

# Hírsatorna

A MAGYAR VÍZ- ÉS SZENNYVÍZTECHNIKAI SZÖVETSÉG LAPJA  
2022/3. szám



**VAGYON-ÉRTÉK-VÁLSÁG**

# 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 hirdetéseiiben 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:** Lehócz Anita

**Szerkesztőbizottság tagjai:** Csörnyei Géza, Géczi Ágnes, Dr. Jobbágy Andrea, Dr. Karches Tamás, Dr. Kárpáti Árpád, Kiss Katalin, Dr. Licskó István, Makó Magdolna, Madarász Emese, dr. Patziger Miklós, dr. Laky Dóra, dr. Vadkerti Edit  
Megjelenik negyedévente

**Grafika és tördelés:** Zsiráf Kreatív Ügynökség

## TARTALOM

Beköszöntő	4
<b>SZAKMAI - TUDOMÁNYOS ROVAT</b>	
„Víziközmű infrastruktúra pótlási szükségletei - társadalmi szerepvállalás, szolidaritási kényszerek” - Interjú Kovács Károllyal	5
Nagyvárosi szakaszos levegőztetésű eleveniszapos szennyvíztisztító telep anoxikus bioreaktorának hatékonyság-vizsgálata - Bükkszegi Arlen, Dulovics Junior Szimpózium Különdíj	17
Budakeszi város nívódíjas új membrán bioreaktoros (MBR) szennyvíztisztító telepe - Boda János, Serény József	29
A szennyvíztisztítás kialakulása és jelenlegi fejlesztési irányai II.rész - Dr.Kárpáti Árpád Pannon Egyetem	37
Vágóhídi szennyvizek optimális tápanyag arányának megközelítése az előkezelés során - Dr. Somogyi Viola, Harasztiné Hargitai Réka, Pitás Viktória, Dr. Kárpáti Árpád, Horváth Dániel	56
<b>MASZESZ HÍREK, AKTIVITÁSOK</b>	
Co-Development megbeszélés a MASZESZ oktatási programjának fejlesztéséről	69
A tudásátadás új eszközei - 2022. első féléves webináriumok	71
2022.második féléves webináriumok	76
MaSzeSz fórum a vízi-közművek átadásának lehetőségéről	78
MaSzeSz Vízérték Országos Konferencia	79
<b>ÁGAZATI HÍREK</b>	
Magyar Hidrológiai Társaság XXXIX. Országos Vándorgyűlése	80
Tájékoztató a víziközmű-szolgáltatás állam általi átvételének lehetőségéről - Nemzeti Vízművek Zrt.	81
Lampl Hugó Emlékplakatt 2023. évi pályázati felhívás	85
<b>NEMZETKÖZI KITEKINTŐ</b>	
KA Korrespondenz Abwasser, Abfall – lapszemle - Összeállította Simonfay Piroska	87
IFAT - Sikerrel zárult a világ vezető víz-, szennyvíz-, hulladék- és nyersanyag-gazdálkodási szakkiállítása	92
<b>TÖRTÉNETI VISSZATEKINTÉS</b>	
„Leg”-ek a vízepítés világában I.rész - Prof. Dr.Juhász Endre CSc.	97
<b>KÉPZÉSI AJÁNLÓ</b>	
Vízügyi ösztöndíj - Nemzeti Közszerzők Társasága	104
MHT Ifjúsági Napok a Víz Tudományi Karon	
Víz- és Szennyvízkezelés az Iparban Konferencia - Soós Ernő Kutató-Fejlesztő Központ	105

## BEKÖSZÖNTŐ

### KEDVES OLVASÓK!



Vagyon- érték- válság – ezzel a három szóval lehet a legjobban jellemezni a mostani számunkban megjelenő cikkeket.

#### **A vízi közmű ágazat**

hatalmas vagyonnal rendelkezik, a legfontosabb élelmiszerünk előállítója és mégis az elmúlt évtizedek során nagyon **érdemtelen helyzetbe került**. Ennek tézisszerű összefoglalásáról olvashatunk a Szakmai tudományos rovat bevezető cikkében.

A tavasszal megrendezett **Dulovics–Szimpozium Külön-díjas** dolgozatát közöljük a továbbiakban, melyben a szerző a régebben épült szennyvíztisztító telepeken szükségessé vált **rekonstrukciók innovatív megoldásairól** ír.

Budakeszin egy új membrán bioreaktoros szennyvíztelep épült, a tervezők az MHT ez évi vándorgyűlésén Nívó díjban részesültek. A telep világviszonylatban is korszerű, MBR-es technológiával működik, ezt mutatják be a díjnyertes szerzők a cikkükben.

Az előző számban **„A szennyvíztisztítás kialakulása és jelenlegi fejlesztési irányai”** címmel elkezdett tanulmány II. részével jelentkezünk. A szakma szerint a **vágóhídi szennyvizek tisztítása**, elemzése az egyik legbonyolultabb

feladatok közé tartozik. A szennyvíznek sok összetevője van, tisztítása nagy körültekintést igényel, bonyolult feladat elé állítja a szakembereket. Erről olvashatunk a rovat utolsó írásában.

A negyedik negyedévben igen gazdag **a MaSzeSz rendezvénytárára**, melyben kiemelt helyet kapnak a **webináriumok**. A MaSzeSz hírek, aktivitások rovatban részletesen tájékozódhatnak a Szövetség rendezvényeiről.

**Reméljük, hogy a szakma érdeklődéssel fogadja ezeket a találkozókat!**

Az **Ágazati hírek** rovatunkban sok érdekes, információ található azzal kapcsolatban hogyan tovább, milyen változások várhatóak az ágazat működésében.

**Izgalmas időszak előtt áll az ágazat!**

Nemzetközi kitekintés rovat témái: kiberbiztonság a települési vízgazdálkodásban, hidrogén és a szennyvíz találkozása.

Befejezésként **a vízi építmények „legjeiről”** olvashatunk.

*Kellemes és hasznos időtöltést!*

**Dr. Papp Mária**  
főszerkesztő

# „VÍZIKÖZMŰ INFRASTRUKTÚRA PÓTLÁSI SZÜKSÉGLETEI - TÁRSADALMI SZEREPVÁLLALÁS, SZOLIDARITÁSI KÉNYSZEREK” - INTERJÚ KOVÁCS KÁROLYAL

**KOVÁCS KÁROLY, A MASZESZ ELNÖKE MEGVÉDTE PHD ÉRTEKEZÉSÉT (SUMMA CUM LAUDE) A BUDAPESTI CORVINUS EGYETEM GAZDÁLKODÁSTANI DOKTORI ISKOLA BÍRÁLÓ BIZOTTSÁGA ELŐTT „VÍZIKÖZMŰ INFRASTRUKTÚRA PÓTLÁSI SZÜKSÉGLETEI TÁRSADALMI SZEREPVÁLLALÁS - SZOLIDARITÁSI KÉNYSZEREK” CÍMMEL**

**TOMPOS ÁGNES: GRATULÁLUNK A GAZDÁLKODÁSTANI DOKTORI CÍM MEGSZERZÉSÉHEZ!**

*Induljunk a kezdetektől: kisgyermek korodtól életedet, tanulmányaidat, munkádat, hivatásodat a víz határozza meg. Több hazai és nemzetközi szakmai szervezetben, tanácsadó testületben töltesz be meghatározó szerepet, a MaSzeSz és HWP alapítójaként, a PURECO és BDL nemzetközi cégcsoport fő tulajdonosaként, a Víz Értékének hazai és nemzetközi nagykövete vagy. Milyen indíttatásból jutottál arra az elhatározásra, hogy számos hazai és nemzetközi kitüntetéssel díjazott „vizes” életművedet egy Gazdálkodástani doktori dolgozattal tedd egészebbé?*

**Kovács Károly:** Szakmai pályafutásomat a Bajai Vízügyi Szakközépiskola, majd a Leningrádi Építőmérnöki Egyetem vízellátás, csatornázás szakának elvégzése után a Fővárosi Csatornázási Műveknél kezdtem. Itt a kiváló szakmai műhely mellett az egyetemi évek alatt külföldi diáktársaimtól szerzett orosz, német, francia és angol nyelvtudásomnak köszönhetően a nemzetközi szakmai vérkeringésbe is bekerültem.

A rendszerváltás után az osztrák Purator magyarországi cégének az ügyvezetőjeként megismertem az osztrák és német víz-, szennyvíztechnika, technológia, csapadékvíz kezelés, gazdálkodás megoldásait. A műszaki, technológiai szabványok, megoldások mellett azok szemléletét. **Máig élő emlékem a Német Műszaki Szabványok (DIN) visszatérő zárómondata, mely a „jelen tudásunk szerint gazdaságos” megvalósíthatóságra utal.** Munkám során a vállalkozói, a kutató-fejlesztő tevékenységemet is ez a szemlélet vezérelte, és ennek mentén sikerült a nemzetközi kapcsolataimat is fejlesztenem. A Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség megalapításában, és fejlesztésében is a német Szennyvíztechnikai Szövetség (akkori nevén ATV, ma DWA) tapasztalatai és irányelvei motiváltak. Egyrészt a fejlett műszaki ismeretek, megoldások átvétele, másrészt az azok alkalmazásához elengedhetetlen gazdasági racionalitások, gyakorlatok meghonosítása. Mint tudjuk „az olcsó húsnak híg a leve”, márpedig a minőségnek ára van, legalábbis a beszerzéskor A víziközműveket

nem egy-két évre építjük. Hogy mennyi ideig szolgálnak, és mennyibe kerül az üzemeltetésük, fenntartásuk, csak előretékintő szemlélettel és hosszútávú gondolkodással vehető számításba. Ez pedig **a műszaki ismeretek mellett, gazdasági értékelési készséget igényel.** Határozott elképzelésem volt, hogy közgazdasági környezetben lévő doktori iskolában végezzem a doktori kurzust, egyrészt a még csiszolandó tudás bővítése okán, másrészt az eredmények és a feldolgozás közgazdasági hivatkozásának erősítése céljából. Beiratkoztam hát a Budapesti Corvinus Egyetem doktori iskolájába. Munkámat témavezetőként Dr. Kerekes Sándor professzor emeritus, a környezetgazdaságtan hazai megalapítója, és Dr. Zsóka Ágnes Professzor rektorhelyettes támogatták.



**TÁ: Mi volt az első mérföldkő, mely a műszaki alapok mellett a gazdálkodástani kérdésekre irányította a figyelmedet?**

**KK:** Elöljáróban hadd említsem meg, hogy az ezredforduló környékén számos jelentős csatorna-beruházás (864 db beruházás, 8.585 km csatorna) valósult meg hazai forrásokból. A 2003-as átfogó üzemeltetői felmérése szerint siralmas minőségben. Hiába álltak ki az elkötelezett szakmabeliek (Havas András,

Karászi Gáspár, Dulovics házaspár, Juhász Endre, Solti Dezső, Papp Mária és még sokan mások) a hosszú élettartamú, minőségi építőanyagok, megoldások alkalmazása mellett, **a műszaki érvek nem hatottak.**

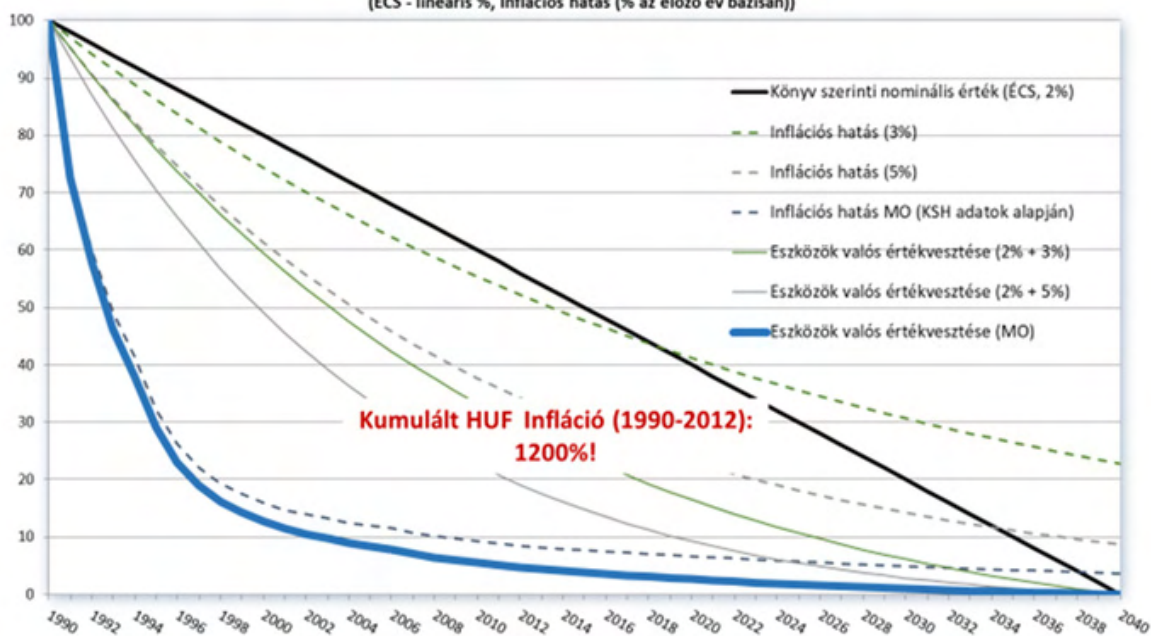
Ugyanakkor, közel egyidőben két fórumon szembesültem, mások mellett számomra is megdöbbentő adatokkal: egy nagymúltú és szakmailag köztiszteletben álló szolgáltatócég vezetői számoltak be sikeres vezeték-hálózati rekonstrukciókról, melyekről azonban a számokat összeszerelve kiderült, hogy bár 3%-os ÉCS-t számoltak el a hálózati vagyona, és azt teljes mértékben a meghatározott célra is költötték, a hálózatnak mégis csupán 0,2%-át tudták megújítani évente (predesztinált élettartam: 500 év???)...

