

# Híresatorna

A MAGYAR VÍZ- ÉS SZENNYVÍZTECHNIKAI SZÖVETSÉG LAPJA  
2022/2. szám



**FIATALOK A SZAKMÁBAN**

# 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 online folyóirata**

1046 Budapest, Kiss Ernő u. 3/A 419.

www.maszesz.hu

**Kiadó:** MaSzeSz

**Főtitkár:** Rózsa Bálint

**Kiadásért felel:** Rózsa Bálint

**Főszerkesztő:** dr. Papp Mária

**Szerkesztő:** Lehőcz Anita

**Szerkesztőbizottság tagjai:** Csörnyei Géza, Géczi Ágnes, Dr. Jobbágy Andrea, Dr. Karches Tamás, Dr. Kárpáti

Árpád, Kiss Katalin, Dr. Licskó István, Laky Dóra, Makó Magdolna, Madarász Emese, Vadkerti Edit

Megjelenik negyedévente

**Grafika és tördelés:** Zsiráf Kreatív Ügynökség

## TARTALOM

Beköszöntő	4
<b>SZAKMAI - TUDOMÁNYOS ROVAT</b>	
<b>Szennyvíztisztító telepen működő ko-fermentációból keletkező biogáz hasznosításának energiabiztonsági vizsgálata</b> - Molnárová Viktória	5
<b>Tolózárak kritikussága ivóvízhálózatokban</b> - Dr. Wéber Richárd, Délei Ákos, Huzsvár Tamás, Dr. Hős Csaba	16
<b>Sómentesítési módszerek összehasonlító értékelése életciklus elemzéssel: fordított ozmózis és termikus eljárások</b> - Do Thi Huyen Trang, Tóth András József	25
<b>Egy szennyvíz-agglomerációs projekt megvalósításának tanulságai – avagy mit csinálnánk legközelebb másképpen?</b> - Fenyvesi Nóra	38
<b>A szennyvíztisztítás kialakulása és jelenlegi fejlesztési irányai – (I)</b> - Prof. Hartmann és mások után tömörítve - Dr. Kárpáti Árpád (PE)	47
<b>A hazai vízellátottság jelenlegi adottságai</b> - Lábdy Jenő	64
<b>MASZESZ HÍREK, AKTIVITÁSOK</b>	
Dulovics Junior Szimpózium	69
A VÍZÉRTÉK SZEREPE A VÍZIKÖZMŰ SZOLGÁLTATÁS FENNTARTHATÓSÁGBAN	72
A MaSzeSz Dr. Benedek Pál Díj kitüntettje - Dr. Licskó István	75
2022 évi MaSzeSz webinarium sorozat	76
Az Integrált Települési Vízgazdálkodási Terv (ITVT) szerepe és követelményei - A Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség webinariuma	77
2022/2 Az Innováció menedzselése - a VTK Innosystem támogatásával	79
A Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség webinariuma	80
MaSzeSz 2022. évi rendes Közgyűlése	80
Találkozás a legfiatalabbakkal – Iskolai önkéntes előadások a Fenntarthatósági Témahéten	81
Gratulálunk Tanár Úr!	85
<b>ÁGAZATI HÍREK</b>	
Láng István az OVF főigazgatójának a Víz világnapja alkalmából megtartott előadása 2022.	88
Környezetmérnöki Szakmai Nap az Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Karán	91
A Magyar Hidrológiai Társaság XXXIX. Országos Vándorgyűlése	94
<b>NEMZETKÖZI KITEKINTŐ</b>	
KA Korrespondenz Abwasser, Abfall – lapszemle	95
<b>KÉPZÉSI AJÁNLÓ</b>	
Képzési ajánló	99



## BEKÖSZÖNTŐ

### KEDVES OLVASÓKI!



Mire újságunk következő számát olvassák, lassan elérünk a 2022. év feléhez.

A tartalomjegyzéket böngészve látszik, hogy **sok-sok minden**

#### történt az elmúlt hónapokban.

A márciusban megrendezett hagyományos **Dulovics Junior Szimpózium** ismét sikerrel zárult, nagyon érdekes és színvonalas előadásokat hallottunk a fiataloktól, a díjat kapott előadók cikkei megjelennek a mostani számban.

A szakma egyik nagy problémája, hogy a megvalósuló projektek során számos olyan kérdés merül fel, melyet a **következő munkák alkalmával érdemes lenne elkerülni**, ezek megoldására kapunk hasznos információkat az itt olvasható konkrét példák alapján.

A gyakorló szakemberek számára mindig fontos a már megszerzett **ismeretek valamilyen módon történő újragondolása**, ebben segít a szennyvíztisztásról szóló cikk első része.

A szakmában örök téma a  **hazai vízellátottság helyzete** és ez a jövőben sem fog változni -**"Bezzeg a mi időnkben télen tél volt, nyáron pedig nyár."** - írja a cikk szerzője.

Az elmúlt időszakban a MaSzeSz programjai is széles választékot mutattak: **Víz érték konferencia**, Webináriumok, **Közgyűlés**, előadás a fenntarthatóságról iskolásoknak. Mindezekről az eseményekről rövid összefoglalókat olvashatunk.

#### A szakma kitüntetettjeiről sem felejtkeztünk meg!

**Március 22.-én volt a Víz világ napja**, mely a szakma kiemelkedő eseménye. Ennek kapcsán a jövő elképzeléseiről, várható változásokról olvashatunk az OVH Főigazgatójának tollából.

*Minden kedves olvasónak hasznos időtöltést kívánok on-line folyóiratunk megtekintésekor!*

**Dr. Papp Mária**  
főszerkesztő

## SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEPEN MŰKÖDŐ KO-FERMENTÁCIÓBÓL KELETKEZŐ BIOGÁZ HASZNOSÍTÁSÁNAK ENERGIABIZTONSÁGI VIZSGÁLATA

*DULOVICS SZIMPÓZIUM- FŐDÍJ-KÖZÖNSÉGDÍJ*

**MOLNÁROVÁ VIKTÓRIA**  
VTK INNOYSTEM KFT.

### 1. BEVEZETÉS

Világunk egy változó, átmeneti időszakát éli, a növekvő igények kielégítését felemésztő erőforrások és a habzsoló életmód mérhetetlen károkat okoznak környezetünkben. A probléma súlyossága és a visszafordíthatatlan rombolás, arra készítette az Európai Uniót és a Világot, hogy megalkossa irányelveit, stratégiáit, cselekvési terveit, amelyek mérsékelik vagy visszafordítják környezetünkre gyakorolt hatásunkat. Kutatásom az Európai Unió egyik legfontosabb és legégetőbb témájával a külső energiaforrásoknak való kiszolgáltatottsággal, az energiabiztonság kérdéskörével foglalkozik. Az energiabiztonság lehetőségeit egy Szennyvíztisztító telep működésén keresztül vizsgálom. Egy több ezer - százezer embert kiszolgáló szennyvíztisztító telep vajon képes-e önfenntartó működésre? Amennyiben igen, vajon képes-e egy decentralizált energiarendszer működésében való szerves részvételre? Talán egy szennyvíztisztító telep több energetikai lehetőséget is rejt működésében, mint az óriási energia igény árán megtisztított víz előállítása, vagy mint egy újabb szennyezésünk mérséklésének szolgálatában álló technológia?

### 2. A KÖRKÖRÖS GAZDASÁGI MODELL ÉS AZ ENERGIABIZTONSÁG KAPCSOLATA

Világunkban a véges készletekkel rendelkező erőforrások iránti függőség folyamatosan növekszik, a nyersanyagokért folyó verseny pedig egyre nagyobb károsodást idéz elő a környezetben, ezáltal sérülékenyebbé és érzékenyebbé téve a külső hatásokra. Gazdaságunk jelenleg lineáris modellre épül (COM(2014) 398 FINAL/2). A lineáris modell azt feltételezi, hogy nyersanyagaink, értékes erőforrásaink bőségesen rendelkezésre állnak, könnyen beszerezhetők, olcsók és következmények nélkül megszabadulhatunk tőlük. Az idő előrehaladtával egyre nyilvánvalóbbá válik, hogy ez a minta hosszú távon fenntarthatatlan. A természetben lezajló folyamatok, anyagáramok egy körforgás részét képezik. Ezen körforgás alapú minta a gazdaságban is megvalósítható. A „gazdasági anyagcsere” működése a természetben fellelhető organizmusokéhoz hasonlítható, így a „biológiai” és „technikai” tápanyagok újrahaznosulnak a rendszerben. Az így kialakult körkörös gazdasági rendszerek megszüntetik vagy minimálisra csökkentik a hulladék keletkezését, ezzel a lehető

legtovább megőrizve a termékek hozzáadott értékét. Amikor egy termék eléri életciklusának végét, a körkörös gazdasági rendszerek a gazdaságon belül tartják az erőforrásokat, hogy azokat újra és újra produktívan fel lehessen használni, így további értéket teremtve (COM(2014) 398 FINAL/2). Ezért az Európai Unió megalkotta azon stratégiát, cselekvési terveit, melyek ezen elképzelést segítik elő.

Anyag- és energiaáramok vizsgálatával, valamint az anyagmérlegek elvégzésével, beazonosíthatók azok a termékeket, folyamatokat, amelyek hulladékkal, szennyezéssel járnak, ezáltal megadhatók a környezetterhelés csökkentésének lehetőségei. A folyamat révén növelhető az energia- és erőforrás-hatékonyság, csökkenthető az energiaigényesség, korszerűsíthető a gazdaság (COM(2020) 98 FINAL). Lépéseket kell tenni annak érdekében, hogy erőforrás-fogyasztásunkat bolygónk tűrőképességének határain belül tartsuk, az azonban megköveteli, hogy nyersanyag fogyasztásunkat csökkentsük, ezzel szemben a körkörös anyagfelhasználás arányát megduplázzuk.

## 2.1. EURÓPAI ENERGIABIZTONSÁGI STRATÉGIÁJA

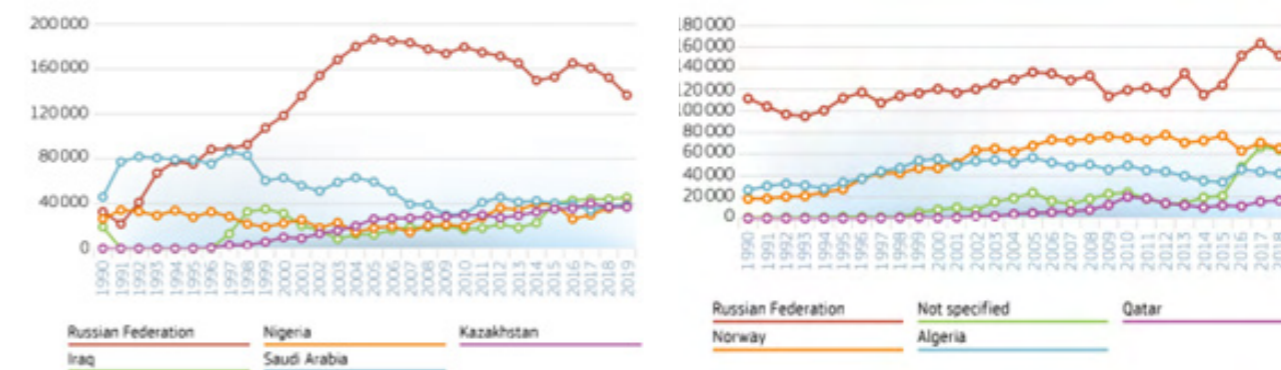
Az Európai Unió és tagállamai között az energia-politika megosztott hatáskörben működik. Amíg az Európai Unió köteles az ellátás biztonságát biztosítani, addig a tagállamok az energiaellátási struktúrájuk meghatározásáért, valamint az energiaforrásaik megválasztásáért önmaguk felelősek. Azonban az energiapiacok és ellátási útvonalaik összefonódása azt jelenti, hogy az energiaellátás biztonságának biztosításához a szomszédos országok és az összes Európai Unió tagországának szoros együttműködése

szükséges. Az energiapiacok jelenleg közös jogi keretek között működnek, ezzel számos előnyt biztosítva az Európai Unió polgárai számára. A felhasználók többek között szabadon választhatják meg energiaszolgáltatójukat, érvényesíthetik fogyasztói jogait, valamint átláthatóbb és nagyobb versenyt mutató piacokon élvezhetik az alacsonyabb árak nyújtotta előnyöket. Ugyanakkor a határokon átnyúló közös együttműködés nagyobb koordinációt igényel uniós szinten, ezzel elkerülve az ellátási zavarok megjelenését. Ez a központi koordináció biztosítja az Európai Unió szerepvállalását az energiaellátás biztonságának területén, ezzel lehetőséget adva az Unió szintű irányelvek lefektetéséhez. Az Európai Bizottság 2014. évben kiadott Európai energiabiztonsági stratégiája tartalmazza azokat a szerepvállalásokat és iránymutatásokat, melyekkel stabil és bőséges energiaellátást biztosít, ezzel az Európai Unió jóllétét és biztonságát garantálja.

Az Európai Uniónak olyan eltökélt energiabiztonsági stratégiára van szüksége, amely rövid távon a hirtelen, kiszámíthatatlan energiaellátási zavarokkal szembeni ellenálló képességet, hosszútávon pedig a konkrét tüzelőanyagoktól, energiaszállítóktól és energiaellátási útvonalaktól való függőség csökkentését mozdítja elő.

Az energiaellátás biztonsága minden tagállamot érint, azonban azok kiszolgáltatottságának mértéke különböző. A legégetőbb probléma az energiaellátás biztonságával kapcsolatban a döntően egyetlen külső szállítótól való függőség. Ez különösen megfigyelhető a gáz és kőolaj import, de a villamos energia behozatalában is. Hat tagállam függ egyetlen külső szállítótól, Oroszországtól, amely az Európai Unió teljes gázbehozatalát biztosítja, a tagállamok közül

három ország teljes energiaszükségletének több mint negyedét a földgázból fedezi (COM(2014) 330 FINAL). Oroszországból származó energiaellátás 2020. évi Eurostat adatai (1. ÁBRA) alapján az Európai Unió földgázbehozatalának közel 40%-át, illetve az Európai Unió kőolajbehozatalának közel 40%-át tette ki.



1. ábra. Kőolaj és földgáz importországok teljesítménymutatói az Európai Unió területére

Gyakran az energiabiztonsági kérdésekkel csak nemzeti szinten foglalkoznak, anélkül, hogy a tagállamok közötti kölcsönös függőséget figyelembe vennék. Az energiabiztonság javítását azonban a működőképes belső piacban és a nagyobb fokú regionális és európai szintű együttműködésben megjelenő kollektív szemléletmód, valamint az egységesebb külső fellépés jelenti. Különösen fontos a hálózati fejlesztések összehangolása és a piacok megnyitása.

## 2.1. EURÓPAI ENERGIABIZTONSÁGI STRATÉGIÁJA

A villamosenergia -és a gázpiacok dekarbonizációs alkalmasságának megteremtése elkezdődött, amelyek az energiaváltás időszakában további fejlődésen szükséges további eredményes változáson átmennie. A villamosenergia tekintetében az Európai Unió szabályozás

lehetővé tette a nagy mennyiségű, változatos forrásból előállított megújuló forrásalapú villamos energia integrálását a hálózatba. A gázpiac klímasemlegességének útján a COM(2020) 299 final európai bizottság közleménye szerint fokozatosan csökkeni fog a földgáz fogyasztás. A gáz halmazállapotú tüzelőanyagok

a továbbiakban is fontos szerepet fognak játszani az energiarendszerünkben, ellenben a forrás oldalon a származtatott energia nagyban függ a választott dekarbonizációs pálya irányától. A földgáz részaránya a gáz-halmazállapotú tüzelőanyagokban az előrejelzések szerint 2050-ig 20%-ra csökken; a fennmaradó 80%-nak megújuló forrásból kell származnia (COM(2020) 299 FINAL), azonban a gáz-halmazállapotú energiahordozók jövőbeni mixét (biogáz, biometán, hidrogén vagy szintetikus gázok) nehéz megjósolni. A termelő-hálózat infrastruktúrához és a piacokhoz való hozzáférés elemzésekor körültekintően kell meghatározni a megújuló alapanyagú gázok helyi, körforgásos gazdaságban történő alkalmazási lehetőségét. Ebben a rendszerben, hogy megelőzzük a piaci szegmentációt, meg kell vizsgálni a gázrendszerek közötti interoperabilitást és a tagállamok határain átnyúló akadálytalan gázáramlást (COM(2020) 299 FINAL).



A szennyvíz, a hulladék és a maradékanyagok hatékony kiaknázásának felhasználása által keletkeztethető a biogáz. Amelynek felhasználása által a helyi energiaforrásokot használja fel az épületek és a közösségek energiarendszereiben. A körforgásos gazdaság és a bioenergia termelés helyben kiaknázható fosszilis tüzelőanyag-fogyasztás csökkentése mellett a biogáz biometánná fejleszthető és ez a technológiai beavatkozás lehetővé teszi a földgázhálózatba történő betáplálását. Több erőfeszítésre van szükség az energiarendszer integrációjában rejlő összes lehetőség kihasználásához, a szinergiák kiaknázásához (COM(2020) 299 FINAL). A bioenergia megújuló, akár hulladék forrásból történő fenntartható előállítása, elősegíti egy körforgásosabb energiarendszer kiépítése felé vezető utat.

### 3. ESETTANULMÁNY: A DÉL-PESTI SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEP ENERGIABIZTONSÁGÁNAK JAVÍTÁSI LEHETŐSÉGEI A TELJES ÖNELLÁTÁSIG

A Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. (továbbiakban FCSM Zrt.) 2016. évben elkötelezte magát az Energiagazdálkodási Irányítási Rendszer (EgIR), azaz MSZ EN ISO 50001:2018 - az előző 2012. évi - bevezetése mellett. Az irányítási rendszer bevezetésével az FCSM Zrt. teljes körűen feltárta a telephelyein, többek között a Dél-pesti Szennyvíztisztító Telepen folytatott tevékenységéhez kapcsolódó energiafelhasználási tényezőit, azok hatásait és súlyukat. A kiépült monitoring rendszer által olyan jelentős tényezőkre derült és derül fény, amelyek az energiateljesítményt nagymértékben kedvezőtlenül befolyásolták. A működési adatok visszacsatolása lehetőséget biztosít a telep működésének folyamatos javítására és egyre hatékonyabb működéséhez.

Az EgIR bevezetése hozzájárul a mindennapi munkafolyamatok során villamos energiával, vagy az üzemanyaggal működtetett berendezések, járművek vagy munkagépek használatának energiahatékony működtetéséhez. A szennyvíztisztító telep hatékonyságához továbbá hozzájárul a folyamatos korszerűsítés és fejlesztés.

Az EgIR bevezetésével és most már hat éves gyakorlásával, folyamatos fejlesztésével és újabb célok kitűzésével a Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep elérte önfenntartó működését és többlet villamosenergia esetén az energia hálózatba való betáplálást.

#### 3.1. A DÉL-PESTI SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEP ÁLTAL TERMELT BIOGÁZ ÜZEMI HASZNOSÍTÁSA

A Dél-pesti Szennyvíztisztító Telepen az iszap mezofil rothasztókban történő fermentációja során magas metán tartalmú biogáz keletkezik. A rothasztókból eltávolított biogáz magas nedvesség-tartalommal rendelkezik, ezért a tisztítás előtt egy csepleváltató edényzeten halad keresztül, ahol a nedvesség kicsapódik. A biogáz ezen állapotában még kénhidrogént tartalmaz, annak eltávolítása egy biológiai kéntelenítőben, a telep biofilmes csepegtető reaktorában történik. A kéntelenített biogáz további felhasználás előtt gáztárolóba kerül. A biogáz energetikai hasznosítása 3 darab gázmotor segítségével történik.

A gázmotorok által megtermelt elektromos energia a telep szükségleteinek fedezésére kerül felhasználásra. A gázmotorok által keletkező hőenergiát a telepi hőközponton keresztül a rothasztók fűtésére, illetve téli időszakban az épületek fűtésére használják. Abban az esetben, ha több biogáz termelődik, mint

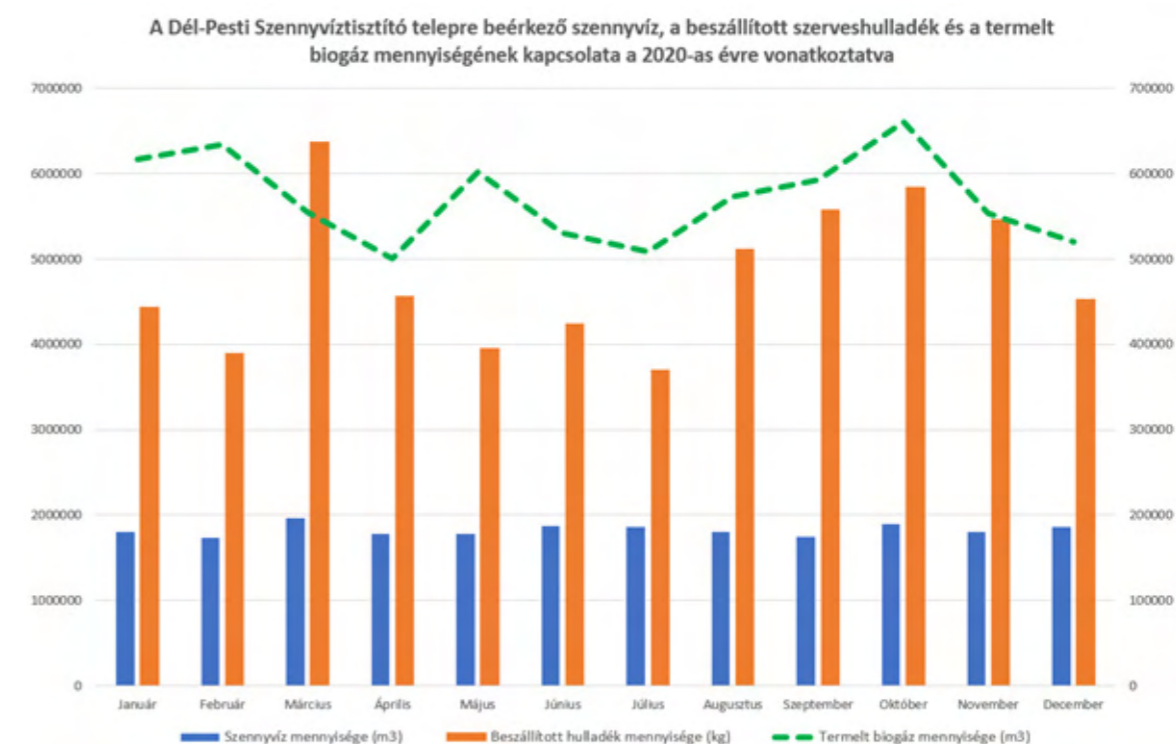
ami a gázmotorokra táplálható és a gáztároló sem képes befogadni, akkor az egy rejtett lángú gázfáklán (2. kép) kerül elfáklázásra.



2. kép. Rejtett lángú gázfáklya és a gáztárolók a Dél-pesti Szennyvíztisztító Telepen (Forrás: saját készítés)

#### 3.1.1. A BIOGÁZ MINŐSÉGI ÉS/VAGY MENYISÉGI PARAMÉTEREINEK JAVÍTÁSI LEHETŐSÉGEI, AVAGY A KO-FERMENTÁCIÓ SZEREPE

Egy 2000-ben végzett tanulmányban megállapították, hogy a nyers iszap és hulladék együtt nagyon jól rothaszthatók (ÖLLŐS G., ET.AL.2010). Az iszaphoz adott hulladék gyorsítja a rothadás folyamatát, ezáltal csökkenthető a fermentorokban töltött tartózkodási idő, valamint növeli az iszap anaerob lebontásának hatásfokát. A megfelelő hatásfok eléréséhez a hulladék előkezelése és homogenizálása szükséges, amely további energia szükségletet jelent. Azonban elmondható, hogy a szennyvíziszap, valamint növényi és állati eredetű hulladék közös rothasztása, azaz ko-fermentációja előnyökkel jár, mindenképpen gazdaságosabb a telep számára, szemben az elválasztott rendszerekkel.



3. ábra. A Dél-pesti Szennyvíztisztító Telepre beérkező szennyvíz, a beszállított szerves hulladék és a termelt biogáz mennyiségének kapcsolata a 2020-as évre vonatkoztatva. Forrás: saját készítés

Elmondható, hogy egy szennyvíztisztító telepen azonos szubsztrát minőséggel és egyenletes terheléssel működik a rothasztás folyamata. Ez megfelelő lehetőséget biztosít a ko-fermentáció működéséhez. Azonban a megfelelő és hatékony működés feltétele, hogy az alap-szubsztrát mellett, amely ebben az esetben a szennyvíziszap, a ko-szubsztrát minősége és a rothasztók terhelése állandó legyen (ÖLLŐS G., ET.AL.2010). A ko-szubsztrát hatás megfelelő kihasználása nagyobb gázhozamot eredményez, mint az elválasztott rendszerrel működő rothasztók összesen (ÖLLŐS G., ET.AL.2010).

A jobb minőségű, folyamatos és egyenletes szintű biogáz termelés érdekében a Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep magas szervesanyag-tartalmú hulladékokat is fogad. A hulladék érkezhet folyékony állapotban, tartálykocsiban vagy szilárdan konténerben.

A 3. ábrán látható a beérkező szennyvíz, a beszállított szerves hulladék és a keletkezett biogáz mennyiségének 2020. év havi adatai, melyből látható, hogy a telep közel egyenletes és azonos minőségű biogáz termelése és a beszállított szerves hulladék kapcsolata.

### 3.2. ENERGIABIZTONSÁGOT JAVÍTÓ PROJEKTTERV MEGFOGALMAZÁSA

Kutatásom céljának tűztem ki a Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep energiabiztonságának vizsgálatát és annak javítását. A telepen végzett kutatómunkám és a kapott üzemadatok elemzése során derült fény arra, hogy a Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep 2021. év második felében várakozásokat felülmúlva teljesen ellátja villamosenergia és hőenergia igényeit. A rövid

és középtávú beruházási tervekben szereplő beruházások csökkentik a telep külső közszolgáltatóktól való függését, ezért a kutatásom további részében a telep még kiaknázatlan lehetőségeinek - energiabiztonságra és -hatékonyságra vonatkoztatva - feltárását tűztem ki. Célom a Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep egy decentralizált rendszerben működő kiserőmű lehetőségeinek megvizsgálása.

Kutatásom során elkészítettem a telep 2020-as évre vonatkoztatott energiaáramainak vizsgálatát. A gázmotorok által termelt hőenergia a telepen működő hőigényes technológiai egységeinek, mint például a rothasztó tornyok, illetve az épületeinek fűtésére szolgál.

A telep energia-áramainak vizsgálata során vetődött fel a fenti ábrán jelölt elfáklázott biogáz tovább hasznosításának kérdésköre, mint projektterv. A telepen működő technológiából adódó többlet biogáz, vagyis a gáztározó maximális telítettségén és egy időben a gázmotorokra engedhető maximális biogáz mennyiségén túl keletkező biogáz elfáklázásra kerül.

Az elfáklázott biogáz hasznosításával a Dél-pesti Szennyvíztisztító Telepen 100%-os újrahasznosítás valósulna meg, ezzel tovább növelve energiahatékonyságát és energiabiztonságát. Kutatásomban az elfáklázott biogáz földgázhálózatba történő betáplálásának lehetőségeit járom körül.

### 3.3. A BIOGÁZ FÖLDGÁZHÁLÓZATBA TÖRTÉNŐ BETÁPLÁLÁS LEHETŐSÉGEI

A biogáz földgázhálózatba történő betáplálása nem újkeletű eljárás. Az eljárás több Európai országban alkalmazzák, azonban egységes jogi háttérrel még nem rendelkezik, ezáltal követelményrendszere országonként eltérő. Magyarországon a biometán szektorban a kedvezőtlen gazdaságpolitikai támogatás korlátozottsága és fejletlensége miatt nagyon lassan fejlődik. A földgázhálózat általános műszaki követelményeit az MSZ 1648:2016-os, a földgázhálózatba való betáplálásra alkalmas biometán paramétereit az MSZ EN 16723-1:2016-os szabvány írja le, azonban Magyarország a biometán földgázhálózatba táplálásra vonatkozó törvénnyel vagy kormányrendelettel nem rendelkezik.

A biogáz tisztítására számtalan technológia használható, attól függően, hogy a leválasztást követően a szén-dioxid további felhasználásra kerül vagy sem, illetve, hogy a biometán helyi, lokális vagy országos gázhálózatba kerül bevezetésre.

A biogáz tisztításánál három fő komponens a kénhidrogén, szén-dioxid és a vízgőz eltávolítása a fő szempont. A kénhidrogén és vízgőz korrózió hatása, valamint a vízgőz és szén-dioxid fűtőérték csökkentő hatása miatt célszerű eltávolítani. Az eltávolított szén-dioxid hasznosítására több megoldása is ismert, mint például a fóliák, növényházak szén-dioxid trágyázása, szárazjég előállítása.

A biometán két formában táplálható be a földgázhálózatba, cseregázként, vagyis minőségében meg kell egyeznie a hálózatban található gázéval, vagy adalékgázként, ez esetben minőségében nem kell megegyeznie a hálózatban

lévő gáz minőségével, azonban csak korlátozott mennyiségben táplálható be a hálózatba.

A Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep elfáklázott biogáz mennyiségének és minőségi paramétereinek ismeretében elsősorban megvizsgálandó kérdés, hogy cseregáz vagy adalékgáz minőségben hatékony-e a betáplálás, valamint nem elhanyagolható a helyi földgáz szolgáltatóval történő egyeztetés.

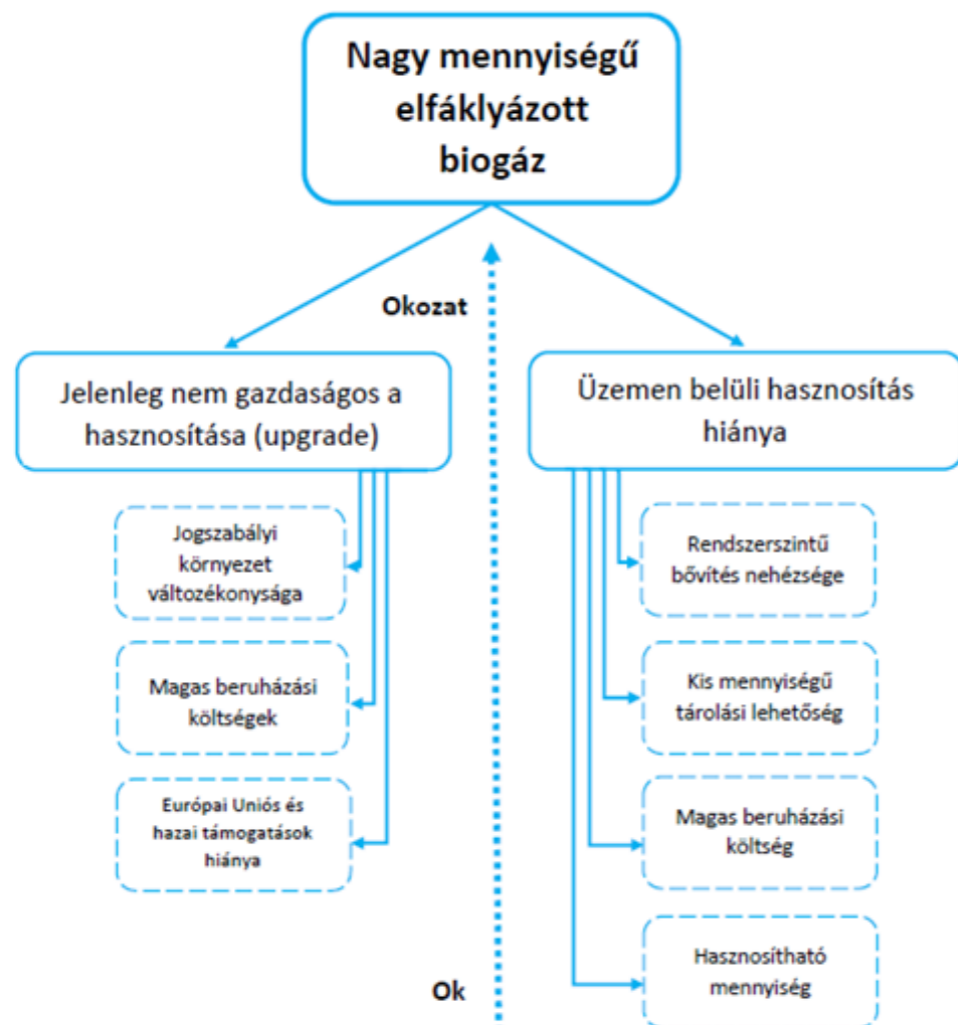
### 3.4. A PROJEKTTERV ÉRTÉK- ÉS PROBLÉMA ELEMZÉSE

Kutatásomban a projektterv bevezetésére, amely az elfáklázott biogáz tovább hasznosításának lehetőségére érték- és probléma fát készítettem.

A 4. ábrán látható probléma fa a jelenlegi állapot okain keresztül tárja fel annak okozatát. A Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep vezetőjével történt egyeztetések során kiderült, hogy az FCSM Zrt. vezetősége az elfáklázott biogáz hasznosításának lehetőségei a közép- de hosszútávúterveiben sem szerepel, ennek több oka is van. A biogáz telepen belüli hasznosításának ötlete nagyon sokrétű.

Egy szennyvíztisztító telep egységei komplex rendszerként működnek. Ha egy egységbe beavatkozás történik az az egész telepre hatással van. A biogáz telepen történő hasznosításánál is felmerül ez a felvetés, amely a vártnál sokkal nagyobb beruházási költség jelentkezését okozza. Továbbá felvetődik





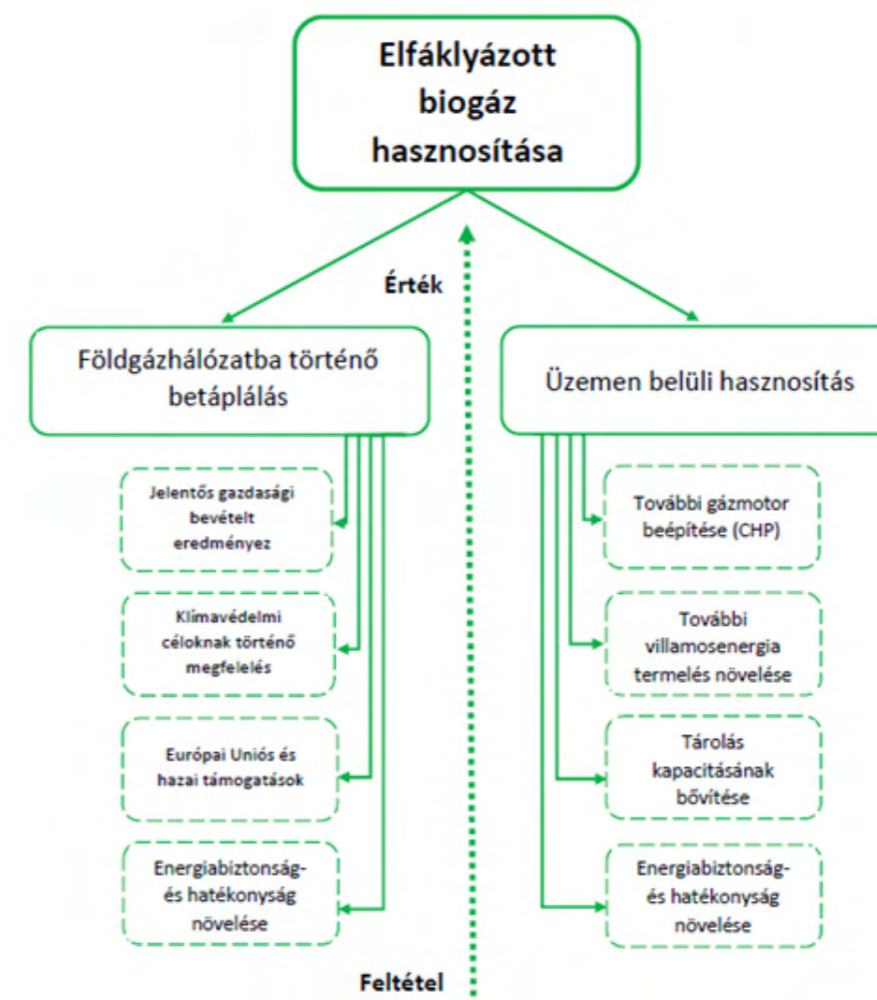
4. ábra. A Dél-Pesti szennyvíztisztító telep elfákllyázott biogáz további hasznosításának lehetősége - Probléma fa. Forrás: saját szerkesztés

az elfákllyázott biogáz mennyiségének kérdésköre. Ez a mennyiség valóban ellátna egy újabb gázmotor működését, vagy képes-e egy új gáztároló kitöltésére. Mivel a telep jelen működése mellett is több alkalommal állnak a gázmotorok ezért a rendszerszintű beruházás feltehetően, nagyon hosszú megtérülési idővel vagy soha nem térülne meg. Továbbá a költségeket tovább növeli a gázmotorok rendszeres karbantartása és az esetleges hibák megléte, amely esetekben az álló gázmotor karbantartási ideje alatt újabb köbméterek elfákllyázását jelentené.

