely az egészségügyi és környezeti kockázatok, illetve a vonatkozó nemzeti és uniós jogszabályok figyelembevételével megfelel a felhasználási cél szerint meghatározott minőségi előírásoknak. Ez történhet közvetlen – amikor a szennyvíztisztító telepről a tisztított szennyvíz közvetlen bevezetésre kerül az elosztórendszerbe –, vagy közvetett – a tisztított szennyvíz a szennyvíztisztító telepről egy vízfolyásba, tóba, tározóba stb. kerül, ahonnan később felhasználható – úton (Kolossváry, 2017).

Az újrahasznosítás a tisztított szennyvízben található hasznosítható anyagoknak, és magának a víznek az ismételt felhasználása, amely a következő területeken biztosíthatja a vízkészletek megővését, pótlását (Borosné, 2002):

- ivóvíz előállítása nagy hatékonyságú tisztítási technológiával,
- felszín alatti vízhozó réteg feltöltésével, ezen keresztül ivóvíz előállításával (talajvíz-dúsítással),

- nem ivó- (használati-) víz minőségben felhasználva a mezőgazdaságban, iparban és/vagy a települési környezetben,
- továbbá a szennyvíz tisztítása során keletkező szennyvíziszap mezőgazdasági- és/vagy energetikai hasznosításával.

Az újrahasznosítás tehát nem csak az öntözés, hanem akár a közvetett vagy közvetlen ivóvíz előállításában is megvalósulhat. Említést érdemel e téren a differenciált, vagyis a többszörszörösen elválasztott szennyvízkibocsátás, az ún. „szürkevíz” felhasználás is (Dulovicsné, 2017).

A visszanyert és újrahasznosított víz mennyisége az elmúlt két évtizedben világszerte növekedő tendenciát mutatott. Napjainkban 3700 szennyvíz újrahasznosító üzem működik a világban, melyekben összesen 19 millió m³ vizet termelnek évente különböző hasznosítási célokra (Veolia Water).

Az **1. táblázat** az USA Környezetvédelmi Hivatala (EPA – Environmental Protection Agency) által kezdeményezett kutatás alapján mutatja be a lehetséges hasznosítási módokat, feltüntetve a szükséges kezelés, tisztítás céljait és a felhasználási példákat.

| Újrafelhasználás | | A tisztítás célja | Példa a felhasználásra |
|--|--|---|---|
| Települési felhasználás | Korlátlan | Másodfokú tisztítás és fertőtlenítés BOI5 ≤ 10 mg/l Zavarosság: ≤ 2 NTU Fekál koliform: 0/100 ml Klórmaradék: 1 mg/l pH 6-9 | Locsolás (parkok, játszótérek, iskolaudvarok), tűzvédelem, építkezés, szökőkutak, városi tavak, épületen belüli felhasználás pl. WC öblítés |
| | Korlátozott | Másodfokú tisztítás és fertőtlenítés BOI5 ≤ 30 mg/l TSS* ≤ 30 mg/l Fekál koliform: ≤ 200/100 ml Klórmaradék: 1 mg/l pH 6-9 | Korlátozott igénybevételű területek öntözése (golfpályák, temetők) |
| Mezőgazdasági öntözés | Élelmezésre szolgáló növények | Másodfokú tisztítás, szűrés és fertőtlenítés BOI5 ≤ 10 mg/l Zavarosság: ≤ 2 NTU Fekál koliform: 0/100 ml Klórmaradék: 1 mg/l pH 6-9 | Emberi fogyasztásra szolgáló, főzés nélkül fogyasztott növények |
| | Nem élelmezésre szolgáló növények vagy feldolgozás után fogyasztott növények | Másodfokú tisztítás és fertőtlenítés BOI5 ≤ 30 mg/l TSS ≤ 30 mg/l Fekál koliform: 200/100 ml Klórmaradék: 1 mg/l pH 6-9 | Takarmány, rostnövények, legelők, faiskolák, gyepek, vízinövények |
| Pihenési, üdülési célokra történő felhasználás | Korlátlan | Másodfokú tisztítás, szűrés és fertőtlenítés BOI5 ≤ 10 mg/l Zavarosság: ≤ 2 NTU Fekál koliform: 0/100 ml Klórmaradék: 1 mg/l pH 6-9 | A tavakban fürdés megengedett, hó készítésére használható |
| | Korlátozott | Másodfokú tisztítás és fertőtlenítés BOI5 ≤ 30 mg/l TSS: ≤ 30 mg/l Fekál koliform: 200/100 ml Klórmaradék: 1 mg/l pH 6-9 | Horgászás, csónakázás és más közvetlen érintkezéssel nem járó tevékenységek |

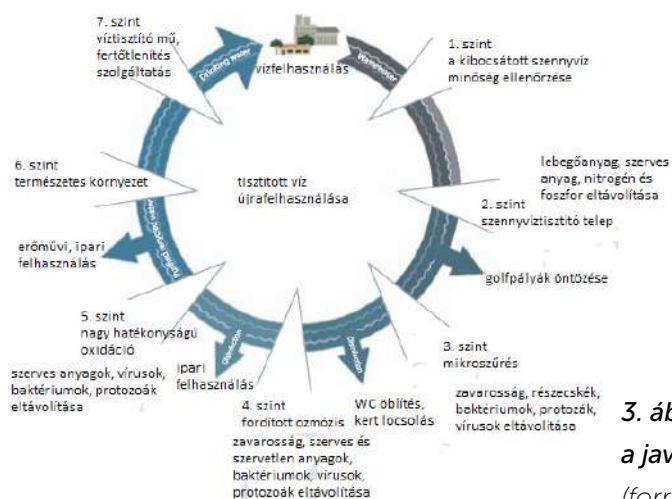
| Újrafelhasználás | A tisztítás célja | Példa a felhasználásra |
|-----------------------------------|--|---|
| Környezetjavító felhasználás | Hasonló követelmények a korlátozás nélküli felhasználáshoz | Mesterséges vizes élőhelyek, természetes vizes területeken a víz utánpótlása, patakok táplálása |
| A talajvíz pótlása | Felhasználás helyétől függő követelmények | Talajvíz pótlása, ülepedés szabályozása |
| Ipari újrafelhasználás | Másodfokú tisztítás és fertőtlenítés BOI5 ≤ 30 mg/l TSS: ≤ 30 mg/l Fekál koliform: 200/100 ml | Hűtőrendszerek vízpótlása, kazánvíz, technológiai víz, építkezések vízellátása |
| Ivóvízként történő újrahaznosítás | Ivóvízre előírt követelmények kielégítése | Kommunális vízellátás utánpótlása felszíni-, vagy talajvízzel keverve |

* TSS – total suspended solids (teljes szuszpendált szilárd anyag)

1. táblázat: Az újrahaznosítás feltételei és felhasználási módjai (forrás: Schultz, 2005)

A Queensland-i Víz Bizottság (QWC- Queensland Water Commission) 2007-ben Ausztráliában a **3. ábrán** látható körforgásban látta megvalósíthatónak a szennyvíz újrahaznosítását. A különböző hasznosítási lehetőségek megnevezése mellett az ahhoz szükséges elvárásokat is hozzárendelte. Az újrahaznosítás

során nem hagyták figyelmen kívül a természetes környezet (6. szint) hatását sem (Khan, 2013), hiszen, ha az újrahaznosított víz összekeveredik egy víztározó tárolt vizével az idő és a környezeti hatások – hígulás, biodegradáció, fotolízis – érvényesülésével további hatékony minőség javulás érhető el.



3. ábra: A tisztított újrahaznosított víz körforgását a javasolt felhasználásokkal és elvárásokkal (forrás: Khan, 2013)

1.2. A szennyvízhasznosítás szükségessége – a klímaváltozás hatásai vízkészleteinkre

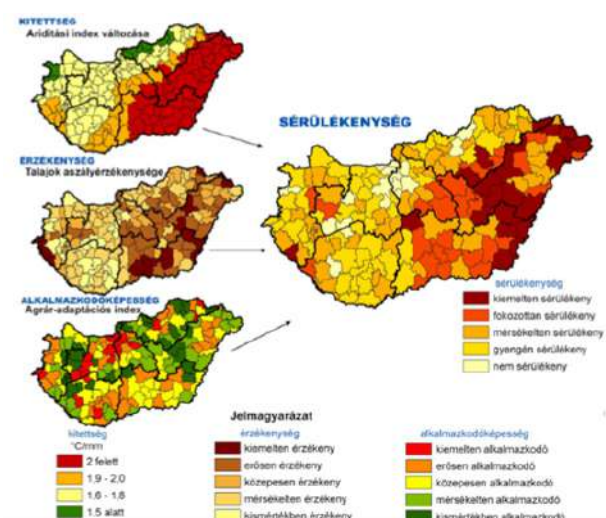
Napjainkban már bizonyosságot nyert, hogy a klíma változik és ennek háttérében az emberi tevékenység során kibocsátott üvegházhatású gázok és az ember felszínmegváltoztató tevékenysége áll. A klímamodellezések (ALADINCLIMATE és a REMO) előrejelzése szerint 2021-2050 között a legnagyobb változás a hőmérséklet alakulásában nyáron várható, amikor a hőmérséklet-emelkedés mértéke elérheti a $+2^{\circ}\text{C}$ -ot, az évszázad végén pedig meghaladhatja a $+3,5^{\circ}\text{C}$ -ot. A meleg szélsőségek gyakorisága erőteljesen növekszik, a hideg szélsőségek előfordulása kisebb mértékben csökken (Összefoglaló, 2010).

A növekvő hőmérséklet egyre intenzívebbé teszi a vízkörforgást (párolgás, kicsapódás, lehullás, beszivárgás/lefolyás), melynek egyik várható eredménye, hogy az átlagos csapadék mennyiség 3,9%-kal lesz nagyobb, az 1961-1990 periódushoz képest (Öllös, 2012). E mellett az őszi és téli csapadékok intenzitása növekszik, míg a nyári csökken, valamint hosszabb száraz időszakokra – különösen nyáron – kell felkészülni (Bihari, 2014).

A hirtelen lezúduló nagy mennyiségű csapadékesemények a szennyvíztisztító telepek hidraulikai terhelésének növekedésével, illetve a csatornahálózat túlterhelésével és az árvízveszély kapcsán állítják nagy kihívás elé a vízgazdálkodás szakembereit. A tisztított szennyvizek befogadóinak, a természetes vízfolyásoknak a hőmérséklet emelkedése,

és az intenzívebb párolgása miatt csökken az öntisztuló képessége és ez a hatékonyabb tisztítási eljárások igényét veti fel, több oxigén és így nagyobb energiafelhasználás mellett (Dulovicsné et Dulovics, 2008). A száraz időszakokban a lefolyás csökkenésével, különösen az ország keleti területein csökken a beszivárgás és így a kisebb vízfolyások felszín alatti vízutánpótlása is (Aszálystratégia, 2010).

Az éghajlatváltozás következtében Magyarországon az egyik fő várható jelenség, mely a mezőgazdaságot is hátrányosan érinti, az aszályos időszakok gyakoriságának és hosszának növekedése, elsősorban a tartósan magas nyári hőmérsékletek, az egyre növekedő időjárási szélsőségek és a nyári csapadékhiány miatt. **(4. ábra)**



4. ábra: Éghajlati kitettség, érzékenység, alkalmazkodóképesség és sérülékenység az aszály és szárazosodás vonatkozásában (forrás: Bartholy et al. 2011)

Az aszály-sérülékenységgel kapcsolatos területi eredmények azt mutatják, hogy Magyarország területének 35%-a az éghajlatváltozás hatására bekövetkező aszályosodás miatt a kiemelten és fokozottan sérülékeny régiókhoz tartozik. **(4. ábra)** Ez a terület a leghátrányosabb helyzetű kistérségek 45%-át jelenti és itt él Magyarország lakosságának 22%-a. Feltehetően a legkevésbé sérülékenyek az ország fejlettebb térségei, valamint a csekély mezőgazdasági potenciállal rendelkező, egyben leginkább urbanizált területek (Bartholy et al. 2011).

Mind a vízháztartás, mind a vízellátás, vízvezetés és szennyvíztisztítás területén tehát fel kell készülni a változásokra, a paradigma váltásra.

Hazánkban a szárazodás a Homokhátság területén már a sivatagosodás jeleit mutatja, ezért ott azonnal szükség volna a „kellően tisztított szennyvíz” hasznosítására. Ezt indokolja az a tény is, hogy állandó megcsapolás történik a helyi vízkészletből történő ivóvízellátás kapcsán keletkező kommunális-szennyvíznek a tisztítás után felszíni víz befogadóba történő elhelyezése és az országból történő kibocsátása miatt.

Alapelveként kell kezelni a tisztított szennyvíz helyben tartását, mely célkitűzés a települési szennyvíz kezeléséről szóló 91/271/EGK irányelvben is megfogalmazódik.

1.3. Korlátozó tényezők a szennyvíz hasznosításában

A szennyvíz újrafelhasználásának elsődleges követelményei az alábbiak:

- az emberi egészség védelme, melyhez fontos a szennyezőanyagokra és a kórokozókra vonatkozó koncentráció határok kijelölése,
- a talaj és a növények védelme, elsősorban a szennyvíz nehézfém tartalmának és sótartalmának az optimális korlátozásával,
- a talajvíz védelme, annak elszennyeződése – és ez által a víz körforgásában való kedvezőtlen hatások megjelenése – a megfelelő öntözési kultúra és a háttértékek betartásával előzhető meg,
- a szélesebb körű pozitív társadalmi tájékoztatás,
- a lakossági fogadtatás,
- a tárolási lehetőségek és feltételek megteremtése.

A követelményeket figyelembe véve a hasznosítás egyértelmű feltétele a *szennyvíz tisztítása, olyan mértékben, melyet a hasznosítás megkövetel* (Kolossváry, 2017). Ehhez a szennyvíz pontos összetételének és az egyes technológiákkal elérhető tisztítási hatékonyságnak továbbá az újrahasznosítás során kialakuló körülményeknek az ismerete szükséges. Fontos szempont a talaj öntisztuló képességének a megismerése és fenntartása is, mely a terhelés mértékét korlátozhatja. Ezt a talaj minősége, a rendelkezésre álló rétegvastagsága, továbbá az ehhez szervesen kapcsolódó behatási idő és a talajnak, mint biotop élőhelynek

az ökológiai tulajdonságai határozzák meg elsősorban (Padra, 2017). Mindezek körülmények között a mérlegelés szükséges a szennyvíznek a felszín alatti vízhozó réteg feltöltésével, vagyis a talajvízdúsítással történő újrahaznosításához.

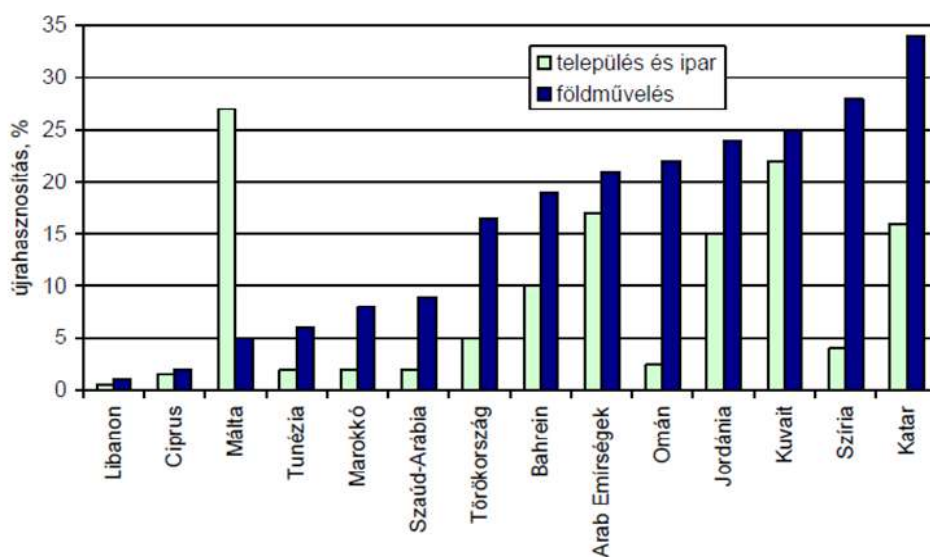
2. A SZENNYVÍZ HASZNOSÍTÁSA A MEZŐGAZDASÁGBAN

A szennyvíz mezőgazdasági hasznosítása arra az időre vezethető vissza, amikor a települések csapadék- és szennyvizeit már tudatosan összegyűjtötték, és csatornákon elvezették. Az így létrejött technológiát szennyvízöntözésnek nevezték, melynek célja egyértelműen a hasznosítás volt.

Prof. Dr. Vermes László a szennyvízöntözést (komplex tisztítás – elhelyezés – hasznosítás) a természetes szennyvíztisztítások egyik fajtájának tekinti, melynek során a tisztítási folyamatok a talaj-növény ökológiai rendszerben zajlanak le, a lebontási folyamatok eredményeként a víz megtisztul, egy része az evapotranspiráció révén a légkörbe párolog, másik része beépül a növényekbe, tárolódik a talajban, illetve átszűrődve a talajvízbe, így visszakerül a víz természetes körforgásába (Vermes, (Borosné, 2004)

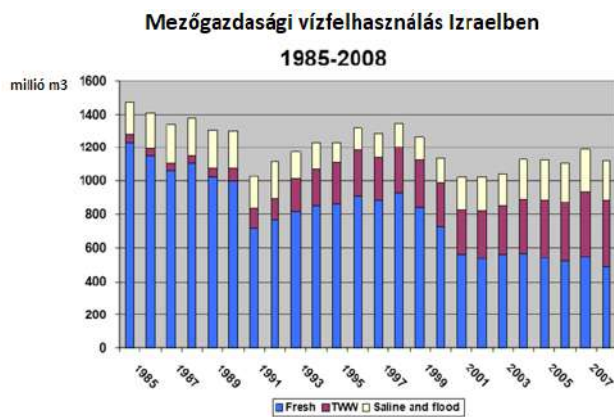
1997). Ez a legősibb természetes tisztítás, mely a talajon-talajban játszódik le évezredek óta. A szennyezőanyagok adszorbeálódnak a talajszemcsék és pórusok felületén, a mikroorganizmusok a szerves szennyezőanyagokat szerves tápanyagokká alakítják és ezek pedig a növényi felvétel során hasznosulnak. A mezőgazdasági hasznosítás tehát a szennyvíz tisztítási folyamata, mely egy produktív termelőfolyamat, a lebontási folyamatokhoz a megújuló energiaforrások (napenergia, talajban élő szervezetek) szolgáltatják a szükséges energiát, és egyben megtörténik a biomassza anyagainak visszajuttatása a természetes anyagforgalomba.

A szennyvízhasznosítás megoszlási aránya az édesvízhiányos országokban (5. ábra) Málta kivételével mindenhol a mezőgazdasági felhasználás irányába tolódik el. A hasznosításnak ez a módja nem csupán a fejlődő, hanem a fejlett országokban is jellemzően megjelenik.



5. ábra A szennyvíz újrahaznosításának aránya az édesvízhiányos országokban (Borosné, 2004)

Napjainkban az egyik legnagyobb szennyvíz újrahasznosító ország Izrael. **(6. ábra)** A keletkező szennyvíz 86%-át kezelik úgy, hogy az a mezőgazdaságban kerül hasznosításra és ezzel az agrárium teljes vízigényének 55%-át lefedik (Piac Profit).



6. ábra Izrael öntözővíz felhasználása

(forrás: http://www.water.gov.il/Hebrew/ProfessionalInfoAndData/2012/16_Israel_Water_Sector-Water_and_Agriculture.pdf)

Az újrahasznosított víz felhasználása a kaliforniai mezőgazdaságban is jelentősnek számít. A legutóbbi, 2009-ben elvégzett felmérés azonban megállapította, hogy a tisztított települési szennyvizet 670 ezer hektár területen hasznosították újra, de ebből összesen 245 ezer hektár (37%) volt csak a mezőgazdasági hasznosítás. A terület arányában kifejezve 23% volt a városi területek öntözésére felhasznált víz és további jelentős területet képvisel (19%) a felszín alatti szivárgással tározómedencében összegyűjtött vizek mezőgazdasági öntözővízként történő felhasználása. Bár Kaliforniában a mezőgazdaság már több mint 100 éve az újrahasznosított víz legnagyobb

felhasználója, ez a jelenlegi a teljes mezőgazdasági vízfelhasználásnak kevesebb, mint 1% -át teszi ki (Cooley at al. 2015)

2.1. A SZENNYVÍZ MEZŐGAZDASÁGI HASZNOSÍTÁSÁT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

A szennyvíz mezőgazdasági hasznosítása során ebben a komplex talaj-növény ökológiai rendszerben a talaj és szennyvíz kölcsönhatását az alábbi számos tényező befolyásolja:

- a szennyvíz eredete és minősége,
- természeti adottságok:
 - a talaj, talajtani tényezők,
 - a domborzati- és lejtésviszonyok,
 - a belvív-veszélyeztetettség,
 - a talajvízszint mélysége,
 - mikro-klimatikai viszonyok,
- a fajlagos szennyvízmenyiség,
- és a természetett növény.

E tényezők adják az alapját a vonatkozó rendeleteknek, előírásoknak is, így például közzismert az 50/2001 (IV. 3.) Korm. Rendelet, amely a szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásának és kezelésének szabályait írja elő.

Kérdésként vehető fel, hogy a 16 évvel ezelőtt meghatározott korlátozások a rendelet mellékletében felsorolt káros-anyag koncentrációk meghatározására vonatkozóan, a rendelet kiadása óta eltelt időben, a klímaváltozásra és a természetett növényre is figyelemmel, reprezentatív módon történtek-e kutatások és azok eredményei milyen változtatásokat igényelhetnek.

2.1.1. A szennyvíz eredete és minősége

Szennyvízöntözésre alkalmasak a települési szennyvizek, melyek különösen a bennük előforduló patogén kórokozók miatt igényelnek különösen közegészségügyi szempontból szigorú előírásokat és azok betartását.

Az ipari szennyvizek közül mezőgazdasági hasznosításra csak azok alkalmasak, melyek főként természetes eredetű szennyezőanyagokat és sok szerves anyagot tartalmaznak, toxikus anyag koncentrációjuk nincs, vagy csak a megengedhető határérték alatt van. (Ezeket részletesen ismerteti a fentebb említett kormányrendelet.)

A hazai szabályozásban a hasznosíthatóságot higiénés szempontok szerint csoportosítják (Vermes, 1997):

- Korlátlanul hasznosíthatók azok a szennyvizek, melyek megengedett határérték felett nem tartalmaznak mérgező, káros anyagokat, sugárzó anyagot, valamint a háztartási szennyvizektől elkülönítve kerülnek elvezetésre. Továbbá az olyan ipari gyártási folyamatból származó

szennyvizek, melyeknél nem kell fekális szennyezéssel számolni (pl. gyümölcs- és zöldségkonzerv-gyártás, cukorgyártás szennyvize).

- Korlátozással hasznosíthatók a települési szennyvizek, továbbá az olyan ipari szennyvizek, amelyeknél kórokozó mikroorganizmusok jelenlétével számolni kell (pl. tejüzemi, húsüzemi szennyvizek), de nem tartalmaznak a megengedett értékhatárt meghaladó mennyiségben mérgező vagy sugárzó anyagot.
- Nem hasznosíthatók azok a szennyvizek, amelyekben akár csak egy jellemző is meghaladja a határértéket a káros, mérgező és sugárzó anyagokra vonatkozóan, illetve azok, amelyek fertőző betegeket ellátó intézményekből vagy fertőző állati termékeket is feldolgozó üzemekből különállóan kerülnek elvezetésre.

A 2. táblázat az USA Környezetvédelmi Hivatala (EPA) által kiadott minőségi követelményeket (Borosné, 2009) foglalja össze az öntözéses szennyvízhasznosítás kritériumaként.

| Paraméter | A paraméter jelentősége a szennyvíztisztítás szempontjából | Szokásos értékek a szennyvíz biológiai tisztítása után | Elérendő hasznosíthatósági érték |
|---------------------------|---|--|---|
| kiszűrhető anyagok | összefügghet mikrobiális szennyezéssel | 5-50 mgSS/l* | <5-30 mgSS/l |
| zavarosság | eldugulás, lerakódás veszély, a fertőtlenítés gátlása (pl. UV fertőtlenítésnél) | 1-30 NTU** | <0,1-30 NTU |
| BOI ₅ | szerves szubsztrátum a mikroorganizmusoknak | 10-30 mg/l | <10-45 mg/l |
| KOI | csővezetékben eltömődés és újracsírásdás következhet be | 50-150 mg/l | <20-90 mg/l |
| TOC | csővezetékben eltömődés és újracsírásdás következhet be | 5-20 mg/l | <1-10 mg/l |
| Összes koliform baktérium | Fertőzésveszély | <10 ⁻¹⁰ cfu/100 ml*** | <1-200 cfu/100 ml |
| Fekálkoliform baktériumok | Fertőzésveszély | 1-10 ⁶ cfu/100 ml | 1-10 ³ cfu/100 ml |
| Bélféregpete | Fertőzésveszély | <1-10/l | 0,1-5/l |
| Vírusok | Fertőzésveszély | <1-100/l | 1-50/l |
| Nehézfémek | toxikusak a növényekre (pl. Cd, Zn, Hg, Ni, stb.) | | <0,001 mgHg/l <0,01 mgCd/l <0,1-0,02 mgNi/l |
| szervetlen anyagok | növénytermesztésben az 1 mg/l-nél nagyobb só és különösen a börtartalom hátrányos | | <450 mgTDS/l**** |
| Maradék klórvegyületek | 0,05 mg/l-nél nagyobb klórtartalom az egyes haszonnövényekre káros | | <0,5-1 mgCl/l |
| Nitrogén | öntözéssel bevitt tápanyag | 10-30 mgN/l | <1-30 mgN/l |
| Foszfor | hozzájárul az algásodáshoz, eltömődéshez | 0,1-30 mgP/l | <1-20 mgP/l |

Megjegyzés.: *SS -lebegőanyag
 **NTU – zavarosság
 *** cfu – telepképző egység
 ****TDS-összes oldott anyag

2. táblázat: Az öntözéses szennyvízhasznosítás kritikus paramétereit és határértékeit (EPA, 2004)
 (forrás: Borosné, 2009)

Hazánkban jelenleg a 40/2008 (II.26.) Korm. rendelet (50/2001 (IV. 3.) Korm. rend. módosítása) határozza meg a szennyvizek és szennyvíziszapok felhasználásának és kezelésének szabályait. Lényeges eleme, hogy talajtani vizsgálathoz köti az engedélyezési eljárást, melyhez *közegészségügyi, vízügyi, állategészségügyi és környezetvédelmi szakhatósági szakvéleményt és önkormányzati hozzájárulást* is megkövetel. A talajtani vizsgálatokhoz és az engedélyezéshez szükséges határértékeket a 10/2000 (VI.2.) KöM-EüM-FVM-KHVM együttes rendelete, illetve annak módosítása, a 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM adja meg. A szabályozás kiterjed a védősávok előírására és a vizsgálat rendjére is. E tekintetben is felvetődik a kérdés, hogy a fenti korlátozások a rendelkezésben felsorolt káros-anyag koncentrációk meghatározására vonatkozóan, a rendelet kiadása után eltelt idő óta a klímaváltozásra és a természet növényekre is figyelemmel, reprezentatív módon történtek-e kutatások és azok eredményei milyen változtatásokat igényelhetnek.

