

# Hírsatorna

A MAGYAR VÍZ- ÉS SZENNYVÍZTECHNIKAI SZÖVETSÉG LAPJA  
2018/3. szám



**A szennyvíziszap  
rothasztásának ABC-je**

# ÉRJE EL HIRDETÉSÉVEL SZAKEMBEREK SZÁZAIT!

A Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség a kor követelményeinek megfelelő, elektronikus formában megjelenő szakmai lapját, a Hírcsatornát **AZ ÁGAZAT 1000 SZAKEMBERE KAPJA KÖZVETLENÜL KÉZHEZ** kéthavonta.

Ennél talán még fontosabb, hogy – statisztikáink alapján – átlagosan mintegy **750 ALKALOMMAL MEGTEKINTÉSRE IS KERÜL** minden lapszám.

A Hírcsatorna széles körben történő terjesztésével, így a Hírcsatorna több száz, a **TELEPÜLÉSI VÍZGAZDÁLKODÁS SZÉLESKÖRŰ SZAKEMBER CSOPORTJÁT** érheti el hirdetésével hatékonyan!

- a víziközmű üzemeltetők
- tervezők, kivitelezők
- ipari vízfelhasználók
- oktatási intézmények
- minisztériumok és kormányzati szervek
- önkormányzatok



Az elektronikus formának köszönhetően hirdetéseiben aktív tartalmak megjelentetésére is lehetőség van, így **KÖZVETLEN LINKEK, VIDEÓK, ANIMÁCIÓK** tehetik még vonzóbbá és informatívabb hirdetését.

Kedvezményes árainkról az alábbi **linken** tájékozódhat!

Reméljük, Ön is meglátja lehetőséget a Hírcsatornában!

## 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
<b>SZAKMAI - TUDOMÁNYOS ROVAT</b>	
<b>Dr. Kárpáti Árpád:</b> Lakossági szennyvíziszapok rothasztásának tapasztalatai I., A rothasztás nagykönyvének tanulságai	5
<b>Medgyesi Pál:</b> A katasztrofális vízhiány 50 évvel ezelőtt szűnt meg Makón	31
<b>MASZESZ HÍREK, AKTIVITÁSOK</b>	
Beszámoló a MaSzeSz 2017. évi tevékenységéről A fokozódó szerepvállalás éve volt 2017.	36
Beszámoló a Lajosmizsei Országos Konferenciáról	42
Garai György, a MaSzeSz 2018. évi Dr. Benedek Pál díjasa	46
Dr. Benedek Pál középiskolai Innovációs Díj győztese	47
A szennyvíztisztítás üzemeltetési költségeinek csökkentése Szakmai Nap	48
JurTa HÍRADÓ	54
<b>NEMZETKÖZI KITEKINTÉS</b>	
Korrespondenz Abwasser áprilisi, májusi összefoglalók	64
Dobó István DMRV Zrt: Mikroműanyagok a felszíni vizekben	66
<b>ÁGAZATI KÖRKÉP</b>	
Eurázsiai vízügyi Konferencia Városi megoldások, globális kihívások – felhívás	81
A szennyvizek kezeléséről és hasznosításáról tárgyalt az MTA Vízgazdálkodás-tudományi Bizottság Vízellátási és Csatornázási Bizottsága	82
Búcsúzunk Stehlik Józseftől	84
Pódiumbeszélgetést tartott az MTA Környezetvédelmi Elnöki Bizottságának Víz és Környezet Albizottsága „Tervezési alapok megújításának feladatairól a települési csapadékvíz-gazdálkodásban” címmel	86
Telepbemutatóval összekötött MHT előadóülés az Észak-pesti Szennyvíz- tisztító Telepen	87
Boda János életútja	88

## MASZESZ HÍRHOZÓ

### KEDVES KOLLÉGA!



Mindennapos záporokkal és zivatarokkal tombol az előresiető nyárelőben a szokatlan meleg. Mint ilyenkor mindig, a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség most tizenkilencedik alkalommal tartotta meg a Geréby Kúriában, Országos Konferenciáját Lajosmizsén „Élet az EU finanszírozást követő időszakban” címmel, melyről e lapszámban összefoglaló híradást adunk.

Szakmai, tudományos rovatunkban két cikket közlünk,

- **Dr. Kárpáti Árpád PhD.: Lakossági szennyvíziszapok és rothasztásuk tapasztalatai I.** főcímű kétrészes írásának első részét, „A rothasztás hazai nagykönyvének tanulságai” címűt, melynek folytatását következő számunkban tesszük közzé és
- **Medgyesi Pálnak**, a Makó Térségi Vízmű Kft. nyugdíjas vezetőjének „**A katasztrofális vízhiány 50 évvel ezelőtt szűnt meg Makón**” című visszaemlékezését ajánljuk T. Olvasónk figyelmébe azzal a megjegyzéssel, hogy bár most a többlet kapacitások nyomasztják a szakmát, fél évszázada még a vízhiányok ellen kellett küzdenünk számos településben. Ez is igazolja, hogy szakmánknak örökösen változó feladatokat kell megoldania, amire fel kell készülnünk.

A „MaSzeSz hírek, aktivitások” rovat mozgalmi tevékenységről ad hírt. Az országos konferencia, szakmai nap, Benedek Pál innovációs díj eredményei szerepelnek ebben a rovatban.

Nagy örömmel tájékoztatjuk a Tisztelt Olvasót ifjú szakembereink nemzetközi sikeréről, az IWA YWPS zágrábi konferenciáján. Figyelmébe ajánlom **Veres Zoltán** (NYÍRSÉGVÍZ Zrt.) szakmai bemutatkozását, aki a Dr. Dulovics

Dezső Junior Szimpózium üzemeltetői kategóriájának nyerteseként, előadásával az IWA nemzetközi megmérettetésén is első díjat szerzett. **Gratulálunk a nagy nemzetközi elismeréshez és további sikereket kívánunk!**

A JurTa Híradóban is figyeljünk fel a nemzetközi sikerünket részletesen tartalmazó hírre, melyről **Berecz Vivien** (BME ABÉT) beszámolóját olvashatják.

A Nemzetközi kitekintésünk a Korrespondenz Abwasser áprilisi-májusi számaiból egy-egy cikk összefoglalójának fordításán túlmenően, **Dobó Istvánnak** (DMRV Zrt) „Mikroműanyagok a felszíni vizekben” című írását is tartalmazza, ami a „Dr. Dulovics Dezső Junior Szimpózium”-on elhangzott előadásának anyagából készült, és a Földünkön létrejövő vízkörforgásban a mikroműanyag szennyezés transzportját elemzi.

Ágazati Hírek rovatunk a társszervezeteink jelentős eseményein túlmenően személyi híreket is tartalmaz, búcsúzunk elhunyt kollégánktól, **Dr. Stehlik Józseftől** és gratulálunk **Boda János** elnökségi tagunknak a Kvassay Jenő Díj elnyerése alkalmából.

### Közreműködésüket megköszönve:

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

# LAKOSSÁGI SZENNYVÍZISZAPOK ÉS ROTHASZTÁSUK TAPASZTALATAI I.

## A ROTHASZTÁS HAZAI NAGYKÖNYVÉNEK TANULSÁGAI

**DR. KÁRPÁTI ÁRPÁD PHD.**  
EGYETEMI DOCENS, PANNON EGYETEM

**Kulcsszavak:** szennyvíziszap kezelés, anaerob rothasztás, segédanyagok, ko-rothasztás, keverés, gázkihozatal

### BEVEZETŐ

A lakossági szennyvíztisztítás a szennyvizeinkbe kerülő hulladékaink veszélytelenné tételének a várhatóan hosszú távon is leggazdaságosabb módja. A veszélytelenné tétele azt jelenti, hogy egyrészt az emberre, s a hozzá közeli magasabb rendű szervezetekre (ivóvíz, fertőzések, betegségek), másrészt a vízi világra (élővilágak növény és állatvilága) kell azt veszélytelenné tenni. Szennyező anyagait ehhez bizonyos mértékig el kell távolítani (mineralizálás széndioxiddá, partikuláris foszfáttá és nitrogénné), maradékait stabilizálni, tömegében és térfogatában minimális mennyiségűre és minimális fertőző hatásúra kell csökkenteni. Ez utóbbi döntően a komposztálásnál és a talajban stabilizálódik tovább, miközben ott is részben hasznosul. Szerves anyagainak egy része gyorsabban (hidrolízis, metanizáció, biológiai hasznosítás), más része sokkal lassabban (humifikáció, majd igen lassú növényi újrafelhasználás) hasznosul. Azokból a növényi, állati termékekből, melyek tíz-száz

millió évvel ezelőtt anaerob környezetben stabilizálódtak, döntően későbbi geotermikus hatásra keletkeztek mai fosszilis energiakészleteink (metán, olaj, szén).

Manapság ilyen hosszú természetes tisztulás, átalakulás kivására az emberiségnek nincs ideje. Ugyanakkor az általa termelt hulladékok, szennyező anyagok (szerves C, N, P), energia és növényi tápanyag tartalmának a valamilyen módon történő maximális hasznosíthatóvá tétele is elengedhetetlen feladata. Igaz ez a szennyvizekbe kerülő ilyen anyagokra is, melyek eltávolítása a vízből, majd maximális újrahasznosítása meglehetősen speciális, soklépcsős feladat. Első ebből a hagyományos aerob (eleveniszapos) szennyvíztisztítás, második a keletkező iszapmaradék bontható részének az anaerob elgázosítása (biometanizáció), harmadik pedig a rothasztott iszap komposztálása növényi tápanyaggá. Sajátos problémája ezeknek a lépcsőknek, hogy



optimális kivitelezésükhöz szerves szennyezőanyagaiknak a 4-5:1, 15-20:1, illetőleg 30-35:1 C:N aránya lenne optimális, miközben a szén mennyiségét folyamatosan csökkentjük ezekben a lépcsőkben, előrehaladva. Szerencsére az eleveniszapos tisztításnál redukált nitrogén (ammónium és szerves-N) eltávolításra is sor kerül. Ezzel a maradékának a C:N aránya úgy 10:1 körüli értékre áll be. Láthatóan ez már sem a rothasztásnak, sem a komposztálásnak nem optimális (Fazekas és társai, 2014; Kárpáti, 2016).



Az anaerob szennyvíziszap rothasztás a lassú átalakulás, s egyebek között a keletkező ammónium, pontosabban a vele egyensúlyban levő ammónia toxikus hatása miatt (a sejtmembránok a sejtbe jutva mérgező) csak kis térfogati terheléssel (keletkező sav és lúgoság folyamatos egyensúlya) vitezhető így ki, míg a komposztálásnál részben a nagyobb hőmérséklet miatt felszabaduló ammónia ugyanilyen toxicitása, szaghatása, no és vele a komposztálás nitrogén tápanyag-vesztése miatt van gond. Biológiaiailag jól bontható szerves szén bevitelére (nitrogéntartalom nélkül) tehát mindegyik lépcsőnél szükség lenne. A gyakorlatban erre csak az iszaprotthasztásnál és a komposztálásnál van lehetőség. A rothasztásnál a nitrogén-vegyületek bevitelére még azért megengedhetőbb, mert azok ammóniumként a vízfázisba kerülve az iszapvíz későbbi nitrogénmentesítésével eltávolíthatók. Persze ez egyidejűleg a főági szennyvíztisztítás jelentős zavarását is jelenti. Ugyanakkor a rothasztás a fehérjékből jelentős metántermelést, energiát is eredményez.



A komposztálásnál nincs ammónium visszaforgatás, ezért kell az említett nagy segédanyag igény, miközben energia metánként nem keletkezik (döntően aerob a komposztálás), az alapanyagok egy részének az oxikus égetése történik. Az egyetlen haszna itt a segédanyagoknak (növényi szalma, faanyag) a szagmentesítés, fokozott szárítást biztosító energiaforrás bevitele, a redukált nitrogén humuszba építése, komposzttá alakítása s a komposztnak a jelentős mértékű szárítása.

Nagyon érdekes, hogy a biológiai átalakítások időigénye a három különböző lépcsőnél közel azonos. Persze csak akkor, ha a szennyvíztisztításnál a szerves anyag immobilizálása (részleges oxidációval lebegő formává alakítása) mellett a nitrogén és foszfor kellő mértékű eltávolítását is biztosítani akarjuk. Az iszapkor igény mintegy 15-20 nap (15 °C körüli szennyvíz hőmérsékleten). Ekkor a tisztítóba érkező szerves anyagból mintegy 0,6-0,9 kg szárazanyag (sza.)/kg BOI<sub>5</sub> fajlagos iszaphozammal keletkezik melléktermék (fölösiszap). Ennek az 5-5-6,5 %-a nitrogén, tehát az iszap mintegy 35-40 % fehérjét tartalmaz. Pontosabban ennek ugyan döntő része tényleg fehérje (citoplazma fehérje), de kis hányadban az extracelluláris polimer anyaga (EPS - kapszula) is tartalmaz fehérjét, illetőleg nitrogént. Az anaerob rothasztásnál is közelítőleg ilyen iszapkorra van szükség a szerves anyag mintegy felének a széndioxidá és metánná alakításához. Ez azonban megfelelően elővíztelenített (3-6 % sza. tartalmú) iszappal és 35-37 °C körüli vízhőmérsékleten kellő sebességű, és gazdaságos. A fölösiszap szerves anyagának

mintegy a fele ekkor biogázzá (CH<sub>4</sub> és CO<sub>2</sub> keverékévé) alakul. Azonban míg ott a nitrifikálók lassú szaporodása, s a kellő nitrifikáció miatt van erre döntően szükség, a biogáz előállításnál az egymást követő, de egy térben lejátszódó átalakítások között a hidrolízis és a metanizáció is nagyon időigényes.

A komposztálás döntő részéhez, tehát a szerves anyagok lebomlásához is elegendő a 20 napos tartózkodási idő, melyből pár nap a felmelegedés, a többi pedig az aerob bontás, melegen tartás (fertőtlenítés) időigénye. Az utóbbi hőmérséklet tartománya 60-65 °C körüli. Ugyanakkor a humifikálódás meghatározó része ezt követően mérsékeltebb hőmérsékleten és jóval hosszabb idő alatt megy végbe. Itt a szerves anyag elbomlásának mértékéről nehéz beszélni, mert rendszerint cellulóz, faanyag hozzáadását követően történik az oxidáció. Irodalmi adatok szerint az iszapréz szerves anyagának a fele kerül itt is elbontásra (döntően széndioxidá), míg kis része beépül a cellulóz és lignin segítségével kialakuló humuszba.

Gyakorlatilag a szennyvíz eredeti energiataralma az eleveniszapos tisztítással a felére csökken. A maradék fél résznek azután ismét a fele nyerhető ki a rothasztás metántermékében. A komposztálásnál ezután a rothasztott iszap maradék szerves anyagának (energia) ismét fele megy veszendőbe az oxidációval (Fazekas és társai, 2014; Kárpáti, 2016). Pontosabban kevesebb, mint fele, mert a hóvé alakuló energia végül is a komposzt szárítása révén részben hasznosul. Hogy a fenti folyamatok



során a nyers szennyvíz egyes szerves anyag féleségei hogyan bomlanak tovább, hasznosulnak, fontos kérdés, de ehelyütt csak az anaerob iszaprohasztás kérdései a kiemelték.

A lakossági, vagy vegyes települési szennyvizek szennyezőanyagai közül a szerves anyagok (közülük a döntő komponenseiknek, a zsíroknak, fehérjéknek, s különböző szénhidrátoknak a szilárd – partikuláris –, valamint oldott részei is) tovább hasznosítható energiát hordoznak. Ennek az energiának a lehetséges maximális kinyerése már napjainknak is, de a jövőnek feltétlenül fontos feladata lesz. Lényeg a teljes folyamat gazdaságossága, ami részben beruházási, részben üzemeltetési költség, utóbbiban az elengedhetetlenül szükséges energiaráfordítással. Nem szabad természetesen figyelmen kívül hagyni a tisztításnál keletkező iszapok további feldolgozásának, hasznosításának, vagy akár csak tartós tárolásának a költségigényét sem, ami napjainkban már közel azonos a szennyvíz megtisztításának, szennyezői kivonásának a költségével. A rothadó képes növényi termékek, maradványok szennyvíziszapoktól független biometanizálása ma már egyébként kiterjedt gyakorlat. Ez a mezőgazdasági melléktermékekre, hulladékokra épülő biogáz gyártás.

A lakossági szennyvíziszapok együtt rothasztásának a segédanyagai azonban szűkebb körből kerülnek csak ki. Ilyenek lehetnek a lakossági fogyasztás körében keletkező élelmiszer maradékok, a közcsatorna előtt kiépített zsírfogók szippantott uszadéka, vagy iszapja, valamint különböző lakossági vagy



állati élelmiszer termelés gyártási hulladékai, maradványai (köztük a megromlott, lejárt szavatosságú visszáru). Az utóbbiak között legfontosabbak talán az ATEV iparág ma már újrahasznosításra elég korlátozottan engedélyezett, 140 °C hőmérsékleten fertőtlenített zsír-fehérje főzete, az élelmiszergyártás hasonló összetételű, többnyire ugyancsak főzéssel tartósított termelési hulladéka, valamint az italgyártás legkülönbözőbb növényi maradványai. A lakossági szennyvíziszap rothasztókba nyers növényi anyagot azért nem célszerű bevinni, mert a rothasztásukkor jelentős hányaduk nem bomlik le metánná, viszont részlegesen humifikálódik. Az így oldott formában az iszapvízbe kerülő stabil humin-, és fulvosavak a tisztítás főágán jelentősen azután problémát a lakossági szennyvíztisztításban.

A lakossági szennyvíziszap szeparált, vagy megfelelő szerves anyagokkal együtt történő rothasztását követően ugyanakkor az iszapvíz polielektrolitokkal jól flokkulálható, lebegőanyag, illetőleg szerves anyag mentesíthető, s a tisztítás főágára különösebb veszély nélkül visszaforgatható. Egyetlen problémája, hogy a főág nitrogénterhelését mintegy 15 %-al növeli, amely a mai szennyvíztisztításnál elég kritikus a biológiára kerülő előülepített víz egyébként is kis KOI:TKN aránya miatt.

## A SZENNYVÍZTISZTÍTÁS ENERGIAIGÉNYE, ENERGIA POTENCIÁLJA

A lakossági szennyvizek tisztításának energiaigénye a levegőztetés és a többi műveletek energiaigényéből tevődik össze. Az eleveniszapos tisztításnál régen a levegőztetés akár a felét-háromnegyedét is kitehette. A többi műveletek energiaigényének növekedésével részaránya mára valamivel a fele alá csökkent. A szennyvíztisztítás fajlagos energiaigényét általánosan a tisztított szennyvíz térfogatára adják meg, ugyanakkor a levegőztetés fajlagos energiaigénye a víz szennyezettségétől függ. Ebből is adódnak az esetenként jelentős eltérések ilyen tekintetben. Egyértelmű viszont, hogy ez a fajlagos az üzemméret növekedésével jelentősen csökken.

Igen széles körű felmérés alapján talán McCarty és munkatársai (2011) átlagos adatai jellemzőek leginkább a lakossági szennyvíztisztítások átlagos fajlagos energiaigényére. Felmérésük alapján az ilyen szennyvíztisztítás, növényi tápanyag (N és P) eltávolítást biztosító eleveniszapos, anaerob iszaprothasztóval is rendelkező rendszernél 0,6 kWh/m<sup>3</sup> átlagos fajlagos energiafelhasználást jelent, aminek a fele a levegőbevitel energiaigénye. Az USA szennyvizei egyébként a hazai szennyvizeinknél hígabbak. Ezek az adatok jól egyeznek a MAVÍZ hazai felmérésének a nagyobb tisztítóknál mért adataival. Számszerűsítve a levegőztetés energiaigénye a 50-100 ezer LE-nél nagyobb kapacitású szennyvíztisztítóknál mintegy 0,4 kWh/m<sup>3</sup> tisztított szennyvíz fajlagos körül van.



Foley és társai (2010) átlagos lakossági szennyvíz, anaerob/anoxikus/aerob kiépítéssel (elődenitrifikálással, négyszeres belső recirkulációval és 0,7-szeres iszap recirkulációval, 3,5 g/l iszapkoncentrációval és 15 napos iszapkorral történő tisztítását vizsgálták. Az előülepített és szekunder iszap is elősűrítésre került, melyet mezofil iszaprothasztás követett 22 napos HRT-vel. Vizsgálataiknál a teljes energiaigény 49 %-a a levegőztetésre, 29 %-a az iszap és iszapos víz recirkulációjára, 9 %-a a víztelenítésre került felhasználásra. A metánból előállítható villamos energia a teljes igény 21 %-át biztosította. Foley és társai (2010) mechanisztikus modellje mellett a messze összetettebb Biowin Modellel történő szimuláció is igen hasonló értékeket adott. A rothasztás iszappmaradékából csak igen kis hányadot jelentő (7 %) energia visszanyerésre adódik felmérésük szerint ilyen megoldásnál lehetőség.

A primer és szekunder iszapok anaerob rothasztásnál keletkező biogáz a tisztítás teljes energiaigényének hazánkban a negyedét-felét tudja biztosítani. Ebben az is benne van, hogy a gázmotorokkal villamos energiaként a biogáz energiájának csak a 35-45 % a nyerhető ki. A többi döntően hőenergiaként kerül valamiképpen újrafelhasználásra, vagy jut veszendőbe. Lakossági szennyvíztisztítóknál a technológia megoldásokkal, energiatermelésre történő maximálással ugyanakkor a teljes szennyvíztisztítás lehet akár energiatermelő folyamat is (Logan, 2004). Hazánkban két budapesti szennyvíztisztító gyakorlat is jó példa erre. A lakossági szennyvízből történő energianyerést napjainkban fokozott

érdeklődés, kutatások követik (Batstone et al., 2015). Ugyanez igaz a szennyvíztisztítás iszapjának a maximális hasznosítására, segédanyagokkal történő együttrothasztására is (Batstone és Viridis, 2014; Astals et al., 2014; Koch et al., 2015; Koch et al., 2016; Kim et al., 2017; Xie et al., 2017).

Ezt az energianyerést lehet fokozni egy lakossági tisztító rothasztójánál külső energiahordozó biometanizációra történő hasznosításával. A kérdés ilyenkor a segédanyag tisztasága, anyagi minősége, bedolgozhatósága, no meg az, hogy a lakossági iszaprothasztó rendelkezik-e szabad kapacitással, netán a bedolgozáshoz szükséges segédberendezésekkel. A lakossági iszaprothasztók már korábban is rendszerint túlméretezettek voltak, a tisztítás bővítését célszerűen figyelembe vették. Helyenként azonban éppen terheléscsökkenés következett be. Ez fennáll számos hazai nagyobb város szennyvíztisztítójában, ahol szabad kapacitás jelentkezik. Olyan városoknál, ahol nem volt, vagy nem szűnt meg jelentős élelmiszer feldolgozó ipar, ez nem jellemző. A térségi tisztítás fokozásával (centralizált szennyvíztisztítás), meg a környező térségek kisebb szennyvíztisztítói iszapjának az anaerob rothasztásra történő fokozott beszállítással, feldolgozásával sok helyütt a lakossági terhelés csökkenését kompenzálták.

A naponta lakosonként szennyvízbe juttatott 40-80 g  $\text{BOI}_5$ , ami mintegy 60-120 g KOI 14,7 kJ/g KOI egyenértékkel számolva csak közelítőleg adja meg a szennyvíz szerves anyagiból visszanyerhető energiát, mert a KOI

egy része nem bomlik a rothasztásnál. Ezen túl a gázmotor már említett hatásfoka is nagy problémája az energiaátalakításnak. A szennyvíziszap ugyanakkor nem csak energia, de növényi tápanyagforrás is. Az iszaprothasztás 1 kg metán/4 kg KOI, illetőleg 50,4 MJ/kg metán fűtőértékkel és 35 %-os energetikai hatásfokkal 1,8 kWh/kg metanizált szerves anyag (VSS) energiatermelést tud biztosítani (Khandan et al., 2014). Összegezve a fentieket a szennyvízben az energia három formában jelenik meg (Goude, 2016):

szerves szennyezőanyagok energiája	~1,79 kWh/ m <sup>3</sup>
növényi tápanyagok – N- és P-energiája	~ 0,7 kWh/ m <sup>3</sup>
hőenergia	~ 7 kWh/ m <sup>3</sup>

Napjainkban a szennyvíztisztítás főágán nem történik energia visszanyerés a szerves anyagokból, azoknak csak az immobilizálása, szilárd, szeparálható formájúvá történő alakítása történik meg. Ez igaz, az ultraszűréssel kombinált eleveniszapos és hibrid megoldásokra is. Az iszapként szeparált szerves anyagok energiahordozó metánná történő átalakítása mellékágon a rothasztással történik. Innen a szerves anyagból kiszabaduló ammónium visszakerül a tisztítás főágára, hogy ott inertizálva veszendőbe menjen. Láthatóan a kémiai energia mintegy 26 %, míg a hőenergia 74 %. A szennyvíziszap rothasztásánál ennek a kémiai energiának is csak a töredéke nyerhető vissza. Mintegy fele elveszik a szerves anyagok aerob immobilizálásánál, majd a maradék fele a rothasztásnál marad az iszapban.

Ezután a keletkező gáz energiatartalmának ismét a fele a gázmotorban veszik el, döntően hőként. Az együttrohasztás szerves segédanyagaiból ugyanakkor felszabadítható azok energiájának több mint a fele, s a gázmotorokban annak közel fele villamos energiává alakítható. Ezért lehet nyereséges a lakossági szennyvíztisztítóknál az iszapjuk gondosan megválasztott együttrohasztása más alkalmas nyersanyagokkal.

A kémiai energia láthatóan a könnyen kinyerhető energiafajtája a lakossági szennyvizeknek. A hőenergiájuk csakis hőszivattyúval hasznosítható valamilyen mértékben, éppen a szennyvíz hőmérsékletének a függvényében. A kémiai energiák visszanyerése révén azonban a szennyvíztisztítás elvileg energianyereséges, de mindenképpen energia-függetlenné alakítható, a környezet iszaphulladékoktól egyidejűleg megvalósuló védelmével egyetemben. Együttrohasztás nélkül azonban ma még csak csupán a tisztítás teljes energiaigényének a felét, tehát a levegőztetés energiaigényét lehet az iszaprot-hasztással visszanyerni, megtermelni.

## A SZENNYVÍZISZAPOK ÖSSZETÉTELE

A szennyvíz tisztítása általában primer és szekunder iszapot is termel. Az elsőben a szennyvíz eredeti szerves anyagai (zsír/fehérje/szénhidrát), míg az utóbbiban már döntően azok biológiailag átalakított, stabilizált, jóval kisebb energia-fajlagossal rendelkező változatai vannak jelen. A nagy energia fajlagossal rendelkező zsírok-olajok döntő része eleve a primer iszapba

kerül. Ide kerülnek a lebegő, illetőleg ülepedő fehérjék és szénhidrátok (cellulóz, stb.) is. Ez a 0,45 mikronos szűrőn fennmaradó résznek mintegy a 60, a KOI-nak 30-40 %-a. A döntően oldott szennyezők (~ 20 %), s a finom kolloid zsírok, fehérjék, szénhidrátok (mintegy a KOI 30-40 %-a) biológiailag átalakított, immobilizált formái kerülnek a szekunder iszapba.

Pontos iszap összetétel behatároláshoz, vagy akár annak számításához is elég nehéz megfelelő adatokat találni, mert a tisztítók a rothasztóba kerülő iszapjuknak a minőségét, pontosabban a zsír/fehérje/szénhidrát tartalmát, nem vizsgálják kellőképpen. Elég egyszerű ugyan abból a zsír és fehérjetartalom mérésére, de azok a KOI-hez hasonlóan összpáramétert, tehát az összes extrahálható zsír tulajdonsággal bíró vegyületet, illetőleg nitrogén tartalmú vegyület nitrogénjét mérik és adják meg vegyületcsoportként. A nitrogéntartalom alapján egyszerűen 6,25-el szorozva fogadják el az anyagot fehérjének, holott abban a fehérjék lebomlott aminosavai, illetőleg a nem fehérje nitrogént is belemérik (lipoproteinek, exocelluláris poliszacharidok (EPS), melyek ugyancsak tartalmaznak nitrogént).