A kutatásomban felvetett biogáz földgázhálózatba történő betáplálás lehetőségének ötletkörében sok kérdés vetődik fel. Első körben a jogi háttér megléte. Magyarországon, sőt Európa szinten nem létezik közös jogszabályozás, amely iránymutatást adna az ilyen szintű beruhására vágyóknak. Magyarországon a 2020. évben kiadott Klíma- és Energia Terv érintőlegesen foglalkozik a lehetőséggel, ezzel is a megújuló energiák felhasználási arányának növelése érdekében. Az Európai Unió több országában a szennyvíziszap rothasztása során keletkező biogáz földgázhálózatba való táplálását nem engedélyezik. Bár esetünkben

tovább bonyolódik a kérdés, mivel a szennyvíziszap mellett további szerves, növényi- és állati hulladékok is rothasztásra kerülnek, ezzel a biogáz minőségén jelentős változást okozva. A beruházást tovább nehezíti a beruházás magas költsége és bár a telep a tisztítás folyamatához rendelkezik már berendezésekkel azok kapacitása és megfelelő hatásfokuk kérdéses, ezáltal a beruházást jelentő ráfordítás megnövekszik, nem beszélve itt is a rendszerszintű beavatkozásról. Feltehetően ez a megoldás sem független külső, akár Európai Unió, akár hazai támogatások nélkül, amely feltételrendszerére vonatkozóan nem készült kutatás.

A kutatásomban felvetett biogáz földgázhálózatba történő táplálás lehetőségével kapcsolatos értékváltást az 5. ábra tartalmazza. A fentebb elemzett probléma bemutatása során felvetett okokkal szemben az értékváltás a beruházási lehetőségek feltételeit és azok hatásait szeretném bemutatni. Az elfákllyázott biogáz telepen belüli hasznosításánál felmerül egy negyedik gázmotor megvásárlása, amely tovább növelné a telep által megtermelt elektromos energia mennyiségét, ezáltal a külső energiahálózatba történő betáplálás aránya növekedne.



5. ábra. A Dél-Pesti szennyvíztisztító telep elfákllyázott biogáz további hasznosításának lehetősége - Érték fa. Forrás: saját szerkesztés



A tovább növelt kitáplálás, növelné a telep energiahatékonyságát és energiabiztonságát. Továbbá felmerült a tároló kapacitás növelése vagy egy új létesítése, kevesebb biogáz termelés esetén pedig a meglévő gázmotorokkal történő hasznosítása. A biogáz telepen belüli hasznosításának kérdéskörének megválaszolásához további vizsgálatok szükségesek.

A hasznosítás másik kérdésköre a biogáz földgázhálózatba történő betáplálása. A hasznosítás ezen formája úttörőnek számítana a szennyvíztisztítás iparában. Megfelelő biometán mennyiség és Európai Uniós, akár hazai támogatások mellett jelentős gazdasági bevételt eredményezhet, hozzájárulva a klímavédelmi célok eléréséhez, továbbá növelné a telep energiahatékonyságát és energiabiztonságát.

#### 4. ÖSSZEGZÉS

Kutatásokban végzett szakmai irodalomkutatás és a Dél-pesti Szennyvíztisztító Telepen töltött napok után úgy érzem, hogy további kutatások szükségesek, azonban az eddigi eredményeim és a vizsgált telep működésének tanulságai új irányt nyithatnak sok telep jövőjében. A kutatásban kitűzött biogáz biometánná történő tisztítása, majd a földgázhálózatba való betáplálása összetett és sok lépcsős feladat. Az első akadály, amely miatt a hazai viszonylatban ez az eljárás még nem elterjedt, az a jogszabályi környezet hiányossága és bizonytalansága. Kutatásom során megállapítottam, hogy a földgázhálózatba való biometán táplálás nem minden szennyvíztisztító telep életében adathat meg. A folyamat

sokrétű, és egy rendszerként áll össze, ahol minden összefügg mindennel. Ahhoz, hogy egy szennyvíztisztító telep akár csak saját igényeit el tudja látni, kiszolgáltató a szennyvíz és szennyvíziszap mennyiségének, annak minőségének és egy nagyon fontos paraméternek, a beszállított szerves hulladéknak. Kutatásom esettanulmányában, azaz a Dél-pesti Szennyvíztisztító Telepen kedvező eset áll fenn, mivel a telep évente több millió kilogramm szerves hulladékot fogad, amely a szennyvíziszappal keveredve egy mezofil rothasztóban, 13-18 nap alatt magas metán tartalommal, viszonylag egyenletes mennyiségű biogáz termelődik. A telep a 2016. évben az Energiairányítási Rendszer bevezetése és a monitoring rendszer visszacsatolásai segítségével folyamatosan növelte energiahatékonyságát és energiabiztonságát. A telep 2021. őszére elérte, hogy saját maga által felhasznált energián túl, többlet villamos energiát táplál ki a hálózatra. A telep rövid- és középtávú beruházási terveiben szereplő energiahatékonyságot megcélzó beruházásai mellett a kitáplált értékekben további növekedés várható. A telep energiaáramainak vizsgálata során további lehetőségeket találtam, amely nem más, mint az elfáklyázott biogáz mennyisége. A fentebb leírtak alapján úgy gondolom, hogy a Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep működésében és sok más telep esetében adottak azok a feltételek és lehetőségek, hogy a többlet biogáz mennyisége, vagy megfelelő üzemeltetés mellett előállítható az a biogáz mennyiség, amely gazdaságosan és nyereségesen tovább hasznosítható, ezáltal növelve a telep(ek) energiahatékonyságát és energiabiztonságát, hozzájárulva egy decentralizált energiarendszer megteremtéséhez.

#### SZERZŐ:



**Molnárová Viktória:** Jelenleg a VTK Innosystem Kft.-nél dolgozom projekt-mérnökként. Az ELTÉ-n végzett Földtudományi BSc alapszakot követően, mesterdiplomámat a BME Környezetmérnöki MSc szakon szereztem. 2019-ben kezdtem el dolgozni a Fővárosi Csatornázási Művek Hálózatüzemeltetési Igazgatóságán, ahol egy agglomeráció és két kerület csatornahálózatának üzemeltetéséért feleltem. Diplomamunkámat a Dél-pesti Szennyvíztisztító Telepen végeztem, energiabiztonság témakörében. Az idei Dulovics Junior Szimpózium fődíjának és közönségdíjának megszerzése egy fordulópont volt életemben, amely mérhetetlen energiát ad a továbbfejlődésre a szakmában.

Terveim szerint szeptemberben kezdem PhD tanulmányaimat a BME-n ahol rothasztók optimalizálásával, iszapkezeléssel és energiabiztonság témakörében tevékenykedem majd.





## TOLÓZÁRAK KRITIKUSSÁGA IVÓVÍZHÁLÓZATOKBAN

### DULOVICS SZIMPÓZIUM LEGJOBB ELŐADÓI DÍJ

DR. WÉBER RICHÁRD, DÉLLEI ÁKOS, HUZSVÁR TAMÁS, DR. HÓS CSABA  
BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM

*Egy valódi ivóvízhálózatban a legkülönbélebb okok válhatnak ki egy véletlenszerű csőtörést. Az ilyen havária esetek súlyos veszteséget okoznak a fogyasztói oldalon a kieső ivóvíz miatt, jelentős mennyiségű víz vész kárba, továbbá terhelik az üzemeltető pénzügyi oldalát. Bármely csőtörés, cső meghibásodás esetén a felelős üzemeltető cégnek első lépésben a megfelelő tolózárral kiszakaszolni szükséges a sérült szakaszt. Minél kisebb zónát van lehetőség kiszakaszolni, annál nagyobb része marad a hálózatnak üzemképes a javítási munkák során. Jelen cikkben a tolózárok fontosságát mutatjuk be számszerűleg, valódi ivóvízhálózatokon végzett hidraulikai számításokkal. Mivel a tolózárok kritikusságához számos egy dimenziós hidraulikai szimuláció szükséges, amelyet saját megoldónkkal a STACI programcsomaggal végzünk, egy alternatív, a hálózat gráján alapuló közelítő módszert is bemutatunk.*

### BEVEZETÉS

Az ivóvízellátó hálózatok minden település (a kis falvaktól a nagyvárosokig) stratégiaileg fontos infrastrukturális részei. A mai ivóvíz rendszerek több évtized (vagy akár egy évszázad) folyamatos fejlesztésének eredményeképpen jöttek létre újabb és újabb területek hozzákapcsolásával, ezért általában igen heterogén kialakítású, bonyolult hálózatok<sup>2</sup>. Ezen rendszer rendeltetészerű üze me kritikus az ipari hatékonyság és a lakosság életszínvonala szempontjából. Napjaink modern számítástechnikai eszközeit használva azonban előre jelezhetőek nem csak a hálózat alapvető működési jellemzői, de egy havária esemény várható hatása is. Ilyen

események lehetnek például a véletlenszerű csőtörések vagy a hirtelen nagy mennyiségű vízkivételek, pl. tűzvíz kivétel. Amennyiben rendelkezésünkre áll egy jól felépített és karbantartott ivóvízhálózati modell, annak segítségével lehetőségünk van megelőző lépéseket tenni pl. váratlan csőtörésekkel szemben.

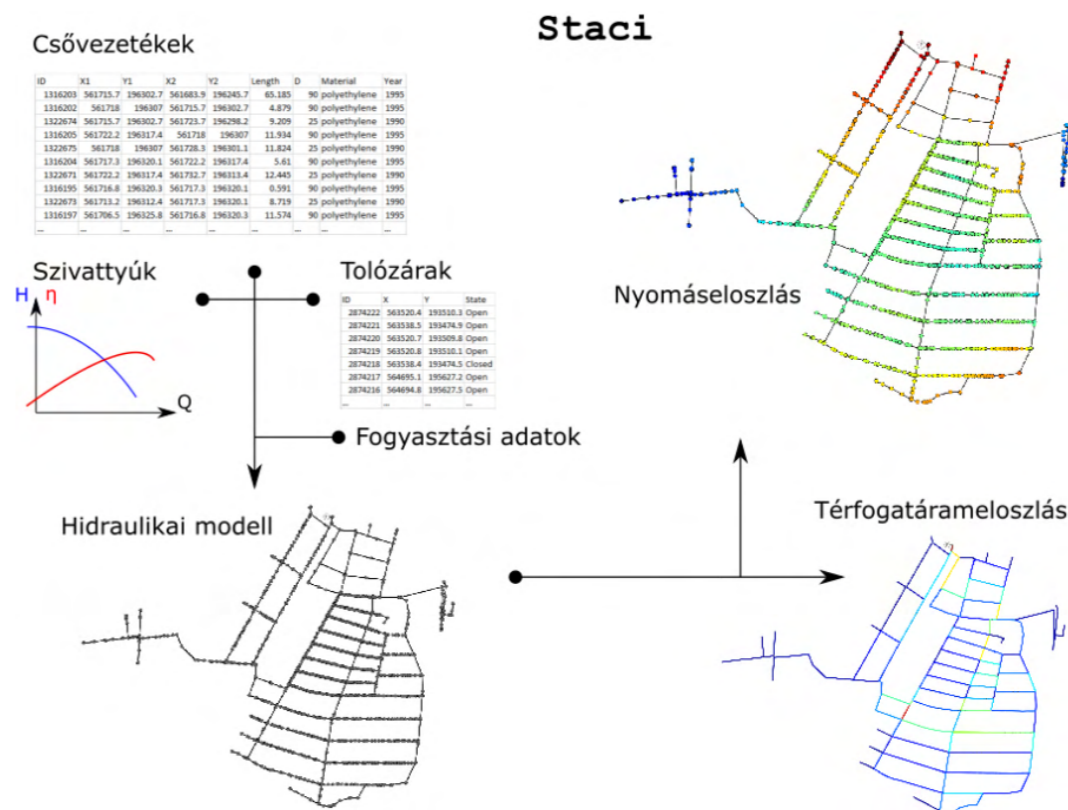
### IVÓVÍZHÁLÓZATOK MODELLEZÉSE

Napjainkban az informatikai rendszerek széleskörű elterjedésének köszönhetően lehetőség van arra, hogy az ivóvízhálózatokban található minden

egyed hidraulikai elemet (csőszakaszt, tolózárat, szivattyút) virtuálisan tároljunk, modellezzünk és akár működtessünk. A hálózatok e módú leképezése lehetővé teszi olyan hidraulikai modell építését, melynek köszönhetően a modellezett hálózat viselkedése feltérképezhető a valóságot közelítő módon<sup>1</sup>. Egy ilyen hidraulikai modell számtalan lehetőséget rejt magában: a beszakadt tolózárok detektálásától kezdődően; az esetleges hálózatbővítések hidraulikára gyakorolt hatásának koncepcióterv szintű vizsgálatain keresztül, a kis vízigényváltozásra nagy nyomásváltozásokkal reagáló (magas nyomásváltozás érzékenységgű) hálózati helyek azonosításáig.

A matematikai modellről dióhéjban a következőket érdemes ismerni. Egydimenziós áramlást, ösz-szenyomhatatlan közeget feltételezünk. Továbbá időben szakaszosan állandósult állapotot vizsgálunk,

tehát különböző üzemállapotok sorozatait számoljuk, jellemzően néhány tízperces vagy órás időlépéssel. Ilyen feltételek mellett írjuk fel minden csomópontra az anyagmegmaradás, illetve minden ágelemre (pl. csőszakasz, szivattyú, szelep) az energiamegmaradás egyenletét<sup>3</sup>. Ezen egyenletek egy nagyméretű, egyértelműen megoldható (vagyis az ismeretlenek száma megegyezik a független egyenletek számával), algebrai, nemlineáris egyenletrendszert alkotnak. Ezt a Newton-Raphson-módszerre épülő megoldóval oldjuk meg, a BME, GPK, Hidrodinamikai Rendszerek Tanszéken fejlesztett Staci programcsomag segítségével<sup>4</sup>. Ez a hidraulikai megoldó bemenetén kap egy hálózatot (topológiával, csomóponti és csőszakasz adatokkal, hálózati vízigénnyel stb.), majd a matematikai számítások után a kimeneten megkapjuk a hálózatban található csomópontok nyomását, valamint az ágelemeken átfolyó térfogatáramot.



1. ábra. Hidraulikai modell építése a Staci segítségével

Modellezés szempontjából az eddig leírtak általánosan elterjedtek és általában alkalmasak a rendeltetészerű működésüket leírni az ivóvízhálózatoknak, azonban a szélsőséges esetek számításához szükséges van kiegészítésre. Csőtörés vagy hirtelen nagy mennyiségű víz kivétele esetén előfordulhat, hogy a hálózati nyomás oly nagymértékben lecsökken, hogy az már nem képes kielégíteni a fogyasztói igényeket. Ennek modellezésére természetesen lehetőség van az úgynevezett nyomásfüggő fogyasztási modell alkalmazásával. E modell alkalmas arra, hogy ha a nyomás egy adott küszöb alá esik, csak részlegesen szolgálja ki a definiált névleges vízigényt, így biztosítva lehetőséget az egyes hávária esetek közvetlen fogyasztói következmények feltérképezésére. A következőkben bemutatott vizsgálatainkhoz ezzel a modellel egészítettük ki a Staci programcsomagunkat.

Hidraulikai modell építését és használatát mutatja be vázlatosan az 1. ábra. Hasonló célokra alkalmas eszközök napjainkban számos kereskedelmi forgalomban kapható szoftverben elérhetőek. A továbbiakban azon módszereket mutatjuk be, melyeket csak a Staci-ban állnak rendelkezésre.

### IVÓVÍZHÁLÓZATOK SEBEZHETŐSÉGE

Napjainkban számos kutatás célja a hálózati területén, hogy számszerűleg definiálják egy rendszernek az ellenállóképességét különböző meghibásodásokkal szemben<sup>6</sup>. Ebben a vizsgálatban mi azzal foglalkoztunk, hogyan adható meg egy jól meghatározott számmal, hogy egy adott hálózat a különböző

Anyag	Összhossz [km]	Hibák száma [db]	Relatív hiba [db/100km/év]
azbeszt cement	249.4	1068	15.29
öntött vas	17.2	168	34.95
KPE	377.8	735	6.95
PVC KM	42.7	1	0.08
ólom	0.1	2	67.42
PVC	4.9	24	17.41
acél	2.5	27	38.37
gömbgrafitos öntött vas	25.5	3	0.42
rozsdamentes acél	0.4	1	8.32

1. táblázat Csőtörési valószínűségek különböző anyagok esetére

szegmenseken keresztül mennyire sebezhető, ahol szegmensnek nevezzük a hálózat azon legkisebb egységét, mely önállóan kizárható a hálózat többi részéből a szakaszoló tolózárok segítségével. A célunk meghatározni a rendszer azon részeit, melyekben egy csőtörés a lehető legnagyobb kiesést képes okozni a hálózatban, mindamellett, hogy jelentős esély is van a csőtörés bekövetkezésére. Mindezt mi a fogyasztók szempontjából közelítettük meg, a korábban már említett nyomásfüggő fogyasztás modell segítségével.

Röviden ennek a mennyiségnek, úgynevezett sebezhetőségnek, a definíciója a következő. Egyfelől megszámláljuk, hogy egy adott szegmensben az összes folyóméter cső hányada található meg. Korábbi vizsgálatoknál azt feltételeztünk, hogy minden folyóméter csőnek ugyanakkora esélye van egy törésre, mely természetesen egy durva közelítés, de elsőként a trendekre voltunk kíváncsiak. A mostani vizsgálatot kiegészítettük, a térinformatikai adatbázis alapján azonosítottuk a csővezetékek anyagát, továbbá az elmúlt 28 év statisztikája alapján hozzárendeltünk egy 100km-re és egy évre átlagosan előforduló csőtörést. Ez összességében megadja, hogy egy adott folyóméter csőnek mekkora a várható esélye egy véletlenszerűen bekövetkező csőtörésre. Természetesen amennyiben további adatok is rendelkezésre állnak, melynek jelentős befolyása lehet egy csőtörésre, pl. talaj pH érték vagy fektetési év, ezeket az adatokat szintén számításba tudjuk venni.

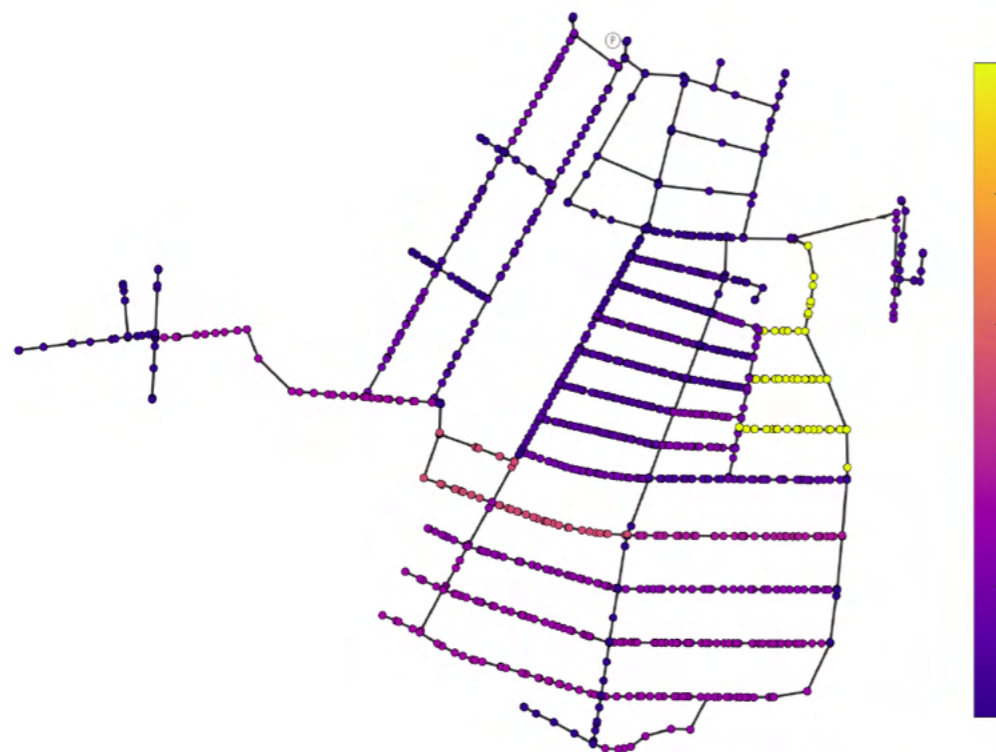
Másik oldalról pedig, a hidraulikai modell alapján kiszámítható, hogy amennyiben egy szegmenst tolózárokkal kiszakaszolunk, a hálózat a teljes vízigény mekkora részét nem tudja kiszolgálni. Tehát utóbbi változó számszerűleg megadja

minden egyes szigetre, hogy azok kiesése esetén a teljes vízigény hányadát nem lesz képes várhatólag teljesíteni az ivóvízhálózat egy az azokban bekövetkezett csőtörés esetén. Ezen két mennyiség szorzatát (csőhossz hányad és vízkiesés hányad) nevezzük sebezhetőségnek. Összességében így egy olyan változót kaptunk, mely akkor vesz fel magas értéket egy szegmens esetén, ha abban jelentős mennyiségű folyóméter cső található és komoly kiesést okoz az abban bekövetkezett csőtörés a vízigények kiszolgálásában.

A sebezhetőség ábrázolása a hálózat térképén egy komoly fegyvertény a közmű cégek számára a veszélyeztetett területek feltárásában. Ezen területek sebezhetőségének csökkentése érdekében lehetőség van akár új tolózár, új csővezetékek beépítésére vagy egyéb vízkormányzási módszerek alkalmazására. Másfelől új hálózatok tervezésénél is segítséget nyújthat egy ilyen matematikai eszköz. Az 5. ábra mutat be egy példát egy már korábban is demonstrációra használt ivóvízhálózat esetére. Ahogy ott látható, van egy kiemelten sebezhető területe a rendszernek, továbbá néhány közepesen veszélyes szegmens.

A lokális sebezhetőség mellett, a teljes rendszer jellemzésére bevezetjük a hálózati sebezhetőséget, mely definíció szerint egy véletlenszerű csőtörés esetén bekövetkező átlagos vízkiesés relatív mennyisége. Vagyis megadja, hogy a szolgáltatás hányad része nem lesz elérhető egy véletlen csőtörés során. Matematikailag bizonyítható, hogy ez a mennyiség a lokális sebezhetőségek összege lesz.



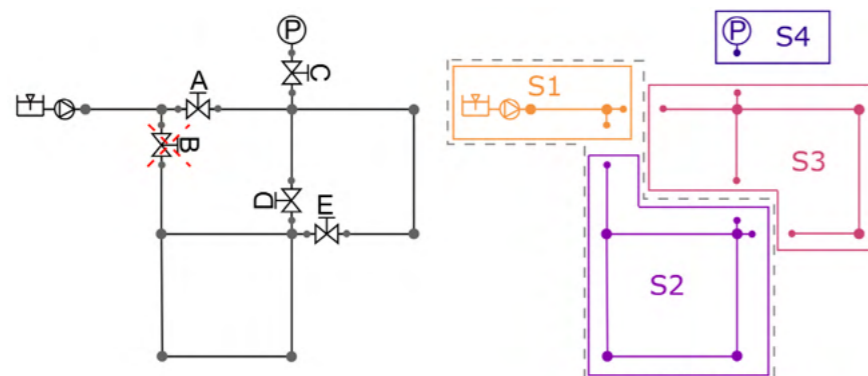


2. ábra. Egy valódi ivóvízhálózat sebezhetőségi térképe.

### TOLÓZÁRAK KRITIKUSSÁGA

Az eddigiekben azzal a feltételezéssel éltünk, hogy minden tolózár, ami az adatbázisban szerepel, a valóságban is pontosan ugyanott található és tökéletesen funkcionál, tehát elzárásra alkalmas. Valóságban azonban számos esetben előfordulhat, hogy egy tolózár nem

lehetséges elzárni. Ennek oka lehet a beépítés teljes hiánya, vagy a nem megfelelő karbantartás okozta mechanikai sérülés. Tehát egy tolózár kritikusságát az alapján határozzuk meg, hogy a tolózár hiánya, vagy elzárásképtelensége mekkora többletvesztést okoz a fogyasztóknak.

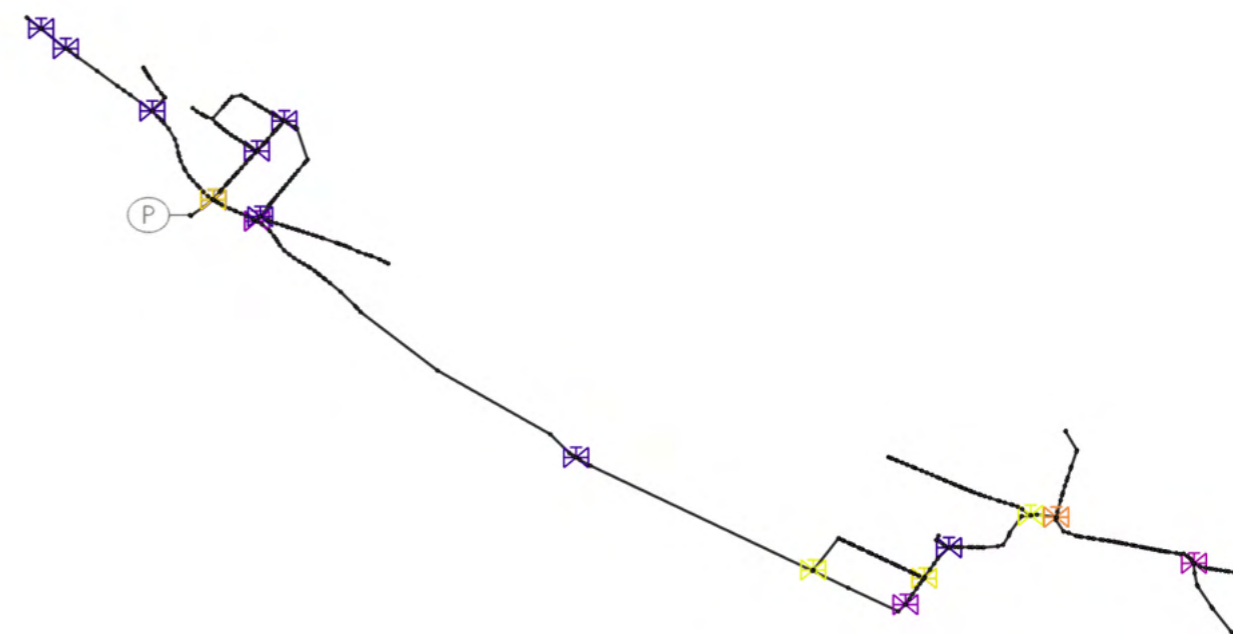


3. ábra. Tolózármeghibásodás hatása egy egyszerűsített példahálózaton.

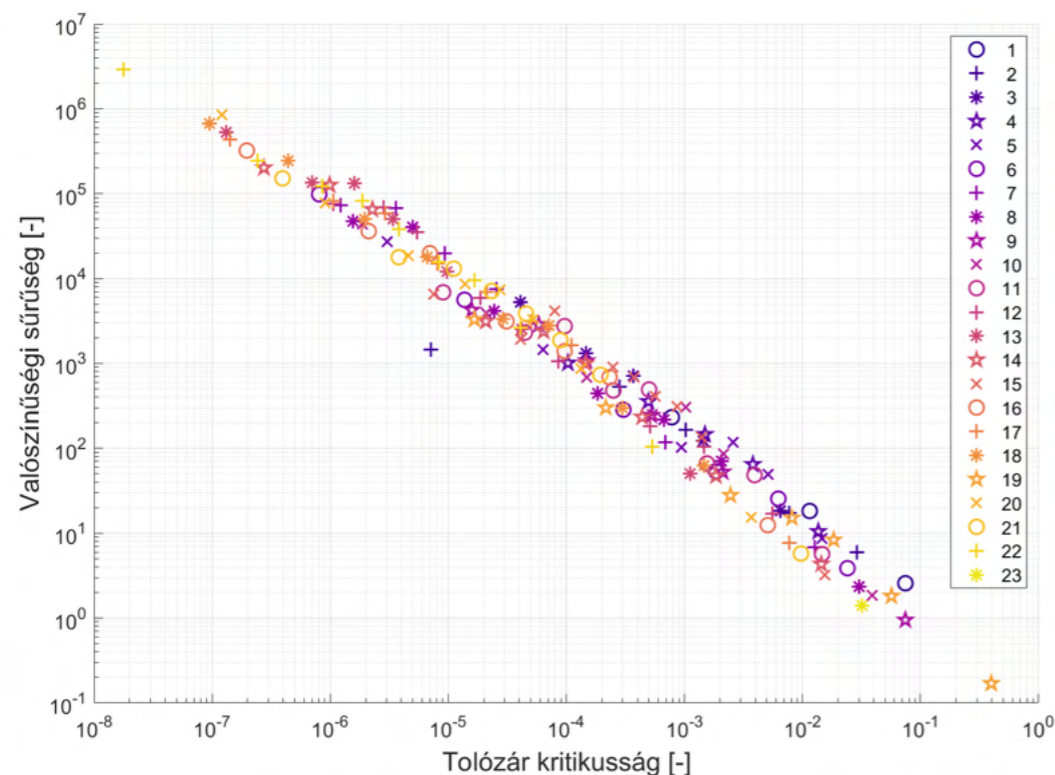
A 3. ábrán látható egy egyszerű példa a tolózár hibájának hatására. Tegyük fel, hogy a B jelű tolózárat képtelen a víziközmű cég elzárni. Ezesetben akár az S1, akár az S2 szegmensben fordul elő egy cső meghibásodása, mind a két szegmens szükséges kiszakaszolni a javítás idejére a megfelelő hidraulikai leválasztás érdekében.

A hidraulikai modell alapján kiszámítható, hogy az eredeti esetben, vagyis amikor minden tolózár megfelelően operál, mekkora a hálózati sebezhetőség. Ezután minden egyes tolózár esetén szükség van egy új szimulációra, ahol feltételezzük, hogy az adott tolózárt nem lehet elzárni, ezáltal kapunk egy megnövekedett hálózati sebezhetőséget. A két érték különbsége fogja meghatározni a tolózár kritikusságát. Tehát ez a szám megmutatja, hogy a tolózár meghibásodása mekkora többlet vízkiesést jelent a fogyasztók felé. Számos valódi ivóvízhálózaton számoltuk ezeket a mennyiségeket, ezekből egy példa látható a 4. ábrán.

A 4. ábrán kevésbé feltűnő, de megvizsgálva az összes rendelkezésünkre álló valódi ivóvízhálózat kritikusságait, kiderül, hogy azok eloszlása – hasonlóan a lokális sebezhetőséghez – hatványfüggvény eloszlást mutat. Ez látható az 5. ábrán. Matematikai szépsége mellett ennek lényeges praktikus jelentősége is van. Ez azt jelenti, hogy minden tolózár lényegesen fontosabb a nálánál eggyel kevésbé kritikusnál, vagyis minden hálózatban található olyan tolózárak, amik kiemelkedően nélkülözhetetlenek. Azok karbantartása a legfontosabb, ugyanis azok hiányában egy esetlegesen bekövetkező csőtörés esetén lényegesen nagyobb területet kell kiszakaszolnunk és jelentősen megnőhet a szükségtelenül kieső fogyasztók száma. A kritikusság vizsgálat tehát, egy fontos alapköve lehet, hogy osszuk el a rendelkezésre álló forrásokat a karbantartás szempontjából.



4. ábra. Tolózár kritikussági térkép egy valódi vízhálózatban.



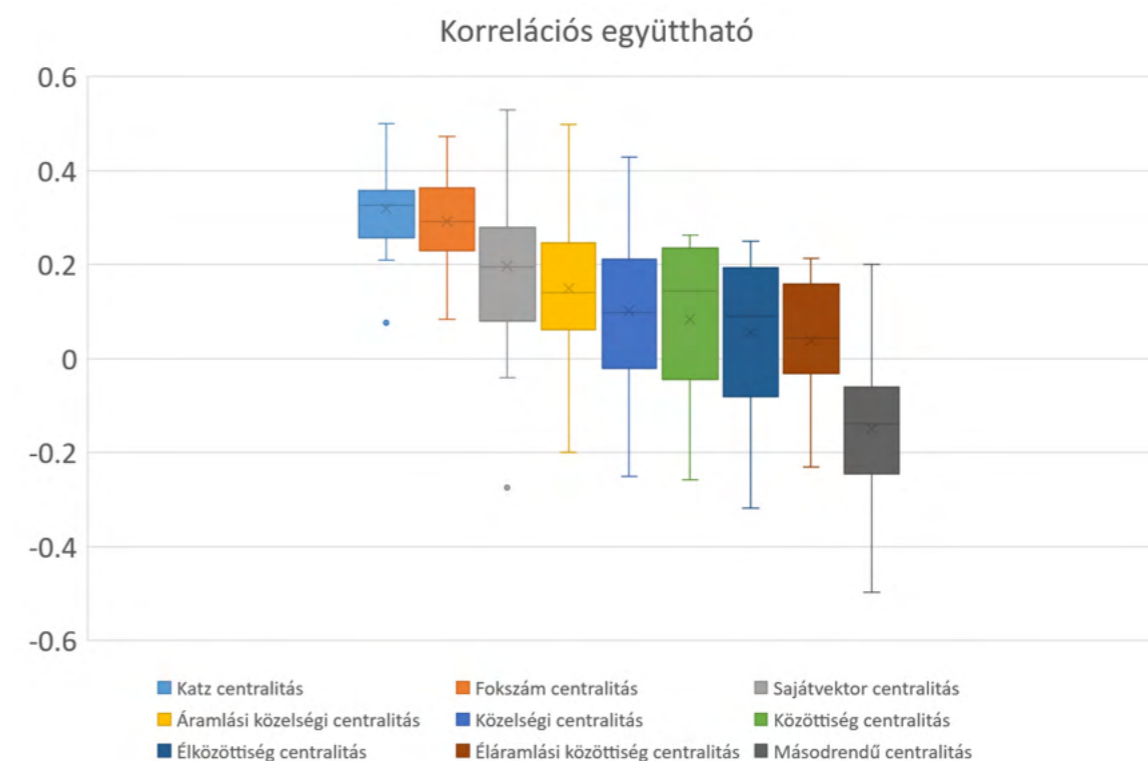
5. ábra. Tolózár kritikussági térkép egy valódi vízhálózatban.

## KRITIKUSSÁG BECSLÉSE

Egy teljes kritikusság vizsgálat egy valódi, üzemelő hálózat esetén nagy mennyiségű hidraulikai szimulációt igényel, ez a szám pedig megadható a tolózárak számának és a szegmensek számának szorzatával. Tehát a hálózatok méretének növekedésével a számítási idő négyzetesen eszkalálódik. Másfelől egy jól karbantartott, kalibrált modellt igényel, mely nem minden víziközmű cég számára elérhető minden esetben, minden hálózathoz. Felmerül tehát az igény, hogy lehet-e kevesebb adatból és nagy mennyiségű számítások nélkül is becsülni a tolózárak kritikusságát.

Manapság a tudományos életben nagy népszerűségnek örvend a hálózat kutatás, ahol kutatók óriási méretű hálózatok viselkedését próbálják leírni egyszerűen számolható gráfjellemzőkkel.

Az ötletünk, hogy a hálózat kutatás területén már definiált és bejáratott mennyiségekkel próbáljuk meg közelíteni a tolózárak kritikusságát. A közelítés jóságára a Spearman korrelációs együtthatót használjuk, mely matematikailag megadja, hogy a két mennyiség mennyire változik együtt, vagyis amennyiben az egyik nő, akkor nő-e a másik is. Ez egy -1 és 1 közötti érték, ha tökéletesen együtt és egy irányba változnak 1-el egyenlő, viszont ha tökéletesen ellentétesen változnak – tehát egyik nő, akkor a másik csökken – akkor -1-el egyenlő. Kiszámoltuk ezt a mennyiséget az összes elérhető hálózatunkra 9 különböző centralitás mennyiséget használva, majd ezeket boxplot segítségével ábrázoltuk, ez látható a 6. ábrán. Mindegyik boxplot önállóan takarja a 23 vizsgált, valódi ivóvízhálózatot.



6. ábra. Korrelációs értékek a topológiai becslés és a kritikusság között.

## KRITIKUSSÁG BECSLÉSE

Az ábra azt mutatja számunkra, hogy a legtöbb mennyiség nem képes jól közelíteni a tolózárak kritikusságát, ugyanis a korrelációs értékek nemigen haladják meg a 0,3-at sem. Hálózat kutatásban leggyakrabban használt mutatók, mint pl. a közelségi (kék) vagy a közöttség (zöld) centralitás lényegében 0,2 alatt maradnak. Ezt azt jelenti, hogy a legtöbb hálózat esetén nem alkalmazhatók a kritikusság becslésére. Találtunk azonban az irodalomban két nemrégiben felkapott mennyiséget, név szerint a Katz (világos kék) és a fokszám (narancs) centralitás, melyek elfogadható szintű korrelációt mutatnak. Ez nem természetesen nem jelenti azt, hogy ezek egy az egyben használhatók lennének becslésre, inkább csak iránymutatásként használhatók, olyan esetben, amikor nem áll rendelkezésre hidraulikai modell.

Minden ivóvízhálózat szenved véletlenszerű csőtörésektől, melyeket a felelős víziközmű cégnek kiszakaszolás után szükséges javítania. Minél kisebb zónát sikerül lehatárolni tolózárak segítségével, a hálózat annál nagyobb része képes üzemelni a munkálatok során. Ebben a cikkben azt vizsgáltuk, hogy amennyiben egy tolózár nem lehetséges elzárni (legyen az ok akár mechanikai hiba, vagy hiányzó tolózár), mekkora többlet vízvesztést okoz ez a fogyasztók számára. Kiderült, hogy minden vizsgálat valódi ivóvízhálózat esetén, azonosíthatók olyan tolózárak, melyek kitüntetett figyelmet igényelnek és karbantartás során elsődleges prioritásban érdemes részesíteni őket. Továbbá bemutattunk egy hálózat alapú módszert, hogyan becsülhető a tolózárak kritikussága, amennyiben nem áll rendelkezésünkre hidraulikai modell, pusztán a hálózat topológia.



## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetet szeretnénk mondani a Soproni Vízmű Zrt-nek, hogy a rendelkezésünkre bocsájtották a hálózatok adatait kutatási célokra. A cikkben bemutatott munka az NKFI OTKA K-135436 "Biztonságos ivóvízellátó rendszerek" kutatási projekt keretében valósult meg.

### ► IRODALOMJEGYZÉK

## SZERZŐ:



**Wéber Richárd:** 1992-ben született Pécsen. 2015-ben szerezte BSc diplomáját a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Karán, míg ugyanitt 2017-ben az MSc-t. Ezután kezdte kutatását a Hidrodinamikai Rendszerek Tanszéken PhD hallgatóként, disszertációjának címe „Sebezhetőség és szenzorhelyezés ivóvízhálózatokban”, témavezetője Dr. Hős Csaba, egyetemi docens. Az értekezését 2021 áprilisában nyújtotta be, a hivatalos védelem várhatóan 2021 nyarán lesz. A tanszéken már évtizedes múltra tekint vissza a különböző csőhálózatok vizsgálata, elsősorban ivóvízhálózatok állnak a fókuszban. A vizsgálatok során a cél az utóbbi évtizedek komplex hálózati elemzési eszközök alkalmazása ivóvízhálózatok esetén. Eddig 5 nemzetközi folyóirat cikket (köztük 3 impact faktorral rendelkezőt) és 7 nemzetközi konferenciakiadványt jegyezhet magáénak.

## SÓMENTESÍTÉSI MÓDSZEREK ÖSSZEHASONLÍTÓ ÉRTÉKELÉSE ÉLETCIKLUS ELEMZÉSEL: FORDÍTOTT OZMÓZIS ÉS TERMIKUS ELJÁRÁSOK

### DULOVICS SZIMPÓZIUM -INNOVÁCIÓS DÍJ

**DO THI HUYEN TRANG, TÓTH ANDRÁS JÓZSEF**

BME-VBK KÉMIAI ÉS KÖRNYEZETI FOLYAMATMÉRNÖKI TANSZÉK, KÖRNYEZETI ÉS FOLYAMATMÉRNÖKI KUTATÓCSOPORT

#### Kulcsszavak:

Sómentesítés, Fordított ozmózis (RO), Többfokozatú gyors desztilláció (MSF), Többszörös hatású desztilláció (MED)

Napjainkban az ivóvízhiány egyre nagyobb méreteket ölt, elsősorban a gyors népességnövekedés, az éghajlatváltozás, a pazarló túlhasználat és a szennyezés miatt. A jelenlegi körülmények között a világ lakosságának egynegyede nem jut jó minőségű ivóvízhez. Sőt, 2050-re a világ népességének fele, akár 5 milliárd ember is érintett lehet. Ezért más megoldást kell alkalmazni azokon a területeken, ahol nincs elegendő édesvíz. Az egyik lehetséges irány a tengervíz sótalánítása, amely az egyik legpraktikusabb megoldás az ivóvízhiány problémájának megoldására a csekély édesvízkészlettel rendelkező olajkitermelő, gazdag országok esetében.

A három leggyakrabban alkalmazott sómentesítési technológia a fordított ozmózis (RO), a többfokozatú gyors desztilláció (MSF) és a többszörös hatású desztilláció (MED). Két módszer alapján vizsgáltuk a tengervíz sótalánítását: életcikluselemzést (LCA) végeztünk a SimaPro Life Cycle Analysis szoftver 9.1-es verziójával, illetve karbonlábnyom (carbon footprint) elemzést készítettünk. A három sómentesítési technológia esetében elemeztük a fosszilis és megújuló energiaforrásokkal előállított ivóvíz üvegházhatásúgáz-kibocsátását (ÜHG). Ennek eredményeként megállapítottuk, hogy az RO-technológia CO<sub>2</sub>-kibocsátása jelentősen alacsonyabb, mint a termikus technológiáké (MSF és MED). Az RO kombinálása megújuló energiával minősült a leginkább környezetbarátnak; kiemelkedő előnyököt biztosít az emberi egészség és az ökoszisztéma minősége szempontjából. Ez a technológia a jövőben még fejlődhet a hosszabb élettartamú, olcsóbb membránok előállításával, továbbá a folyamat energiaigénye a modern energia-visszanyerő rendszerek alkalmazásával még alacsonyabb lehet.

## 1. BEVEZETÉS

A Föld felszínének mintegy 71%-át borítja víz, ennek csak egy kis része tekinthető iható víznek, azaz a Föld vízkészletének 2,5%-a. Összességében a vízkészletek alig 0,7%-a áll az emberek rendelkezésére<sup>1</sup>. Ebből a mennyiségből kell kielégítenünk a jelenleg élő 7,9 milliárd ember egyre növekvő vízfogyasztását (150-400 L/fő naponta<sup>2</sup>). A növekvő vízfogyasztás mellett az emberi népesség várhatóan növekedni fog<sup>3</sup>. A Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet (Organisation for Economic Co-operation and Development-OECD) előrejelzése szerint 2050-re a lakosság mintegy 40%-a vízhiányos régiókban fog élni<sup>4</sup>. Nehéz elképzelni, hogy a Földön élő emberek több mint felének nem lesz hozzáférése tiszta, iható vízhez. Azokon a területeken, ahol nincs elég elérhető édesvízforrás, más megoldást kellett találni. A tengervíz sómentesítésének folyamata hatékony alternatívának bizonyult.

A sómentesítési technológiákat először a második világháború alatt alkalmazták nagyobb léptékben a Közel-Keleten, az általános vízhiány miatt. A népesség növekedésével és az ivóvízkészlet csökkenésével egyre szélesebb körben terjedtek el<sup>5, 6</sup>. Világszerte a sómentesítő üzemek száma 2010 óta évente átlagosan mintegy 6,8%-kal nő, az átlagos éves kapacitásbővülés pedig mintegy 4,6 millió m<sup>3</sup>/nap. 2020 februárjában 20971 sómentesítési projekt volt 16876 üzembe helyezett létesítménnyel, amelyek kapacitása 97,2 millió m<sup>3</sup>/nap édesvíztermelés<sup>7</sup>. Napjainkban már több mint 150 ország alkalmazza a sómentesítési technológiákat, amelyekkel mintegy 300 millió ember számára biztosítanak tiszta vizet<sup>8</sup>. A sómentesítő üzemek világszerte a tengerpartok mentén összpontosulnak. A part menti sómentesítő üzemek általában nagyobbak, mint a szárazföldön lévő

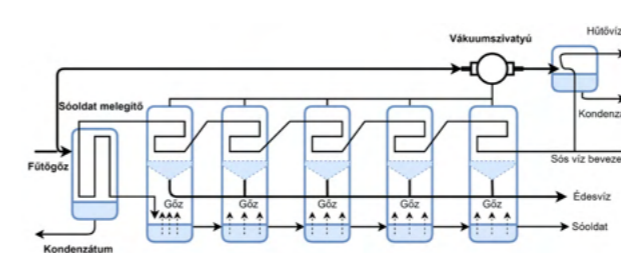
sómentesítő üzemek. A legnagyobb sómentesítési kapacitás ott van, ahol a legnagyobb a kőolaj elérhetősége (a legtöbb sómentesítő üzem fosszilis tüzelőanyagokat használ), például az Egyesült Államokban és Észak-Afrikában.

A sómentesítési technológia ivóvizet biztosít az emberek számára olyan helyeken is, ahol az ivóvíz egyébként problémát jelentene. A termelt víz öntözésre is felhasználható, például a száraz és aszályos területeken, ami csökkentheti egy adott terület importfüggőségét, hozzájárulhat a helyi gazdasághoz és az élelmiszerellátás javításához<sup>9, 10</sup>. Évtizedek óta bevált és működő technológiákat alkalmaz, ami megbízható eljárás. Azonban több hátrányos tulajdonsága is lehet működésük közben a sómentesítő üzemeknek, például a kibocsátott sósvíz, illetve üvegházhatású gázok, továbbá a mérgező vegyi anyagok kibocsátása, a vízkivételi tevékenységek és a magas energiafogyasztás stb.

A sómentesítés lényegében egy olyan folyamat, amelynek során az édesvizet elválasztják a brakk- vagy sós vízből. Ehhez a folyamathoz energiára (hő-, illetve villamos energia) van szükség. A sómentesítési technológiákat két fő csoportra oszthatjuk: termikus eljárások (hagyományos technológia) és membrános eljárások (modern technológia). A termikus- és membrános eljárások tulajdonságait az. táblázat foglalja össze. A felsorolt sómentesítési technológiák közül a három leggyakrabban alkalmazott: fordított ozmózis (RO), többfokozatú gyors desztilláció (Multi-Stage Flash Distillation, MSF) és többszörös hatású desztilláció (Multiple-Effect Distillation, MED)<sup>11, 12</sup>. Mára az RO által végzett sómentesítés a technológiák 69%-át teszi ki a világ teljes telepített sómentesítési kapacitásában (65,5 millió m<sup>3</sup>/nap).

Osztályozás	Termikus	Membrán
Sómentesítési technológia	MED, MSF	RO
Elválasztási mechanizmus	Fázisváltás	Oldódás-Diffúzió
Az energiaigény fő típusa	Termikus/hő	Elektromos
Hajtóerő	Hő	Nyomás/elektromos
Fajlagos energiafogyasztás	Magas	Alacsony

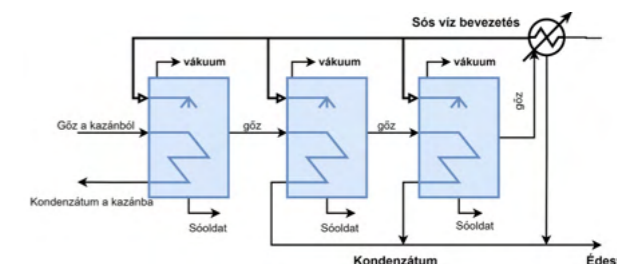
1. táblázat. A sómentesítési technológiák áttekintése<sup>13</sup>.



1. ábra. A többszörös hatású desztilláció (MED) sematikus diagramja<sup>15</sup>.

A termikus eljárás során fázisváltás történik, amelyben a betáplált vizet üzemi hőmérsékleten és nyomáson melegítik. A vízgőz a tiszta vízhez hasonlóan lecsapódik, sót és más nem illékony anyagokat hagyva maga után. A termikus folyamatok hő- és mechanikai energia felhasználása nagyobb a membrános eljárásokhoz képest. A legtöbb műveleti folyamat több lépésből áll. A hőújrafelhasználása az egymás utáni kondenzációs és párolgatási folyamatokon keresztül történik<sup>14</sup>.

A MED és MSF desztilláció elméleti működését az 1. és 2. ábra mutatja. A MED-ben az egyes fokozatok gőzei a következő egymást követő szakaszban kondenzálódnak. A forró csöveket ezután

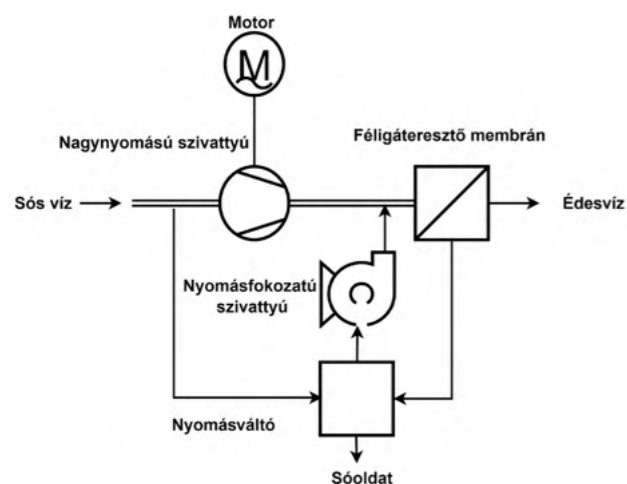


2. ábra. A többfokozatú gyors desztilláció (MSF) sematikus diagramja<sup>15</sup>.

tengervízzel permetezik, hogy a víz elpárologjon; ezt a folyamatot megismételjük a következő szakaszban. A sóoldatot az egyes szakaszok alján összegyűjtik, és a következő szakaszban keringetik, vagy kivezetik a rendszerből<sup>15</sup>. Az MED egységeket többféleképpen lehet elhelyezni, a hőcserélők típusától (vízszintes vagy függőleges), a sóoldat vagy a gőz áramlási irányától (előre, hátra, párhuzamos) stb. függően. Az energiahatékonyság érdekében a gőzt általában erőmű gőzturbinájából szívják el, vagy más ipari folyamatokból származó hulladékenergiákat hasznosítanak. Az MSF szintén hőátadásos sómentesítési technológia, amely a víz elpárologtatásából és kondenzációjából álló, energiaigényes folyamat. A párolgási



és kondenzációs lépések több lépcsőben kapcsolódnak egymáshoz, így a párolgás látens hőjét a bejövő víz előmelegítésével nyerik vissza. Az eljárás elve az, hogy a sós víz elpárolog, a víz és a só szétválasztható. A párolgás többször (akár 15-20-szor) történik sorba kapcsolt kamrákban és alacsony nyomáson, így a víz alacsonyabb hőmérsékleten forr<sup>16</sup>. Az MSF a leginkább elterjedt termikus sómentesítő eljárás. Előnye, hogy alkalmazása során csak néhány adalékanyagot igényel. A korrózió azonban nagyon gyakori jelenség, ha nem rozsdamentes acélt használnak.



3. ábra. A RO sematikus diagramja<sup>17</sup>.

A fordított ozmózis eljárásnál a víz folyékony fázisban marad, és féligáteresztő membránok segítségével választják el a vizet, illetve a sót a tápviztől. A folyamat során a tengervizet átnyomják a membránon, és a só a membrán mögött marad. A nyomást a nagyobb koncentrációjú oldatra alkalmazzuk, így az oldószer az ozmózissal ellentétben, a kisebb koncentrációjú oldat felé áramlik. Ez tiszta vizet, illetve sókoncentrátumot eredményez. Előnye, hogy magas a visszanyert tiszta víz és az ehhez felhasznált tengervíz mennyisége, és nemcsak a sót, hanem az egyéb káros anyagokat is kiszűri<sup>18</sup>. Hátránya azonban a membránok

estleges eltömődése, illetve a sokszor magas külső nyomás alkalmazásának szükségessége<sup>14</sup>. Az RO elméleti működését a 3. ábra mutatja. A szilárd anyagok eltávolítását célzó előkezelés után a tengervizet egy nagynyomású szivattyú (High Pressure Pump-HPP) sűríti az RO sómentesítő egység ellátására. Az RO keresztáramlásban valósul meg úgy, hogy a betáplált áram a membrán felületével párhuzamosan áramlik, miközben a keverék egyes komponensei áthaladnak a membránon és elhagyják a permeátum oldalát. A betáplálás iránya csökkenti a koncentráció polarizáció lehetőségét, mivel a betápláló áram lemosa a szűrt molekulákat a membrán felületéről<sup>19</sup>. A sómentesítés teljes energiafogyasztása csökkenthető a membrán tulajdonságainak javításával és/vagy egy további energia-visszanyerő rendszerrel, amelyet általában ennek a hidraulikus energiának a visszanyerésére és a betáplálási áramba történő átvitelére használnak. Ez a rendszer segít csökkenteni a HPP-k energiaszükségletét és méretét<sup>20</sup>.

A sómentesítési eljárások nagy mennyiségű energiát igényelnek, amit általában fosszilis tüzelőanyagok biztosítanak. A megújuló energiaforrások felhasználása a sómentesítési technológiák működtetésére jó alternatíva a sómentesítés éghajlati hatásainak csökkentésére, valamint édesvíz előállítására a távoli, súlyos vízhiányos, a közcélú elektromos hálózathoz való kedvezőtlen vagy kivitelezhetetlen csatlakozási területeken. A leggyakrabban telepített nap-, geotermikus és szél- vagy hibrid szoláris/szél-sómentesítő berendezések kis kapacitásúak. A megújuló energiák közül a napenergia a legnépszerűbb és legszélesebb körben alkalmazott a világon. Ennek az az oka, hogy a napenergia ingyenes természetes hőforrása,

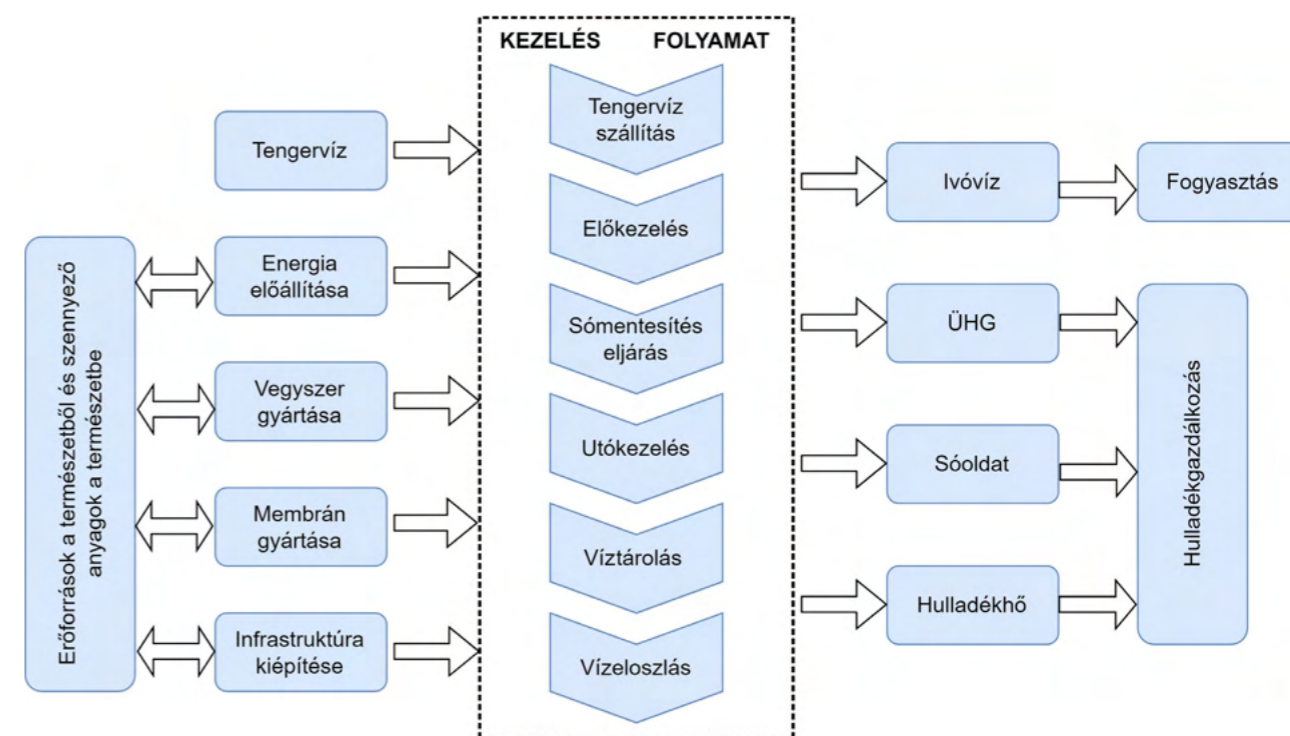
amely közvetlenül sómentesítési eljárások esetében felhasználható. A száraz területek gyakran sok lehetőséget rejtenek a napenergia felhasználására. A viszonylag alacsony üzemeltetési és fenntartási költségek ellenére a megújuló energiarendszerek tökeigénye magas; ebből következően a megtermelt víz költsége magas. A megújuló energiotechnológiák rohamos fejlődésével azonban várhatóan csökkenni fognak a költségek, aminek hatására a víztermelés költsége is csökkenni fog.

## 2. ALKALMAZOTT MÓDSZEREK

### 2.1 ÉLETCIKLUS-ELEMZÉS

Az életciklus-elemzés egy termék, folyamat vagy szolgáltatás teljes életútja során vizsgálja annak környezetre gyakorolt potenciális hatásait. A jelen

tanulmányban végzett életciklus-elemzés célja a három leggyakrabban alkalmazott sómentesítési eljárás (MSF, MED, RO) összehasonlítása a környezeti hatások szempontjából. Továbbá az is vizsgáljuk, hogy a különböző megújuló energiaforrások használata hogyan befolyásolja az eredményeket. A tanulmány csak az üzem működési szakaszát veszi figyelembe, amely magában foglalja a szükséges energia és vegyi anyagszükségletet. Az elemzéshez Szaúd-Arábiából származó adatokat használtunk, a víztermék alapegysége 1 m<sup>3</sup> volt. Az egyes sómentesítő üzemek rendszerhatárait a 4. ábra mutatja be. A bemeneti és kimeneti adatokat egy meglévő tanulmányból gyűjtöttük össze és a 2. táblázatban soroltuk fel, amelyben minden paraméter 1 m<sup>3</sup> ivóvíz előállításához tartozik. Az adatok a németországi Szövetségi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Nukleáris Biztonsági Minisztérium 2007-es jelentésén alapulnak<sup>21</sup>.



4. ábra. A vizsgált sómentesítési folyamat életútjának szakaszai<sup>22</sup>.

		MSF	MED	RO	M.e	
Bemenet	Tengervíz	10	9	3	m <sup>3</sup>	
	Hő energia	290	267.5	-	MJ	
	Elektromos energia	4	2	4	kWh	
	Fertőtlenítő-szer	Klór	20.5	18.5	3.5	g
	Vízkezelő-szer	Foszforsav	-	27	6	g
		Kénsav	20	-	195	g
	Klór eltávolítása	Nátrium-biszulfit	-	18	9	g
	Habzágató	Propilénlikol	1	0.9	-	g
	Koaguláló-szer	Alumínium-klorid	-	-	6.75	g
		Vas-klorid	-	-	53.7	g
Flokkuláló-szer	Poliakrilamid	-	-	6.3	g	
Ásványi anyagpótlás	Kalcium-hidroxid	0.5	0.5	0.5	g	
Kimenet	Klór	0.7	0.7	0.7	g	
	Foszforsav	-	10	-	g	
	Kénsav	8	-	6	g	
	Réz (a szerkezeti anyagok korróziójából)	0.03	20	-	mg	
	Propilénlikol	0.09	0.09	-	g	
	Nátrium-klorid	45	45	45	kg	
	Hulladék hő	73.44	114.24	-	MJ	

 2. táblázat Egy tipikus sómentesítő üzem leltári adata 1 m<sup>3</sup> ivóvíz előállítására<sup>21</sup>.

Az életciklus-elemzés során a SimaPro szoftver 9.1-es verzióját használtuk. Ebben a tanulmányban a következő hatáselemzési és értékelési módszereket alkalmaztuk: IMPACT 2002+ V2.14 és IPCC 2013 GWP 100a V1.03.

Az IMPACT 2002+ módszertan egyesíti a középponti és a kár (vagy végpont) megközelítést, az életciklus-leltár minden típusú eredményét 14 középponti kategórián keresztül kapcsolja össze négy kárkategóriával. Ezeket a középponti kategóriákat egy vagy több kárkategóriához rendeljük, és a minőségi környezetben bekövetkezett változásokat képviseli. Azonban vannak bizonyos korlátai, számos hatáskategóriát nem vett teljes mértékben figyelembe, például a tengeri környezetre gyakorolt hatásokat, a zajt, az ökotoxicitást és a fémek emberre gyakorolt toxicitását stb.

Az IPCC 2013-as GWP 100a módszere egy olyan környezeti értékelési módszer, amely az üvegházhatású gázok kibocsátását kilogramm CO<sub>2</sub>-egyenértékben fejezi ki 100 éves időtávlatban. A módszer elég egyszerű, mivel csak egy hatáskategóriát vesz figyelembe, így nincs lehetőség normalizálásra vagy súlyozásra. A különböző gázkibocsátásokat globális felmelegedési potenciáljuk (Global Warming Potential-GWP) szerint jellemzik, és a különböző kibocsátások klímaváltozási hatáskategóriák szerinti aggregálása az egyik leggyakrabban használt módszer az életciklus-elemzés hatásvizsgálatában. Az üvegházhatású gázok (ÜHG) kibocsátásának jellemzési értékei az éghajlatváltozással foglalkozó kormányközi munkacsoport (Panel on Climate Change-IPCC) által közzétett globális felmelegedési potenciálokra alapulnak. A GWP arányos a szén-dioxid hatásával. A GWP a globális felmelegedéshez való relatív hozzájárulás becslésére szolgáló mutató, amely egy adott

üvegházhatású gáz kilogrammonkénti légköri kibocsátásának hatását méri egy kilogramm szén-dioxid-kibocsátás hatásához képest<sup>23</sup>.

## 2.2 TÖBBKRITÉRIUMOS DÖNTÉSELEMZÉS

A többkritériumos döntéselemzés (Multi-Criteria Decision Analysis-MCDA) egy olyan segédeszköz a tanulmányban vizsgált döntéshozatali folyamathoz, amely viszonylag könnyen képes több (egymásnak ellentmondó) kritériumot értékelni. A TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to the Ideal Solution) egyszerű, érthető, képes az egyes alternatívák relatív teljesítményének mérésére a legjobbtól a legrosszabbig. A TOPSIS alapkonceptiója az ideális megoldáshoz legközelebbi szabvány szerinti alternatíva kiválasztása<sup>24</sup>. A klasszikus TOPSIS-módszer a döntéshozóktól származó numerikus adatokra támaszkodik, amelyek segítenek a problémák felépítésében, az elemzés elvégzésében, az alternatívák összehasonlításában és rangsorolásában. Ebben a cikkben a sómentesítési technológiák MCDA-ja klasszikus TOPSIS-módszerrel lett elemzve. A politikai, gazdasági, társadalmi, technológiai, jogi és környezeti tényezők (PESTLE) elemzésén alapuló bemeneti értékeknek a számszerűsítése is elvégeztük a vizsgálatok során.

## 3. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

### 3.1 ÉLETCIKLUS-ELEMZÉS

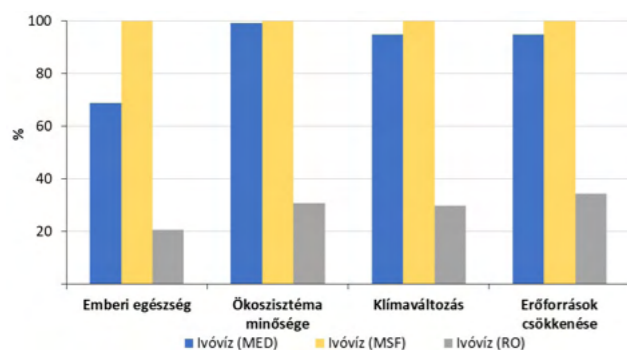
#### 3.1.1 HAGYOMÁNYOS ENERGIAFORRÁS

Az 5. ábrán látható a három technológia alapeletének az összehasonlítása az IMPACT 2002+ módszer négy kárkategóriája (emberi egészség,

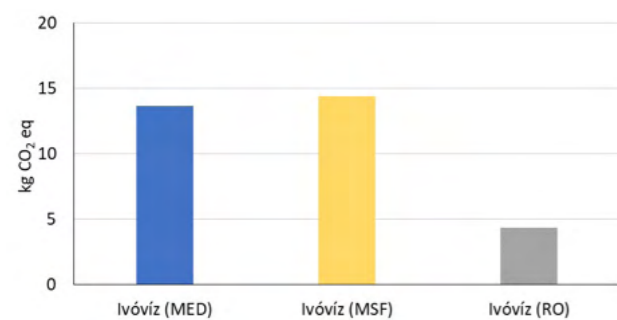


### 3.1.2 MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁS

ökoszisztéma minősége, klímaváltozás, erőforrások csökkenése) alapján. Az látható, hogy mind a négy kárkategóriát tekintve az RO a legkevésbé környezetkárosító, a termikus technológiák jóval nagyobb mértékben károsítják a környezetet. A 6. ábrán látható a három technológia alapesetének az összehasonlítása az IPCC 2013 módszer alapján, ahol a hatások nyomon követésének idejét 100 évnek választottuk meg. Az eredményeket tekintve az IMPACT 2002+ klímaváltozásra vonatkozó eredményeivel szinte azonos értékeket ad. Jelen esetben is a fő forrás a folyamatok energiaigénye és az értékek azzal arányos növekedése figyelhető meg. Megfigyelhető, hogy az MSF bocsátja ki a legtöbb CO<sub>2</sub>-t, 3,3-szor magasabb, ezt követi az MED, ami 3,1-szer magasabb, mint az RO.

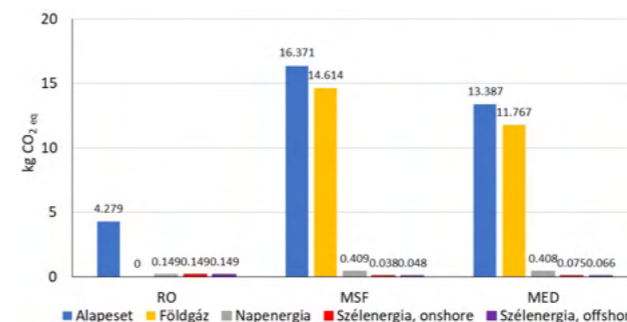


5. ábra. A különböző sómentesítési eljárások összehasonlítása IMPACT 2002+ módszer alapján.



6. ábra. A különböző sómentesítési eljárásoknak összehasonlítása az IPCC 2013 GWP 100a módszer alapján.

Ezt követően a technológiákat egyenként hasonlítottuk össze oly módon, hogy a hagyományos energiaforrásokról megújulóakra váltottuk. Alapesetben a termikus technológiákhoz a hőenergiát egy olaj alapon működő hőerőmű biztosította, az elektromos energiát pedig mindhárom esetben a szaúd-arábiai elektromos áram keverék fedezte a kiindulási pontokban. A megújuló energiaforrások viszonya 7. ábrán látható. Általánosságban is elmondható, hogy minden módszer és kárkategória tekintetében óriási fejlődés tapasztalható. A szélenergia valamivel jobb eredményeket hozott, mint a napenergia. A szélenergián belül a szárazföldi és tengeri erőművek között egyik esetben sincs jelentős különbség. Tehát az üzemeltetési fázist tekintve és egyéb körülményektől eltekintve a szélenergia mondható a legkörnyezetbarátabbnak. A szélenergia és az MSF-technológia kombinációja hozza a legjobb javulást, a környezetbe kerülő CO<sub>2</sub>-kibocsátás 99,7%-át képes csökkenteni, az alapesetben mért 16,371 kg CO<sub>2</sub>-egyenértékről 0,038 kg CO<sub>2</sub>-egyenértékre, ha a szárazföldi szélenergiával helyettesítjük. Ezt követi a MED-technológia, amely 99,5%-kal csökkenti a CO<sub>2</sub>-kibocsátást a környezetbe, végül pedig az RO, amely csak 96,5%-os csökkenést eredményez. A termikus sómentesítés sokkal nagyobb mennyiségű energiát igényel, mint a membrántechnológia, így ha ezt az energiát megújuló energiával helyettesítjük, a környezeti, ökológiai rendszerekre, erőforrásokra gyakorolt hatás még nagyobb lesz.

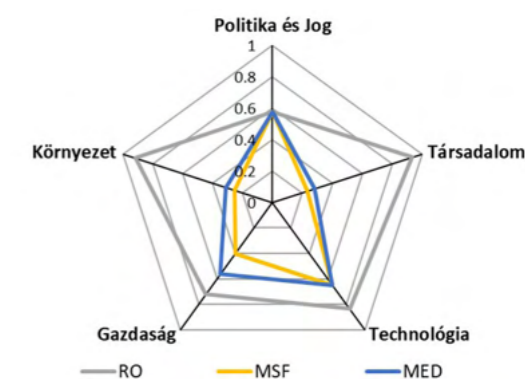


7. ábra. A különböző energiaforrású sómentesítési eljárások széndioxid kibocsátása IPCC 2013 módszer alapján.

### 3.2 TÖBBKRITÉRIUM DÖNTÉSELEMZÉS

A vizsgált PESTLE-tényezőket (Politikai, Gazdasági, Társadalmi, Technológiai, Jogi, Környezeti) az MCDA számszerű bemeneteként használtuk, amelyben a társadalmi és környezeti tényezők az IMPACT 2002+ módszer alapján végzett hatásvizsgálat eredményei. A politikai és jogi, technológiai, illetve gazdasági tényezőket a TOPSIS-pontszámuk alapján értékeltük, ahol a magasabb érték jobbnak számít (3. táblázat). A politikai és jogi felülvizsgálat azt mutatja, hogy a sómentesítési technológia fejlődését illetően nem tapasztalható szignifikáns különbség a Nyugat-Európai régió országai között. A gazdasági tényező értékelése a közzétett termékegységköltségeken alapul: az RO technológiával előállított 1 m<sup>3</sup> tiszta víz ára a legolcsóbb

(0,52-0,56 USD/m<sup>3</sup>), majd a MED (0,52-1,01 USD/m<sup>3</sup>), végül az MSF(0,52-1,75 USD/m<sup>3</sup>) következik<sup>25</sup>. Az RO magasabb pontszámot kapott a technológiai tényezőben, mint a másik két technológia, mert még manapság is komoly fejlesztési potenciál tapasztalható ezen a membrános eljárás területén. A 8. Ábra a PESTLE faktorok TOPSIS-pontszámmal történő MCDA-eredményeit mutatja.



8. ábra. A PESTLE faktorok MCDA eredményei TOPSIS Pontszámmal: minél magasabb, annál jobb alapján.

A kritériumok súlyozását az 4. táblázatban mutatjuk be. A tényezők súlya szubjektív input, tehát erősen függ a döntéshozó személyes véleményétől. Ebben a tanulmányban a környezeti tényezőt tekintettük a legnagyobb súllyal vezető tényezőnek, amelyet a társadalmi és gazdasági tényezők követtek. Végül a technológiai, politikai és jogi tényezők következtek.

PESTLE Tényező	RO	MSF	MED
Politikai és Jogi	7	7	7
Technológiai	9	7	7
Gazdasági	9	5	7

3. táblázat. A minőségi kritérium alternatív értékelései a klasszikus TOPSIS-módszer esetén. 1- Szegény; 3- Közepesen gyenge; 5- Megfelelő; 7- Közepesen jó; 9- Jó; 2,4,6,8- Köztes értékek között.

	Politika és Jog	Szociális	Technológia	Gazdaság	Környezet
Skálája	VVL-VL	MH	VVL-VL	L	H
Súly	0,0625	0,325	0,0625	0,175	0,375
Gazdagsági	9	5	7		

**4. táblázat.** Kritériumsúlyok skálája a TOPSIS-módszerben. 0,005- Nagyon-nagyon alacsony (VVL); 0,125- Nagyon alacsony (VL); 0,175- Alacsony (L); 0,225- Közepes alacsony (ML); 0,275- Közepes (M); 0,325- Közepes magasság (MH); 0,375 - Magasság (H); 0,425- Nagyon magas (VH); 0,475- Nagyon-nagyon magas (VVH).

Az MCDA-elemzés összefoglalásaként elmondható, hogy a legjobb alternatívának az RO bizonyult, 1,00 TOPSIS-pontszámmal. A következő a MED, 0,11-es pontszámmal. Az értékelés alapján a legrosszabb alternatíva az MSF-alapú technológia. Az MSF TOPSIS-pontszáma nulla, mivel minden tényezőszintjét negatív ideális megoldásként értékelhetjük.

#### 4. ÖSSZEFOGLALÁS

Az elemzésünkben három sómentesítési technológia (RO, MSF, MED) alapesetét hasonlítottuk össze, ahol kezdetben fosszilis tüzelőanyagok biztosították a folyamatok energiaszükségletét. Összességében a különböző hatáselemzési eljárások hatáskategóriáinak eredményei hasonló tendenciát mutattak. Megállapítottuk, hogy az alapvetően fosszilis energiát használó RO volt a legkörnyezetbarátabb, a legalacsonyabb hatással volt az ökoszisztémára, a természetes erőforrásokra és az emberi egészségre. Fontos megjegyezni, hogy az elemzés csak a működési szakaszt vizsgálta. A membrános eljárások esetében még rengeteg innovációs lehetőség rejlik, és ezen a területen folyamatos fejlődés tapasztalható napjainkban is. A technológia

kiválasztásánál figyelembe kell venni, hogy a membránok működtetése során előfordulhatnak eltömődések, illetve az RO-membránok élettartama jelenleg 5-7 év.

Megállapítottuk, hogy a fosszilis energiaforrásról bármely más, megújuló energiaforrásra való átállás legalább egy nagyságrenddel csökkentette a kárkategóriák értékét. A nap- és a szélenergia között azonban nem találtunk jelentős különbséget. Nagy előnyük, hogy a beruházást követően üzemeltetésük nem jár károsanyag-kibocsátással, viszont maga a beruházás költsége magas. A legnagyobb hátrány, hogy ezeknek az energiaforrásoknak a rendelkezésre állása korántsem állandó, hanem szezonális, és mivel az energiatárolás problémája jelenleg nem megoldott, nem támaszkodhatunk kizárólag a megújulóakra. Azt is figyelembe kell venni, hogy ezeknek az erőműveknek az élettartama jóval rövidebb, mint a hagyományos erőműveké. Ez pedig a gazdasági hatékonyságukat is megkérdőjelezi.

A legnagyobb potenciál az RO-ban, illetve a kombinált energiaforrásokban rejlik. A membrános technológia a jövőben várhatóan továbbra is fejlődni fog. Hosszabb élettartamú, olcsóbb

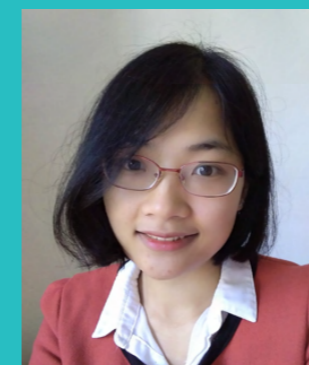
#### KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

membránok előállítására várható, továbbá az eljárásenergiaigénye is csökkenhet a modern energia-visszanyerő rendszereknek köszönhetően. Jelen tanulmány bővebb kifejtése megtalálható a Water folyóiratban megjelent publikációnkban. (Do Thi et al., Water 2021, 13(21), 3023, doi: 10.3390/w13213023)

A publikáció az OTKA 128543, az OTKA 131586, a MEC 140699 és az NTP-NFTÖ-21-B-0014 pályázatok támogatásával készült.