2.1.2. Természeti adottságok

A szennyvíz komplex elhelyezése, hasznosítása során az ökológiai rendszer öntisztuló képességét használjuk ki. Ahhoz, hogy ez a folyamat végbemenjen meghatározott minőségű talajra, talajrétegre és időre van szükség, mert ennek hiányában a talajvíz kórokozó mikroorganizmusokkal és még bomló szerves anyaggal szennyeződik. A talajok egyaránt képesek fizikai szűrésre, biológiai átalakításra és kémiai folyamatokra, természetesen egy bizonyos terhelési szintig. Az öntisztulási folyamat végtermékei a különböző szervesetlen sók és a humusz.

A talaj szempontjából a szennyvizek öntözésre való alkalmasságát toxikus anyagtartalma és összes oldott só koncentrációja határozza meg. Utóbbi azért fontos, mert a talaj sótartalmának növekedése szikesedéshez vezethet.

A szennyvízöntözéshez a közepkötött és a könnyebb vályogtalajok a legmegfelelőbbek (Tamás et Blaskó, 2014). Ezek viszonylag nagy vízmennyiségek befogadására képesek és adszorbeáló képességük is megfelelő. A jobb minőségű homoktalajok is alkalmasak, nagy tömegű szennyvíz szűrését teszik lehetővé, de adszorpciós képességük kicsi, ezért tisztítóképeségük hatékonysága is kisebb. Az EU víz újrahasznosítási útmutatója szerint is a szennyvíz hasznosítására legkedvezőbbek a homokos és a homokos-vályog talajok.

A belvíz által erősen, illetve közepesen veszélyeztetett területeken nem célszerű a tisztított szennyvíz öntözési célú felhasználása (Tóth, 2016).

2.1.3. A fajlagos szennyvízmenység

A tisztított szennyvíz a növények növekedésének értékes forrása, megfelelő összetételben tartalmaz vizet, tápanyagot, szerves anyagokat ezért hasznosíthatóságának megállapításakor fontos követelmény annak vizsgálata, hogyan befolyásolja az adott terület tápanyagforgalmi és vízháztartási viszonyait. Az éves fajlagos szennyvízmenység maximális értékének megállapításánál a következő főbb szempontokat kell figyelembe venni:

- a területre jutó és onnan távozó víz egyensúlya, többlet vízmennyiség elvezetésének megoldása,
- a szennyvízzel kijuttatott sókból ne halmozódjon fel káros mennyiség a gyökérzónában,
- a szerves anyag - terhelés ne haladja meg a terület biológiai lebontó képességét,
- a területre kivitt növényi tápanyagok és a növény által felvett mennyiség egyensúlyban legyen,
- a kikerülő toxikus anyagok ne haladják meg a megengedhető terhelési határértéket.

2.1.4. A természetett növény

A tisztított, előkezelt szennyvíz folyadékfázisának mezőgazdaságban történő öntözéssel újrahasznosítására az alábbi lehetőségek adódnak:

- nádas, gyepes területen,
- erdős (pl. nyárfa ültetvény), valamint természetes vegetációjú területeken,
- speciális faültetvényeken (pl. energiaültetvény),
- szántóföldi művelés alatt álló területeken különböző öntözési módszerekkel,
- szőlőben, gyümölcsösben.

A faültetvényes – nyár, fűz – szennyvíztisztító és – elhelyező telepek a tapasztalatok szerint a legalkalmasabbak a szennyvíz gazdaságos és környezetkímélő kezelésére. Az energiaültetvényeken való hasznosítás elsősorban a biomassza termelést szolgálja a faültetvényre – pl. császárfűz, husángfűz, energiafűz, stb. – kijuttatott víz – és növényi tápanyag ellátással.

A megfelelő minőségben előkészített szennyvíz elhelyezése és talajban történő tisztulása mellett az évelő és egyéves szántóföldi kultúrák víz – és részben tápanyag – ellátása is megvalósítható. A természetett növénykultúra: pl. kukorica, cukorrépa, napraforgó, vetőmag lehet. Ebben az esetben az öntözési idényen kívüli szennyvíz fogadását, időszakos tárolását is meg kell oldani. Szántóföldi hasznosítás mellett figyelni kell továbbá arra is, hogy a terület egy részén állandó vegetáció, azaz faültetvény is legyen azokra az időszakokra, mikor a vetésváltás nem teszi lehetővé a szántóföldi elhelyezést.

3. KONKLÚZIÓ

Figyelembe véve a nemzetközi és hazai elvárásokat és az azok mellett szóló érveket a tisztított szennyvíz jövőbeni felhasználásáról, *a társadalmi, gazdasági és környezetvédelmi szempontokat mérlegelve kell dönten*i.

A folyamat legérzékenyebb pontja a társadalmi elfogadtatás, mivel a technológiai, műszaki megvalósításhoz már rendelkezésre állnak a legfejlettebb rendszerek. Ehhez első lépésként célszerű lenne az újrahasznosításra szánt kellően tisztított vizet „új víz”-ként bevezetni a fogalmi meghatározások közé. Le kell határolni az érintettek körét, és azokat már a tervezés korai szakaszába be kell vonni, egyértelműen meghatározva a feladatokat és a felelősségeket.

Az új víz használata nem nélkülözheti a további kutatások és kockázatértékelés folyamatát. Egyértelműen meg kell határozni az EU előírásokkal összhangban a használat céljától függő határértékeket és előírásokat. Ki kell alakítani az újrahasznosítási rendszer megbízható működését szabályozó és azt biztosító előírásokat. A szabályozás során egyértelműen meg kell határozni, hogy az érintett közigazgatási intézményekhez milyen feladat és hatáskör tartozik. A szabályozást úgy kell kialakítani, hogy az államigazgatási szervezetek között összhang legyen. Az újrahasznosítást végzők számára biztosítani kell mindazokat az információkat, amelyek ahhoz szükségesek, hogy a velük szemben támasztott követelményeknek, előírásoknak meg tudjanak felelni. Meg

kell egyértelműen határozni a vizsgált hazai minőségi paramétereket és az azokhoz tartozó határértékeket, melyeket a felhasználás függvényében célszerű kategorizálni. A társadalmi elfogadás fontos feltétele a tájékoztatás, így a mérési eredményeknek hozzáférhetőnek kell lenniük.

Mindezen feltételek teljesülése esetén a kellően tisztított szennyvíz újra használatával:

- hozzájárulunk a környezeti célkitűzések megvalósításához, (népesség megtartás, iparfejlesztés, szociális kérdések, közfoglalkoztatás stb.)
- stabilizálhatjuk vízkészleteinket a víz helyben tartásával,
- aszály és vízhiány által veszélyeztetett területek vízutánpótlása megoldható,
- mezőgazdasági, ipari, valamint települési/tájképi célú hasznosításra nyílik lehetőség.

A biológiailag tisztított szennyvíz tápanyag tartalmának művi úton történő csökkentéséhez jelentős mennyiségű vegyszerre, illetve technológia kiépítésére van szükség, mellyel elérhetjük a felszíni víz befogadóra előírt követelményeket. Amennyiben a talajt, mint természetes közeget tekintjük a szennyvíz utótisztítási lépcsőjének, jelentősen csökkenthetjük a szennyvízben előforduló tápanyagok kivonására használt vegyszert és költségét, továbbá a tápanyagokat hasznosíthatjuk pl. gyenge termőképességű talajokon nagyobb hozamú energia (fás- és lágyszárú) ültetvények létesítésére. A termelt biomassza pedig az energiaellátásban jelenthet pozitív hozadékot.

A települési szennyvíz a kellő mértékben kialakított biológiai fokozat után folyamatosan és megbízható (előre tervezhető) mennyiségben áll rendelkezésre öntözővízként – ingyenesen –, kis koncentrációban növényi tápelemeket (N, P, K) tartalmazva, amelyek hasznosulni tudnak akár szántóföldi, akár fás, vagy energiaültetvényes terület öntözése révén. Ezzel a nagyobb szennyvíztisztítók üzemeltetési költségei csökkenhetnek, mivel a harmadik tisztítási fokozat (foszfor eltávolítás, nitrifikáció és denitrifikáció) ezáltal szükségtelenné válhat.

A tisztított szennyvíz talajjavításra alkalmazható, ezzel csökkentve a műtrágyahasználatot, visszaállítva a hosszú időn keresztül természetesen tartott ültetvények talajminőségét, és ez által alkalmassá válhat gabonatermesztésre is.

A vízhiányos, vagy túlzott vízkitermelés által veszélyeztetett területeken, ahol kevés öntözővíz található, ill. a felszín alatti víz csak részben hasznosítható, ott a tisztított szennyvízzel, vagy azzal kiegészített öntözés a vízkészletek megóvását, illetve a helyben tartott víz általi utánpótlását biztosítja. A Kárpát-medence édesvízkincsének megőrzése (kis vízkörforgásban tartása) szempontjából nagyon fontos, hogy a jövőben a használt vizek mind nagyobb részét helyben tartsuk.

A kellő mértékben tisztított szennyvíz – jelenti, mindig a *hasznosítás szempontjából megkövetelt minőséget* – újrahasznosítása az alábbi környezeti, gazdasági és társadalmi előnyökkel jár:

Környezeti előnyök:

- vízkészletek racionális allokációja és megőrzése, különösen azokon a helyeken, ahol vízhiány van vagy a jövőben a klímaváltozás, népességváltozás hatására igénynövekedés várható,
- csökkenti a befogadó közvetlen szennyvízbevezetésből származó tápanyagterhelését, és lehetőség nyílik a tápanyagok újrahasznosítására,
- a tisztításnál felhasznált vegyszerek mennyiségének csökkenésével csökken a környezetterhelés,
- a vízszolgáltatás energiaigényeinek csökkenésével enyhíthető az üvegházhatású gázok kibocsátása,
- vízháztartási viszonyok javítása,
- műtrágya felhasználás csökkentése,
- vizes élőhelyek állapotjavításának, megőrzésének elősegítése,
- hozzájárulhat a felszín alatti vizek jó mennyiségi állapotának eléréséhez,
- a felszín alatti víztárolás minimalizálja a párolgást, alacsony a másodlagos szennyezés (állatok), nincs algásodás (Tóth, 2016).

Gazdasági előnyök:

- gyenge termőképességű talajok hasznosítása,
- minőségi alapanyagok biztonságos előállítás (Ligetvári, 2017).

Társadalmi előnyök:

- népesség-megtartás,
- reális közfoglalkoztatási feladatok,
- a vállalkozóvá válás folyamatának megteremtése (Ligetvári, 2017).

A víz újrahasznosítás hatására csökken a pontoszerű szennyező-források száma, javulhat a vízfolyások állapota, megőrizhetők a legjobb minőségű készletek, ezáltal a jó ökológiai állapot elérésének intézkedési költségei csökkennek.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

A vízellátásban globálisan felmerülő problémák, a népesség növekedése, az urbanizáció, az éghajlatváltozás és a készletek pazarló felhasználása egyre inkább sürgetik azoknak a technológiáknak a kidolgozását és alkalmazását, melyekkel mérsékelhető a használati víz kitermelésének mértéke. Ezzel összefüggésben a fenntartható vízgazdálkodás a keletkezett szennyvíz minél nagyobb arányú újrahasznosítását helyezi előtérbe, mely során olyan szennyvízgazdálkodási folyamat valósul meg, amely védi és segíti megőrizni az emberi egészséget, nem károsítja a környezetet, nem meríti ki a természeti erőforrásokat, megfelelő műszaki és intézményi háttérrel rendelkezik, gazdaságilag életképes és társadalmilag elfogadott.

A tisztított szennyvíz folyadékfázisa az édesvízhiánnyal küszködő országok számára jelenthet lehetőséget édesvízkészleteik látszólagos bővítésére. A fejlett, környezetkímélő politikát követő országok számára is kedvező

alternatívát biztosít, figyelembe véve, hogy a legnagyobb vízfelhasználó a mezőgazdaság, így pl. az öntözés területén a kitermelt és felhasznált frissvíz mennyisége hatékonyan csökkenthető. Jelenleg ugyan egészségügyi szempontból társadalmilag elfogadottabb a kevésbé kockázatosnak ítélt energetikai célú növények termesztéséhez történő felhasználás, ami a jövőben megfelelő szabályozással azonban tovább fejleszthető és sokoldalúbbá tehető. A klímaváltozás ugyanis újabb kihívás elé állítja a vízgazdálkodást ebben is fontos szerepet adva a szennyvíz újrahasznosításának, melyen keresztül az aszály hatásai mérsékelhetők, a víz helyben tartásával a vízkészletek utánpótlása megoldható. Ez a jövőben a talaj, mint természetes, nagy hatékonysággal rendelkező tisztító közeg nagyobb arányú kihasználást igényli.

A modern szennyvízgazdálkodás és szennyvíztisztítás három legfontosabb funkciója a közegészség védelme, a növényi tápanyagok visszaforgatása és a környezetleromlás elleni védekezés, melyek kielégítéséhez ma már magas színvonalú technológia szükséges. *Ez fontos elsősorban azért, mivel a társadalom ma már nem nélkülözheti a felhasznált víz visszaforgatását, de a víz minőségének fenntartásáért viszont a társadalomra hárul a felelősség.*

FELHASZNÁLT SZAKIRODALOM

1. Aszálystratégia - Az aszály kezelésének hosszú távú koncepciójáról
<http://2010-2014.kormany.hu/download/7/0a/90000/Aszalystrategia.pdf> letöltve 2017. május 30.
2. Bihari, Z. (2014): Magyarország jelenlegi és várható csapadékviszonyai, különös tekintettel a szélsőségekre c. előadás „A víz hiánya és többlete, mint potenciális veszélyforrás”, nemzetközi tudományos-szakmai konferencia 2014. november 5-6., Budapest
3. Boros, Tné (2002): Az édesvíz fenntartható használata Környezetvédelmi füzetek Budapest Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem BME-OMIKK Bp.
4. Boros, Tné (2004): A szennyvíz újrahasznosítás célú kezelési módszerei, hasznosítási programok és eredmények világviszonylatú áttekintése Műszaki Információk Környezetvédelem 2004/19-20 BME –OMIKK, Bp.
5. Boros, Tné (2009): Települési szennyvíz előkészítése öntözéses földművelési hasznosításra, ELGOSCAR Környezetvédelem 2009/9-10
6. COM (2015) 614
7. H. Cooley - K. Donnelly- R. Phurisamban -M. Subramanian: Impacts of California's Ongoing Drought, Agriculture ISBN-13: 978-1-893790-66-7, 2015 August Pacific Institute
8. Dulovics, D.né et Dulovics, D. (2008): A klímaváltozás hatása a települési vízgazdálkodás egyes elemeire, MaSzeSz HÍRCSATORNA, 2008/9-10.
9. Dulovics, Dné (2017): Megjelenés előtt „A keletkezés helyén hasznosító, nem ivó- (használati-) vízellátó rendszerek” 2, Rész: Tisztított szürkevíz hasznosító rendszerek” című európai-magyar szabvány. MaSzeSz HÍRCSATORNA 2017. 5. szám
10. Európai Bizottság sajtóközleménye. Letöltve 2016.04.05-én: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-16-827_hu.htm
11. FAO 2007: Coping with water scarcity. Letöltve 2016.04.05-én a FAO weboldaláról: <http://www.fao.org/nr/water/docs/escarcity.pdf>
12. Gayer, J. - Ligetvári, F. (2015): Települési vízgazdálkodás, csapadékvíz elhelyezés, AQUAPROFIT, Budapest
13. IPCC 5. Helyzetértékelő jelentés – Climate Change 2013 The Physical Science Basis
14. Juhász, E.: Klímaváltozás és a vízi közművek, MaSzeSz HÍRCSATORNA 2007/07-08
15. Juhász, E., Major, V., (2016): Sanitation in Hungary, Hidrológiai Közlöny, 96. évf. 3. szám)

16. Khan, S. (2013): Drinking water through recycling The benefits and costs of supplying direct to the distribution system Australian Water Recycling Centre of Excellence Report of a study by the Australian Academy of Technological Sciences and Engineering (ATSE)
17. Kolossváry, G. (2017): Körforgásos gazdaság- tisztított szennyvíz öntözési célú felhasználása” MaSzeSz XVIII., Konferencia előadás, Lajosmizse
18. Ligetvári, F. (2017): A részlegesen tisztított szennyvíz közcélú hasznosítása MaSzeSz XVIII. Konferencia Lajosmizse, előadás
19. Öllős, G. (2012): Környezetvédelem Új Levédia Kft.
20. Öllős, I. (2017): Körforgásos gazdaság modellje, MaSzeSz Lajosmizsei Konferencia Ismertető.
21. Összefoglaló Magyarország éghajlatának várható alakulásáról Készült az Országos Meteorológiai Szolgálat és az ELTE Meteorológiai Tanszék regionális klímamodell-eredményeinek együttes elemzése alapján (2010) <<http://www.met.hu>>, (letöltés:2015.11.14.)
22. Padra, I. (2017): Fenntartható körforgás a természetben és a gazdaságban. Szennyvíziszappal az elérhető klímáért. MaSzeSz XVIII. Konferencia, Lajosmizse
23. Piac Profit on line <http://www.piacprofit.hu/klimablog/izrael-tanult-a-vizhianybol/>
24. Schultz, Gy. (2005): Fenntartható vízgazdálkodás, - a víz újrahasznosítása, BME OMIKK Környezetvédelem 2005/9-10.
25. Tamás, J. – Blaskó, L.: Environmental management, Debreceni Egyetem a TÁMOP 4.1.2.pályázat, http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0032_kornyezettechnologia/ch09s02.htm, 2008I
26. Tóth, T.: Intézkedési javaslatok - Tisztított szennyvíz újrahasznosítás Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében, Országos Vízügyi Főigazgatóság, 2016
27. Veolia Water: The world leader in water services and water treatment) <http://www.veoliawater.com>. letöltve 2012. március
28. Vermes L.: Vízgazdálkodás, Szaktudás Kiadó Ház, 1997
29. World Water Development Report 2016. Letöltve 2016.04.05-én: <http://www.unwater.org/publications/publications-detail/en/c/396246>

AZ ELEVENISZAP REOLÓGIAI TULAJDONSÁGAINAK VIZSGÁLATA AZ ISZAPPEHELY SZERKEZET ÉS ÜLEPÍTHETŐSÉG FÜGGVÉNYÉBEN II.: 2017-BEN ELÉRT EREDMÉNYEK

BAKOS VINCE¹, GYARMATI BENJÁMIN², LAURENT VACHOUD³, EMILIE RUIZ³, NAGY GÖDE PÉTER⁴, NAGY ESZTER¹, KOVÁCS RÉKA¹, MICHÈLE DELALONDE³, CHRISTELLE WISNIEWSKI³

¹ BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM,
ALKALMAZOTT BIOTECHNOLÓGIA ÉS ÉLELMISZER-TUDOMÁNYI
TANSZÉK, 1111 BUDAPEST

² BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM,
FIZIKAI KÉMIA ÉS ANYAGTUDOMÁNYI TANSZÉK, 1111 BUDAPEST

³ UMR QUALISUD (UNIVERSITÉ DE MONTPELLIER,
FACULTÉ DE PHARMACIE), (TA B95/16 – 73 RUE JEAN-FRANCOIS
BRETON, 34398 MONTPELLIER CEDEX 5, FRANCE)

⁴ DUNA-MENTI REGIONÁLIS VÍZMŰVEK ZRT., 2600 VÁC,
KODÁLY ZOLTÁN ÚT 3.

A kutatás 2015-2016. évben elért eredményeit a Hírcsatorna előző számában (2017/5. szám, pp. 17-24) ugyanebben a témában megjelent cikkünk foglalja össze (Bakos et al. 2017).

RÖVID ÖSSZEFOGLALÁS

A magyar-francia kétoldalú projekt keretében végzett kutatás célja az volt, hogy az eleveniszap reológiai tulajdonságait megvizsgáljuk az iszappehely szerkezet alakulásának függvényében. A 2015-16. évben elért eredményekre támaszkodva, és a kidolgozott

reológiai mérési módszerrel, két egyidejűleg üzemeltetett folytonos üzemű eleveniszapos modellrendszerrel működtettünk, az egyikben viszkózus iszappuffadást, a másikban ún. low S – low DO fonalasodást előidézve. Az eredmények azt mutatták, hogy a drasztikus

ülededés romlást okozó változások – az extracelluláris poliszacharid túltermelés és a fonalasodás – egyaránt, de különböző mértékben a viszkozitás és a konzisztencia növekedését eredményezték. A 3,5 g/l eleveniszap koncentráció mellett végzett reológiai mérések eredményei arról tanúskodtak, hogy ún. „double gap” (koncentrikus henger) mérőfej alkalmazásával a jellemzően alacsony viszkozitás tartományban pontosabb eredmények érhetők el, mint ún. lap-lap elrendezéssel.

Kulcsszavak: eleveniszap, fonalasodás, viszkózus izzappuffadás, reológia, viszkozitás

BEVEZETÉS, A KUTATÁS CÉLJA

Bár egyre gazdagabb szakirodalom (Seyssiecq et al. 2003, Estiaghi et al. 2013, Ratkovich et al. 2013) foglalkozik az eleveniszap reológiai tulajdonságainak különböző tényezők szerinti függésével (pl. izzapkoncentráció, hőmérséklet, szerves anyag tartalom, stb.), az eleveniszap pehelyszerkezet és ülephetőség alakulásának függvényében végzett, reológiai tulajdonságokra vonatkozó vizsgálatok nem jellemzőek, a téma irodalma hiányosnak mondható.

Az eleveniszap reológiai tulajdonságainak vizsgálatát a 2015-16-ban végzett kísérletek során kidolgozott mérési módszerekre és eredményekre (Bakos et al. 2017) támaszkodva

folytattuk 2017-ben. A 2016 tavaszán végzett laboratóriumi modellkísérlet során nem vált egyértelművé, hogy az iszap ülededésének leromlásával megnövekedő viszkozitást és konzisztenciát a fonalasodás, avagy a viszkózus izzappuffadás okozza, ill. melyik szerkezetváltozás milyen mértékben felelős értük. Miután a korábbi kísérletben a fonalasok és az extracelluláris poliszacharidok együttes túlzott jelenléte volt jellemző, ezúttal két külön rendszerben céloztuk elérni önmagában a fonalasodást és a viszkózus izzappuffadást.

Ennek megfelelően két különböző folytonos üzemű laboratóriumi modellrendszert üzemeltettünk, amelyek egyikében az extracelluláris poliszacharidok (EPS: extracellular polysaccharides) túltermelése (Kovács, 2017), míg a másikban a fonalas izzappuffadás előidézése (Nagy, 2017) volt a cél. A kapott eredmények lehetővé tették az alkalmazott reológiai mérési módszerek összehasonlítását, valamint a két rendszer és a 2016-ban kivitelezett kísérlet eredményeinek összehasonlító értékelését is.

KUTATÁSI KONCEPCIÓ, ALKALMAZOTT MÓDSZEREK

A célok eléréséhez folytonos üzemű laboratóriumi modellkísérletekben előidézttük az eleveniszap viszkózus izzappuffadását (*EPS termelő rendszer*), ill. fonalasodását (*Fonalas rendszer*).

A kísérleti rendszerek bioreaktor elrendezése megegyezett (lásd. **1. és 2. ábrák**), az egyetlen aerob bioreaktor 9,5 l hasznos térfogatú volt (hidraulikai tartózkodási idő = 19 h). Mivel a *Fonalas rendszerben* ún. low S – low DO (alacsony szubsztrát – alacsony oldott oxigén koncentráció mellett) fonalásodást kívántunk előidézni, a levegőztetés intenzitását nagymértékben csökkentettük, és a gyenge levegőztetés melletti reaktorbeli iszap kiülepedés elkerülésére mechanikai keverést is alkalmaztunk. A modell rendszereket 30 napon át üzemeltettük.

A kísérleti rendszereket az Észak-budapesti Szennyvíztisztító Telepről származó ideális-közeli szerkezetű, jól ülepedő eleveniszappal indítottuk el, és a bioreaktorokra folytonos betáplálással műszennyvizet adagoltunk. Az *EPS termelő rendszer* esetén az alkalmazott tápanyaghiányos összetétel kristálycukrot, Na-acetátot, félédes fehér bort, di-kálium-hidrogén-foszfátot és Ca-, valamint Mg-sókat tartalmazott, amelyhez nem történt kiegészítő N forrás adagolás, és a hozzáadott foszfor mennyisége is minimális volt. A *Fonalas rendszer* esetén a befolyó szennyvíz peptont, Na-acetátot, di-kálium-hidrogén-foszfátot és Ca-, valamint Mg-sókat tartalmazott, itt cél volt az alacsony KOI koncentráció biztosítása, és a szűkös N és P elérhetőség (Jenkins et al. 2004).