Jó lenne pontosan tudni azt is, mennyi az utóbbiak közül az egyértelmű felületi aktivitással rendelkező fehérje, amely esetlegesen a szennyvíziszapok rothasztásánál a habzással, vagy a rothasztott iszap vízteleníthetőségével az üzemvitel műszaki problémáját, illetőleg az iszapelhelyezés költségnövekedését okozhatja. Mint azonban az alábbi, kellően elfogadhatónak feltételezhető adatsor is mutatja,

a témakör kutatásai még ma sem kívánják a fenti problémák és az iszapösszetétel kapcsolatát vizsgálni, hiszen sokkal fontosabb annál az iszaptól visszanyerhető energia maximálása. Mégis megbízhatónak tűnik a táblázatban feltüntetett kevert lakossági szennyvíziszap mérési adatsora további vizsgálatok céljára. Ennél a primer és szekunder iszap keverési aránya 5136:4338 volt tonnában (egy évi adat), tehát csaknem fele-fele (Koch et al. 2016):

Paraméter	Mértékegység	Mért érték	
Összes szárazanyag (sza)	(%)	5,43	+/- 0,13
Sza. szerves hányada	(%)	79,5	+/- 0,45
pH	(-)	6,33	+/- 0,24
Összes illó sav ( $\Sigma$ VFA)	(g/kg)	2,21	+/- 1,21
$\Sigma$ VFA/alkalinitás	(-)	2,12	+/- 1,21
KOI	(g/kg)	72,0	+/- 2,96
TOC	(g/kg)	25,2	+/- 2,16
TKN	(g/kg)	2,87	+/- 1,98
C/N	(számított)	(-)	8,8

Az átlagos jellemzők tehát kicsit másként számolva a következők:

Kevert iszap (primer + szekunder)	5,43 % szárazanyag	54,3 g/kg nedves iszap
amiben 79,5 % a szerves anyag	4,32 %	43,2 g/kg nedves iszap
a szerves anyag KOI-je		72,0 g KOI/kg nedves iszap
a TOC (szerves anyag)		25,2 g szerves C/kg nedves iszap
összes N		2,87 g N/kg nedves iszap
szerves anyag N tartalma	6,6 %	
ami fehérjeként		17,7 g fehérje/kg nedves iszap
a szerves anyag fehérje hányada	41,5 %	
a szerves anyag fajlagos KOI-je		1,66 g KOI/g szerves anyag
a szerves anyag TOC hányada	58,8 %	
C/N arány	8,8	

A Garchingi iszaprothasztó (Koch et al. 2016) ezzel az iszappal egy kg VS/m<sup>3</sup>.d alatti terheléssel megy és így 40 napos HTR-vel. A fajlagos metánhozama ekkor 0.317 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/kgVS. Ez 66 %-os metántartalommal átszámolva a gázhozamra 475 liter/kg VS érték.

Ami nagyon meglepő a reálisnak ítélt adatsorban, az a szerves anyag nagy fehérje hányada, bár éppen annak igen nagy a szórása. Ebből aztán adódik a nagy KOI/VS arány is, valamint

a nagy TOC/VS arány is. Egyébként a fehérjetartalom más esetekben is egyértelműen ilyen részarány, tehát 40 % körül van. Ebből adódik az általánosan elfogadott 9 körüli C/N arány. Ha az iszapkor egy tisztítóban nagy, a szekunder iszap hozama, s annak a nitrogén tartalma is kisebb lesz, de a szekunder iszap C/N aránya nem változik jelentősen. Azt csak külső, nagyobb C/N arányú tápanyag, zsír és szénhidrát bevitelével lehet növelni. Mivel a fehérjék N tartalma a tömegük 1/6,25-öd része (16 %), a TOC pedig mintegy tömegük 60-65 %-a, a C/N arányuk 4 körüli érték. Fehérjék bevitelére tehát egyértelműen csökkenti a szennyvíziszap C/N arányát. A rothasztást azért vélik 6 fölötti C/N arányú iszapkeveréssel végezni, mert ennél nagyobb értékeknél keletkezik csak a rothasztóban megfelelő arányban széndioxid és ammónium, amely azután az iszapfázis ammónium koncentrációját és annak az alkalinitását meghatározóan befolyásolja.

A szennyvíziszapok keletkezését vizsgálva a szerves rész 40 %-a körüli fehérjetartalom egyébként elméletileg is könnyen számolható. A lakosegyenértéknek megfelelő átlagosan 60 g/fő.d lebegőanyagból a 60 %-a, 36 g/fő.d kerül a primer iszapba ennek mintegy 45 %-a inert (16 g/fő.d), tehát 20 g/fő.d lesz abban a szerves anyag. Ebbe kerül bele a 10-13 g TKN/fő.d átlagosan 10 %-a, ami 6,25-ös szorzóval fehérjévé átszámolva 6-8 g fehérje/fő.d. Mivel ez a 20 g primer iszapba kerülő szerves anyag 30-40 %-a, közel van a garchingi iszapkeverék fehérje tartalmához (Koch et al, 2016).

A primer iszap összetételére vonatkozó számítást tovább vezetve, a zsírtartalmára is hasonló értéket kapunk. A lakossági szennyvizekben ugyanis a KOI 20-40 %-a körüli a zsírok mennyisége. Ebből annak 50-80 %-a a primer iszapba kerül. A lakos egyenértékkel számolva a szennyvízben levő zsír KOI egyenértéke 22-44 g KOI/fő.d. Ez a zsír tömegfajlagos KOI-jével visszaszámolva 6-12 g zsír/fő.d értéknek felel meg. Az előlepipítésnél azonban csak a zsírtartalom 50-80 %-a kerül az iszapba, tehát 4-8 g zsír/fő.d. Ez azt is jelenti, hogy a primer iszap korábban számolt 20 g/fő.d szerves anyagából a zsírtartalom annak 20-40 %-a. Ezeket figyelembe véve ugyanakkor a szerves rész szénhidrát tartalma 20-50 % között mozoghat. Analitikai mérések egyébként ezt az összetételt könnyen ellenőrizhetnék. Természetesen a primer iszap inert tartalma, s így aránya a szerves részéhez is igen jelentősen változhat, hiszen a foszfor előkicsapására használatos vegyszerek szilárd maradékai azt inert rész mennyiségét jelentősen megnövelhetik.

A szekunder iszapba kerülő fehérje mennyiséget, vagy részarányt nehéz számítással ellenőrizni, hiszen éppen a keletkező iszap fehérje hányadát kellene ahhoz mérésekből ismerni. Ilyen adatok vannak, de nagyon szórnak. Talán elfogadható ehhez Sedlak (1992) nomogramja. 20 napos iszapkornál 8, 40 naposnál már csak 7 % lesz a szekunder iszap szerves anyagában a nitrogéntartalom. Ez 50-43,7 % fehérjetartalomnak felel

meg. Ennek alapján a primer és szekunder iszapok súlyozottan számított nitrogéntartalmára ugyancsak 40 % adódik. Az is érzékelhető a korábbi számításból, hogy a szekunder iszapban kevesebb zsír lesz, mint a primerben. Eleve kevesebb kerül a nyersvízből abba, s ott némi lebontás is csökkenti a mennyiségét. A primer iszap szerves anyagának a 20-40 %-át kitevő zsírmennyiség viszont egyértelműen oda kerül. Ez azonban a rothasztás során nem okoz gondot, még ha elég jelentősen növelték is a zsírfogók iszapjával annak a zsírtartalmát (Mata Alvarez et al., 2014).

A lakosegyenértékből (LE) számolva tehát a kétféle iszap hozamát, megállapítható, hogy azok szerves anyag tartalma (szárazanyag illó része – VS) fajlagosan közel azonos. Energiatartalmuk is közel hasonló, a belőlük anaerob rothasztással biogázzá alakítható hányaduk ugyanakkor nagyon különböző. A primer iszapénak közelítőleg a duplája, mint a már biológiailag stabilizált (mintegy az előülepített szennyvíz fele szerves anyagában eloxidált) szekunder iszapénak. A nyers szennyvíz zsírtartalma primer iszapba kerülő mintegy 50-80 %-a s a hozzá tapadó egyéb lebegő-üledő fehérjék, cellulóz és keményítő részek mintegy 2/3 részükben biogázzá alakíthatók mezofil rothasztásnál. Ezeknek a szerves anyagoknak a fajlagos energiataartalma is nagyobb, mint a szekunder iszap szerves anyagáé (Grady et al., 1999).

## AZ ANAEROB SZENNYVÍZISZAP ROTHASZTÁS KIALAKULÁSA, FEJLŐDÉSE ÉVTIZEDEINKBEN

Az iszapok rothasztása azonban a kezdetekkor nem az energiataartalma, hanem egyszerűen a mennyiségük, s további fertőzésveszélyük, szaghatásuk miatt alakult ki. Az iszaprothasztásnak napjainkban ezeken túl több más oka is van. Elsődleges persze talán ma is az iszap mennyiségének csökkentése. A rothasztás biztosít némi fertőtlenítést is, illetőleg jelentősen csökkenti a maradéknak a rothadó képességét, s a rothadással együtt jelentkező szaghatását. Fontos alapszabály, hogy a rothasztásnál metánná és széndioxiddá alakuló szerves anyagok minden kg KOI-jéből 0,33 Nm<sup>3</sup> metán keletkezik (Kárpáti, 2016). Mivel a biogáz metán tartalma megfelelő rothasztásnál annak mintegy a 2/3-a, a fajlagos biogázhozam a metánhozam másfélszerese. Ez a fajlagos mennyiség azonban csak az elbomló szerves anyagokból, tehát a KOI csökkenésből lesz. Az iszap zsír, fehérje és szénhidrátjainak elbomlása, biogázának a metán tartalma viszont eltérő.

A szekunder iszap KOI-jének csak mintegy a 25 %-a, míg a primer iszapénak kicsit több, mint 60 %-a alakul metánná 25 napos rothasztási idő (HRT) mellett. A primer és szekunder iszapokat természetesen megfelelő elővíztelenítés után összekeverve adják fel a rothasztókba (átlagosan fele-fele az arányuk a szárazanyagban, valamint a szerves anyagban), amely esetben 20-25 napos mezofil

rothasztásnál (HRT) szerves anyaguknak közel 45 %-a alakul biogázzá. A térfogati szerves anyag terhelés az iszaprothasztásnál lehet 1,6 kg VS/m<sup>3</sup>.d alatti (kis terhelésű) és azt meghaladó, de általában 7 kg VS/m<sup>3</sup>.d alatti (nagy terhelésű). Ezekhez 40 illetőleg 20 napos HRT tartozik (Grady et al., 1999).

A fajlagos szerves anyag (KOI vagy VS) terhelés, tartózkodási-ideje és a betáplált iszapkoncentráció között szoros az összefüggés. Minél nagyobb a betáplált iszap koncentrációja, annál nagyobb terhelést lehet biztosítani a rendszerben egy adott tartózkodási-idej mellett (L.Y.R.S. diagram - Oláh és Princz, 1989; Öllös et al, 1994, Öllös et al, 2010). Ennek megfelelően, ha 3 % szerves anyag tartalmú szennyvíziszapot rothasztanak 15-20 napos tartózkodási idővel, a rothasztó fajlagos szerves anyag terhelése 1,5-2 kg VS/m<sup>3</sup>.d között lesz, s várhatóan a gázhozam 0,65-0,67 m<sup>3</sup>/kg betáplált szerves anyag körül alakulhat. Ha a gázhozamból visszszámolunk annak a metán tartalmára úgy 65 % metán tartalommal, a fenti értékek 2/3 részét kaphatjuk, tehát 0,42 m<sup>3</sup> metán/kg betáplált szerves anyag fajlagost. Mivel egy kg betáplált szerves anyag KOI-ben közelítőleg 1,5 kg KOI/kg szerves anyag, a teljes elbomlásánál ennyiszor 0,33 m<sup>3</sup>, azaz közel 0,50 m<sup>3</sup>/kg szerves anyagnak megfelelő mennyiségű metán kellene, hogy keletkezzen. A gyakorlatban az elbomlás nem igen lesz 65 % fölött.

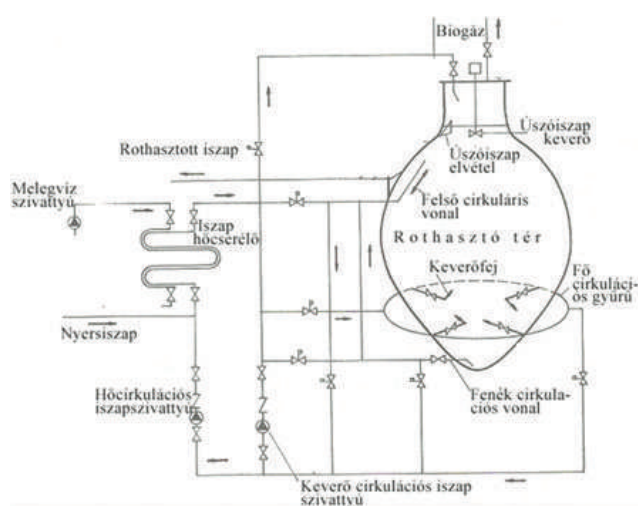
### Anaerob iszapkezelés (fermentáció)

- A szennyvíztisztítás során keletkező iszapok (5-6% szárazanyag tartalom, ill. 60-70% szerves anyag tartalom) anaerob rothasztó tartályokban történő kezelése során, a mezofil tartományban(30-35 °C) 20-30 nap alatt az eredeti szerves anyag tartalom kb. 45-50%-a lebomlik és biogáz keletkezik (65% CH<sub>4</sub>, 35% CO<sub>2</sub>).
- A lebomlás feltétele, hogy oxigénmentes környezet, ideális hőmérséklet (+30-35°C), sötétség és megfelelő nedvesség legyen, mert a metán termelő baktériumoknak ezek az életfeltételei.

Természetesen az anaerob iszaprothasztás fejlesztése nem állt meg a múlt század hatvanas éveinek szintjén, amikor még belső keverést sem igen alkalmaztak az egyébként is kis számban kiépített rothasztókban. Időközben tisztázódott, hogy a rothadás folyamatainak a részleges szétválasztása (sorbakötött egységekben történő rothasztás, kigázosítás) kedvező lehet a térfogati teljesítményre, illetőleg a kirothadás mértékére is. Ezzel egyidejűleg a rothasztás hőmérséklete emelésének a még kedvezőbb hatása is bebizonyosodott, bár a termofil rothasztásnak vannak kedvezőtlen hatásai is. A legnagyobb gondja talán a jobb kirothadás miatt fokozottan keletkező illó sav és ammónium hatása, no meg a megfelelő termosztálás fokozott berendezés és energiaigénye. Óriási előnye ugyanakkor a rothasztott iszap megfelelő fertőtlenítése, s kedvezőtlen szerves szennyezőinek a nagyobb mértékű lebontása. Mindezek ellenére az így rothasztott lakossági szennyvíziszapok a továbbfeldolgozás és elhelyezés/hasznosítás tekintetében



nem élveznek különösebb előnyt. Mindegyik iszapot vagy injektálni, vagy komposztálni, vagy égetni kell. Az iszap újrafelhasználását korlátozó nehézfém tartalom az iszap szerves anyaga csökkentésével növekszik, amiért is a jelenlegi előírásokat csak nagy nehézségek árán tudja biztosítani. Kedvező erre a komposztálás ilyen vonatkozású hígító hatása. Sajnos a komposzt talajtápanyag értékét a mezőgazdasági termelők nem érzékelik kellően, így az még ma is elsősorban rekultivációs céllal kerül felhasználásra. Legnagyobb kár ebben a tekintetben a Budapesten keletkező rothasztott, majd komposztált szennyvíziszapok Mátrai Erőműben történő elégetése. A hazai lakossági szennyvíziszapunknak ez a hányada így jelenleg minimálisan hasznosul.



A rothasztáshoz szükséges iszap előmelegítés, reaktor és termosztálásigény általános kialakítása

Az iszaprothasztásnál ugyanakkor egyértelműen az iszaptól kinyerhető energia a meghatározó tényező. Ez az energia csak úgy növelhető, ha az iszap átalakításának a mértékét lehet valamiképpen növelni. Ez a rothasztás hőmérsékletének és időtartamának emelésével lehetséges. Alkalmasként mellettük még arra a különböző mechanikus, termikus, kémiai, biológiai előkezelések, melyek feladata minden esetben a sejtközi állomány hozzáférhetőbbé tétele, a sejtfalanyagok és extracelluláris polimerek (EPS), poliszacharidok megfelelő dezintegrálása, aprítása. Ezekkel a fajlagos gázkihozatal jelentősen növelhető, de egyáltalán nem biztos, hogy a költségük az energia kihozatal oldaláról megtérül.

Egyszerűbb lehetőség erre valamilyen könnyen fermentálható külső tápanyag (szubsztát) bevitele a rothasztóba, úgynevezett együtróthasztás alkalmazása (Boe et al., 2010; Koch, et al., 2016; Kim et al., 2017). Ilyen anyagok lehetnek a lényegesen kevesebb inert anyaggal keletkező különböző zsír, fehérje és szénhidrát tartalmú élelmiszer-termelési, vagy felhasználási hulladékok. Közülük a zsír a legnagyobb energiatartalmú, vagy metánhozam növelő anyag, míg a másik kettő annak mintegy a fele, hiszen a zsírának fele nagyságrendű energiatartalmú szerves anyagok. Lebonthatóságuk sebessége tekintetében kis molekulatömegű szénhidrátok, a cukrok a legkedvezőbbek. Ez azonban nincs

is a szennyvíziszapban, csakis egyéb „hulladékként” kerülhet a rothasztóba. Ilyen esetben a lökészerű terhelésük a gyors ecetsavvá alakulás révén hirtelen lesavanyodást okozhat, ami a metanizáció befékezését vonhatja maga után a termelődő gáz széndioxid tartalmának az egyidejű emelkedésével. Megjegyzendő ugyanakkor, hogy a cellulóz lebontása igen lassú, míg a lignin gyakorlatilag lebonthatatlan.

Elég jó a bonthatóság tekintetében a szennyvíztisztítás mikroorganizmusainak a szennyvíziszapba kerülő extracelluláris terméke (EPS), poliszacharidja is. Talán részben igaz ez a hasonlóan jelentkező sejtfalanyagokra is. Egyébként mindegyikük tartalmaz nitrogénvegyületeket is. A rothasztásra kerülő vegyes iszapban ugyanakkor talán mégis az élő sejtek sejtközi állományának a fehérje tartalma a legnagyobb hányadú. Ennek a hidrolízise, fermentálhatóvá válása közepes sebességű. A zsírok és nagyobb molekulatömegű, említett szénhidrátok a hidrolizáló mikroorganizmusok exoenzimjeinek hatására aprózódnak, válnak a fermentálhatók, a savképzők részére igazán hozzáfélhetőkké, átalakíthatóvá. A zsírok ugyanakkor a glicerin észter megbontása után béta-oxidációval rövidülnek, s válnak hasonlóan a savtermelők alapanyagává (Öllős et al., 2010; Koch et al. 2015).

A primer és szekunder iszapok keverékében a zsírok, szénhidrátok, fehérjék arányát mint láthattuk a korábbi adatokból, igen széles tartományokkal jellemzik, ami az alapanyag és

a technológia változatossága miatt érthető is. A szennyvíziszapnak valamennyi komponenséből a rothasztásnál metán keletkezik, de eltérő sebességgel és hozammal. Talán legfontosabb közülük a fehérje, hiszen a nitrogénje nélkül az anaerob mikroorganizmusok sem tudnak szaporodni. Nagy mennyisége ugyanakkor a szaporodást már zavarja, különösen, ha a pH megnövekedésekor szabad ammóniává alakul, s a sejtekbe jutva mérgező. Emellett fontos, hogy a fehérje lebomlásakor keletkező gáz metánhányada (80 %) messze nagyobb, mint a szénhidrátoknál (50 %) illetőleg a zsíroknál (70 %). A fehérjék lebomlásának további problémája azonban, hogy annak során felületaktív hatású lipoproteinek keletkeznek, amelyek túlzott koncentrációban a rothasztó habzását is eredményezhetik. A fehérjék lebomlása ugyanakkor elég lassú és eléggé korlátozott (50 % körüli).

A zsírok, olajok közepes mértékben, de lassabban bomlanak, ami azért szerencsés, mert a hosszabb szénláncú szerves savak keletkezését, felhalmozódása így nem veszélyes. A lakossági szennyvíziszapok rothasztásánál nem is szokott a zsírtartalom gondot okozni, ellenben ha külső forrásból lökészerűen nagy mennyiségben jut az a rothasztóba, a hosszú szénláncú zsírsavak (átmeneti termék) koncentrációjának a megemelkedése befékezheti a metanizációt. Ilyenkor a legjobb a betáplálás leállítása, s a rendszer jó átkeverése (lehetőség szerinti hígítása a már kirotthasztott iszappal, ha ilyen rendelkezésre áll).

## A LAKOSSÁGI SZENNYVÍZISZAPOK KOMPONENSEINEK LEBOMLÁSA A ROTHASZTÁS SORÁN

A lakossági szennyvíziszapokba kerülő anyagokat a mezőgazdasági hasznosítás oldaláról vizsgálva mindig a növényi tápanyagtartalom (N és P) behatárolása az elsődleges szempont. Így kihelyezésük korlátja sem azok fő komponenseinek (fehérje, zsír, szénhidrát) megoszlása, hanem a növények N-tápanyagellátása és egyidejű védelme a nehézfémek túladagolásától (Kárpáti, 2017). Mellettük az iszapba kerülő, nehezen, vagy alig lebomló, káros szénhidrogének, háztartási vegyszerek, növényvédő-szerek, gyógyszerek kimutatása, mennyiségi korlátozása preferált napjainkban a lakosság tápanyag minőségének a biztosítása érdekében. Más kérdés, hogy a tápanyagaink összetételére, ilyen vonatkozású szennyezettségére ugyanakkor nem fordítunk kellő figyelmet, hasonlóan a környezet, természet védelmének a nagyobb természeti ciklusokon keresztül jelentkező károsításaihoz (oxigéntermelő képesség csökkenése a pálmaolaj fokozott termelésével).

Ha a szennyvíziszapjainkat elsődlegesen biometanizációs alapanyagként tekintjük, a legfontosabb kérdés azok főbb lebontható szerves anyagainak, komponenseinek a behatárolása kellene, legyen. A mai gyakorlatban erre talán azért nem fordítanak különösebben figyelmet, mert a lakossági szennyvíziszapokban

ezek koncentrációja kellően stabil, s kisebb mértékű változása is csak az egyes tisztítók között várható a tisztítóba településenként eltérő részarányban érkező ipari terhelés következtében. Gondot jelent persze a meghatározásuknál a fehérje, zsír és szénhidrát tartalom sokfélesége, s mennyiségük bonyolultabb mérési lehetősége is. A zsír általában hexános extrakcióval határozható meg, aminek az oldószere az egészségre káros hatású. Mérése egyébként a minták beszárítását kivéve, elég biztonságos. A fehérjék összességét folyadékból, vagy híg emulzióból lehet mérni a  $\text{ON}$  méréssel, vagy drágább berendezéssel C, H, N tartalom meghatározásával. Az utóbbit sem igen mérik a vízművek laboratóriumai a műszer és mérés költsége miatt, pedig erre már van megfelelő lehetőség (Nguyen et al., 2015).

A rothasztás folyamatos üzembiztonságát a rothasztásnál keletkező közti termékek egyenletes keletkezési, majd továbbalakulási sebessége biztosítja. Ehhez elengedhetetlen az átalakításokat végző mikroorganizmusok közel állandó környezete: a tápanyag összetétel, homogenitás, hőmérséklet), egyenletes munkájuk, s az ezekhez szükséges műszaki kialakítás, kiépítés, továbbá a folyamatos üzemvitel ellenőrzés, s szükség szerinti szabályozás (Oláh et al., 2010).

Az iszapok egyes komponenseinek arányára a korábban számítottól lényegesen eltérő adatokat adtak meg Öllös és társai (2010):

Komponens	Fehérje %	Zsír %	Szénhidrát %
Nyers iszap	21	17	57
Eleveniszap	28	28	33

Ezek az adatok korábbi külföldi vizsgálatok eredményei, melyeknél a mérések még messze nem voltak olyan pontosan, mint napjainkban. Más vizsgálatoknál a nyers iszapkeverék szerves anyagának átlagosan 13 %-a volt zsír, ami a rothasztott iszapban már 7 %-ra csökkent. Érdekes megállapítás volt, hogy az iszapok közel 25 % baktérium sejtanyagot tartalmaztak. Általánosan elfogadott, hogy ezek sejtközi állománya 80 %-ában fehérje, azonban a sejtanyag mindig csaknem azonos arányban tartalmaz extracelluláris poliszacharidot is, ami döntő hányadában szénhidrát. Speciális esetben sejten belül is történhet poli-béta-hidroxivajsav (glikogén) felhalmozódás is, ami ugyancsak módosíthatja az iszapösszetételt. Az iszapösszetételt tovább bonyolítja, hogy a baktérium sejtfa- mukopeptideket, poliszacharidokat, fehérjéket és lipideket is tartalmaz. A poliszacharidok között egyszerű monoszacharidok és aminos cukrok is vannak. A zsírok viszont döntően a primer iszapba kerülnek (Öllös et al., 2010).

Más vizsgálatok adatai ugyanazon forrásmunkában a friss iszapkeverékre, valamint a rothasztott maradékára kicsit eltérő adatokat mutatnak (Öllös et al., 2010). Az adatok szerint a szénhidrátok jelentős része hiányzik, ugyanakkor a zsírok és fehérjék átalakulása jellemzőnek tűnik. Ugyanez igaz a nehezen

bontható szénhidrátokra, a cellulózra, hemi-cellulózra és a ligninre is (**1. táblázat**).

**1. táblázat:** Iszapkomponensek arányai és lebomlásának mértéke

Anyag	Friss iszap	Rothasztott iszap
% (szárazanyagra vonatkoztatva)		
Éterextrakt	32	3,72
Hemicellulóz	3,2	1,58
Cellulóz	3,76	1,56
Lignin	4,79	8,37
Nyers fehérje	21,12	20,68
Hamu	24,13	56,00

Az adatok szerint a zsírok nagyon jól lebomlanak biogázzá, míg a fehérjéknek csak mintegy a fele bomlik el a rothasztásnál. A szénhidrátok lebomlására vonatkozóan az adatsor egyoldalúsága miatt nem jellemző a teljes szénhidrát tartalom lebomlására. Ettől függetlenül érdekes, hogy a cellulózoknak több mint a fele lebomlik, míg a lignin egyáltalán nem bomlik. Nyilvánvaló, hogy az egyszerűbb szénhidrátok, a keményítők és a sejtek exocelluláris poliszacharid termékei ugyancsak valamilyen maradékkal bomlanak csak el az anaerob iszaprothasztásnál, míg a kis molekulatömegű, egyszerű cukrok maradék nélkül. Más szerzőkre hivatkozva, a hazai, iszaprothasztásról

készített legátfogóbb könyv (Öllős et al., 2010) a lakossági szennyvíziszap rothasztásánál a zsírok 35 %-os, szénhidrátok 52 %-os fehérjék 40 %-os elbomlását véli általánosnak az átlagosan elfogadható körülmények között.

A fentiekkel együtt Öllős és társai (2010) másutt megállapították, hogy a rothasztás során a zsírtartalom 80 %-a, a fehérjéknek viszont csak 60 %-a bomlik le, alakul biogázzá. Ezzel szemben mások úgy vélik, hogy élelmiszeripari tápanyagok esetén a zsír és fehérje tartalom 70-85 %-a is bontható, kérdés azonban az ahhoz szükséges idő és környezet.

## BIOGÁZ KELETKEZÉSE A KÜLÖNBÖZŐ ISZAPKOMPONENSEKBŐL – FAJLAGOS GÁZHOZAMOK

Törvényszerű, hogy az iszap mindegyik komponenséből az energiatartalmának és lebomlása mértékének megfelelően keletkezzen metán, illetőleg biogáz. Minden kg elbontott KOI-ból 0,33 Nm<sup>3</sup> metán keletkezik (Kárpáti, 2016). Mivel a zsírok kétféle energia gazdagok (36,0 MJ/kg) s jól bonthatók, a fajlagos metán termelésük igen nagy. A fehérjék alig

energiadúsabbak (18,4 MJ/kg), mint a szénhidrátok (15,1 MJ/kg), lassan is bomlanak, de sok a bontásukkor keletkező gázban a metán hányada. Az iszap egyes szennyezőanyag fajtáinak a fajlagos gázhozama ennek megfelelően alakul (**2.táblázat**) (Öllős et al., 2010).

A szénhidrátok közül az egyszerű cukrok jól bonthatók, az összetettebb szénhidrátok kevésbé. Kicsi, mintegy 50 % ezen túl esetükben a keletkező biogáz metán hányada, ami rothasztásra történő felhasználásukat eléggé kérdésessé teheti. A könnyen bontható szénhidrátokból ugyanakkor igen gyorsan keletkeznek illó savak, ecetsav, ami a rothasztó pH-ját ugrásszerűen csökkentheti, ezzel befékezheti a metanizálót, megnövelve a gáz keletkezésének sebességét, de növelve annak a széndioxid tartalmát is. Természetesen az iszapok bontásánál az elméletileg számolható biogáz összetételtől gyengébb összetételek is előfordulnak, ami a bontás körülményeinek a következménye. Ez elsősorban a metanizálók valamilyen gátlásának lehet a következménye, ami illó savaktól és ammóniától is egyaránt előfordulhat. Ennek megfelelően a gázösszetétel, pontosabban annak a változása mindig fontos jelzője bármiféle alapanyag mellett is a rothasztás folyamatainak.

**2. táblázat:** Szennyvíziszap komponensek fajlagos energiatartalma és gázhozama

Vegyületek	Tömegfajlagos KOI kg KOI/kg anyag	Lebontott anyag gázhozama	Biogáz metán tartalma	Fajlagos CH <sub>4</sub> hozam
Mértékegység	kg KOI/kg anyag	Nm <sup>3</sup> /kg	Térf %	Nm <sup>3</sup> /kg
Zsír	3,2	1,25	68	0,86
Fehérje	1,7	0,70	71	0,50
Szénhidrát	1,1	0,79	50	0,40

Mindezek alapján összességében az állapítható meg, hogy a rothasztást energia gazdag alapanyagokkal célszerű végezni. Ilyenek a nagyobb zsír és fehérje tartalmú iszapok, valamint az ezeket nagy részarányban tartalmazó segédanyagok. A segédanyag nélküli iszaprothasztás gáza 60-70 % metánt és 25-30 % széndioxidot tartalmaz. Fűtőértéke 21-25 MJ/m<sup>3</sup>. Fajlagos gázhozamait többféle formában is becsülhetjük, jellemezhetjük:

0,5-0,75 m<sup>3</sup>/kg betáplált szerves anyag  
0,75-1,12 m<sup>3</sup>/kg lebontott szerves anyag

Az adott tartományokon belüli változás éppen az alapanyag minősége, energiatartalma miatt áll fenn. Közelítőleg mindig számolható valamely szerves anyag biogáz hozama azok tömeg-fajlagos KOI-jéből is a lebontás mértékének s a KOI-nek a fajlagos metánhozama ismeretében. Az előbbieket zsírnál az előző 2. táblázatban is megadott 2,8-3,2, fehérjénél 1,7-2,2, szénhidrát-nál 1,1 kg KOI/kg anyag, míg a KOI-nek a fajlagos metánhozama 0,33 m<sup>3</sup>/kg KOI. A fentebb részletezett lebontások mértékét természetesen figyelembe kell venni (Cook et al, 2017).