A látszólagos ellentmondásra a választ egy közgazdász előadásából szűrtem le, aki a '90-es évtől cca 15 év alatt halmozott, 1100%-t meghaladó „kumulált infláció”-ról beszélt... Ebből egyszerű volt a levezetés: minden vagyonelem, melyet 1990 előtt építettünk az értékcsökkenéstől függetlenül az aktiváláskori értékének minimum 90%-át elveszítette. Az inflálódott „bruttó” értékre elszámolt ÉCS jelenkori vásárlóereje annak tizedét sem teszi ki!!! Ez a szakmát persze nem vigasztalja, de legalább a kollégák becsülete sértetlen. , A 3%-os számviteli értékcsökkenésből (pótlási fedezet) így lett a valószínűségben a 0,2 % pótlás.

2006-ban az EU-s forrásokból tervezett beruházásokat előkészítő Költség Haszon Elemzési (CBA) irányelvekben jelent meg először az élettartam kérdése, mely **közgazdasági érvekkel** (alacsonyabb ÉCS, alacsonyabb díjak, magasabb támogatási arány) **számszerűsíthetően**

## ESZKÖZÖK VALÓS ÉRTÉKVESZTÉSE és az ÉVES ÉCS PÓTLÁSI EREJÉNEK CSÖKKENÉSE

(ÉCS - lineáris %, Inflációs hatás (% az előző év bázisán))



részesítette (volna) előnyben a hosszú élettartamot. Azért csak „volna”, mert az ÉCS-t, mint a támogatási arányt csökkentő díjemet szinte valamennyi CBA elemzésből kihagyták, de legalábbis marginalizálták. Mint azóta tudjuk a víz-csatorna díjak (a CBA bevételi, értsd „haszon” oldala) politikai kérdés (és nem csak nálunk...). Mivel a költség-haszon elemzés, mint a racionális érvelés közgazdasági eszköze egyéb tényezők áldozata lett, fordultam a több évtizede alkalmazott német Költséghatékonyság alapú Változatelemzési Irányelvhez (KVR). Kezdeményezésemre és irányításommal, az Európai Vízügyi Szövetség (EWA) és a DWA jelentős szakmai és pénzügyi támogatásával így született meg egy széleskörű nemzetközi projekt keretében a Dinamikus Költséghatékonyság Elemzési (DCC) Módszertani Útmutató. A MASZESZ által 2011-ben kiadott Útmutató, a víziközmű infrastruktúra szinte minden elemére kiterjedően a várható élettartamokat és fajlagos bekerülési

költségeket is tartalmazta. A várható élettartamokat és fajlagos költségeket az EU-s projektek előkészítését koordináló hatóság (NFÜ-KvVMFI) kezdeményezésére egy általam irányított tekintélyes szakmai munkacsoport előkészítésében, széleskörű szakmai és érintetti (MMK, MTA, MAVIZ, MASZESZ, BME, MCsSz) konzultáció eredményeként határoztuk meg.

**TÁ:** Milyen szerepet játszottak a későbbiekben az említett munkák, projektek során szerzett ismeretek, tapasztalatok, miképpen épültek be ezek a doktori témádba?

**KK:** A DCC-s projekt keretében az Útmutató mellé angol, illetve a résztvevő országok nyelvére lefordított tréneri és képzési programot is biztosítottunk. Akkoriban az Irányító Hatóság által is fűtött, fejlesztő légkörben számos felső-, középvezetői és szakértői továbbképzést tartottunk főképpen mérnökök számára, hogy



V.3. Vizelosztás



3.1. Ivóvízhálózat

3.1. Ivóvízhálózat		Névleges átmérő <sup>(3)</sup>	mm	80	100	125	150	200	250	300	350	400					
Alap egységár <sup>(1)</sup> Ft/m	Csőanyag megnevezése	Várható élettartam (év)	Leírás kulcs (%)	Vonatkozó szabv.	Egységár (Ft/m)												
					GÖV (min. Fn 32 kWh/m)	80	1,3%	MSZ EN 645	23 000	24 500	26 500	31 000	35 000	45 500	47 900	58 000	62 500
					PE SDR 11 (16 bar)	50	2,0%	MSZ EN 12291	19 000	23 900	26 500	30 500	44 500	63 000	72 900	107 500	124 000
					PE SDR 17 (10 bar)	50	2,0%	MSZ EN 12291	18 000	19 500	22 000	26 500	33 000	45 500	56 900	69 000	83 000
Többlet költségek <sup>(2)</sup>	Nyílvétartás				3 200	3 200	3 200	3 200	3 200	3 200	3 200	3 200	3 200				
	Vákuumkutas víztelítés (egy soros)				7 800	7 800	7 800	7 800	7 800	7 800	7 800	7 800	7 800				
	Félpályás úthelyreállítás 3,0 m szélességben (marás, szőnyegezés, 5 cm víg Ac11)				8 800	8 800	8 800	8 800	8 800	8 800	8 800	8 800	8 800				
	1,5-2,5 méter mélységig fektetés korrekciós tényezője				1 700	1 800	2 100	2 300	2 700	3 400	3 500	4 300	4 600				
	IV.-VI. tájminőségi osztály esetén költségnövelő tényező				1 700	1 800	2 100	2 300	2 700	3 400	3 500	4 300	4 600				

<sup>(1)</sup> Az ár tartalmazza a csőanyag árát, burkolat bontást, földkiemelést, földösszatöltést, tömörítést, kiszorító föld elszállítását, lerakóhelyi díjat, dűcsölést, csatorna bekötéseket, hátközi szerelvényeket (tűzcsap 200 m-ent, költözéskor, csapadékvízben 250 m-ent) költségeit, vizirőlési próbát, valamint a lerakóhelyítés, és nyomvonal sávos helyreállítás költségeit

<sup>(2)</sup> Csőanyag és építési költségek függvényében feltüntetett többletköltségek

<sup>(3)</sup> Belső Ø GÖV csőanyag esetén a belső Ø, PE csőanyag esetén a GÖV csőhöz eső legkisebbi Ø

**A fajlagos költségkalkuláció általános kiindulási alapjai:**

- o nettó (ÁFA mentes) mérték árak
- o az árak 2009-ben benyújtásra kerülő pályázatokra vonatkozóak
- o az árak 90% valószínűséggel fedezik a megvalósítandó műszaki tartalom költségeit
- o a KEOP keretében támogatott okok között megjelenő, ugyanakkor a jelen fajlagos költségmutatók között nem szereplő műszaki tartalmak egyedi ártápellátása az áraknak
- o a megvalósításra kerülő fajlagos költségektől eltérő pályázati mértékeket a kiindulási alaplaként felvett építési, műszaki körülményektől való eltéréssel indokolni kell

ha **mások nem értik a műszaki nyelvet, legalább mi tudjuk forintosítani a saját érveinket!** Akkreditált egyetemi nappali és szakmérnöki kurzusokra adaptált képzési programokat indítottunk, és kaptam felkérést számos egyetem és főiskola 1-1 féléves képzési programjára. Mindezt komoly külföldi érdeklődés övezte és több mint 10, részben újonnan csatlakozott, valamint csatlakozás előtt álló országban tartottam DCC tréningeket, képzéseket. 2016-ban az életciklus költség (LCC) alapú közbeszerzési eljárásokat lehetővé tevő LCC alkalmazási és számítási módszertani útmutatót is elkészítettük, kiadtuk, hirdettük..., az ennek szellemében lefolytatott közbeszerzések számát tekintve azt kell mondanom: sajnos nem sok sikerrel.

**Az infláció értékromboló hatásának kivédését és az annak nyomán kialakuló eszköz-fenntartási válság megoldását az eszközök, mint vagyontárgyak értékmegújító/aktualizáló vagyoneértékelésében láttam.** Ugyanis a pótlási értékekből kiinduló értékcsökkenés tudja megteremteni, egyrészt a fejlesztési és

fenntartási költségek generációk közötti, lehetőség szerint egyenletes és méltányos elosztását (vertikális szolidaritás). Ennek köszönhetően alakulhat ki a felelős és fenntartható fogyasztói magatartás, az eszközökön nyújtott szolgáltatás valós értékének megismerése, és erre alapozható a szolgáltatás fejlesztésével, fenntartásával kapcsolatos döntési változások szakszerű értékelése. A vonatkozó döntések megalapozott előkészítését követően nyílik lehetőség, a díjgazdálkodás helyenként szükséges, társadalmi szolidaritásból indokolt támogatásának (horizontális szolidaritás) mérlegelésére. A vonatkozó felsőfokú képzés keretében szerzett ismeretek alapján a jelenkori bekerülési költségekre alapozott, úgynevezett „avulással korrigált pótlási érték” alapú vagyoneértékelés az egyetlen helyes út. Ehhez már csak azt kell(ene) tudnunk, hogy mink van? (homogén jellemzőkkel azonosítható objektumszintű vagyoneleltár), az milyen állapotban van? (mikor épült, meddig bírja) és persze, hogy mennyibe kerülne ma megépíteni, előállítani...? A vagyoneleltárakat a térképi állományok



digitális feldolgozásával, a tipizálható objektumok pótlási értékét a Fajlagos költségmutatók alkalmazásával, az avultságot az üzemeltetői tapasztalatokat, hibastatisztikákat figyelembe vevő többlépcsős iterációval lehet meghatározni/megbecsülni. Az adatok feldolgozására és a vagyongazdálkodást megalapozó vagyoneértékekre vonatkozó adategyüttes (avulással korrigált pótlási érték, ÉCS1, ÉCS2) meghatározására egy a teljes adatfelvételt, értékelést, tárolást, gondozást és statisztikai adatfeldolgozást lehetővé tevő szoftvert fejlesztettünk. Ez a Többszemponitú Integrált Közmű Adatbázis (TIKA) - melyben az elmúlt 10-12 évben a hazai települések mintegy 2/3-ának a víziközművei szerepelnek - szolgáltatja azt a reprezentatív mintát, mely az értekezésem **„Víziközmű infrastruktúra pótlási szükségletei”** rész alapját képezte.

A dolgozat **„Társadalmi szerepvállalás - szolidaritási kényszerek”** részét részben a víz- és a víziközművek mélységes alulértékelttségéről és vagyongazdálkodás anomáliáiról szerzett tapasztalataimra, részben pedig egy 5.000-es mintán mért, vízérték szemléleti és szerepvállalási kutatásra alapoztam.