A 2016-ban végzett laboratóriumi kísérlethez (Bakos et al. 2017) hasonlóan nyomon követtük a befolyó és az elfolyó szennyvíz pH-ját, KOI, NH_4N , NO_3N és PO_4P koncentrációját,

a hőmérsékletet, a biomassza koncentrációt és az iszap ülepedési indexet (hígítatlanul és hígítva egyaránt – SVI és DSVI), mikroszkópos vizsgálatokkal (Olympus CX41) pedig az iszap pehely szerkezetének változását. mind natív, mind pedig festett minták vizsgálatával. Az extracelluláris poliszaccharidok jelenlétének kimutatására tusfestést, a *Fonalas rendszerben* a fonalások minőségi meghatározásához pedig Gram és Neisser festési eljárásokat alkalmaztunk (Jenkins et al. 2004). A fonalások gyakoriságának pontos számszerűsítésére Nagy Göde Péter optikai vizsgálati módszerét alkalmaztuk (Nagy Göde, 2010).

A reológiai méréseket Anton Paar Physica MCR 301 típusú mérőműszerrel végeztük el kétféle mérőfej alkalmazásával. A BME Fizikai Kémia és Anyagtudományi Tanszék Lágyműanyagok Csoportjának laboratóriumában PP50/S laplap mérőfejjel rotációs üzemmódban, 2 mm mérési réstávolsággal végeztük el a vizsgálatokat, míg bizonyos mintákat az UMR Qualisud (Université de Montpellier, Montpellier, Franciaország) laboratóriuma is megvizsgált ugyanilyen típusú mérőberendezéssel, de ún. „double gap” (koncentrikus henger) kialakítású mérőfej alkalmazásával. A vizsgált eleveniszap minták koncentrációját a mérések előtt egységesen 3,5 g/l értékre állítottuk (tisztított szennyvízzel való hígítással vagy dekantálással), a viszkozitást 0,01 – 1000 s^{-1} nyírási sebesség tartományban mértük. Ezt követően a mért látszólagos viszkozitás adatokat a 0,1 – 100 s^{-1} nyírási sebesség tartományon értékeltük ki, és a reológiai görbékből (nyírási sebesség vs. viszkozitás) meghatároztuk

a vizsgált szuszpenziók konzisztencia együtthatóját (K , [Pa.sⁿ]), valamint folyási indexét (n , [-]) az Ostwald hatvány összefüggés felhasználásával (lásd. 1. egyenlet, Khongnakorn et al. 2010).

$$1. \text{ egyenlet} \quad \eta = K * \dot{\gamma}^{(n-1)}$$

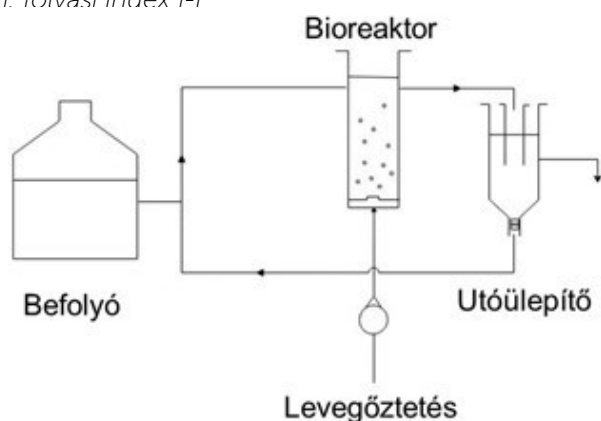
ahol:

η : viszkozitás [Pa.s]

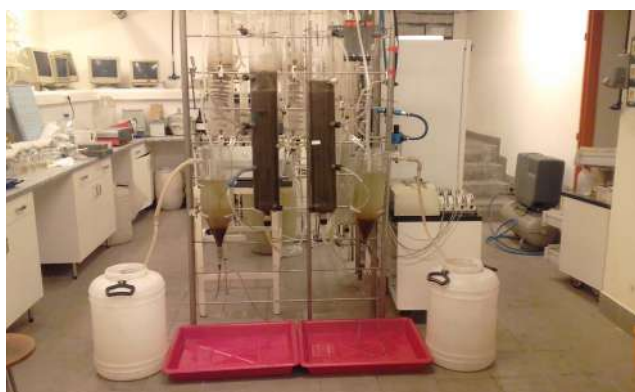
K : konzisztencia koefficiens [Pa.sⁿ]

$\dot{\gamma}$: nyírási sebesség [1/s]

n : folvási index [-]



1. ábra: A 2017 tavaszán összeállított modell berendezések technológiai elrendezési rajza



2. ábra: A 2017 tavaszán összeállított modell berendezések fényképe (Balra: EPS termelő rendszer, Jobbra: Fonalas rendszer, Bakos Vince felvétele)

EREDMÉNYEK

A betáplálásra naponta frissen előállított műszennyvizet termosztált hűtőszekrényben, 7,0–9,5 °C között tároltuk, hogy a szerves anyag lebomlását elkerüljük. A bioreaktorok hőmérséklete 17,0–21,5 °C közötti értékeket vett fel a laborhőmérsékletnek megfelelően.

Az EPS termelő rendszert intenzíven levegőztettük, így a kísérlet elején a bioreaktorban 6 mg/l-nél magasabb oldott oxigén koncentráció is elérhető volt. Ez azonban már egy hét elteltével 4,0–4,5 mg/l közé mérséklődött. A levegőztető diffúzorát szükséges volt rendszeresen tisztítani, mivel a ráakodott biofilm, ill. extracelluláris polimer réteg egy idő után nem tette lehetővé a megfelelően kisméretű buborékok képződését, így csökkentve az oxigénátadás hatékonyságát. A kísérlet második felében a DO koncentráció 0,6–2,8 mg/l között mozgott, így alacsony oldott oxigén koncentrációjú állapot is előfordult.

A Fonalas rendszer esetében nagyon kis térfogatáramú levegőztetést alkalmaztunk, hogy alacsony oldott oxigén koncentrációt, és így fonalas növekedési előnyt biztosítsunk (low DO körülmények), az oldott oxigén szint a kísérlet alatt jellemzően a 0,05–0,3 mg/l tartományban mozgott.

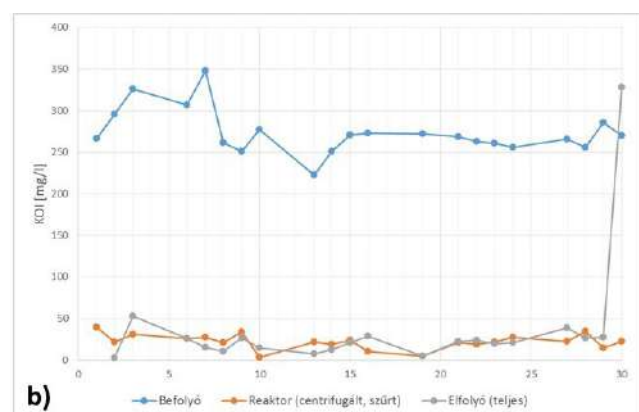
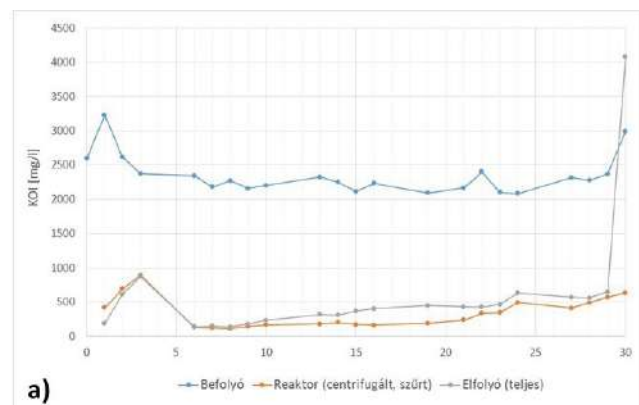
A 3. ábra a kísérleti rendszerek KOI koncentrációit mutatja be. Az EPS termelő rendszerben a kezdeti adaptációs időszakot követően 90% feletti KOI eltávolítási hatékonyság volt megfigyelhető. Az elfolyó KOI koncentráció

növekedéséhez az elúszó lebegőanyag és a megemelkedő EPS tartalom mellett a leromló oxigén beviteli hatékonysággal lecsökkenő oldott oxigén koncentráció járulhatott hozzá. A *Fonalas rendszer* esetében végig 85% feletti KOI eltávolítás volt jellemző. A kísérlet utolsó napján a mindkét rendszerben jelentkező, feltelt utóülepítőből történő iszapelúszás miatt a KOI koncentráció drasztikusan megemelkedett az elfolyóban, a kísérleti rendszerek üzemeltethetlenné váltak.

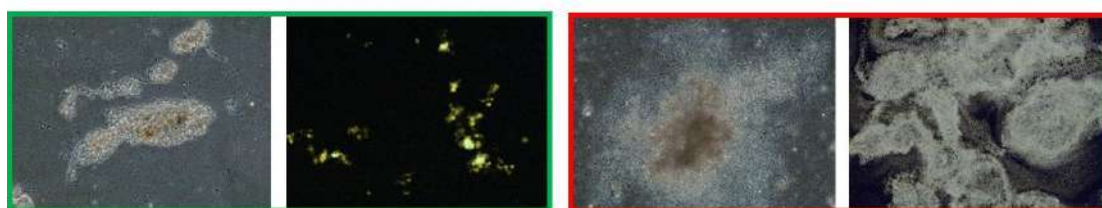
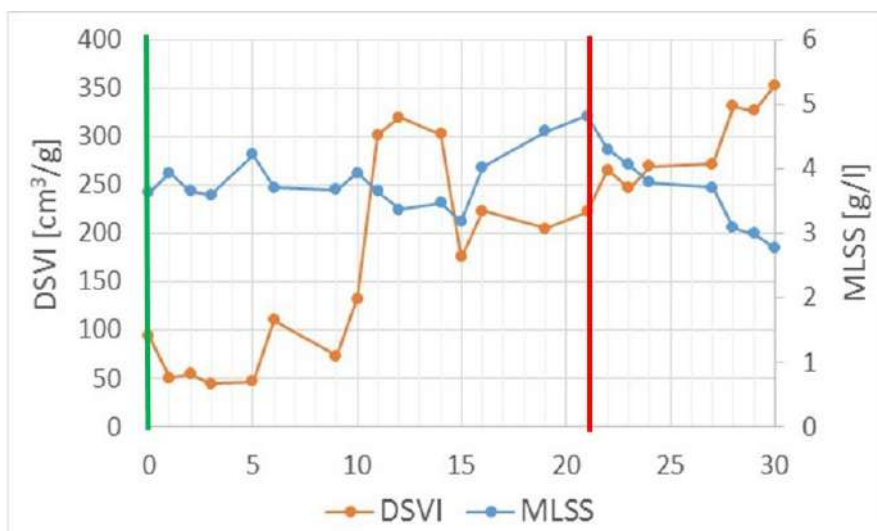
A **4. ábra** diagramja arról tanúskodik, hogy az EPS termelő rendszerben kialakuló eleveniszap ülepszhetősége kb. 10 nap elteltével drasztikusan leromlott, ami a mikroszkópos képeken látható módon az extracelluláris poliszacharid túltermelődés miatt állt elő. Az iszapban fonalások csak elvétve és kis számban fordultak elő. Az iszap ülepedési index a kísérlet végére meghaladta a 300 cm³/g értéket, ami egyúttal a bioreaktor hígulásához, az utóülepítő felteléséhez és iszapelúszáshoz vezetett.

A *Fonalas rendszerben* az ülepszhetőség nagymértékű és gyors leromlása a 13. naptól kezdődött (lásd. **5. ábra** diagramja). Annak ellenére, hogy csak a napi mintavételeknek megfelelő minimális, kb. 200-400 cm³/d iszapelvétele történt, állandó stabil iszapkoncentráció nem volt tartható a bioreaktorban. Az iszapkoncentráció csökkenése a kevés befolyó szubsztrát mennyiséggel, az oldott oxigén és a tápanyagok szűkösségével magyarázható. A kísérlet vége felé ennek megfelelően nagy kihívást jelentett a reológiai

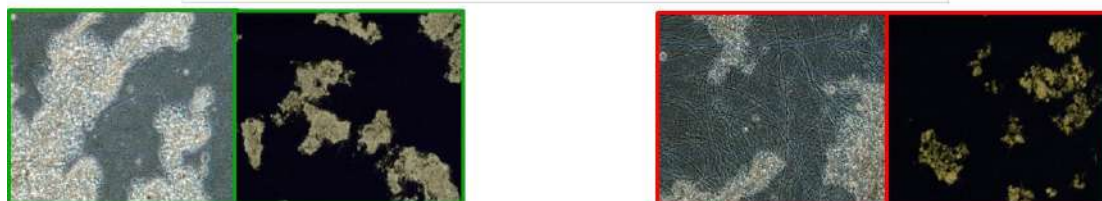
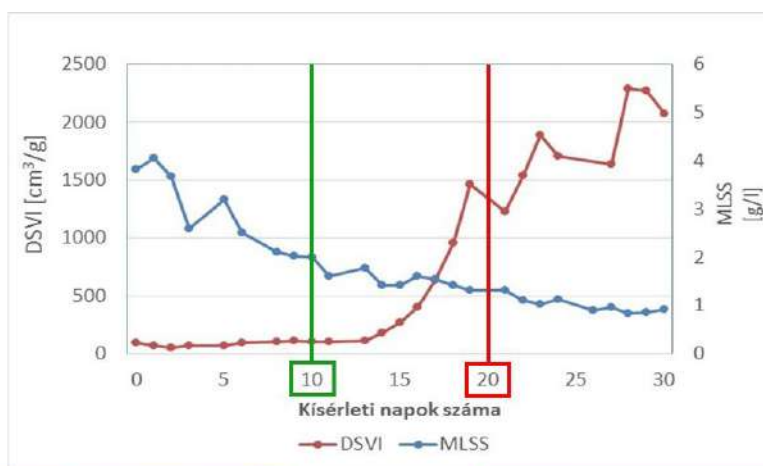
mérések előtt az iszapkoncentrációt 3,5 g/l-re beállítani dekantálással (különösen, hogy az iszap egyre nehezebben ülepedett). A hígított iszap ülepedési index a kísérlet végére (részben az igen alacsony iszapkoncentráció következtében) szélsőségesen magas, 2000 cm³/g körüli értékeket ért el. A natív mintákról készült mikroszkópos képek jól mutatják a fonalások drasztikus felszaporodását, a tussal festett minták pedig azt igazolják, hogy extracelluláris poliszacharid túltermelés a *Fonalas rendszerben* nem történt.



3. ábra: A KOI koncentráció alakulása a) az EPS termelő rendszerben b) a *Fonalas rendszerben*



4. ábra: Az iszap ülepedési index és az iszapkoncentráció alakulása az EPS termelő rendszerben (Mikroszkópos képek: natív képek – 200-szoros nagyítás, tussal festett képek – 100-szoros nagyítás)



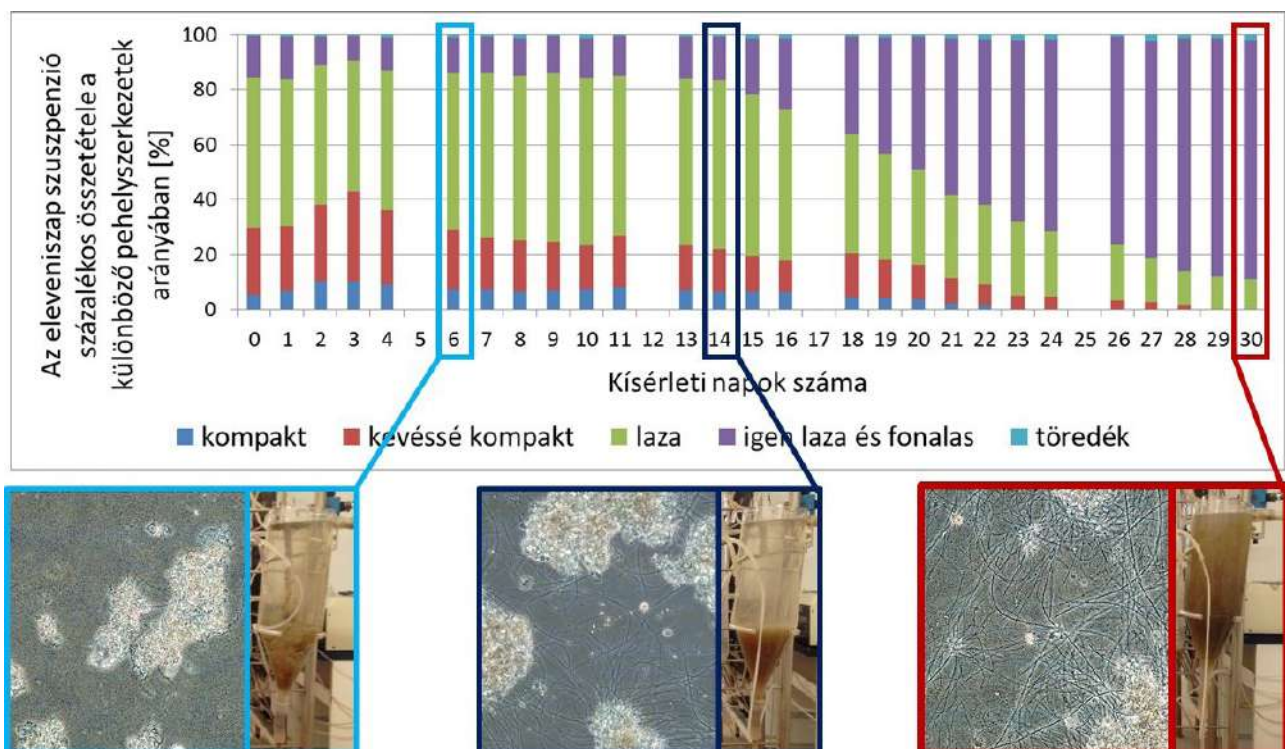
5. ábra: Az iszap ülepedési index és az iszapkoncentráció alakulása a Fonalas rendszerben (Mikroszkópos képek: natív képek – 200-szoros nagyítás, tussal festett képek – 100-szoros nagyítás)

Megállapítható, hogy mindkét rendszerben sikerült elérni a kísérleti célt, azaz ugyanaból az ideális-közeli flokkulum szerkezetből kiindulva az *EPS termelő* rendszerben önállóan a viszkózus iszappuffadás, a *Fonalas rendszerben* pedig önállóan a fonalasodás előidézését.

A *Fonalas rendszerben* a fonalasok mennyiségi meghatározását Nagy Göde Péter optikai módszerével végeztük el (Nagy Göde, 2010), a vizsgálat igen jól számszerűsítette, amit szabad szemmel a mikroszkópos vizsgálatnál tapasztaltunk. A **6. ábra** diagramja és mikroszkópos képei azt mutatják, hogy

a kísérlet 13-14. napjától kezdve a fonalasok száma gyors növekedésnek indult, és a kísérlet végére az eleveniszap 90%-ban fonalas szervezeteket tartalmazott.

A Gram és Neisser festés alkalmazásával történt fonalas minőségi meghatározás azt mutatta, hogy a *Fonalas rendszer* eleveniszapja tartalmazott *Microthrix parvicella*, *Haliscomenobacter hydrossis*, *Nostocoida limicola II* és *Nostocoida limicola III* fajokat, ugyanakkor a kísérlet második felében bekövetkező nagymértékű fonalasodásért elsősorban a *Type 021N* és a *Thiothrix II* fajok nagy gyakoriságú elterjedése volt felelős.

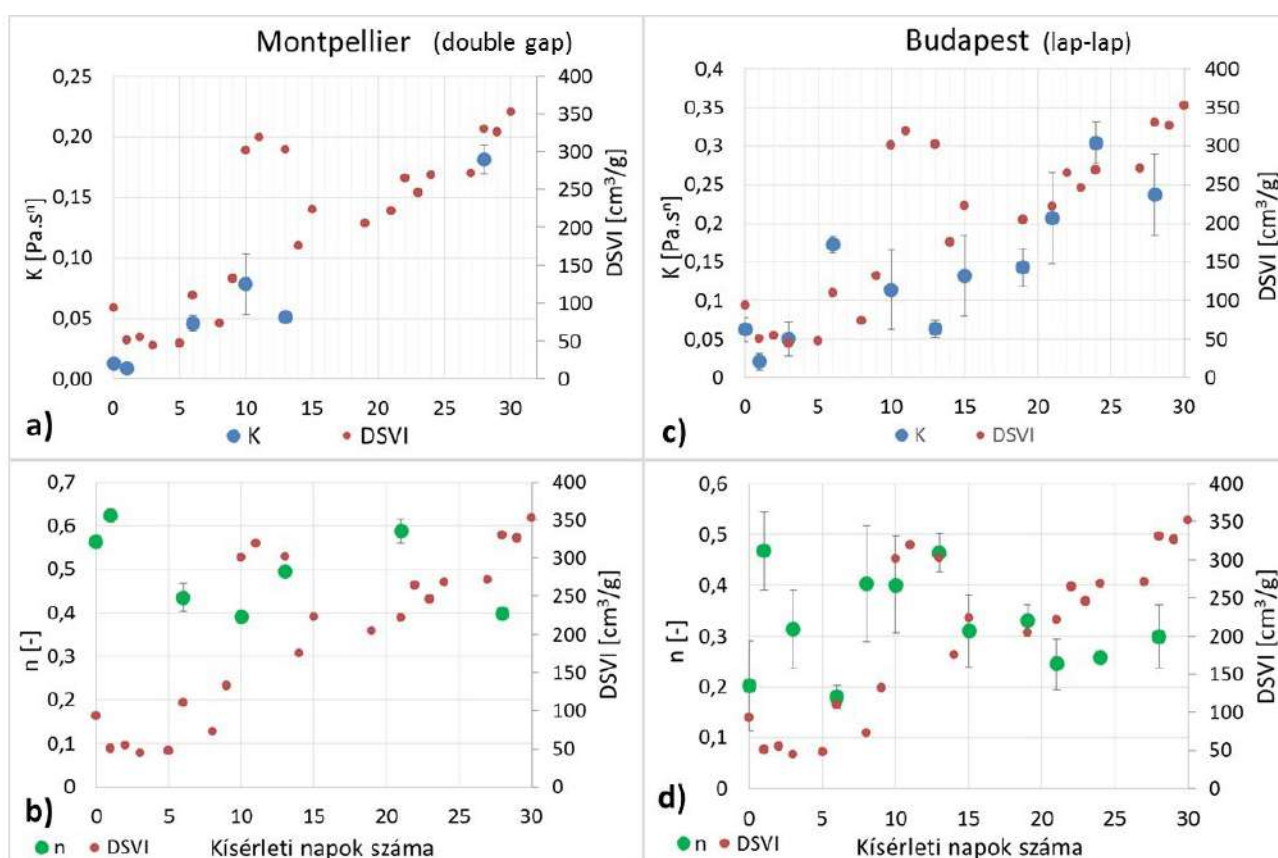


6. ábra: Az eleveniszap pehelyszerkezeti összetételének alakulása a *Fonalas rendszerben*

A reológiai vizsgálatok eredményeit a **7. és 8. ábrák** diagramjai foglalják össze. Az eredmények azt mutatják, hogy a vizsgált viszkozitás tartomány esetében a „double gap” mérőfejjel pontosabb, megbízhatóbb eredmények kaphatók, a minden esetben három párhuzamos minta eredményéből kapott szórások a konzisztencia koefficiens (K) és a folyási indexek (n) esetében is jóval nagyobbak adódtak lap-lap lerendezés alkalmazásával.