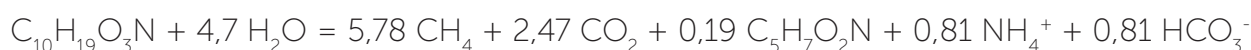
## AZ ISZAP LEBONTÁSI, GÁZTERMELÉSI FOLYAMATAI ÉS SEBESSÉGEIK

A szennyvíziszap zsír, fehérje és szénhidrát tartalmának az anaerob lebontását, biogázzá alakítását többféle baktériumcsoport

végzi. Szaporodásuk szempontjából a tápanyag, tehát a mindenkori iszap összetétele talán a legfontosabb tényező. Szaporodásukhoz a szénforráson (energiahordozó megfelelő átlagos oxidációs számmal) kívül nitrogén és foszfor jelenléte is elengedhetetlen. Ezek a szaporodáshoz, megfelelő enzimtermeléshez meghatározó komponensek. Optimális arányaik KOI:N:P arányban kifejezve 350:7:1. A gyakorlatban azonban az 1000:7:1 arány is megfelelő (Öllös et al., 2010). Ez hasonló az aerob szaporodás tápanyagigényéhez, de az anaerob iszaphozam lényegesen kisebb ezért kell relatíve kevesebb szerves karbon a szaporodáshoz. Kénre a foszforhoz hasonló mennyiségben van szükség, de az a fehérjék kéntartalmában a redukált nitrogénhez hasonlóan bőségesen rendelkezésre áll. Nyomelemek, Fe<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Mo<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup> hiánya gátolja a fermentációt. Ezek azonban a kommunális szennyvíziszapban rendszerint kellő mennyiségben jelen vannak. Az intenzív anaerob szennyvíztisztításnál ezzel szemben esetenként kobalt adagolása kedvező lehet.

A nulla átlagos oxidációs számú szerves anyagot tartalmazó anyagokból (szénhidrátok) 50-50 % metán és széndioxid keletkezik. Minél kisebb a szerves anyag oxidációs foka, annál nagyobb az energiatartalma, s a metán tartalom a keletkező biogázban. A metánban a szén oxidációs száma -4.

McCarthy (1974) az átlagos szennyvíziszap szerves anyagának megfelelően írt fel az anaerob bomlására stöchiometrikus összefüggést, melyből a gázképződés egyenletét is pontosítja. Abból a korábban bemutatott fajlagosoknak közel megfelelő értékek vezethetők le. Számítása szerint az átlagos szennyvíziszapra ( $C_{10}H_{19}O_3N$ ), ha a tartózkodási-időt 20 naposnak és a mikroba-pusztulás sebességét  $0,03\text{ d}^{-1}$ -nek veszi, az átalakítást leíró sztöchiometriai egyenlet a következőképpen alakul:



Azaz egy "mólnyi" (20l g) iszapból 5,78 mól (129 dm<sup>3</sup>) metán, 21,5 g baktérium és 40,5 g hidrogén-karbonát lúgosság ( $CaCO_3$ -ban kifejezve) keletkezik. A gázban a metántartalom az egyenlet alapján 70 %-os, ami jó egyezésben van a tapasztalati 65–70 % biogáz metán tartalommal. Az összefüggések természetesen csak közelítő jellegűek, hiszen a gáz metántartalma nem kizárólag a nyersanyag oxidációs fokának függvénye, hanem pl. a szén-dioxid telítési viszonyaitól és a kialakult mikrobiotától (baktérium populáció) is függ.

Ha a McCarthy (1974) által javasolt egyenletet az átalakított iszap szerves anyag, s a terméként maradó szerves anyag oldaláról vizsgáljuk, megállapítható, hogy 201 g szerves anyag rothasztásának a maradéka  $0,19 \times 113 = 21,5$  g szerves anyag. Ez mintegy 10 % maradék, s egyben 90 %-os lebontást is jelent. Ez közelítőleg a szerves széntartalomra is igaz. A gyakorlatban ezzel szemben szerves anyag lebontására ritkán feltételezhető ilyen mértékkel, illetőleg a lebontás eredményeként keletkező biomaszsa, vagy sejttanyag is nagyobbra feltételezhető

ennél. Legalábbis a lakossági szennyvíziszapoknál, amire McCarthy (1974) az egyenletet javasolta. A szerves anyagokban, elsősorban zsírban és fehérjében gazdag segédanyagok lebontására ténylegesen mérnek úgy 80–85 %-ot, de a 90 % a lakossági szennyvíziszapra semmiképpen nem fogadható el.

A gázban tehát 65–70 % metán várható. Ismét hangsúlyozni kell azonban a zsír, szénhidrát és fehérje eltérő biogáz termelését is a lebontásuk mértékén túl (**3. táblázat**).

**3. táblázat:** Zsír/fehérje / szénhidrát gáztermelése az anaerob rothasztáskor

Tápanyag	Elméleti gáztermelés m <sup>3</sup> /kg szerves anyag		Gázösszetétel %	
	biogáz	metán	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>
Zsír	1,44	1,04	72	28
Fehérje	0,58	0,44	84	16
Szénhidrát	0,75	0,37	50	50

Sajnos, nincs ismeret arról sem, hogy a primer és szekunder iszapok keverékben levő, fehérjéknek minősített komponensekből melyek bomlanak el a rothasztás során, s melyek maradnak eredeti, vagy módosított, de továbbra is szilárd, N-tartalmú vegyületeként az iszapmaradékban. Nem ismeretes tehát, hogy a fehérjék erősen felületaktív komponensei, valamint a feltehetően kevésbé felületaktív nitrogén tartalmú poliszacharidok milyen mértékben bomlanak az anaerob rothasztásnál. Feltételezhetjük azonban, hogy a rothasztókba bevitt nitrogén tartalmú szerves vegyületeknek mintegy fele bomlik le, s kerül a nitrogénje ammóniumként a vízfázisba. Az átlagos lebomlás az iszap szerves anyagára viszont inkább csak 45 %. Ekkor pedig a primer és szekunder iszap keverékének a 30 % kiindulási inert tartalmával számolva a rothasztott iszapban az inert és a szerves anyag részaránya 30:38,5 lesz. Ez azt jelenti, hogy a rothasztott iszap izzítási vesztesége 56,2 % körüli kell, legyen. Ez általában inkább 60 % körül van, de a kis eltéréstől esetlegesen eltekinthetünk. Nyilván 45 %-nál is kevesebb a szerves anyag elbomló hányada, ami jól egyezik a gyakorlatban mért gázhozamokkal is.

Nagyon fontos megjegyezni, hogy bár a zsírok jól bonthatók az anaerob rothasztókban, először a hidrolizálók azokat zsírsavakká alakítják majd azokból a savtermelők a metántermelők számára hozzáférhető szubsztrátot termelnek. Ez a szerves anyagok több lépésben ecetsavvá történő alakítását jelenti,

melynek során hosszabb szénláncú zsírsavak, végül propionsav, vajsav is termelődhet. Ez utóbbiak felhalmozódása vezethet a metanizálók már említett lemérgeződéséhez, befékezéséhez.

Az ecetsav termelése a szénhidrátokból nem okoz ilyen problémát, csak esetleges pH csökkenést a túlterhelésekor. A termelődő savakat egyébként a metanizáció felemészti. Gondot okozhat viszont a gáz túlzott széndioxid tartalmának a hatása, elnyelődése a vízfázisban. Savanyító hatását szerencsére a keletkező ammónium pufferolja. Ha azonban túlzott ammónium-termelésnél a rendszer pH-ja éppen a túlzott ammónium termelés miatt emelkedik meg, az kedvezőtlen ammónia felszabadulást, s azzal ammónia-toxicitás okozhat, melyet már korábban már említettem.

Mindezeknek a rendszerdinamikai problémáknak az oka az anaerob folyamatokban részt vevő mikroorganizmusok eltérő szaporodási sebessége, s ezzel eltérő tápanyag átalakítási sebessége okozza. Mucsy adatai alapján (1993) a savtermelő baktériumok generációs ideje 1-1,5 nap, az acetogéneké 3,5 nap, míg a metanogéneké 5-15 nap tartományba esik. A zsírbontóknál még ennél is hosszabb idő kell a megfelelő szaporodáshoz, lebontáshoz (akár 80 nap is). A fermentáló (savtermelő) baktériumok rövidebb generációs idejének megfelelően a hidrolízishez, és erjesztéshez csak 1/5–1/10-ét igénylik annak az időnek, amennyi a lassúbb szaporodású



metántermelők munkájához kell. Ennek megfelelően egy kevert anaerob rothasztóban, időben a fenti fajok közötti egyensúly a mindenkori tápanyagellátásnak megfelelően kerül dinamikus egyensúlyba. A teljes folyamat sebességét természetesen a leglassúbb részfolyamat sebessége szabja meg. Ez pedig a metanogének végezte utolsó lépés lesz.

**Összefoglalóan** megállapítható, hogy az anaerob iszaprothasztás hatásfokának növeléséhez, optimalizálásához, üzembiztonságának garantálásához a tápanyagbevitel optimalizálásán túl, a környezet állandóságának biztosítása (hőmérséklet, felületaktív komponensek stabilizálása, pH, lúgosság, sav és ammónium koncentráció, köztitermék homogenitásának biztosítása megfelelő keveréssel, biztonságos gázélvétel) nagyon fontos tényezők. Igen valószínűsíthető, hogy minden rothasztó jellegét meghatározza az abba betáplált tápanyag, s azzal a rajta kifejlődő mikroorganizmus együttes, valamint a T, a relatív iszapterhelés (HRT és iszapkor), a rothasztó kialakításának jellege és keverése. Ezzel együtt az is megállapítást nyert, hogy a kirothasztott iszapok még sok bontható szerves anyagot tartalmaznak. Ez lehet annak is a következménye, hogy az intenzíven kevert reaktorokban folyamatos iszapbetáplálás esetén az elvett iszap a rövidzár miatt még le nem bontott anyagokat is tartalmaz. A rothasztott lakossági szennyvíziszap szerves anyag tartalmának csökkentésére, stabilizálására alkalmas az azt követő komposztálás.

## KÖZTI ÉS VÉGTERMÉKEK KELETKEZÉSÉNEK DINAMIKÁJA, IDŐSZAKOS TOXICITÁSOK

Érdekes tapasztalat, hogy a mezofil tartományban az iszaprothasztás kevésbé érzékeny a hőmérséklet ingadozására, mint a termofilben. Ez a két hőmérsékleten szaporodó metanogén mikroorganizmusok eltérő sejthozamának lehet a következménye. A gázhozam is közel hasonló, de a lebontás sebessége a nagyobb hőmérsékleten nagyobb, tehát a rothasztáshoz kevesebb idő is elégséges. A 6,8 kg szerves anyag/m<sup>3</sup>.d terhelést szokták tekinteni a nagy terhelésű mezofil lakossági szennyvíziszap rothasztás felső terhelési határának (Öllös et al., 2010). A gondot azonban egyértelműen a nagyobb tisztítók üzemeltetésénél nyilvánvalóan a méretnövelés hatása okozza. A nagy reaktorterek megfelelő átkeverése. A később bemutatásra kerülő, ilyen terhelés közelében üzemelő hazai iszaprothasztónknál ezzel szemben talán nem is az volt gond, hanem a túlzott fehérje terhelés hatására jelentkező igen nagymértékű felhabzás. Ott a fehérje ilyen hatása annak ellenére kritikussá vált, hogy nem rendelkeztek gázzal történő átkeveréssel, csak mechanikus keveréssel és habtöréssel. Sajnos ilyen megoldásnál viszont a keverőkre felrakódó, filcelődő anyagok okozhat komoly üzemeltetési problémákat. A rothasztóba kerülő iszap előszűrése ezért egyértelműen ajánlható.

A szerves anyag lebontás első lépcsője, a hidrolízis. Mindegyik felsorolt tápanyagtípus

hidrolízise bekövetkezik hosszabb-rövidebb idő alatt a különböző környezeti viszonyok mellett is. Sebességük a tápanyag típustól és a mindenkori környezettől is függ. Az aerob szennyvíztisztításnál Henze és társai (1991) kimérték a fehérjék hidrolízisének a sebességét aerob/anoxikus/anaerob rendszerben is, de hasonló adatokat kaptak Koch és társai is jóval később (2015). Anaerob környezetben sebessége csak felének adódott, mint aerobban, 0,06 g NH<sub>4</sub>-N/g TKN.d értéknek. Ettől függetlenül az anaerob reaktorokban a fehérjék hidrolízise elfogadható sebességű, ugyanakkor jelentősen korlátozott mértékű. Csak a fehérjék durván fele bomlik le. A keletkező ammónium hatásáról már említés történt. Kritikus a hatására a rendszer mindenkori pH-jára is, amit a lúgossággal éppen az ammónium stabilizál. Sajnos a fehérjék számos bomlásterméke, mint a kéntartalmú aminosavak, vagy aromás aminosavak is erősen mérgezők a metanizálókra. A hidrolízist ugyanakkor maximálni kell, mert a szerves anyagok teljes lebontásának a sebességét, mint a metanizálás mellett a másik leglassúbb lépcső nagymértékben meghatározzák. A zsírok hidrolízise valamivel gyorsabb, mint a fehérjéké, a keményítőké pedig még gyorsabb. Az egyszerűbb cukrok hidrolízis nélkül alakulnak az acetogének, ecetsavképzők révén ecetsavvá.

A hidrolízist egyébként a savképzés követi. Ebben a tekintetben zsírsavak és a cellulóz lebontása is vezethet nagy molekulatömegű

illó savak (LCFA) keletkezéséhez, melyek ugyancsak károsak a metanogénekre. Mivel ez is említésre került már, itt nem részletezzük. Fontos ugyanakkor a szerves anyag C:N aránya, hiszen ez befolyásolja az egyes tápanyagok részarányával a rothadás ammónium és lúgosság termelését. Erre a 16:1 arányt találták a legmegfelelőbbnek, de a rothasztás ettől eltérő arányok mellett is lehet még biztonságos. A térfogati szerves anyag terhelés is szükségszerűen befolyásolja a rendszerben kialakuló ammónium koncentrációját és a lúgosság értékét. Mindegyik nő a fajlagos szerves anyag terhelés növelésével. Általános a toxicitás elkerülésére napjainkban a pH, összes illó sav, a gáztermelés sebességének és a gáz összetételének az ellenőrzése (Boe et al, 2010; Astals et al., 2014, Cook et al., 2017, Kim et al., 2017).

## HOMOGENIZÁLÁS, KEVERÉS ÉS AZ ISZAP-TERHELÉS HATÁSA A ROTHASZTÁSNAI

A korábbiakból már egyértelmű, hogy a szerves anyagok anaerob lebontása, metanizálása során keletkező köztitermékek bizonyos koncentrációk felett mérgezőek a részfolyamatokat végző mikroorganizmusokra, s közülük is az arra legérzékenyebb metanogénekre. Az is kiderült már korábban, hogy míg a hidrolízis és savképzés alacsonyabb hőmérsékleten (35 °C körül) megy optimális sebességgel, a metanogének 5-7 fokkal magasabb hőmérsékletek tudnak maximális sebességű átalakítást végezni. A hőmérséklet, illetőleg annak

ingadozása ezért is zavaró a rendszer dinamikus egyensúlya tekintetében. Nyilvánvaló, hogy a keverés, homogenizálás a környezeti paraméterek változásának a minimalizálásával a folyamatok együttesének a stabilitása irányában hat, ami persze nem szükségszerűen optimum. Ez azt is érzékelteti, hogy a rothasztás elég széles hőmérséklet és szerves anyag terhelés tartományban stabilis lehet, ami persze egyáltalán nem jelent maximális szerves anyag lebontást és biogáz és metántermelést.

Fontos tehát az anaerob rothasztó adott hőmérsékleten történő minél egyenletesebb átkeverése, illetőleg a rothasztás hőmérsékletének is a lehető legjobb stabilizálása. Ezeken túl igaz ez a rothasztó szerves anyag terhelésére is, hiszen annak megfelelően növekszik a rothasztóban a lebontás végtermékeinek a koncentrációja (ammónium, lúgosság, oldott sók és fémek), valamint a részfolyamatok során keletkező átmeneti termékek esetleges felhalmozódása is. Az utóbbiak elkerülését éppen a részfolyamatok zavartalan egymás utáni-sága, egyenletes teljesítménye garantálhatja. Az utóbbinak, a fajlagos szerves anyag terheléssel növekedni is kell, ha az iszap, illetőleg a benne levő mikroorganizmus tömeg növelésével egyébként nem lehet azt megfelelően kompenzálni. Különösen igaz lehet ez a lakossági szennyvíziszap és nagy szerves anyag koncentrációjú, jól bontható segédanyagok együtthrothasztása esetén, amikor a lebontás mértéke a segédanyag jó bonthatósága eredményeként jelentősen növekedhet.

A homogenizálást a rothasztókban valamilyen keveréssel kell biztosítani. Erre alkalmas lehet megfelelő cirkulációs iszapárammal történő keverés, esetleg gáz recirkulációval az iszapon keresztül, vagy beépített mechanikai keverőkkel történő keverés. A külső recirkuláltatással történő keverés egyidejűleg a rothasztóba táplálandó friss nyersanyag megfelelő előmelegítését, elkeverését is szolgálja. Ekkor nyilvánvaló, hogy az ahhoz beépítésre kerülő hőcserélőben a recirkuláltatott iszap a tartályban levőnél nagyobb hőmérsékletre melegszik. Ezt a folyadékáramot azután minél gyorsabban és egyenletesebben el kell keverni a teljes rothasztóban. Általánosan érvényes, hogy ilyen keverésnél a teljes rothasztó térfogatát naponta 3-6-szorosan át kell forgatni a recirkulációs, vagy hőcserélő ágon keresztül. Ezt minél nagyobb árammal célszerű végezni a minél kisebb iszapoldali hőmérséklet emelkedés és szükségszerű lerakódás csökkentése érdekében. Ugyanakkor a rothasztó hosszabb távú üzemállandóságának érdekében célszerű az iszap hőmérsékletét kellően stabilizálni (lehetőleg egy fokon belül).

A mezofil rothasztók esetében a lassú homogenizálás, vagy átkeverés a rothasztókban az iszap komponenseinek a sűrűség és méret szerinti szeparációját is eredményezheti. A keverésnek ezt a lehetőséget is minimalizálni kell. Az iszap szeparációja egyidejűleg a rothasztóban keletkező gázbuborékok flotáló hatása miatt is létrejöhet. Az egyes szennyező komponensek eltérő hidrofóbitása, felületaktív

anyagok hatása eredményezheti ezt. Ha egy rothasztó külső recirkulációs keverése elégtelen, könnyen kialakulhat abban több méteres vastagságú úszó iszapfázis is, melyben a keverés még kevésbé működik. Ez lokális egyensúlyi zavarokhoz vezethet. Szerencsésebbek ezért a rothasztóba benyúló, vagy abban telepített mechanikai keverők. Ezek nem csak a mélyebb rétegek megfelelő keverését, függőleges átmozgatását is biztosítják, de a rothasztó felszínén kialakuló hab letörésére, visszakeverésére is alkalmasak.

Oláh és társai (2016) szerint a Dél-pesti rothasztó-üzemeltetési tapasztalatai azt mutatják, hogy a leggyakoribb, üzemeltetési gondot a szennyvíziszapokban alapvetően jelen lévő szálás anyagok (hajszál, szőrzet, textil rostok) okozzák. A mechanikailag kevert rothasztókban történő örvénylő mozgás hatására az egyedi szálak összezsomósodnak a mikroorganizmus pelyheket és jelen lévő szemcsés anyagokat kiszűrve tömör, filcszerű, a nyíróhatásoknak rendkívül ellenálló "kóc-csomagok" képződnek, amelyek a csővezetékek kanyarulataiban, szűkületeiben, a szivattyúk járókerekein felhalmozódva komoly dugulásokat okoznak. Ezt csökkentheti a rothasztóba kerülő szennyvíziszap már említett előszűrése.

A rothasztókba történő nyers iszap betáplálás lehet folyamatos, de lehet ciklikus is. A ciklusi-dejét megfelelően kell megválasztani, hiszen a ciklikus betáplálása esetében a rothasztó baktérium populációját „sokk-szerű” terhelés éri és így a populáció valamelyest ciklikusan váltakozó környezetnek lesz kitéve, amihez

folyamatosan ugyanígy adaptálódnia kell. Ez rontja a lebontási hatásfokot. Előzetes nyersiszap puffertárolás nélkül a rothasztóba betáplált tápanyagban esetleg jelenlévő gátló, vagy toxikus anyagok a baktérium kultúrára is nagyobb koncentrációkban hatnak, a mérgezésre a homogenizálás „tompító” hatása kevésbé érvényesül.

Hasonló gondot okozhat a mezofil rothasztóknál esetenként a fonalas baktériumok túlzott elszaporodása is. Ezek kritikus esetben az iszap habzási hajlamát növelik, párosulva a jelenlévő szintetikus detergenssek, olajok, zsírok, fehérjék, polimerek, növényi gyanták erősítő hatásával. Ez a jelenség elsősorban a rothasztó gáza elvételénél jelenthet komolyabb problémát (Kárpáti, 2002). Ma már ezek elkerülésére megfelelő mechanikai habszeparátorok, vízpermetező rendszerek beépítésére is sor kerülhet a rothasztókba.

Fontos ezeken túl, hogy a rothasztás mértéke a rothasztóból elvételre kerülő iszap vízteleníthetőségére is hatással van. Ezt azonban hasonlóan magához a rothasztáshoz zavarhatják a szennyvíziszapba kerülő segédanyagok is, melyeket elsődlegesen a főági tisztításnál, majd a következő lépésben a rothasztás előtt adnak az iszaphoz a rothasztásnál keletkező kénhidrogén megkötésére. A rothasztásnál a kedvezőtlen hatása ennek a vegyszeres kezelésnek, hogy az iszap kolloidális fehérje és zsírtartalmával kölcsönhatásba lépve, azok kémiai koagulációját eredményezi, rontva a lebegő formájú szubsztrát vízdoldhatóságát, s így a mikroorganizmusok

hozzáférését ezekhez a komponensekhez. Ezt a hatást ugyanakkor nehéz elkerülni, viszont magánál a víztelenítésnél a  $\text{Fe}^{3+}$  ionok, és hidroxidjaik hatása már talán csak kisebb mértékben érvényesül. Pontosabban megfelelő polielektrolittal kellőképpen kompenzálható.

A lakossági szennyvíziszap rothasztásnál a térfogati szerves anyag terhelés alapján *kis- és a nagy-terhelésű* rothasztókat különböztethetnek meg. A kis-terhelésű rothasztást 0,6–1,6 kg szárazanyag/ $\text{m}^3\cdot\text{d}$  terhelési határok között értelmezzük. A rothasztók terhelését sokszor kg szerves anyag/ $\text{m}^3\cdot\text{d}$ -ben adják meg. Ilyen esetben a megfelelő szárazanyag terhelést át kell számolni szerves anyagra. A kis-terhelésű rothasztókban kialakuló 30–40 nap tartózkodási-időnél az iszap szerves-anyagának jó része lebomlik, s az iszapmaradék vízteleníthetősége javul. A kis-terhelésű rothasztás sokkal jobban elviseli a kezelési hibákat és az üzemelés változó körülményeit.

A rothasztók építési költségeinek csökkentésére napjainkban már döntően egylépcsős nagyterhelésű rothasztókat építenek, üzemeltetnek. A nagyterhelésű rothasztókat általában 15–20 nap tartózkodási-időre, 3–8 % befolyó szilárd anyag koncentrációra, 2,4–6,4 kg/ $\text{m}^3\cdot\text{d}$  szerves anyag terhelésre és a már többször megemlített mezofil (35–38 °C) üzemeltetési hőmérsékletre tervezik. Ezek az adatok üzemelési tapasztalatokon alapulnak. A nagy terhelésű anaerob rothasztók esetében az egyik legfontosabb tényező mindenképpen a keverés,

melynek célja ismételten összefoglalva és idézve Öllös és társai (2010) munkájából:

- a rothasztó teljes térfogatának a lehető legnagyobb mértékű hasznosíthatása,
- a nyers iszap tápanyagtartalmát a gyorsan homogenizálása a teljes rothasztó térben,
- a mikroorganizmusok és tápanyagok tökéletes kapcsolatba hozása,
- a keletkező, gátló hatású melléktermékek homogenitásának biztosítása,
- stabil pH fenntartása a pufferoló lúgosság hasonlóan homogén elosztásával,
- a reaktor egyenletes időbeni és térbeni hőmérsékletének biztosítása,
- homok és egyéb inert anyagok kiülepedésének, flotálódásának minimalizálása.

A rothasztó tartályok belsejében ezért a keveréssel törekedni kell egyidejű, vagy akár ciklikus vízszintes és függőleges irányú átkeverésre is. Ennek kell biztosítani a teljes térfogat naponta 3-6-szor történő teljes átkeverését. A keverés energiaigénye ugyanakkor csökkenthető, hiszen az üzemeltetési tapasztalatok alapján elmondható, hogy nincs szükség a reaktorok folyamatos kevertetésére. A rothasztó alakjától (hengeres, alul-felül kúppal lezárt henger, tojásdad) és méretétől függően különböző keverési módokat, illetőleg azok kombinációját alkalmazták. Általánosan elfogadott, hogy a keverés hatékonyságának növekedésével a biológiai lebontás és biogáz képződése nő. A párhuzamosan végzett vizsgálatok igazolták, hogy a betáplált szerves anyagra vonatkoztatott fajlagos gázkihozatal a keverés nélküli rothasztáséhoz képest jó keverés esetén 15-20 %-al nőhet.

## ÖSSZEFOGLALÁS

A segédanyagokkal, lakossági folyékony, vagy iszapszerű hulladékokkal és egyéb élelmiszeripari hulladékokkal történő együttrohasztás jelentős energianyereséget jelenthet a lakossági szennyvíztisztítóknak, de vigyázni kell ilyenkor a rohasztó terhelésére, a rohasztásra kerülő segédanyagok minőségére, összetételére. Túlzott fehérje és zsírteljesítés is káros lehet a rohasztásra. A fehérjék túladagolása a rohasztó fokozott habzását generálhatja, míg a zsíroké a hosszú szénláncú zsírsavak koncentrációjának növekedését, s azzal a metanizáció befékeződését. Mindegyik nehezen kezelhető probléma, leginkább a nyersanyag bevitel leállításával, csökkentésével orvosolható. Jól bizonyítja ezt a megfelelő keveréssel kiépített Dél-pesti rohasztóknak a jelenleg is elég nagy fajlagos terhelése, melynél azonban az ilyen hatást okozó anyagok részarányát az utóbbi években nagymértékben csökkentették.