#### ▶ IRODALOMJEGYZÉK

#### SZERZŐ:



**Do Thi Huyen Trang:** vietnámi hallgató, 2017-ben szerezte a BSc. diplomáját a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen a környezetmérnöki szakon, míg ugyanitt 2020. júniusában az MSc fokozatot. 2020. szeptembertől a Kémiai és Környezeti Folyamatmérnöki Tanszéken PhD hallgató. Kutatási területei: szennyvíztisztítás, membránműveletek, életciklus-elemzés.



**Dr. Tóth András József:** 2015-ben szerezte a PhD fokozatot a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen. Azóta a Kémiai és Környezeti Folyamatmérnöki Tanszéken dolgozik a Környezeti és Folyamatmérnöki Kutatócsoportban ( ). Kutatási területei: szennyvíztisztítás, hulladékgazdálkodás, membránműveletek, illetve desztillációs módszerek fejlesztése.





## INNOVATÍV ESŐVÍZKEZELÉS AZ ACO RENDSZERLÁNCVAL

EGYRE INKÁBB FOKOZÓDNAK A HEVES ESŐZÉSEK. UGYANAKKOR A VÍZ AZ EGYIK LEGÉRTÉKESEBB TERMÉSZETI KINCSENK. HOGYAN VÉDEKEZHETÜNK AZ ÁRVIZEK ELLEN ÉS EGYÜTTAL HOGYAN ÓVHATJUK MEG MAGUNK ÉS A JÖVŐ SZÁMÁRA A VIZET?



### Miért nem elég a vízvezetés önmagában?

Az előbb még minden száraz volt, a következő pillanatban azonban felhőszakadás során heves eső zúdul a nagy teherbírású, áruszállítási területre. Persze a víznek minél előbb távoznia is kell innen. Azonban a vízvezetést úgy kell megoldani, hogy az ne terhelje túl a közcsatornát és **ne tartalmazzon veszélyes szennyező anyagokat**. Változatos kihívások, amelyek megoldásához számos technológia integrálása szükséges. Az ACO pontosan erre a feladatra fejlesztette ki a **rendszerláncot**, az SWM (Surface Water Management, Csapadékvíz-kezelés) filozófia alappilléret. Ebben a folyamatban minden ACO termék biztosítja a víz útját azzal a céllal, hogy az tisztán és gazdaságosan kerüljön vissza a **természetes körforgásba**. Az ACO **holisztikusan kialakított**

**vízvezetési megoldásokat** kínál már ma a jövő környezeti kihívásaira.

### Hogyan illeszkedik a rendszerlánc a különböző projektekbe?

Az **ACO rendszerlánc** olyan sokrétű és egyedi, mint az építőiparban megjelenő projektek igényei. Azaz a rendszerlánc nem egy konkrét megoldást takar, hanem annak építőelemeinek köszönhetően személyre szabható. A lánc egyik nagy előnye, hogy **minden komponense összhangban áll** a többi elemmel. Másik előny, hogy a kivitelező mindent egy kézből, **egy forrásból szerezhet be**, ezzel biztosítva a lánc során megvalósuló összhangot és minőséget.

### Hogyan működik az ACO rendszerlánc?



**Collect – Clean – Hold – Release**, azaz **Összegyűjtés – Tisztítás – Tárolás – Visszajuttatás**. Az ACO rendszerlánc ezt a négy kulcspontot használja a víz felelős és gazdaságos kezelése során.

### 1. Összegyűjtés



Az eső rendszeresen esik... Vajon hová tűnik a sok csapadék? Itt lép működésbe az ACO rendszerlánc első eleme: az összes felszíni

víz gyorsan és biztonságosan áramlik a nagy igénybevételnek kitett területekről a **csatornarendszerbe**. Ezzel elkerülhető az áradás, illetve a villámárvizek, és megmaradnak a **szabad közlekedési útvonalak**.

### 2. Tisztítás



A csapadékot ugyan elterelték a forgalmi területről, de a vízzel együtt olyan **veszélyes szennyező anyagok** is távoztak, mint az olaj,

finom por és vegyszerek. Szóval hogyan lesz újra tiszta a víz? Itt lép működésbe a rendszerlánc második eleme, például különböző leválasztók, amelyek a beléjük kerülő felszíni vízből **kiszűrik a szennyező anyagokat**. A víz kezelése integrált fizikai, kémiai vagy biológiai folyamatokkal történik oly módon, hogy az utána a **kommunális szennyvízhálózatba** kerülhessen.

### 3. Tárolás



A csapadékvíz összegyűjtötték és megtisztították ugyan, ám a **közcsatorna** a hatalmas vízmennyiséget nem tudja egyből fogadni.

Hogyan akadályozzuk meg, hogy túltelítődjön? Vagy másképp fogalmazva: hogyan tudjuk átmenetileg tárolni és visszatartani az esővizet? Az ACO rendszerlánc harmadik lépcsőjében **tárolótartályok, esővízvisszatartó medencék és fojtószelepek** találhatók. Ezek biztosítják, hogy a víz a vízvezető rendszerben maradjon, illetve szabályozott módon haladjon tovább. A **védelem és biztonság** így garantált még olyan szélsőséges körülmények között is, mint például a heves esőzések, árvizek vagy kritikus folyadékok kezelése.

### 4. Visszajuttatás



A tiszta víz készen áll, hogy visszatérjen a körforgásba – de hogyan működik ez? A rendszerlánc negyedik lépcsője adja meg a választ: **szivattyútelepek, átemelő állomások és csőrendszerek** segítségével az összegyűjtött, tisztított és szabályozott víz a közműhálózatba vagy a **természetes körforgásba** kerül vissza. Így életünk egyik legfontosabb erőforrása megmarad.

ACO Kereskedelmi Kft. - [www.aco.hu](http://www.aco.hu)



# EGY SZENNYVÍZ-AGGLOMERÁCIÓS PROJEKT MEGVALÓSÍTÁSÁNAK TANULSÁGAI – AVAGY MIT CSINÁLNÁNK LEGKÖZELEBB MÁSKÉPPEN?

FENYVESI NÓRA

KÖZMŰFEJLESZTÉSI MÉRNÖK, SOPRONI VÍZMŰ ZRT.

2021. májusában zárult le az a csaknem 3 évet felölelő szennyvíz-aggglomerációs projekt, mely során három, addig csatornázatlan településünkön kiépült a közműves szennyvízelvezetés, valamint jelentős fejlesztés történt a büki szennyvíztisztító telepünkön is.

A cikkben a projekt megvalósítása során szerzett tapasztalataimat szeretném összefoglalni (előkészítés, tervezés – kivitelezés – projekt lezárása hármass tagolásban), illetve levonni azon következtetéseket, hogy legközelebb mit csinálnánk ugyanígy és min kellene változtatnunk - a megszerzett tapasztalatok alapján - egy hasonló beruházás megvalósítása során.

**Kulcsszavak:**szennyvíz-aggglomerációs projekt tapasztalatai, szennyvíztisztító telep és települési szennyvízcsatorna-hálózatok fejlesztése, projekt szereplőinek együttműködése, kommunikációja, feladatmegosztása, projekt sikeressége.

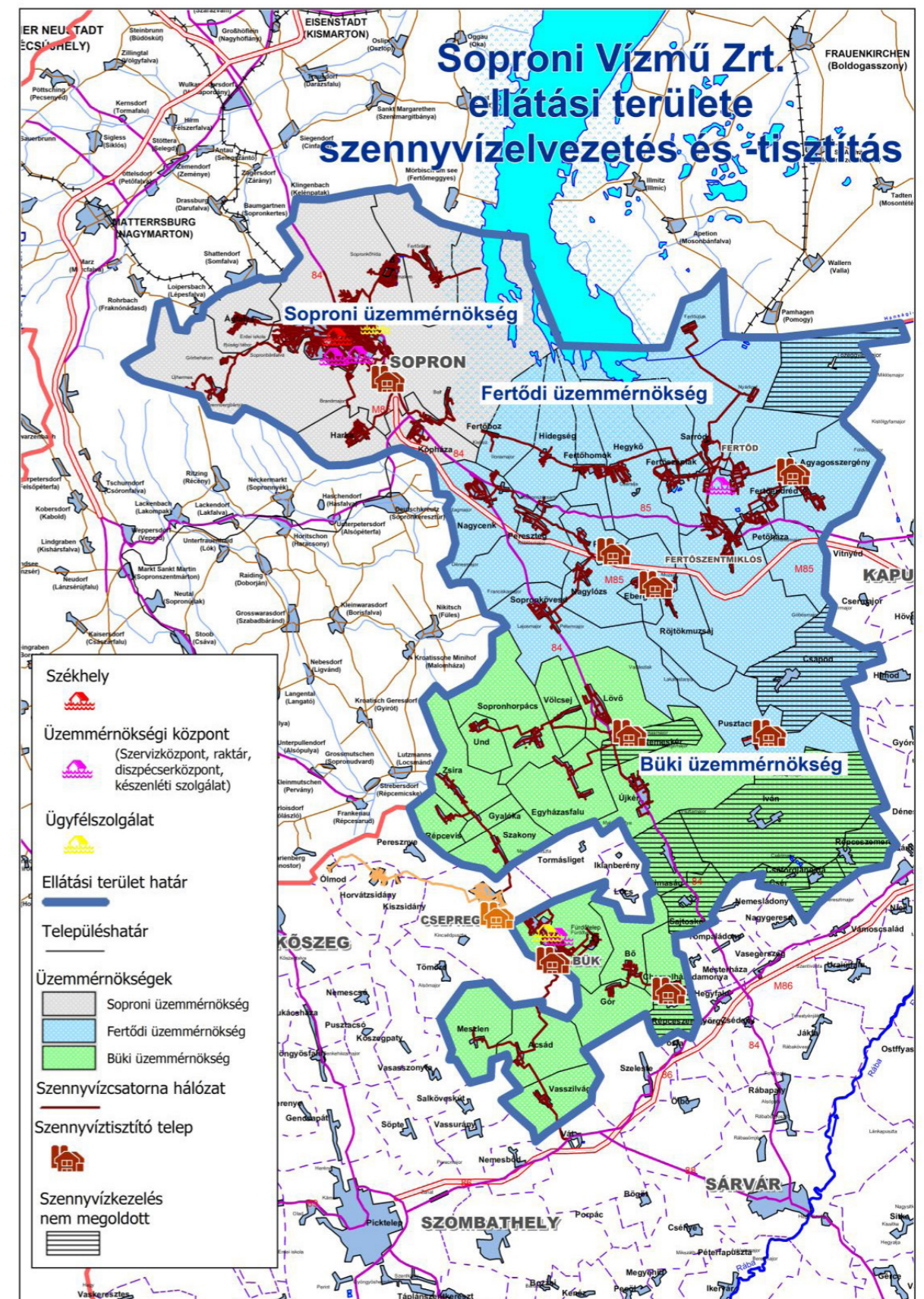
## 1. ELLÁTÁSI TERÜLETÜNKRŐL ÉS A PROJEKT SORÁN KIÉPÜLT VÍZIKÖZMŰVEKRŐL

A Soproni Vízmű Zrt. ellátási területe 50 települési önkormányzat közigazgatási területére terjed ki. Működési engedélyünk alapján 23 db víziközmű-rendszer - 14 db ivóvíz rendszert és 9 db szennyvíz rendszert – üzemeltetünk. Ellátási területünket és a víziközmű-rendszereket az alábbi ábra szemlélteti.

A szennyvíz-aggglomerációs projekt a Büki Üzem-mérnökség területét érintette, ahol az addig szigetüzemben működő Büki Szennyvízelvezető és Tisztító Rendszerhez csatlakozott további 4 település: Acsád, Meszlen, Vasszilvágy és Vát.

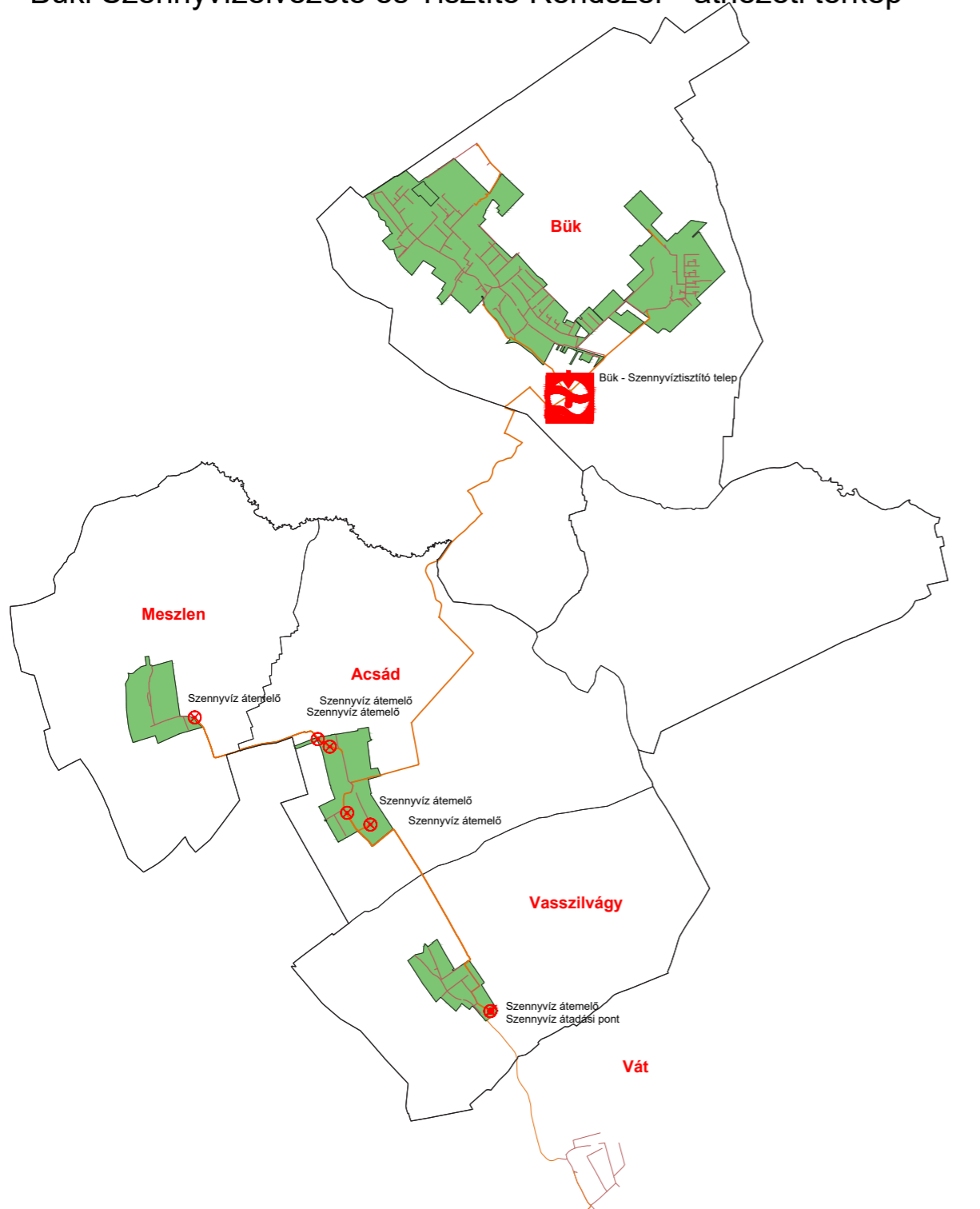
A csatlakozó települések közül Vát a VasivízZrt. ellátási területén található, tehát a Váton keletkezett szennyvizet a társ-szolgáltató átadási ponton keresztül adja át megtisztításra a büki rendszerre. Így a projekt keretében két víziközmű-rendszer jött létre (Acsád, Meszlen, Vasszilvágy és Bük szennyvízelvezető és –tisztító rendszere, valamint Vát szennyvízelvezető rendszere).

A MEKH felé a működési engedély módosításához benyújtott ábrán látható az érintett települések elhelyezkedése.





### Büki Szennyvízelvezető és Tisztító Rendszer - átnézeti térkép



A szennyvíztisztító telep a projekt megvalósulásáig csak a Bük város (beleértve Bükfürdőt is) területén keletkező szociális és előtisztított ipari szennyvizeket fogadta. A szennyvíztisztító telep fejlesztés előtti kapacitás adatai: 3.000 m<sup>3</sup>/d és 12.000 LE.

A korábbi tisztítási technológia hibája volt annak egyvonalas jellege (a sorba kapcsolt anaerob, anoxikus és oxikus medencék megkerülhetlensége, illetve az 1 db utóülepítő kialakítása). Emiatt szinte bármilyen meghibásodás kijavítása, egyes elemek cseréje a teljes tisztító mű leállítását feltételezte.

A szennyvíztisztító telep agglomerációs fejlesztés előtti tényleges szennyezőanyag terhelése meghaladta a kiépített és engedélyezett értéket, így a 4 település csatlakozása elősegítette a szennyvíztisztító telep korszerűsítését és kapacitásának növelését.

A büki telepen a beruházás célja az volt, hogy a bővítés mellett lehetővé váljon a meglévő szennyvíztisztító telephatásfokának növelése, a párhuzamos üzemeltethetőség kialakítása és az iszap korszerűbb kezelése.

A büki szennyvíztisztító telep regionális szennyvíztisztító teleppé fejlesztése a telep hidraulikai és szennyezőanyag terhelésének a növekedésével járt. A fejlesztés során egy, a teljes kapacitást kiszolgáló új mechanikai tisztító egység és egy új biológiai tisztító sor építésével, a fertőtlenítő kapacitás növelésével és az iszapkezelés korszerűsítésével vált a telep működése biztonságosabbá, gazdaságosabbá és rugalmasabbá. A fejlesztést követően a telep kapacitás adatai a következőképpen alakultak: 3 300 m<sup>3</sup>/nap és 17.708 LE.

A projekt keretében ellátási területünkön kiépült Acsád, Meszlen és Vasszilvág települések szennyvízcsatorna-hálózata:

- 6 db szennyvízáttemelő;
- 15 500 m nyomóvezeték;
- 7 500 m gravitációs szennyvízcsatorna;
- 470 db bekötés

## 2. A PROJEKT SORÁN SZERZETT TAPASZTALATOK ÖSSZEFOGLALÁSA

### ELŐKÉSZÍTÉS, TERVEZÉS

Valószínűleg az ellátási területünket bemutató ábra is szemlélteti azt, hogy az agglomerációk lehatárolásakor alapvetően térségi rendszerek létrehozására törekszünk, mivelvalljuk, hogy az egyre nehezedő gazdasági és műszaki körülmények mellett - beruházási és üzemeltetési szempontból - fenntarthatóbb rendszerek kialakítása a közmű tulajdonosok és a víziközmű-szolgáltatók alapvető érdeke.

A gazdaságosság elvének érvényesüléséhez szükséges az egyes szolgáltatók ellátási területén átnyúló fejlesztések megvalósítása, ahogy azt az itt bemutatott szennyvíz-agglomerációs projekt is szemlélteti.

A büki szennyvíz-agglomeráció jövőbeli bővítése további 13 db települést érint, amelyek között vannak a mi jelenlegi ellátási területünkön lévők és a Vasivíz Zrt. üzemeltetésében lévők is. Sőt, egy másik projektünkben, a Csáfordjánosfa központú szennyvíz-agglomeráció kialakításában már három víziközmű-szolgáltató együttműködése szükséges, mivel a VasivízZRT-n és a Soproni Vízmű Zrt-n kívül még a Pannon-Víz Zrt. is érintett benne több településével.

A projektek sikeres megvalósítása érdekében természetesen szükség van a társ-szolgáltatók együttműködésére. Úgy gondolom, okkal lehetünk büszkék arra, hogy az itt említett agglomerációk lehatárolásakor minden más szempont előtt a szakmai, hosszú távú üzemeltethetőségi érvek érvényesültek.

A projekt tapasztalatai alapján a rendszer egyik legnagyobb hibája a pályázatok elhúzódnása. Az előkészítés, pályáztatás, költségkeret meghatározása után sokszor évek telnek el a projekt megvalósításáig, így az eredetileg meghatározott költségek jelentősen megnövekednek addig, amíg a projekt eljut a tényleges megvalósításig.

Vannak olyan projektjeink, ahol már a vízjogi létesítési engedélyezési tervek is rendelkezésre állnak, tehát teljesen előkészítettek a projektek, jóváhagyott az agglomerációs lehatárolás, mégis évek óta húzódik a pályázat előkészítése, miközben néhány havonta érdeklődő levélben fordulunk a projektet koordináló szervek felé. Inkább kevesebb, mint több sikerrel.

1,5 éve egy szintén jól előkészített, vízjogi létesítési engedéllyel bíró, egytelepüléssel kis projekt kapcsán jártunk a Nemzeti Fejlesztési Programirodánál (a továbbiakban: NFP) egyeztetni. A pályázati elbírálás elhúzódnásának fő okaként az eredeti költségek időközbeni megsokszorozódását hozta fel indokként az NFP.

Tapasztalataim alapján az előkészítés fázisában a másik legfőbb hátrány az engedélyezési tervek és a kivitelezés együttes pályáztatása (sárga FIDIC hátránya). Ez eleve halálra ítéli a rendszert, hiszen a kivitelező (fővállalkozó) nem tudja, nem látja pontosan, mire ad ajánlatot. Ez nagyon sok bizonytalansági tényezőt, kérdést generál a rendszerben,

mely szintén a pályázat elhúzódnásához vezet. A nyertes vállalkozó tulajdonképpen azt tervez(tet), ami neki a legelőnyösebb, tehát nem feltétlenül a megrendelő (önkormányzatok) és a jövőbeli üzemeltető érkei érvényesülnek a tervezés során.

Szintén az engedélyezési tervek és a kivitelezés együttes pályáztatásából eredő probléma, hogy nem marad elegendő idő a tervdokumentáció jóváhagyására, egy idő után szinte teljesen „átláthatatlanná” válnak az engedélyezési tervek. A büki projektben, annak érdekében, hogy haladni tudjon a folyamat, az egyes szakági terveket önállóan hagytuk jóvá, aminek az lett a következménye, hogy a legnagyobb odafigyelés és gondosság ellenére sem voltak a végleges, jóváhagyott szakági tervek teljes mértékben összhangban egymással. Továbbá az is előfordult, hogy fizikálisan már épültek olyan művek, amelyeknek a terve még jóváhagyás alatt volt.

A projekt sikeressége érdekében arra egyértelműen törekedni kell, hogy az ajánlatadók már az ajánlatadási fázisban ismerjék meg és tartsák be a helyi szolgáltató műszaki követelményeit. Saját tapasztalataink alapján ide kapcsolódó fontos momentumok lehetnek például az elfogadott csőanyagok, a bekötések, a kamerázás díjai, vagy az út alatti átfúrás kontra nyílt árkos fektetés kérdése. A büki projektben például az egyik legnagyobb induló nehézséget az jelentette, hogy a nyertes vállalkozó a gravitációs szennyvízcsatornát nem az általunk elfogadott SN10 PP anyagból árazta be, hanem KG-PVC anyagból. Nyilván a projekt sikerességének ezen feltétele nagyrészt az ajánlatadó vállalkozó hozzáállásán, körültekintésén múlik.

Az előkészítés fázisának egy másik nagy tanulsága volt, hogy érdemes lenne bevonni helyi tervezőket a tervezés folyamatába, hiszen ők ismerik

legjobban a helyi műszaki követelményeket, elvárásokat, és sokkal könnyebb a kommunikáció is az egyeztetések során a helyi üzemeltetővel, önkormányzatokkal. Ez a feltétel a büki projektben részben meg is valósult és tapasztalataink alapján valóban sokkal gyorsabban és a szolgáltató előírásainak betartása mellett készültek a tervek azokon a településeken, amelyek csatornahálózatának tervezését helyi tervezőkre bízták.

Nagy tanulság, hogy a tervezésre és a kivitelezésre együtt történő közbeszerzési eljárás kiírása esetében (is) a közbeszerzési műszaki dokumentáció nagyon alapos előkészítése sok problémát kiküszöbölne, a kivitelezés során is sokkal kevesebb kérdés, bizonytalanság merülne fel. Sajnos ez időigényes folyamat, ami a pályázati gyakorlatban nehezen valósul meg.

### 3. KIVITELEZÉS

A kivitelezés folyamatát nagymértékben meghatározta az, hogy a fővállalkozó alapvetően műtárgyépítési tapasztalattal rendelkezett. Ez a gyakorlatban azt is jelentette, hogy a büki szennyvíztisztító telep műtárgyait kezdte el építeni és a telep jóval korábban elkészült, mint a települési szennyvízcsatorna hálózatok.

A fővállalkozónak saját dolgozója a területen alig volt (csupán két építésvezető), a kivitelezést teljes egészében alvállalkozók végezték. Az alvállalkozó csapatok munkájának időbeli és térbeli koordinálására szükség lett volna egy megbízható, kompetens, folyamatosan az építési területen tartózkodó építésvezetőre, ez sajnos nem így történt.

A büki telep fejlesztése nem zöldmezős beruházásként történt, hanem egy működő

szennyvíztisztító telepen kellett a kivitelezési munkákat végezni, közben folyamatosan fenntartva és semmivel nem veszélyeztetve a telep működését. Ilyen esetben különösen fontos a telepen dolgozó alvállalkozók és a telepet üzemeltetők napi szintű együttműködése.

Az alvállalkozók átláthatatlansága Meszlen település esetében vált a legkritikusabbá, ahol a szennyvízcsatorna hálózat egy rövid szakaszát még a fővállalkozóval leszerződő alvállalkozó építette, azonban, mint később kiderült, időközben ezt a csapatot átvezényelték egy másik projektre, így a kivitelezés további részét az alvállalkozó alvállalkozója végezte. Ezekben a munkaterületeken a csatornahálózat olyan rossz műszaki minőségben épült meg, hogy a település nagy részén újra kellett fektetni a csatornát. Hosszú egyeztetések sorát követően született meg a végleges döntés, ez pedig idővesztéséget generált, illetve nagyon nagymértékű költség-többletet a fővállalkozó számára. Nem utolsósorban, műszaki szempontból is nehézséget jelentett a már megbolygatott talajban való megfelelő kivitelezés, ágyazatkészítés.

A kivitelezés fázisának egyik legnagyobb nehézsége volt az, hogy az irányító, támogató szervezetek (FIDIC mérnök, műszaki ellenőr) érdemben alig vettek részt a folyamatban. A helyzet visszasságát jól mutatja, hogy az NFP részéről a projektnek négy mérnöke volt, akik közül kettővel én személyesen nem is találkoztam sem a helyszínen, sem a kooperációs egyeztetéseken.

A projekt előre haladásával egyre jobban érződött az NFP és a műszaki ellenőr szervezet konfliktusa, szerepkörük tisztázatlansága, ami az egész projektre hatással volt.



Hasonlóan az előkészítési-tervezési fázishoz, a kivitelezési szakasz esetében is hasznosnak tartanánk a helyi kivitelezők, alvállalkozók bevonását. A helyi kivitelezők - a tervezőkhöz hasonlóan - ismerik a műszaki követelményeket, rendelkeznek helyismerettel, kapcsolattal a helyi önkormányzatok felé, tehát sokkal könnyebben, hatékonyabban „mozognak” a saját területükön.

A büki projekt esetében mindhárom településnél sor került helyi kivitelezők bevonására, aminek a fentiek következtében egyértelműen pozitív hatása volt a projekt sikerességére. Bár a fővállalkozó és az alvállalkozóként bevont helyi kivitelezők közötti kapcsolatfelvétel, szerződéskötés elhúzódott, így hasznos lehetne a fővállalkozó részéről a helyi műszaki követelmények megismerésén túl a helyi tervezők, kivitelezők körének korai feltérképezése is az ajánlatadás fázisában.

A tapasztalatok összefoglalásánál ki kell térnem arra, hogy a teljes projekt alatt és elsősorban a kivitelezési fázis során a projekt sikerességének szempontjából kulcsfontosságú tényező a partneri viszony és a megfelelő kommunikáció az egyes szereplők - koordináló szervezetek, önkormányzatok, fővállalkozó és a későbbi üzemeltető - között. Ezzel kapcsolatban kettős tapasztalataim voltak a büki agglomeráció bővítése során.

Azt gondolom, különösen több évnyi MEKH-es tapasztalat, a helyszíni ellenőrzések során országsszerte látottak, tapasztaltak alapján, hogy szerencsés helyzetben voltunk a büki projekt során, mivel a kezdetektől fogva bevont benünket, jövőbeli üzemeltetőt a fővállalkozó. A helyi önkormányzatokkal szintén jó kapcsolatot áptunk, ápolunk, a velük való kommunikáció, különösen egy-egy vitás helyzetben, kulcsfontosságú egy ilyen volumenű projekt esetében.

Az egymás iránti partneri viszonyt nem minden esetben éreztem az összes szereplő között. Hiszen, bár alapvetően közös a célunk, azért tulajdonképpen másik oldalon állunk.

Amit mindenképpen fontosnak tartok még kiemelni, az a folyamatos üzemeltetői jelenlét mind a tervezési, mind a kivitelezési fázisban. Ehhez elengedhetetlen a munkahelyen belüli fontossági sorrend felállítása - a napi munkák mellett egy ekkora projekt elsőbbséget kell, hogy élvezzen. Ha az általános napi feladatokon túl „pluszban” kapják meg a kollégák egy ilyen projektben való részvételt, akkor elegendő idő, energia, figyelem biztosan nem fog jutni rá.

Véleményem szerint szükség van házon belül egy kijelölt projektkoordinátorra, aki összefogja és átlátja a projektet, kommunikál a kollégákkal, tervezővel, kivitelezővel – a több szálon futó levelezések, információk mindig félreértést szülhetnek. Egyértelműen szükségesek továbbá a rendszeres egyeztetések a projekt különböző fázisaiban érintett műszaki, gazdasági, jogi területen dolgozó kollégák részvételével.

#### 4. PROJEKT LEZÁRÁSA

Amikor már a művek nagy része elkészült és látott a fény az alagút végén, még mindig nagyon sok feladat állt előttünk és napi szinten merültek fel kérdések a projekt lezárásával, a szükséges engedélyek megszerzésével kapcsolatban.

Az egyik legnagyobb fejtörést a próbaüzem kérdése jelentette. A vízügyi hatóság egy ideje már csak a telep tekintetében ír elő próbaüzemet, az elkészült szennyvízcsatorna hálózatra nem, még abban az esetben sem, ha

szagkezelési rendszer is üzembe helyezésre kerül a hálózaton. Ugyanakkor ellentmondás mutatkozott a szennyvíztisztító telep vízjogi létesítési engedélyében előírtak miatt: „telepen a szennyvíz gyűjtőhálózat létesítését követően - téli üzemidőszakra is kiterjedő - 6 hónap próbaüzemet kell végezni”. Mi jövőbeli üzemeltetőként egyértelműen szerettünk volna a hálózaton is próbaüzemet tartani.

Az ellentmondás feloldására a fővállalkozó állásfoglalást kért a vízügyi hatóságtól. A hatóság megállapította, hogy a csatlakozó 4 településen keletkező szennyvíz a szennyvíztisztító telep kapacitásához viszonyítva olyan kismértékű terhelést jelent, amely a telepi próbaüzem lefolytatását nem befolyásolja. Így a hatóság hozzájárult, hogy a szennyvíztisztító telepen a 6 hónapos próbaüzemet a csatlakozó településeken keletkező szennyvíz terhelése nélkül folytassuk le.

További állandó kérdésként merült fel a kooperációkon a rész műszaki átadás-átvétel kérdése – lehetséges-e, amennyiben igen, a próbaüzem lezárulása utáni költségek kit terhelnek? Sajnos a kérdésre hónapokon át teljesen ellentmondásos választ kaptunk, az irányító, támogató szervezetek nem foglaltak állást e tekintetben.

Az ellentmondás a gyakorlatban azt jelentette, hogy bár vízjogi üzemeltetési engedély és MEKH működési engedély hiányában az elkészült víziközműveket hivatalosan nem üzemeltethettük, a lakosság már kötött volna rá az évtizedek óta várt és elkészült szennyvízcsatornára. Ahhoz pedig, hogy a telepi próbaüzem során reális(abb) képet kapjunk az új, kibővített telep működéséről, szükség lett volna az újonnan bekapcsolt településeken képződő szennyvízre is.

Végül az a megoldás született, hogy kötöttünk egy külön megállapodást a fővállalkozóval, melyben rögzítettük a telepi és a hálózati próbaüzem lefolytatásának feltételeit, feladatait, elősegítve ezzel a lakosság mielőbbi rákötését az új szennyvízcsatorna hálózatra.

Külön problémát jelentett a MEKH működési engedély módosítása, mellyel kapcsolatban ezek az alapvető kérdések merültek fel:

- szükséges-e vagyoneértékelést benyújtani, ha igen, a vagyoneértékelést ki és milyen forrásból végezze el;
- mikor nyújtjuk be a működési engedély módosítása iránti kérelmünket;
- a szolgáltatási díj, használati díj miért nem növelhető egy jóval fejlettebb, nagyobb rendszeren.

A fenti kérdések egy részére előzetesen állásfoglalást is kértünk a MEKH-től. Vagyoneértékelést végül nem nyújtottunk be, hiszen ennek elvégzése az NFP és szerződött partnerének feladata. Vezetői döntés alapján a működési engedély módosítási kérelmet időben elkezdttük összeállítani és bár néhány dokumentum (pl. vagyoneértékelés, műszaki átadás-átvételi jegyzőkönyv, vízjogi üzemeltetési engedély) még nem állt rendelkezésünkre, azt még a műszaki átadás-átvétel előtt benyújtottuk a MEKH felé. A szolgáltatási díj pedig maradt a korábbi, szigetüzemben működő büki rendszerre megállapított díj.

Érdekes momentum a történetben, hogy a teljesen új víziközmű-rendszerként felálló váti szennyvízelvezető rendszerre magasabb szolgáltatási díjat állapított meg a hatóság, mint azon a büki szennyvízelvezető és -tisztító rendszeren, ahova Vát átadja szennyvízeit tisztításra, és ahol a jogszabályi előírások alapján a korábbi díjat kell a jövőben is alkalmazni.

Véleményem szerint a használati díj ellentmondásaival kapcsolatos tapasztalatok sem maradhatnak ki az összefoglalásból. Néhány számadat, amely magáért beszél.

Jelenleg ugyanakkora használati díjból kell egy jóval nagyobb és fejlettebb rendszert üzemeltetni. A projekt keretében kiépült új víziközművek bekerülési költsége (Vát nélkül) kb. 1,3 mrd Ft volt - amelyben csak a hálózat 50 éves amortizációjával számolunk, kb. 26 mFt/év a 3 csatlakozó település új szennyvízcsatorna hálózatának értékcsökkenése, amelynek meg kellene képződni a használati díjban. Ehhez képest a teljes kibővült Büki Szennyvízelvezető és Tisztító Rendszeren 2022. évben kb. 7,8 mFt a rendelkezésre álló használati díj.

A fenti számok is jól mutatják, hogy a fenntartás és az üzemeltetés kérdéseivel, nehézségeivel szembe kell nézni és azokra nagyon rövid időn belül megoldást kell találni.

További felmerülő feladatként jelentkezett az, hogy több víziközmű-szolgáltató érintettsége esetén az engedélyezési eljárásokban a hatóságok különbözőképpen kezelik az elkészült rendszert. Mivel a MEKH

víziközmű-rendszer alapon gondolkodik, a büki agglomeráció bővítés esetében két önálló kérelmet kellett benyújtani: egyet nekünk a büki rendszer működési engedélyének módosítására, egyet pedig a VasivízZRT-nek a teljesen új váti rendszer működési engedélyének kiadására. Ugyanakkor a vízügyi hatóság a vízjogi üzemeltetési engedélyezési eljárásban az elkészült műveket műszakilag egybefüggő rendszerként kezelte, tehát itt a társ-szolgáltatóval közös kérelmet kellett benyújtani.

## 5. ÖSSZEFOGLALÁS

Személy szerint nagyon hálás vagyok érte, hogy ennyire szervesen részt vehettem a projekt lebonyolításában, mert nagyon sok gyakorlati és szakmai tapasztalattal lettem gazdagabb.

Jó szívvel írhatom, hogy amit lehetett, kihoztuk a projektből. Műszakilag jó színvonalú, fenntartható víziközművek születtek. Személy szerint és víziközmű-szolgáltatóként is nagyon sokat tanultunk a büki szennyvíz-agglomeráció fejlesztéséből, melyeket biztosan kamatoztatni tudunk egy következő beruházás során.

## SZERZŐ:



**Fenyvesi Nóra:** Szakmai tanulmányait a BME Vegyészmérnöki Kar Környezeti szakán kezdte, ahol okleveles környezetmérnöki diplomát szerzett, majd 2008-2010 között a Bajai Eötvös József Főiskolán Vízellátás –Csatornázás Szakán szakmérnöki képesítést kapott.