A **7. ábra a) és c)** diagramjai azt mutatják, hogy az *EPS* termelő rendszerben, azaz viszkózus

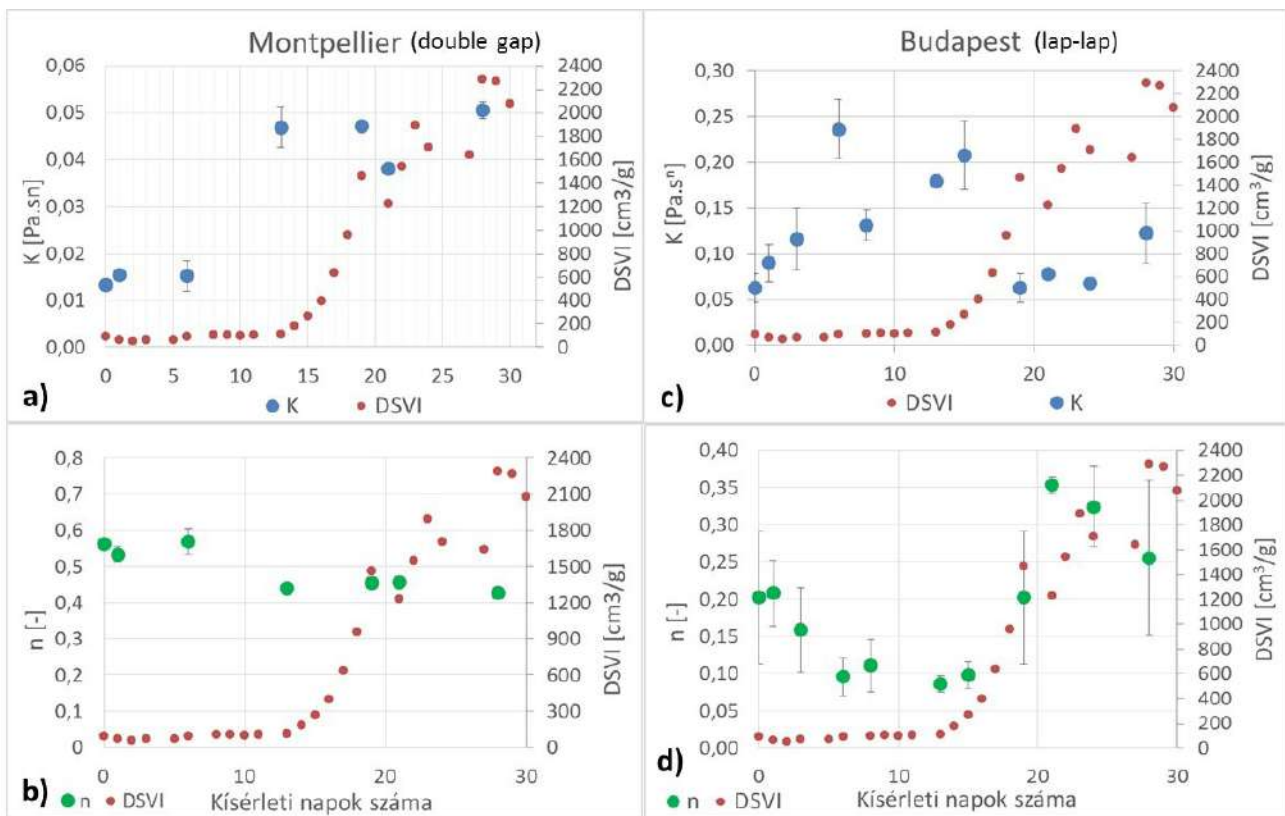
iszappuffadás esetén az iszap ülepedési index növekedésével jól láthatóan a K is nagymértékben növekszik (amit a lap-lap elrendezéssel mért eredmények is jól mutatnak), a kísérlet végére egy nagyságrenddel nagyobbak adódtak a kiindulási értéknél, ami arra utal, hogy a szuszpenzió szerkezete komplexebbé, állaga közel gélszerűvé válhatott. A **7. b)** és **d)** ábrák ugyanakkor arról tanúskodnak, hogy az extracelluláris poliszacharid felhalmozódásával a folyási indexek változásában nem figyelhető meg egyértelmű tendencia.



7. ábra: A reológiai vizsgálati eredmények és az iszap ülepedési index alakulása az *EPS* termelő rendszerben: a) és b): a „double gap” mérőfejjel mért konzisztencia koefficiens és folyási index; c) és d): a lap-lap mérőfejjel mért konzisztencia koefficiens és folyási index.

Amint azt a **8. a)** és **b) ábrák** diagramjai szemléltetik, a *Fonolas rendszer* esetében a kis viszkozitás miatt lap-lap elrendezéssel nem mutatható ki egyértelmű tendencia a K alakulásában, míg „double gap” mérőfejjel ez esetben is megfigyelhető a K növekedése az iszap ülepedési index növekedésével. A kísérlet végére a K a kiindulási érték kb. 5-szörösére emelkedett, ez a növekedés a DSVI sokkal

nagyobb mértékű megnövekedése ellenére kisebb mértékű, mint az EPS termelő rendszerben (vö. **7. a. ábra**: a K kb. 10-szeresére nő). A „double gap” mérőfejjel mért folyási index értékek ugyan kb. 20%-os csökkenést mutatnak az iszap ülepedhetőségének romlásával, de ezt egyértelműen megállapítani csak jóval több mérési adat tükrében lehetne.



8. ábra: A reológiai vizsgálati eredmények és az iszap ülepedési index alakulása a *Fonolas rendszerben*:
a) és b): a „double gap” mérőfejjel mért konzisztencia koefficiens és folyási index;
c) és d): a lap-lap mérőfejjel mért konzisztencia koefficiens és folyási index.

KÖVETKEZTETÉSEK

Folytonos üzemű laboratóriumi modellkísérletben tápanyaghiányos szennyvízzel teljesen aerob rendszerben sikerült előidézni az eleveniszap viszkózus iszappuffadását (*EPS termelő rendszer*), míg low S – low DO körülmények között nagymértékű fonalasodást értünk el (*Fonalas rendszer*). Mindkét kísérleti rendszerben 30 nap elteltével ülepíthetetlené vált a biomassa, felteltek az utóülepítők és iszapelúszás következett be.

A *Fonalas rendszer* eleveniszapja a kísérlet végére 90%-ban fonalas szervezeteket tartalmazott, amelyért elsősorban a *Type 021N* és *Thiothrix* fajok nagyszámú jelenléte volt felelős.

A 3,5 g/l iszapkoncentráció mellett végzett reológiai vizsgálatok eredményei azt mutatták, hogy a vizsgált viszkozitás tartományban a „double gap” (koncentrikus henger) mérőfejjel végzett mérések megbízhatóbbak a laplap elrendezésnél. A mérési eredmények arról tanúskodtak, hogy a viszkózus iszappuffadás a konzisztencia koefficiens jóval nagyobb mértékű (kb. 10-szeres) növekedését okozza, mint a fonalások gyakoriságának drasztikus növekedése, amely esetén csak kb. 5-szörös növekedés volt megfigyelhető. Az iszap szerkezet változások hatására a folyási indexben

egyértelmű trendszerű változás nem volt megállapítható.

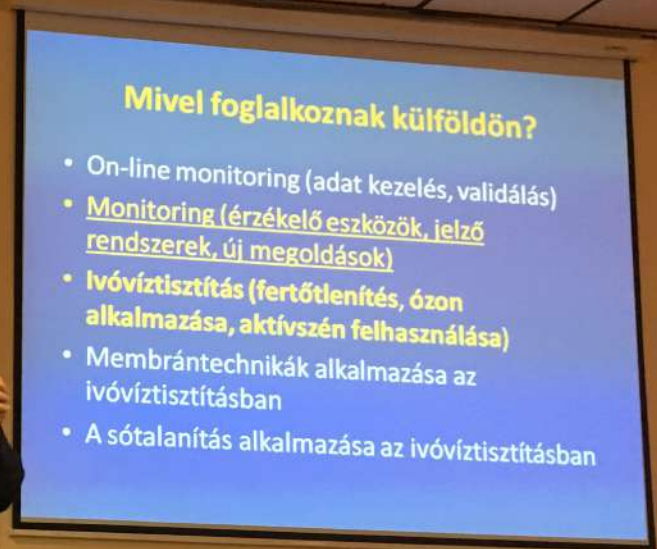
A kutatás keretében kapott eredmények jó eszközül szolgálhatnak az eleveniszap szerkezet változások reológiai nyomon követésére, valamint a nagy energia-felhasználású és/vagy biomassa elválasztási problémákkal küzdő eleveniszapos rendszerek költségkímélő hatékonyság növelésére.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás eredményei a *TÉT_14_FR-1-2015-0033* sz. Magyar-Francia Kétoldalú Tudományos és Technológiai Együttműködés keretében jöhetnek létre a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal, valamint a Campus France anyagi támogatásával. Köszönet Dr. Jobbágy Andrea c. egyetemi tanárnak, a BME ABÉT Szennyvíztisztítási biotechnológiák kutatócsoport vezetőjének, hogy építhettünk a kialakított berendezés parkra, kifejlesztett kísérleti technikára és az átadott széleskörű tapasztalatokra; és Dr. Szilágyi András egyetemi docensnek, a BME FKAT kutatócsoport vezetőjének, hogy rendelkezésünkre bocsátotta a reológiai vizsgálatok helyszínéül szolgáló laboratóriumot és a mérőberendezést.

IRODALOMJEGYZÉK

1. Bakos, V., Gyarmati, B., Vachoud, L., Kovács, R., Cifka, F., Wisniewski, C. (2017): Az eleveniszap reológiai tulajdonságainak vizsgálata az iszap pehely szerkezet és ülephetőség függvényében. *MaSzeSz HÍRCSATORNA*, 2017/5. szám, pp. 17-24.
2. Bakos, V., Kiss, B., Jobbágy, A. (2016): Problems and causes of marginal nutrient availability in winery wastewater treatment. *Acta Alimentaria*, 45(4), pp. 532–541.
3. Eshtiaghi, N., Markis, F., Yap, S.D., Baudez, J-C., Slatter, P. (2013): Rheological characterization of municipal sludge: a review. *Water Research*, 47, pp. 5493-5510.
4. Jenkins, D., Richard, M.G., Daigger, G.T. (2004): *Manual on the Causes and Control of Activated Sludge Bulking and Foaming*. 3rd edition., CRC Press LLC, Boca Raton, Florida, US.
5. Khongnakorn, W., Mori, M., Vachoud, L., Delalonde, M., Wisniewski, C. (2010): Rheological properties of sMBR sludge under unsteady state conditions. *Desalination*, 250(2), pp. 824–828.
6. Kovács, R.T. (2017): Az eleveniszap szerkezetének és reológiai tulajdonságainak vizsgálata súlyos tápanyaghiány esetén, Diplomamunka, BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszer-tudományi Tanszék, Budapest, 2017. június. Témavezető: Dr. Bakos Vince.
7. Nagy, E. (2017): Az eleveniszap pehelyszerkezetének és reológiai tulajdonságainak vizsgálata low S – low DO körülmények között, valamint súlyos tápanyaghiány esetén folytonos üzemű összehasonlító laboratóriumi modellkísérletekben, TDK dolgozat, BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszer-tudományi Tanszék, Budapest, 2017. október. Témavezető: Dr. Bakos Vince.
8. Nagy Göde, P. (2010): Az eleveniszap szerkezetének jellemzése képelemző program segítségével – *Vízmű Panoráma* 18. évf. 8. sz., pp. 22-23.
9. Ratkovich, N., Horn, W., Helmus F.P., Rosenberger, S., Naessens, W., Nopens, I., Bentzen, T.R. (2013): Activated sludge rheology: A critical review on data collection and modelling. *Water Research*, 47(2), pp. 463-482.
10. Seyssiecq, I., Ferrasse, J-H., Roche, N. (2003): State-of-the-art: rheological characterization of wastewater treatment sludge. *Biochemical Engineering Journal*, 16, pp. 41-56.



ÚJABB SIKERES SZAKMAI TUDÁSMEGOSZTÁS A MASZESZ IVÓVÍZTECHNOLÓGIAI SZAKMAI NAPJÁN

A téma gyakorlatias megközelítésével, a résztvevők számára hasznos információk átadásával, sikerrel zárult az ivóvíz-technológiai szakmai napunk 2017. október 25-én, a Lurdy házban, Dr. Major Veronika alelnök asszony levezetésével.

Szakmai napjaink sajátossága, hogy a konkrét témák megvitatásán túl a különböző érdekcsoportokhoz tartozó szakembereket együttműködésre, együtt gondolkodásra sarkaljuk. Nem történt ez másként az ivóvíz-technológiai szakmai napunkon sem, ahol a válogatott szakmai közönség az ivóvíztisztítás területén előttünk álló feladatok áttekintése, a nemzetközi példák bemutatása, a vízminőségi helyzet aktualitásainak és az üzemeltetői tapasztalatok megismerését követően aktív párbeszédet folytattak a témában.

Büszkék vagyunk rá, hogy rendszeres eseményeinken mindig sok, az adott téma iránt érdeklődő szakember vesz részt, akik nemcsak

hallgatóságként, hanem aktív közreműködőként is részesei a rendezvénynek.

Megtisztelő továbbá számunkra, hogy eseményeinken az előadók mindegyike a szakma legjavát képviseli. Ivóvíz-technológiai szakmai napunkon a BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék oktatója, az Országos Közegészségügyi Intézet képviselői, a BÁCSVÍZ Zrt. vízszolgáltatási főtechnológusa, az ÉRV Zrt. divízióvezetője, a Hidrokomplex Kft. ügyvezetője, a TRV Zrt. laboratóriumvezetője és a Hidrológiai Társaság Vízellátás Tagozatának elnöke járult hozzá előadásával a MaSzeSz legfontosabb szakmai céljához: a szakmai-tudományos értékteremtéshez.

A nagyívű felvezető előadást **Prof. Dr. Liczkó István**, a BME VKKT munkatársa „A közeljövő feladatai az ivóvíztisztítás területén” címmel tartotta. Áttekintette a nemzetközileg alkalmazott ivóvíz-tisztítási technológiák trendjeit, melyekből kiemelte a hazai irányzatokat.

Szólt az on-line monitoringról, az ózon és aktív szén fertőtlenítésbeli alkalmazásáról, a membrán technológiák nemzetközi tényrészéről, a sótalanításról. Az íz- és szagproblémák kezelése után felvetette a használt vizek fejlett technológiákkal történő ivóvízkénti újrahasznosításának a problémakörét. Tárgyalta a vízellátó rendszerbeli biofilm képződés kialakulását és a különböző fémkoldódások okozta káros vízminőség romlást. Elemezte a fertőtlenítés során kialakuló melléktermékeket, és a fertőzéseket okozó mikroorganizmusok megjelenését. Nagy hangsúlyt helyezett a kockázatelemzés fontosságára, a csőtörések, katasztrófák, vészvízellátás, terrorizmus és számítástechnikai meghibásodások kezelésére, az azok okozta vészhelyzetekben a szükséges együttműködés fontosságára. Ismertette a veszélyes és antropogén szennyezőanyagok, nanorészecskék, gyógyszer és hormonmaradványok, kozmetikumok stb. továbbá antibiotikumoknak rezisztens szervezetek megjelenését. Felvetette a vízbiztonsági tervezés fontosságát, a szabványosítással, kommunikációval és az érdekképviseletekkel összefüggő társadalmi kérdéseket.

Legfontosabb hazai napi feladatként a biztonságos fertőtlenítést, az arzén, ólom és az ammónium tartalom mérséklését, valamint a fertőtlenítési melléktermékek minimalizálást jelölte meg.

Dr. Vargha Márta főosztályvezető (OKI) a „Magyarországi vízminőségi helyzet aktualitásai” címmel tartotta a következő előadást. Bevezetesként szólt a növekvő elvárásokról a nyersvíz, a vízkezelés, és az elosztás terén. Az 1.000 m³/d feletti szolgáltatókról három évenként ország-jelentést kell adni. Az összefoglaló értékelés során országos megfelelést és település (VEZ) szintű kifogásoltságot lehet megállapítani.

Problémák:

monitoring hiányosságok (nehézfém, szerves paraméterek, mikro-szennyezők, Clostridium), új kihívások (Pseudomonas, THM, HAA, HAN, klorit, klorát), szerves, szervesetlen és antropogén anyagok.

Új problémaként: a gyógyszermaradványok, az antibiotikum rezisztencia és a mikro-műanyagok jelentek meg.

Feladatok: kutatás, hatásbecslés, technológia, monitoring, szabályozás, tájékoztatás, oktatás és kockázatalapú megközelítések.

Zerkowitz Tamás a HIDROKOMPLEX Kft. ügyvezetője előadásában az „Ivóvízminőség-javító Program technológiai tapasztalatai”-t foglalta össze. Ismertette a víztechnológiai megoldások trendjeit, a kritikus vízminőségi paramétereket, a méretezési módszereket és problémáikat, valamint a speciális technológiákat. Alaptechnológiának tekintette a vas-mangán-ammónium-arzénmentesítést. Tendenciaként állapította meg, hogy a biotechnológia egyre gyakoribb alkalmazását. Szólt a kockázatokról. Megítélése szerint az eredeti szennyezők határértéktúllépései egyre intenzívebb technológiai megoldásokat igényelnek. A THM, AOX mérséklése biotechnológiai úton történő fertőtlenítést, a NO_2 eliminálása ehhez kapcsolható méretezést, míg a bakterológia biztonsági membránszűrést, alternatív fertőtlenítést igényel. Tendenciaként a fordított ozmózist, visszasózást, és az ultraszűrést, valamint az UV fertőtlenítést emelte ki. Esettanulmányokként különböző mintatechnológiák bemutatásával fejezte be előadását.

Vörös Gyula (BÁCSVÍZ) a KÉK VÍZ programnak a jellemző vízminőségi problémáit ismertette, melyek a következők: vas, mangán, arzén, ammónium, metán „B” fokozat, magas nyersvíz hőmérséklet. A vas- és mangántalanítás oxidációval, légbevitellel, vagy vegyszerrel (KMnO_4 , Cl_2 , NaOCl) a szűrés bedolgozott homokszűrővel. Kecskeméten biológiai ammóniummentesítés, és Izsákon, Kerekegyháza, Nyárlőrincen, Törtelen törésponti klórozás van. Lajosmizsén, Városföldön, Orgoványban, Bugacon, határérték alatti az ammónium koncentráció.

Általában a vízmérők beépítési hiba miatt pontatlanok. A nyersvíz mérése indukciós mérővel vaskiválás miatt nem szerencsés. Az adagolt vegyszermennyiség mérése pontatlan. Az aktív szén gyors kimerülése várható.

Tiszazugban a gáztalanítás során légbeszívás, és a levegőszűrés gyakori tisztítása majd fertőtlenítése szükséges. A derítőszer kiforratlan adagolása miatt a kezelt víz a tárolóban és a hálózatban ülepedik. A biológiai nitrifikáció optimális körülmények miatt gyorsan jön létre. A szerves anyagok jelenléte miatt a törésponti klórozáshoz nagyobb klórmennyiségre van szükség. Emiatt magasabb a THM és AOX keletkezése. Az UV besugárzás a *Pseudomonas* jelenléthez elegendő.



Kulcsár László divízióvezető (ÉRV): „Vízminőségi problémák megoldása a felszíni vízműben” címmel a következő főbb megállapításokat tette.

A tározók mindig környezeti hatások alatt állnak.

A LA anyag, az alga és a mikroszennyezők eltávolítása problémás.

A települések, a mezőgazdasági tevékenység, állatok legeltetése, szennyvizek, ipari szennyező- és káros-anyagok miatt általában mindig tisztítani kell a felszíni vizet.

Az ÉRV-ben a 14 felszíni vízműből hatnak van elfogadható tisztítótelepe. A 30-40 éves, vagy még régebbi telepeket korszerűsíteni kell. Tapasztalataik a ZENON membrán ultraszűrőivel jók. ZeeWeed 1000 membrán 2006-ban és ZeeWeed 500 membrán 2012-ben került beépítésre. A zavarosság 0,2 NTU, pH: 6,2-8,5 között, LA koncentráció kisebb, mint 0,2 mg/l. A tisztított víz baktérium-, vírus- és algamentes.

Ez után az előadás után került sor az ebédre.

Ebéd után elsőként **Sebestyén Ágnes és Bu-fa-Dörr Zsuzsanna (OKI Ólomprojekt)** előadása hangzott el.

Az OKI kutatás során:

csapnyitás után vett minták alapján 60 lakásban 35 kifogásolt, 25 megfelelő,

folyatás után vett minták alapján 60 lakásban 29 kifogásolt, 31 megfelelő és

csapnyitás és folytatás után 20 gyermekintézményben 6 kifogásolt és 14 megfelelő mintát mértek.

Az „Emberi Erőforrás Fejlesztési Program”-ban, „Egészségügyi ellátórendszer szakmai, módszertani fejlesztése” 2017-2020. kutatás során végzendő kutatások célja: a lakosság ivóvíz eredetű ólom-expozíciójának felmérése, értékelése, szakmapolitikai döntés megalapozása. Ennek során feltáró monitoringot végeznek, az ólom-oldékonyságot befolyásoló tényezőket vizsgálják, módszertani útmutatókat készítenek. Épületfelmérésekben forrás felderítést, gyerekekben toxicitás méréseket készítenek.

Cél a lakossági tájékoztatása ólomcsövek cseréjével kapcsolatban.

Várszegi Csaba (MHT) „Egy Magyarországon még nem alkalmazott ivóvízcső belső bevonatoló eljárása” c. előadásában ismertette a csövet védő megoldást, amely megállítja az ólom szennyezést okozó korróziót.

A Folmar Pipe Protection, német tapasztalatokra alapítva dolgozta ki a **Folmar** elnevezésű szilikát alapú, foszfátmentes folyadékot, mely ultravékony, kemény, réteget képez a vezetékben. Németországban, 400 városban, 36 hónapos próbaadagolás során 98%-ban csökkent a klórigény, és 40%-kal kevesebb hálózat öblítésre volt szükség. Hatékonysága az acélvezetékekre a legjobb. A magyar alkalmazási engedély alapján a Fővárosi Vízművek Zrt. medencetisztításra használja.

Időrendben az utolsó szakmai előadást **Dr. Czégény Ildikó (TRV Zrt)** „Vizsgáló laboratórium szerepe a vízkezelési technológiák üzemeltetésében és fejlesztésében” címmel tartotta meg.

Összefoglalta a vizsgáló laboratórium feladatait, az alábbiak szerint.

Ellenőrzés

Nyersvíz minősítése. Vízbázis változás trendjeinek meghatározása.

Vízkezelési technológiák hatékonyságának vizsgálata.

Csatornahasználat ellenőrzése.

Szennyvíztisztítási technológiák hatékonyságának vizsgálata.

Környezeti hatások követése, monitoring.

Technológiai fejlesztés segítése

Vizsgálatok külső ügyfelek részére

Ivóvízminőség-javító programok során jelentkező új problémák figyelése (klórozástól íz és szagproblémák keletkezése, Pseudomonas megjelenése)

Fertőtlenítési melléktermékek detektálása (bromát, THM, klorit, kötött aktív klór)

Komplex vízkezelési technológiák követése (gáztalanítás, szerves anyag csökkentés, biológiai ammónium mentesítés, vas-, mangántalanítás, arzénmentesítés, UV fertőtlenítés, klórozás)

Esettanulmányok eredményeinek bemutatása.

Végezetül **vízipari bemutató előadást tartott a Szakmai Napot támogató EUROFLOW cég képviseletében Oberding Kornél** a cég által képviselt **EUROFLOWS, PLASSON, és KRAUSZ** cégek által ajánlott csökötésekről, javításokról, pótlásokról és repülővezeték kialakításokról.

A Szakmai Napot a jelenlévők kérdései és a válaszadások fejezték be.

Dr. Major Veronika zárszavában kiemelte, hogy az ivóvíztisztítási technológiák tervezése során nagyobb hangsúlyt kellene fektetni és több időt kellene szánni a technológiai tervezést megalapozó labor- és félüzemi kísérletekre.

MEMBRÁNTECHNOLÓGIAI SZAKMAI NAPOT RENDEZETT A MASZESZ

A Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség 2017. november 9-én sikeres Szakmai Napot szervezett 50 résztvevővel a Lurdy Házban a membrántechnológiáról.

Sinka Attila főtitkár megnyitója után **Dr. Melicz Zoltán PhD**, a MaSzeSz Elnökségének tagja, vezette le a színvonalas rendezvényt.

A felvezető előadást **Dr. Fleit Ernő PhD**, a VTK Innosystem Kft. tudományos tanácsadója tartotta, „A XXI. század technológiai kihívásai a szennyvíztisztításban” címmel. Bevezetőjében rámutatott arra, hogy a VKI és a fenntarthatóság paradigmaváltást követel meg a szennyvíztisztításban is. Ugyanakkor, amikor

a jó vízminőség elérése a cél, a szennyvíz és szennyvíziszap érték voltának kihasználása ellentmondásokat vált ki. Ilyenek a KOI és N kereskedelem dilemmái, a mikroszennyezők felismerése, a környezetminőségi határértékek igényének változása és költségei, a mikroplasztikok (az 5 mm-től a nanoméretéig) problémaköre, a költségek alakulása stb. A biológiai inspirált membránok megjelenése, a nanotechnológia és a költségek változása előtérbe helyezik a membrántechnológiát,



és a paradigmaváltást. A CAS (hagyományos eleveniszapos) szennyvíztisztító rendszerek a világ energiafolyamatainak fogyasztásában 2%-ot használnak el. A membrántechnológia fejlesztése (pl. GE, stb.) követi a paradigmaváltást.

A szennyvíziszap felértékelődése folytonos, az égetés és mezőgazdasági hasznosítás napjaink problémája. A szennyvíziszappal történő talajerő-javítás, és a víztakarékos öntözési technológiák mellett megjelent a BHM. Ezzel a biohidro-metallurgiával a fogyó nyersanyag készletek miatt, alacsony költséggel, a titán, iridium és más fogyóban levő fémek is kinyerhetők a szennyvíziszapból oldatba vitel után.

Összefoglalva a legfontosabbnak a jogszabályi gyors változásokat, az energia-semleges szennyvíztisztító telepeket, a hazai fejlesztéseket jelölte meg.

Hideg Miklós (SUEZ Water Technologies et & Solution) „Egy új út az energia-semleges szennyvíztisztításhoz” címmel leszögezte, hogy a jövő szennyvíztisztítása a víz visszaforgatása, a mikroszennyezők visszatartása, a lehető legkevesebb energiával a tisztítás mellett az értékeket nyerjük ki és hasznosítjuk. A szennyvíztisztítási technológiában a biológiai tisztítás a legnagyobb energia-felhasználó, ennek csökkentése lehet cél. A membrán levegőztetett biofilmes reaktor, kisnyomású levegővel laboratóriumi körülmények között működőképes volt. A **Zeelung** töltet a MBR technológia átalakítására alkalmas. Az energiafelhasználás és tartózkodási idő

csökkenthető ezzel a töltettel. Megoldja a habzást, az oxigéntranszfer négyszeresére növelhető. Ezáltal 20-40%-os reaktortérfogat csökkentést biztosít. Az üzemköltségekben ezzel a MABR technológiával 25% energia-csökkenés, a beruházási költségekben 15% megtakarítás érhető el, bár ez az új fejlesztésű membrán töltet a hagyományoshoz képest drágább. A hozzászólásokból kiderült, hogy a nitrifikáció 5 °C alatt is végbemegy az ilyen membrán alkalmazó technológiában. Chicagóban épült az első ilyen telep, annak az adatai rendelkezésre állnak.