## HIVATKOZÁSOK

- Astals, S., Batstone, D. J., Mata-Alvarez, J., Jensen, P. D. (2014) Identification of synergistic impacts during anaerobic co-digestion of organic wastes. *Bioresour Technol* 169:421–7.
- Batstone, D. J., Hülsen, T., Mehta, C.M., Keller, J. (2015) Platforms for energy and nutrient recovery from domestic wastewater: A review. *Chemosphere* 140 (2015) 2–11.
- Batstone, D.J., Virdis, B. (2014) The role of anaerobic digestion in the emerging energy economy. *Curr. Opin. Biotechnol.* 27, 142–149.
- Boe, K., Batstone, D.J., Steyer, J.P., Angelidaki, I. (2010). State indicators for monitoring the anaerobic digestion process. *Water Res.* 44, 5973e5980. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2010.07.043>.
- Cook, S. M., Skerlos, S. J., Raskin, L., Love, N. G. (2017) A stability assessment tool for anaerobic codigestion. *Water Research* 112 (2017) 19–28. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2017.01.027>
- Fazekas, B., Kárpáti, Á., Kovács, Zs. 2014. Szennyvíztisztítás korszerű módszerei. Egyetemi jegyzet, Pannon University. Veszprém, Hungary
- Foley, J., de Haas, D., Hartley, K., Lant, P. (2010) Comprehensive life cycle inventories of alternative wastewater treatment systems. *Water Res.* 44, 1654–1666.
- Goude, V.G. (2015) Energy and water autarky of wastewater treatment and power generation systems. *Renew. Sust. Energy Rev.* 45, 52–68.
- Grady, Jr.C.P.L., Daigger, G.T., Lim, H.C. (1999): *Biological Wastewater Treatment*, Marcel Dekker, Inc., New York Basel, 581 – 654
- Henze, M., Mladenovsli, C. (1991) Hydrolysis of particulate substrate by activated sludge under aerobic, anoxic and anaerobic conditions. *Wat. Res.* 25 No 1.
- Kárpáti, Á. (2002) Szennyvíziszap rohasztás és komposztálás. Ismeretgyűjtemény No. 6 Veszprémi Egyetem Környezetmérnöki és Kémiai Technológia Tanszék 2002
- Kárpáti, Á. (2016) Szennyvíztisztítás– energetika– gazdálkodás a lakosság/települések szennyvizeinek tisztításában. *MaSzeSz HÍRCSATORNA* (3) 6–21.
- Kárpáti, Á. (2017) Szennyvíziszapok – újrahasznosítási lehetőségek – EU gyakorlat. *MaSzeSz HÍRCSATORNA* (1) 20–38.
- Khandan, N., Selvaratnam, t., Pegallapati, A.K. (2014) Options for energy recovery from urban wastewaters. In: 9th Conference on Sustainable Development of Energy, Water, and Environmental Systems. SDEWES2014.0596-1.
- Kim, M., Chowdhury, M.M.I. Nakhla, G., Keleman, M. (2017) Synergism of co-digestion of food wastes with municipal wastewater treatment biosolids. *Waste Management* 61 (2017) 473–483 <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2016.10.010>
- Koch, K., Plabst, M., Schmidt, A., Helmreich, B., Drewes, J. E. (2016) Co-digestion of food waste in a municipal wastewater treatment plant: comparison of batch tests and full-scale experiences. *Waste Manag* 47 (Part A) 28–33. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2015.04.022>
- Logan, B.E. (2008) *Microbial Fuel Cells*. John Wiley & Sons.
- Mc Carthy, P. L. (1974) Anaerobic processes. Paper presented at the Birmingham short course on design aspects for biol. treatment. IAWPR.
- McCarty, P.L., Bae, J., Kim, J. (2011) Domestic wastewater treatment as a net energy producer - can this be achieved? *Environ. Sci. Technol.* 45 (17) 7100–7106.
- Mucsy, Gy. A szennyvíziszap rohasztás fejlesztésének irányai. KGI. Budapest, 153–184.
- Nguyen, D., Gadhamshetty, V., Nitayavardhana, S., Khanal, S. K. (2015) Automatic process control in anaerobic digestion technology: A critical review. *Bioresour Technol* 193:513–22.
- Oláh, J., Princz, P. (1989): Iszaprohasztás és a rohasztást ellenőrző módszerek általános értékelése, UNITEL Environmental Protection Agency Hungary, 1 – 66
- Oláh, J., Palkó, Gy., Szilágyi, M., Barabás, Gy., Gyarmati, I., Tuba, L. (2010) Rothasztók üzemeltetése. *MaSzeSz HÍRCSATORNA* 2010 (5) 3–13.
- Öllös, G. (1994) Szennyvíztisztító telepek üzemeltetése II. Akadémiai Kiadó, Budapest, 106 – 164.
- Öllös, G., Oláh, J., Palkó, Gy. (2010) Rothasztás, MAVÍZ. Budapest.
- Xie, S., Wickham, R., Nghiem, L. D. (2017) Synergistic effect from anaerobic co-digestion of sewage sludge and organic wastes. *Int Biodegrad* 116:191–7.

## A KATASZTROFÁLIS VÍZHIÁNY 50 ÉVVEL EZELŐTT SZÜNT MEG MAKÓN

**MEDGYESI PÁL**

**Kulcsszavak:** ártézi kutas ellátás, vízfogyasztás növekedés, vízhiány, búvárszivattyús ellátás, közműves vízellátás, víztorony

Földünk számos pontján ma is, számunkra nehezen elképzelhető mértékű vízhiánytól szenved az élővilág. A makói vízhiányokat azonban nem természeti tényezők, hanem emberi környezetszennyezés, valamint az elkésett és hibás fejlesztéspolitikája okozta.

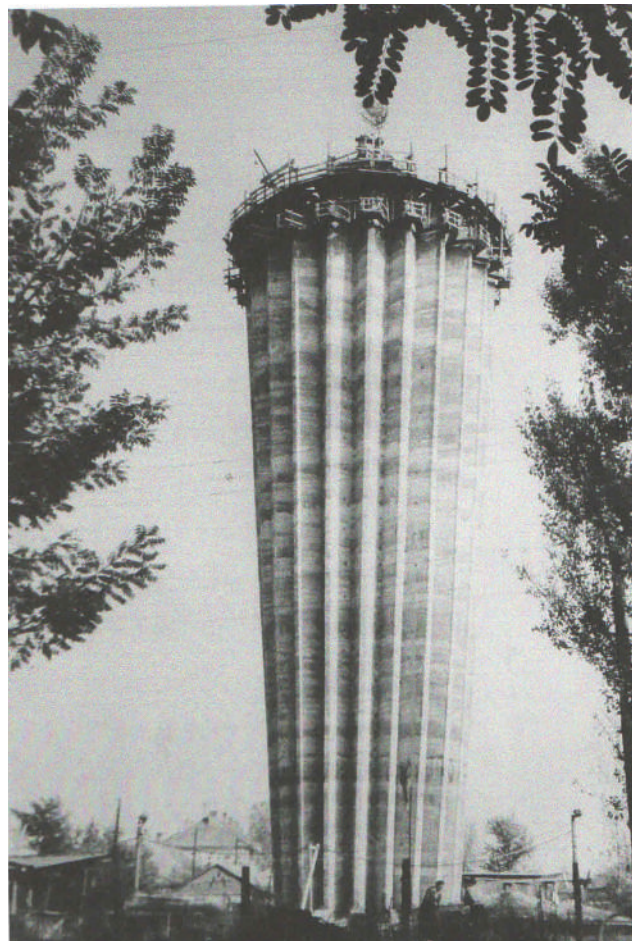
A Maros közkedvelt vizének háztartási felhasználása a folyószabályozás okozta távolságnövekedés, a folyó elszennyeződése és a város növekedése miatt a huszadik század elején jelentőségét veszítette. Az ásott kutak csecsemők halálát okozó elnitrátosodása miatt is új megoldást kellett találni.

Makón 1893-ban a város főterén a Korona Szálló előtt készült el az első ártézi kút helyhatósági megrendelésre, amit másik 60-70 követett a 20. század első évtizedeiben kút-társaságok megbízásából. A város vízellátását tehát 1968-ig 2-300 méter mély kutak vizével táplált természetes nyomású „gravitációs” körzeti rendszerek biztosították. Ezeknek a lényegét az úgynevezett pozitív kutak (3-4 m magas nyugalmi vízszinttel) képezték, melyek a hozzájuk kapcsolt néhány

száz méter hosszú elosztóvezetéken keresztül 3-4 utcai közkifolyót és több tucat, esetleg pár száz lakóházat láttak el ártézi vízzel. A század közepére a kutak vízszintje részint a felső pleisztocén víztartó rétegek nyomáscsökkenésének következtében, részben kúttechnikai okokra és a vízpazarlásra visszavezethetően lényegesen csökkent. Ez azt jelentette, hogy a kutak természetes nyomással az utcai közkifolyókat sem tudták vízzel ellátni. Mindennapos tevékenységgé vált a közkifolyók és az udvari kifolyók kifolyási szintjének terpszint alá csökkentése. Az elosztóhálózat korrodált acélcsövein csak az alacsony nyomás miatt nem okozott nagy problémát a vízveszteség. (A „csőtörés javítás jellemzően dróttal felkötözött bicikli gumibelsővel történt.”) **Becsült adatok szerint az üzemelő kutak együttes vízhozama 1000 m<sup>3</sup> lehetett naponta, a harmincezres mezőgazdasági város által igényelt nyári közel 10.000 m<sup>3</sup>-rel szemben. A vízhiány tehát 1968-ra katasztrofális méreteket öltött.** Az ipari üzemek és közintézmények vízellátását egyrészt saját vízművek, másrészt házi nyomásfokozó berendezések biztosították igen alacsony technikai

színvonalon. (A püspöki nyaraló és park vízellátására a millenium idején igényesen épített 15 méter magas víztornyot is lebontották 1953-ban.) A jobb módú magánházaknál is házi nyomásfokozó berendezés működött. A szűk belváros emeletes épületeit, illetve néhány utcáját a „nagybérház” pincéjében működő illetve a Hédervári utcán épített hidrofor biztosította. A felújított Korona-komplexum üzembe helyezésének egyik feltétele 1967 őszén a vízellátás volt. Ezt provizórikusan úgy oldották meg, hogy a közben megépített ardicsi víztermelő telepről a főnyomó vezeték és az arról történt leágazás segítségével a nagybérház hidroforját használták fel.

A lakossági fogyasztók szempontjából az akkori állapot azt jelentette, hogy háztartási vízigényük kielégítésére gyakran 2-300 m-re lévő közfolyónál kellett sorban állni, és a csordogáló vízzel megtöltött edényeket onnan hazacipelni. A tisztálkodási és a tűzoltási vízigény kielégítése szinte lehetetlen volt. A megye többi városában hasonló konstrukciójú vízellátás volt, de a kedvezőbb hidrogeológiai viszonyok miatt ennyire kritikus helyzet nem következett be. (Szentesen például még ma is vannak működő artézi kutak.) A tanulság tehát az, hogy Makón a kedvezőtlenebb adottságok miatt hamarabb kellett volna a közműves vízellátást megoldani, mint a többi városban...



*A makói víztornyó építése 1966-ban (Bogdán Károly felvétele)*

A szennyezett ásott kutas vízellátást forradalmasító, biztonságos, jó ivóvizet adó artézi kutas vízellátás bő fél évszázad után tehát összeomlott. A korszerű középmagas nyomású közműves vízellátás viszont néhány évtizedet késett. **A katasztrofális vízhiány 1968**



**áprilisában szűnt meg. Hosszú huzavona után ekkor helyezték üzembe a Mélyépterv 1963-ban készített tervei alapján a Hídépítő Vállalat generálkivitelezésében készült vízelátási alaplétesítményeket, 2000 köbméter napi kapacitással.** Ez a létesítményrendszer

bár igen komoly fogyatékoságokkal rendelkezett, mégis előrelépést jelentett az előző állapothoz képest. A rendszer lényege a következő volt: vízszerezés a város nyugati határában mélyített két kútból szivornyavezetékekkel és süllyesztett gyűjtő medencével, egy szivattyúház négy szivattyúval és egy generátorral. A főtápvezeték a Révész utcától két főnyomóvezetékben folytatódott, melyek északra, illetve délre megkerülve a nyugati városrészt a főtéren ismét találkoztak, és együtt jutottak el a centrális elhelyezésű víztoronyig. A vezetékrendszer 38 utcában épült meg 22 km hosszúságban, közkifolyós vízelátással. A 800 köbméteres kétmedencés víztorony az akkor újnak számító csúszózsalsal technológiával készült, beleértve a tároló medencéket is. A többi ilyen technológiával készült víztoronyhoz hasonlóan itt is felmerültek vízzárósági problémák, amit Makón hagyományos megoldással (bonomit H réteg és rabichálóra felhordott cementhabarcs) valószínűsített meg – sajnos csak átmeneti eredménnyel. Az új rendszernek ennél azonban súlyosabb hiányosságai is adódtak:

- A 150 m<sup>3</sup> -es szivó-gyűjtőmedence egyrekeszes kivitelben készült, tehát minden beavatkozás során le kellett állítani a víztermelést.
- A Révész utcáig egyetlen 250 mm átmérőjű azbesztcement főtápvezeték épült a fenti következményekkel.
- A víztorony és a szivattyúház közötti kapcsolat biztosítására létesített URH berendezés kezdettől fogva használhatatlan volt.
- A szivornya vezeték védelmére védősáv biztosítása nem történt meg.
- Bekötő út nem készült, telefont nem szerelték be és a villamos mérőműszereken kívül semmilyen műszer, még nyomásmérő sem állt az üzemeltető rendelkezésére. (Ugyanebben az időben Hódmezővásárhelyen szolgálati lakás, Csongrádon pedig üzemviteli központ épült.)

Az üzemeltető feladata a következő években a kifogásolt minőségben elkészült létesítmények rendbe hozása és kiegészítése, illetve az említett 38 utcában az egységes vezetékrendszer megteremtése, a későbbiekben pedig a Vízmű Társulat által okozott vízhiány csökkentése és a vízjárvány megelőzése volt.

Időközben ugyanis a Városi Tanács VB. megbízása alapján a Mélyépterv elkészítette a víztermelő telep fejlesztésének és az elosztóhálózat teljes kiépítésének tervét. Ezen nagyívű program megvalósítására még 1967 őszén megalakult a Makói Vízmű Társulat, amely alig négy év leforgása alatt a város valamennyi utcájában megépítette az elosztóvezetéseket és sok háznál udvari kifolyót létesített. Az akkor lenyűgöző számszerű adatok ellenére a város vízellátása folyamatosan éles kritika tárgyát képezte. Ennek oka az volt, hogy a Társulat működése idején a víztermelő kapacitás növelése folyamatosan és jelentősen elmaradt a bekötések útján megjelenő újabb és gyakran pazarló vízigénytől. A bekötések ugyanis vízmérő nélkül készültek, az ésszerű vízfelhasználás nem vált általánossá **és ezt elsősorban az emeleten lakók szenvedték meg. A nyári vízmérlegek 1973-tól egyre nagyobb hiányt mutattak és 1977-ben elérte a maximumát, amikor az 5.500 köbméteres napi kapacitással szemben 10.000 köbméter vízigény jelentkezett.** A súlyos vízhiány csökkentése azonban már folyamatban volt, hiszen a Városi Tanács a Csongrád Megyei Víz- és Csatornamű Vállalatot bízta meg a vízmű építésének folytatásával. Az ország legnagyobb társulata: a Makói Vízműtársulat, azonban 1977. január 31-én hivatalosan is megszűnt, úgy hogy a tervezett 2x500 m<sup>3</sup>-es

víztárolót nem építtette meg. Az eternit- és első generációs ragasztott PVC elosztóhálózatot, és a horganyzott acélcső bekötéseket a megyei vízmű vállalaton kívül a Makói Béke KTSZ és a Makói József Attila TSZ. Építette, jellemzően kézi földmunkával, de egy kis túlzással azt is mondhatjuk, hogy több ezer makói barkácsoló is besegített. Ennek azonban szomorú következményei lettek, mert bekötési engedélyeket olyan ingatlanoknál sem követeltek meg, ahol saját vízmű vagy nyomásfokozó üzemelt. Az üzemeltető szervezet ebben az időszakban is reménytelen harcot vívott a kapacitás bővítéséért, a közműfegyelem megteremtéséért és a vízminőség megóvásáért (például gáz-távvezeték építés közben két szivornyacsövet is eltörtek, ami azonnali vízhiányt és közegészségügyi veszélyt jelentett). Mindezek mellett igen nagy politikai és erkölcsi nyomás alatt a kevésbé látványos, de sokkal nagyobb felkészültséget igénylő műtárgy építési munkákat is el kellett végeznie a vállalat Makói Üzemmérnökségének.

A Csongrád Megyei Víz- és Csatornamű Vállalat Makói Üzemmérnökségének köszönhető tehát, hogy 1977 nyarán bűvárszivattyúk beépítésével lényegesen csökkent a vízhiány és a közegészségügyi kockázat. Megkezdték a szűk keresztmetszetek feloldását, az ágvezetékek számának csökkentését, a hiányzó

csomópontok pótlását és megszüntették az acélcsövek beépítését. **A makói ivóvízellátó rendszer biztonságos szintre emeléséhez azonban egy újabb évtizedet kellett várni. 1988-ban készült el a 2x500 köbméteres víztároló, korszerű fertőtlenítő és metán leválasztó technológiával a Városi Tanács megrendelésére.**

Az egész rendszert a megyei Vízmű Vállalat, majd a Makó-Térségi Víziközmű Kft. lépésről lépésre tovább javította, magas színvonalon működtette és a kuriózummá vált víztoronnyal együtt kifogástalan állapotban adta vissza 2013. december 31-én az Önkormányzatnak. Ehhez a nemzetközi szintű végeredményhez az elmúlt fél évszázadban több száz elhivatott, magas szakmai felkészültségű szakember munkája kellett. Volt olyan, aki az életével fizetett érte, és voltak, akik több évtizedet szántak erre életükből, akiknek az erkölcsi és anyagi elismerése messze nem érte el az ezzel arányos mértéket. A következő évtizedekben pedig újabb kihívásoknak kell megfelelni ahhoz, hogy a lakosság és a gazdaság minden szektora elegendő és megfelelő minőségű vízhez jusson a Makói Kistérségben is.

Az egykori megyeszékhely, Makó közműves vízellátása tehát megkésve is két és fél évtizedet igényelt, miközben rengeteg tapasztalat



*A makói víztorony 2013-ban kilátóval és díszvilágítással a Makó Térségi Víziközmű Kft. által végzett felújítás után*

halmozódott fel. Hasonlóan történhetett ez más településeken is, és a csatornázás-szennyvíztisztítás vonatkozásában is. Ma már költőinek tűnik a kérdés, hogy ezek és a következő évtizedek tapasztalatai hogyan hasznosultak később, a vízminőség javító és a csatornázási programok során?

*Makó*

## BESZÁMOLÓ A MASZESZ 2017. ÉVI TEVÉKENYSÉGÉRŐL

### A FOKOZÓDÓ SZEREPVÁLLALÁS ÉVE VOLT 2017.

*A Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség működése során érezhetően megindult az a szakmai szerepvállalás és közösségformálás, ami a MaSzeSz stratégiai céljai elérésének alapját jelenti. Szép számban, kiemelkedő minőségben, és főképp egyedi közösségi szellemben, közvetlen szakmai stílusban valósultak meg tevékenységeink és szakmai rendezvényeink. 2017-ben már jól érthetővé és érezhetővé vált, miért érdemes a MaSzeSz közösségének tagja lenni.*

Az átalakulási folyamat következő lépéseként, 2017. év már az aktív működés és a szakmai szerepvállalás időszaka volt, aminek eredményessége félreérthetetlenül deklarálta a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség feladatát és célkitűzéseit a széles körben értelmezett települési vízgazdálkodás szakemberi számára.

Nagy örömünkre, mind vízipari, mind üzemeltetői, mind oktatói/tudományos, de még minisztériumi és önkormányzati szakemberek részéről is nagy elégedettség és szakmai elismerés övezte rendezvényeinket, melyért a jövőben is egyre többet kívánunk tenni.

Együttműködéseink száma 2017-ben is tovább gyarapodott, valamint intenzív lépéseket tettünk az ipari vízfelhasználók szakembereinek bevonására szakmai közösségünkbe.

Jelentős szerepvállalást hozott szervezetünk számára a fiatal szakemberek támogatása

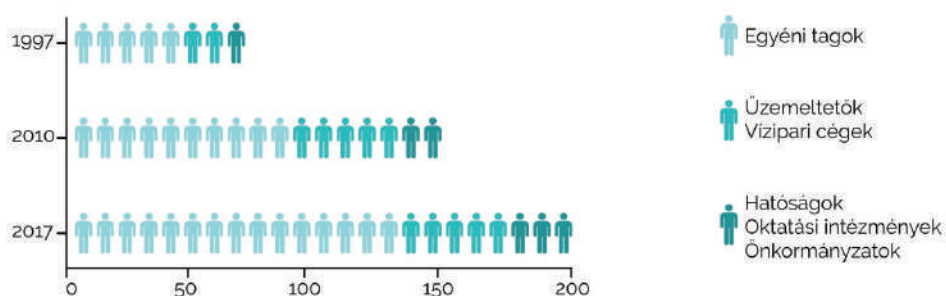
területén a MaSzeSz Junior Tagozatának létrehozása, mellyel a fiatal szakemberek motiválását, szakmai integrálását, végső soron pedig az ágazatban tartását kívánjuk megvalósítani.

A MaSzeSz proaktív szemléletének, magas szakmai színvonalának, valamint közvetlen közösségi szellemiségének megismerése folytán bekövetkezett tagi létszám növekedése is megerősítette annak, hogy tevékenységünk hiánypótló az ágazatban és a szakemberek számára igényelt.

#### TAGSÁG

Az elmúlt egy évben tagszervezeteink és **tagjaink száma aktivitásunknak köszönhetően tovább növekedett**, és így 2018. januárjára 61 gazdálkodó szervezet, 14 oktatási intézmény, 7 szakhatóság és 3 önkormányzat mellett, 128 természetes személy képezte tagságunkat.

## Tagság



MaSzeSz tagok létszámának és összetételének változása 1997-2017

## RENDEZVÉNYEINK

### Előremutató, innovatív témaválasztás a MaSzeSz Országos Konferencián

A fennállásának 20. évfordulóját ünneplő Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség 2017. május 16-17-én tartotta Lajosmizsén a **XVIII. Országos Konferenciáját, a „Körforgásos gazdaság koncepciója és hazai realitása”** témakörében.

Immár 18. éve töretlen népszerűségnek örvendő szakmai konferenciákon - a MaSzeSz stratégiájához és törekvéseihez illeszkedő innovatív témaválasztással - arra törekedtünk, hogy előmozdítsuk és közös gondolkodásra, együttműködésekre ösztönözzük a különböző gazdasági ágazatokhoz tartozó vállalatokat, szolgáltatókat, önkormányzatokat, oktatási intézményeket, politikai döntéshozókat,

amellyel megteremtjük a fejlődés, fenntarthatóság és hatékony rendszerszemléletű érdekérvényesítés lehetőségét. 2017. évi országos szakmai konferenciánkon a körforgásos gazdaság elveit és gyakorlati megvalósítását vizsgáltuk és jártuk körbe meghívott előadóink és a parázs vitákra nyitott résztvevőinkkel.

Az idei konferencia alkalmával ünnepélyes keretek között adta át Kovács Károly, a MaSzeSz elnöke és Bendek Pálné a 2017-ben alapított a **MaSzeSz Dr. Benedek Pál Díjat** Dr. Juhász Endrének, a települési vízgazdálkodás ágazatában és a MaSzeSz szervezetében végzett munkájának elismeréseként.



## Tematikus szakmai napjaink

Szakmai közösségünk legintenzívebb találkozási pontjai a **közel havi rendszerességgel megrendezésre kerülő szakma napjaink** voltak. Az alkalmanként közel száz fős létszámmal lezajló szakmai napok sajátossága nem csak az egyedi témafelvetések és azok gyakorlatorientált megvitatása, de a kötetlen szakmai hangvételből kialakuló közös gondolkodás és szakmai együttműködés a különböző érdekcsoportokhoz tartozó szakemberek, szolgáltatók, önkormányzatok, oktatási intézmények, hatóságok között. Hiszünk benne, hogy ezzel az őszinte, szakmáért elhivatott, együtt gondolkodó légkörrel

megteremthetjük a fejlődés, fenntarthatóság és hatékony rendszerszemléletű érdekérvényesítés lehetőségét.

2017. során mintegy **420 résztvevő szakember részére, több mint 80 előadás** hangzott el tematikus szakmai napjainkon, melyeket a MaSzeSz honlapján megtalálhatók, a gyakorlati munka során ismeretanyaguk felhasználható. Rendezvényeink jellemzője az aktív szakmai fórum, a fiatal résztvevői kör és a gyakorlati megoldáskeresés az ágazat érdekcsoportjainak (üzemeltető, vízipar, tudományos terület) közösségében.





### Széleskörű szakmai érdekképviselet

További rendezvények keretén belül, a települési vízgazdálkodás további érintett érdekcsoportjait közvetlenül szólítottuk meg, legyen szó önkormányzati kerekasztal megbeszélésről („Tiszta vizet a pohárba” – **Polgármesteri kerekasztal megbeszélés**), vagy hatósági fórumról (**BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság – Tavaszi hatósági kerekasztal**). Több alkalommal téma specifikusan került megszólításra szövetségünk, és vett részt sikeresen más szervezet rendezvényein. Így kapott saját szekciót a MaSzeSz a Nemzeti Közszolgálati Egyetem **Csapadékvíz-gazdálkodás - Nemzetközi tapasztalatok, hazai jó gyakorlat** című konferenciáján.

### SAKMAI EGYÜTTMŰKÖDÉSEK

#### Nemzetközi kapcsolatok erősítése

Büszkék vagyunk rá, hogy a vízipar különböző szegmenseiben meglévő kimagasló magyar szakmai és innovációs tudás világszerte ismert. A Magyar Vízipari Klaszter, valamint a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség több éve dolgozik a magyar szakmai tudás világszintű elismertetéséért, amelyben fontos mérföldkövek a nemzetközi rendezvények, és szakembereink azokon történő aktív szerepvállalása, részvétele.

Megfizethető és fenntartható vízipari megoldások jegyében zajlott a **Vietnam International Water Week**, melyen a magyar vízipart Kovács Károly, a Magyar Vízipari Klaszter és a MaSzeSz elnöke, az EWA korábbi elnöke képviselte. 2017 során egy **háromoldalú megállapodás** került aláírásra a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség, a Magyar Vízipari Klaszter és a **Vietnámi Víz- és Szennyvíz Szövetség** között, melynek fókuszában a már komoly alapokkal rendelkező vízipari együttműködés erősítése, a tudástranszfer fejlesztése, a vízgazdálkodási együttműködés kiszélesítése áll.

Nemzetközi kapcsolatrendszerünk erősítése mentén fogadtuk vendégül a **Lett Vízügyi Szövetség** delegációját szeptemberben.



## JUNIOR TAGOZAT

### Teret adunk a fiatal szakmai közösségeknek

A Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség 2017-ben is nagy sikerrel rendezte meg a **Dr. Dulovics Dezső Junior Szimpóziumot**. A fiatal szakemberek elismerésére, motiválására céljával, a Víz Világnapján rendezett eseményén 14 lelkes és – a vízellátás, csatornázás, szennyvíztisztítás, vagy a települési vízgazdálkodás egyéb területén üzemeltetői-, tervezői- és/vagy tudományos tevékenységet folytató – fiatal szakembernek biztosított teret kutatási területük, látásmódjuk és újszerű ötleteik megismertetésére.

A szimpózium neves szakemberekből és cégvezetőkből álló zsűrije által legjobbnak tartott résztvételt és előadási lehetőséget nyert az IWA 9th Eastern European Young Water Professionals konferenciájára.

Tavaly is nagy hangsúlyt fektettünk a fiatal szakemberek megszólítására és junior tagok bevonására, amihez kiváló alapot szolgáltat a tavaly megalapított a **MaSzeSz Junior Tagozata**, a „JurTa” is. Fejlődő közösségük idén már önálló elnökséggel kezdte meg tevékenységük kidolgozását, a MaSzeSz támogatásával.





## OKTATÁS, TÁJÉKOZTATÁS

A **Hírcsatorna** széles körben történő terjesztésével célunk, hogy a több száz MaSzeSz tagon túl, a települési vízgazdálkodás széleskörű szakember csoportját is hatékonyabban elérjük. Ebben az új formában a szakmai-tudományos tartalmak méltó keretek között válnak elérhetővé a széles publikum részére, illetve a MaSzeSz egyre növekvő aktivitásának színes és informatív bemutatása is nagy hangsúlyt kapnak csakúgy, mint **megújult honlapunkon**, és rendszeres **Hírlevelünkön**.

A Német szakirodalom magyar adaptációjaként korábban megjelent **Dinamikus Költséglemlés (DCC) módszertani útmutatóra** alapozva, 2017-ben **Életciklusköltség-számítás (LCC) módszertani útmutató** került kidolgozásra Közbeszerzési Hatósággal közös szakmai munkájával, melyből tréningek, kihegyezett oktatások is megvalósultak az év során.



## TÁMOGATÁS

### Akik segítségével megvalósíthatjuk céljainkat

Nonprofit szervezetek esetében kiemelten fontos tudatosítani az ágazat szereplőivel, hogy az aktív szerepvállalás és a minőségi szolgáltatás alapját a tagok és tagszervezetek szakmai és gazdasági támogatása képezi. A szakmai közösség akaratából létrejövő és működő szervezet mindezekkel felelősen élve végzi szakmai érdekképviseleti munkáját, magas színvonalú szolgáltatást nyújtva és kedvezményeket biztosítva tagjainak.

Ezúton is köszönjük tagjainknak, hogy tagdíjukkal és szerepvállalásukkal hozzájárulnak a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség hiánypótló ágazati működéséhez.



## FORMABONTÓ SZAKMAI PÁRBESZÉD, ÉS JÖVŐTERVEZŐ, KÖZÖSSÉGI SZEMLÉLET JELLEMEZTE A MASZESZ ORSZÁGOS KONFERENCIÁJÁT

*A települési vízgazdálkodás szereplőinek széles köréből meghívott, meghatározó előadókkal és közel száz résztvevővel együtt idén azt vizsgáltuk, mi vár az ágazatra az EU finanszírozást követő időszakban*

A korábbi évektől eltérően idei rendezvényünket interaktív, fórum és pódiumbeszélések struktúrájában rendeztük, mert így igazi szakmai párbeszéd alakulhatott ki neves előadóink és szakmai közönségünk között. Nagy örömünkre szolgál, hogy a konferencia témája, a gondolatindító előadások tartalma egy olyan együtt gondolkodást indított el, melyek eredményeit aktív szerepvállalással képviselhetjük a döntéshozók felé, és közösen adhatunk választ a települési vízgazdálkodást érintő kérdésekre.

A téma újszerű, izgalmas és friss szakmai megközelítésével azokat a stratégiai irányokat és technológiai megoldásokat kerestük, melyek lehetőségeket és jövőt biztosítanak a hazai víziparnak.