**TÁ:** *Egy doktori értekezés, kutatás hipotéziseken alapszik, mi volt ezek alapvető tárgyköre, és melyek voltak ezek az előfeltevések?*

**KK:** Az MTA 2018-ban az ivóvízellátás esélyegyenlőségi szempontjait érintő kiemelt feladatokat fogalmazott meg. Ezek a kutatási feladatok a következők:

- „A teljes megtérülés elvének és az ivóvíz megfizethetőségének egyidejű megvalósítására alkalmas megoldások kidolgozása

- Az ivóvízhez való teljeskörű, hosszútávon is fenntartható hozzáférés biztosítása mindenki számára, beleértve a társadalom perifériájára szorult embereket – jogi, műszaki és pénzügyi megoldások azonosítása”

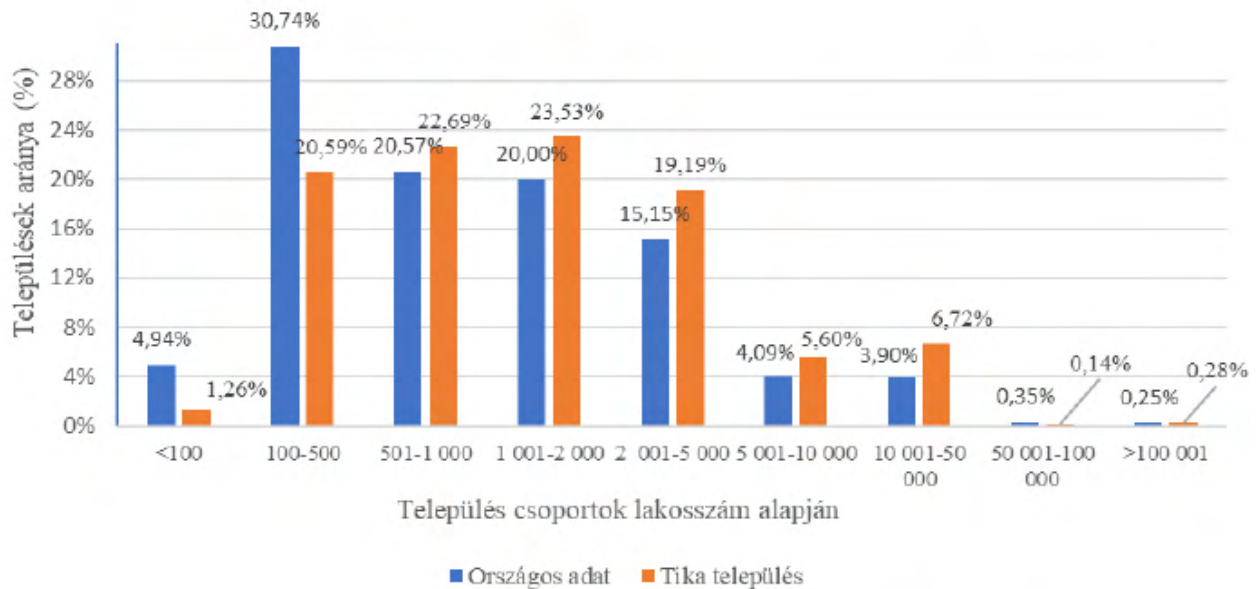
A kutatásom egyrészt a „teljes megtérülés” keretében feltételezett víziközmű pótlás fedezetigényének meghatározását, annak időbeli eloszlását célozta, különböző méretű, adottságú településeken. Másrészt a fogyasztók, a társadalom szerepvállalási (fizetési) hajlandóságát vizsgálta a legértékesebb, mégis legkevésbé megfizetett erőforrás és infrastruktúra fenntartásában. A „társadalmi szerepvállalást” és az abban megnyilvánuló „szolidaritási” készséget egyrészt időben (vertikális) a jövő generációi, és térben (horizontális) a különböző méretű és adottságú településeken élők irányában vizsgáltam.

Az előfeltevéseimet részben a mindennapi munkám során, a korábbi hazai és nemzetközi kutatásaimból, valamint a szakmai fórumokon és a szakirodalomból szerzett ismereteimre alapoztam, és arra törekedtem, hogy a kutatásom során számszerűsíthető válaszokat, igazolásokat cáfolatokat tudjak mögéjük rendelni.

**Az alábbi hipotéziseket fogalmaztam meg:**

1. A víziközmű szolgáltatás alapját képező infrastruktúra pótlási költségeinek egy lakosra vetített értéke, különböző méretű településeken szignifikánsan különbözik, a szélső értékek nagyságrendi eltérést mutatnak. **A kisebb településeken az egy lakosra jutó pótlási költségek többszöröse a nagyobb településeknél számított pótlási költségeknek.**

### Települések nagyság szerinti aránya az összes településen belül



- A víziközmű infrastruktúra fenntartásának, pótlásának átlagos (időben egyenletesen eloszló) **költségigénye jelentősen meghaladja a jelenlegi szolgáltatási környezetben (díjstruktúra) biztosított kereteket.** Ezt a képet súlyosbítja, hogy a víziközmű infrastruktúra korösszetételéből, és műszaki állapotából adódóan **a pótlási szükségletek időbeni eloszlása jelentős eltéréseket,** az ivóvíz ellátó rendszerek esetében a közeljövőben (következő 15 év) **kiugróan magas értéket mutat.**
- A pótlási szükségletek időbeni eloszlása ágazatonként és település csoportonként eltérő, mégpedig oly módon, hogy azok a **kisebb településeken időben koncentráltabban, nagyobb kiugró értékekkel jelentkeznek,** és az ágazatok közötti vagyongazdálkodás összevonásával, valamint **a települési vagyongazdálkodás regionális kezelésével (víziközmű rendszerek regionális összevonásával) időben kiegyenlítettebbé, és ezáltal a díjakban kezelhetőbbé válnak.**
- Az infrastruktúra pótlási értékei tükröződnek a szolgáltatási díjakban, melyek így a **kisebb településeken jelentősen meghaladják a nagyobb települések szolgáltatási díjait.**
- A kis és nagy településen élő **társadalmi csoportok tisztában vannak a települési víz- és csatorna szolgáltatás költségeinek a település mérettől függő jelentős különbségeivel,** továbbá érzékelik az infrastruktúra megújításának szükségességét és az egyik oldalról igénylik, másik oldalról pedig készek annak kompenzálására, a szolidaritásra és társadalmi szerepvállalásra.

A kutatást a települések alábbi méret szerinti csoportosításával végeztem:

Megállapíthatom, hogy az 1-es hipotézisnek megfelelően **az 1 főre jutó Víziközmű Infrastruktúra Pótlási Igények települési méretcsoportonkénti átlaga** a vizsgált 50 éves ciklus alatt mind az ágazati összesítésben, mind pedig ágazatonként ivóvíz, szennyvíz bontásban, **a 100 fő alatti településeken mintegy 5-szörösen,** de még az 1.000-2.000 fős településeken is

Település csoportok (lakosság)	Víziközmű Infrastruktúra Pótlási Igények átlaga (VIPI) (Ft/fő)			VIPI/fő/év átlaga (Ft/fő/év)	1 főre jutó éves nettó díjbefizetés átlaga
	Ivóvíz	Szennyvíz	Együttesen		
<100	859 404	1 813 714	2 696 426	52 871	22 295
100-500	589 255	904 379	1 517 845	29 762	18 224
501-1 000	397 812	671 727	1 089 382	21 360	16 739
1 001-2 000	449 543	558 037	1 016 006	19 922	19 085
2 001-5 000	357 322	476 027	839 391	16 459	17 728
5 001-10 000	272 390	460 820	737 695	14 465	18 291
10 001-50 000	235 845	412 541	651 232	12 769	17 924
50 001-100 000	287 750	264 051	566 621	11 110	18 678
>100 000	213 248	368 352	501 330	9 830	16 398
<b>teljes minta</b> (714 település, 2.36 M lakos) <b>mindösszesen átlaga</b>	428 862	639 060	1 081 082	21 198	18 025

1. ábra: Víziközmű Infrastruktúra Pótlási Igények és az 1 főre jutó éves nettó díjfizetések aránya települési méretcsoportok szerint

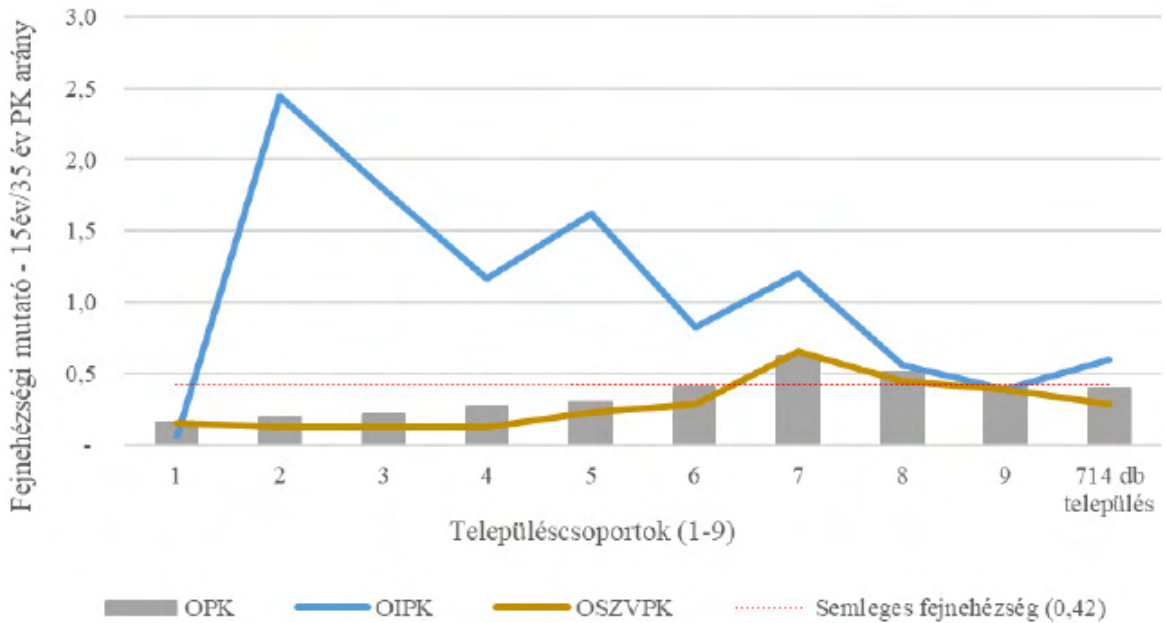
**kétszeresen haladják meg a 100.000 fő feletti lakosságú települések értékeit.** Az összes pótlási költség egy főre jutó településcsoportonkénti átlag értékeit az adott településcsoportba tartozó egyes települések 1 főre jutó értékeinek átlagaként számítottam. Fontos megjegyezni, hogy a teljes minta (1-9 csoportok mindösszesen) átlagértékeit, a teljes minta (714 db település) össz pótlási értékeinek és össz díjbefizetéseknek, ugyancsak a teljes mintában szereplő 2 361 740 össz lakossámmal osztott súlyozott átlagaként számoltam. A fogyasztói díjbefizetések meghatározását KSH, MEKH, és szolgáltatói adatok összesítésével a szolgáltatási alapdíjak figyelembevételével végeztem.