Pólik András (SUEZ Water Technologies et & Solution) az ultraszűrés jelenlegi szerepét ismertette a víztisztításban. Kitért arra, hogy gyakori ellenérvként használják a membrántechnológiákkal kapcsolatban az ár és élettartam kérdéseit. 1960 óta, amikor elkezdtek alkalmazni ezt a technológiát a vízellátásban, az ár jelentősen csökkent. Az élettartam átlagosan 10 évben állapítható meg, üzemeltetéstől, karbantartástól függően. Felszíni víz membrános tisztítási technológiák alkalmazása során nincs szükség fázis szétválasztásra és szűrésre, szemben a hagyományos technológiákkal. Helyigénye kisebb, 1/3-al csökkenthető. Hatásfoka 92-97% és stabilan tartja a vízminőséget. Alkalmaznak direkt-t és biztonsági szűrést. Biológiai ammónium-mentesítés után a membránnal eltávolíthatók a mikroorganizmusok, a vírusok akár 92-96%-ban. Bármilyen típusú vízre található megfelelő membrán töltet. A Monori Vízműnél teljesen mikroorganizmus-mentes a víz, csak biztonsági klórozásra van szükség. Balatonöszödön

nincs ülepítés. A DEVIG szűrővel összehasonlítva 80 %-al jobb a hatékonysága. Tuzlában (Bosznia Hercegovina) gáztalanításra használják, a KOI határérték 2 mg/l. Lázbercen a THM mentesítés csak membránnal volt lehetséges, a zavarosság 0,2 NTU alatt van.

Serény József (Envirosys Kft) „Az MBR technológia alkalmazása a szennyvíztisztításban. LEAP MBR és LEAP Primary működése és jellemzői” címmel megállapította, hogy jó előkészítést igényel a finom membrán. A LEAP ultraszűrés a fertőtlenítés érdekében, a LEAP Primary töltet- mely víztelenített iszapot ad ki-, előülepítés helyett, öntisztító rendszerként alkalmazható. Ennek LA eltávolítási hatásfoka 40-60 % és a BOI_5 -re 20-30%. Budakeszin integrált szűrés és víztelenítés működik, szag-elimináció a rendszer végén van, ehhez csatlakozik az MBR ultraszűrés, az eleveniszapos rendszerű biológiai tisztításhoz kapcsolva. A membránszűrő 3-4 naponta hypós tisztítást igényel és 25 napos iszapkor biztosítható a technológia során. A kívülről befelé irányuló szűréssel, a mikroorganizmus visszatartás miatt, háromszor-négyszer nagyobb iszapkoncentráció érhető el. A gépészetben, ezáltal 50%-ra csökken az energiaigény. A LEAP MBR Nové Mesto (Szlovákia) és Budakeszi szennyvíztisztító telepén működik. A ciklikus, szabályozott kisbuborékos ECO levegőztetés 30%-os energia-megtakarítást tesz lehetővé.

Stang Elemér (ÉDV Zrt) az oroszországi MBR technológiával üzemelő szennyvíztisztító telep 12 éves üzemi tapasztalatairól számolt be, a múzeumnak beillő telep történeke ismertetése után. A membrán technológiai telep kiépítését az ipari szennyvízhányad és a követelmények szigorodása, a nyers szennyvízben a KOI kibocsátás növekedése és BOI_5 koncentrációcsökkenése, indokolta. A membrán technológia eredményeképpen nincs szükség fertőtlenítésre, nincs iszapelúszás, nincs ülepítési korlát. Problémaként említette a finomszűrés elrakódását, a biológiai fúvók felhelyezését, a PLC hibákat és a 2016-ban megkezdett membránmodul cseréket. Kiemelte, hogy az ipari előtisztítás is membrántechnológiával működik, szimbiózisban van a két telep, összehangolt működésükben komoly üzemi zavar nem volt. Az élettartammal kapcsolatban megjegyezte, hogy a membrán modul műgyanta ágyából a csövecskék kihúzhatók, ezért évente két kazettát cserélnek le, és a teljes csere három évet igényel. A befogadóban a vízminőség javulása kimutatható, az fajlagos energiafogyasztás stagnál, 1,2-1,3 kWh/m³. A magas ammónium koncentráció miatt a harmadik fúvót is be kell indítani. Hypót nem használnak a telepen.

Dr. Kertész Szabolcs, a Szegedi Tudományegyetem tudományos munkatársa az Egyetemen, a Mérnöki Kar Folyamatmérnöki Intézetében folyó polimer- és kerámia-membrános víz- és szennyvíztisztítási kutatásokról számolt be. Foglalkoznak HF, UF, NF, RO szűréssel és degradációval. Kutatják a pórusméret csökkentést, az ultrahanggal egy időben történő membrános kezelést, az UV besugárzást, aerob- és anaerob- fermentorokban a biogáz-képződést, a mikrohullámú kezelést, a TOC, KOI és a respirometriás BOI mérőrendszerrel, micellaképzéssel segített ultraszűrést vibrációs eljárást a tejipari szennyvizek kezelésére. Az ultrahang kavitációs jelenségét vizsgálták, miáltal kisebb ellenállás alakul ki. Polialumínium- klorid adagolás mellett vizsgálták a kémiai előkezelést, fotokatalitikus koagulációval. Festékipari szennyvizek UV reaktorbeli tisztításával, olajtartalmú szennyvizek fotokatalitikus membránreaktorokbeli, valamint ózonos előkezelés hatékonyságát az olajos és festékipari szennyvizek tisztításában, továbbá az ózon mikroflokulációs hatását a relatív fluxus értékekre. Foglalkoztak a szennyvíziszap mikrohullámú kezelésével is.



Ebéd után **Salamon Endre**, a NKE Vízellátási és Csatornázási Szakcsoport mérnök-tanára a lassúszűrés – fordított ozmózis ivóvíz-tisztítási technológiai sor vizsgálatát ismertette. Szólt a **NES** koncepcióról, mely a természetes (Natural) és mesterséges (Engineering) módszerek (Systems) együttes alkalmazásának jelzésére szolgál. Esetükben a parti-szűrés+ fordított ozmózis technológiai sorban a parti-szűrés ideális viszonyait lassúszűrővel szimulálták, egyszerűsége és az energia visszanyerése érdekében az édesvíz sótlanítására a Sugovicából nyert vízkivételre, mely vészhelyzetben is hatásos. A lassúszűrés lehetővé tette a membrán-szűrés alkalmazását, a lassúszűrő legfelső rétegében 30 nap alatt kialakult a biológiai hártya. Az RO jól tudott üzemelni, a permeabilitás csökkenését rendszeresen vizsgálták (1/2 mg/l Fe koncentrációt még

elfogadhatónak ítélték). A vezetőképességet regenerálták visszamosatással, az energiafogyasztás 11 kWh/m^3 értékre nőtt az RO lépcsőben, melynek költségét $200\text{-}1000 \text{ Ft/m}^3$ nagyságrendben határozták meg. Összefoglalva egyszerű, jól működő rendszerként minősítették.

Dr. Nemeskürthy Nándor, a Pannon Egyetem docense ismertette a membrános bio-elektrokémiai (BES) rendszereket, amelyek a biotechnológia és a membrán együttes alkalmazásai. Az előadó ennek szennyvíztisztításbeli alkalmazásáról tartott előadást. Megállapította, hogy a szennyvíz az energiaforrás és kérdés, hogy hogyan nyerhető ki belőle energia. Az üzemanyag cella rendszerek (MÜC) bioelektrokémiai elven működnek. Ismertek az MFC és MEC típusú rendszerek. Ez utóbbiak hidrogén elállításra hasznosíthatók.



A MFC membrán-protoncserélő, melyre esettanulmányokat ismertetett, ahol ipari hulladéklerakókból származó, és különféle ipari szennyvizekre alkalmazták.

A MEC egy- és kétkamrás kialakítású lehet. Mindkettőt vizsgálták, az egycellás MEC vizsgálatát eltérő anaerob kultúrákra végezték Kaposváron (a Cukor-gyárban) a rothasztókból és Zalaegerszegen. A Kaposvári Cukorgyárban nem tudta a KOI-t csökkenteni az eljárás. Összefoglalva, megítélése szerint érdemes a bioelektrokémiai eljárással foglalkozni.

Az időrendben utolsó előadást **Pintér Szabolcs**, a Fővárosi Vízművek Zrt. Települési Szennyvízágazat Üzemeltetési Osztály/Budai Üzemmérnökségének vezetője, „Az MBR technológia üzemeltetési tapasztalatai a Budakeszi Szennyvíztisztító Telepen” címmel tartotta. Olvasóinknak bővebben a MaSzeSz HÍRCSATORNA 2016. évi január-februári számában a telep ismertetéséről szóló cikk Boda János és Serény József tollából, rendelkezésére áll.

Az Előadó megjegyezte, hogy nincs szerződésük a Gyártóval, ami a jövőben problémákat

vethet fel. Regeneráló tisztítás sem történt a telepen. Az Önkormányzat ígéri a szerződés megkötését.

Az üzemeltetés során a nitrogénformák kezelésével van gondjuk, mivel egyre növekszik a N terhelés. Ennek ellenére a kibocsátási határértékek alatt vannak az elfolyó víz eredményei.

A vita során megállapították, hogy nem volt szükséges ez ideig regeneráló membránöblítést alkalmazni. A N terhelés növekedésének összehasonlítására nincs adat a régi üzemeltetőtől. Valószínűleg új vízgyűjtőterület (Makkosmária) bekapcsolása miatt növekszik a N terhelés.

Dr. Melicz Zoltán levezető elnöki összefoglalójában eredményesnek ítélte a Szakmai Napot, megköszönte az Előadóknak az értékes előadásokat, a Résztevőknek az érdeklődést és a viták során feltett kérdéseiket. Megállapította, hogy nagyok a kihívások, aminek meg kell felelni az ágazatnak, s ebben a hazai 12 MBR telep tapasztalatai segítségünkre lehetnek.



EREDMÉNYES HIÁNPÓTLÓ MASZESZ FÓRUM A VÍZIKÖZMŰVEK ÁLLAPOTÁRÓL

Sikerrel zárult Polgármesteri Kerekasztal Fórumunk, ahol több mint 30 település elsőszámú vezetője gyűlt össze, hogy megvitassák napjaink egyik legégetőbb vizes szakmai kérdését.

Sikerrel zárult Polgármesteri Kerekasztal Fórumunk, ahol több mint 30 település elsőszámú vezetője gyűlt össze, hogy megvitassák napjaink egyik legégetőbb vizes szakmai kérdését.

A dunabogdányi Művelődési Házban megrendezésre került fórumbeszélgetésen a víziközmű szolgáltatás minőségéről, az infrastruktúra fenntartásáról és fejlesztéséről, a tulajdonosi, üzemeltetői, hatósági és fogyasztói feladatokról, felelőségekről és szerepvállalásokról egyeztettek a résztvevő önkormányzati, szakmai és hatósági vezetők.

A Magyar Vízi- és Szennyvíztechnikai Szövetség szerepvállalásának eredményeként a hatósági-üzemeltetői-tulajdonosi-szövetségi előadók és közreműködők, valamint a résztvevők egyetértettek abban, hogy a rendszer minden szereplője előtt komoly munka áll, hogy a víziközművek helyzetével kapcsolatos kihívásokra megnyugtató megoldásokat találjanak.

A résztvevő polgármesterek egyetértettek abban, hogy a MaSzeSz által indított

többszereplős párbeszéd hiánypótló, melynek folytatását az egész ágazat várja.

A MaSzeSz által életre hívott szakmai együttműködések eredményeképpen a szervezetben aktívan részt vett a Települési Önkormányzatok Országos Szövetsége, valamint a Magyar Önkormányzatok Szövetsége is. A témafelvetéseket a szervező Szövetségek elnökei, valamint a Magyar Víziközmű Szövetség elnöke és a Magyar Energetikai és Közműszabályozási Hivatal elnökhelyettese fogalmazta meg.

A késő délutánba nyúló rendezvényen aktív szakmai eszmecsere és konzultáció alakult ki a résztvevők között, melynek folytatására a közeljövőben egy nagyobb fórum keretein belül kerül sor.

Ezúton köszönjük Dunabogdány vezetőjének, Schuszter Gergely polgármester úrnak, hogy helyszíni szervezést biztosította fórumunkhoz és hogy lendületével, dinamizmusával hozzájárult a rendezvény sikeréhez.



KOVÁCS KÁROLY, A MASZESZ ELNÖKE KAPTA A FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉSÉRT VÁLTOZÁSVEZETŐI DÍJAT

A Magyarországi Üzleti Tanács a Fenntartható Fejlődésért (BCSDH) által éltre hívott díj célja, hogy elismerje, és széles körben bemutassa a fenntarthatóság területén tett kiemelkedő vállalati, vezetői és személyes teljesítményt. Ezzel is előmozdítva és növelve az üzleti szektor hozzájárulását és hatását az ENSZ Fenntartható fejlődési célok teljesítésében.

A díjat a szervezet vezetője, ifj. Chikán Attila elnök adta át, méltatásában kiemelte, hogy Kovács Károly, nemcsak cégvezetőként, hanem a szövetség elnökeként is hiteles, elismert és innovatív vezetőként a szakmája és a fenntarthatóság mellett elkötelezett módon nagy hangsúlyt helyez a tudásmegosztásra. Stratégiai döntéseiben az üzleti szempontokon túlmenően gazdasági, társadalmi és környezeti szempontok vezérlik. Vállalatvezetői tevékenysége és szakmai közéleti üzenetei hiteles összhangot képeznek.

MaSzeSz elnökként is arra törekszik, hogy megfelelő társadalmi elismertségre és a szükséges erőforrásokra támaszkodva tudjunk eleget tenni szakmai elhivatottságunknak a társadalommal és a vízi környezettel szembeni kötelezettségeinknek.

Magyarországi Üzleti Tanács a Fenntartható Fejlődésért (BCSDH) az Üzleti Világtanács

a Fenntartható Fejlődésért (World Business Council for Sustainable Development, WBCSD) hazai szervezete. Az 1992-ben alapított svájci központú Világtanács ma már 200 nagyvállalat elsősorú vezetőjének koalíciója és már több, mint 70 országban van jelen nemzeti partnerszervezetein keresztül.

A magyar szervezet 80 tagvállalataiban több mint 470 ezer alkalmazott dolgozik és építi be a fenntarthatóság szempontjait a szokásos üzletmeneten túlmutató üzleti megoldásaiba.

A BCSDH és a MaSzeSz egyaránt a fenntarthatóságra törekszik, így aktív a szervezetek közötti kommunikáció és együttműködés, legutóbb a víz-érték kommunikációnk során dolgoztunk együtt az Üzleti Tanáccsal.

[A rendezvényről a BCSDH honlapján olvashat részletesen](#)



EREDMÉNYES ÉS SIKERES SZEKCIÓT ZÁR A MASZESZ BAJÁN

Nagy sikerrel zárult november 15-én a bajai Országos Települési Csapadékvíz-gazdálkodási Konferencián, ahol a csapadékvíz-gazdálkodás nemzetközi tapasztalatait és a hazai jó gyakorlatokat vettük górcső alá.

A teltházas eseményen magas színvonalú, tudományos előadásokkal szekciónk elérte a célját, iránymutatást adott a települések részére a településen jelentkező csapadékvíz gondok szakszerű, hosszú távú megoldásához vezető feladatokra vonatkozóan.

Hazai és nemzetközi kutatási trendek, szakmai megoldások, gazdasági szemléletű prezentációk keretében ismertetésre kerültek azon eljárás módok, amely segítenek megérteni a problémák valós okait, megteremtve így az ok-okozati összefüggésre alapuló tervezés alapjait, támogatva egyben a rendszerszemléletű tervezési folyamatot.

A tudományos és elméleti felvetések, felfezetések, ténymegállapításokat követően vízipari termékismertető formájában a résztvevők megismerkedhettek a piacon jelen lévő, költséghatékony, fenntartható csapadékvíz visszatartási, elhelyezési, tisztítási, elvezetési lehetőségekkel, innovatív termékekről és technológiai megoldásokkal, valamint konkrét mintaprojektek kapcsán betekintést nyerhettek megvalósult fejlesztések tapasztalataiba is.

Nagy megtiszteltetés számunkra, hogy a csapadékvíz-gazdálkodás témáját több mint egy évtizede gondozó szakmai szövetségként szervezhettünk komplett szekcióülést és szakmai párbeszédet az év egyik legjelentősebb országos vizes konferenciáján. Az eseményen a csapadékvíz-kezeléssel kapcsolatban készült szövetségi állásfoglalás hamarosan elérhető honlapunkon.

KEDVES LEENDŐ

MASZESZ JURTA TAGOK!

MADARÁSZ EMESE ÉS BAKOS VINCE

Az Hírcsatorna előző lapszámában beszámoltunk a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség Junior Tagozatának megalakulásáról, kitűzött céljairól, hazai valamint nemzetközi szerepvállalásáról. Jelen híradóban szeretnénk beszámolni a következő időszak elkövetkező eseményeiről, amiben számítunk aktív részvételekre.

A szövetségen belüli munkák eredményeként várhatóan még idén elindul a MaSzeSz JurTa facebook oldala, melyhez bármely fiatal (vagy akár tapasztaltabb) kolléga csatlakozhat. A facebook oldallal reméljük, hogy minél több fiatal vizes kollégát tudunk megszólítani és az aktuális hírek, események gyorsabban eljuthatnak hozzátok.

A Dulovics Dezső Junior szimpózium várhatóan 2018. márciusában kerül megrendezésre, a pontos időpontot hamarosan közzé tesszük. Az előadók és résztvevők mellett támogatók, szponzorok jelentkezését is várjuk!

A szimpóziumon megtartjuk a MaSzeSz JurTa első közgyűlését és elnökségi választását. A választásokat jelölési időszak fogja megelőzni. A jelölteket és a választással kapcsolatos információkat 2018. elejétől a JurTa facebook oldalán és a MaSzeSz Hírcsatornában, valamint a MaSzeSz honlapján tesszük közzé. Lehetőség lesz a jelölteket egy személyes baráti találkozó keretében megismerni, mely várhatóan a szimpóziumot megelőző hónapban kerül megrendezésre. Az elnökségi választáson bárki jelöltheti magát, aki tagja a MaSzeSz Junior Tagozatnak, valamint szavazati joga szintén azoknak van, akik tagjai a szövetségnek. A tagság és a szövetséghez való csatlakozás módjáról a MaSzeSz honlapján lehet tájékozódni, valamint a titkarsag@maszesz.hu e-mail címen lehet információt kérni és kezdeményezni a tagfelvételt. Az éves díj junioroknak igen kedvező, mindössze egy mozijegy ára, 1500 forint.

Csatlakozzatok és tegyünk közösen a hazai vizes szakmáért!

KA KORRESPONDENZ ABWASSER, ABFALL 2017. NOVEMBERI LAPSZEMLE

AKTÍVSZÉN NAGYÜZEMI ALKALMAZÁSA

A NYOMANYAG-ELTÁVOLÍTÁSBAN

FELSZÍNIVÍZ-TISZTÍTÓ BERENDEZÉSBN

Alexander Sperlich, Johannes Altmann, Julia Pohl, Thomas Schmitt és Regina Gnirss (Berlin)

Kulcsszavak: szennyvíztisztítás, kommunális, nyomanyag, antropogén, negyedik tisztítási fokozat, adszorpció, porított aktívszén, szemcsés aktívszén, kísérleti berendezés, Berlin
DOI: 10.3242/kae2017.10.003

ÖSSZEFOGLALÁS

A Tegel városrészben található felszínivíz-tisztító berendezés (Oberflächenwasseraufbereitungsanlage, OWA) az előkezelt szennyvizet és felszíni vizet kicsapatás és pelyhesítés segítségével tisztítja. Az antropogén nyomanyagok eltávolítása érdekében adszorpciós tisztítási fokozat ezen berendezésbe történő nagyüzemi beépítését vizsgáltuk meg. Úgy a porított aktívszén ülepítő medencébe és a szűrés fokozat elé való adagolását, mint a szemcsés aktívszén felső szűrőréteggént történő alkalmazását is teszteltük. A művelet során megerősítést nyertek az előzőleg elvégzett kísérleti vizsgálatok eredményei a kiválasztott

nyomanyagokkal kapcsolatban elérhető lebontási teljesítmény vonatkozásában. A szemcsés aktívszén-réteggel ellátott szűrők élettartama a nyomanyagok áttöréséig – a magas DOC-érték (Dissolved Organic Carbon, oldott szerves szén) és a szilárdanyag-leválasztáshoz választott durva szemcseméret miatt – inkább alacsony. Az elérhető élettartamok azonban mindenképpen összevethetők a más helyszíneken végzett vizsgálatok eredményeivel. A megfelelően adszorbeálható anyagok teljes körű eltávolításának biztosításához a 10 mg/l-es porított aktívszén-adagolás a tegeli OWA telepen nem elegendő.

QR-KÓDOK A SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEPEKEN

Okostelefonok a szennyvíztisztító telepeken – Tanulás az összes érzékszervünkkel, 4.0 verzió – A DBU (Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Német Szövetségi Környezetvédelmi Alapítvány) megvalósíthatósági tanulmány eredményesen lezárult

**RÜDIGER HEIDEBRECHT
ÉS ACHIM HÖCHERL (BONN)**

Achim Höcherl úr, szennyvízmester, Bonn város Mélyépítési Hivatala „Szennyvíztisztítás/műszaki vezetés” osztályának vezetője, és Sven Theus úr, M. Sc. – Höcherl úr korábbi munkatársa Bonnban, 2017 márciusa óta a DAR vállalatnál (Deutsche

Abwasser-Reinigungs-Gesellschaft mbH, Német Szennyvíztisztító Kft.) tevékenykedik Wiesbadenben –, ebben az évben egyenrangú elismerésként elnyerték a DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, Német Víz-, Szennyvíz-, és Hulladékgazdálkodási Szövetség) Ernst-Kuntze-díját. Az Ernst-Kuntze-díjjal, amit a DWA egyik korábbi elnökéről neveztek el, a szövetség olyan munkákat és találmányokat tüntet ki, melyek segítségével gyakorlati pozitív eredmények érhetőek el az egyesület által művelt munkaterületeken. Achim Höcherl és Sven Theus urak újfajta módszereket fejlesztettek ki a szennyvíztechnika területén fellelhető rengeteg információ rendelkezésre bocsátására, ami különösen a fiatal gyakornokok számára lehet hasznos. A szennyvíztisztítás és iszapkezelés legelterjedtebb technológiai fokozataival kapcsolatban a szükséges információt QR-kódok segítségével biztosítják, mely kódok táblákra nyomtatott formában felállításra kerülnek a szennyvíztisztító telep mindenkorli helyszínén. Ezen QR-kódok okostelefonnal történő megnyitásával idővesztés nélkül célirányos információhoz juthatunk a helyszínen.



BIOFILMEK JELENLÉTE

AZ IVÓVÍZELOSZTÓ HÁLÓZATOKBAN

**BÍRÓ ILDIKÓ, GERENCSÉRNÉ BERTA RENÁTA, BARABÁS ENIKŐ,
GALAMBOS ILDIKÓ**

PANNON EGYETEM, MÉRNÖKI KAR,
SOÓS ERNŐ VÍZTECHNOLÓGIAI KUTATÓ-FEJLESZTŐ KÖZPONT

Kulcsszavak: biofilm, ivóvíz, biofouling

1. BEVEZETÉS

A vízzel érintkező felületek számos mikroorganizmusnak és magasabb rendű élőlénynek biztosítanak életteret. Ezen szervezetek által létrejött életközösség – az ún. biofilm – minden olyan felületen kialakulhat, amely vízzel érintkezik: szilárd és folyékony felszínen is létrejöhethet, amennyiben tápanyagok és kellő nedvesség rendelkezésre áll. A csővezetékek belső felületén képződő biofilm szerepe alapvető jelentőségű a vízelosztó rendszerben a vízminőség romlás, a másodlagos szennyezések tekintetében.

Mi is az a biofilm?

A biofilm olyan mikroorganizmusokból, és gélszerű anyagból létrejövő többrétegű nyálkás lerakódás, mely a felületen megtelepedő élőlények közreműködésével jön létre, melybe szerves és szervetlen anyagok rakódnak. A réteg fokozatosan növekszik, miközben tápanyagok

és egyéb anyagok halmozódnak fel benne. Ezt a több fajból álló közösséget az általuk kiválasztott saját anyagcsere-termékeikből, az úgynevezett extracelluláris polimerekből (EPS) és vízből kialakuló kocsonyás bevonat tartja össze, és védi a külső hatásoktól (Flemming et al. 1994). Emiatt sokkal nehezebb a biofilmben jelenlevő élőlények elpusztítása, mint a szabadon úszó, lebegő mikroorganizmusoké, mert a fertőtlenítő szerek ezen a kocsonyás rétegen keresztül sokkal nehezebben hatolnak be a biofilm belsejébe, így csak átmenetileg és csak a legfelső rétegre nézve hatásosak.

A biofilm tápanyagbőség esetén gyorsan makroszkopikus méretekre nőhet. A benne élő több különböző fajta mikroorganizmus specializált anyagcsere-funkciót lát el a biofilmben. Egyes mikroorganizmusok speciális körülmények között egyetlen fajból álló biofilmet is képesek alkotni.