A globális célok, magyar szerepvállalás című panelben az urbanizáció felgyorsulásának társadalmi, gazdasági, környezeti hatását, a feszültségek csökkentésére kialakított nemzetközi célrendszerek (SDG) megvalósíthatóságát elemeztük. A fenntarthatóság szempontjából nélkülözhetetlen szolidaritásra fókuszálva – a megfizethetőség, fizetési hajlandóság és a víz-érték határok mentén – boncolgattuk annak lehetséges

irányait. Megelégedésünkre szolgált, hogy szakmapolitikai, kormányzati szinten is foglalkoznak már a rekonstrukciós igények megvalósíthatóságával, és megfogalmazásra került a közös felelősségvállalás fontossága. A panelbeszélgetés során arról is folyt párbeszéd, hogy a Kohéziós Alap csökkentésével átrendeződő EU források hatással lesznek a 2021-2027 tervezési ciklus költségvetésére, de a környezetvédelmi és vízügyi célkitűzések megmaradnak. Emellett felértékelődik a vízbiztonság kérdése, valamint nélkülözhetetlen, hogy a vízügyi munka a fiatalok szemében vonzó legyen, hiszen a munkaerőhiány, az idősödő szakmai gárda és az utánpótlás megszerzésének és megtartásának nehézségei az ágazat minden szereplőjét komolyan érintik.

A jelenlegi fejlesztési-finanszírozási ciklus kihívásait áttekintve tervezői, üzemeltetői és kivitelezői oldalról egyaránt elemeztük a víziközművek gazdasági lehetőségeit, összefoglaltuk tapasztalatainkat a tervezői-kivitelezői

kapacitásokkal és erőforrásokkal kapcsolatban és összevetettük az önkormányzatok fejlesztésekben történő szerepvállalási lehetőségeit és elvárásait. Összességében elmondható, hogy a különböző ágazatban tevékenykedő szereplők egyaránt úgy vélik, rengeteget tanultunk az elmúlt EU finanszírozási időszakokban, melyek hozzásegítettek mindannyiunkat ahhoz, hogy a jövőben felhasználhassuk a pályázati, tervezési, kivitelezési tapasztalatainkat. Ezzel csökkenthetjük a projektfejlesztési munkák torlódását, hozzájárulhatunk az egyenletesebb munkavégzéshez, kiszámíthatóbb projektmegvalósításhoz.

A vízipar jövőjét vizsgáló interaktív pódiumbeszélgetésen több évtizedes tapasztalaton alapuló tervekkel, lelkesedéssel, ésszerű és világos elképzelésekkel pozitív jövőképet vázoltak fel a szereplők, ahol aktív és proaktív részvétellel, új ötletekkel, friss szemlélettel mindannyian sokat tehetünk a fenntartható vízgazdálkodásért.



A konferenciát követően került sor a Dr. Benedek Pál díj átadására. A Szövetség leg-rangosabb díját életművük elismeréseként olyan szakemberek kaphatják, akik, a vízügy szakterületén hosszú időn keresztül kiváló és eredményes teljesítményt nyújtottak, kimagasló eredményt értek el. Idén Garai György okl. építő mérnök, vízellátás- és csatornázás szakmérnököt részesítette ebben az elismerésben a MaSzeSz a hazai csatornázás, szennyvíztisztítás, szennyvíziszap kezelés üzemi tapasztalatainak, illetve azok nemzetközi kutatási eredményeinek szakszerű integrálásáért, továbbá a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség Elnökségi tagjaként végzett több évtizedes odaadó munkájáért.

Az éves rendezvényünk második napján a települési vízgazdálkodásra fókuszáltunk. Akadémiai, oktatói, üzemeltetői és vízipari interaktív előadások keretében vizsgáltuk, hogy milyen pozitív tapasztalatokkal zártuk az ivóvízminőség-javító programokat, és milyen

egyéb lépések állnak előttünk. Hogyan lehet a szennyvíztisztítás üzemeltetési költségeit csökkenteni, hogyan lehet a tisztított szennyvizet újra hasznosítani és milyen lehetőségei vannak a szennyvíztisztító telepeken a mikroszennyezők eltávolítására. Vizsgálódásunk a szép számban megjelent, érdeklődő szakmai közönség bevonásával, a csapadékvíz-gazdálkodás, településméret alapján azonosítható különböző módozataira és feladataira is kiterjedt.

Külön örömünkre szolgált, hogy a második napon megrendezett MaSzeSz éves közgyűlésének részeként nem csak az aktív működésbe kezdő MaSzeSz Junior Tagozat beszámolóját hallgathattuk meg, de a még fiatalabb korosztály, a vizes szakközépiskolások részére meghirdetett innovációs díj pályázat nyerteseit és felkészítő tanárait is a szakmai közösség előtt jutalmazhattuk. A MaSzeSz 2018. évi Dr. Benedek Pál Innovációs Díjat a gyulai Göndöcs Benedek Középiskola tanulói kapták, míg a zsűri





különdíját a Nyíregyházi SZC Vásárhelyi Pál Építőipari és Környezetvédelmi-Vízügyi Szakgimnázium tanulói érdemelték ki munkájukért.

A két nap során a Magyar Víz- és Szennyvíz-technikai Szövetség küldetéséhez hűen, magas színvonalon tudta felmutatni mindazt, amiben a legerősebb: átfogó szakmai közösségként vállalta fel a települési vízgazdálkodás

kihívásokban és lehetőségekben gazdag szakterületének, felelős jövőtervezését.

Külön köszönjük előadóinknak, hogy részvételükkel és tartalmas, hasznos gondolataikkal megtisztelték Szövetségünket és köszönjük résztvevőinknek az aktív közreműködést, hiszen így lehetett friss, újszerű és előremutató a XIX. országos MaSzeSz konferenciánk!

A MaSzeSz konferencia előadásai megtalálhatóak a [Tudástárban](#).

#### RENDEZVÉNYÜNK ARANY FOKOZATÚ TÁMOGATÓI:



#### RENDEZVÉNYÜNK EZÜST FOKOZATÚ TÁMOGATÓI:



KÖSZÖNJÜK TÁMOGATÁSUKAT!

## GARAI GYÖRGY, A MAGYAR VÍZ- ÉS SZENNYVÍZ- TECHNIKAI SZÖVETSÉG 2018. ÉVI DR. BENEDEK PÁL DÍJASA

A Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség legrangosabb díját idén Garai György, okl. építő mérnök, vízellátás- és csatornázás szakmérnök szakmai munkája, életműve elismeréseként vehette át. Az elismeréshez szívből gratulálunk!

### ÉLETÚT:

Garai György 1978-ban végzett a Budapesti Műszaki Egyetem Építőmérnöki Karán vízepítő mérnökként, majd ugyanott vízellátás-csatornázás szakmérnöki képzettséget is szerzett.

Közvetlenül az első oklevele megszerzését követően a **Fővárosi Csatornázási Műveknél** kezdte meg szakmai életútját. A Délpesti Szennyvíztisztító Telepen üzemi mérnökként technológiai vizsgálatokat végzett. 1980-ban történt üzembehelyezésétől az Északpesti Szennyvíztisztító Telepen – műszakvezetőtől üzemvezetőig – különféle beosztásokban tevékenykedett. Az üzemeltetői tevékenység mellett részt vett az építési, bővítési, fejlesztési tervek előkészítésében, bírálatában.

Vezetője volt a budapesti szennyvíztisztító telepeket összefogó főosztálynak.

Munkaköréhez kapcsolódó feladatai miatt tűzvédelmi és energetikai szakképzettséget is szerzett.

Szakaszmérnök-helyettesként majd szakaszmérnökként részt vett az árvízvédelmi munkákban az északpesti árvédelmi szakaszon.

2006-tól az **Érd és térsége Víziközmű Kft.**, majd az **Érd és Térsége Csatorna-szolgáltató Kft** főmérnöke

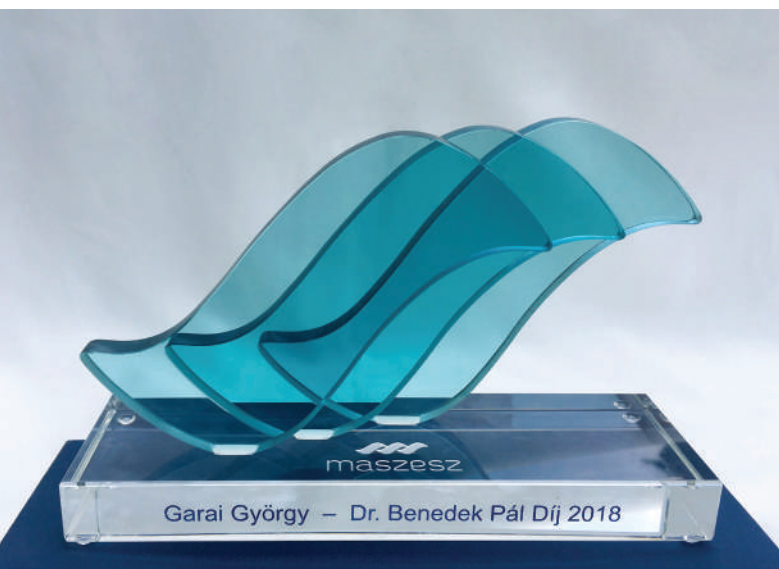
Az Óbudai Egyetem „Szennyvízgyártó Szakmérnök-képzésének” előadója.

**Szakmai- közéleti tevékenysége példaértékű.**

**A Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetségnek 18. éve aktív elnökségi tagja és szakmai fórumainak rendszeres előadója.**

Részt vett a MAVÍZ Műszaki Bizottságának, Szennyvíz Szakmai Testületének munkájában, segítette a kapcsolattartást az EurEau nemzetközi szakmai szövetséggel.

Vezetőségi tag a Hidrológiai Társaság Ipari Környezet és Vízgazdálkodási Szakosztályban.





## DR. BENEDEK PÁL KÖZÉPISKOLAI INNOVÁCIÓS DÍJ GYŐZTESEI

Ahogy a Vízügyi cselekvési Program is felhívja a figyelmet:

*Nem vehetjük már adottnak azt, hogy van vizünk. Egyéneknek, közösségeknek, cégeknek, városoknak és országoknak egyaránt jobban kell érteniük, hogy milyen szerepet tölt be a víz, milyen sokféle értékkel rendelkezik a víz, és hogyan kell vele bánnunk.*

Ezért a MaSzeSz kiemelt fontosságúnak ítéli az az innováció ösztönzését, az utánpótlás nevelést és a fiatalok mielőbbi bekapcsolását a szakmai életbe. A Szövetség lajosmizsei éves konferenciáján nemcsak az aktív működésbe kezdő MaSzeSz Junior Tagozat beszámolóját hallgathattuk meg, de a még fiatalabb korosztály, a vízügyi középiskolák diákok részére meghirdetett innovációs díj pályázat nyerteseit és felkészítő tanárait is a szakmai közösség előtt jutalmazhattuk.

Szövetségünk az Országos vízügyi Főigazgatóság (OVF) támogatásával meghirdette a Dr. Benedek Pál Települési Vízgazdálkodási Innovációs Díjat, diákok számára, mellyel a vízgazdálkodás iránt érdeklődő középiskolásokat szeretnénk ösztönözni a víz fontosságának megértésére és a szakma megbecsülésére.

A MaSzeSz 2018. évi **Dr. Benedek Pál Innovációs Díjat** a gyulai Göndöcs Benedek Középiskola tanulói kapták, míg a zsűri különdíjában a Nyíregyházi SZC Vásárhelyi Pál Építőipari és Környezetvédelmi-Vízügyi Szakgimnázium tanulói érdemelték ki munkájukért. Öröm volt látni a szakma iránt érdeklődő középiskolás tanulókat és az elhivatott tanárokat.

### 1. HELYEZETT

Pályamű címe:

**„MICROPOLIS a vizet hasznosító város”**

Díjazott hallgatók: Csikós Kitti, Fias Szandra, Varga Mónika, Varga Nikolett

Felkészítő tanár: Remeczki Andrea

Iskola: Göndöcs Benedek Középiskola, Gyula

### KÜLÖNDÍJ

**Nyíregyháza szennyvíztisztító telepének a működése – mobil applikáció**

Díjazott hallgatók:

Juhász Bernadett, Szalkai Zsombor

Felkészítő tanár: Hent Szabolcs

Iskola: Nyíregyházi Szakképzési Centrum Vásárhelyi Pál Építőipari és Környezetvédelmi - Vízügyi Szakgimnáziuma

Szeretnénk megköszönni az OVF szakmai támogatását a Dr. Benedek Pál települési vízgazdálkodási innovációs versenypályázat megvalósításában és gratulálunk a győzteseknek.

## SZENNYVÍZTISZTÍTÁS ÜZEMELTETÉSI KÖLTSÉGEINEK CSÖKKENTÉSE SZAKMAI NAP

A Lurdy házban, 2018. április 19-én rendezte meg a MaSzeSz a „Szennyvíztisztítás üzemeltetési költségeinek csökkentése” címmel, 85 résztvevő jelenlétében áprilisi szakmai napját. Sinka Attila főtitkár bevezetőjében megköszönte Dr. Kárpáti Árpád és Boda János elnökségi tagok szervező munkáját, akik a programot összeállították.

**Dr. Kárpáti Árpád PhD.** (Pannon Egyetem) vezetésével indult a program, és a felvezető előadást „Megnövelt energiatermelés és nitrogéneltávolítás lehetőségei a lakossági szennyvíztisztításnál” címmel is Ő tartotta. Ebben először ismertette a szennyvíz fajlagos energiataralmát 1 LE-re 400 kcal/fő.d- értékkel. Megállapította, hogy főcél a szennyvíztisztításban és iszapkezelésben a maximális energia előállítás. Végigment a különféle technológiai folyamatokon, változatokon, és energiamérlegeket állított fel.



Az energiatakarékossági igényt az alábbiakban foglalta össze.

- Minimális szerves anyagot oxidáljunk a főágon, minimális  $O_2$  felhasználással.
- Az alig megváltoztatott eredeti lebegő-, és oldott szerves anyagokból és azok iszappá változtatott anyagaiból maximális energiát állítsunk elő, ezt pedig használjuk fel a tisztítás oxigén ellátására, és a tisztítás egyéb lépcsőire. A különböző technológiáknál az energiafelhasználás eltérően alakul.
- A kémiai energia láthatóan könnyen kinyerhető a lakossági szennyvízből. A hőenergia csak hőszivattyúval hasznosítható.
- A szerves anyagoknak a kémiai energiájuk maximális visszanyerése során a szennyvíztisztítás elvileg energia-semlegesé tehető, anélkül hogy a környezet védelmét veszélyeztetnénk.
- Sajnálatos, hogy a gázmotorok energia átalakítási hatásfoka gyenge, így a keletkező hőenergia hasznosítása is fontossá válik. (Példa erre a Debreceni telep távhőszolgáltatása)
- Összességében a jelenlegi szennyvíztisztítási megoldások energia-, vegyszer- és beruházás-igényesek.
- Együttrothasztás nélkül a tisztítás teljes energiaigényének a felét, csak a levegőztetését, lehet hatékonyan fedezni.





- Az együttrohasztás akár teljesen energia függetlenné teheti a szennyvíztisztítást. (Példa erre az Észak- és Dél-Budapesti Szennyvíztisztító Telep).
- Az anaerob rohasztás során a fajlagos térfogati terhelésre, a bedolgozott alapanyagok összetételére és annak egyenletességére nagy figyelmet kell fordítani.

**Dr. Patziger Miklós PhD.** (BME VKKT): „Költségcsökkentés a biológiai tisztítási fokozat áramlástanai folyamatok alapján történő tervezésével és üzemeltetésével” címmel, képekkel illusztrált példákkal bemutatott látványos előadást tartott a biológiai tisztítóegységek „finomhangolást” biztosító szimulációs modellezése kapcsán. Ezekkel a vizsgálatokkal pl. a holtterek detektálását, az aerob terekben az oxigén beoldódás hatékonyságának növelését, az anoxikus terekben a keverés optimalizálását, a működési hatékonyság növelését, míg a különféle műtárgytípusokban a sebesség és a tolóerő csökkentésével az energiafelhasználás csökkentését lehet a tervezés során elérni. A rekonstrukciónál a folyamatirányítás és az oxigén beoldódás hatékonyságának növelése a modellezéssel

elérhető. Összefoglalva az alábbiakat állapította meg.

- Fontos a meglévő szennyvíztisztító telepeken a folyamatos technológiai és energetikai hatékonyság növelése.
- A finomhangolások szerepe nagy mind a tervezési folyamatokban, mind az üzemeltetésben.
- Minden műtárgyat áramlástanilag meg kell vizsgálni és optimalizálni, ez Magyarországon teljesen elsikkadt (a Szerkesztő megjegyzése: az áramlástanai laboratóriumok leépítése óta, annak is következtében).
- Nagymértékű költségcsökkentés érhető el az üzemeltetés minden területén az áramlástanai modellezések eredményei alapján.

**Kassai Zsófia** (FCSM): „Költségcsökkentés szakaszos levegőztetéssel és analizátorokkal történő folyamatszabályozással az Észak-pesti Szennyvíztisztító telepen” című előadása során bemutatta a telep fejlődési szakaszait, és kitért arra, hogy most 1/2-1/2 terhelési aránnyal „A” és „B” vonal üzemel jó tápanyag-eltávolítási hatásokkal. Az utóbbi időben a csurgalékvíz KOI/öN aránya 1:1,1-ről megnőtt 1:2,4-re, és a belépő terhelésben a KOI/öN aránya 11,1-ről 9:1-re csökkent. A működés optimalizációját szakaszos levegőztetéssel sikerült elérni. Ezáltal jobb elfolyó vízminőséget és VTD megta- karítást, összességben energia megtakarítást biztosítottak. A folyamatvezérlést analizátorokkal érték el, melynek során a nitrát-eltávolítást szakaszos levegőztetéssel, a PO<sub>4</sub>-P csökkentését szabályozott vasklorid adagolással biztosítják. A szakaszos levegőztetés

óránkénti váltással, oxigén jel alapján történő szelepnnyitással történik. Így az elfolyó víz öN tartalma 10 mg/l alatti és a VTD csökkenése is jelentős. Az energia-megtakarítás a kisebb levegőigény miatt valósul meg.

**Homola Anett és Csővári János** (BÁCSVÍZ Zrt) „Takarékos nitrogéneltávolítás kis oxigénkoncentráció mellett a Kecskeméti Szennyvíztisztító Telepen” c. előadásuk első részében Csővári János indokolta a megtakarítások szükségességét a vízi környezetvédelem sérelme nélkül. A nitrogén oxidációjára használt  $O_2$  egy része újra hasznosítható, és az így felszabaduló oxigénigény energiaszükséglete a tisztításnál megtakarítható. Ennek a maximalására mindig a  $NO_3-N$  ideális határértékére kell, történnjen a tisztítás.

Az utóülepítőben a spontán denitrifikációt célszerű elkerülni. A denitrifikációnak a kevert iszapos medencék iszapelyheinek az oxigénhiányos tereiben kell megvalósulnia. Ez egyidejűleg csökkenti a nitrát-recirkuláció igényét is, ami ugyancsak elektromos energia megtakarítás. Homola Anett a továbbiakban az előzők megvalósításához a fúvócsere szükségességét hangsúlyozta. Kiseb fúvókkal az éjszakai csökkentett levegő-befúvást az ammónium-szabályozás pontosabban biztosítja. Veszélyek: rossz ülepedési tulajdonságok, fonalásodás, habzás a csökkentett DO szint miatt. Az ammónium alapján történő szabályozást az  $NH_4^+$ , valamint a DO alakulásának trendje tapasztalatával készítették, s ehhez illesztették a célszerű fúvó üzemeltetést. A fejlesztéshez Dr. Jobbágy Andrea, Dr. Tardy Gábor és Dr. Bakos Vince munkáit hasznosították.



**Keresztes Nagy Zsolt** (Nordic Water Silex Kft.)

„A mechanikai tisztítás gépei, mint a költségcsökkentés eszközei” című előadásában Pécs város szennyvíztisztító telepén a mechanikai előtisztítás során alkalmazott rácsok ismertetéséről és az azzal elért jelentős költségmegtakarításról beszélt. Az átépítés során a durva- és finomrácsokat, a homokos zagykezelését tették kedvezőbbé. A rács rekonstrukció eredményeképpen évi 3 millió forintot meghaladó üzemköltséget 1 millió alá csökkentették a MEVA rácsok és préscsiga alkalmazásával, a szűrés hatékonyság egyidejű javításával. A homokos zagykezelési technológia mentesíti a homokot a pálinkafőzésből eredő magoktól. A homokmosás tisztított vízzel történik.

Összefoglalásként megállapította, hogy az előtisztítás rekonstrukciója:

- megfelelő szűrés hatékonyságot,
- a szennyvíztisztító telep további elemeinek megfelelő védelmét,
- a költségek csökkentését és
- a szennyvíztisztító telep számos üzemeltetési problémájának a megoldását jelentette.

**Zombori Dávid** (Bioclean 2002 Mérnöki Kft) „Oktatással kombinált szennyvíztelep optimalizálás” c. előadásában a szennyvíztisztítási technológiák felülvizsgálata során szerzett tapasztalatok értékelésére és ennek alapján az üzemeltető személyzet eredmények iránti figyelmét felkeltő oktatásra hívta fel a figyelmet. Utóbbi dinamikus változó paraméterek alakulásának értékelésében a gyakorlat megszerzését tűzi ki célul. Kihangsúlyozta, hogy az energiahatékonyság növelését nem a vízminőség romlásának érdekében tartják fontosnak, hanem az éves és napi teendők megfelelő programozásával éppen annak javítására.

**Bognár Ferenc** (HACH LANGE Kft): „Az üzemeltetési költségek csökkentése az on-line mérés technika lehetőségeinek kiaknázásával” c. előadása során kiemelte, hogy a költségcsökkentésre a villamos-energia igény optimalizálása, a kémiai segédanyagok felhasználása és az iszapkezelés, valamint elhelyezés terén van lehetőség. Növelhető az eredményesség a biogáz hasznosítás során a villamos-energia termelésével, a szennyvíziszapból komposzt előállításával, és a tisztított szennyvíz hő- és mozgási energiájának hasznosításával.

A szennyvíz mennyiségi és minőségi szempontból egyenlőtlenül érkezik a telepre, ezért a mennyiség arányos vezérlés optimalizálására van lehetőség on-line műszerekkel történő ellenőrzéssel. Tömegáram, oxigén koncentráció mérésére, foszfor elimináció követésére a vegyszeradagolás optimalizálásához, iszap víztelenítés real time követésére van lehetőség.

A mérésekkel prognózis is adható a következő karbantartás szükségességére, a mérési megbízhatóság növelésére. A mérőműszerek beszerelésének és működtetésének költsége megtérül az üzemeltetés mért paramétereinek követő hatékonyságának javulása révén.

Az előadást követően, az ebéd előtt, Dr. Patziger Miklós és Kassai Zsófia előadásaihoz kérdések hangzottak el, melyeket követően Dulovics Dezsőné és Mészáros József az üzemeltetés igényességének fokozódása következtében az alapképzést követő MSc. szint elvégzését, mint szükségességet hangsúlyozta, melyhez a levelező tagozat megléte alapvetőnek volna tekinthető.

Ebéd után **Ditrói János** (Debreceni Vízmű Zrt): „A levegőztetés energiaigényének csökkentése gázanalizátorral történő légfúvó szabályozással” c. előadásával folytatódott a Szakmai Nap. A Debreceni Szennyvíztisztító Telepen a villamosenergia 67 %-a a biológiai reaktor terekben, 26 %-a tömegáram mozgásában, és egyéb célra 7%-ban kerül felhasználásra. Ezért a biológiai reaktorterekre a gázanalizátoros optimalizálást fejlesztették ki. Ennek részleteit a MaSzeSz HÍRCSATORNA 2017. évi. 3. számában „Biológiai szennyvíztisztítás villamos-energia felhasználásának csökkentése a levegőztetés szabályozásának optimalizálásával” c. cikkükben már közreadták. A tisztító biológiai aktivitásának és az iszapos vízből kifújó gáz online fotometriás jelének összefüggése adott erre lehetőséget, amit a levegőbevitel szabályozására hasznosítottak. Ezzel egyidejűleg a fölősiszap elvétele is szabályozható.

A nyírlugosi telepen a gáztérben mért illékony szerves anyag koncentrációval szabályozott időszakban a telep fajlagos villamos-energia fogyasztása 1,87 kW/m<sup>3</sup>-ről 1,55-re csökkent a Ladi Pr-, és 1,41-re a Ladi Pr PLC szabályozással.

Az előadáshoz a levezető elnök – Dr. Kárpáti Árpád – tett fel kérdéseket, elsősorban a monitoring kapcsán.

**Dr. Veres Zoltán és Mészáros József** (Nyírségvíz Zrt.) által készített, „Szennyvíztisztítás fajlagos költsége a szennyvíztisztító telepeken jelentkező tevékenységek alapján” c. előadása volt következő. Vizsgálatuk az építési és üzemeltetési költségeket különböző technológiák és műtárgy típusok esetén készült, és ezek alapján határozták el a beavatkozási lehetőségeket.

Az **építési** költségeket megvalósult KEOP projektek alapján – figyelembe véve a műtárgyak specifikációját – a következő négy eleveniszapos szennyvíztisztítás (A-D) típusra vizsgálták:

- szakaszos üzemű technológia-adagokban történő szennyvízfeladással (A),
- szakaszos üzemű technológia – adagokban történő szennyvízfeladással és növényzettel (B),
- szakaszos üzemű technológia – folyamatos szennyvízfeladással (C),
- átfolyósos üzemű szennyvíztechnológia (D).

Az építési költségeket kör és négyszög alaprajzú műtárgycsoportokra határozták meg

500 m<sup>3</sup> alatti és 1000 m<sup>3</sup> feletti műtárgyméretetek eseteire.

Az üzemeltetési költségek megoszlása technológiánként:

- a fajlagos energia költségek 3-161 (átlagosan 8,6) Ft/m<sup>3</sup>
- a fajlagos munkabér költségek 5-480 Ft/m<sup>3</sup>,
- a fajlagos vas só adagolási költségek: 0-4,3 Ft/m<sup>3</sup>,
- a polyelektrolit adagolás fajlagos költségei 0-7 Ft/m<sup>3</sup>, és
- a VTD fajlagos költségei 1,2-11.6 Ft/m<sup>3</sup> értéktartományban mozogtak.

A költségek megismerése alapján az egyes technológiáknál a villamos- és a gázenergia felhasználási költségeket optimalizálták.

(A Szerkesztő megjegyzése: A munka alapján az ez évi Dr. Dulovics Dezső Junior Szimpóziumon tartott első helyezést elért előadásból megírásra kerülő cikk az év során a HÍRCSA-TORNA periodikában megjelentetésre kerül és nemzetközi sikeréről a JurTa Híradóban számolunk be.)

**Környei Ákos** (Nordic Water Silex Kft.) „Jelentős megtakarítási potenciál a keverők és áramláskeltők alkalmazása terén” c. előadása során a hiperboloid keverőkkel és INVENT CYBERFLOW áramláskeltők bemutatásával foglalkozott.

A hiperboloid keverő optimalizált kialakítású, könnyen karbantartható. Hetedik generációs a kialakítása, ezt esettanulmányokon keresztül mutatta be az Előadó. Mintegy 30 %

energiamegtakarítás érhető el általa, a hagyományos keverőkhöz képest.

Az INVENT CYBERFLOW áramláskeltő áramlástanai szempontból optimalizált. Kis áramláskeltő felületű, örvénylést gátló tömegű, és uszonyú. Beépítési igénye ideális.

**Molnár Róbert** ( Zultzer Pumpen Kft.) „ Energiamegtakarítás a SULZER HST TM turbókompresszorokkal” c. előadásában bemutatta, hogy a szennyvíztisztításban a levegőztetés energiaellátási igénye a teljesnek 54 %-a. A SULTZER HST TM turbókompresszor aktív mágnes csapággal van kialakítva. Ezért a rendszer külső léghűtésű, sűrű mérés alapján történik a vezérlés, az energiaváltás szünetmentes tápegységgel és real-time monitoringgal van felszerelve.

A turbókompresszorban a „high speed” technológia előnyei:

- csak egyetlen mozgó alkatrész van,
- nincs érintkezés, nincs kopás,
- a valósidejű monitoring folyamatos figyelmet biztosít.

**Glász Tamás** (WILO Magyarország Kft.) „Energiahatékony keveréstechnika a szennyvíztisztító telepeken” c. előadásában bemutatta, hogy 15 éve vannak jelen EMU termékekkel és országos szervízhálózatukkal a szennyvíztechnikában.

A keveréstechnikában a kis beruházási költség, ár és folyamatoptimalizált termékek vannak, a keverőválasztást konkrét feladatra

konfigurálják. Költséghatékony termékeik üzembiztosak, dugulás, szálal anyag felrakódás és kopás minimalizálásával vannak kialakítva. Nagy teljesítmény biztosítja a gazdaságosságot, az elhelyezés optimalizálható, ezért az energia felhasználás eredményes.

Az energiaköltség csökkentést

- a medence geometriája,
- a nagy lapátátmérő,
- energia-hatékony motorok,
- energia-optimalizált keverőválasztás biztosítja.

**Mátyás Tamás** ( Xylem Water Solutions Magyarország Kft.) „A levegőztetés energiatakarékos légcsapágyas TURBO MAX turbófúvókkal” c. előadása a légkiszorításos fúvókkal foglalkozott. A turbófúvók nagy fordulattal, 15-600 kW teljesítménytartományban választhatók ki. Könnyen telepíthetők, kis gépek, moduláris felépítéssel, üzemeltetésük frekvencia-szabályozós kialakítású. Venturi levegő-hozammérőn keresztül távjelzős kivitelű. A Ceglédi Szennyvíztisztító Telepen 30-40%-os energia megtakarítást értek el alkalmazásával. Itt két gépegység van felszerelve, műszeres méréssel.