A fenti táblázatból a 2-es hipotézis első állítása is megállapítható, miszerint a víziközmű infrastruktúra fenntartásának, pótlásának átlagos (időben egyenletesen eloszló) **költségigénye jelentősen meghaladja a jelenlegi szolgáltatási környezetben (díjstruktúra) biztosított kereteket.** **A pótlási szükségletek időbeni eloszlásának jelentős eltéréseit,** és azt, hogy az ivóvíz ellátó rendszerek esetében a közeljövőben (a

következő 15 év) **kiugróan magas értékek mutatkoznak, a fejnehézségi mutatóval szemléltetem.**

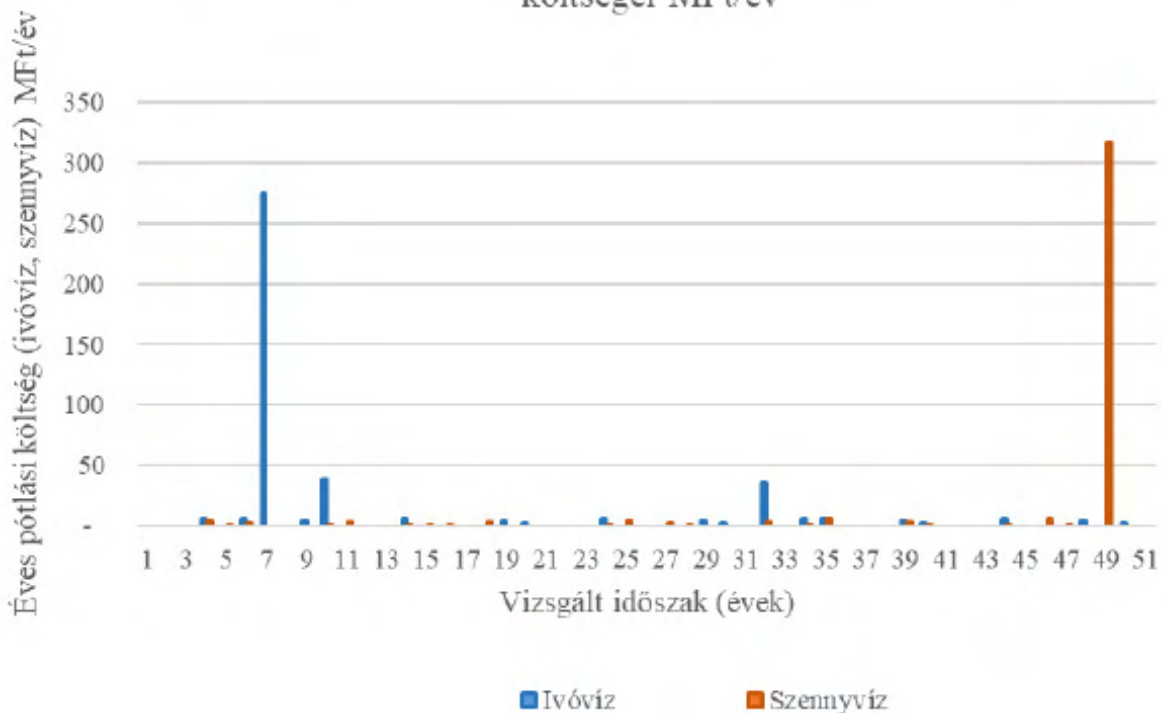
A Fejnehézségi mutató azt mutatja be, hogy a vizsgált 50 év első 15, vagy az utolsó 35 év időtartama alatt merülnek fel nagyobb összegben a pótlási költségek. A PHD dolgozat szakirodalmi hivatkozásaiban jelzett sürgető rekonstrukciós szükségletek számszerűsítésére láthatjuk, hogy a 2-7-es települési méretcsoportokban a vízellátást szolgáló infrastruktúrára a következő 15 évben többet: másfél, kétszer annyit kell költenünk, mint majd az azt követő 35 évben összesen. Ez egyben azt jelenti, hogy ebben az időszakban a korábbiakban ismertett átlagos pótlási igények 3-5 szöröse jelentkezik. Mielőtt azonban a települési méretcsoportok összesített adatainak vizsgálatával tovább lépünk, mindenképpen láttatnom kell az 5.000-es lakossámnál kisebb településekre jellemző pótlási idősort, mely minél kisebb a település annál szélsőségesebb kiugró értékeket mutat, és annál markánsabban veszi fel az alábbi képet.

Települési fejnehézségi mutatók településcsoportonkénti átlaga, összes település (714 db) mindösszesen



Települési fejnehézségi mutatók településcsoportonkénti átlaga, összes település (714 db) mindösszesen

"Minta" település ivóvíz és szennyvíz rendszer éves pótlási költségei MFt/év



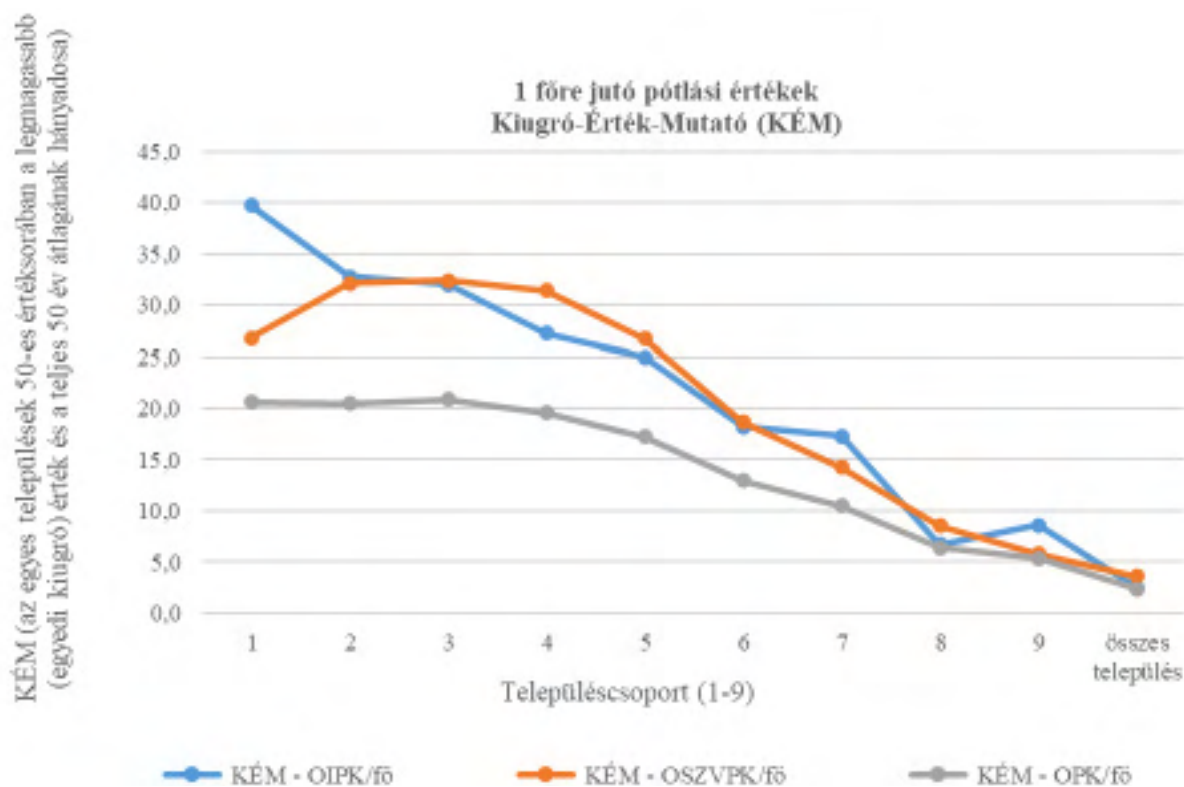
„Minta” település ivóvíz és szennyvíz rendszer éves pótlási költségei MFt/év

Az adott település fejnehézségi mutatója ivóvíz esetében 3,97, vagyis a település erőteljesen „fejnehéz”. Az első 15 évben jelentkező pótlási költségek összege mintegy négyszerese az utolsó 35 éves pótlási költségek összegének. A szennyvíz esetén a „fejnehézségi” mutató 0,03, vagyis a település erőteljesen „farnehéz”, azaz az első 15 évben jelentkező pótlási költségek összege minimális, így az utolsó 35 év pótlási költségeinek összege mintegy harmincszorosa az első 15 évben felmerülő pótlási költségeknek. Ugyanakkor azt is látjuk, hogy az 1-1 évben kiugró értékek teszik ki a teljes idősor pótlási szükségleteinek 80-90%-át, amit, ha az esedékességet megelőző, illetve követő évekre el is osztunk, szinte teljesíthetetlen kihívás elé állítja az adott település vagyongazdálkodását.

Az egyes időpontokban jelentkező kiugró értékeket, az adott településen jelentkező egy éven belül megjelenő legmagasabb pótlási szükséglet érték és az 50 éves adatsor átlagértékének hányadosából számolt Kiugró Érték Mutatóval jellemzem.

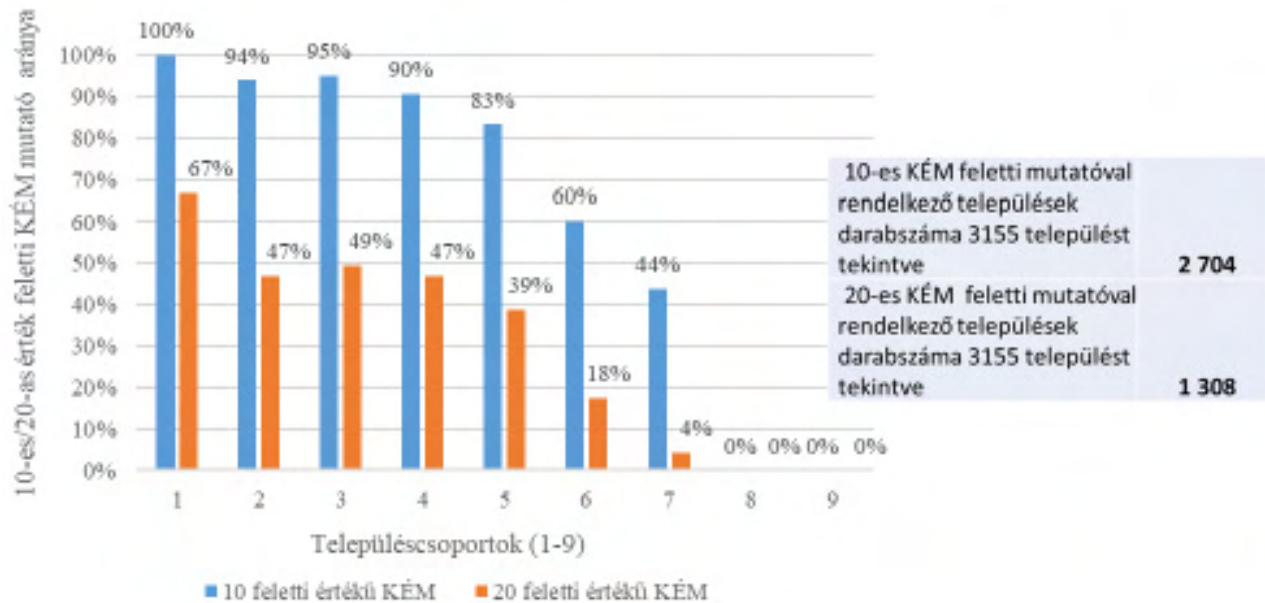
Ennek alapján megállapítható, hogy:

- az 1 főre jutó pótlási szükségletek tekintetében is hátrányosan érintett kistelepüléseken (ahol a díjak még az átlagos pótlási értékekre sem nyújtanak fedezetet)
- az egyes települések (mint önállóan vagyongazdálkodó tulajdonosok, ellátási felelősök) szintjén elkülönítetten jelentkező



egy éven belül megjelenő legmagasabb pótlási szükséglet érték és az 50 éves adatsor átlagértékének hányadosából számolt Kiugró Érték Mutató (KÉM)

Kiugró Érték Mutató (KÉM) településcsoportonkénti arányai 1 főre jutó összes pótlási érték (OPK/fő) szerint



10-es érték feletti és 20-as érték feletti KÉM mutatóval rendelkező települések eloszlása a vizsgált települési struktúrában, illetve országosan kivetítve

szélsőségesen magas (az átlagot 30-40-szeresen meghaladó) kiugró értékek, az adott település szintjén teljességgel kezelhetlenné teszik a vagyongazdálkodást

Fontos látnunk, hogy ez az eloszlás jellemző mind a vizsgált, mind pedig az országos települési struktúrából adódóan a hazai települések több mint 80%-ban!

**TÁ:** *Ijjas professzor szerint azok a legfontosabb tudományos megállapítások, amelyekben Kovács Károly meghatározza a vizsgálatai alapján az analizált „összefüggések nagyságrendjét és a kapott eredmények alapján számszerűleg bemutatja a víziközmű infrastruktúra pótlásának megoldatlanságát, és számszerű adatokkal figyelmezteti a politikusokat és a társadalmat arra, hogy a jövő nemzedékei számára milyen súlyos veszélyt jelent a víziközmű pótlás biztosításának megoldatlansága.”*

**A bíráló szerint a dolgozat értékét növeli, hogy konkrét számokkal támasztja alá a hipotéziseit. Kemény számokat tár fel a döntéseket hozó politikusok számára, „amelyek nagyságából látszik, hogy nagyon súlyos az infrastruktúra pótlások elmaradásának a helyzete, és ezekkel a politikusok és a társadalom számára igazolja, hogy joggal kongatja meg a vészharangot.”**

**KK:** Ajánlasként fogalmazom meg, hogy az ágazatok közötti vagyongazdálkodás összevonásával, valamint a településinél integráltabb vagyongazdálkodás regionális kezelésével (víziközmű rendszerek regionális összevonásával) időben kiegyenlítettebbé, és ezáltal a díjakban kezelhetőbbé válnak. Dolgozatomban idézek skóciai példát, ahol egy víziközmű szolgáltató van, az ő felelőssége az infrastruktúra, és a szolgáltatás is. Egy kézben van azoknak a döntéseknek a meghozatala, hogy például futtatom-e a leromlott állapotú eszközeimet, évente többszöri

leállással és magas karbantartási költséggel, vagy pedig beruházok. Habár beruházásnak van tökeköltsége, de évesített szinten a költsége alacsonyabb, mint a régi eszköz esetén a hibaelhárításokra és nem hatékony üzemeltetésre költött összeg.