Jelenleg a Soproni Vízmű Zrt.-nél dolgozik, mint közműfejlesztési mérnök. Korábbi munkahelyei: Fővárosi Vízművek Zrt., MEKH

# A SZENNYVÍZTISZTÍTÁS KIALAKULÁSA ÉS JELENLEGI FEJLESZTÉSI IRÁNYAI – (I)

PROF. HARTMANN ÉS MÁSOK UTÁN TÖMÖRÍTVE - DR KÁRPÁTI ÁRPÁD (PE)

## BEVEZETÉS - A LAKOSSÁGI SZENNYVIZEK TISZTÍTÁSÁNAK TÖRTÉNETÉHEZ

A lakossági szennyvizek mennyisége, minősége az emberiség létszámának növekedésével, agglomerálódásával, életvitelének alakulásával együtt változott. A legutóbbi két évszázadban vált egyértelművé, hogy elhelyezését, ártalom-mentesítését, az általuk okozott problémát valamilyen szabályozással kordában kell tartani. A fejletlenebb országokban nagyon sok helyen még ma is előfordul, hogy a szennyvizek magában a vízfolyásban keletkeznek, hiszen a lakosság ott tisztogatja a ruháit. Ha már fűrt kútból történik a vízellátás, vagy akár vízvezeték is legyen a vízellátás, a szennyvíz elvezetése még nincs szükségszerűen kiépítve, nincs megfelelő gyűjtőcsatorna rendszer. Ilyenkor kényszerűségből a szennyvizet a legközelebb eső felszíni befogadóba vezetik be. A ritkán lakott, fejletlenebb területeken ez még ma is elég széleskörű gyakorlat, de megfigyelhető a fejlődő országok túlszűfolt, tengerparti nagyvárosaiban is. A szennyvizek talajra történő kiöntözése, mindaddig nem okoz különösebb problémát, amíg a talaj baktériumai, mikroorganizmusai révén rendelkezésre álló öntisztító kapacitás képes feldolgozni a szennyező

anyagot, s természetesen a talaj az azt szállító vizet is képes elnyelni. Az élővizetbe vezetett túlzott mennyiségű szennyvíz elfogyasztva abból az oxigént berothadást eredményez.

Az urbanizáció folyamatos növekedésével mind a fejlettebb, mind a fejlődő országokban egyre nagyobb mennyiségben történik a szennyvizek összegyűjtése. A szennyezőanyag koncentrációk nagyon eltérők lehetnek, időnként igen nagy koncentrációk is jelentkeznek. A túlzott mennyiségben keletkező szennyvizet már semmiképpen nem lehet a talajra öntözni tápanyag-tartalmának hasznosítására. A szennyvizek tisztítása így megfelelő műszaki lehetőséget igényelt, hiszen a terhelés rendszerint a befogadók öntisztulási képességét messze meghaladta. Kielégítésükre fejlődtek ki a különböző bonyolultságú és jellegű mesterséges tisztítási módszerek, a mechanikus, fizikai-kémiai, majd végül a biológiai tisztítások.

A mesterséges szennyvíztisztítási technológiák ellenőrzésére megfelelő műszerezettség alakult ki, ami a szennyvíztisztítás fejlesztésében



a huszadik század második felében a különböző tápanyagok eltávolítási módjainak kialakítását, a minél kisebb térfogatban történő szennyvíztisztítás kiépítését, intenzifikálását, valamint a befogadókra veszélyes, nehezen bontható vagy toxikus szennyező anyagok minél hatékonyabb visszatartását jelentette. A század végére valamennyi technológia kisebb-nagyobb mértékben a biológiai folyamatok hasznosításán, a szennyező anyagok „természetbaráttá” alakításán alapult. Annak ellenére, hogy a lakossági és ipari szennyvizek tisztításának a fontosságát egyre szélesebb körben ismerték fel, és szükségesnek ismerték el, a szennyvíz tényleges tisztítása mindig a lehető legkisebb költséggel kellett, hogy történjen. Ez azt jelentette, hogy a szabványok vagy előírások által megkövetelt minimális mértékben történt csak meg a szennyvizek tisztítása, a feladat fontosságát felismerve, mintegy „tűzoltás” jelleggel. Ez azt jelentette, hogy csak akkor kerülhetett sor a szennyvíztisztítás minőségének javítására, ha a külső ráhatás erősödött, vagy a hatóságok fokozták a felügyeletet, ellenőrzést. A szennyvíztisztítás szükségszerű fejlesztésére a végső lökést végül is a környezet utóbbi időben jelentkezett vissza nem fordítható minőségromlásának az egyértelmű érzékelése, dokumentálása jelentette.

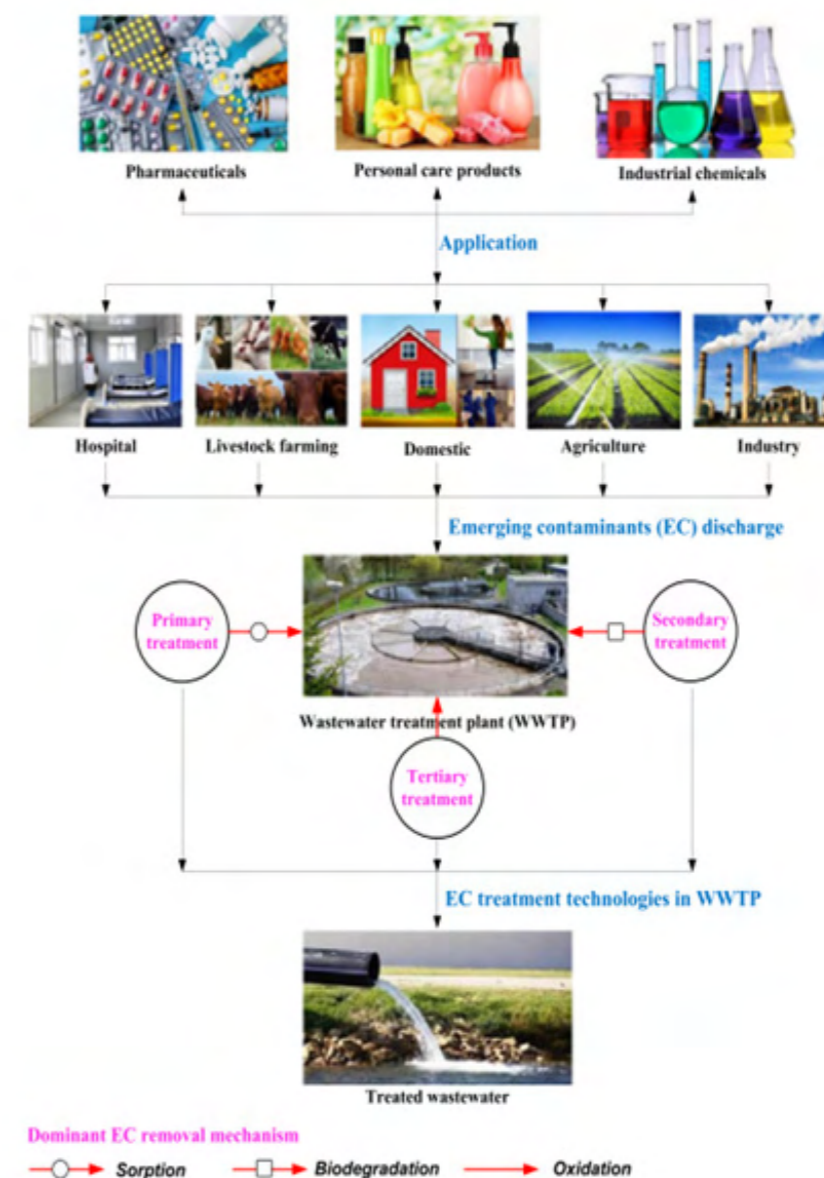
A probléma mélységének megértése minden esetben a szennyezés mennyiségének a pontosíthatóságától függ, valamint annak az ismeretétől, hogy a rendelkezésre álló szennyvíztisztítási módszerek mire is képesek az adott szennyezésekkel szemben. Alapvető fontosságot jelentett ilyen tekintetben a megfelelő és széles körben elfogadott mérési módszerek kialakulása. Ilyeneknek tekinthetők jelenleg az úgynevezett össz-paraméterek, mint a biológiai oxigénigény (BOI), kémiai oxigénigény (KOI), vagy a szerves

széntartalom (TOC), illetőleg az egyedi komponensek, mint a redukált és oxidált nitrogénformák, valamint a o-foszfát és összes-P tartalom megfelelő mérési lehetősége.

Napjaink problémája ugyanakkor a szennyvíztisztítás fenti paraméterekkel mérhető tápanyagainak (zsírok, fehérjék, szénhidrátok) az eltávolítását messze meghaladja. Naponta számos új szintetikus vegyület kerül folyamatosan kifejlesztésre, tömegmértékű alkalmazásra. Ezek valamilyen hányadban természetesen a gyártásból is a szennyvizekbe kerülnek, de széleskörű felhasználásuk a meghatározó szennyező forrás. Ezt szemlélteti vázlatosan az 1. ábra.

Látható az 1. ábrából, hogy a megnövekedett veszélyességet jelentő anyagoknak a széles spektruma, felhasználásuktól függő mértékben végül szennyvíztisztítóba jut, majd onnan jelentős hányaduk tisztítás szilárd maradékába, s azon keresztül mezőgazdasági talajainkba, valamint a kisebb mértékben a tisztított vizek befogadóiba. Az 1. ábra a szennyvíz tisztítása vonalán külön feltünteti, hogy annak a különböző fokozataiban milyen folyamatok révén történhet meg az ilyen, különösen szennyező, veszélyes anyagoknak az eltávolítása. Az ábra ugyanakkor a tisztítás iszapmaradékának a vonalát nem mutatja be, pedig az iszapba kerülő vegyszermaradékok révén a természetett növények szennyezésével az ábrán látható különösen szennyező anyagok környezetkárosító hatása is napról napra fokozódó mértékű.

Ezeknek az új fejlesztésű környezetvédő/szennyező anyagoknak ugyanakkor csak az utóbbi két évtizedben kezdjük pontosítani a környezetre gyakorolt hosszú távú hatásait, ami a szennyvíztisztítás fejlesztésének az irányvonalát a jövőre vonatkozóan egyértelműen meghatározza.



**1. ábra.** Különlegesen veszélyes vízszennyezőink eltávolítási folyamatai, melyeknél a hazánkban negyedik fokozatúnak nevezett (angol megnevezéssel Tertiary treatment) szennyvíztisztítás aktívszenes adszorpciós folyamatai az iszapadszorpció mellett nem kerültek külön kiemelésre (Rout és társai, 2021).

Ilyen anyagok voltak a múltban, és azok ma is az impregnáló szerek, növényvédő szerek, rovarölő szerek, a szélesebb körben ismert detergensek, háztartási vegyszerek, gyógyszerek, illetve a maradványaik. Ennek megfelelően a szennyvíztisztítás fejlesztése szükséges, hogy mindig egy lépéssel a különböző hatóanyagok, vegyszerek fejlesztése mögött járjon. A különböző vegyszerek BOI-ban, azaz biológiai oxigénigényben kifejezett környezetszennyező hatása sem egyértelmű, hiszen számos esetben a mikroorganizmusok nem is képesek az új szintetizált anyagok lebontására. A tisztítás során a keletkező iszaphoz kötődnek, de az iszaprothasztása során mennyiségük nem csökken jelentősen, ugyanakkor koncentrációdik.

A víztelenített iszappal vagy közvetlenül, vagy komposztálás közbeiktatásával kerülnek azután a termőtalajokba. Lebomlásuk mértékét a teljes tisztítósoron így elég nehéz pontosan behatárolni. A tisztított szennyvízbe kerülő maradékok koncentrációja talán messze pontosabban vizsgált a víz befogadójának védelmének érdekében. A talajba került hányaduk ugyanakkor a talajbiológiát károsíthatja, de egyidejűleg felvétellel is kerülhetnek a termesztett növényekbe, terményeibe, s rajtuk keresztül az azokat fogyasztó állatokba, emberekbe.

A szennyvízből történő eltűnésüket csak az olyan módszerekkel lehet megállapítani, mint a gázkromatográfia, folyadék-kromatográfia MS spektrometria. Hogy mivé alakultak át, a megfelelő standard hiányában csak következtethetjük. A termékek azután nem szükségszerűen tűntek el a környezetünkben, sőt ártalmatlanításuk sem minden esetben egyértelmű. A tisztítás ezeket a komponenseket illetően számos esetben nem több mint egyszerű fázis-transzformáció, vizes fázisból szilárd fázisba történő átvitel. Nem zárható ki az sem, hogy részleges biológiai lebontás esetén a szennyvíziszapban kerülő, vagy akár a szennyvízben maradó komponensek nem jelenthetnek nagyobb veszélyt a környezetre, mint maguk a kiindulási vegyületek.

Végül azt is meg kell jegyezni, hogy a szennyvíztisztításban a fejlesztés szükségszerűen lassú. Ez elsősorban annak tulajdonítható, hogy a központi szennyvíztisztító telepek nagy területekhez tartoznak, melyeket megfelelő kapacitással és megfelelő előrelátással próbálnak építeni, hogy legalább egy generációt kiszolgáljanak. Ugyanakkor a tisztítás igénye általában ennél gyorsabb időszakonként változik, fokozódik. Ennek eredménye, hogy még a nagyobb telepeken is néha 20-30 év is eltelik, amíg egy új technológia, egy új lehetőség bevezetésre kerülhet.

A szennyvíztisztítás másfél évszázadban bekövetkezett fejlődése a szennyvíz tápanyagain kialakuló mikroorganizmus fajok tevékenységének a célirányos optimalizálása volt (Fazekas és Kárpáti, 2015). Ebben az időtávlatban lényegében két szaporodási forma egymással versengve történő fejlesztése, egyes rendszerekké alakítása (hibrid endszerek) volt a meghatározó a folyamatosan szigorodó tisztítási követelmények kielégítése érdekében. A fejlődés lépcsői eközben az alábbi időrendben alakultak:

- Ipari fejlődés generálta szennyvíztisztítási igény (18. század vége)
- Talajszűrés, mint a múlt gyakorlata – 1870 – befogadó is a talaj?
- Ciklikusan elárasztott töltet, majd levegőztetett változata – 1880 –
  - » folyadék és levegőellátás fejlesztése
- Folyamatosan elárasztott, hordozós, levegőztetett medence
  - » oxigén és mikroorganizmus igény felismerése – 1890 –
- Kőágyas csepegtetőtestes tisztítás és korlátjai – 1900 –
  - » biofilm nedvesség és oxigénellátás stabilizálása
- Az eleveniszapos tisztítás felfedezése – 1914 – 108 éve!
  - » szakaszos betáplálás és folyadéklevétel
  - » utóülepítő és iszap recirkuláció bevezetése
  - » homogén iszapösszetétel – iszappehely és oxigénellátottsága
  - » Anaerob iszaprohasztás, metán újrafelhasználás kialakulása
- Eleveniszapos tisztítás fejlődése
- Nitrifikáció igénye – 1930 – 1940 / denitrifikáció igénye – 1960 –
- Foszforeltávolítás – 1960 – / biológiai többletfoszfor eltávolítás – 1970 –

- Műanyagöltet csepegtetőtestes biofilm és korlátjai – 1960 –
- Anaerob iszapgranuláció – 1970 –
- Szakaszos betáplálás és levegőztetés újrafel fedezése – SBR – 1980-
- Mikrobiális szelekció nagy felületű biofilm-hordozón – 1980 –
- Eleveniszap és biofilm összekapcsolása – IFAS – 1980 –
- Elárasztott mozgóágyas biofilmes rendszerek kiépítés – MBBR – 1990 –
- Aerob iszapgranuláció és mikrobiális szelekció – 1990 –
- Anaerob ammónium oxidáció felfedezése – anammox – 1990 –
- Ultraszűrős iszap szeparáció megvalósítása – MBR – 2000 –
- Anaerob ammónium oxidáció üzemeltetése – Anammox – 2000-
- Aerob iszapgranuláció üzemeltetése – NERE – DA – 2010
- Membrán levegőztetős biofilmes-hibrid rendszerek – ZeeLung – 2010
- Energiakrisis – energiateljesítmény optimalizálása

### 1. A SZENNYVÍZTISZTÍTÁS KEZDETEI, S SZÜKSÉGSZERŰ FEJLESZTÉSI IRÁNYAI

A szennyvíztisztítás megjelenése már az olyan ősi kultúráknál, mint az egyiptomi, valamint a római megfigyelhető. Az ősi Rómában a város egy részét csatornázták a szennyvíz összegyűjtésére, míg a város más részein emésztőgyökdrökben gyűjtötték össze a folyékony hulladékot. Az utóbbiak anyagát megpróbálták a mezőgazdaságban újra hasznosítani, míg a szennyvízcsatornán összegyűjtött folyékony hulladék a Tiberisen keresztül a tengerbe került.

A szennyvíztisztítás ugrásszerű fejlődése a 19. század második felében kezdődött. A szennyvíz elhelyezési problémája ugyan már a század közepén London csatornázását eredményezte, a szennyvíz befogadóját ezt követően még évtizedekig az erősen berohadt Temze maradt. A szennyvíz veszélyességét a különböző járványok terjedése vonatkozásában hamarosan felismerték, Robert Koch 1876-ban izolálta a bélfene, a tuberkulózis és a kolera baktériumait, és bebizonyította, hogy a fertőzés a vízzel terjed (Imhoff, 1998).

Az Egyesült Államok 19. század végén megindult rohamos iparosítása is hamarosan a nagyvárosok környezetében lévő befogadók rendkívüli mértékű elszennyeződését eredményezte. Ez szükségessé tette valamilyen szennyvíztisztítási lehetőség kifejlesztését. Az első kísérletek a talajon történő szennyvízszűréshez kapcsolódtak az 1870-es évek során. Ebből előbb a durvább talajszűrés, majd később a csepegtetőtesthez hasonló szűrőrendszerek fejlődtek ki. Az utóbbi szennyvíztisztítási módszer tökéletesítése Angliához kötődik, ahol az éghajlati viszonyok lehetővé tették annak az egész évben folyamatosan történő működtetését.

Természetesen ezt megelőzően, ahogy már említésre került, az 1800-as évek második felében a nagyvárosok csatornázásának a megoldása volt az emberiség alapvető feladata. Ezzel ugyan a szennyvíz szennyező anyagainak eltávolítását a folyókra bízták, vagy a folyók befogadóira, a tengerekre, de a nagyvárosok közegészségügyi helyzete lényegesen javult. A nagy járványok a század végére tulajdonképpen megszűntek. A szennyvíz ilyen értelmű befogadókba történő bevezetése ebben az időszakban magával hozta azoknak a túlterhelését, amit azután nagyon



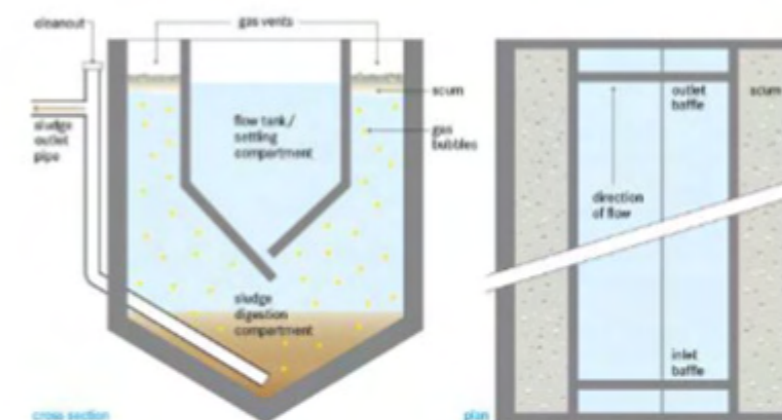
gyorsan meg kellett szüntetni. Mivel a világon, de különösen a fejlettebb államokban, a nagyvárosok mindenhol folyóra települtek, a folyók szennyezése vagy túlterhelése évtizedeken belül bekövetkezett. Talán érdemes megjegyezni, hogy az első igazán nagyméretű városi szennyvíztisztító rendszer kiépítése 1842-ben, Hamburgban kezdődött. A többi nagyváros mintegy 25 év késéssel követte Hamburg példáját. Ma a lakások bekötése a csatornahálózatba a fejlett országokban általában 90 % fölötti, a fejletlenebb országokban ez az érték sokkal kisebb. Érdekes talán megjegyezni, hogy Magyarországon a 2000-es év fordulóján ez az érték csak 50 % körül volt, s mára 85 %-osra történő növekedése volt célként megjelölve.

Mint a korábban említett csatornázás általános kiépítéséből várható volt, a lakossági és ipari szennyezések igen rövid időn belül tönkretették a folyókat. Ezek ugyanakkor a sűrűbben lakott térségekben szükségszerűen ivóvíz forrását is jelentik a lakosság számára. Nagyon sok nagyváros ivóvíz-ellátása a rajta keresztül folyó vízfolyam parti szűréssel történő megtisztításával illetőleg annak a lakosság részére történő elosztásával történik. Mivel a folyók szennyezése az ivóvízforrás, vagy nyersvíz szennyezését is jelentette, egyre fokozódó tisztítást kellett az ivóvíz ellátás céljára alkalmazni, ami fokozódó költséget jelentett. A vízfolyások minőségének a sürgős szabályozása ezért is vált hamarosan állami, hatósági feladattá.

A szennyvíz megtisztítását illetően az első nyilvánvaló feladat a szennyvíz zavarosságának megszüntetése, nagyobb lebegő szennyezéseinek eltávolítása volt. Ennek megfelelően a legelső szennyvíztisztító műtárgyak a szűrők vagy rácsok lettek. Beépítették azokat mind

a folyóba történő befolyásnál, mind azt megelőzően valahol a csatornaszakaszban. (Dunbar, 1907; Frühling, 1910). A lebegő anyag ilyen értelmű eltávolítására azért is szükség volt, hogy a szennyvíz átemelő szivattyúkat a károsodástól megvédjék. Komolyabb hatású szennyvíztisztítást az jelentett a kezdeti időszakban, hogy a szennyvizet nemcsak szűrték és átemelték, hanem azt kombinálták egy úgynevezett előlepitéssel is. Az ilyen kezelés során a KOI-ben, vagy BOI-ben mérhető szennyező anyagnak mintegy 1/3-a ülepedett ki a szennyvízből. A 20. század 50-es éveitől a műszakilag fejlettebb országokban is gyakorlatilag a mechanikus tisztítás volt a meghatározó. Ennek a kiépítésében nagy haladást jelentettek a kétszintes ülepitők, melyek a leülepedett szennyezőket részben rothasztották, stabilizálták is. Egy ilyen berendezést mutat be a 2. ábra.

A részben kirothasztott iszapot a kétszintes ülepitő fenekéről könnyebb volt kiemelni, mint az üres medenceként kialakított előlepitő teret fenekéről. Az előlepités bevezetésével azonban a szennyvíztisztító műtárgyak száma is nőtt, s a tisztításra alkalmas műtárgysort is ténylegesen szennyvíztisztító telepnek lehetett nevezni. Az aerob biológiai tisztítás rohamos fejlesztésére csak ezt követően került sor, viszont a biológiai egységek előtt egy a korábbi kétszintes medencéknél tökéletesebb előlepitőt (Dorr medencék) kellett kialakítani. Ezeknek már a csaknem teljes keresztmetszete az ülepitést szolgálta (kivéve az ülepitett víz felszíni elvétele szolgáló körvályút), s megfelelő fenékkötő szerkezettel is el lettek látva. A központban kialakított zsombból az iszapos víz az ülepitő szélén kiépített gyűjtőtérbe kerül, ahonnan a további feldolgozására (sűrítés, rothasztás) kerül átszivattyúzásra.



**2. ábra.** Kétszintes ülepitő (Imhoff-medence vagy Emscher-kút névvel) téglalap, illetőleg kör alaprajzi kialakítással. A hosszanti átfolyású ülepitő térből a kiülepedett iszap a ferde csúszó lapokon az alsó, rothasztó térbe kerül, s onnan ciklikusan kiszivattyúzásra kerül.

Az előlepités elterjedésével párhuzamosan a keletkező szennyvíziszappal is tenni kellett valamit. A csepegtetőtestes és azt követően az eleveniszapos tisztítás fejlesztésénél már bebizonyosodott, hogy aerob mikroorganizmusokkal az oldott szennyezőanyagok megfelelőképpen átalakíthatók lebegő formájúvá. Ez a szennyvíztisztítás meghatározó lépése, hiszen a cél a maradék vizes fázis szennyezettségének a szükséges csökkentése. A szennyvíztisztítók esetében azonban a keletkező primer iszap problémája még a szekunder iszap feldolgozási igénye előtt bebizonyította, hogy ha a szennyvíziszapot megfelelő ideig stabilizálják, anaerob körülmények között állni hagyják, abban anaerob lebomlási folyamatok mennek végbe. Az ilyen lebomlás intenzitása a hőmérséklet emelésével tovább volt javítható. Az anaerob iszapstabilizálás eredménye részben a leülepitett anyag mennyiségének a csökkenése lett, hiszen annak egy részéből metán és széndioxid keletkezett. A rothasztás során keletkezett gázt kezdetben fűtésre, később villamos energia előállítására hasznosították. Az anaerob módon feldolgozott vagy stabilizált iszap vízteleníthetősége

igen kedvezően változott, ami a keletkező iszap vagy elhelyezendő nedves iszap mennyiségét csökkentette nagymértékben. Kezdetben a víztelenített iszap stabilitását, fertőtlenítését méshidráttal adagolással (pH > 10, kontaktidő > 6 óra) javították. További kedvező hatásként tapasztalták, hogy az anaerob stabilizáción átesett, megfelelően víztelenített iszap hosszabb tárolás alatt, netán segédanyagokkal, más szerves, elsősorban mezőgazdasági hulladékokkal keverve komposztálható. Ez ismételt, termofil aerob kezelés fertőtlenítést, humifikációt eredményez. Az így kapott terméket a mezőgazdaságban sokkal jobban lehet hasznosítani.

Mivel a szennyvíztisztítás kezdeti időszakában a feladat tulajdonképpen a csatornarendszer kialakítása, ülepitő medencék tervezése és építése volt, a szennyvíztisztítással gyakorlatilag csak építésmérnökök, kultúrmérnökök foglalkoztak. Más szakmai csoport egyáltalán nem volt még érdekelt a felmerülő problémák megoldásában, kutatásában. Az első világháborút megelőzően és azt követően az első évtizedben ennek megfelelően a fejlesztés az ülepitő medencék,

valamint a szükségszerűen kapcsolódó iszap-fermentáció fejlesztését jelentette (kombinált ülepítő-rothasztó egységek, kétszintes ülepítők).

A kutatások kezdeti eredményét jelentette az anaerob iszaprothasztás intenzifikálása. Tisztázódott, hogy a fermentáció ideje, hőmérséklete a gázhozamot megfelelőképpen befolyásolja. Egyértelművé vált, hogy a mezofil, 33 °C körüli hőmérséklet a legkedvezőbb az iszaprothasztás céljára. Ezeknek az ismereteknek a gyakorlati alkalmazására azonban nem került sor a felismerésüket követő első évtizedekben, hiszen ekkor még nem építettek fűtött anaerob rothasztókat, túlzottan költségesnek találták azokat. Később ugyan a termofil anaerob stabilizáció kedvező hatása, illetőleg eredménye is egyértelművé vált, nevezetesen, hogy azok a patogén mikroorganizmusokat sokkal hatékonyabban eltávolítják a biomasszából, azonban ezt is csak jóval később, több évtized után hasznosították olyan szennyvíztisztítóknál, mint Moszkva, Los Angeles és számos nagyváros szennyvíztisztítója.

A komolyabb fejlesztési igény csak később jelentkezett az iparosodottabb területeken, Angliában, Amerikában, Németországban, s ez is időben csak lépcsőzetesen jelentkezett. Előbb a bontható (befogadóban oxigénigényt jelentő) szerves anyag minél tökéletesebb eltávolítása, majd azt követően a múlt század 30-40-es éveitől az ammónium, a 60-as évektől a nitrát, végül a 70-es évektől a foszfát maximális eltávolítás lett a cél. Ezeket a lépéseket a tisztítás biotechnológiájának a fejlesztésével lehetett elérni. Ezt követően napjainkig a tisztítás fajlagos energia igényének csökkentése (technológiai, gépészeti, szabályozástechnikai megoldások), szerves anyaga energiataralmának a maximális hasznosítása lett a fejlesztések célja. További

a szennyvíztisztítás előtt álló hosszabb távú feladat a szennyvíz ammónium és foszfát tartalmának, mint a szerves anyag mellett hasznos nyersanyagának a változatlan formában történő kinyerése és újrahasznosítása.

## 2. AZ ELSŐ „NAGYIPARI” FEJLESZTÉS – CSEPEGTETŐTESTEK ÉS INTENZIFIKÁLÁSUK.

A nyers szennyvíz nagy befogadóba, folyókba történő bevezetését követően az előülepítés elégtelen hatása nagyon hamarosan nyilvánvalóvá vált. Az elmúlt század elején emellett új módszert dolgoztak ki a víz állapotának vizsgálatára. Ez a szaprobitás vizsgálata volt. A század első évtizedeiben nagyon intenzíven kezdték vizsgálni a különböző folyók város-közeli pontjain a szaprobitást. Hamarosan felismerték, hogy nagyon sok indikátor mikroorganizmus, protozoa és egysejtű, továbbá rovarok is igen jó indikátor szervezetek, melyek jól mutatják, hogy a víz mennyire berohadt, öntisztulása milyen mértékű, illetőleg milyen az oxigén hiánya az adott befogadóban. A szaprobitás vizsgálatok eredményeit végül is a 60-as években Liebmán (1960) kapcsolta össze a megfelelő kémiai paraméterekkel mérhető mutatókkal és így válhatott az általánosan elterjedté.

A szaprobitás index egyértelművé tette az öntisztító kapacitást, illetőleg a folyók állapotát a sűrűbben lakott térségekben. A rövid folyószakaszon történő nagy számú szennyvíz bebocsátás hatásaként egyértelművé vált, hogy az ilyen városokban a szennyvíz befogadóba történő bevezetését megelőzően hatásosabb tisztításra van szükség. A kérdés tehát az volt, hogy az előülepítéssel el nem távolítható, a nyers szennyvíz szerves anyag terhelésének mintegy

2/3 –ad részét kitevő hányadot milyen módon lehet eltávolítani a szennyvízből. A legegyszerűbb lehetőségnek ebben az időszakban a látványos, kolloid anyag szűréssel és biológiai átalakítással működő csepegtetőtest tűnt (Fazekas el al., 2015).

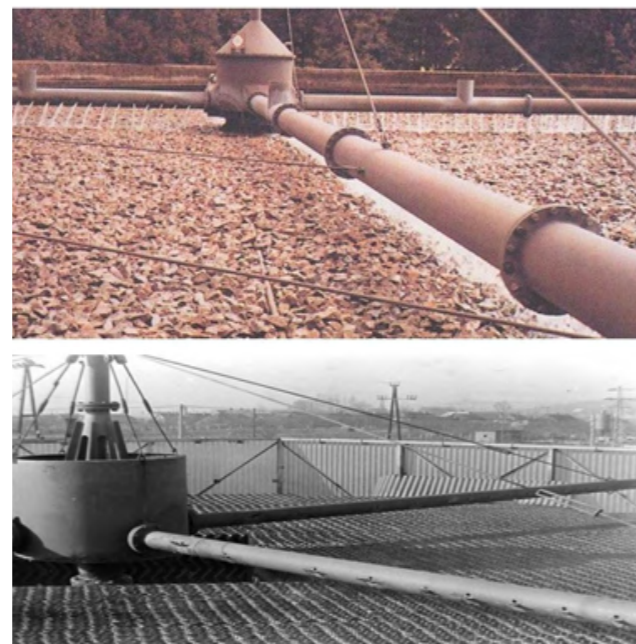
Ennek fejlesztését Angliában kezdték és vittek sikerre. A szűréssel a talajszűrést próbálták utánozni egyre durvább hordozó vagy szűrő anyaggal, mígnem eljutottak a kisebb kavicsok, illetőleg változó méretű kőzúzalék felhasználásáig. Az első időszakban ebből az anyagból vagy töltetből építettek 2-3 m magasságú dombokat emeltek, amelyeket felülről locsoltak a megfelelő nedvesítés és terhelés-elosztás érdekében. A hordozó anyagon gyorsan kifejlődött a biofilm, amely kellő nedvesítés és oxigénellátás esetén nagymértékű szerves anyag eltávolítást volt képes biztosítani. A fejlesztés feladata volt a levegőztetés javítása, amiért is hamarosan az oldalfalakkal ellátott csepegtetőtestek építését kezdték meg, majd később ezeknek a mesterseges, ventilátorokkal történő levegőztetése is elterjedt. Fontos feladatnak bizonyult a csepegtetőtest eliszaposodásának, eldugulásának a megakadályozása, amiért is egyrészt szükségessé vált a nyers szennyvíz lebegőanyag tartalmának a maximális mértékű eltávolítása a csepegtetőtestre feladásra kerülő folyadékból, másrészt a csepegtetőtesten keletkező biomasszát időszakosan le kellett valamiképpen mosni, öblíteni a hordozó felületéről. A csepegtetőtestek megfelelő folyadékeloszlását és a folyadéklocsolást egyébként már az 1800-as évek utolsó évtizedében megoldották (Stanridge, 1976).

A szennyvíztisztítás fejlesztésének korai időszakában úgy gondolták, hogy maga a biológiai tisztítás két lépcsőből áll. Az első nem is biológiai, hanem elsősorban fizikai. A szennyezőanyag

adszorpciója és megkötődése a hordozóanyag, illetőleg azon élő biofilm felületén. A második a megkötött anyag azt követő mineralizációja. Az ilyen technológia feltételezése az egyszerű fizikai (mechanikus) gondolkodás eredménye volt, amely a kérdéskörrel abban az időben foglalkozó mérnököket elsősorban jellemezte. Biológiai ismereteik szükségszerűen nagyon hiányosak voltak. Ez az adszorpció elmélete a szennyvíztisztítás vonatkozásában egész hosszú ideig uralkodó volt, egészen a szennyvíztisztítás eleveniszapos módszereinek a kidolgozásáig, illetőleg annak a kezdeti időszakát is beleértve. Az elmélet szerint a csepegtetőtestnek éppen a megfelelő mineralizáció érdekében megfelelő adszorpció, majd megfelelő lebontási, azaz regenerációs időt kellett biztosítani. A technológiát, tápanyagellátást, folyadékfeladást ennek megfelelően ciklikusan alakították ki. Rövid ideig szennyvízzel locsolták a csepegtetőtestet, majd azt követően egy tartósabb levegőztetés következett. Az így kialakított rendszereknél azonban igen nagy fajlagos tisztító térfogatra volt szükség. A kis szerves anyag terhelés eredményeként annak teljes mennyisége biológiai átalakításra, oxidációra került. A biofilm hordozóján nemcsak mikroorganizmusok, baktériumok fejlődtek ki, hanem az azokat hasznosító magasabb rendű szervezetek, protozoák, földigiliszták, rovarok is. A pszichoda légy például a csepegtetőtestek egyik rendkívül jellemző lakója volt, amely nagyon zavarta a tisztító működését és annak környezetét, amiért is kitüntetett figyelmet fordítottak vizsgálatára. A kis terhelésű rendszerekben nem kellett utóülepíteni a szennyvizet, az teljesen lebegőanyag mentes lett. Magát a csepegtetőtestet is igen ritkán, évente egy-két alkalommal kellett csak nagyobb vízmennyiséggel átmosni, hogy a megtapadt iszapot eltávolítsák abból, megakadályozandó az esetleges eltömődést.



A csepegtetőtestek használata döntően az elmúlt évszázad első felére esett. A 30-40-es évek során azonban már jelentős fejlesztés következett be az eleveniszapos rendszerek tekintetében. Ettől függetlenül a csepegtetőtestek további fejlesztésével azok még az 50-es évekig versenyképesek maradtak. Ilyen fejlesztés volt a nagyterhelésű csepegtetőtestes szennyvíztisztítás kidolgozása. A terhelés növelését az tette lehetővé, hogy a töltetet, vagy biofilm hordozót, könnyebb fajsúlyú anyagra, műanyagra cserélték. Ez lehetővé tette azután a tisztítóterefogat csökkentését, s abban egyidejűleg nagyobb szabad üres térfogat elérését. Ezzel javult a levegőztetés, valamint nagyobb felületen alakulhatott ki biofilm. Egy kőzúzalékos és egy műanyagtöltetes csepegtetőtestet mutat be a 3. ábra. A nagyterhelésű csepegtetőtesteknél a tisztítás hatékonysága a ciklikus biofilm leszakadás, aprózódás miatt azonban csökkent, s ez szükségessé tette a csepegtetőtesteket követően az utóülepítő kiépítését is.



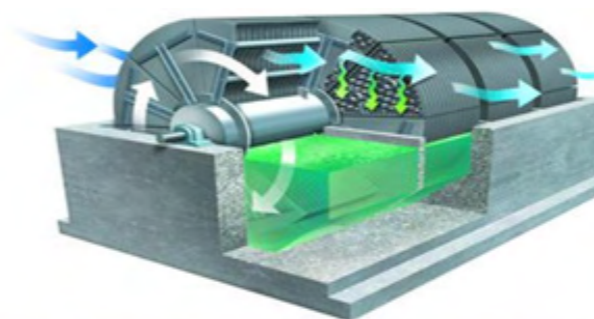
**3. ábra.** Darabos kőzúzalékkal töltött, illetve műanyag-töltetes csepegtetőtest és felső folyadéklosztása, szabályozott nedvesítése (Fazekas et al., 2015)

A klasszikus csepegtetőtestek uralkodásának időszaka azonban az 50-es évek végével lejárt. Bár a csepegtetőtestek fajlagos térfogati teljesítményük tekintetében nem tudtak versenyezni az eleveniszapos tisztítással, még napjainkban is számos speciális feladatra versenyképesek, felhasználásra kerülnek. Természetesen az olyan változatuk is széles körben elterjedt, ahol a csepegtetőtesteket elő-, vagy utótisztító egységként kombinálták az eleveniszapos egységekkel (Tricling Filter Solid Contact megoldások - FTSC). Előtisztítóként a szokásos szennyezőanyag-terhelés csökkentését végezhetik az eleveniszapos rendszer előtt. Utótisztítóként a csepegtetőtesten kialakuló biomassza nagyobb tartózkodási és adaptációs ideje eredményeképpen nagyon jól beváltak nitrifikációs lépcsőként, utószűrőként. Az utóbbiaknak ugyan

elég kellemetlen hátránya az utódenitrifikáció további lépcsőben történő kivitelezése, szerves tápanyag igényének a biztosítása. A csepegtetőtestek uralkodásának időszaka azonban az 50-es évek végével lejárt. Bár a csepegtetőtestek fajlagos térfogati teljesítményük tekintetében nem tudtak versenyezni az eleveniszapos tisztítással, még napjainkban is számos speciális feladatra versenyképesek vagy felhasználásra kerülnek. Természetesen az olyan változatuk is széles körben elterjedt, ahol a csepegtetőtesteket elő-, vagy utótisztító egységként kombinálták az eleveniszapos egységekkel (Tricling Filter Solid Contact megoldások). Előtisztítóként a szokásos szennyezőanyag-terhelés csökkentését végezhetik az eleveniszapos rendszer előtt. Utótisztítóként a csepegtetőtesten kialakuló biomassza nagyobb tartózkodási és adaptációs ideje eredményeképpen nagyon jól beváltak nitrifikációs lépcsőként, utószűrőként. Az utóbbiaknak ugyan

elég kellemetlen hátránya az utódenitrifikáció további lépcsőben történő kivitelezése, szerves tápanyag igényének a biztosítása.