2. BIOFILMEK KIALAKULÁSA, SZERKEZETE

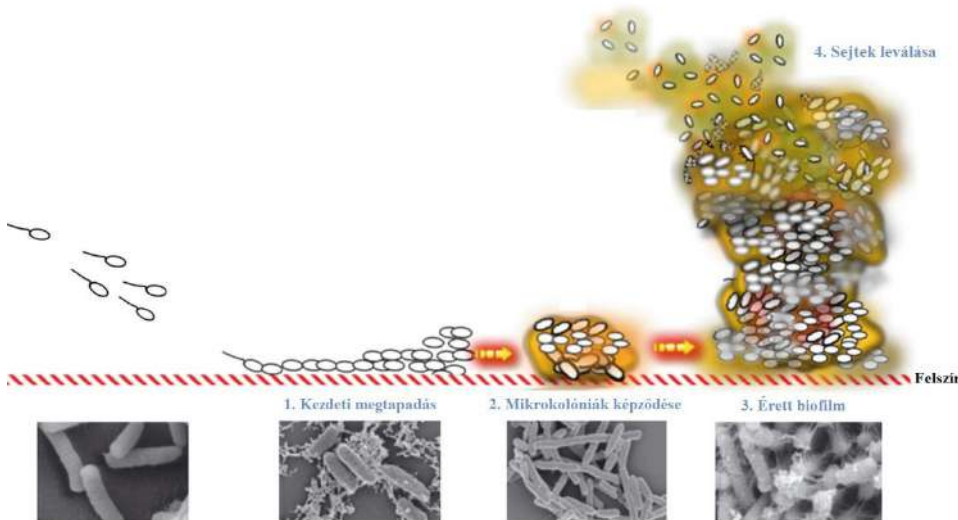
2.1. A biofilm kialakulása

A biofilmben élő baktériumok jelentősen különbözhetnek ugyanazon faj szabadon úszó példányaitól, mivel a zsúfoltabb, védettebb környezetben megnyílik az interakció és kooperáció lehetősége köztük. A környezet egyik előnye a tisztítószerrel és antibiotikumokkal szembeni védelem, mivel a sűrű extracelluláris mátrix és a külső sejtréteg megvédi a közösség belső sejtjeit.

A bevonatban élő baktériumok sejtjei és a sejt-kivüli komponensek bonyolult módon rendeződnek el, másodlagos struktúrákat, mikrokolóniákat hoznak létre, melyeken keresztül csatornák rendszere biztosítja, hogy a tápanyagok megfelelő módon jussanak el az egyes sejtkezekhez.

A biofilm felépítésében általában baktériumok, gombák, algák és egysejtű állati szervezetek (protozoonok) vesznek részt. A sejtek a felszínhez kezdetben gyenge kémiai kötésekkel rögzülnek, majd ez a kezdeti laza kapcsolódás erős adhézióvá alakul a bakteriális sejtek által termelt tok, illetve a sejtek felületén lévő sejtalkotók (fimbriák, pilusok) által (Palmer et White, 1997). Az elsődleges kolonizálók révén kialakított mikrokolóniák lehetővé teszik másodlagos kolonizálók megtelepedését (Rickard et al. 2003). A biofilm kialakulása és érése dinamizmust mutat. Megfelelő körülmények és tápanyag ellátottság mellett a sejtek szaporodni kezdenek. Ezután a versengés miatt a biofilm kezdeti faji sokfélesége (diverzitása) csökken, majd ahogy lehetővé válik újabb szervezetek betelepülése az érő biofilmba, a fajok száma újból növekszik (Rochex et al. 2008).

A biofilmek nem stabil szerkezetek: állandóan átépülnek, változnak. A biofilmekről folyamatosan válnak le részek: távozhatnak önálló sejtek, leszakadhatnak sejtcsoportok, de van, hogy az egész bevonat távozik a felszínről (lásd **1. ábra**) (Battin et al. 2007; Hall-Stoodley et al. 2004).



1. ábra: A biofilm kialakulása (forrás: Rendueles és Ghigo, 2012)

A biofilmek kialakulásának az irodalom szerint négy fő oka van (Jefferson, 2004).

- **Védekezés:** A biofilmben élő szervezetek kevésbé érzékenyek környezetük változásaira (időszakos tápanyaghiány, pH-változások, antimikrobiális ágensek).
- **Kedvező körülmények kihasználása:** A biofilmek révén a mikrobák le tudnak horgonyozni a számukra kedvező mikro-élőhelyeken.
- **A közösségi lét:** Olyan előnyöket jelent a mikroorganizmusok számára, mint a metabolikus terhek megosztása, vagy a horizontális génátvitel lehetősége. A biofilmben élő mikrobiális közösség ökológiai potenciálja túlszárnyalja a közösséget alkotó egyes fajok képességeinek összegét.
- **Elsődleges életforma:** Számos mikrobának a biofilm a primer életformája, a planktonikus lét csupán a kedvezőtlen körülmények során figyelhető meg.

2.2. A BIOFILMEK SZERKEZETE

A természetes biofilmek mikroorganizmusok vegyes közösségeit tartalmazzák, amelyben a mikrobák szoros egymásra utaltságban, egyéges konzorciumot alkotva élnek. A mikroorganizmusok és az aktivitásukkal létrehozott mikrokörnyezetek a biofilmben strukturális és időszakos különbözőségeket mutatnak. Bennük a baktériumok anyagcseréjükkel összekapcsolt funkcionális egységet képeznek; így

pl. vaskorrózió során a felületi aerob szervezetek és egyéb mikrobák megteremtik a fémkorrodáló szulfátredukáló baktériumok növekedéséhez nélkülözhetetlen tápanyagokat, ill. fiziko-kémiai paramétereket (Costerton et al. 1995). Mindebből adódóan egy adott közegben szabadon élő és a felületekhez rögzült mikrobióta faji összetétele jelentősen különbözhet (Makk, 2002).

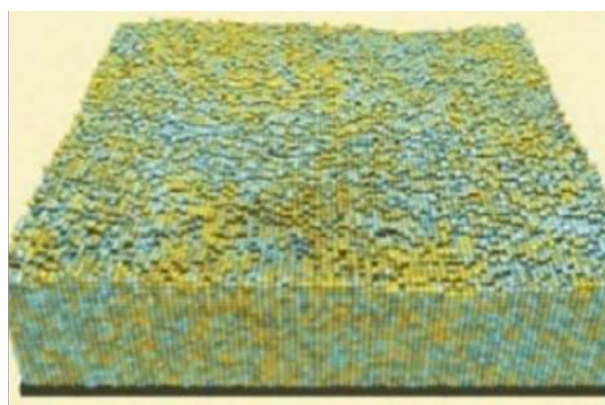
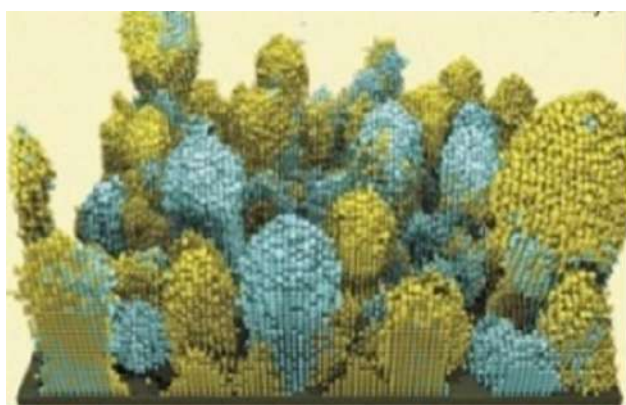
A biofilmek vastagsága igen különböző: az egyetlen sejtrétegből álló, 1-2 µm vastagságtól egészen a több száz µm-es bevonat vastagságig előfordul. A biofilm nem egységes, homogén szerkezetű, hanem heterogén, mikrokolóniák által létrehozott gombaszerű struktúrákból álló képződmény, melyek között pórusok és folyadékcsatornák szövedéke húzódik (Wimpenny et al. 2000; Palmer et White, 1997). Ez a szerkezet a különböző környezetekben kialakuló biofilmekben általánosnak tekinthető. A csatornák, pórusok szövedékén keresztül alakul ki a kapcsolat a környezet és a mikrokolóniák között, ezeken keresztül válik lehetővé a tápanyagok áramlása is.

A biofilmek más szempontból is nagyfokú heterogenitással jellemezhetők, így például a pH érték helyi változása akár három egység is lehet. A biofilmekben az oxigén koncentrációja is változik mind horizontálisan, mind vertikálisan. A horizontális heterogenitás kialakulásának az az oka, hogy a felületen – mindenekelőtt áramló

közegekben – különböző oxigénkoncentrációk alakulnak ki, aminek eredményeképp a mikróbák kolonialis növekedést mutatnak. Jellemzőbb ennél az ún. vertikális heterogenitás: a felületet elsőként benépesítő szervezetek vastag mátrixot képeznek, megteremtve ezzel a további mikroorganizmusok megtelepedésének lehetőségét. Ahogy a biofilm folyamatosan vastagszik, a mélyebben levő rétegek anaerobbá válnak, míg a felszíni réteg aerob marad. Az aerob-anaerob réteg határfelületén a mikrobiális tevékenység csökkenti az oxigén szintjét, ezzel az anaerob folyamatokat elősegíti az alsóbb rétegekben. Az élőbevonat szerkezetének rendezettségét befolyásolja, hogy egy vagy több faj alkotja az adott biofilmet. Az egy faj alkotta biofilmekben többnyire szabályos rendben helyezkednek el a folyadékcsatornák (Costerton et al. 1995), míg a természetes,

sokféle faj által kolonizáltakban rendezetlenebb rendszer figyelhető meg. A kialakuló szerkezetet a hasznosítható szubsztrátok mennyisége, minősége, valamint a környezet hidrodinamikai jellemzői is befolyásolják: ha a biofilmben jó a tápanyag-ellátottság, a fajok különálló kolóniákat hoznak létre. A lassú folyadékáramlásnak kitett, kis mennyiségű, vagy nehezen bontható energia- és szénforrás mellett azonban több faj alkotta mikrokolóniák szerveződnek (Palmer et White, 1999).

A környezeti feltételektől függően más-más szerkezetű biofilmek alakulhatnak ki. Sima felszín, gyors áramlás és kevés tápanyag esetén ujszerű szerkezetű (**2. ábra, A**), míg érdes felszín, lassú áramlás és elegendő tápanyag esetén jellemzően kompakt szerkezetű (**2. ábra, B**) biofilm kialakulásával számolhatunk.



2. ábra (A) Ujszerű szerkezetű biofilm, (B) kompakt szerkezetű biofilm

(forrás: <https://www.slideshare.net/nishatmbm/biofilm-42903274>)

2.3. A mikroorganizmusok védelme a biofilmekben – EPS mátrix

A természetes biofilmek a mikroorganizmusok részére számos szempontból előnyös szerveződést jelentenek. A biofilm mátrixba beágyazódva élő kórokozók az antibiotikumokkal és fertőtlenítő szerekkel szemben akár ezerszer ellenállóbbak lehetnek, a planktonikus társaikkal összehasonlítva (de Carvalho, 2007; Makk, 2002).

A biofilm kialakulásának már korai szakaszában a szilárd felületen megtapadt sejtek egy vékony szálát kezdenek el kiválasztani. Ez a vékony, de idővel egyre vastagodó poliszacharid szál az „extracellular polymeric substance”, azaz EPS, melynek nagy szerepe van a biofilm mátrix aktív részeként annak összetartásában. Szerepet játszik továbbá a szerves és szervetlen molekulák, tápanyagok megkötésében, más mikroba fajok rögzítésében a biofilmben (Madigan et Martinko, 2006). Az EPS a planktonikus sejtek megtapadásán kívül a biofilmet alkotó sejtek osztódása során keletkezett friss sejteket is rögzíti a biofilm felszínén, így biztosítva annak folytonos megújulását és vastagodását.

Az EPS komoly védettséget biztosít a környezet kedvezőtlen hatásaival szemben

a beleágyazódott élőlények számára, biztosítja a sejtek közötti kommunikációt, valamint képes energiát tárolni a sejtek számára. A kommunikáció hatására planktonikus formában egyébként nem termelődő fehérjéket kezdenek szintetizálni, többek között olyanokat, amik a védekezést szolgálják (Li et Tian, 2012).

A biofilm felületén a vízben lebegő szennyezőanyagokat megköti, melyek aztán beépülhetnek a mélyebb rétegekbe. Az EPS mátrix diffúziós gátat képez a környezetben jelen lévő oxigén, tápanyagok, ásványi anyagok, illetve a sejtek által termelt anyagcsere termékek, biocidok, antibiotikumok, toxikus anyagok számára. Védelmet nyújt a beágyazódó mikroorganizmusok számára, melyek így a szabadon élőknél kevésbé érzékenyek a környezeti stresszhatásokra, mint például az UV-sugárzásra, hőmérsékleti- és pH változásokra, ozmotikus sokkra. A biofilmben található mikroorganizmusok stressztűrő képességének fő okai a biofilm poliszacharid mátrixába való diffúzió korlátozottsága, a mikroorganizmusok lassabb szaporodási üteme és a különböző anyagcsere jellegek kifejeződése, megjelenése (Bassler, 1999).

3. BIOFILMEK ELŐFORDULÁSA

A biofilmek mindenütt jelen vannak, ahol található elegendő víz. Nem csak a baktériumok, hanem az egyéb mikroorganizmusok szinte minden faja képes valamilyen módon rögzülni a szilárd felületekhez vagy egy másik egyedhez. Megfelelő körülmények között szinte minden szilárd felületen képződhet biofilm. A természetben és a mesterséges környezetünkben számos helyeken találkozhatunk biofilmekkel, mint például az alábbiakban.

- Állóvizeink és folyóvizeink medrében a kavicsokon és köveken, sőt gyakran a posványok felszínén is. Itt a biofilmek a tápláléklánc fontos alkotóelemei, mivel sok hal táplálékául szolgáló vízi gerinctelen állatok táplálékforrásai.
- Emberi lakókörnyezetben biofilmek leginkább a zuhanyzóban képződnek, a kedvező nedves és meleg klíma miatt. Megtalálhatók a vízvezetékek és a csatorna csöveiben, ahol a szállított folyadék szennyezését, és korróziót okozhatnak.
- A fűtő, illetve klímaberendezésekben is képződhet biofilm, ami jelentősen csökkentheti a hőtranszfer hatékonyságát (Characklis et al. 1981).

4. BIOFILMEK JELENTŐSÉGE A CSŐVEZETÉKKBEN, VÍZTISZTÍTÁSBAN

Az ivóvízellátás során a csővezetékekben kialakuló biofilmek komoly gondokat okozhatnak. Egyrészt a biofilmben kórokozók is megtapadhatnak, és a leszakadó darabok állandó szennyezési, fertőzési forrást képeznek (Mahapatra et al. 2015). Másrészt a csővezetékek korrózióját nagymértékben gyorsíthatja a felületen kialakult bevonat. A biofilmek kialakulása napokig, hetekig tart, és a rendszeres tisztítás, fertőtlenítés ellenére is létrejönnek a rejtett, nehezen hozzáférhető szögletekben, hajlatokban. eltávolításuk csak erőteljes fertőtlenítő szerekkel és mechanikai úton lehetséges.

A csővezeték falán kialakuló biofilm réteg jelenléte okozza az ivóvíz hálózatok másodlagos szennyeződésének (vízminőség-romlás) jelentős részét, mivel a mikrobiológiai folyamatokhoz kedvező feltételek állnak fenn a hálózatban (Walch, 1992).

A kialakult biofilm, valamint a benne lejátszódó folyamatok növelhetik a közegészségügyi kockázatot annak ellenére, hogy a vízelosztó rendszerben a fertőtlenítőszer oxidációs hatása biztosított. A hálózatba vezetett kezelt vízben található mikroorganizmusok fajtáit és mennyiségét több paraméter befolyásolja: a nyersvíz típusa és minősége, a tisztítás valamint a fertőtlenítés hatékonysága, a fizikokémiai paraméterek (hőmérséklet, pH, korrózió mértéke, stb.), illetve a megtapadásra alkalmas felületek tulajdonságai. A réz felületeken például a biofilm kevésbé alakul ki, mivel a réz

toxikus hatással van a legtöbb mikroorganizmusra, ezen felül hősokkszerű termikus kezelés hatására a biofilm csökkenése figyelhető meg ezeken a felületeken.

A biofilm az egészségügyi kockázaton túl számos egyéb problémát is okozhat mind a háálózatban, mind a technológiában:

- kellemetlen szagot okozó baktériumok, illetve a Legionella, a Pseudomonas baktériumok megtelepedését segítheti elő (Mahapatra et al. 2015),
- a műanyag vízellátó csövekből szerves vagy szervetlen segédanyagok oldódhatnak ki a biofilm biológiai korróziójának

hatására. Fémcsöveknél a kioldódás veszélye szintén fennáll. (Gonzalez és mtsai, 2013)

A baktériumok anyagcsere termékeikkel befolyásolhatják a biofilmmel érintkező víz minőségét. Képesek bizonyos anyagok eltávolítására a vízből, illetve termelt anyagcsere termékekkel a víz kémiai összetételét megváltoztatni. A táplálkozási vagy légzési szubsztrátok alapján a baktériumokat különböző csoportokba tudjuk osztani, ezeket illetve az egyes csoportok anyagcsere termékeit, melyekkel képesek a víz összetételét módosítani, az **1. táblázat** mutatja be (Farkas et al., 2012).

1. táblázat: Biofilmben előforduló baktériumcsoportok és azok anyagcseretermékei

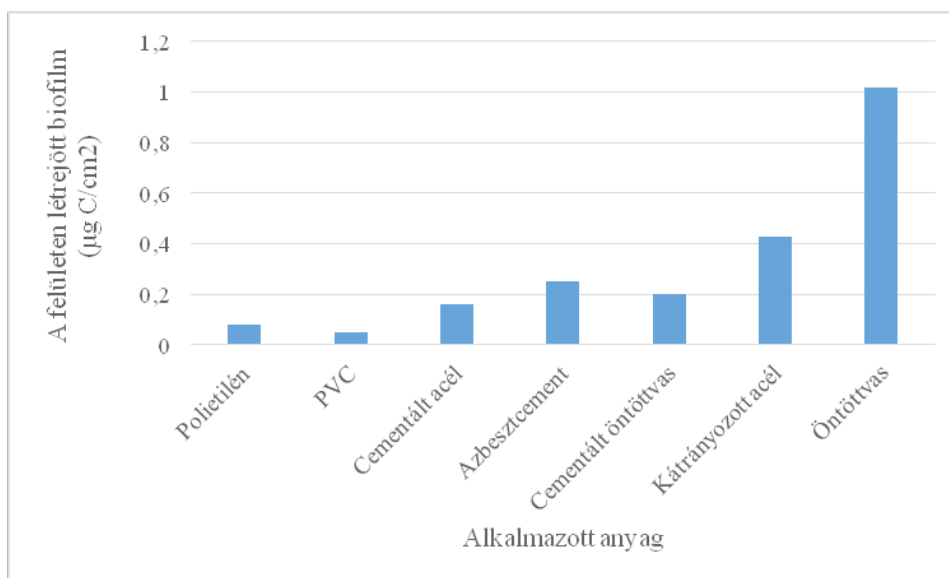
(forrás: Farkas et al. 2012)

| Baktériumcsoport | Képviselői | Termelt metabolit |
|-----------------------------|--|-------------------------|
| Ammonifikáló baktériumok | <i>Bacillus spp.</i> <i>Clostridium spp.</i> <i>Pseudomonas spp.</i> <i>Burkholderia spp.</i> | Ammónium ion Ammónia |
| Ammónia oxidáló baktériumok | <i>Nitrosomonas spp.</i> <i>Nitrocystis spp.</i> <i>Nitrospira spp.</i> <i>Nitrosolobus spp.</i> <i>Nitrosovibrio spp.</i> | Nitrit ion |
| Nitrifikáló baktériumok | <i>Nitrobacter spp.</i> <i>Nitrococcus spp.</i> <i>Nitrospira spp.</i> <i>Nitrospina spp.</i> | Nitrát ion |

| Baktériumcsoport | Képviselői | Termelt metabolit |
|-------------------------------------|--|--------------------------------|
| Denitrifikáló baktériumok | <i>Paracoccus denitrificans</i> <i>Pseudomonas stutzeri</i> <i>Thiobacillus denitrificans</i> <i>Alcaligenes spp.</i> <i>Bacillus spp.</i> | Nitrogén Nitrogén-oxidok |
| Kén redukáló baktériumok | <i>Desulfuromonas spp.</i> <i>Proteus spp.</i> | Kénhidrogén |
| Szulfát redukáló baktériumok | <i>Desulfovibrio desulfuricans</i> <i>Desulfovibrio sulfodismutans</i> <i>Desulfotomaculum spp.</i> <i>Desulfonema spp.</i> <i>Desulfosarcina spp.</i> <i>Desulfobacter spp.</i> <i>Desulfococcus spp.</i> <i>Desulfomicrobium spp.</i> | Kénhidrogén |
| Kén oxidáló baktériumok | <i>Thiobacillus spp.</i> <i>Sulfolobus spp.</i> <i>Beggiatoa spp.</i> <i>Thiothrix spp.</i> | Kénsav Szulfátok Kén |
| Vas redukáló baktériumok | <i>Sphaerotilus natans</i> <i>Leptothrix ochracea</i> <i>Crenothrix polyspora</i> | Vas (Fe ²⁺) oxidok |
| Vas oxidáló baktériumok | <i>Galionella feruginea</i> <i>Ferrobacillus ferrooxidans</i> <i>Thiobacillus ferrooxidans</i> | Vas (Fe ³⁺) oxidok |
| Mangán oxidáló/redukáló baktériumok | <i>Sphaerotilus discophorus</i> <i>Pseudomonas spp.</i> <i>Metallogenium spp.</i> <i>Pedomicrobium spp.</i> <i>Bacillus spp.</i> <i>Micrococcus spp.</i> <i>Vibrio spp.</i> | Mangán oxidok |

Amellett, hogy ezek az anyagok károsíthatják a felületeket, belekerülnek a vízbe, ahol fertőtlenítő-szerekkel, esetenként toxikus fertőtlenítési melléktermékeket képezve (mint például a trihalometánok) (Farkas et al. 2012).

A csővezeték felülete nagy hatással lehet a kialakuló biofilmek összetételére és aktivitására. Könnyebben alakul ki biofilm réteg fém vezetékek belső felületén, mint például a műanyag (PVC) vezetékekben, még megfelelő karbantartás és vegyszeres fertőtlenítés mellett is. Ezt jól szemlélteti a **3. ábra**, mely egy kevert (felszín alatti + felszíni víz) vízzel működő vízmű vízelosztó rendszerén a különböző anyagú csöveknél mért biofilm akkumulációt mutatja (Niquette et al. 2000):



3. ábra: A cső anyagának hatása a biofilm akkumulációra egy ivóvíz elosztó hálózatban (forrás: Niquette et al. 2000)

A felszíni vízkivétellel működő vízműveknél gyakori a biofilmben illetve a biofilm felszínén a kovaalgák megjelenése. Emellett a biofilm felszínt általában fonalas baktériumok jellemzik, míg a mélyebb rétegekben rendkívül

sokszínű baktériumpopuláció élhet, amelyben a csővezetékben nem elég gyors az áramlás és nincs elegendő fertőtlenítő szer a vízben.

A biofilmek egészségügyi kockázatot is jelentenek, mivel opportunista patogének telepedhetnek meg bennük. Ezek az opportunista patogének a gyengébb immunrendszerrel rendelkező emberekre (idősek, gyermekek, transzplantáltak, egyéb betegségben szenvedők) jelenthetnek veszélyt. Leggyakrabban biofilmekben előforduló csoportjaik, fajaik a következők: *Mycobacterium spp.*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella spp.*, *Serratia spp.*, *Legionella spp.*, *Flavobacterium spp.*

A csővezetékeken kívül a különböző technológiai részek is ki vannak téve a biofilm bevonat képződésének. A különböző média szűrők (pl. szűrő-

homok), aktív szén adszorbensek, ioncserélő gyanták, membránok felülete egyaránt alkalmas felület a mikroorganizmusok megtelepedésére megfelelő fertőtlenítő szer hiányában, szakaszos üzemeltetés mellett.

5. NÉHÁNY PÉLDA AZ IVÓVÍZHÁLÓZATOK BIOFILM PROBLÉMÁIRA – HAZAI ÉS NEMZETKÖZI ESETEK

Szeged, 2017: Szín, szag, íz problémák jelentkeztek a hálózati ivóvíznél.

Új ivóvíztisztítási technológia kezdett el üzemelni a Szegedi Vízmű Zrt. öt ivóvíztisztító telepén, amelyeknek a megvalósítására az Európai Unió által előírt szigorú vízminőségi követelmények miatt volt szükség. A technológia a víz arzéntartalmát koagulációval és szűréssel, az ammóniumion eltávolítását pedig törésponti klórozásos technológiával csökkenti az EU előírásoknak megfelelő szintre. Az új technológiával megtisztított víz összetétele megváltozott a megszokotthoz képest, és ez a megváltozott összetételű víz a városi és a házi vízvezetékrendszerek faláról lemosta a biofilmet és az egyéb lerakódásokat, így az ivóvíz sárgás színű, zavaros, és kellemetlen szagú lett. A tisztítási technológia indításakor – az ivóvíz telepek ki-és belépésével – az ivóvízhálózatban az áramlási irányok is többször változtak, ami szintén „megmozgatta” a vezetékhalózat falán lévő lerakódásokat. A víz intenzív folyatás, öblítés és ülepítés után fogyasztásra alkalmas volt [www1].

Georgia, 2015: Egy fogorvosi rendelő 20 páciensénél diagnosztizáltak *Mycobacterium abscessus* fertőzést

A *Mycobacterium abscessus* egy gyorsan szaporodó nem- tuberkulózisos mikobaktérium, mely a vízben, a talajban található meg. Általában bőr- és légútrészfertőzést okoz, de több szervben is okozhat betegséget. Toleranciát mutat az általánosan használt fertőtlenítőszerrel szemben, és gyakran megtalálhatók az egészségügyi létesítmények és a vízelosztó rendszerek vízvezetékében. A nem megfelelően karbantartott fogászati egységek vízvezetékei lehetővé tehetik a mikroorganizmusok, köztük a *Mycobacterium* fajok megtapadását és szaporodását, amelyek így biofilmeket képezhetnek.

Az 1386 fogászati kezelésen átesett páciens közül 20 esetben igazolták a *Mycobacterium abscessus* fertőzést, amely lázzal, nyaki és arcterületi duzzanattal, fájdalommal, esetenként csontvelőgyulladással járt.