Szolidaritásnál két feltételezésből indultam ki, mégpedig abból, hogy létezik mind a vertikális, mind a horizontális szolidaritás a társadalomban. Ezeket a [Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség 2020-as vízérték kommunikációs pályázata](#) és a kapcsolódó kutatás alapján támasztottam alá. A kutatás célja a víz értékének társadalmi tudatosítása, a települési vízgazdálkodás és az azt kiszolgáló infrastruktúra fontosságának, láthatóságának erősítése volt.

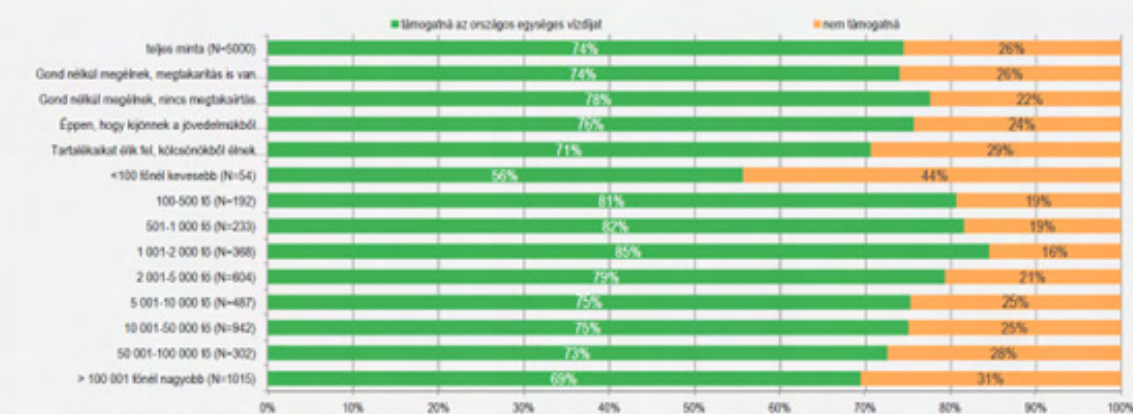
A felmérést komplex kommunikációs eszközökkel, fókuszcsoportos, kvalitatív, majd 5000 fős reprezentatív online közvéleménykutatás keretében végeztük.

A kutatásomban figyelmet fordítottam rá, hogy az eredményeket ugyanabban a település-méretcsoport bontásban szerepeltessem és összekapcsoljam infrastruktúra-vagyongazdálkodási kérdéskörökhöz illeszthető egyéb strukturális elemekkel. [Link: A vízellátás, szennyvízszolgáltatás lakossági megítélése - MASZESZ](#)

A felmérésből integráltam eredményeket a dolgozatba. Annak idején egyebek mellett arra is rákérdeztünk, hogy a generációk közötti szolidaritást figyelembevéve a fogyasztók készek lennének-e jelentősebb költségvállalásra, hogy a rekonstrukciós programok mielőbb elindíthatóvá váljanak, hogy ne hagyjuk a jövő generációjára. Megnyugtató, hogy a társadalom a felmérés szerint támogató hozzáállással bír. A „Vertikális szolidaritás létezik, azaz a lakosság 86% százaléka támogatná a vízvezeték-hálózatok mihamarabbi felújítását, korszerűsítését akkor is, ha ez többlet anyagi hozzájárulást követelne.

### Egységes vízdíj bevezetésének támogatása 3.

Azok a kérdezők is átlagonál magasabb arányban támogatják ezt az elképzelést, akik saját bevételeik szerint *gond nélkül megélik, bár többet nem tudnak, illetve azok, akik támogatják azokat a vízvezeték-hálózati korszerűsítési fejlesztéseket, amelyek anyagi hozzájárulást követelménynek tekintik. A kisebb településeken élők (főképpen az 5000 fős alatti településeken lakók) átlagonál magasabb arányban támogatják a az egységes vízdíj bevezetését.*



Kérdés: Mire használja Ön otthon a csapvizet? - nem szerinti bontás  
Bázis: Teljes minta (N=5000)

## Vízvezeték-hálózat korszerűsítésének lakossági támogatása 3.



A vízvezeték-hálózat korszerűsítésének támogatása igen magasabb a **péld. anyagi helyzetük** körében, azok, akik **mozgáskorlátozottak** magasabb arányban támogatják, és azok is akik **létezőre van szükségük, de gond nélkül megérnek**. A település mérete is befolyásoló tényező, látköppen a 2000-5000 fős településeken látszik a korszerűsítés támogatás. Azok, akik szerint már ezzel foglalkoznak, azok magasabb arányban vannak az **elavultabb állapot együttesével rendelkezők** és a **korábbiakban 0-2%** körében, természetesen azok, akik **elavultabb anyag állományokkal rendelkeznek, azaz éppen hogy kijárnak a problémáikkal** vagy **közvetlenül általánosan** szerint a gyermekekre hagyják inkább ennek a problémának a megoldását.



A horizontális szolidaritás megjelenése, miszerint 74,4 százalék támogatná az országos egységes vízdíj bevezetését.

*„hogyan léteznek, de a nagyságrendjükről nincs, illetve csak nagyon kevés információ áll rendelkezésükre.”*

Ez a tény is az egységes víziközmű vagyongazdálkodás, a regionális integráció lehetőségét erősíti. A nagyobb városok felé haladva a támogatottság aránya csökken.

*„Sok sikert kívánunk a kutatási eredmények gyakorlati hasznosításához!”*

Kovács Károly PHD értekezése [itt](#) olvasható.

**TÁ: A bírálat részletesen kitér a hipotézisek méltatására:**

*„Minden hipotézis fontos, megalapozott és az értekezésben bemutatott empirikus vizsgálatok eredményei mind az öt hipotézist igazolták. A jelölt hipotézisei egy hazai és világviszonylatban is nagyon nehéz probléma jelentőségével és megoldásával kapcsolatban fontos megállapításokat és ajánlásokat tartalmaznak. A hipotézisek között vannak olyanok, amelyek olyan tényekre vonatkozó összefüggésekkel foglalkoznak, amelyek létezéséről tudnak a víziközművekkel foglalkozó szakemberek, vagy legalábbis sejtik,*





# NAGYVÁROSI SZAKASZOS LEVEGŐZTETÉSŰ ELEVENISZAPOS SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEP ANOXI- KUS BIOREAKTORÁNAK HATÉKONYSÁG-VIZSGÁLATA

**BÜKKSZEGI ARLEN**

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM

DULOVICS JUNIOR SZIMPÓZIUM KÜLÖNDÍJ

## BEVEZETÉS

Napjainkban - hazánkra vetítve – már egyre több a kiépült és a tervezett szennyvíztisztítók száma. Az idősebb tisztítóknak esedékessé válhatnak kisebb nagyobb rekonstrukciók, valamint innovatív megoldások kiépítése. Ezekben a telephelyeken a fenntartási költségek csökkentése egy szignifikáns szempont. Szennyvíztisztítók esetében az üzemeltetési költségek csökkentésének egyik lehetséges módja, ha a szennyvíz tisztítás különböző szakaszaiban alkalmazunk innovatív megoldásokat, melyek energiatakarékosabbak. Az általam vizsgált nagyvárosi szennyvíztisztító anoxikus (oldott oxigén – angolul: dissolved oxygen (DO) – mentes) medencéjének az elő-denitrifikációs részében az jelentene további optimalizációt, ha a jelenlegi állandó fordulatszámú keverőt a szennyvíztisztító telep lecserélné egy automatikusan változó fordulatszámú típusra, illetve áramlástanai szempontból is megfelelőbb pontra helyezné el. Egy svéd-magyar nemzetközi

projekt keretében egy nagyvállalat részéről 2018-ban felmerült az igény, hogy egy új típusú keverőt teszteljenek egy üzemelés alatt álló nagyvárosi szennyvíztisztító telepen.

Az újonnan telepítendő szabályozható teljesítményű keverő kapcsán a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (továbbiakban: BME), egy svéd nagyvállalat és egy nagyvárosi szennyvíztisztító telep (továbbiakban: NSZTT) 2018 és 2019-ben kezdték meg az együttműködésüket a keverő kísérleti projekt kapcsán, ekkor elkészült kapcsolódó mérés tervezete. Annak érdekében, hogy a jövőbeni kivitelezés elvi előkészítése megtörténjen az anoxikus medencékben, projekt megelőző helyszíni méréseket végeztek el. Egy fontos szempont, hogy a kísérlet eredményei a medence geometriájából adódóan könnyen általánosíthatók legyenek más telepeken előforduló eleveniszapos medencékre nézve.

## 2020. OKTÓBERI MINTAVÉTEL SOROZAT MINTAVÉTELI TERV

**Vizsgált időszak:** 2020 szeptember és október első fele

A méréseket helyileg az NSZTT anoxikus medencéjénél végeztem az alábbi 3 kijelölt ponton (1. ábra).

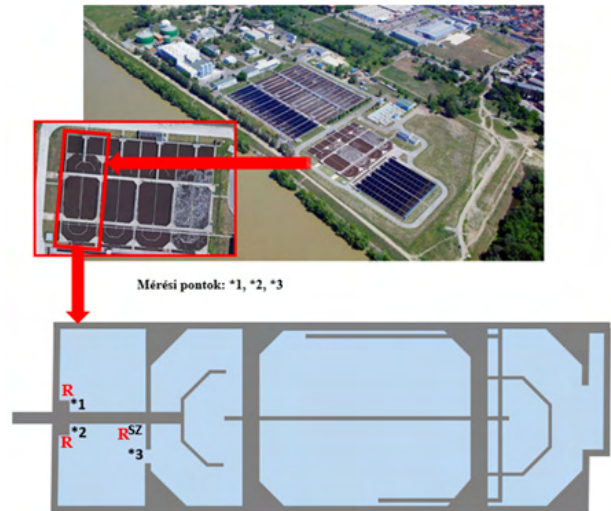
A méréseket három üzemállapot alatt végeztem:

- mérési és mintavételi időszak: az anoxikus medencét követő aerob medence szakaszos üzemű levegőztetés alatt.** Alacsony (6:00 és 7:30 között), közepes (9:00 és 9:30 között), magas terhelésen (12:00-kor).
- mérési és mintavételi időszak: az anoxikus medencét követő aerob medence órák óta tartó levegőztetése nélkül.** Alacsony (6:00 és 7:30 között), közepes (9:00 és 9:30 között), magas terhelésen (12:00-kor).
- mérési és mintavételi időszak: az anoxikus medencét követő aerob medence folyamatos levegőztetése alatt** (a mérést megelőzően 12-24 órán keresztül levegőztetett szekció). Alacsony (6:00 és 7:30 között), közepes (9:00 és 9:30 között), magas terhelésen (12:00-kor).

A méréseket ismételttem, vagyis egy nap 3x3 helyszíni mintavételezést és szűrést ismételttem az \*1, \*2 és \*3 mérési pontokon. A mérés-sorozatot körülbelül kétnaponta ismételttem október 6. és 15. között.

### Helyszínen mért és feljegyzett értékek

- redox potenciál (a 3 mintavételi pont közvetlen környezetében)
- a telepített NO<sub>x</sub> szonda által kiírt érték.



**1. ábra** – A 2. vonal 1. szekció eleveniszapos medencéjének helyszíne [20] és sematikus felülnézete és a konkrét mintavételi pontok helye az anoxikus térrészben. R – redox-potenciál (ORP) mérési pont. SZ – nitrát szonda helye.

- peremfeltételek: csapadék/ időjárási viszonyok, hőmérséklet, mérési időpont

A redox-potenciál méréshez HACH HQ11d pH/ORP mérőműszert használtam, mely egy kézi digitális mérőműszer, automatikusan válogat a mért adatok közötti pontos mérési eredményez [26].