A csepegtetőtestek speciális változatai a forgótárcsás kontaktorok, és egyéb azt utánzó változatok. A forgótárcsás kontaktort még az 1920-as években fejlesztették ki az Egyesült Államokban, de nagyon sokat építettek abból az 1950-es évekig másutt a világon, közte Közép-Európában is. Ez egy nagyon egyszerű műszaki kialakítás, amely alig hajlamos az eltömődésre, nagyon kicsi a fajlagos energiaszükséglete, és a keletkező biofilm az utóülepítőben jól ülepedik. Éppen a fenti előnyök miatt sok ilyen tisztítót építettek ebben az időszakban ritkán lakott térségekben, Svájc, Ausztria hegyi falvaiban, és másutt is speciális ipari szennyvizek tisztítására. Kialakítása a 4. ábrán látható.



**4. ábra.** Forgó tárcsás kontaktorok, melyeknél a tárcsákról leszakadó iszaprészeket megfelelő szűrővel, ülepítéssel kell visszatartani (Fazekas et al., 2015).

A biofilmes szennyvíztisztítás további fejlesztése a speciális kialakítású, még nagyobb fajlagos felületet biztosító műanyagtöltetek kialakításával a múlt század nyolcvanas éveitől vált lehetővé. Az ilyen

tölteteket azonban már többnyire biofilmes és eleveniszapos kombinált hasznosításra (hibrid rendszerek) használják a szennyvíztisztításban. Bemutatása előtt azonban elengedhetetlen a közvetlen szennyvíz hasznosításként megvalósított szennyvíztisztítás megemlítése, valamint az eleveniszapos rendszerek kidolgozásához vezetett elméleti ismeretek bővülésének, s az eleveniszapos rendszerek szerves-C, nitrogén és foszfát eltávolítását biztosító eleveniszapos kombinált biotechnológiai eljárások fejlesztésének az ismertetése.

### 3. MEZŐGAZDASÁGI HASZNOSÍTÁS, TAVAS TISZTÍTÁS - A SZENNYVÍZTISZTÍTÁS OLDALÁGA

A szennyvíz összetételének a pontosabb megismerése eredményeként kiderült, hogy tápanyagai a mezőgazdaságban, mint az ősi kultúrákban már tették, felhasználhatók. A szennyvíziszap már korábbi mezőgazdasági hasznosítása mellett ezért a múlt század elejének háborús időszakát követően igény is jelentkezett a szennyvíz mezőgazdaságban történő közvetlen hasznosítására, a rossz ételmiszer-ellátottság miatt. Az ilyen szennyvízhasznosításnak azonban nagyon sok hátránya, kedvezőtlen problémája is adódott. Ilyen volt először is a nagyobb városok környezetében a szabad területek hiánya. Más hasonló gond volt a szennyvíz mezőgazdasági igény szerinti felhasználása. A szennyvíz persze fertőzési veszélyt is jelentett, ami megfelelő óvatosságot, ellenintézkedéseket igényelt. A klimatikus viszonyok adott térségekben mindig nagyon befolyásolták az aktuális öntözővíz igényt, ami szintén a szennyvíz elöntözés hátrányaként jelentkezett. További gondot jelentett a toxikus vagy nehezen lebontható szennyező anyagok koncentrációja a talajban, netán a növényzetben. Mindezek eredményeként

az ilyen megoldás gyakorlatilag csak a második világháborúig került alkalmazásra.

Volt azonban számos olyan ipari példa, amely a gyakorlati hasznosításban messze túlélte ezt az időszakot. Ezek elsősorban az élelmiszeripari szennyvizek mezőgazdasági elhelyezései, hasznosításai voltak. Közülük is kiemelhető a keményítő-gyártás szennyvizeinek az ilyen hasznosítása. Ez a feldolgozási időszak megfelelő toleranciájával jobban volt illeszthető a növényzet vagy a talaj vízigényéhez, mint a lakossági szennyvízé. Nagyon sok országban a burgonya-keményítő gyártás szennyvizeinek, de más keményítő-gyártások hulladékainak az ilyen mezőgazdasági hasznosítása is évtizedeken keresztül gyakorlat volt. A cukorgyári szennyvizeket is az első időszakban hatalmas szennyvíz tavakban gyűjtötték a termelési időszakban, amely a téli-tavaszi időszakra esett, s így a vegetációs időszakon kívül, a megfelelő tavaszi időszaktól azok elöntözhetőek voltak.

Ugyanez volt a gyakorlat korábban a lenfeldolgozás szennyvizeivel és több más élelmiszeripari szennyvízzel is. A műszaki fejlődés magával hozta a megfelelő öntözőrendszer kialakításának a lehetőségét is. Ez a felületi öntözés szűkebb időszakán túl lehetővé tette egy föld alatti szennyvíz ellátó vagy elosztó csővezeték hálózat kiépítésével az öntözés időszakának a meghosszabbítását.

A talajon történő hasznosítást kiegészítendő a szennyvizek halastavakban történő tisztítására, hasznosítására is sor került, ugyancsak a második világháború kezdetéig. Számos amerikai példa volt erre, de a müncheni szennyvíz egy részének a tisztítására is használták ezt a lehetőséget rövidebb ideig. Nagyon figyelni kellett azonban a következő szempontokra:

1. A szennyvíz lebegő anyag tartalmát, a felhasználását megelőzően maximálisan el kellett távolítani, hogy a halastavakban ne ülepedjen ki, ne rothadjon be.

2. A halastavak esetében a szennyvizeket csakis megfelelő, friss vízzel történő hígítással lehet bevezetni a tavakba, az oxigénhiányos környezetet elkerülésére.

3. A halastavaknál a szennyvízre mindig megfelelő ellenőrző rendszert kellett kiépíteni, hogy még véletlenül se fordulhasson elő a tavak lemérgeződése toxikus szennyezések miatt.

A halastavakban történő szennyvíz-hasznosítás alapvető problémája azonban a fentiekén túl a téli időszakok rendkívül gyenge tisztítási hatékonysága is volt. A tropikus területeken, ahol megfelelő hőmérséklet biztosított az év döntő részében, az ilyen szennyvíztisztítás kis lakosszámú helységeknél mindenképpen szóba jöhet.

#### 4. A SZENNYVÍZTISZTÍTÁS ELMÉLETI ISMÉRTEINEK BŐVÜLÉSE

A csepegtetőtestek virágzása idején, az elmúlt század 20-as éveinek a közepén Amerikában egy nagyon fontos felfedezésre került sor. Biológiai oxigénigény mérésével vizsgálva az Ohio folyó öntisztulási képességét, úgy találták, hogy a szerves anyagok biológiai lebomlása jól követi az elsőrendű kinetikát. Ettől az időtől kezdve fogadták el világszerte általánosan a szennyezettség, illetőleg a szennyező anyag lebomlási sebességének vizsgálataként a biológiai oxigénigény mérését mind a folyók, mind a szennyvizek szennyezettségét illetően. A felfedezést követően azután egyértelműsítették, szabványosították a vizsgálat célszerű hőmérsékletét

is (20 °C). Ettől függetlenül a tápanyag-felvételi sebesség hőmérséklet függését megfelelően pontosították. Az is világossá vált, hogy 20 °C körüli hőmérsékleten minden nap a vizes fázisban levő szerves anyagnak 20 %-át távolítják el a mikroorganizmusok a szennyvízből. Öt nap után, a szerves anyag oxidációjának befejezését követően általában megindul az ammónium oxidációja a vizsgálatnál.

A biológiai lebomlás elsőrendű kinetikával történő leírása a mérnökök számára igen kényelmessé tette a szennyvíztisztítás kezelését. A felfedezést követően különösen az Egyesült Államokban indult meg igen széles körű vizsgálat sorozat a BOI mérésével a különböző szennyező komponensek biológiai lebomthatóságának a megállapítására. A szennyvíztisztítás mélyebb biológiai alapjainak a tisztázása azonban ekkor még nem volt lehetséges, hiszen a gyakorlatát, kutatását nem azok a szakemberek végezték, akik megfelelő kapcsolódó biológiai ismeretekkel rendelkeztek, hanem elsősorban kultúrmérnökök, akik a tisztítási folyamatot mechanikus szemlélettel kezelték, a klasszikus adszorpciós elmélet szerint.

Hogy ez a gondolkodásmód megváltozzon, mintegy 30 évre volt szükség. Csak az 50-es és 60-as évek táján jutottak odáig, hogy a BOI mérése során lejátszódó folyamatokat igazán értelmezni tudják. Amerikában a kutatások megindítása Hoover és Bosh nevéhez fűződik (1911). A baktériumok tevékenységének, illetőleg meghatározó szerepüknek a felismerése a BOI vizsgálatnál már a kezdeti időszakban egyértelmű volt. A baktériumok pontos működését azonban csak évtizedekkel később sikerült tisztázni. Az elsőrendű kinetika alapján történő szerves anyag hasznosítás tervezése

mégis nagyon egyszerűvé vált ettől az időszaktól a mérnökök számára. Bosh a BOI mérés során pontosította, hogy a szerves anyag lebomlásáért milyen részfolyamatok a felelősek. Felismerte, hogy az egyébként zárt rendszer BOI vizsgálatok során mintegy 24 óra után az oxigénfogyasztás egy platót ért el, majd lelassult. Az első 24 órában egyértelműen az oldott állapotú szerves tápanyag lebontása következett be. Az enzim-kinetika alapján ez a szakasz matematikailag nagyon pontosan leírható (Hartmann, 1992). Ez adta meg végül is a lehetőségét a különböző szerves anyagok biológiai lebomthatóságának a vizsgálatára. Természetesen ettől kezdve nagyon sok új vegyipari termék, produktum, szerves anyag biológiai lebomthatóságát vizsgálták a módszerrel. Az oxigénfogyasztás említett egy nap utáni tetőzése a könnyen felvehető, vagy oldott szerves tápanyagok lebontásának az eredménye, melyet követően a további oxigénfelvétel a nehezebben bontható szennyezők lassúbb átalakításának, valamint az úgynevezett endogén respirációnak az eredménye. Az elhalt mikroorganizmusok hasznosítható szerves anyagai (döntően fehérjék) ugyanis tovább, vagy ismételten felhasználható tápanyagok az életben maradtak számára. Ez a baktériumok saját tápanyagának ismételt hasznosítását, fajlagos iszaphozamának a csökkentését is jelenti. Emellett a BOI mérés második lépcsőjében az ammónium oxidációjára is sor kerül, melyért azonban már egy más mikroorganizmus csoport, a nem szerves szén, hanem a szerves szén felhasználó autotrof ammónium oxidálók a felelős. Ezekkel felismerésekkel, mérésekkel gyakorlatilag behatárolódott a biológiai szennyvíztisztítás folyamatában a szerves szennyezőanyagok eltávolításához, s az ammónium szimultán oxidációjához szükséges tartózkodási idő, illetőleg oxigénigény is.



## 5. ELEVENISZAPOS ELJÁRÁSOK KIALAKULÁSA.

Az eleveniszapos rendszerek fontosságára először az 1910-es évek közepén hívták fel a figyelmet (Ardens és Lockett, 1914). Ők helyesen látták, hogy sűrűn lakott nagyvárosok körzetében, ahol nagy szennyvízterhelés várható és azt kis térfogatban kellene tisztítani, csakis a csepegtetőtesteknél nagyobb iszapkoncentrációval kiépíthető megoldások lehetnek eredményesek. Mégis annak az elve adta az ötletet a lebegő iszappal működtethető, levegőztetett iszapos tisztítás (eleveniszap) kialakítására. Úgy gondolták, hogy a tisztítás az eleveniszapban is két lépcsőben történik, melyek közül az első egy adszorpció, amit a biológiai oxidáció követ. Az eleveniszap pelyhecskéit mintegy szabadon úszó biofilm részecskének feltételezték, melyekben a baktériumok és a protozoák életközössége végzi a szerves anyag vizes fázisból történő eltávolítását. A korábbi elméleti megfontolással szemben viszont már látták, hogy a fizikai-kémiai körülmények nagyon fontosak a kialakuló iszappelyhek méretére, stabilizálódása, ülepedés során bekövetkező koagulációjára, szűrőhatására.

Természetesen az eleveniszapnak óriási előnye a biofilmmel szemben, hogy kevesebb üzemeltetési problémát okoz, s lehetővé teszi a tisztítóban működő iszap jó levegőztetését, oxigénellátását, folyamatos aktivitását. Mivel hamar felismerték, hogy ilyen esetben az iszap oxidációs teljesítménye a levegőellátással, s az aktív iszaptömeggel arányos, az utóbbit úgy stabilizálták, hogy a levegőztető medence után egy iszapülepítőt építettek, melyből a fenékrészen koncentrációzó iszapot folyamatosan, vagy megfelelő ciklusokban a levegőztető medencébe vezették vissza (iszaprecirkuláció). Ezzel megfelelően stabilizálni lehetett a levegőztető medence iszapkoncentrációját és teljesítményét is. Fontos lett ezért

a keletkező iszapos víz jó utólagos ülepedhetősege, szűrőképessége (lebegőanyag mentes tiszta fázis elérhetősége). Beigazolódott, hogy jó levegőellátás mellett ezt viszonylag rövid tisztítási idő (folyadék tartózkodási idő =HRT) már biztosíthatja. Mivel azonban a lakossági szennyvizeknek is eléggé változó a szerves anyag és ammónium koncentrációja, a megfelelő szerves anyag és ammónium oxidáció biztosításához nem is elsősorban a HRT, hanem az oxidációt végző szennyvíziszap fajlagos tápanyag, elsősorban bontható szerves anyag terhelésének a limitálása szükséges. A gyakorlatban azután az azzal fordítottan arányos iszapkor (a tisztítóban működő iszaptömeg átlagos tartózkodási ideje) terjedt el a szabályozásban. Ez a rendszerben levő teljes iszaptömeg, s a napi BOI terhelés átalakításakor keletkező iszapproduktum, vagy iszapelvételeként számolható paraméter.

Az eleveniszapos rendszereknek jelentős üzemeltetési problémája volt a kezdeti időszakban is az iszapduzzadás. Magyarozatára azonban még nem volt kellő ismeret. Sokkal nagyobb jelentőséget tulajdonítottak ekkor a levegőztetés, illetve a levegőztető berendezések kérdésének, fejlesztésének, mivel ezek jelentették a szűk keresztmetszetet ekkor az eleveniszapos szennyvíztisztítóknál. Nagyon sokféle levegőztető berendezést fejlesztettek ki, vizsgáltak és versenyeztettek egymással a kezdeti időszakban. Az oxigén ellátása tekintetében sem volt egyértelmű, hogy a mikroorganizmusok munkájához milyenek is kell lenni a levegőztető medencében az oxigén koncentrációjának. Azt ugyan pontosították, hogy a szerves anyag eltávolításához mintegy 0,5 mg/l oldott oxigén a levegőztető medencében elégséges, de az is

egyértelművé vált, hogy a nitrifikálók hatékony munkájához ezzel szemben a többszöröse oldott oxigén koncentráció elengedhetetlen.

Az 50-es évek végére vált világossá, hogy a különböző terhelésű rendszerek különböző mennyiségű oxigént igényelnek, illetve a lakossági szennyvizekben a nitrifikációnak is meghatározott oxigénigénye van. Az oxigénigény pontosításával, illetve az oxigén koncentráció mérésének megoldásával vált lehetővé a különböző rendszerek összehasonlító vizsgálata. A szennyvíz szerves anyagai látszólag gyorsan adszorbeálódnak az eleveniszap pelyheinek a felületén. Míg a korábbi nézet szerint az iszapról vagy iszaptól ezt az adszorbeált szerves anyagot az iszap visszavételét megelőzően levegőztetéssel el kellett távolítani, napjainkban az az általános nézet, hogy az iszappelyhek szerves anyag lebontása olyan dinamikus folyamat, amely meghatározóan egyetlen medencében, a levegőztető medencében is megoldható. Az 1970-es évekig azonban a szennyvíztisztítás gyakorlatában a korábbi adszorpció elmélet volt az uralkodó. Ennek megfelelően, elsősorban a 60-as évek folyamán számos olyan szennyvíztisztító került kiépítésre, amelyeket mintegy kontakt stabilizációs üzemmódban, gyors adszorpcióval, majd azt követő iszapregenerációval működtettek. Ezeknél a telepeknél nagyon fontosnak bizonyult, hogy a recirkulált iszapot hova és hogyan vezetik be a levegőztető medencébe.

Eddig az időszakig a szennyvíztisztítókat nagyon különböző terhelések mellett üzemeltették. A kis-terhelésű rendszerekben a szerves anyag teljes lebomlását tapasztalták (Dohmann, 1998), míg a nagyterhelésű rendszereknél a szerves anyag egy része oldott formában, vagy finom

lebegőanyagként a szennyvízben maradt. A szennyvíztisztítóknál ilyenkor az eleveniszapos rendszerben a folyadék tartózkodási idejét tartották meghatározónak, amit rendszerint 6-12 óra között igyekeztek tartani. Erre az időszakra már az is világossá vált, hogy a különböző biológiai terhelésű rendszerekben eltérő mikroorganizmus tenyészet alakul ki. A kis iszapterhelésű rendszereknél (Food/Medium < 0,15 kg BOI<sub>5</sub>/kg MLVSS d) teljes biológiai oxidációt értek el. Ilyen iszapterhelésnél, ahol a fajlagos iszaphozam (Y = kg MLSS/kg BOI<sub>5</sub> közelítőleg 0,7), a napi fajlagos iszapproduktum kisebb, mint 0,1 kg MLVSS/kg MLVSS d, tehát az iszapkor mintegy 10 nap. Ekkor 15 °C hőmérséklet körül a szerves anyag eltávolításán túl az ammónium oxidációja is teljessé válik. A nagyterhelésű rendszerekben (F/M = 1) ugyanakkor csak a biológiai könnyen felvehető szerves anyag távolítható el az ilyen tisztítás során a lassabban szaporodó autotrofik iszaptömegekből történő kiszorulása, úgynevezett kimosódása miatt. Ilyen terhelésnél ugyanis az iszapkor csak mintegy másfél napra csökken, amely még a szerves anyag megfelelő iszappá alakításához is kevés. Az iszap utóüleptetőjéből tehát nem kellően szűrt, zavaros tisztított víz fog túlfolyni. A szerves anyag megfelelő eltávolítása is legalább 2-3 napos iszapkort (iszapmunkát) igényel.

A hagyományos csepegtetőtestekkel elérhető 0,2 kg BOI/m<sup>3</sup>d térfogati terheléssel szemben azonban a kis terhelésű eleveniszapos tisztítás is nagyobb térfogati terhelést tett lehetővé. 4 kg MLSS/m<sup>3</sup> iszapkoncentráció esetén a 0,15 kg BOI/kg MLSS terhelés ugyanis 0,6 kg BOI/m<sup>3</sup>d, vagy 1 kg KOI/m<sup>3</sup>d értéket jelent. Ez a csepegtetőtestekének a többszöröse. Viszont elkerülhetetlen, hogy a fajlagos iszaphozam is nagyobb legyen az utóbbinál, mert a tisztítandó szerves anyagnak mintegy a fele alakul biomasszává, úgynevezett fölősiszappá.

Az eleveniszapos szennyvíztisztítás ebben az időszakban bekövetkezett széleskörű kiépítése azonban újabb feladat megoldását tette szükségessé. Az úgynevezett szekunder iszap keletkezése a primer iszap mellett további iszaptermelés másodlagos feldolgozását igényelte. Ezt azt jelentette, hogy ezután nagyobb sebességgel kellett az anaerob iszaprothasztást biztosítani. Ehhez szükséges lett fűtött rothasztók kiépítése, üzemeltetése. Az átlagos hidraulikus tartózkodási időt az ilyen fűtött rothasztókban már a nagyobb, mintegy 30 napos időtartamról csökkenteni lehetett csaknem 10 napos értékre. Hogy az iszap vízteleníthetőségét javítsák, a kis tartózkodási idejű rothasztókban termelt rothasztott iszaphoz segéd-vegyszereket kellett adagolni a víztelenítésnél. A biogáz ugyanakkor nagy mennyiségben keletkezett és ezt hasznosították a rothasztók fűtésére, valamint ezen túl szükség szerint elektromos áram termelésre, amellyel csökkenthették azután az oxigén bevitel energiaköltséget. Ettől függetlenül eddig az időszakig még nem volt egyértelmű, hogy a baktériumok tevékenysége az eleveniszapos szennyvíztisztítóknál a lebontás sebességét illetően nem órákban mérhető, hanem mindössze percekben. Nem ismerték fel annak a jelentőségét, hogy a biológiai tisztítóban levő iszap koncentrációja meghatározó a bakteriális tevékenység vagy szerves anyag lebontó kapacitás tekintetében. Az 50-es évek vége körüli kutatómunka vezette először a német, és elsősorban svájci kutatókat az iszapkoncentráció fontosságának felismeréséhez.

Ezek a kutatók írták le először az eleveniszapos szennyvíztisztítás működési paramétereit, valamint a közöttük, s a tisztítási hatékonyság közötti matematikai összefüggéseket. Gyakorlatilag ehhez már csak a biológiai katalizátorok ismeretét kellett a későbbiekben hozzátenni. A mérnöki

gyakorlatban azonban az eleveniszapos tisztítók, mint biotechnológiai rendszerek működésének az ismerete, az elméleti ismeretek hiányosságai miatt nem válhatott általánossá. Mindez annak volt az eredménye, hogy ebben az időszakban a mikrobiológusok még nem jutottak megfelelő szerephez a biológiai szennyvíztisztítók, illetve eleveniszapos rendszerek fejlesztésében, építésében. Képtelenek voltak ekkor még a biológiai oxigénigény méréséből megfelelő következtetésre, valamint az ennél sokkal bonyolultabban működő eleveniszapos rendszer eltéréseinek a megértésére. Csak később vált igazán világossá, hogy az eleveniszapos rendszerben lejátszódó folyamatok ugyan a BOI mérő egységben is bekövetkeznek, de amíg abban, időben elkülönülve, a szennyvíztisztítóban egyszerre játszódnak le.

## 6. DETERGENSEK HATÁSÁNAK A FELISMERÉSE

Időben a denitrifikáció és biológiai többletfoszfor felvétel pontosítása előtt, az 50-es évek végén az eleveniszapos szennyvíztisztításban egy különleges probléma jelentkezett, amely gyakorlatilag a szennyvíztisztítás megközelítését vagy gondolkodási módját, illetőleg a környezetpolitika szennyvíztisztítással kapcsolatos véleményét már részben megváltoztatta. A tisztításra magára sokkal kisebb hatással volt a felületaktív anyagok ilyen értelmű jelentkezése, és ennek megfelelően a technológiát sem változtatta meg jelentősen. A probléma kiküszöbölését azonban nagyon gyorsan meg kellett oldani és erre megfelelően gyors válasz is történt.

A klasszikus mosószappanok felváltása szintetikus mosószerekkel a szennyvíztisztítók környezetét vagy működését nagyon drasztikusan megváltoztatta. A tisztítóknál minden reggel

a terhelés növekedésekor komoly habzás jelentkezett, ami esetenként akár az egész szennyvíztisztítót egy habfüggönybe zárta be. Az ebben az időszakban bevezetett szerves detergenssek gyakorlatilag biológiailag bonthatatlanok vagy nagyon lassan bonthatók voltak. Ennek megfelelően ezek a szennyvíztisztítókból csaknem teljes mennyiségükben úgy távoztak, vízben oldva vagy molekuláris kolloid-oldatként, ahogy abba beérkeztek. Természetes, hogy a tisztítás után a befogadókat is hasonlóan szennyezték. Mivel nem volt műszaki megoldás a habképződés megszüntetésére, egyetlen megoldás a környezetpolitikai intézkedés volt. Nagyon rövid időn belül meghozták azokat a szükséges jogi lépéseket, melyek a biológiailag bonthatatlan mosószereket törvényileg kizárták a forgalomból. Ettől kezdődően valamennyi új vegyszer, mosószert, melyet kereskedelmi forgalomba kívántak hozni, előzetes biológiai lebonthatósági vizsgálaton kellett, hogy átmenjen.

A biológiailag bonthatatlan mosószerek kizárása a kereskedelmi forgalomból érdekes módon más lépéseknek is a kezdetét jelentette. A következő években hamarosan törvénybe iktatták a nehézfém tartalom ellenőrzését és szabályozását is mind a szennyvíztisztítóknál érkező szennyvizet, mind az ott keletkező iszapokban. Ez a tisztító üzemeltetése, valamint az iszap mezőgazdasági elhelyezése, hasznosítása tekintetében jelentett komoly ellenőrzést. Az úgynevezett biológiailag bonthatatlan

maradék szennyezettség a vizes fázisban vagy az iszapfázisban, amely a szerves vegyületektől, többek között klórozott szénhidrogénektől származhatott, hasonlóan hamarosan limitált paraméterre vált a különböző nemzeti szabvány előírásokban. Azok megsértése igen komoly bírságtételeket jelentett a szennyezőnek.

A közvélemény általánosan fokozott érzékenysége a környezet, a vizek szennyezése tekintetében oda vezetett, hogy az üzemeknél lényegesen csökkent a vízfelhasználás és a kibocsátott szennyezőanyag kibocsátása is. A szigorú bírságolási rendszer bevezetését követően már nem volt tovább gazdaságos a szennyező anyagot a városi közcsatornába bocsátani, hiszen azt költség nélkül senki nem tehetette meg ettől az időszaktól kezdődően. A szennyvíz elhelyezési és annak tisztítási költsége a kommunális tisztítóknál ettől kezdve egyrészt a bevezetett folyadékáram, térfogatáram alapján, másrészt annak a szennyezőanyag tartalma alapján került megállapításra. Ettől az időtől kezdődően kevésbé költségesnek bizonyult a hulladék vagy szennyvíz mennyiségét az üzemben belül csökkenteni, illetőleg a szennyező anyagokat ott előkezeléssel eltávolítani a szennyvizet, mintsem azt a kommunális tisztítóba hárítani, és a költségeket fizetni. Néhány esetben természetesen az is bebizonyosodott, hogy a szennyvizet így eltávolított szennyező anyagok mintegy másodnyersanyagok is lehetnek vagy az adott iparágban, vagy más iparágokban, üzemekben.

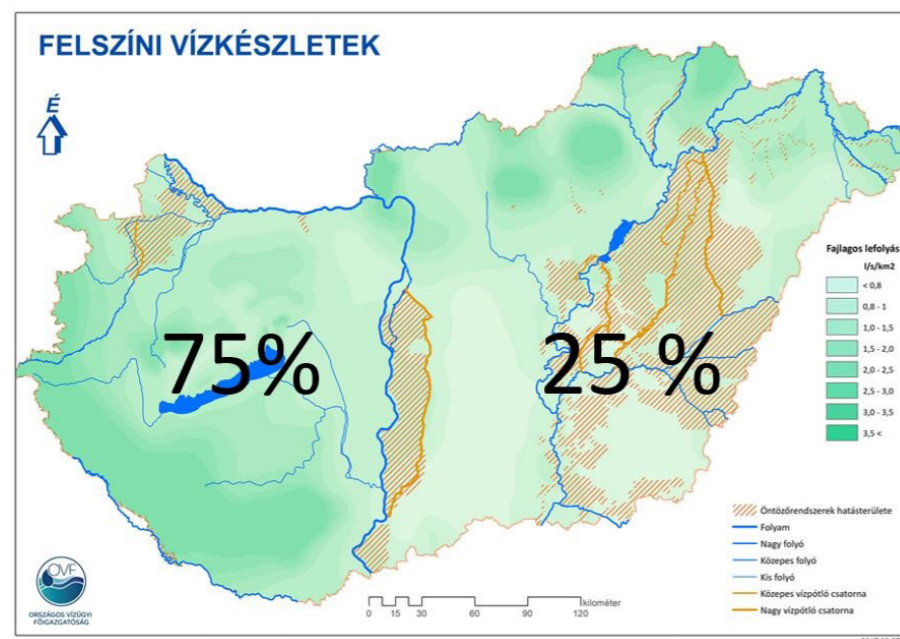


## A HAZAI VÍZELLÁTOTTSÁG JELENLEGI ADOTTSÁGAI

LÁBDY JENŐ

MŰSZAKI FŐIGAZGATÓ-HELYETTES  
ORSZÁGOS VÍZÜGYI FŐIGAZGATÓSÁG

A klímaváltozás hatásainak értékelése, mérséklése mindennapjaink részévé vált. A következőkben azt próbálom bemutatni, hogy milyen kihívások elé néz a közeljövőben a magyar vízkészlet-gazdálkodás. Az általam felvázolt problémák már ma is léteznek, nem csak előre jelzett forgatókönyvek. Megoldásuk összetett feladat, a vízügyi ágazaton kívül más szakterületeknek is bőven van velük tennivalója. A vízkészletekkel történő gazdálkodás legkevésbé hatékony módszere az új vízforrások feltárása és felhasználhatóságának megteremtése. A legjobb megoldás a víztakarékosság, illetve a felesleges vízhasználatok megszüntetése. Írásomban a víz mennyiségi problémáit próbálom feltárni, nem elfeledve, hogy a jó vízminőség megtartása a víz mennyiségének megőrzésénél jóval összetettebb és nehezebb feladat.



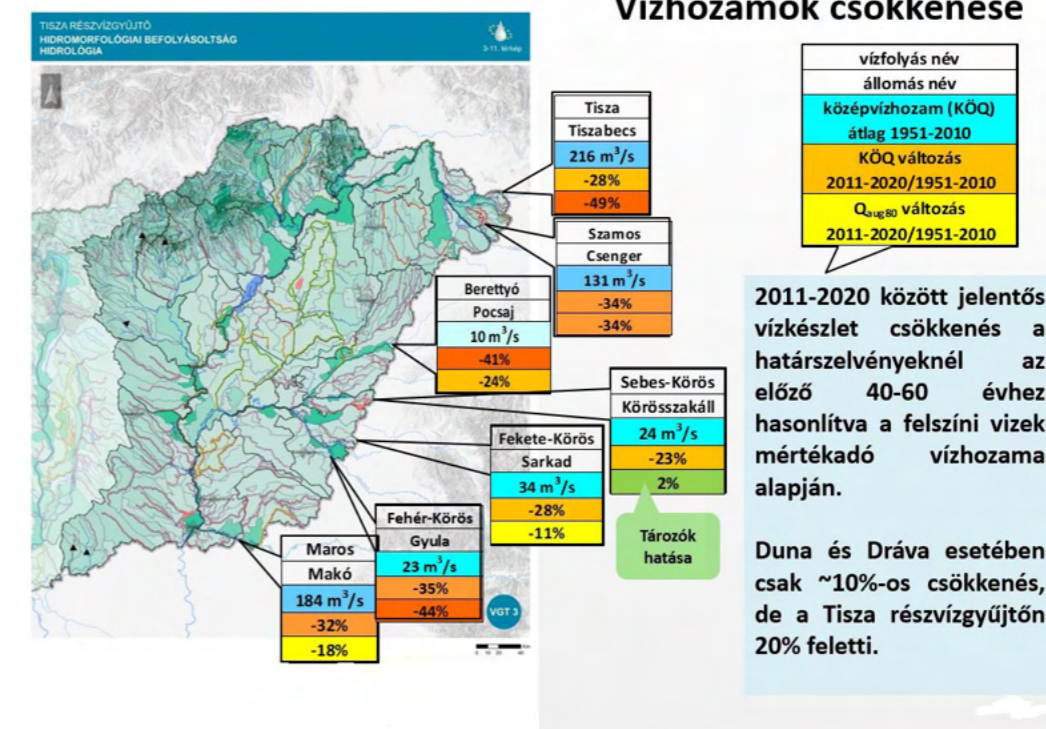
(Forrás: OVF)

## A FELSZÍNI VÍZKÉSZLETEK TÉRBEI ÉS IDŐBENI EGYENLŐTLEN ELOSZLÁSA

Napjainkban egyre több szó esik az időjárás szélsőségeinek hatásairól. Az átlagember sokszor túl- vagy alábecsüli ezek jelentőségét: „Bezzeg a mi időnkben télen tél volt, nyáron pedig nyár”. A múltidézés azonban megtévesztő lehet, az eltelt idő megszépíti vagy elhomályosítja az emlékeket. Valójában a tudományos igényű kutatások eredményeit érdemes böngészni, és azt is csak némi kritikával. Sok egymásnak ellentmondó vélemény létezik a klímaváltozásról. A magyar emberek mélyen hisznek abban, hogy a „vizek országa” vagyunk. Ez a vízellátottságunkat tekintve igaz is, ám ha megvizsgáljuk a vízkészleteink térbeni és időbeni eloszlását, már közel sem ilyen kedvező a helyzet.

A felszíni vízkészleteink 75%-a Magyarország nyugati részén, a Duna völgyében áll rendelkezésre. A maradék negyedrészt használható csak fel a Tisza völgyében, annak ellenére, hogy itt vannak a legnagyobb kiterjedésű öntözött területeink.

A térbeni eloszlás problémáján túl az elemzések azt mutatják, hogy a vízhasználatok szempontjából mértékadó tavaszi, nyári és őszi időszakban a Tisza országhatáron kívüli vízgyűjtőjéről hazánkba befolyó víz mennyisége is csökken. Figyelembe kell venni azt is, hogy a klímaváltozás (és a nemzetgazdaságok változása) miatt a környező országokban is nőhet a vízigény, így a számunkra rendelkezésre álló hasznosítható vízkészlet még akkor sem bővülne, ha a klímaváltozás egyik pillanatról a másikra megállna.



(Forrás: OVF – Vízgyűjtőgazdálkodási Tervezés)

A mezőgazdasági és az energetikai célú hűtési vízigények akkor a legnagyobbak, amikor a vízfolyásainkban is – átlagosan – csökken a szabadon felhasználható mennyisége. Ezért kiemelten fontos, hogy minél több vizet tartsunk vissza az országon belül. Ennek megvalósítására több projekt is készül. Dombvidéken ez egyszerűbb feladat, hiszen a terepadottságokból adódóan biztosított a szükséges tározótér, síkvidéken azonban sokkal nehezebb ennek kialakítása. Magyarországon a szabad vízfelszín párolgása évente átlagosan 800-1000 mm, így a sekély tározókból a víz anélkül elpárolog, hogy túl sokat hasznosíthatnánk belőle. Ezen felül olyan talajú tározót kell találni, ahol a mederfenék megfelelő mértékben vízzáró.

A felszíni vizeken épülő tározók jelenlegi tervezési gyakorlata azt mutatja, hogy ha sikerül is találni egy vízgazdálkodási szempontból alkalmas helyet, a természetvédelmi indokok legtöbbször megakadályozzák a használatát. Nehéz ugyanis elképzelni, hogy létezik még Magyarországon olyan szabadon lévő, tározásra alkalmas terület, ahol egyetlen védett állat- vagy növényfaj sincs. A vízgazdálkodás stratégiai jelentőségű feladatainak végrehajtása azonban nemzeti ügy, nem csak a vízügyi ágazatnak kell keresnie a megoldásokat. Olyan természetvédelmi koncepcióra van tehát szükség, ami konstruktív és reális, a társadalom számára is elfogadható, kompromisszumokra támaszkodó megoldásokat kínál.

A közösségi célú vízgazdálkodási beruházások másik fő hátráltató tényezője a civil lakosság támogatásának hiánya. Az érintett fejlesztések kezdeményezői legtöbbször a helyi közösségek. A célokat szinte minden esetben egységesen elfogadják, ám a megvalósításért nem hajlandók

a legkisebb áldozatot sem hozni. Természetesen nem anyagi hozzájárulásról lenne szó, pusztán „ki kellene bírni” a megvalósítással járó kellemtlenségeket. Az ellenállást tovább fokozzák az önjelölt „szakértők”. Ugyan a Magyar Mérnöki Kamara vezet szakértői névjegyzéket, de ennek semmi hatása nincs arra, hogy a civil vagy más non-profit szervezetek kit tekintenek vagy kérnek fel szakavatott tanácsadónak.

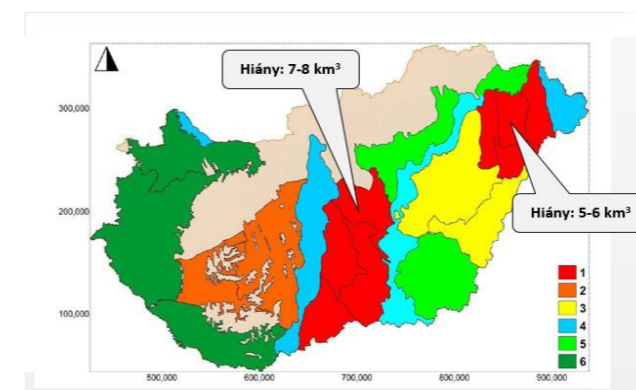
Vannak olyan lehetőségek is, amelyek megvalósítása kevesebb konfliktussal jár. Például, a világon sok helyen használják víztározóként a talajt, ami - sok más előnye mellett – nagyon víztakarékos megoldás, ám hazánkban egyelőre még nem elterjedt módszer.