Az előadásokat követően **Dr. Kárpáti Árpád** levezető elnök összefoglalásában értékelte a kitűnő színvonalú előadásokkal lezajlott Szakmai Napot. Megállapította, hogy az energia-megtakarításra törekvés viszi előre a szennyvíztisztítás elméletét és gyakorlatát, a tervezést, üzemeltetést és az alkalmazott gyártási tevékenységet is.

*Lejegyezte:*

*Prof. Emerita Dulovics Dezsőné dr.*

## MASZESZ JURTA HÍREK

**Elnökség és nemzetközi:** A MaSzeSz JurTa vezetősége megkezdte az aktív munkát a junior tagozat hazai növekedését és nemzetközi kapcsolatainak bővítését illetően egyaránt. Az elmúlt két hónap eseménydús volt a szervezet szempontjából. A MaSzeSz JurTa tagjai eredményesen vettek részt két nagyobb nemzetközi konferencián a Danube Water Conference rendezvényen Bécsben és a 10th IWA Eastern European Young Water Professionals konferencián Zágrábban, melyről a részletes beszámolók lejjebb találhatóak.

**MaSzeSz JurTa a facebookon:** A JurTa elindította facebook oldalát, ahol rövidhíreink és a szervezett események jelennek meg, az alábbi linken érhető el:

<https://www.facebook.com/maszeszjurta/>

Létrejött a MaSzeSz JurTa zárt facebook csoportja is, amit belső fórumként kívánunk működtetni. A csoportba való meghívásért a facebook fiókodba való belépés után keress rá a Maszesz - Junior Tagozat JURTA csoportra és kattints be csatlakozási kérésed, így kapsz meghívót a zárt csoport adminisztrátoraitól.

**Hírlevél:** Júniusban elindul hírlevelünk is, melyre feliratkozni az alábbi címre küldött e-mail-el lehet:

[maszeszjurtahirlevel@gmail.com](mailto:maszeszjurtahirlevel@gmail.com)

**„ma!szeszelés”:** Az érdeklődő junior tagokkal való találkozás lehetőségének megteremtését a „ma!szeszelés” esemény létrehozásával szeretnénk elérni, mely beszélgetős-ötletelős, konstruktív, kötetlenebb formájú esemény lenne. Az első ilyen "ma!szeszelés-t" július 10-én kedden 19:30-tól tartanánk. A budapesti helyszín a várható létszámtól függően alakul majd és hírlevelben, valamint a facebook csoportban található majd róla bővebb információ.

**Programok 2018-2019:** Megkezdjük az őszi junior programok szervezését, így a július 10-ei alkalommal egy beszélgetés keretében a junior tagjaink/érdeklődőink véleményére és ötleteire is kíváncsiak lennénk, hogy milyen programokra jönnének el szívesen a 2. félévben, ill. – előre tekintve – a 2019. év folyamán.

## RÖVID BESZÁMOLÓ A 10TH IWA EASTERN EUROPEAN YOUNG WATER PROFESSIONALS CONFERENCE ZÁGRÁBI RENDEZVÉNYÉRŐL

**BERECZ VIVIEN**

**BME ALKALMAZOTT BIOTECHNOLÓGIA TANSZÉK**

Az idén tizedik alkalommal, május 7-12. között megrendezett IWA Eastern European YWPs konferenciának hazánk után ebben az évben Horvátország adott otthont. A konferencia helyszínéül a Zágrábi Egyetem Építőmérnöki Kara szolgált. A regisztrált résztvevők létszáma meghaladta a 200 főt, ebből körülbelül 20-an Magyarországról érkeztek, többségében

platform előadással vagy poszterrel készülve. A főszervező, Dr. Maryna Feierabend szavait idézve „Kelet-Európa igen nagy”, hiszen a konferencia nevével függetlenül nem csak térségünkben, hanem világszerte több mint 35 országból, többek közt Angliából, az Egyesült Államokból, Ázsiából és a Dél-afrikai Köztársaságból is ellátogattak a konferenciára.

*A konferencia jubileumi csoportképe a zágrábi campus főépülete előtt*



A két előadónapot magába foglaló, összességében hatnapos program változatos interaktív workshop-okkal indult, melyek a Zágrábi Egyetemen, ill. Zágráb szennyvíztisztító telepén kerültek megrendezésre, gyakorlati alkalmazásokat, továbbá aktuális vizes problémák elméleti kérdéseit előtérbe helyezve. A tisztító telepen vízbiztonsági tervezésben, havária kezelésben, eleveniszapos rendszerek modellezésében, szennyvíztisztító telep tervezésben, ill. a CAD tervezőprogram vizes alkalmazásában mélyülhettek el a résztvevők, míg eközben az egyetemen a konferencia előadásokra való felkészülést segítő, valamint a víz újrahasználatának kihívásait és lehetőségeit feltáró workshop-okon vehettünk részt. Előbbit egy hónappal korábban az előadások és a poszterek összeállítását segítő, hasznos tanácsokkal teli webinarium előzte meg. Az opcionális, konferencia napokat megelőző workshop-ok után, a rendezvény negyedik napján került sor a konferencia megnyitójára, amit kötetlen beszélgetés követett az akkor találkozó résztvevők között. Eközben a poszterek is egyre nagyobb számban kerültek fel helyükre.

A két konferencia napon a tíz perces prezentációk az eddigi gyakorlattól eltérően, párhuzamosan egyidőben két szekcióban zajlottak (természetes és ivóvíz, ill. szennyvíz). A vízgazdálkodáson belül felszín alatti víz, klímaváltozás; modellezés és árvíz; vízminőségi monitoring; ivóvíz; szennyvezések; öntözés témaköröket, míg a szennyvizes szekcióban eleveniszapos rendszereket; ipari szennyvízkezelést; csatornahálózatot és természet közeli szennyvíztisztítást érintő előadások hangzottak el. Az első konferencia nap végén körülbelül egy órában a szenior és a junior vizes szakemberek megvitatták a vizes szakmával kapcsolatos meglátásaikat, amelyet még érdekesebbé tett az, hogy a víz szempontjából nagyon eltérő körülményekkel bíró országokból érkezők osztották meg gondolataikat, a fő fókusz azonban a közép-kelet európai régió aktuális vízgazdálkodási kihívásain volt. Az első konferencia napot elegáns gálavacsora zárta, ami a ZOV nevű zágrábi víziközmű vállalat 20. születésnapjának ünnepi estélyével fonódott össze és egy közeli elegáns hotelben kapott helyet.

*A konferencia nagy előadóterme (balra) és a gálavacsora (jobbra)*







Veres Zoltán (Nyírségvíz Zrt.) az előadói díj átvételekor (balra), ill. a konferencia nemzetközi szervező és program bizottságának csoportképe (jobbra)

A második konferencia nap végén a került sor a konferencia program bizottságának döntése alapján legjobbnak ítélt előadások és poszterek eredményhirdetésére és díjazására. A szennyvízes szekcióban az előadói díjat Veres Zoltán (Nyírségvíz Zrt.) nyerte el Specific operational costs of wastewater treatment in an ideal environment című előadásával, aki korábban az idei Dulovics Dezső Junior Szimpóziumon is díjazott volt üzemeltetői és közönség díjas kategóriákban, büszkék lehetünk a magyar sikerre, mint ahogy a közel 20 magyar fiatal résztvevőre is, akik szintén színvonalasan szerepeltek.

Az utolsó napon lehetőség nyílt csoportosan ellátogatni a Plitvicei-tavak Nemzeti Parkba, ill. városnéző túrát tenni Zágrábban.

A konferencia összességében színvonalas és gazdag programokat nyújtott. Én ezúton is szeretném megköszönni a BME ABÉT oktatóinak (Dr. Jobbágy Andrea és Dr. Bakos Vince) a szakmai felkészítést, a MaSzeSz-nek pedig az anyagi támogatást, hogy a Dulovics Dezső Junior Szimpózium idei díjazottjaként lehetővé vált számomra az előadóként való részvétel, ami nagyon hasznos és pozitív élményekkel gazdagított. A konferencia visszhangjait hallva biztos vagyok abban, hogy a sorozatban következő rendezvényt — ami 2019. október 9-12. között Prágában kerül majd megrendezésre — is hasonló lelkesedés és lendület fogja majd kíséni.

## BESZÁMOLÓ A DANUBE WATER CONFERENCE ESEMÉNYRŐL

**HANZEL TÍMEA**  
**MASZESZ JURTA ELNÖKSÉGI TAG**

A Danube Water Conference május 2-3. között Bécsben került megrendezésre immár 6. alkalommal. A konferencia minden évben más és más témát ölel fel, idén a 6. Fenntartható Fejlődési Cél (SDG 6) mentén a „Fenntartható víz- és szanitációs szolgáltatások elérése mindenki számára: előrehaladás, kihívások, jövőbeli intézkedések a Duna Régióban” került előtérbe. A kiemelkedő eseményt több, mint 165 résztvevő tisztelte meg jelenlétével, víziközmű-szolgáltatók, szabályozó szervek, állami szervek, szakmai szervezetek és akadémiai tagok képviselték magukat összesen 16 országból a Duna régióban.

A konferenciát Patricia Lopez, a DWP (Danube Water Program) vezetője és Philip Weller az IAWD (International Association of Water Supply Companies in the Danube River Catchment Area) vezetője nyitotta meg. A konferencián a résztvevőket köszöntötte továbbá Peter Istjan-Hoelzl Ausztria gazdasági minisztere, Walter Kling az IAWD elnöke és Lada Strelkova a World Bank nyugat-balkáni tanácsadója.

A bevezető után a fenntartható víz- és szanitációs szolgáltatások elérésének kihívásai kerültek megvitatásra, valamint a vizes ágazat szerepére, illetve az ágazaton belüli együttműködés fontosságára helyeződött a hangsúly a 6. Fenntartható Fejlődési Cél elérése érdekében.

Ezt követően nemzetközi kitekintést nyerhetett a hallgatóság a célkitűzések megvalósítására tett intézkedések, illetve lépések vonatkozásában panelbeszélgetés keretében. Ebben a szekcióban elsősorban az ágazat finansziális kérdései és a finanszírozás lehetőségei kerültek a felszínre. Ezután a munkaerő utánpótlásra terelődött a szó miközben a cseh junior tagozat kapott lehetőséget a bemutatkozásra, emellett szlovák, illetve osztrák példákat hallhattak a résztvevők.

A délután egy rendkívül innovatív poszter bemutatóval ért véget, melyen 5 poszter bemutatására nyílt lehetőség, végül pedig a Duna-parton megrendezésre került hangulatos vacsora zárta a napot.



A második napot párhuzamosan zajló előadások színesítették, az egyik szekcióban a megfontolt irányítás és a szakmai stratégiák jelentősége volt a fókuszban. Az előadók egészen a helyi szintű feladatoktól kezdve a regionális, illetve az országos terveken és vezetési gyakorlatokon át mutattak be követendő példákat. A szekció második felében továbbra is a megfontolt irányítás témaköre mentén a díjszabást, illetve a munkaerő modernizálását illetően kerültek példák bemutatásra.

Ezzel egy időben a másik szekció az erős, stabil víziközmű-szolgáltatókra helyezte a hangsúlyt, mely stabilitást egyrészt a vállalatoknál dolgozó munkaerő, másrészt az innováció biztosítja. A stabilitás eléréséhez először a Duna régió országaiból érkező előadók a kapacitás fejlesztését célzó módszereket, gyakorlati tapasztalatokat, illetve az elért eredményeket mutatták be színvonalas előadások, majd panelbeszélgetés keretében. Ezt követően a résztvevők különböző innovációkkal ismerkedhettek meg úgy, mint az energiahatékonyság növekedését biztosító innovatív szennyvíztisztító telepekkel, illetve a telepeken kialakított koncepciókkal, foszforeltávolítási stratégiákkal, működési és fenntartási költségek csökkentését célzó, illetve környezet közeleli megoldásokkal.

Délután a kapacitás fejlesztés került a középpontba, a résztvevők először bővebb ismereteket szerezhettek a D-LeaP (The Danube Learning Partnership) és a RCDN (Regional Capacity Development Network), mint a kapacitás fejlesztését elhivatott ösztönzőkkel. Ezt követően kerekasztal beszélgetésre került sor, melyen első sorban a további kapacitás fejlesztési szükségletek, igények, lehetőségek, programok kerültek megvitatásra mind nemzeti, mind nemzetközi szinten.

A záró szekcióban a panel beszélgetés résztvevői kiemelték a konferencia fontosságát, hiszen a fenntartható víz- és szanitációs szolgáltatások megvalósítása mindenki számára kiemelt jelentőségű, melynek eléréséhez az ilyen jellegű konferenciák nagy segítséget nyújtanak. Megállapításra került továbbá, hogy a konferenciák mellett kiemelt szerephez jutnak az önkormányzati és víziközmű szövetségek egyaránt. Emellett kulcsfontosságú, hogy tovább fejlődjön az információ átadás, a tapasztalatcsere, az innovációk megosztása, a további fejlődés mellett azonban azok hatásainak mérésére, kiértékelésére és a visszajelzésekre is szükség van. Ezen túl a kapacitás fejlesztés, a munkaerő megtartása, a fiatalok támogatása, aktív bevonása szintén meghatározó szerephez jut napjainkban.



Az idei konferencia programja – az előző évi visszajelzéseket figyelembe véve – úgy került kialakításra, hogy hosszabb időkeret biztosított az interaktív előadásokra, kerekasztal beszélgetésekre, illetve az előadások megvitatására, a felmerülő kérdésekre, ezzel a konferencia megfelelő platformot teremtett a Duna régió országaiból és a csatlakozó országokból érkező, a vizes ágazat valamennyi szegmensét képviselő résztvevő számára, hogy tapasztalataikat, ötleteiket, innovatív megoldásaikat megosszák, szakmai kapcsolataikat tovább erősítsék. A konferencia egyik fontos eleme volt továbbá, hogy rávilágítson a fiatal vizes szakemberek értékeire, támogatásuk jelentőségére és lehetőségeire. Ezt példázza a fiatal vizes szakemberek (YWPs) aktív bevonása a konferencia során, akik így moderátori, előadói, illetve jegyzőkönyvvezetői szerepekhez jutottak a konferencián résztvevők nagy meglepésére.

A konferenciát követően, május 4-én különböző üzleti találkozók kerültek megrendezésre, melyek között szerepelt a Duna régió fiatal vizes szakemberei számára szervezett workshop is. A workshop célja, hogy a Duna régióban, illetve a környező országokban dolgozó juniorok számára megteremtse

a lehetőséget a találkozásra, információ-, illetve tapasztalatcserére, együttműködésük erősítésére, az együtt gondolkodásra, a fiatal szakemberek céljainak, igényeinek megvitatására és a támogatási lehetőségek feltárására. Emellett kiemelt téma volt az egyes országokban kialakult, illetve jelenleg is formálódó junior tagozatok (35 év alatti vizes szakemberekből álló csoportok, szervezetek), melyek a korosztály érdekképviseletét hivatottak szolgálni amellett, hogy támogatják és segítik a szakmai fejlődést és előrehaladást, a vizes szakma utánpótlásának megerősítését.

A konferencia keretében szervezett junior workshop évről évre nagyobb népszerűségnek örvend. A folyamatosan bővülő létszám és az egyre több országot felvonultató esemény fokozatosan növekvő figyelmet kap és nem csak a fiatalok körében, hanem a tapasztalt kollégák és különböző nemzetközi szervezetek – mint például az IWA és az IAWD – segítő kezet nyújtanak a szakmai együttműködés megteremtéséhez. A seniorok egyre nagyobb figyelmet szentelnek a fiataloknak és ötleteiknek elismerve ezzel a munkájukat és elhivatottságukat, ösztönözve őket a további sikerek elérésében.

## NEMZETKÖZI SIKER A JUNIOR SZIMPÓZIUMOT KÖVETŐEN

A MaSzeSz Dr. Dulovics Dezső Junior Víz-gazdálkodási Szimpóziumának üzemeltetői és közönség díjazottja az IWA Young Water Professionals' Eastern Europe konferencián a szennyvízkezelés egyik hazai „nagykövetévé” lépett elő figyelemkeltő előadásával.

Egyszerre tekinthető kiemelkedő szakmai sikernek, valamint az egyéni teljesítmény elismerésének, amit **dr. Veres Zoltán, a NYÍRSÉGVÍZ Zrt.** szennyvíz-technológiai csoportvezetője a közelmúltban elért, ugyanakkor ez az ágazatban dolgozó fiatal szakemberek támogatásának pozitív visszaigazolása is egyben.

A MaSzeSz Junior Szimpóziumán elért sikereit követően a fiatal szakember olyan színvonalú szakmai előadást mutatott be az európai államokból érkező kutatóknak az IWA Kelet-Európai Ifjúsági Konferenciáján, Zágrábban, amivel kiérdemelte a szennyvizes szekció legjobbjának járó díját. Ezzel együtt jár az is, hogy a Nemzetközi Vízügyi Szövetség következő európai találkozójának is vendége lehet Prágában, s ennek a kontinensek közötti változatára szintúgy meghívást kapott Kanadába.

A hajdúhadházi fiatalember a Debreceni Egyetemen szerezte meg a környezetkutató ökológus, angol-magyar szakfordító diplomáját,



s ezt követően 2013-ban került a nyíregyházi székhelyű szolgáltató vállalathoz. Egyetemi hallgatóként is már gyakorlati munkát végzett Hajdúhadház szennyvíztisztító telepén, és megismerkedhetett a szakma alapjaival. Szennyvíz laboránsként Nyíregyházán már egy hét betanulás után a „mélyvízbe” dobták. A NYÍRSÉGVÍZ Zrt.-n belül gyorsan átkerült a csatornázási ágazathoz, Mészáros József csatornázási ágazatvezető „szárnyai” alá, aki jó mentorként újabb és újabb lehetőségekkel „bombázta”. A törekvő laboráns két év elteltével befejezte a doktori disszertációját. Ezt követően, két év múlva már annyi értékes adatot gyűjtöttek össze a munkafolyamatokról és azok fajlagos költségeiről, hogy szinte adta magát a téma, amikor megérkezett az IWA felhívása.

Az IWA konferencián német, holland, és más nemzetek képviselőinek az elismerését elsősorban azzal vívta ki – s lett a saját szekciójában

a 66 szaktársa közül az első –, hogy ritkán látott adatok elemzését mutatta be, még hozzá kitűnő angolsággal. Egy fél megyére vonatkozó értékes adatot vonultatott fel az előadásában olyan szereplők előtt, akik többnyire a saját kutatóbázisaik részben zárt rendszereiben teszteredményeket és szimulációkat láthattak. Kimutatta, hol van az a határ, amikor már nem lehet egy szolgáltatás díját tovább csökkenteni, az alatt ugyanis a szennyvízkezelés ráfizetése válik. Ilyenkor a fogyasztók további megterhelése helyett olyan technológiai megoldásokat kell keresni, ami leszorítja az 1 köbméternyi szennyvízkezelés fajlagos költségeit.

Az előadás már a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség előtt is nagy érdeklődést vívott ki magának, olyannyira, hogy közönség- és szekciódíjjal jutalmazták.

Gratulálunk a fiatal szakember által elért sikerekhez!

Hálózat-rekonstrukció? Felújítás? Lokális hibaelhárítás?



Optimalizált, költséghatékony és végleges megoldások



**REPAMAX®**



**HYMAX®**



H-2030 ÉRD, ASZFALTOZÓ UTCA 27-29.  
TEL: +36 23 379-223, +36 23 379-224 FAX: +36 23 379-222  
[www.euroflow.hu](http://www.euroflow.hu)

## KORRESPONDENZ ABWASSER 2018. ÁPRILISI, MÁJUSI ÖSSZEFOGLALÓK

### ENERGIA-MEGTAKARÍTÁS A SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEPEKEN

*Szezonálisan terhelt szennyvíztisztító telep tapasztalati beszámolója*

*Gunnar Demoulin (Salzburg/Ausztria), Karl Potz (Bécs/Ausztria)  
és Christof Giefing (Schützen am Gebirge/Ausztria)*

**Kulcsszavak:** szennyvíztisztítás, kommunális, gazdaság, energia-hatékonyság, légáteresztő képesség, szellőztetés, finombuborékos, megtakarítás, szerződéskötés

#### ÖSSZEFOGLALÁS

2015. augusztus 11-én Ausztriában kihirdették az Energiahatékonysági Törvényt (Energieeffizienzgesetz, EEffG), és a hazai energiaszolgáltatók számára 2020-ig kötelezővé tették az energia-értékesítésük mértékének 0,6%-os csökkentését. Az ausztriai szennyvíztisztító telepek mintegy 20%-os hányaddal a kommunális energiafelhasználás jelentős fogyasztói. Az energiaszükséglet túlnyomó hányada a biológiai tisztításra vonatkozik, ebből nagyobb arányban a levegőztetésre, másodsorban pedig a keverőmű technikájára. Schützen am Gebirge település (Burgenland, Ausztria) szezonálisan erős terheléssel üzemeltetett szennyvíztisztító

telepén, melynek tervezési kapacitása 66 500 LE, csúcskapacitása pedig legfeljebb 200 000 LE, a biológiai tisztítási fokozatot új levegőztetővel és új keverőművekkel látták el. A megvalósítás és a finanszírozás Ausztriában első alkalommal megtakarítási szerződéskötés igénybe vételével valósult meg. A beruházás célja az volt, hogy a biológiai tisztítási fokozat mintegy 880 000 kWh/a nagyságú energiafogyasztása körülbelül 500 000 kWh/a értékre csökkenjen. A 2016. május vége óta üzemelő, online felügyelettel és energia-figyeléssel ellátott operatív mérési rendszer megerősíti a sikeres átépítésre vonatkozó előrejelzéseket.



## AKTÍVSZÉNPOR ÜLEPÍTÉSE

A KA-5. sz. „Ülepítési eljárás” DWA-szakbizottság munkabeszámolója \*)

**Kulcsszavak:** szennyvíztisztítás, kommunális, ülepítési eljárás, aktívszénpor, nyomanyag, antropogén, elimináció, adszorpció, üzemi eredmény

### ÖSSZEFOGLALÁS

A KA-5. sz. „Ülepítési eljárás” DWA-szakbizottság munkabeszámolójának témája az ülepítő medence, melybe vagy eleveniszapos medencéből, vagy PAK-adszorpciós reaktorból aktívszénport (PAK) juttatunk nyomanyag-elimináció céljából. Az utóülepítő medencék után gyakran kapcsolnak még egy szűrőt, melynek visszaöblítő vize általában ismét visszavezetésre kerül az eleveniszapos medencébe. Három ülepítési eljárást vizsgáltunk meg részletesen.

\*) A KA-5 sz. „Ülepítési eljárás” DWA-szakbizottság tagjai a következő személyek: Dr.-Ing. Martin Armbruster (Drezda), Prof. Dr.-Ing. Ernst Billmeier (Bayerisch Gmain), Dr.-Ing. Winfried Born (Vellmar, elnök), Prof. Dr.-Ing. Andrea Deininger (Deggendorf, elnökhelyettes asszony), Prof. Dr.-Ing. F. Wolfgang Güntert (Neubiberg), Dr.-Ing. Christina Hirschbeck (Ingolstadt), Dr.-Ing. Michael Janzen (Oldenburg), Prof. Dr.-Ing. Norbert Jardin (Essen), Dipl.-Ing. Steffen Keller (Berlin), Dr.-Ing. Lars Keudel (Wolfsburg), Prof. Dr. sc. techn. Peter Krebs (Drezda), Dipl.-Ing. Frank Laurich (Hamburg), Univ.-Doz. Dr.-Ing. Miklós Patziger (Budapest/Magyarország), Dr.-Ing. Reinhold Rölle (Stuttgart), Prof. Dr.-Ing. Andreas Schulz (Essen). Vendégként közreműködött: Dr.-Ing. Linh-Con Phan (Essen). – Kapcsolattartó a tartományi DWA-irodában: Dr.-Ing. Christian Wilhelm, e-mail: wilhelm@dwa.de

## MIKROMŰANYAGOK A FELSZÍNI VIZEKBEN

**DOBÓ ISTVÁN**  
**DMRV ZRT.**

*Életünket, környezetünket, munkavégzésünket és szabadidős tevékenységeinket egyaránt segítik a könnyen tisztítható, könnyen lecserélhető, széleskörű alkalmazást biztosító, alacsony bekerülési költségű műanyag termékek. A műanyagok II. világháború után elindult tömeggyártása mára gigantikus méreteket öltött. Életvitelünket, társadalmi berendezkedésünket, életünket már nem tudjuk elképzelni a műanyag termékek nélkül. Pedig szükség-szerű lenne elgondolkodni a műanyag termékek további újrafelhasználásán. A felhasználás után, az eldobott, környezetbe juttatott műanyagok, a belőlük keletkező mikroműanya-gok jelentős károkat okoznak a bioszférában. A jelenlétükkel befolyásolják a környezeti tényezőket, rombolják bizonyos élőlények életkörülményeit. Nem utolsó sorban pedig egészségügyi kockázatot jelentenek az emberiség számára.*

### 1. MIKROMŰANYAGOK BEMUTATÁSA

Számos nyelven megjelent publikáció, szá-mos tanulmány foglalkozik a mikroműanya-gok világával (elsősorban azok káros hatá-saival), ezen dokumentumok egyetértenek abban, hogy a mikroműanyagok az 5 mm alatti átmérővel (hosszmérettel) rendelkező, műanyagból készült mesterséges termékek, illetve azok 'maradványtermékei' (NOAA, 2017).

Elsődleges mikroműanyagnak nevezzük az eleve ebben a mérettartományban gyártott műanyagokat. Elsődleges mikroműanyagot elsősorban annak koptató, dörzsölő hatása miatt alkalmazzuk például a fogkrémekben, a tusfürdőkben, a különböző arctisztító koz-metikumokban, a rágógumiban, a cigaretta

szűrőjében, stb. (Julien Boucher et Damien Friot, 2017)



*Elsődleges mikroműanyagok*



*Másodlagos mikroműanyagok*

Másodlagos mikroműanyagoknak nevezzük azokat a műanyagokat, amelyeknél külső hatásra (mechanikai hatás, UV sugárzás) aprózódás áll elő (az egyes monomer szálak mentén az anyag felhasad és kisebb méretet ölt) és így kerül be az 5 mm alatti mérettartományba.

### 1.1. A mikroműanyagok mérésnek módszere, a környezetben található becsült mennyisége

A környezetünkben megtalálható műanyagok mennyiségének meghatározására végezhetünk becsléseket. Egyrészt a műanyag-iparban legyártott mennyiségből indulhatunk el. Tehát az összes, eddig legyártott műanyag tárgy tömege megegyezik a jelenleg is használatban lévő műanyag tárgyaink, az újrahasznosításra váró műanyagok, valamint a környezetben (deponálva, föld alatt, szárazföldön,

folyókban, tavakban, tengerekben, óceánokban) megtalálható összes műanyag tömegével. Az egyes tárgyak elavulását figyelembe véve következtetni tudunk, hogy a jelenleg a Földön megtalálható műanyagok milyen arányban fordulnak elő a fent felsorolt helyeken. Talán nem szükséges külön felhívni a figyelmet arra, hogy előbb vagy utóbb a legyártott műanyag termékek mindegyike a természet valamely pontjára kerül elhelyezésre. A környezetünk az egyetlen helyszín, ahol csupán növekedhet a műanyagok mennyisége – ez pedig egészen addig fennáll, amíg műanyagot – mint terméket – előállítunk.

Egy másik módszer pedig a deduktív metodika, amely szerint veszünk egy fajlagos egységet (m, km, m<sup>2</sup>, ha, m<sup>3</sup>, km<sup>2</sup>, stb.), ami kapcsán elvégezzük a méréseinket (összeszámolás, kimérés, szemrevételezés), majd

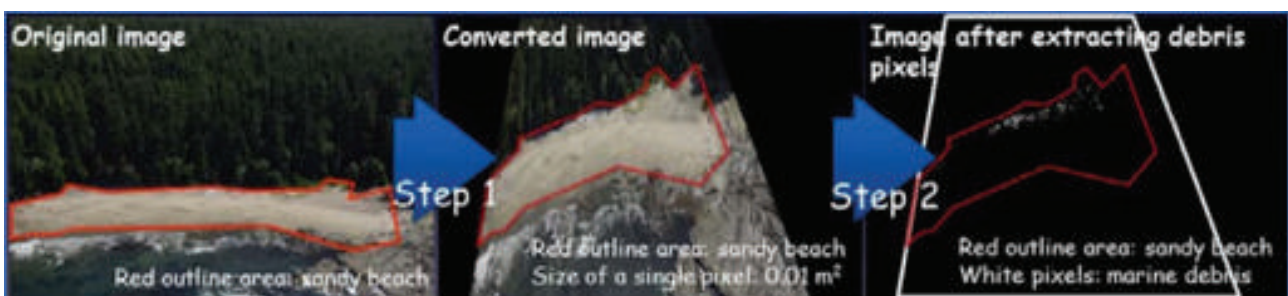
következtetünk az adott ökoszisztéma (folyó, tó, tenger, talaj, stb.) szennyezettségére. A világ számos pontján történtek ilyen jellegű mérések, amellyel egyrészt a probléma globális jelenlétét, másrészt az adott régió szennyezettségét, az adott kultúra/gazdaság környezetre gyakorolt hatását vizsgálták. A mérések, szemrevételezések lehetnek part menti hulladékok összeszámolása, megmérése, parti területek felmérése, a tengerfenék vizsgálata, egy adott vízfelület vizsgálata, egy adott víztest vizsgálata.