A fertőzést a laboratóriumi vizsgálatok szerint a vízhálózatban jelen levő, biofilmben élő *Mycobacterium abscessus* okozta. Az ilyen, vízelosztó rendszer biofilmjéből eredeztethető fertőzések megelőzése érdekében a fogorvosi gyakorlatoknak követniük kell a gyártók útmutatásait a vízcsövek fertőtlenítésére, a vízminőség ellenőrzésére, a felhasználási célú vízszűrők használatára és a vízvezetékek vízszintes szakaszainak eltávolítására, ahol a stagnáló víz lehetővé teszi a biofilm képződését (Peralta et al. 2016).

Flint (Michigan, USA), 2014-2015: 87 esetben diagnosztizáltak legionárius betegséget, ebből 10 eset halálos kimenetelű volt

Idővel a korróziós inhibitorok, mint például foszfátsók, a vízvezetékek belső felületén olyan ásványi bevonatot hoznak létre, amelyet passzivációs réteggént ismerünk. Ez a réteg segít megvédeni a csöveket, miközben a fertőtlenítőszerként adagolt klór szintje is viszonylag stabil. 2014. áprilisától kezdődően a Flint-folyó korrozív vize folyamatosan távolította el ezen védőréteget, majd kioldotta a vasat a vezetékek belsejéből valamint az ólmot. Ennek eredményeként a fémek, beleértve az ólmot és a vasat is, a vízbe kerültek. A szabad klór, amelyet a kórokozók elpusztítására a vízkezelés során adtak a vízhez, nem tudta fertőtlenítő hatását kifejteni, mivel elreagált a vízben oldott vassal.

A Legionella baktériumok elszaporodtak a város vízelosztó rendszerében, ez eredményezte a fertőzéseket. Két olyan tényező is jelen volt a vízvezetékekben, amelyek potenciálisan segítik a Legionella növekedését: magas oldott vas tartalom a vízben (a Legionella nagy vas igényű) és alacsony klórtartalom (www2).

Észak-Írország, 2011: négy újszülött halt meg *Pseudomonas aeruginosa* okozta fertőzésben

A kórház csaptelepei termosztatikus keverő szelepekkel voltak ellátva, amelyek kedvező hőmérsékletet biztosítottak a *Pseudomonas aeruginosa* szaporodásához. Emellett a csap azon részei, melyek a levegővel és a vízzel is érintkeztek, a kedvező oxigénellátás révén segítették az aerob (oxigén jelenlétében szaporodó) *Pseudomonas* baktériumok versengését a fakultatív anaerob (melyek megélik mind oxigénhiányos, mint oxigéndús környezetben) baktériumokkal szemben a biofilmben. A csaptelep mélyebb belső részein az alacsonyabb oxigénkoncentráció már a fakultatív anaerob baktériumoknak kedvezett, így ott nehezebb volt a *Pseudomonas* baktériumok nagymértékű elszaporodása.

Az újszülötteket az említett csaptelepekből származó vízben fürdették, így kaphatták el a fertőzést.

Az eset rávilágított arra, hogy már a csapok tervezésénél figyelembe kell venni a csaptelepekben kialakulni képes biofilm komoly egészségügyi kockázatát. Ezért minél inkább törekedni kell arra már a tervezésénél, hogy a csaptelepek belsejében ne jöhessen létre kedvező környezet a biofilm kialakulásához (Walker et al. 2014).

6. BIOFILMEK ELLENI VÉDEKEZÉS

Mivel a kialakult biofilm teljes mértékű eltávolítása nagyon nehéz feladat, ezért elsősorban a biofilm kialakulás megelőzésére érdemes fektetni a hangsúlyt. Több lehetőség is adódik, ha a kialakulást szeretnénk megelőzni, bár ezek nem minden esetben képesek a biofilm kialakulását megakadályozni, gyakran csak lassítják a folyamatot. Törekednünk kell az alábbiak betartására.

- Védeni kell a szennyeződésre érzékeny vízbázisokat.
- Korszerűbb víztisztítási technológiát kell alkalmazni (cél: minél kevesebb tápanyag jusson ki a hálózatba).
- Fertőtlenítési folyamatok optimalizálására van szükség (pl. hálózati pontokon történő fertőtlenítés), a fertőtlenítő szer/szerek kiválasztására megkülönböztetett figyelmet kell fordítani.
- Megfelelő csőanyag alkalmazása szükséges (biofilm megtapadásának nem kedvező csőanyag)
- A hálózaton végzett vízminőség-ellenőrzések átgondolása és hatékony végrehajtása, szükség esetén sűrítése elengedhetetlen.

Amennyiben már létrejött a felületen a biofilm, az alábbi lehetőségek merülhetnek fel az eltávolításra.

- A hálózatok szakaszainak intenzív mosatása:
 - A mosatás gyakoriságát sűríteni kell, a pangó vizek, lassú áramlási szakaszok kialakulása ellen intézkedni kell.

- A mosatásokat szabályszerűen kell elvégezni (betáplálási helyről kezdve).
- Az öblítés intenzitása rendkívül fontos, erre nagy hangsúlyt kell fektetni. Nagyobb sebesség (időegység alatt több átpréselt víz) jobb eredményre vezet.

Hálózatok mechanikai tisztítása:

- A biofilm eltávolítása szempontjából ez az egyik leghatékonyabb módszer, bár a kialakult biofilmet nem tudjuk 100%-ban eltávolítani, mindig marad annyi sejt, amelyek kedvező körülmények között újabb biofilm képzésére képesek. A mechanikai tisztítás a csövek belső felületén esetleg kialakuló vízkő illetve rozsdá réteg egy részét is eltávolítja, így a mikroorganizmusok számára könnyű megtapadást és kedvező élőhelyet biztosító réteg eltávolításával lassítható a későbbiekben a biofilm újbóli kialakulása.

Fertőtlenítés:

- A hálózaton állandó jelleggel biztosítani kell a fertőtlenítő szer jelenlétét, ez rendkívül fontos a biofilm elleni védekezés szempontjából.
- Bizonyos esetekben csak integrált fertőtlenítés nyújthat megoldást, mivel a biofilm rendkívül sokszínű mikroba közösségének tagjai más-más módon reagálnak a különböző fertőtlenítő szerekre.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

Biofilmek szinte minden vizes környezetben előfordulnak. Az ivóvízellátás során a hálózatban és a vízkezelő rendszerekben kialakult biofilmek nem csak egészségügyi kockázatot jelentenek, hanem az üzemeltetési költségek növekedését, a velük érintkező felületek károsodását is okozhatják.

Mivel a mikroorganizmusok felületen történő megtapadása ritkán kerülhető el, rendkívül nagy jelentőségűek a különböző biofilm monitorozási, illetve az ellenőrzési technikák. A biofilmek kontrolján kívül megkülönböztetett figyelmet kell fordítani a kialakulás megelőzésére, illetve a növekedés lassítására is. Azok a rendszerek, melyekben megfelelő mennyiségű maradék fertőtlenítő szer található, jó állapotú a csővezeték, valamint rendszerek az öblítések, sokkal kisebb veszélynek vannak kitéve a biofilmek okozta problémák megjelenésével szemben.

Köszönet az **EFOP-3.6.1-16-2016-00015** projekt anyagi támogatásáért.

IRODALOM

Abd El Aleem, F. A.; Al-Sugair, K. A.; Alamad, M. I. (1998) Biofouling problems in membrane processes for water desalination and reuse in Saudi Arabia. *Int. Biodeterior. Biodegrad.*, 41, 19–23.

Bassler B. L. (1999) How bacteria talk to each other: regulation of gene expression by quorum sensing. *Current Opinion in Microbiology*, 2, 582-587.

Battin, T. J.; Sloan, W. T.; Kjelleberg, S.; Daims, H.; Head, I. M; Curtis, T. P.; and Eberl, L. (2007) Microbial landscapes: new paths to biofilm research. *Nature*, 5, 76-81.

Brouwer, H.; Meesters, K.; van Groenestijn, J. (2006) Biofouling control in reverse osmosis membranes using rapid biofiltration technology. *Desalination*, 199, 15–17.

Characklis W. G.; Nevimons M. J.; Picologlou B. F. (1981) Influence of Fouling Biofilms on Heat Transfer. *Heat Transfer Engineering*, 3, 23-37.

Costerton, J. W.; Lewandowski, Z.; Caldwell, D. E.; Korber, D. R.; Lappin-Scott, H. M. (1995) Microbial biofilms. *Annual Review of Microbiology*, 49, 711-745.

de Carvalho, C. C. C. R. (2007) Biofilms: recent developments on an old battle. *Recent Patents on Biotechnology*, 1, 49-57.

- Farkas A.; Ciataras D.; Bocos B. (2012) Biofilms Impact on Drinking Water Quality. Ecological Water Quality - Water Treatment and Reuse, Dr. Voudouris (Ed.), ISBN: 978-953-51-0508-4
- Flemming, H. C. Membrane Technology; Amjad, Z., Ed.; Van Nostrand Reinhold: New York, NY, USA, 1992; pp. 163–209.
- Flemming, H. C.; Griebe, T.; Schaule, G.; Schmitt, J.; Tamachkiarowa, A. (1997) Biofouling - The Achille's heel of membrane processes. *Desalination*, 113, 215–225.
- Flemming, H. C.; Schaule, G.; McDonogh R.; Ridgway, H. F. (1994) Mechanism and Extent of Membrane Biofouling. *Biofouling and Bio-corrosion in Industrial Water Systems*, 63–89.
- Flemming, H.-C.; Schaule, G. (1988) Biofouling on membranes - A microbiological approach. *Desalination*, 70, 95–119.
- Gonzalez S.; Lopez-Roldan R.; Cortina J. L. (2013) Presence of metals in drinking water distribution networks due to pipe material leaching: a review. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 95, 870–889.
- Hall-Stoodley, L.; Costerton, J. W. P.; Stoodley (2004) Bacterial biofilms: from the natural environment to infectious diseases. *Nature*, 2, 95–108.
- Ho, B.P.; Wu, M.W.; Zeiher, E.H.K.; Chatteraj, M. (2004) Method of monitoring Biofouling in Membrane Separation Systems. U.S. Patent 6,699,684, 2 March 2004.
- Hobbie, J.E.; Daley, R.J.; Jasper, S. (1977) Use of nucleopore filters for counting bacteria by fluorescence microscopy. *Appl. Environ. Microbiol.*, 33, 1225–1228.
- Holm-Hansen, O.; Booth, C.R. (1966) Measurement of adenosine triphosphate in the ocean and its ecological significance. *Limnol. Oceanogr.*, 11, 510–519.
- Jefferson, K. K. (2004). „What drives bacteria to produce a biofilm?” *FEMS Microbiology Letters* 236(2), 163–173.
- Kerr C. J.; Osborn K. S.; Robson G. D.; Handley P.S. (1999) The relationship between pipe material and biofilm formation in a laboratory model system. *Journal of Applied Microbiology Symposium Supplement*, 85, 29–38
- Komlenic, R. (2010) Rethinking the causes of membrane biofouling. *Filtr. Sep.*, 47, 26–28.
- Kramer, J.F.; Tracey, D.A. (1995) The solution to reverse osmosis biofouling. In *Proceedings of IDA World Congress on Desalination and Water Use, Abu Dhabi, Saudi Arabia, November 1995; Volume 4*, 33–44.

- Lee, J.; Kim, I.S. (2011) Microbial community in seawater reverse osmosis and rapid diagnosis of membrane biofouling. *Desalination*, 273, 118–128.
- Li Y. H., Tian X. (2012) Quorum Sensing and Bacterial Social Interactions in Biofilms. *Sensors*, 12, 2519-2538
- Madigan, M. T.; Martinko J. M (2006) Brock's biology of microorganisms. Prentice Hall, 617-619.
- Mahapatra, A.; Padhi, N.; Mahapatra, D.; Bhatt, M.; Sahoo, D.; Jena, S.; Chayani, N. (2015) Study of Biofilm in Bacteria from Water Pipelines. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 9(3), 09-11.
- Makk, J. (2002) Kovaalgákhoz asszociált baktériumközösségek vizsgálata dunai biofilmekben. Ph.D. értekezés, ELTE, Budapest.
- Murphy, A. P.; Moody, C. D.; Riley, R. L.; Lin, S. W.; Murugaverl, B.; Rusin, P. (2001) Microbiological damage of cellulose acetate RO membranes. *J. Membr Sci*, 193, 111–121.
- Niquette P.; Servais P.; Savoie R. (2000) Impacts of pipe materials on densities of fixed bacterial biomass in a drinking water distribution system. *Water Research*, 34 (6), 1952-1956
- Nguyen, T.; Roddick, F. A.; Fan, L (2012) Biofouling of Water Treatment Membranes: A Review of the Underlying Causes, Monitoring Techniques and Control Measures. *Membranes*, 2, 804-840.
- Palmer, R. J. Jr. and White, D. C. (1997) Developmental biology of biofilms: implication for treatment and control. *Trends in Microbiology*, 5 (11), 435-440.
- Peralta G.; Tobin-D'Angelo M.; Parham A. et al. (2016) Notes from the Field. Mycobacterium abscessus Infections Among Patients of a Pediatric Dentistry Practice — Georgia, 2015. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*, 65, 355–356.
- Rendueles O.; Ghigo J. M. (2012) Multi-species biofilms: how to avoid unfriendly neighbors. *FEMS Microbiology Reviews*, 36 (5), 972–989
- Rickard, A. H.; Gilbert, P.; High, N. J.; Kolenbrander, P. E.; Handley, P. S (2003) Bacterial coaggregation: an integral process in the development of multi-species biofilms. *Trends in Microbiology*, 11 (2), 94-100.
- Ridgway, H.F. Microbial adhesion and biofouling of reverse osmosis membranes. (1988) In *Reverse Osmosis Technology: Application for High Pure Water Production*; Parekh, B.S., Ed.; Marcel Dekker: New York, NY, USA, 1988; 429–481

- Ridgway, H.F.; Safarik, J. (1991) Biofouling of reverse osmosis membranes. In *Biofouling and Biocorrosion in Industrial Water System*; Flemming, H.-C., Geesey, G.G., Eds.; Springer Verlag: Heidelberg, Germany, 1991; 81–111.
- Rochex, A.; Godon, J.; Bernet, N.; Escudié, R. (2008) Role of shear stress on composition, diversity and dynamics of biofilm bacterial communities. *Water Research*, 42, 4915–4922.
- Sung, J.H.; Chun M.-S.; Choi H.J. (2003) On the behaviour of electrokinetic streaming potential during protein filtration with fully and partially retentive nanopores. *J. Colloid Interface Sci*, 264, 195–202.
- Vrouwenwelder, J.S.; Kappelhof, J.W.N.M.; Heijman, S.G.J.; Schippers, J.C.; van der Kooij, D. (2003) Tools for fouling diagnosis of NF and RO membranes and assessment of the fouling potential of feed water. *Desalination*, 157, 361–365.
- Vrouwenvelder, J.S.; van der Kooij, D. (2002) Diagnosis of fouling problems of NF and RO membrane installations by a quick scan. *Desalination*, 153, 121–124.
- Walch M. *Encyclopedia of Microbiology* (ed. Lederberg, J.) Vol. 1. New York: Academic Press; 1992. Microbial Corrosion; pp. 585–91.
- Walker J. T.; Jhutti A.; Parks S.; Willis C.; Copley V.; Turton J.F.; Hoffman P.N.; Bennett A.M. (2014) Investigation of healthcare-acquired infections associated with *Pseudomonas aeruginosa* biofilms in taps in neonatal units in Northern Ireland. *Journal of Hospital Infection*, 86(1), 16–23.
- Wimpenny, J.; Manz, W.; Szewzyk U. (2000) Heterogeneity in biofilms. *FEMS Microbiology Reviews*, 24, 661–671.

Internetes hivatkozások:

- <https://www.slideshare.net/nishatmbm/biofilm-42903274>
 www1: <http://www.szegedivizmu.hu/>
 www2: <http://www.waterandhealth.org/newsletter/LegionellainFlintDrinkingWater.pdf>

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA VÍZGAZDÁLKODÁS-TUDOMÁNYI BIZOTTSÁG VÍZELLÁTÁSI ÉS CSATORNÁZÁSI BIZOTTSÁGA ÜLÉSÉRŐL

Ülést tartott 2017. október 10-én a MTA Vízellátási és Csatornázási Bizottsága a MaVíz előadótermében:

„Az ivóvíztisztítás várható fejlődési tendenciái (Klímaváltozás és a kockázati elemek...)” címmel.

Az ülést **Prof. Dr. Juhász Endre CSc., a Bizottság elnöke** nyitotta meg, kiemelve a tárgyalni kívánt témakör aktualitását, majd felkérte **Molnár Attilát**, az ÉRVZrt. műszaki vezérigazgató helyettesét, az ülés levezetésére.

Prof. Dr. Licskó István CSc. (BME VKKT) nagyvíz felvezető előadását – melynek összeállításában Dr. Laky Dóra PhD, Sonia Al Hebos (BME VKKT), és Czégény Ildikó (TRV Zrt) nyújtottak segítséget – a következő négy fejezetre bontotta:

- a klímaváltozás várható hatása az ivóvízellátásra,
- nemzetközi kitekintés (IWA 2018. Tokyo),
- mikroszennyező anyagok,
- hazai feladatok.

Az **első részben** a felmelegedés gyakorlati megjelenését, a szélsőségesse váló időjárást és a talajba jutó, és szárazodást okozó vízmennyiség-csökkenést elemezte a különféle vízkészlet típusokban.

Megállapította, hogy hazánkban, a kitermelés üteme alapján, néhány évtizeden belül a közműves vízellátásban nem várhatók mennyiségi problémák, az után-pótlódás mennyisége tekintetében azonban már ma jelentős csökkenésre lehet számítani. Ennek következtében az elérési idő minél pontosabb meghatározása már most szükségesnek ítéltető.

Szólt a tanyasi élet nehezédesét okozó szárazodás miatt fellépő vízhiányról. Foglalkozott a kutatási igényekkel, és a víz helyben-tartásának fontos követelményeivel.

A **második részben**, a nemzetközi kitekintés során, kiemelte a komplex monitoring jelentőségét és a fertőtlenítésben az ózon valamint aktívszén felhasználást. Nem foglalkozott a nemzetközi feladatok során a sótlanítás alkalmazásával. Tárgyalta a fertőtlenítés folyamatában keletkező melléktermékeket, az íz- és szaganyagok okozta problémákat, a biofilm képződést, a fémkioldódást, és a szerelvények hatásait. Végül foglalkozott a fertőzéseket okozó mikroorganizmusok hatásaival, a kockázatelemzés fontosságával, katasztrófák és vízbiztonsági problémák kezelésével.

A veszélyes szennyezőanyagok közül említette a nano-részecskéket, a gyógyszermaradványokat, a személyi használatra szolgáló anyagokat és maradványaikat.

A **harmadik részben** részletesen kiemelte az arzén, az ólom, a fertőtlenítési melléktermékekkel (THM, AOX) kapcsolatos feladatokat és az említés szintjén foglalkozott a mikroplasztik anyagok megjelenésével.

Előadásának mindhárom részében, a problémák megjelenésének sorában foglalkozott a **hazai teendőkkel**.

A főelőadást felkért hozzászólások követték.

Ennek sorában elsőnek **Degré András** ny. vezérigazgató h. a kistelepülések vízműveivel és követelményeikkel foglalkozott hozzászólásában.

Megítélése szerint a kistelepülések ellátását települési- és térségi/kistérségi szinten kell megoldani.

Kimondta, hogy mintegy 60.000 vegyület szennyezi a vizet, kérdés, hogy ezekből mennyit vizsgálunk, mennyit ismerünk, és mennyit tudunk eliminálni. A vízminőségi kifogások okai közül kiemelte a technológiai hiányosságokat, a méretezési hibákat, a szakaszos üzemet, a rendszerbeli hosszú tartózkodási időt, és a másodlagos szennyeződések, a hálózati karbantartási hiányosságokat, továbbá az elmaradt beruházásokat. Foglalkozott az észlelés kritériumaival. Említette, hogy a tűzi-vizet ma már másképpen kellene biztosítani, a hálózat optimális működése, a másodlagos szennyeződések elkerülése és víztakarékosság biztosítása érdekében. Kiemelte a felkészült üzemeltető fontosságát a feladat ellátása során.

Hideg Miklós igazgató (a GE Water & Process Technologies és a SUEZ egyesülése) részletesen foglalkozott a membrán-szűréssel. Megállapította, hogy ma már gazdaságosnak tekinthető ez az eljárás, amit elsősorban az algaszám csökkentése érdekében kizárólagos víztechnikológiai módszernek lehet tekinteni. Beszámolt a hazai – főként felszíni vízkészletre telepített – membrános ivóvíztisztító telepeken szerzett jó tapasztalatokról.

Zerkowitz Tamás a Hidrokomplex igazgató helyettese az „IVÓVÍZMINŐSÉG JAVÍTÓ PROGRAM VÍZTECHNOLÓGIAI TAPASZTALATAI” címmel foglalta össze hozzászólásában a víztechnikológiai megoldások, trendek, és a kritikus minőségi paraméterek, a méretezés, speciális technológiák kérdésköreit. A tapasztalatok során kitért a fogalmak zűrzavarára, a méretezések esetlegességére, a technológiák rugalmatlanságára. Szólt a „misztikus” anyagok, ötletek és találgatások hazánkban alkalmazott arzenáljáról.

Ismertette az alaptechnikológiákat, a hálózati és fogyasztói kockázatokat.

Molnár Attila a „Membrántechnológia alkalmazása és tapasztalatai az ÉRV Zrt. felszíni vizeinél” címmel ismertette, hogy a vízmű 49 %-ban felszíni ivóvízbázisokat üzemeltet. Ennek következtében a membrántechnológia alkalmazása szükséges az algaszám csökkentése érdekében. A technológia igazolta algaszám-csökkentési képességét. Lázberczen ZENON ZW 1000 és ZW 500 szűrési rendszert, Szalajka üzemnél Pall membránszűrési rendszert alkalmaznak. Az algaszám csökkentése hatására csökkent a klórfelhasználásuk is.

A rendkívül tartalmas előadást és hozzászólásokat követően vita következett, ahol az elhangzottak nagyra értékelését hangoztatva további problémákat, eljárásokat, lehetőségeket és nehézségeket vetettek fel a jelenlévők. A közegészségügy jelenlévő reprezentánsa felkérésre ismertette az ólomszennyezéssel kapcsolatosan folyó feltáró munkát

Prof. Dr. Juhász Endre, a Bizottság elnöke zárszavában kiemelte, hogy a továbbiakban is figyelemmel kíséri a Bizottság a vízellátási és víztechnikológiai szakterület fejlődését, és teendőit, hozzájárulva ezzel a hosszú távú gondolkodás még hatékonyabb érvényesüléséhez.

Lejegyezte:

Prof. Emerita Dulovics Dezsőné dr.

MAGYAR SIKER AZ IChEME GLOBAL AWARDS-ON

Az Institution of Chemical Engineers (IChemE) 2017-ben is meghirdette "Global Award"-ját, melyre a világ minden részéről lehetett pályázni, 15 kategóriában. A Miskolci Egyetem (ME), a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) és az Egis Gyógyszer-gyár Zrt. közösen pályázott ipari szennyvizek tisztításához kapcsolódó témában a „Water category”-ban.

Pályázatuk címe: Novel method for the physicochemical treatment of process wastewaters to enhance sustainability in the spirit of circular economy

Az IChemE Global Awards döntőre kategóriánként 8 pályamunka jutott be. Köztük volt a közép-kelet-európai régióból egyedülként bekerülő magyar csapat is. Az eredményhirdetést 2017. november 2-án tartották

Birmingham-ben, ahol a pályamunka bekerült a "Highly commended" csoportba és második helyezést ért el. A rendezvényről, illetve jelen kutatásról bővebben a Környezeti és Folyamatmérnöki Kutatócsoport honlapján (www.envproceng.eu) olvashat. A pályamunkában részt vettek: Prof. Dr. Mizsey Péter (ME és BME), Prof. Dr. Manczinger József (BME), Dr. Tóth András József (BME), Réti Gábor (Egis) és Tölgyesi László (Egis).



Water
Sponsored by



A CSAPADÉKVÍZ HATÉKONYABB HASZNOSÍTÁSÁRA VAN SZÜKSÉG

SZÖVEG: SZÖŐR ÁDÁM

FORRÁS: [HTTPS://WWW.UNI-NKE.HU/HIREK/2017/11/15/A-CSAPADEK-VIZ-HATEKONYABB-HASZNOSITASARA-VAN-SZUKSEG](https://www.uni-nke.hu/hirek/2017/11/15/a-csapadek-viz-hatekonyabb-hasznositasara-van-szukseg)

A Nemzeti Vízstratégia is kiemelt feladatként tekint a települési csapadékvíz-gazdálkodás fejlesztésére – hangzott el a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víz tudományi Kar által szervezett kétnapos szakmai konferencia megnyitóján, Baján.

„A csapadékvíz-gazdálkodás eddig az egyik legelhanyagoltabb területe volt a települési vízgazdálkodásnak, így a téma különösen aktuális” – fogalmazott köszöntőjében Dr. Bíró Tibor. A Víz tudományi Kar dékánja elmondta, hogy két nap alatt négy szekcióban és a plenáris ülésen mintegy 70 előadás hangzik el a témáról. A többi között a települési csapadékvíz-gazdálkodás hidrológiai, üzemeltetési és katasztrófavédelmi aspektusait is megvilágítják a szakemberek.