### Mintavételek

A legtöbb mérési hibát a mintavételkor lehet elkövetni. Ezért a helyszíni mintavételeknél különösen figyeltem a helyes mintaelőkészítésre. A laborból való mintavételi eszközök szállításánál ügyeltem, hogy ne szennyeződjenek be az eszközök. A mintavételt mindig egy segítő társsal, azaz két fővel végeztük. Személyesen a mintát vettem, amíg a partnerem redox-potenciált mért. A teleszkópos mintavételi edényt, illetve a minta áttöltésére használt főzőpoharat

háromszor átmostam a mintavételi pontból 50-100 cm mélyről vett szennyvízzel, mielőtt szűrtem a mintámat. A mintákat árnyékos helyen szűrtem és tároltam, a szűrést közvetlen a főzőpohárba betöltést követően elvégeztem. A szűrőpapíron folyamatosan a tölcsér tetejéig töltöttem (ha nagyobb a minta tömege a tölcsérben, gyorsabb a szűrési idő), a főzőpohárban a minta folyamatos homogenizálása mellett. A helyszíni mintavételeket követően a mintákat közvetlen a laborba vittem, ahol a minták kiértékelése maximum 24 órán belül megtörtént. A mintavételek után a redox-potenciál mérő műszert és a teleszkópos mintavételi edényt partneremmel lemostuk bő vízzel.

## KAPOTT EREDMÉNYEK

Ebben a fejezetben mutatom be és értékelem ki a helyszíni mintavételkor feljegyzett értékeimet, a laboratóriumtól és az NSZTT-től kapott saját mérési és a korábbi időszakokból gyűjtött mérési adatokat.

### 2020.10.06.: alacsony terhelésnél vett minták

A három mintavételi nap közül az alacsony terhelések mellett ez a legkorábbi mintavétel. A légmozgás ekkor nyugodt volt, azonban ekkor még felhős volt az idő. A szennyvíz hőmérséklete végig 23°C. A nitrát szonda 1,8 mg/L értéket mutat. Az első mintavételi pontba érkezik a recirkuláltatott nitrát dús szennyvíz, ezért az értékek az esetek többségében magasabbak. Az első mintavételi pontban mért ORP értékek még nem stagnáltak, így azt a mezőt külön színnel jeleztem, hogy mérésátlag eredményei. Illetve mélysárga színnel jelöltem a nitrát és az ammónium-nitrogén adatait, ezeket utólag kaptam meg a laboratóriumtól.

Az ORP értékek alapján működött a denitrifikáció, illetve egy órája a mérést megelőzően levegőztették a szekciót.

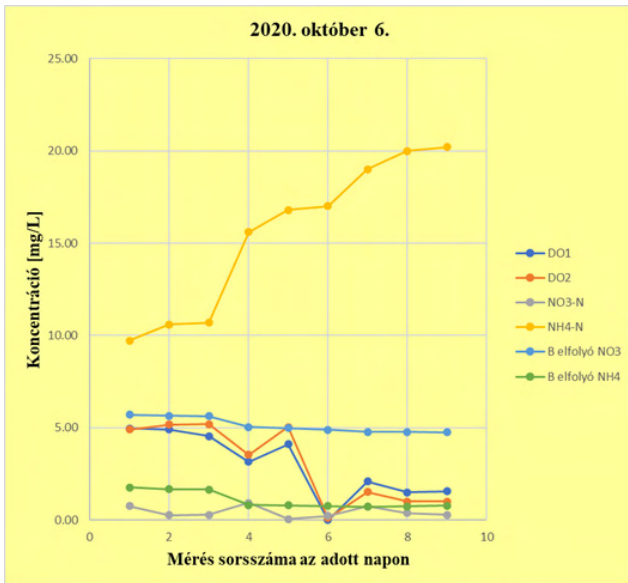
### 2020.10.06.: közepes terhelésnél vett minták

Ezen mintavételek alatt erős napsütés volt, továbbra is szélcsendes időszak. A víz hőmérséklet végig 22,8 °C, a nitrát szonda 1,5 mg/L nitrátot mért. A nitrát érték körülbelül a korareggeli minta értékekhez hasonló. 8:25-től a rendszert nem levegőztették, 10:17-kor kapcsolták vissza. A közepes terhelés egyik mutatója, hogy az ammónium-nitrogén a korábbi 10 mg/L-ről 15-17 mg/L-re emelkedett. A redox-potenciál értékek szerint a denitrifikáció az anoxikus medence 1. térrésében zajlott, azonban az anoxikus medence kifolyójánál már dihidrogén-szulfid jelenlétére és savas fermentációra utalnak. Azonban a harmadik mérési ponton a feltüntetett ORP érték átlagértékek eredménye.

### 2020.10.06.: magas terhelésnél vett minták

Ezen mintavételek alatt erős napsütés volt, továbbra is szélcsendes időszak. A víz hőmérséklet végig 22,8 °C, a nitrát szonda 1,5 mg/L nitrátot mért. A nitrát érték körülbelül a korareggeli minta értékekhez hasonló (2. ábra). A magas terhelés mutatója, hogy az ammónium a korábbi 15-17 mg/L-ről 19-20 mg/L-re emelkedett. A redox-potenciál értékek szerint a denitrifikáció az anoxikus medence egyik térrésében sem zajlott, az ORP értékek már kén-hidrogén képződik, ha jelen van szulfát, egyébként a fermentálók domináns jelenléte is jellemző lehet a -100 mV körül. Az első mérési ponton az ORP érték átlagértékek eredménye, ilyenkor azt az eshetőséget is figyelembe kell venni, hogy szennyező anyag tapadt meg

a platina elektródon. Az első mintavételi pont redox-potenciál értéke általában magasabb, hiszen itt még több a recirkulációból származó nitrát a szennyvízben. 11:07-től 12:26-ig levegőztették ismét a rendszert.



2. ábra – 2020.10.06. Szakaszos levegőztetés.

### 2020.10.08.: alacsony terhelésnél vett minták

A mérést megelőző napon estig esett az eső. A reggeli órákban az ég tiszta, azonban erős szél fúj. A szennyvíz hőmérséklete 21,6-21,7 °C, a nitrát szonda 1,2 mg/L nitrátot jelez. A 2. anoxikus térrészben a nitrát a minták alapján a mért áramban mérés határ alá estek. Az alacsony terhelésre a 5-7 mg/L közötti ammónium koncentráció utal. A redox-potenciál a denitrifikáció tartományába esik.

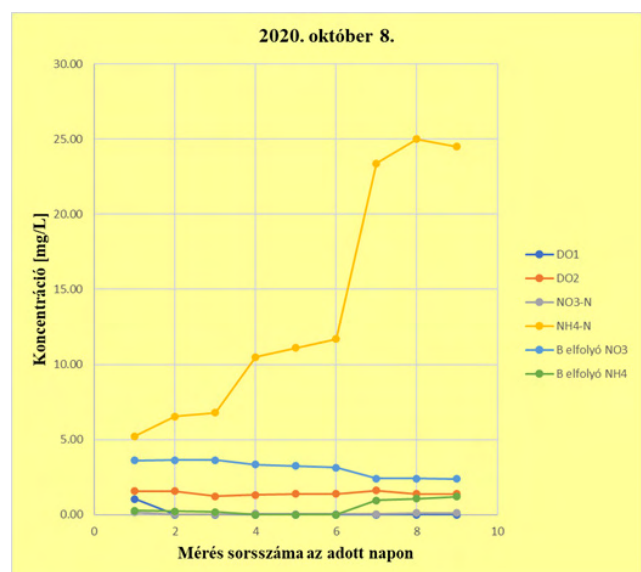
### 2020.10.08.: közepes terhelésnél vett minták

A mérést megelőző napon estig esett az eső. A reggeli órákhoz képest az ég felhőssé vált, szélcsendes időszak volt a mintavételek alatt. A szennyvíz hőmérséklete 21,6 °C, a nitrát

szonda 1,4 mg/L nitrátot jelez. A minták alapján a nitrát tartalom a reggeli órákhoz képest stabilizálódott. Az közepes terhelés mutatója, hogy az 5-7 mg/L-ről 10-12 mg/L közötti értékekre emelkedett az ammónium-nitrogén koncentráció. A mért redox-potenciálok kb. -80 és -130 mV között foszfor és kén-hidrogén jelenlétére, valamint savas fermentációra utalnak. Az, hogy a nitrát értéke közel azonos az anoxikus 1. térrész nitrát értékével, feltehetően arra utal, hogy nincs a rendszerben elég szerves anyag, ami biztos, hogy az értékek már erősen kiesnek a denitrifikáció tartományából. Valamint feltételezhető, hogy a szüneteltetett levegőztetés miatt a nitrifikáció reverzibilis biokémiai egyenlete megfordult, így csökkent a denitrifikáló baktériumok felvehető nitrátja.

### 4.6. 2020.10.08.: magas terhelésnél vett minták

A mérést megelőző napon estig esett az eső. Az ég tiszta, rendkívül erős szél volt a mintavételek alatt (3. ábra). A szennyvíz hőmérséklete 21,6 °C, a nitrát szonda 1,4 mg/L nitrátot



3. ábra – 2020.10.08. – szüneteltetett levegőztetés.

jelez. A minták alapján a nitrát tartalom a reggeli órákhoz képest a duplájára emelkedett. Az magas terhelés mutatója, hogy 10-12 mg/L-ről 23-25 mg/L közötti értékekre emelkedett az ammónium-nitrogén koncentráció. A mért redox-potenciálok -172 mV körül álltak be, vagyis ebből következtethető a foszfor visszoldódás és kén-hidrogén jelenlétére, valamint savas fermentációra utal.

#### 2020.10.15.: alacsony terhelésnél vett minták

A mérést megelőző négy napban intenzíven és folyamatosan hullott a csapadék. Az égbolt felhős, nincs légmozgás, szél. A csapadék az értékek alapján lehűtötte a szennyvíz hőmérsékletét a korábbi méréseknél tapasztalt 21-22°C-ról 18,3°C-ra. A nitrát szonda 2,1 mg/L nitrátot jelez. A redox potenciál és a megemelkedett nitrát tartalom megfelelő nitrifikáció folyamatára utal az anoxikus medencét követő aerob medencében. Nagyon csekély denitrifikáció zajlik, ez az 1. anoxikus és a 2. anoxikus térrészben vett (befolyó és elfolyó) nitrát 1 mg/L koncentráció különbsége alapján állapítható meg.

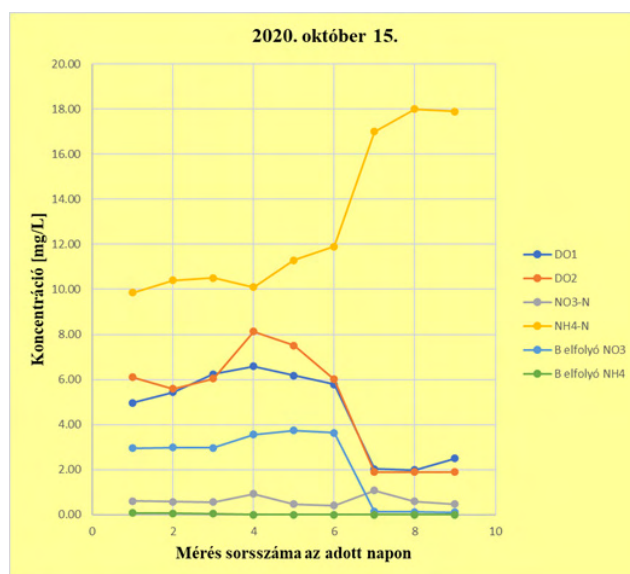
#### 4.8. 2020.10.15.: közepes terhelésnél vett minták

A mérést megelőző négy napban intenzíven és folyamatosan hullott a csapadék. Az égbolt felhős, nincs légmozgás, szél. A csapadék az értékek alapján lehűtötte a szennyvíz hőmérsékletét a korábbi méréseknél tapasztalt 21-22 °C-ról 18,3 °C-ra a reggeli órákig. A nitrát szonda 1,6 mg/L nitrátot jelez, vagyis elindult a rendszerben a denitrifikáció. A folyamatos levegőztetés hatására nagyobb a recirkulált nitrát dús szennyvíz miatt a nitrát tartalom. Az ORP körülbelül 112 mV-ról 58 mV-ra

csökkenése is a denitrifikációra utal. A rendszer a reggeli órákban mért ammónium értékekhez képest nem kapott az ekkori időben megszokott ammóniumterhelést.