A parton található műanyagok, mikroműanyagok mennyiségének meghatározásához a szennyeződés összegyűjtése kézi erővel történik, majd annak kiválogatása, megszámlálása a bevett gyakorlat.

A tengerfenéken található, leülepedett műanyagok mennyiségének meghatározásához vonóhálót bocsátanak ki a hajóról, ami összegyűjti a tenger aljára ülepedett anyagokat. A vonóháló behúzása után az abban található anyagokat szét kell válogatni. Ez a módszer – természetesen – csupán a műanyagok egy részét képes felhozni a felszínre, jellemzően a mikroműanyag fázis kiesik a háló szitáján.

A tengervíz felszínén úszó műanyagok mennyiségének meghatározásához számos módszer létezik. Az egyik szerint hálóval szükséges összegyűjteni az adott vízfelszínen úszó anyagokat, majd szétválogatás után össze kell számolni a műanyag-, mikroműanyag-darabokat. Ezzel a módszerrel a szabad szemmel nem látható részecskék nem kerülnek felderítésre, összeszámlálásra. A másik mérési módszernél egy olyan speciális hálót kell alkalmazni, amely a vizet átengedi, azonban az apró, mikroszkopikus méretű élőlényeket, szilárd anyagokat már nem. A gyűjtés után szét kell válogatni a szerves anyagokat a szervesetlen anyagoktól. Utána a szintetikus anyagok mennyisége számolással megállapítható (Cpt. Charles J. Moore, 2012).

Költségesebb (de nem feltétlenül hatékonyabb) módszer alapján műhold-képeket készíthetünk az adott régióról és azt vizsgálat alá tudjuk vetni. Az egyes óceánok találkozási felületén (konvergencia zóna) eltérő tónussal látszódik a műholdképen az eltérő vízminőség. Ugyanígy az egyes műanyagokkal terhelt régiók is vizsgálhatóak akár 10 cm-es tartományig is (Ecocast et NASA, 2012).



Légi fotózás

Egy másik – ugyancsak költséges – vizsgálat szerint repülőgépekre szerelhetünk fel olyan speciális szenzort, amely képes érzékelni a vízfelszínen úszó, vagy tengerparton megtalálható, jellemzően műanyagból álló szennyeződést – ha nem is az összes méret-tartományban.

A műanyagok átlagos sűrűsége (0,91–0,99 g/cm<sup>3</sup>) (BME, 2017) a víz sűrűségénél alacsonyabb értékű, így a vízfelszínre való felúszás következik be. Az eddigi kutatások alapján elmondható, hogy 10 méter mélységben feleződik a műanyagok, mikroműanyagok mennyisége, tehát a műanyagok felszínen való úszása nagyobb mértékben jellemző, mint a különböző vízrétegekben való lebegése.

A fenti kutatások eredménye, hogy a világóceánban található műanyagok, mikroműanyagok mennyisége évente legalább 8 millió tonnával növekszik (2010-ben 4,8 és 12,7 millió tonna közötti mennyiség érkezett az óceánokba) (Jenna R. Jambeck et Roland Geyer, 2015). Ehhez szükséges hozzávonnunk az eddig bekerült műanyagok tömegét, továbbá a növekvő hulladéktermelésből fakadó további bekerülő mennyiséget. Egyes becslések szerint, úgy, ahogyan 1964-től 2014-ig húszszorosára emelkedett a műanyag termékek gyártása, úgy 2014-től 2034-ig ismét húszszoros értékre emelkedhet a termelt műanyagok mennyisége (Ellen MacArthur Foundation, 2016). Ez tovább növelheti az óceánokba évente bekerülő műanyagok mennyiségét.

## 1.2. A műanyagok csoportosítása

A műanyagok olyan olaj- és gázmolekulából összeállított mesterséges monomerek, amelyeket összekapcsolva, hosszú polimer láncokat kapunk és amelyekhez valamilyen adalékanyagot társítunk. Ezeket apró egységekben (pelletekben) legyártva megkapjuk a műanyag termékek gyártásának alapanyagát. Ezt a pelletanyagot lehet hőkezeléssel, formázással felhasználni a kívánt műanyag termék elkészítéséhez. Lényegében tehát a műanyag nem más, mint egy erős kötésekkal rendelkező hatalmas molekula.

A különféle igények betöltésére különböző tulajdonságú műanyagokat gyártunk. Mivel az alapanyagok adottak, ezért a különböző tulajdonságot különböző adalékanyagok és/vagy mennyiségek adagolásával tudjuk elérni. Az adalékanyagok segítségével javítani tudunk az előnyökön, ki tudjuk küszöbölni a hátrányos tulajdonságokat, javítani tudunk a feldolgozáson, valamint csökkenteni tudjuk a bekerülési költségeket. Ilyen adalékanyagok lehetnek: árcsökkentő adalékanyagok, feldolgozás-javító adalékanyagok, tulajdonság-módosító anyagok, töltőanyagok, lágyítók, kopásállóságot növelő anyagok, stb. (Tábi Tamás, 2015). A felsorolás itt még nem ér véget. Számos olyan szempont és adalékanyag szerepel még a gyártók palettáján, ami üzleti titokként, piaci előnyt biztosító tényezőként van jelen, de a nyilvánosság előtt ismeretlen. Éppen ezért ezeket az anyagokat (veszélyes anyagokat?) nem ismerjük, azonban a környezetre, állatvilágra, bioszférára gyakorolt hatását vizsgálni tudjuk és vizsgálnunk szükséges.

### 1.3. A mikroműanyagok előfordulása különböző vizekben

Földünk 71%-át víz borítja. A műanyagok gyártási, felhasználási, hulladékká nyilvánítási, elhelyezési zónája leginkább a maradék 29%-ot kitevő szárazföld. Azonban, ha a műanyag termék (hulladék, mikroműanyag) víztestbe (folyó, tó, tenger, óceán) kerül, ottan már nem, vagy csak nagyon nehezen jut ki. Ugyanis a vízben lebegő és a víz felszínén úszó műanyag darabka felületének nagyobb hányadát (leginkább egészét) víz, és a folyamatosan benedvesített felületén hat a víz adhéziós ereje. Ennélfogva a víztestből még erős szél hatására sem tud kiválni a szennyeződés. (Ellentétben a szárazföldön elhelyezett hulladékkal, amit a szél könnyen felkap és elszállít – általában víztestbe.)

A különböző típusú vizek különböző módon vesznek részt az akut probléma fokozásában.

A csapadékvíz összegyűjti a különböző közterületen, magántulajdonú ingatlanon elhelyezett tárgyakat, hulladékokat. Ezen szennyezőanyagok jelentős része műanyagot is tartalmaz és lebegésre, a víz felszínén való úszásra képes. A felszíni lefolyás során a felkapott és elragadott hulladék a befogadóba jut.

A csapadékesemény során a víz bejuthat a szennyvízelvezető hálózatba is (szabálytalan csatornahasználat, hátrányosan kialakított felszíni vízelvezetés, stb.-n keresztül.), ott a többlet-víz hidraulikai túlterhelést okozva



*Mikroszálak befogadóba engedése*

ellehetetleníti az egyes szennyvízátemelő telepek, szennyvíztisztító telepek működését; így a szennyvízelvezető hálózatban megjelenő közeg (szennyvíz + csatornaidegen anyagok) kijutnak a környezetbe.

A szabálytalan csatornahasználat révén olyan csatornaidegen anyagok (háztartási hulladék, építőanyag, ruhanemű, stb.) juthat be a szennyvízelvezető hálózatba, amelyek üzemképtelenné téve az egyes szennyvízátemelő telepeket, szennyvíz-elöntéseket okoznak. A csatornahálózatból kikerülő szennyvíz fertőző hatása mellett megjelenik a csatornaidegen anyagok környezetbe való kijutása is (műanyagok, szálanyagok, háztartási hulladékok, stb.)

A szabályos csatornahasználat során még ha figyelembe is vesszük a szennyvíz-elvezető hálózat gyenge pontjait és környezettudatos, jogkövető magatartásunkkal csupán azt engedjük le a csatornába, ami eredetileg is oda való, akkor is juttatunk mikroműanyagokat a környezetünkbe. Akár a kozmetikumok, akár a tisztálkodó szerek használatával, akár ruháink mosási folyamatai során. Ma már túlnyomó többségben olyan ruhadarabokat használunk, amelyek természetes anyagai (gyapjú, pamut, selyem) kombinálva vannak műanyag eredetű szálakkal (poliészter, akril, stb.). Itt említhetők meg azon ruhaneműk is, amelyeket teljes egészében műanyag szálak alkotnak (span-dex, latex, stb.). Kutatások megállapították, hogy egy-egy mosási periódusban a mosott ruha akár 1.900 db-nál is több elemi szálát, rostot képes veszíteni (Mark Anthony Browne et Phillip Crump, 2011). Tehát az elsődleges

mikroműanyagok, valamint a mosásból eredő műanyag szálak együttesen jutnak el az adott terület szennyvíztisztító telepére, ahol – nagy hatékonyságú szennyvíztisztítás mellett is – bekerülnek a befogadóba. A szennyvíztisztító telepek eltérő mechanizmusú és eltérő hatékonyságú tisztítási technológiai egyike sem szűri ki a mikroműanyagok teljes mennyiségét a szennyvízből. Hangsúlyozva, hogy: a szennyvíztisztító telep ellátja feladatát, a szennyvíztisztítási technológia a kor előírásainak megfelel – csupán mikroműanyagok eltávolítására nincs berendezkedve.

Egyes vízfolyások (folyók, folyamok), valamint egyes tengerek, óceánok árhullámai (cunami) képesek arra, hogy kilépve a medrük, illetve partvonaluk határaiból, nagy szárazföldi területeket öntsenek el. Egy-egy elöntés alkalmával az épített környezet és felhasznált anyagok valamely hányadát görgetve, lebegtetve vagy éppen úsztatva az ár magával ragadja. Mivel az ember által használt tárgyak közül a műanyag, vagy műanyag komponensekkel rendelkező tárgyak túlnyomó többséggel jelentkeznek – amúgy is lebegnek, úsznak a víz felszínén -, ezért jelentős mennyiségű műanyag (később mikroműanyag) kerülhet az adott víztestbe árhullám miatt is.

A különböző felszíni vizek (pl. vízfolyások) képesek elszállítani, illetve felhígítani, szétszórni (tavak, tengerek, óceánok) az egyes, jellemzően antropogén jelenlétből fakadó szennyezéseket. Ezen tulajdonságuk révén a felszíni vizek segítenek 'eltüntetni' az emberi faj egyes képviselőinek a szemetét anélkül, hogy

a szemetelő személye, illetve a szemetelés helyszíne visszakövethető lenne. Ez a hulladék, szennyeződés azonban nem a Földről tűnik el, hanem csupán a szemünk előtt.

A tavak, tengerek, óceánok, mint szemetes edények, mint befogadók, magukba gyűjtik azt a nagy mennyiségű anyagot, amit mi hulladéknak nyilvánítunk. Ennek egy része a természetes lebomlás eredményeként (mikroorganizmusok, egyéb magasabb rendű élőlények segítségével) lebomlanak. Azonban a szintetikus anyagok, műanyagok, mikroműanyagok nem bomlanak le, és nem is épülnek be a természet körforgásába, a bioszférába – mivel azok mesterséges anyagok.

Nem szabad azonban elfeledkeznünk arról, hogy bár úgy tűnik, hogy a tőlünk függetlenül működő vízmozgás gyűjti és szállítja, akkumulálja és aprózza a műanyagokat, mégsem a víz körforgása a felelős a világóceánokba kerülő szennyeződésért, hanem az emberi faj. Felelőleges lenne tevékenységi köröket, népcsoportokat, országokat, nemzeteket megnevezni a vizeink, állatvilágunk és Földünk bioszférájának rombolása kapcsán – együtt, kollektíven jutottunk el idáig, a megoldást is együtt kell kidolgoznunk, együtt kell megvalósítanunk.

### 1.3.1. Mikroműanyagok a vízfolyásokban

Az egyes vízfolyások, folyók, folyamok rendszerint befogadói a környezetükben elterülő vízgyűjtő területeknek. Egy-egy csapadék-esemény kapcsán a vízgyűjtőterületről érkező csapadékvíz egy részét fogadják.

Azonban fogadják a vízgyűjtő területről érkező hordalékot is, amely nagy mennyiségben tartalmaz hulladékot, szennyeződést is. Ezen szennyeződések között található a műanyag is, amely aprózódással elemi szálakra hullik, mikroműanyaggá válik. Azonban a folyóvíz folyási sebességéből fakadóan a műanyagok látványos degradációja már a folyóvíz befogadójában, a tengervízben fog bekövetkezni. A korábban tárgyalt elsődleges mikroműanyagok is bejutnak a folyókba, folyamokba, hiszen ezek a befogadók nem csupán a vízgyűjtőterületről érkező csapadékvizeket fogadják, hanem az adott szennyvíz-öblözet szennyvíztisztító telepének tisztított szennyvizét is.

A folyókba jutott műanyagokra, mikroműanyagokra hat a napsugárzás, mint UV-hatás, a hőmérséklet-változás, valamint az egyes részecskék (természetes vagy szintetikus) koptató hatása. Itt kell megemlítenünk az iparosodás-, valamint fosszilis tüzelőanyagok-okozta hatást: a savas esők jelenlétét. A tüzelőanyagok elégetése során kén- és nitrogén-vegyületek szabadulnak fel, amelyek a levegőbe kerülnek. Ezen erős savak hidridjei reagálnak a levegő vízmolekuláival, így létrehozva az erős savakat, a savas esőt. A savas kémhatású közeg további degradációt okozva képes arra, hogy oldja a műanyagokat, mikroműanyagokat.

Mivel a folyók folyamatosan mozognak, szállítják a hordalékot, a lebegő és úszó anyagokat, ezért a bevezetett szennyezőanyagok mennyiségétől és lokális pontjától függően az ülepedő hordalékot, mint egy szőnyeget,



leteríti a folyót újabb és újabb rétegekben, míg a lebegő és úszó szennyeződést tovább szállítja a befogadó felé.

A Wessling Hungary Kft. mérései alapján hazai folyónkban, a Tiszában köbméterenként 4,9 db 300 µm-nél nagyobb, 62,5 db 15 és 300 µm tartományba eső mikroműanyag található. Ebből következtethetünk, hogy óránként több millió mikroműanyag úszik le a Tiszán (Laboratorium.hu, 2017).

Ausztriai kutatások kimutatták, hogy évente hozzávetőlegesen 1500 tonna műanyag-hulladék úszik le a Fekete-tengerig a Dunán (inforadio.hu, 2016).

### 1.3.2. Mikroműanyagok a tavakban

A műanyagok, mikroműanyagok közvetlenül a tó menti tevékenységből kerülhetnek a tóba, közvetve pedig valamely tápláló vízfolyás szennyeződéseként érkezhettek a tó vizébe, mint befogadóba.

A tengerekhez hasonlóan itt is fennáll az akkumuláció jelensége. A műanyagok, mikroműanyagok mennyisége növekszik a tóban, míg – a folyóktól eltérően – az aprózódási, degradációs folyamatok figyelemmel kísérhetőek.

Csakúgy, mint a folyóvizeknél, a tóban lévő műanyagokra, mikroműanyagokra is hat a napsugárzás (UV-sugárzás), a különböző részecskék koptató hatása, valamint a hőmérséklet-különbség. Viszont tavak esetén

ezek a hatások elérik a műanyagok tovább aprózódását.

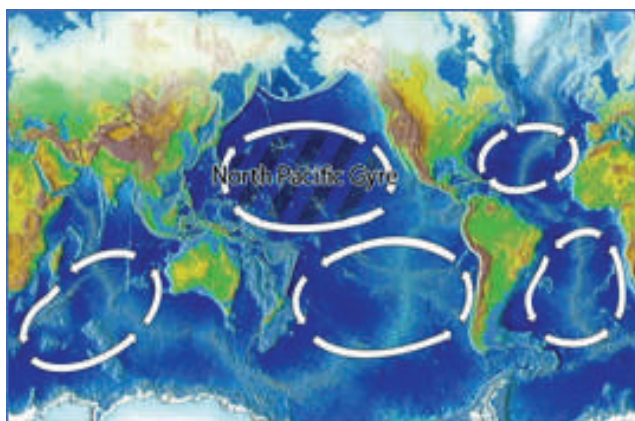
Sekély tavaknál a leülepedett műanyagokra is hat az UV-sugárzás. Mély tavaknál viszont – az afótikus határ alatt – az UV-sugárzás hatása nem tudja az egyes monomer szálakat tovább bontani.

Olyan tavaknál, ahol külső hatásra (szél vagy hőmérséklet-változás) a tó vize átfordul (holomixis jelensége, monomiktikus tavak, dimiktikus tavak, polimiktikus tavak, stb.), az átkeveredés hatással lehet a leülepedett műanyagra, illetve a lebegő műanyagra is.

### 1.3.3. Mikroműanyagok tengerekben, óceánokban

A műanyagok, mikroműanyagok útja leginkább a tengerekbe, óceánokba, világóceánokba vezet. Számos folyó szállítja a szárazföldön keletkezett és felhasznált, később hulladéknak minősített terméket a tengerekbe, óceánokba.

A világóceánban található műanyagokra és mikroműanyagokra hat az óceán sós vize, a napsugárzás (UV-sugárzás), a szél, a tengeri áramlások, a hőmérséklet-változás, az egyes részecskék egymást koptató hatása. Ezen hatások segítik a műanyagok aprózódását, degradációját. A leülepedő részecskék nagy része afótikus zónába kerül, ahol az UV-sugárzás hatása megszűnik. Egy másik része pedig a tengerfenéken, korallzátonyok felületén található.



Öt óceáni szemétsziget

A lebegőanyagok a hullámzással, tengeráramlatokkal együtt mozognak. A vízfelszínen úszó (felső vízrétegben található) műanyagok, mikroműanyagok szintén együtt mozognak a hullámzással, a tengeri áramlatokkal.

Ezen áramlatok hatására a szennyeződés nagy hányada az ún. Nagy Óceáni Szemétszigetet építi, az áramlatok visszatartják az egyes részecskéket attól, hogy egy irányba haladjanak tovább, amíg partot érnek. A világóceán kiterjedése, az áramlatok helyzete, valamint a szennyeződés hatása öt nagyobb Óceáni Szemétszigetet alakított ki.

## 2. A MIKROMŰANYAGOK JELENLÉTÉBŐL FAKADÓ KÁROS KÖVETKEZMÉNYEK

### 2.1. Környezeti hatások

Azok a műanyagok, amelyek ki vannak téve az UV-sugárzásnak, a hőingadozásnak, a csapadékvíznek, egyes esetekben a felhalmozódásból eredő nyomásnak, nagyobb mértékben aprózódnak, hasadnak elemi részecskékké. Az olyan apró méretű részecskék,



Hulladékdepóniából származó csurgalék

amelyeket a csapadékvíz, illetve a talajvíz magával ragadni képes, transzportálódnak. Ezt nevezzük 'csurgalék'-nak (Emma Bryce, 2015).

A csurgalékvízben található mikroműanyagok mérgező anyagokat tartalmazhatnak (eredetükből és útjuk során adszorbeált veszélyes anyagokból fakadóan). Transzportálódás révén a mikroműanyagok eljuthatnak a talajba, élővízbe, ivóvíz-bázisba, valamint beépülhetnek a sejtszövetbe is. A mikroműanyagok közvetlenül is kifejtik káros hatásukat, amikor egy-egy élőlény elfogyasztja azokat.

A műanyag hulladékok – kisebb sűrűségük-nél fogva – úsznak a víz felszínén. Legyen szó akár szárazföldi, akár vízi szennyezésről, a műanyag hulladékok előbb-utóbb eljutnak a tavakba, tengervizekbe, óceánokba – a víz mozgása révén. Azonban a tenger hullámzása, valamint a szintetikus anyagok alakja és mérete is meghatározza, hogy milyen közel kerül az adott műanyag-részecske a vízfelszínhez. Minél kisebb a műanyag darab, annál kisebb mértékben hat rá a felhajtó erő.

A víz felületi feszültségének következtében sokkal nehezebben mozog a műanyag-darab a vízben, mint a szárazföldön szél hatására. A hullámból fakadóan a műanyag-darab elmerülhet. Mivel a sűrűsége kisebb a vízénél ezért a felhajtóerő a vízfelszín felé hajtja a műanyagot, viszont a víz viszkozitásából fakadó ellenállás lassítja ezt a folyamatot. Ebből fakad, hogy néhány 10 m-es tartományra terjed ki a felúszó szintetikus anyagok lelőhelye.

Amely szennyeződés mégis szétszórva megtalálható a világóceánban, azt az ár-ápanya jelenség – a Föld bizonyos pontjain – a partvonalakra szállítja. A partra hordott műanyag, mikroműanyag akadályozza a szárazföldi növényzet terjeszkedését, mérgező anyagok jelenléte során károsítja a partvonalat. A környezeti hatások révén a műanyag-darabok tovább bomlanak, amelyek során azok mérete eléri a parton található homokszem méretét (mikron). Ebben az esetben már szinte lehetetlen összegyűjteni a partra vetett műanyag hulladékot.

Egyes esetekben a mikroműanyagok megzavarhatják meglévő, parti szűrősű ivóvíz-bázisaink állapotát. Elkolmatálódhat az a szűrőfelület, amelybe beleágyazódik a kis mérettel

rendelkező szintetikus anyag – elzárva ezzel a víz útját.

Az egyes tengeri ételek elfogyasztásával mikroműanyag juthat az emberi szervezetbe. Halak, madarak, kagylók direkt és indirekt módon fogyasztják a műanyagokat, mikroműanyagot, elfogyasztásuk által az emberi szervezetbe is kerülhet mikroműanyag-részecske. A madarak eleségnek nézik a lebegő műanyagokat és csupán néhány méteres vízrétegben vadásznak – ahol a legsűrűbb a mikroműanyagok koncentrációja.

Szellemhalászatnak nevezzük azt a jelenséget, amikor egy elhagyott halászháló, halász-zsineg tovább lebeg a víz felszínén (akár 1200 m mélységben is) és anélkül gyűjti össze a tengeri élőlényeket, hogy az hasznot hozna a háló készítőjének. Az ilyen jellegű szennyeződés nagy mértékű veszteséget okoz egy-egy faj populációjának.

Előfordul, hogy élettelen szintetikus anyagok felületén élőlények utaznak. Utazásuk célállomáshoz érve ezen organizmusok (kagylók, algák, mohaállatok, gyűrűsférgék) idegen fajként jelenhetnek meg más élőhelyeken; terjeszkedésükkel rombolva az eredeti bioszférát (Greenpeace, 2006).

## 2.2. Ökológiai hatások

### 2.2.1. A fény elzárása

Az adott víztestet érő fény diszkrét egységekben, fénynyalábokban éri a víz felszínét. Mivel a víznek nagy a fényelnyelő-képessége, így a vízfelszíntől való távolodással csökken a fény intenzitása. A vízi élőlényeknek versengeniük kell a fényért az optikailag sűrű közegben. Ha eleve kevesebb fény érkezik be (megnövekedett lebegőanyag-tartalom), akkor az csökkenti a növekedés mértékét, esetleg egyes fajok kipusztulását, más fajok térhódítását is okozhatja. A lebegőanyagok jelenléte nagyobb mértékű fény-visszaverődést okoz, ami fordítottan arányos az elnyelt fény-mennyiséggel. Ebben az esetben a víz felső rétegének hőmérséklete is csökkentett értéket mutat. A műanyagok, mikroműanyagok egy-egy öbölben, hullámtól mentes vízfelületen összefüggő 'szigetként' is megjelenhetnek. Ezáltal az alattuk lévő élővilágot megfosztják a napfénytől.

A műanyagok – kisebb sűrűségüknél fogva – úsznak a víz felszínén, illetve – a vízmozgás hatására – lebegnek a néhány 10 m-es felső vízrétegben. Ez éppen az a vízmélység, ahol a beérkező UV-sugárzás nagy része elnyelődik, tehát a műanyagok a növényvilágtól 'veszik' el a napsugárzást.

Nagy területű anyagok elzárhatják a fényt sekély tavak élővilága, valamint a tengeri korallok és életközösségeik előtt. Fény hiányában megszűnik a fotoszintézis, az érintett



*Összefüggő hulladékréteg*

növényállomány (és vele együtt a magasabb rendű élőlények) elvándorlása, kipusztulása tapasztalható.

### 2.2.2. Az oxigén elzárása

A leülepedni képes szintetikus anyagok beépülhetnek az egyes korallzátonyokba, ahol környezet-idegen elemként megjelenve zavarhatják az egyes fajok élet-körülményeit, tovább-hasadva: a korallok statikai állékonyságát



*Tengerfenék gázcsere-folyamatait gátló réteg*

is veszélyeztethetik. A fótikus rétegben található leülepedett szintetikus anyagok a víz-üledék határán található élőlények (benton) világába, valamint a fenéklakó (üledékben élő) élőlények (bentosz) világába is beavatkoznak, ugyanis a műanyag akadályozza a gázcsere-folyamatot a vízréteg és az üledék közti pórusvíz között. Érdeemes lenne vizsgálni azt a leülepedett koncentrációt, amely már szűrőként fog viselkedni az aljzaton.

### 2.2.3. Egyed-pusztulás

A különböző lebegőanyagok akadályozzák az állatok mozgását, vadászatát, elrejtőzését. Rengeteg állat szenved a műanyag csomagolótól, a fóliáktól. Beleakadnak, feltekerednek rájuk, így torzulást, szenvedést, fulladást és halált okozva az állatvilág egyes példányainak. Beleakadva a korallokba, a hullámozás hatására rombolják a zátonyok élővilágát. A madarak, teknősök közvetlenül fogyasztják a műanyagokat, mikroműanyagokat. Ezek az anyagok toxinokat bocsátanak ki magukból, amelyek hosszú távú megbetegedéshez vezetnek. Azonban a felhalmozott szintetikus anyagok eltorlaszolják az élelem útját, elakadnak a béltraktusokban, így tulajdonképpen az egyed éhen pusztul.

### 2.2.4. Az ökológiai egyensúly felborulása (GSU TV, 2015)

A mikroműanyagok mérgező hatását a gyártásuk során használt adalékanyag, mint egészségre káros veszélyes anyag, valamint a mikroműanyagok utazása során, azok felszínére adszorbeálódott, nagy mennyiségben



*Emésztőrendszerbe jutott mikroműanyag*



*Hulladékba gabalyodás következményei*



*Fajok vándorlása*

koncentrálódott mérgező anyagok adják. Ezek bármilyen fajnál daganatos megbetegedéseket, fejlődési rendellenességeket, idegrendszeri elváltozásokat, nemzéképtelenséget okozhatnak, és okoznak is.

A táplálék-láncba való bekerülésével a mikroműanyagok káros hatása globális méretűvé fejlődött.

Az indiai partoknál – ahol a műanyag-szennyezés magas – a halak eltűntek.

A műanyag 'tutajon' vándorló fajok más fajok kiszorításához vezetnek.

Az élelemben megtalálható, az ivóvíz-bázist veszélyeztető műanyag már az emberre is veszélyt jelent.

*Felszíni vizek tisztítása*

### 3. A LEHETSÉGES MEGOLDÁSOK

A műanyagok, mikroműanyagok mennyisége, környezetre gyakorolt hatása, bolygónk jövőjére való visszahatása ismert. Azonban a negatív következmények elkerülésére – a megismert probléma mélységéhez képest – csekély erőfeszítést tettünk. Milyen lépésekkel lehet elkerülni azt, hogy a szennyeződés folyamata visszafordíthatatlanná váljon (ha egyáltalán nem léptük még át ezt a háttért)?

- Szemléletváltás (fel kell számolnunk a fogyasztói társadalmi berendezkedésünket.).
- Felelősséget kell vállalnunk az okozott kárért és szerepet kell vállalnunk a kárelhárításban.
- Oktatás, kampányolás, a probléma széleskörű ismertetése.



## 4. ÖSSZEFOGLALÁS

- A műanyag termékek gyártásának csökkentése.
- Hulladékkezelés fejlesztése, ellenőrzése, elmaradásának szankcionálása.
- Nemzetközi jogszabályok meghozása és megfelelő módon történő alkalmazása.
- Folyamatos vizsgálatok, felmérések elvégzése (a meglévő állapotot és az egyes beavatkozások hatásait is).
- Part-takarítás kézi, gépi erővel. Akció-tervek kidolgozása.
- Folyók, csatornák takarítása folyamatosan, az elérhető legjobb műszaki technológiák alkalmazásával.
- Tengervíz, óceánok takarítása.
- Érdemes lenne mérlegelni, hogy a mechanikai-, illetve biológiai-tisztítás, valamint tápanyag-eltávolítás után – mint 4. fokozatú tisztítási technológia – milyen erőfeszítést igényelne a mikroműanyagok eltávolítását célzó technológia bevezetése. Van-e olyan technológia (legyen az hőkezeléssel, vagy vegyszeradagolással járó technológia), amely a vízfázisban lévő mikroműanyagokat polimerizálja, egymáshoz tapasztja, így lehetőséget biztosít a kiszűrésre? Az ilyen kérdések megválaszolása időszerű, ezen vizsgálatok elvégzése – környezetvédelmi szempontból is – célszerű lenne.