„Az 50 éves bajai vízügyi képzésre méltán lehet büszke a szakma és a Nemzeti Közszolgálati Egyetem is, amely idén vette át a képzéseket a Víz tudományi Kar keretében” – mondta el

köszöntőjében Prof. Dr. Padányi József vezérőrnagy. Az NKE tudományos rektorhelyettese szerint az egyetem jogelőd intézményeiben már a korábbi évtizedekben is foglalkoztak a vízügy, a víztudomány különböző aspektusaival, de ez a terület az elmúlt időszakban értékelődött fel jelentősebben. „Valóban igaz a megállapítás, hogy a 21. század már most is az édesvízért folytatott harc évszázada”-hangsúlyozta a tábornok. Mivel stratégiai ágazatról van szó, ezért az NKE szervezet- és oktatásfejlesztési szempontból is kiemelt figyelmet fordít az itt folyó munkára. Ennek egyik eredménye, hogy immáron a kar egyik szervezeti egysége a Fenntartható Fejlődés Tanulmányok Intézet.

„A klímaváltozás alapvetően a vízről szól” – fogalmazott előadásában Prof. Dr. Szöllősi-Nagy András. Az NKE egyetemi tanára globális megközelítésben szólt a települési vízgazdálkodás aktuális helyzetéről. A számos nemzetközi vízpolitikai szervezetben fontos funkciót betöltő szakember szerint az ENSZ által megfogalmazott 17 fenntartható fejlődési cél között szereplő vízellátás kérdése a 21. század egyik nagy kihívása, aminek minden egyes hatásával foglalkozniuk kell a szakembereknek. Ebben szerinte Magyarország élen jár, hiszen az elmúlt években kétszer is hazánkban rendezték meg a Víz Világkonferenciát és rendkívül erős az egyéb vízdiplomáciai tevékenységünk is. Szöllősi-Nagy András úgy látja, hogy a hidrológiai ciklusok változásának egyik legfőbb meghajtó ereje a városiasodás rendkívül felgyorsult üteme, így különösen nagy hangsúlyt kell fektetni a települési vízgazdálkodás hatékonyságának növelésére. „Adaptív vízgazdálkodásra van szükség, aminek egyik fontos része a csapadékvíz megfelelő hasznosítása” – fogalmazott a professzor, aki szerint a digitalizáció ezt a területet is egyre jobban eléri, ezért ennek a folyamatnak az élére kellene állni hazánkban. Olyan innovatív megoldásokról szólt a szakember, mint például a felszínalatti vizek mesterséges utánpótlása, a települési záportározók, vagy az úgynevezett szivacs települések. Szöllősi-Nagy András külön hangsúlyozta az oktatás-képzés kiemelt szerepét is, amelyben az NKE meghatározó lesz a jövőben is.

Dr. Hoffmann Imre, a Belügyminisztérium közfoglalkoztatási és vízügyi helyettes államtitkára a konferencia témaválasztását üdvözölte és egyben időszerűségét is kiemelte, mert a kormány a Kvassay Jenő Terv, a Nemzeti Vízstratégia idei évi elfogadásakor feladatként határozta meg a kérdéskörben jelentés elkészítését. A csapadékvíz-gazdálkodásról szóló szakpolitikai háttéranyag lényege a komplex szemléletű, felelősségteljes vízgazdálkodás megvalósítása a településeken, a kérdéskörben felelős önkormányzatok aktív bevonásával. „Együttesen kell kezelni az ivóvízellátást, a szennyvízelvezetést- és tisztítást, valamint a belterületi csapadékvíz-gazdálkodást vízhasznosítási és kárelhárítási tekintetben” – fogalmazott előadásában Dr. Hoffmann Imre. A nemzetközi példákat is figyelembe véve a csapadék elvezetése helyett a gazdálkodásra, a hasznosításra, a lefolyás-szabályozásra és a tározásra kell helyezni a hangsúlyt. Ehhez szükség van a jogi és műszaki szabályozás, valamint a gazdasági és intézményi háttér újragondolására.

Az államtitkár a lehetséges műszaki intézkedések közül kiemelte a területi és települési vízgazdálkodás szoros kapcsolatának fontosságát. El kell érni, hogy a csapadékvíz-gazdálkodás korszerű szemléletét tükröző intézkedéseket és beruházásokat az érintettek összehangolva tegyék meg. A modellezéseken túlmenően a monitoring intézkedéseket is bővíteni kell, hiszen a takarékos és felelős vízkészlet-gazdálkodás a következő generációk felé teljesítendő kötelezettségünk.

„A Nemzeti Vízstratégia egyik kiemelt feladata a települési csapadékvíz-gazdálkodás fejlesztése” – hangsúlyozta előadásában Dr. Makai Martina. A Nemzeti Fejlesztési Minisztérium helyettes államtitkára elmondta, hogy a 2030-ig szóló fő célkitűzések között szerepel a vízviszatarlás a vizek jobb hasznosítása érdekében, a vizek állapotának fokozatos javítása, kockázat-megelőző vízkárelhárítás és a minőségi víziközmű-szolgáltatás. Utóbbi kapcsán megjegyezte, hogy a települési csapadékvíz-gazdálkodás továbbra is az önkormányzatok feladata kell, hogy maradjon. Makai Martina szólt arról a mintaprojektről is, amelynek során számos mérőeszközt szerelnek fel magánszemélyeknél, önkormányzatoknál és cégeknél a vízfogyasztási szokásaik megfigyelésére. A végső cél a teljes digitalizáció ezen a területen is.

A klímaváltozás körülményei között a jelenlegi méretezési elvek már nem felelnek meg a létesítmények építéskor, ezért kockázatalapú tervezésre van szükség Somlyódy Balázs szerint. Az Országos Vízügyi Főigazgatóság vezetője úgy véli, hogy a jövőben a lehetséges szélsőséges klimatikus körülményeket is figyelembe kell venni a tervezéskor, tehát úgynevezett klímaforgatókönyveket kell készíteni.

A vízügyi és a vízvédelmi hatósági feladatokat három éve már a BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság látja el. A szervezet főigazgató-helyettese, Dr. Mógor Mária Judit elmondta, hogy az országban mintegy 2000 olyan létesítmény van, amelyet rendszeresen ellenőriznek.

A rendezvényen felszólalt Dr. Szlávik Lajos, a Magyar Hidrológiai Társaság elnöke is, aki elmondta, hogy a 100 éves évfordulóját ünneplő szervezet rendszeresen foglalkozik a települési csapadékvíz-gazdálkodás globális problémáival. Dancsa Bálint, Baja Város tanácsnoka pedig örömét fejezte ki, hogy a komoly szakmai programot felvonultató konferenciának városa adhat otthont, amely a Víz tudományi Kar megalapításával tovább gazdagodott.

A kétnapos rendezvényről további részleteket a Bonum Publicum egyetemi magazin decemberi számában olvashatnak.

A konferencián megfogalmazott ajánlásokat ezen a [linken](#) érthetik el.

Vevőközpontúság – Minőség – Innováció a Víziparban

Hagyományos korszerűség” 1989-óta gyártás és innovatív termékfejlesztés
Magyarországon, Szentendrén

Gyártás



Hawle Szerelvénygyártó és Forgalmazó Kft.,
2000 Szentendre, Dobogókői út 5.
www.hawle.hu
+36 26 501-501, info@hawle.hu

Vevő-
központúság

Minőség

Innováció

Tervezés



Szerviz





MHT: XXIV. IFJÚSÁGI NAPOK DUNAÚJVÁROSBAN

A Magyar Hidrológiai Társaság Ifjúsági Bizottsága és a Dunaújvárosi Területi Szervezet szeptember 21-22-én, a Dunaújvárosi Egyetemen rendezte meg a XXIV. Ifjúsági Napokat.

A nyitó plenáris ülésen **Gampel Tamás** főtítkár megnyitója után **Dr. habil. András István**, a Dunaújvárosi Egyetem rektora, majd a házigazdák nevében **Koszorús Zoltán**, a Hamburger Hungária Kft. környezetvédelmi tanácsadója, egyben az MHT Dunaújvárosi Területi Szervezetének elnöke üdvözölte a résztvevőket.

A köszöntéseket követően **Reich Gyula**, a Magyar Mérnöki Kamara Vízgazdálkodási és Vízépítési Tagozatának korábbi elnöke tartott előadást „A Nemzeti Vízstratégia (Kvassay Jenő Terv)” címmel, majd **Koszorús Zoltán**, a Dunaújvárosi Területi Szervezet elnöke „Az MHT Dunaújvárosi Területi Szervezetének története és működése” című előadása hangzott el.

Ezt követően a résztvevők megtekintették „A Magyar Hidrológiai Társaság centenáriumi rendezvényei” című dokumentumfilmet, majd **Jetzin Mónika**, a GWP Magyarország Alapítvány kommunikációs igazgatója, valamint **Stefán Kristóf**, **Szabó Nikolett** és **Tari Anna**, a Kőbányai Szent László Gimnázium diákjai tartottak közvetlen hangú élménybeszámolót a Stockholmi Ifjúsági Víz Díj pályázat eseményeiről és mutatták be pályamunkájukat. A nyitó plenáris ülés lezárásaként levétítésre került a „Mérnökök Savariától Szombathelyig” című, a Vas Megyei Mérnöki Kamara gondozásában készült rövidfilm.

Az első napi tartalmas előadások után a résztvevők a Hamburger Hungária Kft. jóvoltából megtekintették a papírgyárat és a Papíripari Múzeumot, majd sor került a hagyományos baráti találkozóra, amely egy kellemes vacsorával és kötetlen beszélgetéssel zárult.

A második napon az előadások és a poszterek bemutatását követően a résztvevők szavazással ítélték oda a „Legtartalmasabb előadás” és a „Legjobb poszter” díjakat. A „Legtartalmasabb előadás” díját holtversenyben nyerte el **Engi Csilla** „A Kerka-patak revitalizációs tanulmánytervének bemutatása” című, valamint **Garamvölgyi-Dankó Erika** „Azbeszt a mindennapjainkban és a kútépítésben” című előadása. A „Legjobb poszter” kategória I. helyezettje **Kondor Gergely** „Pontfelhő kiértékelési esettanulmányok” című munkája lett. A díjazottak Társaságunktól oklevelet, valamint könyvjutalmat kaptak.

Az idei Ifjúsági Napoknak 85 regisztrált résztvevője volt, a két napos rendezvény keretében 19 előadás hangzott el és 8 posztert mutattak be.

Az Ifjúsági Napok lezárásaként a résztvevők vezetett városnézés keretein belül bejárták a szocreál tanösvényt, megtekintették a dunaujvárosi partfalat és tájékoztatást kaptak a partfal stabilizálása érdekében végzett munkálatokról, majd látogatást tettek egy csápos kútnál.

A záró plenáris ülésen **Dr. Szlávik Lajos**, a Társaság elnöke, valamint a Dunaújvárosi Területi Szervezet nevében **Koszorús Zoltán** és **Bogáth Jenő** búcsúzott el a résztvevőktől, majd meghívták a fiatalokat és az érdeklődőket a XXV. Ifjúsági Napokra, amely 2018 szeptemberében kerül megrendezésre.





KÖVETÉSRE ÉRDEMES PÉLDA SZEKSZÁRDRÓL

LEJEGYEZTE: PROF. EMERITA DULOVICS DEZSŐNÉ DR.

Tudásra szomjas szakembereket fogadott 2017. október 3-án Tolna városában a THELENA Szálló. Több, mint 30 fő vízellátással és szennyvíz-gazdálkodással foglalkozó Kollégánk gyűlt össze az Egyesült Regionális Önkormányzati Víziközmű Zrt. (E.R.Ö.V.) felelős szakemberei köréből, **Artim Andrásné** vezérigazgató asszony vezetésével, hogy **Dr. Orbán Vera** szaktanácsadó asszony által kiválasztott, két kurrens témával foglalkozó és továbbképzést jelentő előadást hallgassanak meg, majd fehér asztal mellett konzultáljanak az előadókkal a program során felmerült kérdéseikről.

Az előadók szakmai életútját Dr. Orbán Vera mutatta be a jelenlévőknek. Az első előadást **Prof. Dr. Juhász Endre CSc.** tartotta „Beszéljünk a szennyvíziszapról... (Az iszap nedvességtartalmának csökkentése...)” címmel. Az előadás témáját a Tolnai Szennyvíztisztító Telepen folyó folyamatos fejlesztő munkához

választotta a MaSzeSz alelnöke. A nemzetközi áttekintést nyújtó magas szintű előadás baráti hangneme méltán vívott ki dörgő tapsot az U alakú asztal körül ülő Kollégák részéről.

A második előadást **Prof. Emerita Dulovics Dezsőné dr.** tartotta, „Csapadékvíz-gazdálkodás az integrált települési vízgazdálkodásban” címmel, a tőle megszokott módon és szinten. A téma aktualitását a Kvassay Jenő Terv és hazánk nemrégiben elfogadott Nemzeti Vízstratégiája adta. Az előadásban a csatornázásban a klímaváltozás során bekövetkezett okok miatt módosult szemléletre és technikai megoldásokra tért ki az előadó, felhívva a figyelmet a várhatóan víziközműves feladattá növekvő kérdéskörre. Az előadásokhoz tájékológiai és figyelemfelkeltő kiegészítést adott **Prof. Dr. Ligetvári Ferenc DSc.**, és a közgazdasági témákkal kapcsolatosan **Dr. Papp Mária** c. docens asszony. Végezetül **Dr. Kárpáti Árpád PhD.**

egyetemi docens úr, a MaSzeSz Elnökségének tagja, értékelő szavai kíséretében kiosztotta a jelenlévők által művelt témákkal foglalkozó és a 2017. évben összegyűjtött hazai és külföldi szakmai tudástárat tartalmazó CD-t.

Nagy öröm volt látni, hogy a jelenlévők feszült figyelemmel követték az előadásokat és saját feladataikat összefüggésbe hozták az előadott témák által kiegészíthető lépésekkel, lehetőségekkel és tapasztalatokkal.

Az előadásokat – a német testvér szövetség, a DWA által sikerrel alkalmazott, és – hazánkban a MaSzeSz által korábban már kezdeményezett, valamint folytatott „Szomszédolás” keretében az E.R.Ö.V. más térségeiben dolgozó, és a szakmai programon résztvevő szakemberei, a meghívott vendégekkel együtt, meglátogatták a Tolnai Szennyvíztisztító telepet, ahol **Magyar Károly**, a cég szennyvízgazatának vezetője bemutatta azt a kísérleti programot, amivel jelentős mértékben sikerült csökkenteni a telepen a szennyvíziszap szolár szárítása során korábban fellépő és a lakosság által erősen kifogásolt szaghatásokat. Kiemelésre méltó az alkalmazott szag-eliminációs projektből, hogy az iszap szárítását megelőző vonalon került sor Tsurumi szivattyúkkal a korrekciós intézkedésekre.

Az aznapi program a Bodri pincészetben fejeződött be.

A másnapi szakmai bemutató **Bogyiszló** térségében kezdődött, ahol hazánk egyik legjelentősebb, a vízminőség-védelmi program

során megvalósított beruházását, a **vízbázis és tisztítási technológiáját** volt lehetőség megtekinteni. A látogatás során a telep ifjú mérnök vezetője, **Jáspapné Herz Anita** ismertette a technológiai sort, mutatta be az egyes műtárgyakat, a kiváló esztétikai benyomást keltő, és szakmailag is elismerésre érdemes létesítményt. A MaSzeSz HÍRCSA-TORNA főszerkesztője meg is kérte a helyszínen a vezető asszonyt, hogy írjon szakcikket a vízbázisról és annak tisztítás-technológiai tapasztalatairól, melynek kiváló eredményeihez az **E.R.Ö.V. Víziközmű Zrt.** munkatársai **Katona Ferenc** vezérigazgató helyettes vezetésével, a **Hidrokomplex**, valamint a **BME Víziközmű- és Környezetmérnöki Tanszék szakembergárdája** járultak hozzá.

A tartalmas program jó hangulatban, Sióagárdon, a Himzsmúzeum megtekintésével és a Margit pince reneszánsz ebédjének elfogyasztásával, mint kulturális programmal fejeződött be.



BESZÁMOLÓ A MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA VÍZGAZDÁLKODÁSI ÉS VÍZÉPÍTÉSI TAGOZATÁNAK KIBŐVÍTETT ELNÖKSÉGI ÜLÉSÉRŐL

A Magyar Mérnöki Kamara Vízgazdálkodási és Vízépitési Tagozatának kibővített elnökségi ülése volt Hódmezővásárhelyen 2017. október 13-14-én.

Az ország távolabbi részéről érkezők számára a szervezők szállást biztosítottak már előző napra is. A meghívottak nagyobbik része élt is ezzel a lehetőséggel. A vacsora után a baráti szakmai eszmecsere már biztosíték volt arra, hogy az elnökségi ülés ugyan komoly szakmai kérdésekkel fog foglalkozni, de ott nem ellenkező nézeteket feszegető viták lesznek, hanem a kérdések megvalósíthatóságát támogató javaslatok fognak elhangzani.

13-án a kibővített elnökségi ülést **Novák Gyula**, a tagozat elnöke nyitotta meg üdvözölve a megjelenteket és felkérte **Hegedűs Zoltánt**, Hódmezővásárhely megyei jogú város alpolgármesterét, hogy köszöntse a kibővített elnökségi ülést. Ő rövid tájékoztatást adott a város fejlődéséről, a további elképzelésekről és a városnak a Magyar Mérnöki Kamarával való jó kapcsolatáról.

Bodor Dezső, a Csongrád Megyei Mérnöki Kamara elnöke a szervezet felépítéséről, egységeinek munkájáról, feladatairól és a tervezett szervezeti módosításokról részletes tájékoztatást adott.

Tamás Péter, a Csongrád Megyei Vízimérnöki szakcsoport vezetője bemutatta a tagozatok jelenlévő vezetőit és méltatta munkájukat.

A helyiek bemutatkozását követően szakmai előadások következtek. **Priváczkiné Hajdú Zsuzsa**, az ATIVIZIG osztályvezetője az Alsó Tisza-vidék Vízkészletgazdálkodási Térségi Tervét ismertette, kiemelve az ATIVIZIG területére vonatkozó öntöző vízigény megbecsülését, hosszabb távon a felszín alatti vizek kitermelhetőségének függvényében. Ragyogó előadásban e tanulmány komoly megalapozója annak, hogy a mezőgazdasági



Hódmezővásárhely nyugati elkerülő útja és a 47 sz. műút csomópontjában felüljáró épül

termelés fejlesztése elképzelhetetlen az öntözés fejlesztése nélkül. Erre erősített rá **Fiala Károly**, az ATIVIZIG osztályvezetőjének a „Belvív-aszály a Duna-Tisza közti Homokhátságon” című előadása. E területen még nagyobb szükség van az öntözésre és itt erre több megvalósítható lehetőség is kínálkozik.

A szakmai előadásokat szakmai ismertetőik követték. **Mészáros Antal**, a CSOMIÉP Beton és Meliorációs Termékgyártó Kft. igazgatója végig vezette a termékeik fejlesztése során milyen eredményeket értek el, melyek közül a legújabb, nagy szakmai elismertséget kiváltó termékük a vasbeton szád cölöp.



Gyarmati Péter, a Lasselsberger-Knauf Kft. munkatársa nagyon jó tájékoztatást adott a cégfeladatairól és újabb termékeikről. Fő feladatuk az anyaggyártás, a szolgáltatás, a műszaki tanácsadás, a technikák fejlesztése és a kivitelezők támogatása. A legújabb termékük a vízzáró, de mégis páraáteresztő beton, melyet több helyen kellene minél hamarabb alkalmazni.

Bodor Dezső, a Szegedi Vízmű Zrt. műszaki igazgatója végig mutatta a szegedi szennyvíztisztító telep kiépítésének lépéseit és azok hatásait. Büszkeségük, hogy jelentős mennyiségű biogázt termelnek.

A kibővített elnökségi ülés elnöke, **Novák Gyula** felkérte **Reich Gyulát**, a Magyar Mérnöki Kamara elnökségi tagját, hogy adjon tájékoztatást a Kamara tevékenységéről, aktuális feladatairól. Kiemelte, hogy erősödött a tagozatokon keresztül a szakmai jelenlét. **Folyamatban van a 266 sz. szakmagyakorlási szabályzat újra fogalmazása.** Szorgalmazzák, hogy **legyenek települési főmérnökök.** Tervezik, hogy legyen szakmai felelősségbiztosítási rendszer. Határozott terv, hogy 2018. 01. 01-től minden állami munkát át kell állítani e-ügyintézésre.

*Hódmezővásárhely nyugati szélén a Régi-Kenyere-
éri főgyűjtő csatornát CSOMIÉP elemekkel burkolják*

Novák Gyula beszámolt a taggyűlés óta végzetekről, de előtte megemlékeztünk halotainkról, díjazottjainkról. Szinte folyamatos tevékenységek a különböző szintű részvételek, a kapcsolattartás, állásfoglalások kiadása, munkacsoport munkák. Tervezik a tagozat honlapját.

A tagozat Szakmai Gyakorlat Szakirányúságát Vizsgáló Szakértői Testületének 2017.évi munkájáról – **Dr. Ivicsics Ferenc** elnök akadályoztatása miatt – a megküldött beszámolót **Hrehuss György**, a testület választott tagja adta elő, melyhez még kiemelte, hogy

- hiba volt szétválasztani végzettség és a szakmai gyakorlat vizsgálatát;
- az utóbbi időben egyre többen szeretnének szakértői és tervezői engedélyhez jutni nem megfelelő szakirányú, pl. környezetmérnök, geológus végzettséggel. Azok megfelelőségére a területi szervezeteknek is fokozott figyelemmel kell lenniük. Ennek kapcsán **Vona Márton** Pest megye képviselőjében felvetette, hogy bizonyos szűkített körű engedélyt a hidrogeológus végzettségűek kaphatnának. **Novák Gyula** válasza: hidrogeológus végzettségűek engedély lehetőségeivel foglalkozni fognak. **Wagner Ernő** Baranya megye képviselőjében: úgy hallotta, hogy ágazatonként egy engedély lesz, nekünk Vízügy. Több hozzászóló egybehangzó véleménye volt, hogy az a szakmai érdekekkel ellentétes! **Somodi Ferenc** testületünk választott tagja felhívta a figyelmet a rendeletek szétbontása, vagy összevonása alkalmával a nagyon pontos szövegezésre.

Szélesebb körű **méltatlankodás kísérte az e-közmű témát**. A legtöbb rövid hozzászólásból mind kitűnt, hogy nem alkalmas az előkészítettség annak bevezetésére.

Az egész napos értekezés után jól esett naplementében a város nevezetességeit jól felkészült idegenvezető segítségével megismerni. Dicséretes a város rendezettsége és tisztasága.

A szombat délelőtti szakmai programon ugyanezt a rendezettséget tapasztaltuk mind a Hódmezővásárhely elkerülő út építése, mind a Régi-Kenyereéri főgyűjtő csatorna burkolattal való ellátásának megtekintése során.

Mindezekért dicséret illeti Csongrád megyei házigazdáink fáradozását, munkáját.

Összeállította **Hrehuss György**, a Szakmai Gyakorlat Szakirányúságát Vizsgáló Szakértői Testület választott tagja

AZ ÓBUDAI EGYETEM REJTŐ SÁNDOR KÖNNYŰIPARI
ÉS KÖRNYEZETMÉRNÖKI KAR

„TELEPÜLÉSI SZENNYVÍZGAZDÁLKODÁSI SZAKMÉRNÖK” SZAKIRÁNYÚ TOVÁBBKÉPZÉSI SZAKOT

INDÍT
2018. FEBRUÁR 12-I KEZDÉSSEL.

A képzés besorolása: ISCED 5B

A képzés időtartama: 3 félév, levelező tagozaton (a félév során 5 alkalommal pénteki-szombati napokon).

A képzés részvételi díja: 220.000.-Ft/félév.

A képzésre jelentkezhetnek főiskolai vagy egyetemi, illetve BSc vagy MSc szintű **mérnöki** végzettséggel.

A képzési célja:

A szakirányú továbbképzés célja a szennyvíz-, és vízgazdálkodás szakterületre olyan szakemberek képzése, ill. továbbképzése, akik a korábban megszerzett felsőfokú szakképzettségük és szakismereteik birtokában képesek a szennyvíz-, és vízgazdálkodás szakterületén építési, üzemeltetési, szakértői, beruházási, közigazgatási és vállalkozói munkakörökben a legújabb szakmai- tudományos és fejlesztési eredmények követésére és alkalmazására, specialisták a szennyvíz-, és vízgazdálkodás területén.

A szakirányú diploma feljogosít:

- Fejlesztési feladatok önálló megoldására,
- Decentralizált, kis szennyvíztisztítók üzemeltetésére,
- Szakreferensi feladatok ellátására önkormányzatoknál, szakhatóságoknál. stb.
- Projekt menedzseri feladatok ellátására.

A szakirányú diploma igazolja a **FIDIC jellegű ismeretek** elsajátítását.

A szakirányú továbbképzésben megszerezhető szakképzettség neve: **Települési szennyvízgazdálkodási szakmérnök.**

Jelentkezési határidő: 2018. január 31.

Jelentkezni lehet írásban a következő címen: **Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar Környezetmérnöki Intézet**, 1034. Budapest Doberdó u. 6.

vagy faxon: **+ 36 1 666 5909**

A jelentkezési lap, továbbá a mintatanterv elérhető az alábbi címen: www.rkk.uni-obuda.hu

További információ az alábbi címen kérhető:

petho.gyongyi@rkk.uni-obuda.hu

bodane.rita@rkk.uni-obuda.hu



Zsiráf

Kreatív ügynökség

KÖLTSÉGKÍMÉLÉS MAGAS FOKON

- Webfejlesztés, weboldaltervezés
- Meglévő kiadványok, katalógusok digitalizálása
- Webáruházak
- E-magazinok
- Facebook oldalak tervezése, üzemeltetése
- Microsite-ok
- Bannerek tervezése kivitelezése
- Print kiadványok készítése
- Arculat tervezés
- Rendezvények
- Csomagolások tervezése
- Tárhelyszolgáltatás
- Költségkímélő marketing

Cím: Budapest, Lajos utca 42.
Telefon: +36 1 318 4246, +36 1 318 4246
E-mail: sales@zsiraf.hu