#### 2020.10.15.: magas terhelésnél vett minták

A mérést megelőző négy napban intenzíven és folyamatosan hullott a csapadék. Az ég borult, teljesen felhős, gyenge, hideg szél fúj. A csapadék az értékek alapján lehűtötte a szennyvíz hőmérsékletét a korábbi méréseknél tapasztalt 21-22 °C-ról 18,3 °C-ra a reggeli órákig, azonban a szennyvíz hőmérséklete 18,8 °C-ra emelkedett a reggeli órákhoz képest. A nitrát szonda 1,9 mg/L nitrátot jelez, a rendszerben az ORP értékek alapján van denitrifikáció. A folyamatos levegőztetés hatására nagyobb a recirkulált nitrát dús szennyvíz miatt a nitrát tartalom. Az anoxikus rendszerben jól látszik a magas ammónium terhelés (4. ábra).



4. ábra – 2020.10.15. – folyamatos levegőztetés.

#### 4.10. NITROGÉN MÉRLEGEK ELEMZÉSE

Az első mérési napon a denitrifikáció folyamatban volt az anoxikus rendszerben. A második mérési napon negatív tartományba romlott a nitrogén eltávolítás határfoka, azaz, az eleveniszapos medencének szüksége van levegőztetésre, hogy elég nitrát képződjön. A harmadik napon meglátszik a folyamatos levegőztetés hatása, a nitrogén eltávolítás ekkor 30 % fölé emelkedett.

#### Mérési eredmények összegzése

Annak érdekében, hogy átfogó képet kapjak a mérési időszakban zajló reaktor működésről, egy táblázatban mutatom be ennek az alfejezetnek a mellékleteként az immáron szintézisbe hozható saját, és az NSZTT által szolgáltatott mérési eredményeket. Fontos megjegyezni, hogy a nitritkoncentrációt a méréseim kapcsán nullának tekintem, vagyis azt feltételezem, hogy a levegőztetett térben az összes nitrit a nitrálás során nitráttá alakul az autotróf mikroorganizmusoknak köszönhetően. Az oldott oxigén és az elfolyó ammónium nitrogén segítségével következtetni tudok az eleveniszapos medence levegőztető térrészének nitrifikáló hatékonyságára. Az NSZTT-re előírt elfolyó ammónium-nitrogén koncentráció 10 mg/L, és mindig az ammónium nitrogénre vonatkoznak a szigorúbb koncentrációk (például a nitráthoz képest), mind az európai, (és ebből kifolyólag) mind a hazai jogrendszerben. A levegőztető medencében a DO1 a levegőztető térrész elején, míg a DO2 a levegőztető térrész végén automatikusan mért oldott oxigént jelenti. A hatékony levegőztetéshez minimum 2 mg/L oldott oxigénre van szükség a rendszerben. A vízhozamot a mérési időpontot megelőző 30 perces átlagokból számoltam.

A terheléseket úgy kapom, hogy megszorozom a vízhozamot a TIN (Total Inorganic Nitrogen), vagyis összes szervesetlen nitrogén értékével.

#### 2021 június – július – augusztus – szeptemberi mintavétel sorozat

#### Mintavételek

A mintavételeket a vizsgált NSZTT ugyan azon medencéjében végeztem, mint a 3.3. fejezetben bemutatott 2020. októberi méréseket, azonban a korábbi évhez képest több dolgot korrigáltam a vizsgálat hatékonysága végett. A korábbi év vizsgálatnál hosszabb mintavételi időszakra volt szükség a vizsgált anoxikus medence hatékonyságának értékeléséhez. A korábbi mérésnél őszi időszakban vettem a mintákat, ezért a 4 hónapon át tartó mintavételezéshez 2021-ben a nyári időszakot (június – szeptember) választottam.

A mintavételi napok meghatározásánál figyelembe vettem, hogy a hétfégi terhelések máshogy alakulnak a szennyvíztelepen, mint hétköznap. Ezért elsődlegesen a kedd és a csütörtöki napokra esett a választásom. A kijelölt napoktól abban az esetben tértem el, amikor a szennyvíz laboratórium kapacitása megterhelt volt, így megesett, hogy a mintavételeket kedd, illetve csütörtöktől eltérő napokon végeztem.

Június 17. és július 13. között 8:00 és 9:00 között végeztem a mintavételeket. Ebben az időintervallumban a 3.3. fejezet mintavételi pontjain vettem mintákat (6. ábra). Azonban a július 20. napon végzett mintavételi sorozat eredményei kirajzolták, hogy a napi csúcs 12:30 körül van. Ezért a további mintákat 12:30-13:30 között vettem.

A július 20., augusztus 17. és szeptember 2. napon azzal a céllal vettem mintákat óránként, hogy a meghatározott koncentrációkból megkapjam grafikonon a napi terhelési csúcsot (5. ábra). Július 20. után 12:30 és 13:30 között a mintákat. Ezeket a mintákat a 2. vonal osztó aknájából vettem.

A 2020. év októberi mintavételeihez képest további korrekciózás volt, hogy július 22-től kiegészítettem a mintavételi pontokat további két ponttal (7. ábra).

### Nitrát szonda 3 éves nyári adatainak elemzése

Annak érdekében, hogy képet kapjak az anoxikus térrész nitrát forgalmáról, megvizsgálom 2018., 2019. és 2020. év anoxikus medence 2. térrészeiben található nitrát szonda eredményeit havi mérési gyakorisággal.



**5. ábra** – A 2. vonalon található osztó aknák. 1 – (6 x 1 mintavétel helye) – napi terhelési csúcs megállapításához felállított mérési sorozat helye.



**6. ábra** – A 2. vonalon található anoxikus medence mintavételi pontok (2021. július 13. napig). 1 – befolyó szennyvíznél, 2 – alsó átfolyásnál, 3 – átfolyó nyílásnál.



**7. ábra** – A 2. vonalon található anoxikus medence mintavételi pontok (2021. július 22-től). 1 – osztó akna, 2 belső recirk, 3 - befolyó szennyvíznél, 4 – alsó átfolyásnál, 5 – átfolyó nyílásnál.

A szonda gyárilag NO<sub>x</sub> -t mér, azonban azt feltételezem, hogy nagyon kevés a medencében a nitrit, és csak az NO<sub>3</sub> -t detektálja.

Ezt a vizsgálatot azzal a céllal végzem el, hogy eldöntsem, hogy egy további kutatás során ennek az anoxikus térrésznek a nitrát forgalmát vizsgálva a szonda adatait érdemes-e figyelembe venni, vagy sem.

Dátum	Labor - NO <sub>3</sub> [mg/L]	Szonda - NO <sub>3</sub> [mg/L]	Labortól számított eltérés [%]
2018.06.11.	0.9003	1.0247	14
2018.07.09.	0.5001	0.3344	33
2018.08.13.	0.5001	0.4500	10
2018.09.10.	1.2004	0.8907	25
2019.06.17.	0.5001	2.2403	348
2019.07.15.	1.9006	1.2200	35
2019.08.12.	0.5001	1.1540	130
2019.09.23.	2.5007	2.1800	13
2020.06.15.	0.7002	1.9600	180
2020.07.20.	0.8002	1.0399	30
2020.08.17.	0.6018	1.4800	145
2020.09.14.	1.0003	1.4427	44

**1. táblázat** – A laborban meghatározott, és a szonda által rögzített nitrát koncentrációk közti eltérés %-ban kifejezve

### 2018 – 2020 nyári adatsorainak összehasonlítása a laborban megvizsgált minták koncentrációival

Annak érdekében, hogy megállapíthassam, hogy a szonda rögzített adatait érdemes-e figyelembe venni a nitrát és ammónium mérlegek esetében, összehasonlítottam a laborban meghatározott koncentrációkkal (1. táblázat). A laborban mért koncentrációktól a szonda jelzett koncentrációi a vizsgált időpontokban átlagban 83 % -os eltérést mutatnak, így a saját méréseimhez a nitrát szonda eredményeit nem veszem figyelembe.

### 2021 június – július – augusztus – szeptember hónapokban vett minták ammónium és nitrát nitrogén csúcskoncentrációi

A négy hónapos vizsgálatom alatt a mintavételi pontokat kezdetben a 2020-as minta alapján tűztem ki. Azonban több probléma merült fel

a minták eredményeinek alkalmassága végett, ezeket a következő fejezetekben mutatom be. Annak érdekében, hogy pontosítsak a vizsgálaton, meg kellett találnom azt az időpontot, amikor a legideálisabb a mintavétel. Ezért a 2. vonal osztó aknájában (ami még a belső recirkulációtól mentes) óránként végeztem mintavételeket, így megkapva azt a napi csúcst (8. ábra), amikor a legmagasabb az ammónium- és a nitrátnitrogén koncentráció. Ezeket az időpontokat mutatom be a 2. táblázatban. Az augusztus 17. napi mérési sort meg kellett ismételni, mert sok csapadék esett azokban a napokban. Így a méréseimhez a július 20. és a szeptember 2. napi koncentrációkat vettem figyelembe.

### Nitrát-nitrogén és ammónium-nitrogén anyagmérlegek

A vizsálathoz elengedhetetlen anyagmérlegek végett terheléseet számoltam. Ezt a 2020-ban



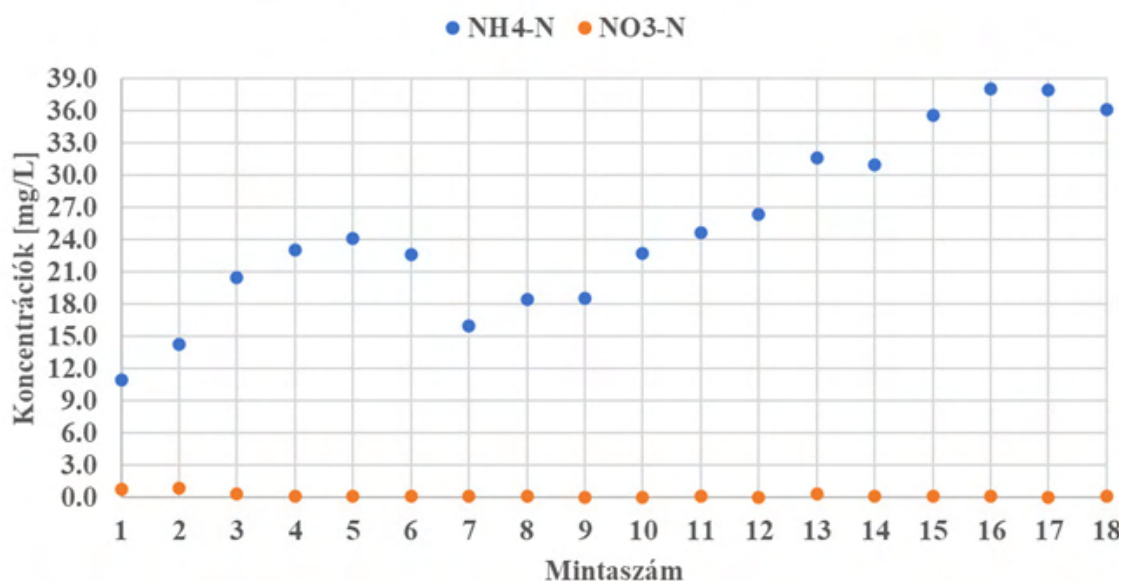
2021.07.20.	mintaszám	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N [mg/L]	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N [mg/L]
8:30	1	11.0	0.81
9:30	2	14.3	0.95
10:30	3	20.5	0.38
11:30	4	23.1	0.13
12:30	5	24.2	0.17
13:30	6	22.6	0.18
2021.08.17.	mintaszám	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N [mg/L]	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N [mg/L]
9:30	1	16.04	0.13
10:30	2	18.52	0.14
11:30	3	18.56	0.09
12:30	4	22.80	0.08
13:30	5	24.68	0.11
14:30	6	26.36	0.07
2021.09.02.	mintaszám	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N [mg/L]	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N [mg/L]
9:30	1	31.60	0.32
10:30	2	31.00	0.18
11:30	3	35.60	0.16
12:30	4	38.10	0.11
13:30	5	38.00	0.09
14:30	6	36.20	0.20

2. táblázat – Napi nitrát- és ammóniumnitrogén terhelési görbék adatsorai

végzett mérésekhez hasonlóan úgy kapom meg, hogy beszorzom a mért (és átváltott mértékegységű) koncentrációkat a 2. vonalra érkező vízhozam adatokkal. A vízhozam adatokat négygel osztom el, hiszen a 2. vonalra SEDIPAC-ról befolyó előülepített kezelt víz (4 db) osztó aknákon keresztül jut a dolgozatomban vizsgált anoxikus medencébe.