Hatékony tározási lehetőség a folyók medrében történő vízvisszatartás is, azonban ez jelentős vélt és valós környezeti problémákat vett fel, ezért ennek alkalmazása Magyarországon a közeljövőben kevésbé valószínű.

Meglepő módon a legnagyobb „vízhasználók” nem az ipar és a mezőgazdaság, hanem a környezetünkben lévő ökoszisztémák. A vízfolyások vízkészletének ugyanis csak kis része használható fenntartható módon, a medrekben is szükséges biztosítani az ökológiai minimumnak megfelelő vízmennyiséget. Így a hazánkból kifolyó víz jó része nem elpazarolt vízkészlet, hanem a vízfolyásokat éltető közeg. Ezen felül a folyóink nem érnek véget a határainknál: az ökológiai vízhozamon kívül a déli, alvízi szomszédaink vízigényeire is tekintettel kell lenni ugyanúgy, ahogy ezt mi is elvárjuk a felvízi országoktól. Természetesen ezt figyelembe véve is van bőven használható vízkészlet, de a hazánkba befolyó vizeket nem kezelhetjük teljes egészében sajátunkként.

## A FELSZÍN ALATTI VÍZKÉSZLETEKKEL KAPCSOLATOS PROBLÉMÁK

Magyarországon, a műszaki feltételeket és a vízminőségi paramétereket is számba véve, a felszín alatti vizek jelentik a legkönnyebben elérhető és felhasználható vízkészleteket. Ezzel a lehetőséggel élünk is. Ennek következtében azonban jelentős mértékű a túlhasználás, ami nem fenntartható és már napjainkban is jelentős problémákat okoz.



(Forrás: Az aszálykockázat-kezelés és a klímaalkalmazkodási képesség javítására irányuló vízgazdálkodási intézkedések meghatározása (a VGT3/IVOT tervezetéhez megalapozó háttéranyag), 2019. december)

A felszín alatti vízhiányokat bemutató ábrán a színek a vízhiányprobléma nagyságát mutatják: mértéke a pirossal (1) jelölt területektől a sötétzöld (6) irányában csökken, ez utóbbi esetében veszélyeztetettek legkevésbé jelenleg a felszín alatti vízkészletek. Fokozottan veszélyeztetett (piros színnel jelölve) ugyanakkor a Duna-Tisza-közi hátság, a Nyírség és a Hajdúhát. Ezeken a területeken, különösen a Nyírségben, napi probléma az ipari és mezőgazdasági vízigények kielégítése.

Nem szabad arról sem elfeledkezni, hogy a vízhiány – akár felszíni, akár felszín alatti - nem csak az emberi tevékenységet korlátozza, hanem

károsítja az érintett ökoszisztémákat is. Ezért ellentmondásos a vízgazdálkodási létesítmények engedélyezése: sokszor olyan természetvédelmi tiltások születnek, amelyek épp a vízi ökoszisztémák megóvásához szükséges létesítmények építését akadályozzák meg.

A probléma orvoslásának egyik lehetősége - vagy inkább kényeszerű megoldása - a felszín alatti vízhasználatok kiváltása felszíni vizek használatával. Amint az előzőekben leírtam, ennek is vannak korlátai. Egy másik megoldás a takarékos módszerek alkalmazása az ipari és mezőgazdasági célú felhasználás során. Ennek támogatottsága – elsősorban gazdasági okokból - jelenleg nem túl jelentős. További fenntartható és hatékony eszköz a használt vizek újrahasznosítása. Annak ellenére, hogy a világ számos vízben szegény országában e megoldásnak évtizedes múltja van, nálunk idegenkednek tőle a felhasználók. Emellett - hasonlóan a nyersanyagok újrahasznosításához - a víz többszöri felhasználása sokszor drágább az új készletek igénybevételénél, különösen azért, mert a környezetben okozott károkkal, azaz a környezeti költségekkel nem számolunk, amikor beárazzuk a tevékenységünket.

## ÖNTÖZÉSI LEHETŐSÉGEK VÍZKÉSZLETGAZDÁLKODÁSI SZEMPONTBÓL

Az előzőekben leírtakból könnyen azt a következtetést lehet levonni, hogy Magyarországon nem lehetséges az öntözéses gazdálkodás fejlesztése. Ez több szempontból sem helytálló megállapítás. Az öntözőrendszerek jelenlegi



kiépítettsége mellett azonnal öntözhető lenne további 15–20 ezer hektár termőföld. A kormány által kitűzött 200 ezer hektár is elérhető viszonylag rövid időn belül, ennek vízgazdálkodási szempontból nincs akadálya. A probléma azokon a területeken jelentkezik, ahol nem áll rendelkezésre megfelelő vízkészlet. Jelenleg a vizet akarjuk elvinni oda, ahol öntözési igény jelentkezik, pedig hatékonyabb lenne fejleszteni az öntözést a jelenleg is vízzel ellátott területeken. Van olyan vidék, ahol az öntözésre felhasznált vízmennyiség tízszeresét kell a csatornarendszerbe táplálni ahhoz, hogy a víz eljusson a felhasználás helyére. Ezt a víz ára is jelzi, mivel kétszerese a vezetékes ivóvíz árának.

A termőföldek kijelölésénél nem csak a vízellátási lehetőségeket kellene vizsgálni, hanem a belvíz veszélyeztetettségét is. Az összegyülekező vizek kényeszerű elvezetése nem csak költséges eljárás, hanem csökkenti a felszín alatti vizek visszapótlódását is. A vízügyet sokan vádolják azzal – elsősorban a problémakört felületesen ismerők -, hogy felelős egyes területek kiszáradásáért. Egyrészt a vízvezetés sosem vízügyi érdek, hanem agrárgazdasági, ipari és településbiztonsági okokból történik. Másrészt azok a területek, ahol a vizet vissza lehetne tartani a csatornákön kívül, nem a vízügy kezelésében állnak, vagyis azok elárasztása nem ágazati döntés kérdése. A területi vízgazdálkodás jelentősen változott az utóbbi néhány évtizedben. Egyrészt

a csatornában, döntő többségében csak azt a vízmennyiséget vezetik el, amely nem tartható meg a vízügy által kezelt ingatlanokon, és termőföldet, településeket, ipari létesítményeket veszélyeztet. Másrészt a folyók – sajnos jelenleg egyre ritkább – árhullámából minden esetben feltöltik azokat a medreket (csatornák, tavak, holtágak), amelyekbe a víz természetes módon – gravitációsan – el tud jutni. A vízügyi igazgatóságokon óriási nyomás van a vízhasználók részéről, hogy a vízigényüket elégítsék ki, ezért nem érdekük a vizek elvezetése.

## ZÁRSZÓ

Magyarország a vízben bővelkedő országok közé tartozik, de ez nem jelenti azt, hogy bárhol, bármikor korlátlan vízkészlet áll a gazdaság rendelkezésére. Az ipari és mezőgazdasági termelés vízfelhasználását úgy kell növelni, hogy a ténylegesen igénybe vett vízkészlet nem változzon, egyes területeken csak kismértékben növekedjen. A megoldást a világ több részén már régóta alkalmazott takarékos technológiák átvétele és a használt vizek újrahasznosítása jelenti.



ORSZÁGOS  
VÍZÜGYI  
FŐIGAZGATÓSÁG



## DULOVICS JUNIOR SZIMPÓZIUM

2022 tavaszán a MaSzeSz Junior tagozata (JURTA) ismét megrendezte a DuloVics Junior Szimpóziumot. A színvonalas konferencián idén 12 fiatal előadó mutatta be munkáját, amelyet egy 4 tagú zsűri értékelt. A zsűritagjaink idén: Dr. Major Veronika (MaSzeSz), Dr. Madarassy László (BME VIT), Tóth Zsolt (Fővárosi Vízművek Zrt.) és Dr. Patziger Miklós (BME VKKT).

### A 2022-ES ÉV DÍJAZOTTJAI:

Előadóink a vízellátás, szennyvíztisztítás és a települési vízgazdálkodás területén üzemeltetői, tervezői és/vagy tudományos tevékenységet folytatnak. A legjobb előadókat több kategóriában díjaztuk. Kiosztásra került két szakmai díj a Magyar Mérnöki Kamara és a DHI Hungary Kft. felajánlásából; és egy közönségszavazás díja is.

Az előadások közötti jó hangulatról vendégelőadók és a Junior Tagozat Elnöksége gondoskodtak. Idén először a Szimpózium részeként tombolát is tartottunk, amelyről apróbb nyereményekkel térhettek haza résztvevőink.

- Fődíj & közönségszavazás díja: Molnárová Viktória - Szennyvíztisztító Telepen működő ko-fermentációból keletkező biogáz hasznosításának energiabiztonsági vizsgálata
- Innovációs díj: DoThiHuyenTrang - Sόμεntesítési módszerek összehasonlító értékelése: fordított ozmózis és termikus eljárások
- Legjobb előadó díj: Wéber Richárd - Tolózarak kritikussága ivóvízhálózatokban
- DHI Hungary Kft. különdíj: Bükkszegi Arlen - Nagyvárosi szakaszosan levegőztetett eleveniszapos denitrifikálóbioreaktorának hatékonyság vizsgálata
- MMK Vízgazdálkodási és Vízépítési Tagozata különdíj: Szegedi Melinda, Vörös Armand - Hydrobot - új technológia csőmonitorozáshoz

**DoThiHuyenTrang, Wéber Richárd és Molnárová Viktória** cikkei ebben a **Hírcsatornában** olvashatóak.





A Dulovics Junior Szimpózium arany fokozatú támogatói:



**GRUNDFOS CR 185, CR 215, CR 255**

## MÉRNÖKNEK AKIK SZERETIK FESZEGETNI A HATÁROKAT

*A nagy Grundfos CR szivattyúk új generációja három új méretet mutat be 330 m<sup>3</sup>/h-ig, világszínvonalú hatékonyság és új funkciók.*

### Megbízhatóbb

A nagyméretű CR szivattyúk új generációja a szimulációs tervezés, az anyagok, a tesztelés és a gyártás területén a legmodernebb technológiának köszönhetően még robusztusabbá vált, mint elődjei.

### Költséghatékonyabb

Hidraulikus kialakításával – a járókeréktől és a vezetőlapátoktól a bemenetig, a nyomócsonkig, a hüvelyig és a diffúzorig – a Grundfos CR új generációja világszínvonalú energiahatékonyságot kínál. Kis helyigényének köszönhetően sokkal könnyebben és olcsóbban telepíthető, mint más szivattyúk.

### Több lehetőség

Az új generáció még több lehetőséget ad a világ legmodulárisabb szivattyúprogramjához – beleértve a magasabb nyomást, az alacsonyabb NPSH-t és a szabványos motorok használatát. Természetesen az új CR-ek kombinált rendszerként dedikált CUE frekvenciaváltóval és erősítő rendszerként is elérhetők.

*Köszönjük minden résztvevőnek és támogatóknak! Jövőre ismét találkozunk!*



## A VÍZÉRTÉK SZEREPE A VÍZIKÖZMŰ SZOLGÁLTATÁS FENNTARTHATÓSÁGBAN

A 2021-ben sajnálatosan elmaradt alkalom pótlásaként a **Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség** a **Nemzeti Közzolgálati Egyetem Vízudományi Karával** közös szervezésében 2022. március 22-én tartotta országos konferenciáját. Az online esemény a 2022-es **Víz Világnap** motívóját alapul véve a társadalom számára láthatatlan, ám életelemet jelentő víziközmű szolgáltatás fenntarthatóságát helyezte a középpontba.

A több mint **30 előadó** részvételével megrendezett konferencián a szakértők azt vizsgálták, hogy miként támogatja a víz értékének felismerése a **körforgásos gazdaságot**, milyen szerepe van a vízhasználók (tudomány, szakma, ipari, mezőgazdaság, lakosság) együttműködésének a **vízudatos társadalom** kialakításában, hogyan támogatja a vízérték szemlélet az ágazat szakembereinek megtartását, illetve, hogy válhat a vízérték a tudás- és az innováció motorjává. A résztvevők választ kaphattak arra is, hogyan formálódhat a **vízipari megoldásokat finanszírozó rendszer** is fenntarthatóvá és hogyan lesznek a befektetők, pénzintézetek is érdekelték egy új, a jövő érdekeit szem előtt tartó vízhasználati modell működtetésében.

Az élőben, online közvetített konferenciát kétszázán követték figyelemmel. Az öt panelbeszélgetésre osztott egésznapos rendezvény

a **települési víziközmű szolgáltatás fenntarthatóságára koncentrálna** láttatta a vízérték felismerésének fontosságát, a víz összekötő vagy megosztó erejét, valamint a társadalmi szereplők felelősségét a vízhasználat fenntarthatósága érdekében. A panelbeszélgetések során neves szakértők vizsgálták a vízérték és a víziközmű szolgáltatás fenntarthatóságának gazdasági összefüggéseit, a vízérték szerepét a körforgásos gazdaságban, áttekintették milyen **innovatív vízügyi, vízipari megoldások** állíthatók a víziközműszolgáltatás fenntarthatóságának szolgálatába és miként hatnak a vízgazdálkodás fenntartására a nemzetközi kapcsolatok. Az öt különálló panel moderátorai **ajánlásokat** fogalmaztak meg, hogy konferencia során megosztott tudást, a megfogalmazott szakmai üzeneteket, a Szövetség a fenntartható vízgazdálkodás motorjaként tovább vihesse a jövőben is.

A konferencia végén került átadásra a Szövetség elismerése: a Dr. Benedek Pál Díj. A MaSzeSz elnöksége **Dr. Liczkó Istvánt tüntette ki**, aki Dr. Benedek Pál szellemi örökségét folytatva bizonyította elkötelezettségét a vízügyi ágazat szakmai színvonalának emelésére.



A konferencia felvételek visszanezhetők:

1. Vízérték fenntarthatósága: <https://youtu.be/sSNL9bCX3GU>
2. Vízérték gazdasági szerepe: <https://youtu.be/bnhZYlv3r7Y>
3. Innovatív eljárások: <https://youtu.be/Y7jwHdl4YXw>
4. Ismeretfejlesztés: <https://youtu.be/U5ZxZqzKffs>
5. Nemzetközi kapcsolatok: <https://youtu.be/qWIEFfewxwl>

### A VÍZÉRTÉK SZEREPE A VÍZIKÖZMŰ SZOLGÁLTATÁS FENNTARTHATÓSÁGBAN ORSZÁGOS KONFERENCI AJÁNLÁSAI

1. A vízérték és a víziközmű szolgáltatás fenntarthatóságának gazdasági összefüggései
  - a. A rendelkezésre álló **vízkezesetek** mennyiségének és minőségének **fenntartása közfeladat**. A sokrétű érintetti kör összefogása, jelentős infrastruktúra fejlesztési szükséglet finanszírozása, az integrálandó vízkezeslet gazdálkodás „jó kormányzatának” biztosítása érdekében **javasoljuk egy integrált kormányzati egység felállítását**.
  - b. A közjószágra alapozott és a környezeti fenntarthatóságot alapértelmezetten szolgáló nonprofit **közzolgáltatás fenntarthatósága, időben és térben osztársadalmi szolidaritást és szerepvállalást igényel. Ennek megteremtését egy átfogó díj és támogatási rendszer reform keretében javasoljuk megvalósítani.**
2. A vízérték szerepe a körforgásos gazdaságban
  - a. A sok-, kevés-, szennyezett vizekkel terhelt, **„átfolyásos” vízkezesletgazdálkodást, helyben tartó és lehetőség szerint újrahasznosítóra kell átállítani.**
  - b. Az átálláshoz szükséges fogyasztói magatartás megteremtése **a víz értékének az üzleti és piaci értékláncba való beépülése nélkül nem lehetséges.**
  - c. Ehhez **jelentősen meg kell emelni a vízkezeslet használati járulék mértékét, és települési környezetben meg kell jeleníteni a csapadékvíz elvezetésének költségét.**

3. Innovatív vízügyi, vízipari megoldások a víziközműszolgáltatás fenntarthatóságának szolgálatában
  - a. A tizezer milliárd forint víziközmű infrastruktúra és több száz milliárd forintos ágazati éves árbevétel mellett **elenyésző értékű a vízipari és a szolgáltató szektor K+F+I teljesítménye**. A pályázati lehetőségek mellett az érintettek humán és gazdasági önerejének biztosításához az **erőforrásokat a megújítandó eszköz- és termelési értékekhez kell igazítani**.
4. Tudás- és ismeretfejlesztés a fenntarthatóság motorja
  - a. A települési vízgazdálkodást kiszolgáló humán erőforrás megtartásához, fejlesztéséhez, fiatal erőforrások bevonásához, **az ágazati átlagbéreket a közmű szolgáltatói szektor átlagbére fölé kell emelni**.
  - b. **A víz-érték tudat megteremtéséhez**, a víz legtágabb értelemben vett értékének el- és felismeréséhez **létfonosságú egy ágazati és társadalmi kommunikáció indítása**. A társadalomban meglévő tudásvágyat transzparens adatokon alapuló, szakértők bevonásával kialakított és megvalósított kommunikáció tudja kielégíteni.
5. Nemzetközi kapcsolatok szerepe a vízgazdálkodás fenntarthatóságban
  - a. A hazai vízipar nemzetközi sikerei számottevőek, ugyanakkor mind a készségekben, mind a felvevőpiacokban rejlő potenciál annak sokszorosát teszi ki. A magyar vízgazdálkodás versenyképességének nemzetközi piacokon történő további erősítéséhez **a gazdaság, a tudomány, a szakképzés és a kormányzati exportpolitika jelenleg is meglévő összhangolt munkájának továbbvitele** szükséges.

Köszönjük a rendezvény támogatását:



ÖSSZEL ÚJRA TALÁLKOZUNK!



## A MASZESZ DR. BENEDEK PÁL DÍJ KITÜNTETETTJE - DR. LICSKÓ ISTVÁN



egyetemi tanárként vesz részt a Tanszék kutatási, műszaki szakértői, tanácsadói feladatainak megoldásában, a szakmérnöki oktatásban és a PhD képzésben.

Tudományos pályája kezdetén a VITUKI-ban a felszíni-víz tisztításban kulcsfontosságú koagulációs-flokkulációs folyamatok tanulmányozásával és az új ismeretek gyakorlatban történő hasznosíthatóságával foglalkozott. Vizsgálatai kiterjedtek az akkor még újdonságnak tekintett ózonos vízkezelésre, és az aktív szén felületén történő adszorpcióra is. A hetvenes évek második felétől figyelme a víz- és szennyvíztisztításban egyaránt új problémaként megjelenő mikroszennyezők felé fordult. Kiterjedt kutatási eredményeit felhasználva több mikroszennyező anyag ivóvízből történő eltávolítására vonatkozó Műszaki irányelvet dolgozott ki. A nyolcvanas évek közepétől a felszíni vizek minőségét érintő légköri eredetű savasodás vizsgálatában is aktív részt vállalt. A kilencvenes évek közepén a VITUKI Consult Rt. profiljának megfelelően legfontosabb feladatai a környezeti állapotértékelésekhez kapcsolódtak, de folyamatosan teljesített szakértői feladatokat a vízi közmű vállalatok számára. Az új évezred kezdetétől az oktatás mellett ismét a víz- és szennyvíztisztítással kapcsolatos kutatási, műszaki fejlesztési feladatok teljesítése került előtérbe.

Licskó István 1960. és 1964. között a Petrik Lajos Vegyipari Technikum tanulója volt, technikus oklevelének megszerzése után az ELTE TTK hallgatója lett, ahol 1969-ben kapta meg kémia-fizika szakos diplomáját. 1969. szeptemberében kezdett dolgozni a VITUKI Vízminőségvédelmi Intézetében, ahol végigjárta a tudományos ranglétrát: tudományos segédmunkásként kezdte és tudományos tanácsadó volt, amikor 1992-ben a VITUKI és két angol intézmény közös vállalkozásához (VITUKI Consult Rt.) csatlakozott. 1998-ban meghívást kapott az MTA frissen alakított Vízgazdálkodási Kutatócsoportjába, melyet elfogadott. 1999. júliusától nyugdíjba vonulásáig (2011. április) egyetemi docensként vett részt a BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék oktatási, kutatási és műszaki tanácsadói feladatainak teljesítésében. 2013 júniusától címzetes





**Szálerősített műanyag kompozitok: elérhető alternatíva az építőiparban.**  
Előadássorozat a GRP kompozitokról a téma elméleti és gyakorlati szakértőivel.  
Dr. Toldy Andrea egyetemi docens-BME Bagényi Roland projektvezető-Aquaprofit Zrt. Csamangó Antal ügyvezető-Avius Kft.



## 2022 ÉVI MASZESZ WEBINÁRIUM SOROZAT

## AZ INTEGRÁLT TELEPÜLÉSI VÍZGAZDÁLKODÁSI TERV (ITVT) SZEREPE ÉS KÖVETELMÉNYEI

A MAGYAR VÍZ- ÉS SZENNYVÍZTECHNIKAI SZÖVETSÉG WEBINÁRIUMA  
2022. ÁPRILIS 14.

A MASZESZ 2022 évi oktatási programjában **INGYENES részvételi lehetőséget biztosít** az érdeklődőknek. Ez eredménye annak a törekvésnek, hogy a szakmát segítsük, és a vízügyi tudástranszfert minél hatékonyabbá tegyünk, minél több vízügyi szakember számára naprakész tudnivalókat közvetítsünk.

Támogatói csomagjaink és jelentkezési lehetőség az alábbi linken érhető el:

[https://maszesz.hu/hireink/aktualis-hirek/download/1322\\_7fb10bf20834e33fd9c-ca486691b84b2](https://maszesz.hu/hireink/aktualis-hirek/download/1322_7fb10bf20834e33fd9c-ca486691b84b2)

**2022. folyamán az előadásokat 10 webinarium keretében négy téma köré csoportosítva hirdetjük meg:**

1. A települési vízgazdálkodás kihívásai - A VTK-Innosystem támogatásával (2022 április-május)
2. Az ellátás biztonsági kérdései - A BDL támogatásával (2022 június)
3. Minden, ami energia (2022 szeptember)
4. Alaptudás szinten tartása (2022 október-november)

Webináriumaink kivételesen hatékony hirdetési lehetőséget biztosítanak releváns termékek, technológiák megismertetésére széleskörű szakmai közönség elérését teszik lehetővé. Ajánljuk tehát kollégáink figyelmébe az alábbi csatolásban szereplő támogatói csomagokat.

Köszönjük előadóink munkáját és köszönjük azoknak a hirdetőknak, akik eddig már támogatták a rendezvényeket, lehetővé téve azok ingyenességét.



*„A legnagyobb értékünk és feladatunk, hogy a vízre ne problémaként, hanem inspiráló lehetőségként tekintsünk.”*

*Ifj. Chikán Attila*

350 regisztráció, 260 résztvevő! Igazi tavaszi sikerként indul a MASZESZ 2022. évi, 10 részből álló tudástranszfer programjának első webinariuma, az Integrált Települési Vízgazdálkodási Terv (ITVT) szerepéről és követelményeiről.

a figyelmet az integrált vízgazdálkodási tervezés szükségességére. Magyarországon a települések közel 2/3 részében valamilyen problémát okoz a víz hiánya, vagy többlete, így sürgető az egyes stratégiák, tervek okos összehangolása. Az OVF gondozásában elkészült az Integrált Vízgazdálkodási Terv alapjai dokumentum is, és mára három mintaterv is elkészült (Magyaregregy, Boldva és Lakitelek). Jelenleg a jogérvényesítés van folyamatban, illetve az eddigi tapasztalatok átvezetése és a komplex tervezési szemlélet népszerűsítése.



Balatonyi László, az OVF osztályvezetője, „A települések helye és szerepe a mai magyar vízgazdálkodásban - Az ITV szükségessége és a pályázati források” című előadásában a globális és lokális problémák bemutatásán túl felhívta



Reich Gyula, a Magyar Mérnöki Kamara alelnöke, a „Települési tervezés – a víz szerepe a területfejlesztési és -rendezési tervezésben” című előadásában rámutatott, hogy a jelenlegi

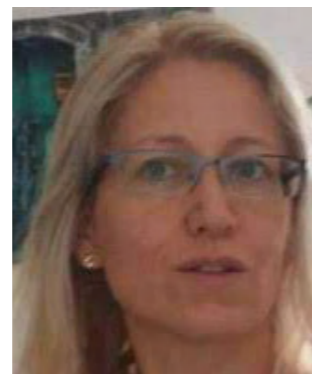


településfejlesztési eszközökben a víz szétap-  
rózódottan van jelen, nem használják ki a vízben  
rejlő lehetőségeket és az ágazati stratégiákkal  
és programokkal együtt igen sok átfedés, pár-  
huzamosság található.



Jancsó Béla, a Magyar  
Mérnöki Kamara Víz-  
gazdálkodási és Vízépí-  
tési Tagozatának Elnö-  
ke, „Az ITVT tervezés  
módszertana, folya-  
mata és a terv tartalmi  
követelményei” című  
előadásában az ITVT

tervezési határait, a tervekészítő feladatait, va-  
lamint a tervhez felhasználható adóforrásokat  
mutatta be. Az ITVT egyik kulcskérdését meg-  
vizsgálva bemutatta, hogy a településfejlesztés  
és a vízgazdálkodás hogyan kapcsolódik össze  
az ITVT keretén belül.



Nagy Zsuzsanna, a DHI  
Hungary Kft. ügyvezető-  
je az „ITV ütemezése és  
helye a vízgyűjtő-gazdál-  
kodási tervezésben” című  
előadásában az ITVT és  
a Vízgyűjtő gazdálkodá-  
si tervek kapcsolódását  
mutatta be, külön kitérve  
a tervezés ütemezésének fontosságára.

A chat szobában írott vélemények azt mutatták,  
hogy az ITVT jelentőségével és szükségességével  
a konferencia minden résztvevője egyetért, ám  
alaposan át kell gondolni a pályázati vonatkozá-  
sokat, az ITVT és a településrendezési terv kap-  
csolatát, időbeli ütemezését és finanszírozását.  
A MASZESZ, az OVF és Magyar Mérnöki Kamara,  
megköszönve a résztvevők aktív közreműködé-  
sét, közös ajánlást készít a tervekkel kapcsolatos  
tartalmi, pályázati és jogszabályi elemekre.

## 2022/2 AZ INNOVÁCIÓ MENEDZSELÉSE - A VTK INNOSYSTEM TÁMOGATÁSÁVAL

A MAGYAR VÍZ ÉS SZENNYVÍZTECHNIKAI SZÖVETSÉG WEBINÁRIUMA  
2022. ÁPRILIS 28.

A MASZESZ 2022. évi, 10 részből álló tu-  
dástranszfer programjának második webiná-  
riuma az innováció fontosságáról, és a cégek  
életében betöltött hajtóerejéről szólt.

Nemzeti Hivatala térítésmentes tanácsadással  
áll a kis- és középvállalkozások rendelkezésére.

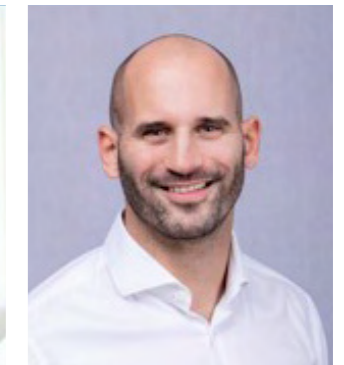
A hazai vízipari cégek sikeréről számolt be  
**Arnhoffer András** a ZALAVÍZ Zrt. vezérigazga-  
tója, **Dózsa Péter** a PURECO IDEA ügyvezetője,  
**dr. Zádor István** a PURASET igazgatója és  
**Taxner György**, az UTB vezérigazgató helyettese.  
Az eredményekhez gratulálunk!



**dr. Birkner Zoltán**,  
a NKFIH elnöke előadá-  
sában bemutatta, hogy  
az ütemesen fejlődő  
K+F ráfordítások összege  
2030-ra elérheti a GDP  
3%-át. 2018-2021 között  
a víz és szennyvíz témájú  
projektek 15,5 milliárd Ft  
állami támogatást kaptak. Számptalan forma és forrás  
áll rendelkezésre a vállalati innovációk támogatására.



**Pomázi Gyula**, a Szel-  
lemi Tulajdon Nemze-  
ti Hivatalának elnöke  
az innováció folyama-  
tának második lép-  
csőjéről, az innováció  
hasznosításáról beszélt.  
A 21. szádban az inno-  
váció üzleti eredmény-  
nyé konvertálási módja a szellemi tulajdon vé-  
delmének megteremtése. A Szellemi Tulajdon





## MASZESZ 2022. ÉVI RENDES KÖZGYŰLÉSE

A Magyar Víz és Szennyvíztechnikai Szövetség **május 26-án** tartotta 2022. évi rendes Közgyűlését a **Fővárosi Csatornázási Művek Dél-pesti Szennyvíztisztító telepének** rendezvénycsarnokában. A Dr. Major Veronika kijelölt levezető elnök által 15.30-ra összehívott ismételt közgyűlés határozatképes lett.



A Közgyűlés elfogadta a Szövetség részben már megvalósult, részben tervezett 2022. évi programjairól szóló beszámolót és a 2022 évi gazdálkodás sarokszámait, amit Rózsa Bálint főtitkár prezentált.

Rózsa Bálint főtitkár ismertette a Szövetség székhelymódosítása miatt szükségessé vált Alapszabály módosítási javaslatát. A Közgyűlés által elfogadott új székhely: **1118. Rétköz utca 5.**

A Covid utáni első személyes jelenléttel megtartott Közgyűlésünk kellemes hangulatához és zökkenőmentes lebonyolításához nagyban hozzájárultak a Szennyvíztelep vendégszerető kollégái. Ezúton is köszönjük nekik és a Fővárosi Csatornázási Műveknek a vendéglátást. A közgyűlés előtt tartott telepvezetés keretein belül tagjaink hasznos és érdekes ismereteket szerezhettek a magyar fejlesztésű Organica Élőgép rendszerrel és a telepen alkalmazott egyéb megoldásokról.

A vezetés után Dr. Major Veronika, a MaSzeSz alelnöke az Elnökség nevében megtartotta beszámolóját a Szövetség 2021. évi szakmai működéséről.

Dr. Papp Mária, a Szövetség Felügyelőbizottságának elnöke, ismertette a Közgyűléssel a Szövetség 2021. évi mérlegbeszámolóját, és tájékoztatta a résztvevőket a Felügyelőbizottság jelentéséről, a Szövetség 2021. évi számviteli törvény szerinti beszámolójáról, és annak jogszabályi megfelelőségéről melyeket a közgyűlés elfogadott.

A résztvevők megemlékeztek **dr. Orbán Veronika**, elhunyt felügyelőbizottsági tagunkról, és új Felügyelőbizottsági tagot választottak **Kassai Zsófia** személyében.



A Felügyelőbizottság új tagja építőmérnöki diplomáját a BME-n szerezte. 2014-től a Magyar Hidrológiai Társaság Csatornázási és Szennyvíztisztítási szakosztályának titkára és ugyanebben az évben a MaSzeSz Junior Szimpózium nyertese. 2020-tól az Észak-Pesti Szennyvíztisztító Telep vezetője.

A közgyűlés után, a helyszínen kis **fogadás** keretében közvetlen, szabad beszélgetésre nyílt lehetőség a tagok és tisztségviselők között.

## TALÁLKOZÁS A LEGFIATALABBAKKAL – ISKOLAI ÖNKÉNTES ELŐADÁSOK A FENNTARTHATÓSÁGI TÉMAHÉTEN



Az Emberi Erőforrások Minisztériuma a Pontvelem Nonprofit Kft-vel és a Kék Bolygó Klímavédelmi Alapítvánnyal közösen 2022-ben 7. alkalommal hirdette meg a Fenntarthatósági Témahetet, melynek fővédnöke Áder János, leköszönő köztársasági elnök. Az április 25. és 29. között megrendezett szemléletformáló program célja, hogy a fenntarthatóság összetett kérdését önkéntes, tanórákon előadó szakemberek, továbbá iskolán kívüli látogatási helyszínek segítik feldolgozni a diákoknak.

Az Emberi Erőforrások Minisztériuma a Pontvelem Nonprofit Kft-vel és a Kék Bolygó Klímavédelmi Alapítvánnyal közösen 2022-ben 7. alkalommal hirdette meg a Fenntarthatósági Témahetet, melynek fővédnöke Áder János, leköszönő köztársasági elnök. Az április 25. és 29. között megrendezett szemléletformáló program célja, hogy a fenntarthatóság összetett kérdését önkéntes, tanórákon előadó szakemberek, továbbá iskolán kívüli látogatási helyszínek segítik feldolgozni a diákoknak.

A környezet védelme és a fenntarthatóság érdekében egyre több civil szervezet és önkormányzat tesz lépéseket, kezdeményezéseket. A globális felmelegedés, a vízhiány, a csökkenő energiakészlet és a klímaváltozás veszélyei fenyegetik Földünket. Változtatnunk kell szemléletünkön és magatartásunkon. Erre a gyermekek a legfogékonyabbak, ezért kiemelten fontos, hogy már iskolás korban megismerjék a téma jelentőségét, és tudatában legyenek személyes

érintettségüknek. Hiszen egyes szokások megváltoztatásával, kis odafigyeléssel már ők is sokat tehetnek a Föld védelméért. Így a fenntarthatóság üzenete a diákok közvetítésével juthat el a családok és az egész társadalom felé.

Iskolai programok, tanórák keretein belül a fenntarthatóságért elkötelezett szakemberek látogatnak el általános és középiskolákba, hogy ott előadást tartsanak a szakterületükről a gyerekeknek, hogy saját példájukkal, gondolataikkal tegyék emberközelivé a környezet védelmét és a fenntarthatóság üzenetét.

Ebben az évben az előadások és szemléletformálás négy témakört ölelt fel: a **víz**, az **egészségvédelem**, a **felelős fogyasztás**, illetve a **hulladékgazdálkodás**.

A MaSzeSz és a HWP a VÍZÉRTÉK szemléletformálásra mélyen elkötelezett szervezetek. Ezért kérte fel őket a PontVelem Alapítvány



együttműködő partnernek, amikor meghirdette tagszervezeti körében a programban való részvételt. Önkéntesként tartott előadást dr. Kovács Károly phd, a MaSzeSz elnöke három budai általános iskolában; Horváth Bálint a HWP főtitkára, a Pureco Kft. ügyvezetője pedig két budai általános iskolában. A vezetők személyes példájukkal, hitelességükkel segítették a fenntarthatóság üzenetének eljuttatását a gyerekekhez.



elmondják milyen nemes és szép szakma a miénk.” – összegezte Horváth Bálint az előadáson szerzett tapasztalatait.



Dr. Kovács Károly a Budavári Általános Iskolában és az ELTE Gyertyánffy István Gyakorló Általános Iskolában tartott előadásokat. Károly kedves, gyermekeknek szóló, érthető illusztrációkkal mutatta be, a víz körforgását, a szennyvíztisztítás menetét, illetve azt, hogy milyen fontos és egészséges a csapvíz fogyasztása a palackos italok helyett. Az elnök szerint a gyerekek nagyon lelkesek voltak, érdeklődve és aggódva hallgatták az előadást. A diákoknak pedig ezek a gondolatok ragadtak meg a legjobban:

- "Az előadó Bácsi nagyon kedves volt. A leginkább az tetszett, hogy megtudtam, a palackos víz helyett sokkal jobb, ha a csapvizet iszunk. Kevesebb káros anyagot használunk fel. Otthon is csak vizet iszunk." - Ezt egy 3. osztályos kislány mondta.
- "Az előadásból azt jegyeztem meg, hogyan készül a víz, amit megiszunk. Kell esővíz és talaj, ami megszűri." - 4. osztályos kislány.
- "Az tetszett a legjobbam, amikor beszélgettünk arról, hogyan jut el a víz hozzánk." - 2. osztályos kisfiú.
- "Elmondhattam, hogy mi gyűjtjük az esővizet. Azzal locsoljuk a növényeket a kertben." - 1. osztályos kislány.

Horváth Bálint interaktív előadását a Bleyer Jakab Általános Iskolában több, mint száz diák kísérte figyelemmel. A főtitkár nemzetközi kitekintéssel, a Pureco ghánai projektjének tapasztalataival tette a diákok számára egzotikussá az előadást, és érzékeltette, hogy mekkora kincs a háztartásokban csapból folyó tiszta, iható víz. A szennyvíztisztítás rövid, érthető bemutatása után konkrét tippeket adott a gyerekeknek, hogy csökkenthetik ők maguk a vízfogyasztást, ezzel egy kis lépést előre lépve a világ vízkészletének megőrzésében. A főtitkár szerint a gyerekek nagyon érdeklődők voltak, okos kérdéseket fogalmaztak meg. „Van létjogosultsága annak, hogy a vízipari szakma szereplői elmondják az ifjúságnak, hogy

A fentieket már Láng Annamáriától, az ELTE Gyertyánffy István Általános Iskola tanítónőjétől és a Zöld Jövő Munkaközösségvezetőjétől hallottuk az előadások után. Kiemelte, hogy Károly a gyerekek kérdéseit az általuk érthető módon és szóhasználatlal válaszolta meg. Így egy aktív, közvetlen beszélgetés alakult ki az előadás után.