A műanyagok széles körben elterjedtek. Visszaszorításuk, valamint a folyamat megfordítása, a kármentesítés csupán globális összefogással, közös akarattal valósítható meg – hosszú évtizedek megfeszített munkájával.

Számos megközelítés alapján igyekszünk kezelni a felismert problémát. Egyes szervezeteknél a pontos vizsgálatok eredménye található, míg máshol az eltökéltség és a szorgalom. Egyes nemzetek kiváló ötletekkel rukkolhatnak elő, míg más nemzeteknek a korábban már megalkotott technológiákat (pl. hulladékkezelés) kellene bevezetniük és magas színvonalon üzemeltetniük.

Meglátásom szerint a korábban bemutatott megoldási javaslatok és meghozott intézkedések összehangolására van szükség. Nemzetközi szintű összefogással minden nemzet, szervezet és személy megtalálhatja a maga szerepkörét ebben a feladatban.

Az egyes személyek a saját műanyag, illetve műanyag-komponensű termék-igényükért felelnek. Mindenkinek szem előtt kell tartania a tényt, hogy a fogyasztói társadalom a fenntartható fejlődés ellen dolgozik. Ha meg akarjuk őrizni az 'eldobható' termékek kényelmes világát, akkor a célunkat nem tudjuk elérni.

Az egyes hatóságok az ellenőrzést, szankcionálást végezhetnék, amelynek hatására a cél – habár kényszerűen –, de

folyamatosan ott lebegne mindannyiunk szemelőtt.

Az egyes K+F szervezetek, laborok különböző méréseket, laborvizsgálatokat szervezhetnek, hogy az elért eredményeket figyelemmel kísérhessék, az újításokat, javításokat bevezethessék.

Az egyes nemzetek kormányai közösen, egyetértésben egy globális szerveződésben koordinálhatnák a kármentesítést, takarítást. Törvényekkel, rendeletekkel, esetenként támogatásokkal csökkenthetnék a természetbe kikerülő műanyagok mennyiségét.

Szükséges megóvnunk a vizeinket. A víz körforgása, folyamatos mozgása transzportálja a szennyeződést, így azt egy jóval hatalmasabb közegben, a világóceánban kell kezelnünk.

A mikroműanyagok szennyeződése elleni fellépés azonban nem opcionális döntés és nem is gyermekeink, unokáink döntése. Az eddigi tapasztalatokat felhasználva, a bemutatott megoldások tökéletesítésével, alkalmazásával, valamint új metodikák megteremtésével közösen tudunk csak fellépni a Föld védelmére, az okozott károk felszámolása kapcsán. Mi az, ami összekovácsolhat bennünket? A felismerés, hogy gyermekeink szükséges életkörülményeit is csupán egy egészséges bioszféra tudja fenntartani – ne tegyük tönkre.

## IRODALOMJEGYZÉK

- BME jegyzet(2017): Szerves szintetikus polimerek  
Boucher, J. et Friot, D.(2017): Primary Microplastics in the Oceans: a Global Evaluation of Sources (IUCN – International Union for Conservation of Nature)  
Browne, M. A. et Crump, P. et Niven, S. et Teuten, E. et Tonkin, A. et Galloway, T. et Thompson, R.(2011): Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks (Environ.Sci.Technol.)  
Bryce,E.(2015): What really happens to the plastic you throw away  
Ecocast et NASA(2017): Remote sensing of marine debris to study dynamics  
Ellen Macarthur Foundation(2016): The new plastic economy rethinking the future of plastic  
Greenpeace(2006): Plastic Debris in the World's Oceans  
GSU TV(2015): Special Edition: The Plastic Gyre  
inforadio.hu(2016): Évente 1500 tonnányi műanyag úszik le a Dunán anélkül, hogy látnánk  
Jambeck, J. et Geyer, R. et Wilcox C. et Siegler, T. et Perryman, M. et Andrady, A. et Narayan, R. et Lavender Law, K.(2015): Plastic waste inputs from land into the ocean  
Laboratorium.hu(2017): Mikroműanyag úszik a Tiszában  
Moore, C.(2012): Garbage Island: An Ocean Full of Plastic  
NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration – Marine Debris Program(2017): Microplastic Marine Debris  
Tábi, T. Dr.(2015): Polimerek adalékanyagai

Képek:

- 1.kép Elsődleges mikroműanyagok  
(<https://www.unep.org/gpa/dutch-rally-support-europe-wide-microplastic-ban-bid-keep-mussels-menu>)
- 2.kép Másodlagos mikroműanyagok  
([http://plasticchange.org/our-documentation/microplastic/\(\trf1\)](http://plasticchange.org/our-documentation/microplastic/(\trf1)))
- 3.kép Légi fotózás  
(<https://ecocast.arc.nasa.gov/las/Reports%20and%20Papers/Marine-Debris-Workshop-2017.pdf>)
- 4.kép Mikroszálak befogadóba engedése  
(<http://storyofstuff.org/movies/story-of-microfibers/>)
- 5.kép Öt óceáni szemétsziget  
([https://en.wikipedia.org/wiki/Great\\_Pacific\\_garbage\\_patch](https://en.wikipedia.org/wiki/Great_Pacific_garbage_patch))
- 6.kép Hulladékdepóniából származó csurgalék  
([https://www.youtube.com/watch?v=\\_6xINyWPpB8](https://www.youtube.com/watch?v=_6xINyWPpB8))
- 7.kép Összefüggő hulladék réteg, amely elzárja a fény útját  
(<https://steelysdrinkware.com/the-problems-with-plastic/>)
- 8.kép Tengerfenék gáz-csere folyamatait gátló hulladék  
(<http://www.biopedia.com/la-contaminacion-de-los-oceanos/>)
- 9.kép Belegabalyodás veszélyei  
(<https://hu.pinterest.com/pin/83246293083857378/>)
- 10.kép Emésztőrendszerben felhalmozódó műanyagok  
(<http://ocean.si.edu/slideshow/laysan-albatrosses%E2%80%99-plastic-problem>)
- 11.kép Új fajok érkehetnek nagy távolságból  
(<https://www.sciencenewsforstudents.org/article/swirling-seas-plastic-trash>)
- 12.kép Felszíni vizek tisztítása  
(<http://www.zigersnead.com/projects/details/baltimore-water-wheel/>)



# EURÁZSIAI VÍZÜGYI KONFERENCIA

VÁROSI MEGOLDÁSOK,  
GLOBÁLIS KIHÍVÁSOK

2018. SZEPTEMBER 13-14.

Az **Ázsiai-Európai Vízügyi Együttműködés** (ASEM Water) több mint 50 tagországát képviselő **magas rangú** állami, kormányzati vezetőknek, az eurázsiai vízipari, tudományos és technológiai intézetek, szakmai szövetségek, ipari kamarák, nemzetközi pénzügyi intézmények **legfelsőbb vezetőinek és szakértőinek** részvételével **Eurázsiai Vízügyi Konferencia** kerül megrendezésre Budapesten 2018. szeptember 13-14-én.

A konferencia **fővédnöke:** Áder János, Magyarország köztársasági elnöke, szervezője a Magyar Vízipari Klaszter és az ASEM Water, **társszervezője a MaSzeSz.**

A nemzetközi tanácskozás **kiemelt jelentőségű,** hiszen a magyar vízipar és vízdiplomácia aktív nemzetközi szerepvállalásának köszönhetően több mint 200 szakértő, potenciális üzleti partner érkezik két napra Budapestre, hogy a kontinenseken átívelő vízügyi kihívások mentén tapasztalatot és eszmét cseréljenek, valamint kiszélesítsék piaci, gazdasági kapcsolataikat.

**Regisztráljon és legyen résztvevője konferenciánknak!**

**Ne mulassza el** a különleges alkalmat!

**Jegyezze be** a naptárába: az Eurázsiai Vízügyi Konferencia várja Önt 2018. szeptember 13-14-e között Budapesten!

További információ és jelentkezés:

[www.asemwaterbudapest2018.hu](http://www.asemwaterbudapest2018.hu)

## A SZENNYVIZEK KEZELÉSÉRŐL ÉS HASZNOSÍTÁSÁRÓL TÁRGYALT AZ MTA VÍZGAZDÁLKODÁS-TUDOMÁNYI BIZOTTSÁG VÍZELLÁTÁSI ÉS CSATORNÁZÁSI BIZOTTSÁGA

A MaVíz előadótermében 2018. április 4-én a szennyvíz hasznosítását szolgáló kezeléséről és az ezt követő újrahasznosításáról tárgyalt a Magyar Tudományos Akadémia Vízgazdálkodás-tudományi Bizottságának Vízellátási és Csatornázási Bizottsága.

Prof. Dr. Juhász Endre elnök megnyitója után **Tolnai Béla** okl. gépészmérnök tartott érdeklődésre és vitára számot tartó előadást „Szennyvizek hasznosítása hangsúly eltolódással” címmel.

Előadása két részből állt,

- egyrészt a szennyvíziszap,
- másrészt a szennyvíz hasznosításával összefüggő kezelési kérdéseket tárgyalta.

Megítélése szerint az energiahasznosítás a szennyvíziszapból elfogadható, az elégetést azonban már nem találja célravezetőnek. Az iszapstabilizálást elsődlegesnek tartja, a keletkező gáz hasznosítását másodlagosnak ítéli.

A HÍRCSATORNÁ-ban megjelent korábbi cikkére kitérve végigvezette a különféle szennyvíztisztítási eljárásokban a Pe szám és más, fontosnak tartott paraméterek meghatározását. Végül ajánlásokat fogalmazott meg. Javaslatait az ismeretterjesztésre, az ipari szennyezők ellenőrzésére és kompenzációjának területére terjesztette ki.

**Prof. Emeritus Dr. Ligetvári Ferenc DSc.** előadása „A szennyvizek mezőgazdasági hasznosítása” címet viselte. Történelmi visszatekintését a kolozsvári szennyvízhasznosításával indította, majd Oroszlány István 1940-es eredményeinek ismertetésével folytatta. Szólt a talajnak, mint élőhelynek a szerepére a szerves anyag, tápanyagok lebontása és a mikrobiális élet egyedeinek feldolgozása szempontjából, megemlítette az enzimek lebontó képességét is.

Rátért Román Pál Észak-pesti telepen végzett kísérleteire, és Sitkey Judit Táborfalván megvalósított kutatásaira, melynek során megállapította,

hogy a szennyvíz talajra történő elhelyezése hatására 1 m-el az elhelyezési szint alatt már sem protozoákat, sem cystákat nem detektáltak.

A hasznosítás kérdésében elsősorban az energiaerdők szerepét emelte ki, a SALIX energiafűz telepítésének módját és tapasztalatait a következő előadás mutatta be részletesen.

**Bokodi László** megújuló energia szakértő „A SALIX a megújuló energiaforrás” c. hozzászólásában megállapította, hogy nem a kultúrákhoz kell az alkalmazási területet megválasztani, hanem a termőhelyi adottságokhoz kell kultúrát rendelni.

Ezért a folyamat a következő részekre tagolható:

- termőhely felmérés,
- agrotechnológiai feltételek biztosítása,
- engedélyezés,
- a termék értékesítése, felhasználás biztosítása.

A gyorsan növő fűzfákból a svéd kutatások során az Inger és Tordis típusok váltak be.

A dán kutatásokból a SALIX integrációs rendszer emelhető ki. Ez a csemetekerti szaporítóanyag előállítás után a termelőknek a dugványok integrált értékesítésének és az apríték visszavásárlásának folyamatát jelenti. Végezetül filmet mutatott be a SALIX integrált rendszer működtetéséről.

Az ülést élénk vita követte, a kérdések és spontán hozzászólások csatlakoztak a természetes biológiai tisztítás és a hasznosítás részletezett folyamataihoz.

Az ülés végén Prof. Dr. Juhász Endre elnök megállapította, hogy támogatásra érdemes témaköröket érintettek az előadók és a szennyvízhasznosítás kérdését időszerű volt részletes vizsgálat tárgyává tenni.

*Lejegyezte  
Prof. Emerita Dulovics Dezsőné dr.*

## BÚCSÚZUNK STEHLIK JÓZSEFTŐL

**Stehlik József dr.** (1930.12.12. Budapest) okleveles gépészmérnök, vízellátási, csatornázási, egészségügyi szakmérnök, egyetemi doktor 2018. április 29-én, életének 88. évében rövid betegség után elhunyt.

Stehlik Józsefnek a szakmai tevékenysége a Mélyéptervben teljesedett ki. Kisebbségi települések, ipari létesítmények szennyvíztisztító tervei készítésében találta meg önmagát. Vízügyi Műszaki Segédletek, a szennyvíztisztítás egységesítése, az új gépészeti gyártmánytervek, szabadalmak kidolgozása szintén hozzátartozott tevékenységéhez.

Számos díjnyertes pályázat is fűződik a nevéhez.

Gyakorta tartott előadásokat szakmai fórumokon, nem csak itthon, hanem a Közel-Keleti országokban is, Libanonban, Irakban, Jordániában. Utóbbi országokban több szennyvíztisztító telepet tervezett és részt vett azoknak az üzembe helyezésében is.

Speciális szakterülete volt az iszap- és trágyakezelés. Biogáz telepek létrehozását segítette Indiában.

A MaVíz elődjében a Víz- és Csatornaművek Országos Szakmai Szövetségében szakértőként dolgozott. Kiadványok egész sorának volt a szerkesztője. Tagja volt az MHT Csatornázási és Szennyvíztisztítási Szakosztályának, a Mérnök Kamarának és Szövetségünknek is.

Kivette részét az oktatásban is. Óraadóként, konzulensként gyarapította a mérnökhallgatók tudását. Tapasztalatait, újszerű megoldásait előadások, szakcikkek megjelentetésével tette közzé. Nyugdíjba vonulása után a Mélyépterv Komplex Zrt. munkáját segítette. Haláláig saját Mérnökirodát működtetett. Az utóbbi két év-tizedben a természetközeli szennyvíztisztítást népszerűsítette. Segédleteket készített az alkalmazásukra, szakcikket írt róluk.

Követendő mintaként emlegetik a szakmában a közreműködésével megépített Aparhanti nyárfás öntöző telepet, melyet egyebek mellett a HÍRCSATORNÁ-ban is ismertetett.

Nem csak jó szakember, hanem kiváló válogatott sportoló is volt. Sok-sok evezős versenyen ért el kiváló eredményt. Szenior világversenyeken számos világbajnoki címet és helyezést tudhatott magáénak

Szakmai társadalmunk személyében egy színes egyéniséget, segítőkész, kiváló mérnököt, jól felkészült kollégát veszített el.

***Kedves Jóska! Emlékedet megőrizzük!***

***Végakarata szerint szűk családi körben fogják búcsúztatni, hamvait az imádott Kis-Dunába szórva helyezik örök nyugalomba.***

***Szövetségünk a Kis-Dunáról írt versével búcsúzik tőle.***

## A KIS DUNA PARTJÁN

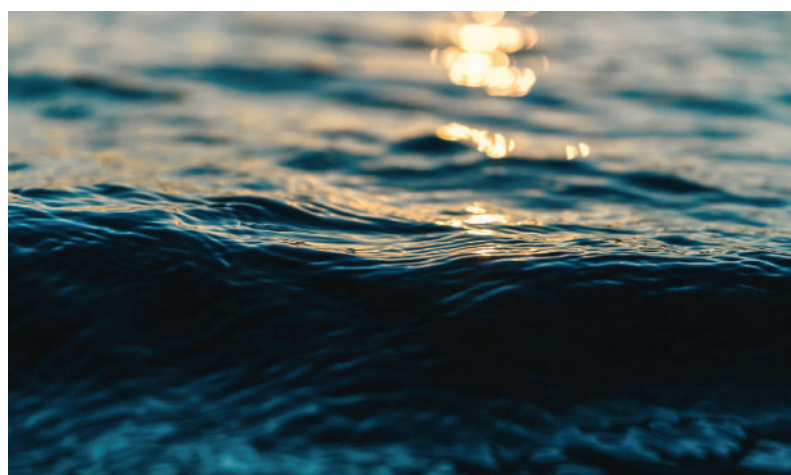
Ülök a stégem szélén  
s gyönyörködöm a csodálatos vízben,  
meg az őt körbevevő természetben.

Lassan nyugovóra tér a nap is,  
mint ahogy leáll a szél is.  
Tükörsima a víznek teteje,  
csak a szárcsák karcognak néha bele.  
Csendben úszkálnak előttem,  
s várják, hogy őket etessem.

Fejem fölött a fán egy harkály dolgozik,  
Remélem, a nyakamba nem esik.

Óh de szép is a Természet!  
S legfőképp, amely engem körbevesz.  
Így ülök a vízpart szélén,  
s szinte hallom, mint szól felém.  
Hallom, ahogy beszél hozzám,  
és azt mondja, hogy vigyázz reám!

Tisztítsd meg a csatornák vizét,  
mielőtt belém eresztenék.  
Mert én hűsíttem arcodat a  
forró nyári napsütésben.  
Én frissítem fáradt tested  
edzéseid után.



Csobogásom nyugtatja lelkedet,  
madaraim tánca bűvöli tekinteted.  
Hajódat hátamon hordozom,  
egészségedet ezzel is fokozom.  
Frissítelek, gyógyitalak,  
üdítelek, vidítalak.

Az öregek hajóit ringatom,  
ne dobj szemetet belém, nem hagyom!  
Mert tükör vagyok, arcod vagyok.  
Nem szeretem, ha piszkos vagyok.

De nád és báj, folyó és táj.  
Úszás és merülés,  
áldás és könyörgés,  
értened kell!

A kis Duna vagyok,  
őrizned kell!

## PÓDIUMBESZÉLGETÉST TARTOTT AZ MTA KÖRNYEZETVÉDELMI ELNÖKI BIZOTTSÁGÁNAK VÍZ ÉS KÖRNYEZET ALBIZOTTSÁGA „TERVEZÉSI ALAPOK MEGÚJÍTÁSÁNAK FELADATAIRÓL A TELEPÜLÉSI CSAPADÉKVÍZ-GAZDÁLKODÁSBAN” CÍMMEL

2018. április 20-án a Magyar Tudományos Akadémia Elnöki Tanácsstermében pódiumbeszélgetést tartott az MTA Környezetvédelmi Elnöki Bizottságának Víz és Környezet Albizottsága a moderátori feladatot ellátó **Szilágyi József** egyetemi tanár (BME) vezetésével „Tervezési alapok megújításának feladatairól a települési csapadékvíz-gazdálkodásban” címmel.

A pódiumbeszélgetés társszervezői a Budapesti Műszaki Egyetem, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem, az MTA Meteorológiai Tudományos Bizottsága, az OVF Vízügyi Tudományos Tanácsa voltak.

A vitaindító előadások sorában elsőnek **Bíró Tibor** (NKE) az elmúlt évben szervezett bajai csapadékvíz-gazdálkodási konferencián felvetett problémákat és ajánlásokat ismertette. Ezt követően **Lakatos Mónika** (OMSZ) szólt a klímaváltozás során jelentkező intenzívebb

csapadék hullást és ezzel összefüggésben a nagyobb tervezési értékeket. Majd **Buzás Kálmán** (BME) a települési csapadékvíz-gazdálkodás tervezési feladataiban jelentkező hiányokat és dilemmákat foglalta össze, amihez csatlakozott **Varga Laura** (BME) az új tervezési csapadékok kidolgozásának alapjaira és **Gayer József** (VzTT) a témával összefüggő stratégiai kérdésekre vonatkozó ismertetése. Az OVF részéről **Láng István** felvetette a települési csapadékvíz-gazdálkodási program koordinált megvalósításának lehetőségeit. Majd **Novák Gyula** (MMK), **Oszoly Tamás** (MaVíz, FCSM), **Csik András** (OVF), **Szalai Sándor** (SZIE) felkért hozzászólók rövid ismertetései után számos spontán problémafelvetés hangzott el. A MaSzeSz részéről **Juhász Endre** alelnök és **Dulovics Dezsőné** főszerkesztő nyilvánították ki véleményüket a tématerület komplexitását és megközelítésének összetett voltát illetően.

## TELEPBEMUTATÓVAL ÖSSZEKÖTÖTT MHT ELŐADÓ- ÜLÉS AZ ÉSZAK-PESTI SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEPEN

A Magyar Hidrológiai Társaság Csatornázási és Szennyvíztisztítási Szakosztálya 2018. május 10-én kihelyezett előadóülést tartott az Észak-pesti Szennyvíztisztító Telepen. Két szakmai előadás hangzott el a telep bemutatásával összekötve.

**Román Pál** Szakosztályi elnök üdvözlő szavait, és **Kassai Zsófia** Szakosztályi titkár megnyitóját követően került sor a VízTEC részéről:

**Nyuli Gábor** (VTEC): „Fonalsodás és felhabzás - biológiai tisztítási problémák és megoldási lehetőségek” című előadására. Kifejtette, hogy a jelenség észlelése kapcsán szükséges a lokalizálás. A probléma azonosítását a habzás, felúszás és nehezen vízteleníthető iszapfrakció jelzi. A hiba analízis folyamatára részletesen kitért, ismertette a *Microthrix parvicella*, a *Nocardia* sp. és a Typ 0041 mikroorganizmusok megjelenésének okait, észlelését, és a lehetséges beavatkozásokat. Esettanulmányokat mutatott be a Heves Megyei Vízművek egyik tisztító telepéről a szóban forgó mikroorganizmusok eredményes csökkentésére vonatkozóan. Ismertette a VízTEC cégcsoport részéről az EMVÍR (Egységes Mikrobiológiai Vizsgáló Rendszer) alkalmazásának előnyeit.

A következő előadást **Kiss Katalin** (FCSM Zrt, Észak-pesti Szennyvíztisztító telep) tartotta „*Microthrix parvicella* megfékezésének üzemi

tapasztalatai az Észak-pesti Szennyvíztisztító telepen” címmel.

Előadását a telep átépítésének folyamatával indította, majd áttért a *Microthrix parvicella* megfékezésének üzemi tapasztalataira, a biológiai lépcsőben és a rothasztókban tapasztalt habzásra. A beavatkozások során csökkentették az iszapkört és az iszapkoncentrációt. Üzem szerinti optimális oldott oxigén koncentrációt biztosítottak az eleveniszapos medencékben. Optimalizálták a polimerek adagolását a víztelenítő centrifugáknál. Ennek során csökkentették a polimer felhasználást, és növelték az iszap szárazanyag tartalmát SD-RTC modul segítségével. Javították a polimer beoldását. Áthelyezték a vas-klorid adagolási pontját, és alumínium tartalmú vegyszereket – Alcofloc-C-t és Piral 6-ot 3,5 Al (kg TS .d) adagolással – alkalmaztak.

Az előadások befejeztével következett a telep bemutatása, melyen a résztvevők nagy érdeklődéssel vettek részt, és bejárták a kitűnően működő telepet. Sikeres próbálkozás az MHT Csatornázási és Szennyvíztisztítási Szakosztály vezetőségének részéről, hogy összekapcsolják az elhangzó előadásokat a felvetett témakörök helyszíni megtekintésével.

*Lejegyezte:  
Prof. Emerita Dulovics Dezsőné dr.*

## KVASSAY JENŐ DÍJBAN RÉSZESÜLT ELNÖKSÉGÜNK TAGJA: BODA JÁNOS

### *SZAKMAI ÉLETÚTJA, ÉRDEMEI*

BODA JÁNOS (1943. 02. 17. Budapest) okleveles építőmérnök, környezetvédelmi szakmérnök.

Mérnöki oklevelét 1968-ban a Budapesti Műszaki Egyetemen szerzi meg, majd ugyanitt 1973-ban szakmérnöki oklevelet kap.

Szakmai tevékenységét 1968-ban a Mélyéptervben kezdi meg, ahol a vállalat II. Komplex Közmű és Mélyépitési irodáján előbb tervezőként, majd vezető tervezőként, végül osztályvezetőként, irodavezető helyettesként dolgozott 1992-ig a vállalat megszűntéig

Ezt követően munkáját technológus főmérnökként a MÉLYÉPTERV Komplex Mérnöki Kft.-ben majd Rt.-ben, Zrt.-ben folytatja, ahol az igazgatóság tagja is.

Munkája során számos hazai és külföldi szennyvíztisztító telepnek és kapcsolódó létesítményeinek az előkészítő, engedélyezési, és kiviteli tervezésénél, megvalósulásánál technológus főtervezőként működött közre. Feladatai között szerepelt környezeti hatástanulmányok, uniós pályázatok összeállítása, műszaki irányelvek,



szabadalmak kidolgozása, kutatás-fejlesztési feladatok irányítása is. Speciális szakterülete az iszaprothasztás, gázmotoros biogázhasznosítás. Ko-fermentációs biogázüzemeket tervezett és közreműködött a szennyvíziszap hasznosítási és elhelyezési projektfejlesztési koncepció kidolgozásában. Több díjnyertes pályázat kidolgozásában vett részt. Közel 90 publikációval, előadással járult hozzá a szakmai ismertek bővítéséhez. A Mérnöki Kézikönyv III. kötetének társszerzője, a Települési szennyvíziszapok kezelése című könyv szaklektora.



Munkái közül Lampl Hugó díjat kapott a nyíregyházi és a nagykőrösi szennyvíztisztító telep, Magyar Minőség Háza díjjal jutalmazták a kecskeméti szennyvíztisztítót, és Tierny Clark díjjal a nyíregyházi rothasztókat.

A vízügy érdekében végzett kimagasló tevékenysége elismeréséül 2009-ben és 2013-ban Sajó Elemér, 2014-ben Vásárhelyi Pál díjat kapott.

Széleskörű szakmai társadalmi munkát végez. A Magyar Hidrológia Társaságnak 1968 óta tagja. A Csatornázási és Szennyvíztisztítási Szakosztálynak 1993 és 1999 között titkára, előtte és utána vezetőségi tagja, rendezvények szervezője, előadója. Munkásságát a Társaság 1993-ban Pro Aqua emlékéremmel, 2004-ben Lampl Hugó díjjal és 2005-ben Bogdánfy Ödön emlékéremmel ismerte el.

Megalakulása óta elnökségi tagja a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetségnek. A Szövetség a szennyvíztisztítás és a szennyvíziszap kezelés szakterületén végzett több évtizedes kiemelkedő tervezői, oktatói tevékenységét 2016-ban Aranyfedlap díjjal jutalmazta.

Tagja a Magyar Biogáz Egyesületnek is, ahol a megújuló energia gazdaságos kihasználásának lehetőségeiről illetve az ezekhez kapcsolódó berendezésekről tartott előadásokat, mutatott be általa tervezett létesítményeket.

A Magyar Víziközmű Szövetség munkáját előadásokkal, szakcikkek írásával segíti.

A Budapesti és Pest Megyei Mérnöki Kamara tagjaként tevékenysége a szakmai közéletben betöltött szerepéhez kötődik.

Közműves (szennyvízes) szakember nagyon ritkán kap ilyen fokozatú kitüntetést. Emberi magatartására, országos szinten kiemelkedő szakmai tevékenységére, társadalmi vagy szakmai szövetségtől függetlenül végzett önzetlen tanítási célú előadásaiért, a szakma érdekében kifejtett szervezési munkájáért, 50 éves (arany) diplomájára és különösen 50 éves társasági tagságára is tekintettel kapta meg a Magyar Hidrológiai Társaságtól a Kvaszay Jenő Díjat.

# HAWLE- OPTIFIL - CANFIL

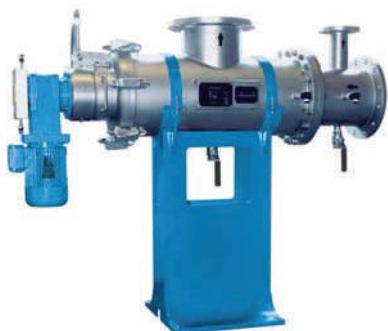
## AUTOMATA VISSZAÖBLÍTÉSES SZŰRŐ



- + Szűrő pórusméret 1  $\mu\text{m}$  – 3000  $\mu\text{m}$
- + Visszaöblítés a szűrés megszakítása nélkül
- + Minimális visszaöblítési vízszükséglet (2l-36l)
- + Erősen szennyezett víz szűrése is lehetséges
- + Elhanyagolható vízvesztés a szabadalmazott visszaöblítőnek köszönhetően
- + A beépített anyagok alkalmasak vízzel és élelmiszerrel való alkalmazáshoz
- + Ellenállóság a vegyi és fizikai hatásokkal szemben
- + Teljesen zárt szűrőrendszer
- + A szűrő anyaga meghatározott műszaki paraméterekhez választható (szemcseméret, térfogatáram, nyomásviszonyok)
- + Egyszerűen karbantartható és tisztítható
- + Gyors telepítés, azonnali üzem
- + Helytakarékos kialakítás
- + Minimális működési és karbantartási költségek
- + A szűrő anyaga tisztítás után újra felhasználható

### ALKALMAZÁSI TERÜLETEK

- ivóvíz ellátás
- vízkezelés
- öntözőrendszerek
- hóágyú
- előszűrés UV kezeléshez
- előszűrés ultra- és nano-szűréshez
- szennyvíztisztítás utáni utószűrés
- és számos további alkalmazás



### FOLYADÉKOK

#### Víz:

- ivóvíz
- technológiai víz
- tengervíz
- felszíni víz
- szennyvíz

#### Élelmiszer és ital:

- gyümölcslé
- bor
- sör





# Zsiráf

Kreatív ügynökség

## KÖLTSÉGKIMÉLÉS 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