A Gyertyánffy mélyen elkötelezett a környezetvédelem terén. Az iskola pedagógusai által kidolgozott „Klímanó” programban 24 elkötelezett alsós gyerek vesz részt és végez környezetvédelemhez kapcsoló feladatokat. Ezeknek az elkötelezett kisiskolás gyermekeknek tartott előadást a MaSzeSz elnöke. Felsőbe lépve a diákok Zöld Nagykövetségként folytatják munkájukat, további képzéssel. Szép, példa értékű kezdeményezés.



Önkéntes előadóink életszerű példákon keresztül igyekeztek a gyerekeknek bemutatni a víz értékét, a vízügyi szakma feladatait a víztisztítás és szennyvíztisztítás területén, valamint további iránymutatást adni a tudatos vízfelhasználással kapcsolatban.

A Fenntarthatósági témahét ideje alatt a **támogató szervezetek saját helyszíneiken** is fogadták az iskolásokat, hogy valós környezetben mutassák

be a diákoknak, mit jelent nekik a fenntarthatóság, mit tesz a szervezet egy élhetőbb jövőért.

A MaSzeSz és a HWP felhívást intézett saját tagjaihoz is a csatlakozásra. A **DRV**, mint tagszervezet előadást tartott a somogyvári, ádándi diákoknak, továbbá a balatonfüredi Radnóti Általános Iskola tanulói a DRV balatonfüredi szennyvíztisztító telepét látogatták meg.

A HWP-tag **Puraset Kft.** is részt vett a programban. A helyi általános iskola felsős diákjai látogattak el a cég jászfényszarui telephelyére, ahol Szalay András ügyvezető igazgató előadása után Kolozs Gyula munkatárs mutatta be a Magyarországon egyedülálló víztisztító berendezés gyártását, működését.



Az ügyvezető nagyon pozitívan értékelte programot. A gyerekek az előadás után a gyárban közvetlenül tanulmányozhatták a víztisztító technológiát. Megtapinthatták az abszorbenseket. Szalay András szerint a fenntarthatóság nemcsak a Föld megőrzését jelenti, hanem a szaktudás fenntartását is. Ennek záloga az ifjúság. „Amikor megmutattuk a gyárat, a gyerekek megkérdezték, hogy hogy lehet ide bekerülni. Milyen szaktudás kell hozzá? Mi is - ők is el tudják képzelni



itt a jövőjüket. Ezek a helybeli diákok értékesek számunkra. Ez az igazi fenntarthatóság véleményem szerint.” – mondta a Puraset Kft. ügyvezetője. Várják jövőre is az diákokat gyárlátogatásra.

Köszönjük, hogy csatlakozhattunk a Fenntartható témahéthét környezetfenntartó programjához. Jövőre ismét szívesen hozzájárulunk a jövő generációjának szemléletformálásához, mert értékünk a VÍZ. Tegyük érte, hogy gyermekeinknek is ilyen minőségben és mennyiségben jusson belőle!



## GRATULÁLUNK TANÁR ÚR!

A Budapesti Műszaki Egyetem és Gazdaságtudományi Egyetem 60 éven keresztül kifejtett szakmai tevékenységének elismeréséül Vasoklevelet adományozott Prof. Dr. Juhász Endrének.



## MÉDIA AJÁNLAT Megrendelő

Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség a kor követelményeinek megfelelő, elektronikus formában megjelenő szakmai lapját, a Hírcsatornát. **AZ ÁGAZAT 2000 SZAKEMBERE KAPJA KÖZVETLENÜL KÉZHEZ** évi 4 alkalommal.

### Klasszikus hirdetések / szakmai, PR cikkek:

- Banner 20.000 Ft + ÁFA oldalanként
- 1/2 oldal 30.000 Ft+ ÁFA
- 1/1 oldal 50.000 Ft+ ÁFA
- dupla oldal 80.000 Ft+ ÁFA
- Első borító belső oldala 1/1 75.000 Ft+ ÁFA

### Filmanyag beillesztés:

- 20.000 Ft+ ÁFA

A videókat minden esetben a hirdetőnek kell a YouTube-ra vagy Vimeo-ra feltölteni és a MaSzeSz számára a linket elküldeni.

### Hirdetési lapzárta:

- |            |                            |
|------------|----------------------------|
| 1. lapszám | 2022. március 23.          |
| 2. lapszám | <b>2022. május 20.</b>     |
| 3. lapszám | <b>2022. augusztus 19.</b> |
| 4. lapszám | <b>2022. november 20.</b>  |

Hirdetési lapzártaig be kell, hogy érkezzon a kitöltött és aláírt megrendelő, valamint a megjelentetni kívánt hirdetés, illetve PR-cikk.

Az árak a MaSzeSz tagszervezetei számára érvényesek. Nem tagszervezet esetén a fenti árak **50%**-kal magasabbak!

Eddig megjelent lapszámok [ITT](#) megtekinthetők.

## MEGRENDELÉS

	2. lapszám	3. lapszám	4. lapszám
Banner	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1/2 oldal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1/1 oldal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dupla oldal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Borító belső oldala 1/1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### Megrendelő adatai

Cégnév:

Székhely:

Adószám:

Cégjegyzékszám:

Bankszámlaszám:

Kapcsolattartó neve:

Kapcsolattartó beosztása:

Kapcsolattartó telefonszáma:

Kapcsolattartó e-mail címe:

Dátum

Megrendelő aláírása



## LÁNG ISTVÁN AZ OVF FŐIGAZGATÓJÁNAK A VÍZ VILÁGNAPJA ALKALMÁBÓL MEGTARTOTT ELŐADÁSA 2022.

Én biztos voltam benne, hogy itt ma sokan fogják méltatni Dr. Hoffmann Imrét, de engedjék meg, hogy mondanivalómban néhány szót én is, nagy örömmel, rááldozzak. Közvetlen tanúja lehettem, ahogy megkaptam a magyar vízgazdálkodás irányítását. Nagyon sokan azt hitték, hogy kaptunk egy újabb darálót, amely eltünteti a vízügyet. Nem így történt. Személyében egy tisztelettudó, a magyar vízgazdálkodást becsülő vezetőt kaptunk. Bajban ismerzik meg az ember, és a korábbi közös védekezésekből ő pontosan el tudta különíteni a katasztrófavédelmi és a vízügyi feladatokat.

Ahogy szerette a tűzoltókat, úgy tisztelte a magyar vízgazdálkodást. Határozott, kemény intézkedései, és türelmes szeretete nagy űrt hagyott maga után. De itt hagyta nekünk három szent szobrát, hogy legyen egy erkölcsi origónk, ahová mindig visszatérhetünk, ha újra kell kezdeni a vízügyi gondolkodást. Szent Kristóf, aki szembe megy az árral, és átviszi a folyón a vándorokat, Nepomuki Szent János, aki halálával védi a folyókat, és talán a legaktuálisabb Szent László, aki a vízhiányban is képes vizet fakasztani.

A három szent egyben jelképezi a múlt vízrajzi helyzetét. A víz hiányát, vagy a víz többletéből eredő veszélyeket. A középkori emberek

kitettsége ezeknek a problémáknak kiemelkedően nagy volt a mai Magyarország területén. Magyarország kétharmada élhetetlen vízjárta terület volt, amelyben kevésszámú pákász és halász találta meg szűnyogokkal teli életét. Ne akarjuk a magyar vízgazdálkodástól elvitatni, hogy jelentős mértékben élhetővé tette a Kárpát-medencét. A valamikor vízzel borított, egykori ártereken új életközösségek, új gazdálkodás alakult ki. Lehetővé tette az Alföld beépülését, a fejlődés elindulását ezeken a területeken.

A fejlődésnek ára volt mindenhol a világon, akár a középkori Hollandiára, akár az újkori Kínára gondolunk. Az új és sikeres életterek kevesebb helyet hagytak a természetes élőhelyeknek, és a víznek is. Ugyanakkor azt tapasztaljuk, hogy az árvízszintek nőnek, a kisvízszintek süllyednek. Ráadásul, ha meg akarunk felelni a víz világnapja jelmondatának, miszerint tedd láthatóvá láthatatlant – értsd alatta az értékes talajvizeinket- hát nagyon mélyre kell már néznünk. A morfológiai folyamatok okozta szélsőségekre ráerősít a klímaváltozás folyamata. A prognózisok a léghőmérséklet emelkedését, a csapadékevénység változását, a szélsőségek növekedését vetítik előre.

### MI A CÉLJA ÉS MI A FELADATA EBBEN A HELYZETBEN A MAGYAR VÍZGAZDÁLKODÁSNAK? ÁRVÍZVÉDELEM

Víz nélkül nincs élet. Legnagyobb célja, hogy megőrizze és elkérhetővé tegye azt a vízkinccset, amivel Magyarország rendelkezik, párhuzamosan azzal a feladatával, hogy teremtett értékeit a károktól megóvja.

Legnagyobb feladatai négy területen fogalmazhatóak meg:

1. Az ivóvízbázisok megőrzése, védelme, a vízminőség megőrzése
2. A kiépített árvízvédelmi rendszereink védképességének megtartása, az árvízszintek növekedésének megállítása.
3. A klímaváltozás miatt kiszáradó területeink vízpótlásának megoldása
4. A süllyedő kisvízszintek visszaemelése, a vizek tározásának, vízvisszatartásának és elosztásának fokozása.

### VIZEINK, IVÓVIZEINK VÉDELME.

A hazai ivóvízbázisok szigorú védelme megvalósult. A felszíni vizeink minőségét döntő részben a felhagyott külföldi bányákból származó terhelések, illetve a kezeletlen hulladékok veszélyeztetik. Gondoljunk itt a jelenleg is folyó vízminőségi védekezésre a Sajón, vagy a petpalack problémára. Sajnálatos módon a határon túlnyúló kérdések megoldása lassú, addig is reaktív képességeink növelése szükséges. Ennek keretében fejlesztjük tovább folyóink határszélvényeiben a vízminőségi monitoring rendszereket, illetve a hulladékkiterelő, kiszedő rendszereinket a Vásárosnaményban már működő rendszerhez hasonlóan. Jó hír, hogy a terhelések csökkentésére már Románia is kézzelfogható intézkedésekkel törekszik.

Meg kell őriznünk folyóink árvízlevezető képességét. Az árterek reaktiválása kismértékben lehetséges, de a teljes reaktiválása bár romantikus, viszont nem reális gondolat. Ha csak az Alföldet nézzük a legfrissebb felmérések szerint is elenyésző mértékben lehet az egykori hullámtereket reaktiválni, a beépítések, vagy a fontos tényezővé vált mezőgazdasági és ipari termelés miatt. 2000-ben mindannyian azért küzdöttünk, hogy Szolnok városa ne váljon újra ártérre. Vagyis azokat a szélsőségeket, amelyek a korlátozott körülmények, és a klímaváltozás miatt kialakultak kezelniük szükséges. Hullámterein ma egyszerre szenved vereséget az árvízvédelem és a természetvédelem. A szukcessziós folyamatok megállnak, az invazív növények túlbujáznak, a természeti értékek degradálódnak, az árvízlevezető képesség csökken, az árvízszintek emiatt nőnek. Ha csak ennyi helyet hagytunk a folyónak, azt meg kell őriznünk. Az árvízi levezető képesség helyreállítása mellett, helyre kell állítanunk hullámterein természeti potenciálját, el kell végeznünk környezeti restaurációját. A hogyanra is tudunk választ adni, hiszen a bivalytói, vagy a tiszababonai környezeti restauráció nem csak az árvízlevezető képességet javította meg, hanem példaértékűen lehetővé tette a biodiverzitás növekedését, az őshonos fajok visszatelepülését.

### HÁTSÁGAINK VÍZPÓTLÁSA

Gondoskodnunk kell a csapadékhiány miatt kiszáradó, a folyóvizeinktől független területek vízpótlásáról, úgy, mint a Homokhátság vagy a Nyírségi hátság vízpótlásáról. Ezen területek elapadó vízkészlete egyértelműen a klímaváltozás

rovására írható. A kevesebb, illetve megváltozott csapadékjelenségek okozta beszivárgás kisebb, és egyre nehezebb léthatóvá tenni a talajvizeinket, mert az ásott kutak nagy része is kiszáradt. Ezen területeken a vízgazdálkodással az életminőség is degradálódik. A vízpótlás nem csak a mezőgazdaság és a feldolgozóipar miatt szükséges, hanem a közvetlenül és közvetve az itt élő kisközösségek életfeltételeinek javításához is.

### VIZEINK ELÉRHETŐSÉGÉNEK NÖVELTÉSE

És végül, de nem utolsósorban szembe kell néznünk folyóink kisvízszintjeinek süllyedésével is. Amíg a középkorban a folyóink rendelkezésre állt az egész Pannon-medence, ahogy ezen belül a Tiszának rendelkezésre állt az Alföld a kisvízszintek és az árvízszintek közötti különbség 3-5 méter volt. A mai szolnoki vízállás 11 méterrel alacsonyabb az 1041 cm-es árvízszintnél, de volt ez az érték már 13 méter is, sőt Csongrádnál a különbség eléri a 14 métert. A Tisza Kisköre és az Csongrád között nem csak az egykori ártéri területeit veszítette el, hanem ezen területek talajvíztározó képességét is. A folyóban, a medersüllyedéssel kialakuló alacsony vízszint az év 95%-ban nem táplálja, hanem megcsapolja az alföldi talajvízkészletet. Ennek a folyamatnak a legnagyobb vesztese a mezőgazdaság és a természetvédelem. Míg az öntözési igények nőnek, addig az elérhető vízkészletek csökkennek. A mesterségesen kialakított földmedrekre fűződő ökoszisztémák

vízellátása csökken, a vizes élőhelyek folyamatos zsugorodása figyelhető meg. Hasonló problémákkal küzd többi nagy folyónk, de több kisvízfolyásunk is. Ha nem akarjuk egy szivattyús vastüdőrendszerrel kiépíteni Magyarország vízgazdálkodását, akkor el kell gondolkodnunk kisvízszintjeink rehabilitálásán, visszaemelésén, a folyómenti területeink gravitációs vízpótlásán, felszíni és felszín alatti tározóképességük visszanyerésén, bővítésén.

Nagy feladatokba kezdünk. Folytak a vízminőség védelmi fejlesztések, elkészültek a folyók hullámterének kezelési tervei, megindult a Homokhátság és a Nyírség vízpótlásának tervezése, és folyamatban van a 104 tételből álló vízpótlás fejlesztése is elsősorban a mezőgazdasági vízellátás és a természetvédelmi vízpótlás érdekében.

Ahhoz, hogy ezt a programot a magyar vízgazdálkodás sikeresen végrehajtsa szükséges, szentjeink tisztelete, eleink munkásságának megbecsülése, tapasztalatainak felhasználása. Az emlékpark nem csak az emlékezés miatt építetett, hanem azért is, hogy a múlt ismeretében vizsgáljuk felül a jövőre vonatkozó döntéseinket. Egy-egy pillanatra álljunk meg, eleink tetteiben értékeljük magunkat, hogy becsülettel tudjuk vállalni a vízgazdálkodásban a köz szolgálatát.

**A MAGYAR VÍZGAZDÁLKODÁS ERRE TÖREKSZIK, MINDEN KOLLÉGÁMBAN LÁTOM AZ ELKÖTELEZETTSÉGET! TISZTELT JELENLÉVŐK! SZÁMÍTHATNAK RÁNK!**

## KÖRNYEZETMÉRNÖKI SZAKMAI NAP AZ ÓBUDAI EGYETEM REJTŐ SÁNDOR KÖNNYŰIPARI ÉS KÖRNYEZETMÉRNÖKI KARÁN



Az ipar és az oktatás együttműködését példázva 2022. április 29-én – a Covid 19 járvány miatti óvintézkedések enyhülését követően – a korábbi hagyományokhoz hasonlóan személyes jelenléttel, de online is elérhetően, nagy érdeklődés mellett szervezte meg az Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könyv- és Könyvtudományi Kar Környezetmérnöki és Természettudományi Intézete a Környezetmérnöki Szakmai Napot. Együttműködő partnerek voltak a Környezetvédelmi Szolgáltatók és Gyártók Szövetsége (KSZGYSZ), a Magyar

Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség (MASZESZ), a Magyar Kémikusok Egyesülete Környezet-analitikai és Technológiai Társasága és az ÓE RKK Integrált Tudományok Szakkollégiuma.

A szakmai rendezvény legfőbb célja, hogy a környezetmérnök alapképzésben részt vevő hallgatók megismerjék a környezeti ipar sokszínű tevékenységét, az egyes cégeknél folyó kutatási tevékenységet, ugyanakkor a cégeknek pedig lehetősége nyílik a bemutatkozásra.





Az esemény lehetőséget ad továbbá arra, hogy a környezetipar és az oktatás szorosabb együttműködése valósulhasson meg. A rendezvény célközönsége a 2. és 3. évfolyamos nappali tagozatos környezetmérnök hallgatók, ezzel is segítve a szakmai gyakorlatra való elhelyezkedésüket, a tudományos diákköri munkák és szakdolgozatok témaválasztását, de levelezős 1. éves hallgatók és a Petrik Lajos Két Tanítási Nyelvű Technikum tanárai és környezetvédelmi technikus diákjai is részt vettek a programon. Sokan követték az eseményt a virtuális térben is.

A szakmai nap levezető elnöke Dr. Papp Mária címzetes egyetemi docens, a MASZESZ Hírcsatorna főszerkesztője volt.

A program délelőtti részében az együttműködő partnerek mutatták be egyesületi tevékenységüket, majd a 15-20 perces előadások betekintést nyújtottak az ipari tevékenységhez kapcsolódó környezetvédelmi feladatokba, a felszín alatti víz- és talajszennyeződések kármentesítési eljárásaiba, a környezetvédelemben nélkülözhetetlen ökotoxikológiai és mikrobiológiai vizsgálatokba, a szennyvíztisztítás fejlesztési lehetőségeibe. Megvilágításba került, hogy a cementgyártás a hulladékégetéssel

fenntarthatóbbá tehető. Érdekes egyedi eljárások pl. a fertőtlenítő szerek hatékonyságának vizsgálata, illetve a felszíni vizek mikroműanyag szennyezettségének vizsgálatához használt külföldi és hazai eljárások módszertana; egységes, összevethető eredményt adó mintavétel és analitikai vizsgálat kidolgozásának folyamata, is bemutatásra kerültek. Érdekes volt megismerni a Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. óriási infrastruktúráját, a hihetetlen méretű csatornahálózatot, az alkalmazott szennyvíztisztítási technológiákat, valamint a biogáz előállítás jelentőségét, jövőbeni szerepét. A szakmai szervezetek előadását követő szünetben az érdeklődők megismerkedhettek a Zöldállás portál nyújtotta lehetőségekkel és egyúttal a regisztrációra is lehetőség volt.

A program hagyományos része a Karon korábban környezetmérnöki képzésen diplomát szerzett és azóta a környezetiparban dolgozó hallgatókkal való beszélgetés. Az általuk képviselt cégek és kutatási tevékenységük bemutatása mellett megosztották tapasztalataikat is a diploma megszerzéséig vezető kihívásokon át az azt követő munkalehetőség keresésén és állásinterjúk buktatóin keresztül vezető útról. Kerakasztal beszélgetés során hasznos gyakorlati

tanácsokkal látták el a hallgatókat. Pozitív életérzésük, elégedettségük a jelenlévőkre is üdítően, motiválóan hatott és betekintést adott a képzés nyújtotta lehetőségek sokszínűségébe.

A szakmai együttműködés megvalósításáért köszönet illeti a résztvevő cégek képviselőit – Bocskay Balázs (Duna-Dráva Cement Kft.)- Kaszás István (Elgoscár-2000 Kft)- Dr. Lippai Anett (Biokör Kft.) - Dr. Bordós Gábor (WESSLING Hungary Kft)- Iga Benedek (Encotech Kft.), Havas Kitti és Tóth Dániel (Fővárosi Csatornázási Művek Zrt.) valamint a volt hallgatókat: Bocsi Ildikó (TPV Diagnosztikai és Kutató Kft.)- Sági Bálint (Unitef'83 Zrt.) Tóth Fanni (Magyar Közút Nonprofit Zrt.) Rab Gáborné,

Emese (CEEweb for Biodiversity) Vincze Máté (Logipack Packaging Kft.), továbbá a szervezésben együttműködő partnereket – Dr. Ágoston Csaba (KSZGYSZ elnöke), Rózsa Bálint (MaSzeSz főtktára), Dr. Buzás Ilona (Magyar Kémikusok Egyesülete Környezet-analitikai és Technológiai Társasága titkára) és Dr. Demény Krisztina (Integrált Tudományok Szakkollégiuma igazgatója).

*Bodáné Dr. Kendrovics Rita  
és Soósné Berecz Márta*

*ÓÉ RKK KMI, Környezetmérnöki  
Szakmai Nap főszervezői*

## A MAGYAR HIDROLÓGIAI TÁRSASÁG XXXIX. ORSZÁGOS VÁNDORGYŰLÉSE (NYÍREGYHÁZA, 2022. JÚLIUS 6-8.)



Területi Szervezet közreműködésével, 2022. július 6-8-án.

A Vándorgyűlésen 6 témakörben rendezünk szekcióüléseket, melyek az alábbiak: Vízkárelhárítás, Területi vízgazdálkodás, Települési vízgazdálkodás, Infrastruktúra-fejlesztés, Hidrológia – hidrogeológia – hidraulika - numerikus modellezés - Vízügytörténet.

Az egyes szekciókba írásban benyújtott valamenynyel dolgozatot megjelentetjük a Vándorgyűlés (ISBN számmal rendelkező) digitális kiadványában és előzetesen – a Vándorgyűlés előtt 3 héttel – közzéteszük, utólag pedig CD-n is kiadjuk.

A Magyar Mérnöki Kamara 2022-ben is elismeri a Vándorgyűlést szakmai továbbképzésként.

A Vándorgyűlésen való részvételre – azoknak is, akik dolgozatukat már bejelentették – a [www.hidrologia.hu](http://www.hidrologia.hu) honlapon online, vagy az alábbi linken elérhető jelentkezési lap kitöltésével és beküldésével lehet jelentkezni **2022. június 10-ig:** [http://www.hidrologia.hu/mht/index.php?option=com\\_jellap3&Itemid=148](http://www.hidrologia.hu/mht/index.php?option=com_jellap3&Itemid=148)

Két év szünet után 2022-ben ismét tudunk jelenléti vándorgyűlést tartani Nyíregyházán, a Nyíregyházi Egyetem, a Szabolcs-Szatmár-Bereg megyei

Területi Szervezet közreműködésével, 2022. július 6-8-án.

A rendezvény idejére szakmai kiállítást és helyi programot, a harmadik napon pedig tanulmányi kirándulást szervezünk. Ezek részletes programja a jelentkezési lapon olvasható.

Szakmai kiállítónak a [www.hidrologia.hu](http://www.hidrologia.hu) honlapon online, vagy az alábbi linken elérhető kiállítói jelentkezési lap kitöltésével és beküldésével lehet jelentkezni szintén 2022. június 10-ig:

[http://www.hidrologia.hu/mht/index.php?option=com\\_jellap2&Itemid=147](http://www.hidrologia.hu/mht/index.php?option=com_jellap2&Itemid=147)

### A Vándorgyűlés programtervezete:

- |           |  |
|-----------|--|
| július 5. | 16 <sup>00</sup> – 20 <sup>00</sup> regisztráció (Korona Hotel)          |
| július 6. | 8 <sup>00</sup> – 10 <sup>00</sup> regisztráció                          |
|           | 10 <sup>00</sup> – 12 <sup>30</sup> nyitó plenáris ülés                  |
|           | 12 <sup>30</sup> – 14 <sup>00</sup> ebéd (Kodály Zoltán Rendezvényterem) |
|           | 14 <sup>00</sup> – 18 <sup>00</sup> szekcióülések                        |
|           | 19 <sup>00</sup> – baráti találkozó (Kodály Zoltán Rendezvényterem)      |
| július 7. | 9 <sup>00</sup> – 13 <sup>00</sup> szekcióülések                         |
|           | 13 <sup>00</sup> – 13 <sup>30</sup> záró plenáris ülés                   |
|           | 13 <sup>30</sup> – 15 <sup>00</sup> ebéd (Kodály Zoltán Rendezvényterem) |
|           | 17 <sup>00</sup> – 19 <sup>00</sup> Nyíregyháza – városnézés             |
| július 8. | 8 <sup>30</sup> – 15 <sup>30</sup> tanulmányi kirándulás                 |

*Előkészítő bizottság*

## KA KORRESPONDENZ ABWASSER, ABFALL – LAPSZEMLE

### CSELEKVÉSI JAVASLATOK A VÍZ ÚJRAHASZNOSÍTÁSÁRA

### AZ ELŐKÉSZÍTETT SZENNYVÍZ ÚJRAHASZNOSÍTÁSÁRA VONATKOZÓ PROJEKTEK MEGVALÓSÍTÁSA

(KA Korrespondenz Abwasser, Abfall · 2021 (68) Nr. 7, „Kommunális szennyvíztisztítás” rovat, 555. oldal)

Jens Haberkamp (Münster), Stefan Gramel (Frankfurt am Main) és Tim Fuhrmann (Essen)

### Összefoglalás

2023-tól az Európai Unióban – és így Németországban is – az előkészített szennyvíz újrahasznosítására új minimális követelmények vonatkoznak. Nemzetközi szinten régóta fontos téma a víz újrahasznosítása. A népesség világszerte tapasztalható növekedése, illetve az ezzel kapcsolatos emelkedő vízigény, valamint a globális éghajlatváltozás következményei egyre inkább csökkentik az édesvíz-készletek rendelkezésre állását. Az előkészített szennyvíz értékes pótlást jelenthet a természetes vízkészletek helyett. Az aktuális „Non-Potable Water Reuse – Development, Technologies and International Framework Conditions for Agricultural, Urban and Industrial Uses” („Nem ivóvíz-minőségű víz újrahasznosítása – Fejlesztés, technológiák és

nemzetközi keretfeltételek mezőgazdasági, városi és ipari hasznosításokhoz”) DWA-témakötet a víz újrahasznosításának széles spektrumát taglalja olyan hasznosítások szempontjából, melyeknél nincs szükség ivóvíz-minőségre. Ez a cikk áttekintést nyújt a témakötetben ismertetett, a víz újrahasznosítására vonatkozó eljárásmoddall és az azzal kapcsolatos kihívásokkal kapcsolatban.

Kulcsszavak: szennyvíztisztítás, kommunális, a víz újrahasznosítása, szennyvíz, előkészítés, mezőgazdaság, öntözés, ipar, EU-rendelet, megvalósíthatóság, kockázat.

### MESTERSÉGES INTELLIGENCIA A VÍZGAZDÁLKODÁSBAN

(KA Korrespondenz Abwasser, Abfall · 2021 (68) · Nr. 2, „Digitalizálás a vízgazdálkodásban” rovat, 94. oldal)

Benjamin Burrichter, Markus Quirnbach, Mark Oelmann (Mülheim an der Ruhr) és André Niemann (Essen)

### Összefoglalás

Jelenleg alig van olyan téma, amely minden ipari szakterületre kiterjedően ennyire aktuális volna, mint a mesterséges intelligencia (MI), és amihez



a digitális átalakulással kapcsolatban ilyen magas elvárások kötődnek. Ennek ellenére azonban gyakran hiányzik az „MI” fogalom, valamint annak aktuális áttörése mögött rejtőző technológiával és működésmóddal kapcsolatos háttértudás. Ez gyakran eredményez túl magas elvárásokat, vagy nem teljesen kiaknázott lehetőségeket. Jelen cikk – a fogalom meghatározásból és a működés leírásából kiindulva – megmutatja, hogyan illeszkedik a mesterséges intelligencia a digitalizálás szövegkörnyezetébe, illetve segítségével milyen lehetőségek adódnak a vízgazdálkodás számára.

Kulcsszavak: digitalizálás, vízgazdálkodás, mesterséges intelligencia, hardver, szoftver, algoritmus

### ANTIBIOTIKUM-REZISZTENS BAKTÉRIUMOK ÉS GÉNEK ÁTFOGÓ MONITOROZÁSA A SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEPEKEN TÖRTÉNŐ CSÖKKENÉS ÉRTÉKELÉSÉHEZ

(KA Korrespondenz Abwasser, Abfall · 2021 (68) · Nr. 1, „Kommunális szennyvíztisztítás” rovat, 40. oldal)

Shelesh Agrawal, Laura Orschler és Susanne Lackner (Darmstadt)

#### Összefoglalás

Az emberi és állatgyógyászatban megnövekedett antibiotikum-használat miatt az elmúlt években jelentősen megnövekedett az antibiotikum-rezisztens baktériumok (ARB) és gének (ARG) elterjedésének veszélye a tisztított szennyvíz természetes vízkörforgásba való bevezetése révén. Ezért ez a témakör a szennyvíztisztító telepek számára is egyre fontosabbá válik, a szennyvízben található rezisztens gének spektrumáról azonban mostanáig keveset tudunk. Egyes esetekben visszatarthatók az antibiotikum-rezisztens

baktériumok a szennyvíztisztító telepen, ez a visszatarthóság azonban a többi között a mindenkori rezisztenciaosztálytól is függ. Ezen kívül az is kiderül, hogy a speciális fejlesztésű fertőtlenítési technológiák az antibiotikum-rezisztens baktériumok vagy az antibiotikum-rezisztens gének visszatartásában vagy inaktiválásában korlátozottak, mivel az ARG spektrumával kapcsolatban nem létezik általános érvényű megoldás. Ezt számtalan, a legkülönbözőbb eljárásokkal foglalkozó tanulmány kimutatta. Ez a cikk a magas átérésztőképesség szerinti szekvenálást új, innovatív, a szennyvízben található rezisztom meghatározására szolgáló eljárásaként mutatja be, és két kommunális szennyvíztisztító telep adatai példáján bemutatja, hogy ezeken a szennyvíztisztító telepeken mely rezisztens gének fordultak elő leggyakrabban, és azok száma milyen mértékben volt csökkenthető.

Kulcsszavak: szennyvíztisztítás, kommunális, antibiotikum-rezisztencia, baktériumok, gének, észlelés, mennyiségi meghatározás, magas átérésztőképesség szerinti szekvenálás

### KOMMUNÁLIS SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEPEKRŐL SZÁRMAZÓ KÁROSANYAGOK

#### KOORDINÁLT, HARMONIZÁLT, NÉMETORSZÁG-SZERTE VÉGZETT MONITORING EREDMÉNYEI

(KA Korrespondenz Abwasser, Abfall · 2021 (68) · Nr. 5, „Kommunális szennyvíztisztítás” rovat, 357. oldal)

Stephan Fuchs, Snezhina Toshovski, Frank Sacher, Astrid Thoma (Karlsruhe), Benedikt Lambert (Sinsheim), Antje Ullrich, Christiane Meier és Korinna Pohl (Dessau)

#### Összefoglalás

A kommunális szennyvíztisztító rendszeren keresztül rengeteg anyag kerül a vizekbe. A tartományi szövetségek és a Szövetségi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Nukleáris Biztonsági Minisztérium által finanszírozott és koordinált vizsgálati programban 49 szennyvíztisztító telepet és bizonyos kiválasztott csapadékvíz-kezelő berendezéseket vizsgáltunk meg elsőbbségi anyagok és biocid hatóanyagok szempontjából. A vizsgálat célja érvényes adatbázis létrehozása volt, a városi szennyvízfolyamok – mint a károsanyagok vizekbe való bekerülésének útvonala – jelentőségének megítélésére. Az összesen 77 féle anyag különböző gyakorisággal fordult elő a szennyvíztisztító telepeken és a csapadékvíz-kezelő berendezések elfolyásában. 30 anyag vonatkozásában átlagos elfolyási koncentrációkat határoztunk meg, illetve a kommunális szennyvíztisztító telepekről származó anyagbevitel mennyiségi meghatározásához Németország-szerre alkalmazható kibocsátási tényezőket vezettünk le.

Kulcsszavak: szennyvíztisztítás, kommunális, nyomanyag, antropogén, biocid, szennyvíztisztító telep, csapadékvíz-kezelés, elfolyási koncentrációk, anyagbevitel, mennyiségi meghatározás

### NYOMANYAG-KIBOCSÁTÁSOK AUSZTRIA-SZERTE VÉGZETT MODELLEZÉSE A VÍZFOLYÁSOK VÍZGYŰJTŐ TERÜLETÉNEK SZINTJÉN

(KA Korrespondenz Abwasser, Abfall · 2021 (68) · Nr. 3, „Kommunális szennyvíztisztítás” rovat, 184. oldal)

Steffen Kittlaus, Manfred Clara, Oliver Gabriel, Gerald Hochedlinger (Bécs/Ausztria), Monika Humer (Bregenz/Ausztria), Franko Humer,

Sandra Kulcsar (Bécs/Ausztria), Christoph Scheffknecht (Bregenz/Ausztria), Helene Trautvetter, Ottavia Zoboli, Jörg Krampe és Matthias Zessner (Bécs/Ausztria)

#### Összefoglalás

Kb. 100 km<sup>2</sup> méretű rész-vízgyűjtő területek alapján a MoRE modell segítségével Ausztria-szerre kivitelezett kibocsátási modellezést végeztünk kiválasztott, felszíni vizekben található nyomanyagok vonatkozásában. A munka célja a nyomanyagok terület szerinti célzott monitorozásának, valamint az anyagbevitel csökkentésére vonatkozó intézkedések régiókon átívelő tervezésének támogatása. Első lépésként – a modell anyagra jellemző bemeneti adatainak kiegészítése céljából – különböző környezeti szegmensekben és a felszíni vizekben célzott monitorozást végeztünk; így a kibocsátási modellezés segítségével egy sor paraméter vonatkozásában elérhetővé vált a megfigyelt vízterhelések elfogadható leképezése. A modellezés alapján egy következő lépés formájában kivitelezett kockázatelemzés azt mutatja, hogy mely anyagok vonatkozásában melyik vízgyűjtő területeken áll fenn a minőségben elérni kívánt célnak való meg nem felelés kockázata, látható azonban az is, hogy a mindenkori vízszennyezés vonatkozásában melyik bekerülési útvonalak bírnak különleges jelentőséggel. Így például a perfluoroktán-szulfonsavval (PFOS), a benzo(a)pirénnel és a fluoranténnel kapcsolatban kimutatható volt, hogy a vízfázis tekintetében Ausztria nagy részén fennáll a célérték nem teljesítésének kockázata; továbbá, különösen veszélyeztetett területeket is ki lehetett jelölni.

Kulcsszavak: szennyvíztisztítás, kommunális, nyomanyag, kibocsátás, modellezés, vízfolyás vízgyűjtő területe, Ausztria, környezetminőségi szabvány, anyagbevitel, diffúzió, kockázatelemzés, vízminőség



## FENNTARTHATÓ VÍZI INFRASTRUKTÚRA – AZ ELKÉPZELÉSTŐL A VALÓSÁGIG

(KW Korrespondenz Wasserwirtschaft · 2021  
(14) · Nr. 8, „Gazdaság” rovat, 650. oldal)

Fabian Knepper, Sonja Cypra és Elke Petersson  
(Karlsruhe)

### Összefoglalás

A „fenntartható építés” gondolatát és annak a vízi infrastruktúrában való megvalósítását megvitatandó, 2019 márciusában a Karlsruhei Műszaki és Gazdasági Főiskolán – a kutatásban, állami intézményekben és az ipari gyakorlatban tevékenykedő résztvevőkkel – megrendezésre került a „Fenntartható építés – a vízi infrastruktúrában (nem) téma?”

című workshop. A „nyílt tér módszere” alapján a workshopon hat tematikus klasztert fejlesztettünk, melyek közül a „fenntartható építés” vízi infrastruktúrára területén való továbbfejlesztésének két központi jelentőségű pontja levezethető. A hatékonyabb tervezéssel összefüggő tartalmi rendszerszemlélet mellett ez a teljes életciklus megerősített megfigyelése. Ez a két pont összevonható több szempontú fenntarthatósági értékelési eszközökben, melyeket a jövőben a fenntartható vízi infrastruktúrákkal kapcsolatos döntéshozatalban egyre gyakrabban alkalmazni kell.

Kulcsszavak: gazdaság, vízgazdálkodás, települési vízgazdálkodás, vízépítés, infrastruktúra, fenntarthatóság, fenntartható tervezés, fenntartható építkezés, életciklus, döntéstámogatás

Az Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könyűipari és Környezetmérnöki Kar

## „Települési szennyvízgazdálkodási szakmérnök” szakirányú továbbképzési szakot

indít

**2022. szeptemberi kezdéssel.**

A képzés besorolása: ISCED 5B

A képzés időtartama: 3 félév, levelező tagozaton, a konzultációkra blended (kontakt és online) formában a félév során max. 3 alkalommal, péntek-szombati napokon kerül sor.

A képzés részvételi díja: 250.000.-Ft/félév.

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

A képzési célja:

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

A szakirányú diploma feljogosít:

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

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

A szakirányú továbbképzésben megszerezhető szakképzetség neve: **Települési szennyvíz-gazdálkodási szakmérnök**

A képzés tanterve: <https://rkk.uni-obuda.hu/hu/szakiranyu-tovabbkepzesek#3>

Jelentkezési határidő: 2022. augusztus 15.

Jelentkezni lehet írásban postai vagy online úton a következő címen:

**Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könyűipari és Környezetmérnöki Kar, Környezetmérnöki Intézet**, 1034. Budapest, Doberdó u. 6., vagy faxon: **06-1-666-5909**, vagy **online** a jelentkezési lap és kért dokumentumok feltöltése: [bodane.rita@rkk.uni-obuda.hu](mailto:bodane.rita@rkk.uni-obuda.hu)

A jelentkezési lap letölthető: <https://rkk.uni-obuda.hu/hu/szakiranyu-tovabbkepzesek#3>

**További információ az alábbi címen kérhető:** [bodane.rita@rkk.uni-obuda.hu](mailto:bodane.rita@rkk.uni-obuda.hu)