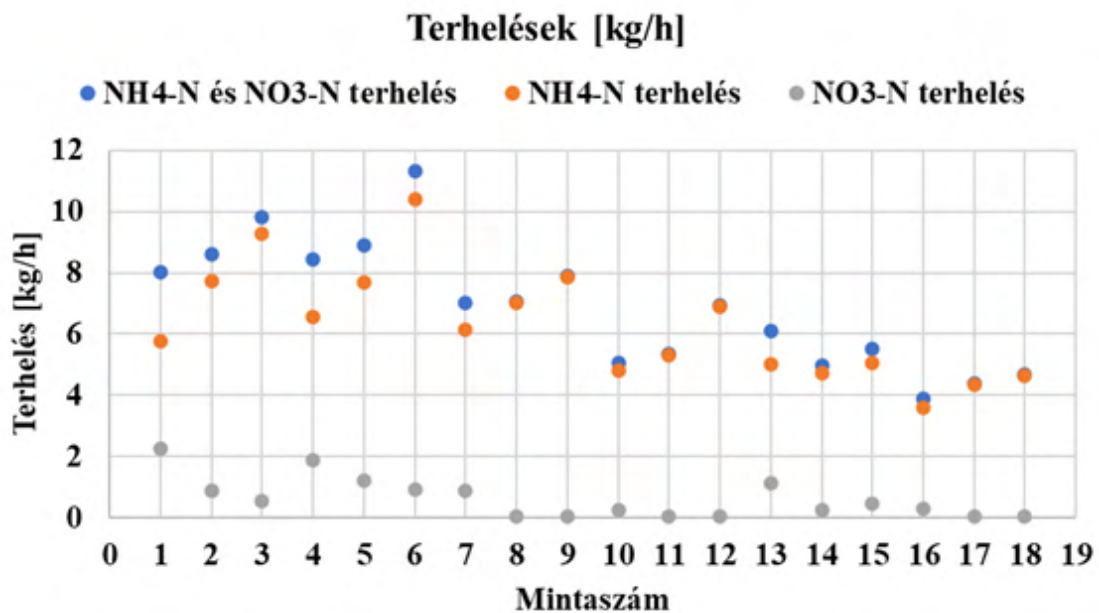
Az első módszer (3. táblázat) esetében látható, hogy a reggeli mintavételi időpontok miatt úgy tűnik, mintha a rendszerben egyre több lenne a nitrogén koncentráció. Ez a délelőtti felfutó időszak miatt tapasztalható. Az is leolvasható a 9. ábráról, hogy a nyári szünet kezdete miatt ebben az időszakban napról napra egyre kevesebb a telepre érkező nitrogénforrás.

NO<sub>3</sub>-N és NH<sub>4</sub>-N napi csúcs görbe



8. ábra – Napi nitrát- és ammóniumnitrogén terhelési görbék

(Mintaszámok: 1-6 – július 20.; 7-12 – augusztus 17. és 13-18 – szeptember 9.)



9. ábra – Ammónium-, nitrátnitrogén és ezek összesített terhelései az 1. módszer szerint

	BEFOLYÁS [kg/h]	ÁTFOLYÁS [kg/h]	TOVÁBB-FOLYÁS [kg/h]
2021.06.17.	8.03	8.60	9.82
2021.06.22.	8.42	8.88	11.33
2021.06.24.	7.02	7.07	7.88
2021.06.29.	5.07	5.35	6.95
2021.07.01.	6.12	4.96	5.50
2021.07.13.	3.87	4.40	4.66

A 4. táblázatról leolvasható, hogy a levegőztető medencéig eljutva lecsökkennek a nitrogén koncentrációk, vagyis a medence hatékonyan működik, az anoxikus térben a nitrogén jelentős része nitrogén gáz formájában távozik a rendszerből.

## KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JÖVŐBELI KUTATÁSOK

### 3. táblázat – 1. módszer szerinti anyagmérlegek

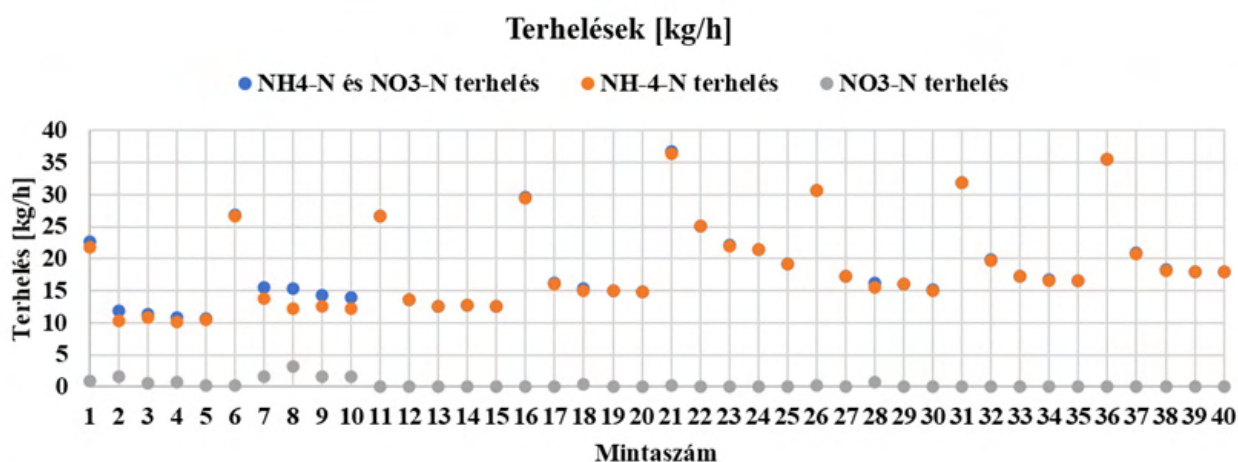
A második, koncentrációs csúcsokkal korrekciózott mintavételi módszer már az első módszerhez képest figyelembe veszi a korábban felmerült hibaforrásokat. A mintavételi időpontokat 12:30 és 13:30 között végeztem azzal a céllal, hogy a felfutó időszak ne zavarja meg az anoxikus medencékre felállított mérlegeket.

A 2. módszer (10. ábra) figyelembe veszi az anoxikus térrészben alkalmazott belső recirkulációt (220 %-on működik, a szivattyú amortizációt figyelmen kívül hagyva azt feltételezem, hogy még mindig 220 %-on teljesít).

### Biológiai reaktor értékelése

Minden bizonnyal a 2020-as mintavételekhez képest a vizsgálathoz használhatóbb eredményeket adott a négy hónapos nyári vizsgálati időszak. Az ORP értékek azt mutatják, a legtöbb esetben hatékonyan működik a denitrifikáció, a nitrogén gáz formájában távozik a mikroorganizmusok nitrát bontása során.

A koncentrációs görbék meghatározásával kirajzolódott a napi csúcsoknak az időpontja, így lehetőség volt július 22-től kezdve a pontosabb anyagmérlegek felállításához.



10. ábra – Ammónium-, nitrátnitrogén és ezek összesített terhelései az 2. módszer szerint

	OSZTÓ AKNA [kg/h]	RECIRK [kg/h]	BEFOLYÁS [kg/h]	ÁTFOLYÁS [kg/h]	TOVÁBB-FOLYÁS [kg/h]
2021.07.22.	22.64	11.87	11.45	10.82	10.65
2021.07.27.	26.90	15.57	15.34	14.27	13.96
2021.08.18.	26.70	13.66	12.67	12.74	12.51
2021.08.24.	29.59	16.18	15.39	15.06	14.86
2021.09.09.	36.68	25.14	22.07	21.54	19.27
2021.09.13.	30.75	17.34	16.23	16.08	15.19
2021.09.15.	31.95	19.81	17.31	16.68	16.55
2021.09.16.	35.62	20.91	18.26	18.03	18.01

4. táblázat – 2. módszer szerinti anyagmérlegek

## JÖVŐBELI KUTATÁSOK

A jövőben az NSZTT által szolgáltatott adatsorok elemzésére és kiértékelésére mellett szükség lehet az energiahatékonyság végett mérni a keverő áramfelvételét.

A reaktor még mélyebb értékelése végett érdemes lesz összehasonlítás végezni más nagyvárosi szennyvíztelepek anoxikus medencéi; nitrogén eltávolító medencéi között. Vannak telepek, amelyek biofort alkalmaznak anoxikus és hosszanti átfolyású levegőztetett medencék helyett. Érdemes lenne az ilyen megoldások hatékonyságát is megvizsgálni, hogy mélyebb kép alakuljon ki az üzemi körülmények melletti nitrogén eltávolításról.

A nitrogénmérleg vizsgálatot követően további áramlásmérésekre lenne szükség az anoxikus medencében. A jövőben kísérletképp elhelyezésre kerülne a jövőben egy új keverő, ami a jelenlegi 2. vonal 1. anoxikus medencéjében elhelyezett keverő pozíciójához képest átellenben a szemközti sarokban kerülne elhelyezésre. Ennek kapcsán tervben van az NSZTT-ben egy új híd elhelyezése keresztül az anoxikus medence felett, amelyről mintavételeket és méréseket lehetne végezni.

► IRODALOMJEGYZÉK

## SZERZŐ:



**Bükkszegi Arlen:** 16 évesen döntötte el, hogy tanulmányait a környezetvédelem területén szeretné folytatni a Petrik Lajos Két Tanítási Nyelvű Vegyipari, Környezetvédelmi és Informatikai Szakközépiskolában, majd végezte el a környezetvédelmi-technikus képzést. A Szent István Egyetemen (napjainkban: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem) 2019-ben végzett környezetmérnök BSc szakon. 2020-ban tanulmányait a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen folytatta infrastruktúra-építőmérnök MSc szakon, valamint kezdte meg tudományos diákköri kutatómunkáját nagyvárosi szennyvíztisztító telep anoxikus bioreaktor témakörben. 2020-ban és 2021-ben TDK-n adta elő egy nagyvárosi szennyvíztelep denitrifikáló térrészében végzett vizsgálati eredményeit, második védésén OTDK jelölést kapott. 2022-ben eddigi eredményeit előadta a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség Dulovics Junior Szimpóziumán, ahol DHI különdíjas helyezést ért el. 2020-tól a Fővárosi Csatornázási Művek Zrt.-nél vízépítés, 2022-től a Laterex Építő Zrt. -nél generál-kivitelezésben dolgozik munkahelyi mérnökként magasépítés területen.



# BUDAKESZI VÁROS NÍVÓDÍJAS ÚJ MEMBRÁN BIOREAKTOROS (MBR) SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEPE

**BODA JÁNOS, SERÉNY JÓZSEF**

MÉLYÉPTERV KOMPLEX ZRT., ENVIROSYS KFT.

## BEVEZETÉS

A Magyar Hidrológiai Társaság Elnöksége Boda János és Serény József szerzőtársak részére a „Budakeszi új membrán bioreaktoros szennyvíztisztító telepe” című munkájáért Nívó–díjat adományozott.

A díj átadására 2022. július 6-án az MHT XXXIX. Országos vándorgyűlésén a Nyíregyházi Egyetemen került sor.

A kitüntetettek a plenáris, majd a szekcióülésen megtartott előadásukban mutatták be a díjnyertes munkájukat.

## PÁLYÁZAT

Az öt éves garanciális időszak leteltével a közel-múltban sikeresen zárult a Budakeszi szennyvízelvezetési és szennyvíztisztítási projekt, melynek keretében a településen bővült a csatornahálózat, és egy új szennyvíztisztító telep épült.

A szennyvíztisztítási projekt 94%-ban uniós forrásból valósult meg. A világviszonylatban is korszerű, MBR membrántechnológiával működő szennyvíztisztító telep napi 3311 köbméter 25

085 lakos egyenértéknek megfelelő szennyanyag tartalmú szennyvíz fogadását és tisztítását biztosítja.

A Megbízó Budakeszi Város Önkormányzata, a Kivitelező a Penta Kft, az Euroaszfalt Kft és a West Hungaria Bau Kft. alkotta PEW Budakeszi Konzorcium, a Mérnök a Nox Zrt-UTIBER Kft. konzorciuma volt. A próbaüzemi feladatokat a Fővárosi Vízművek Zrt. munkatársai látták el a tervezők irányításával.

A szennyvíztisztító telep terveit a MÉLYÉPTERV Komplex Zrt. készítette az Envirosys Kft közreműködésével, a GE Water and Process Technologies Hungary Kft. membrán-bioreaktoros (MBR) technológiáját alkalmazva.

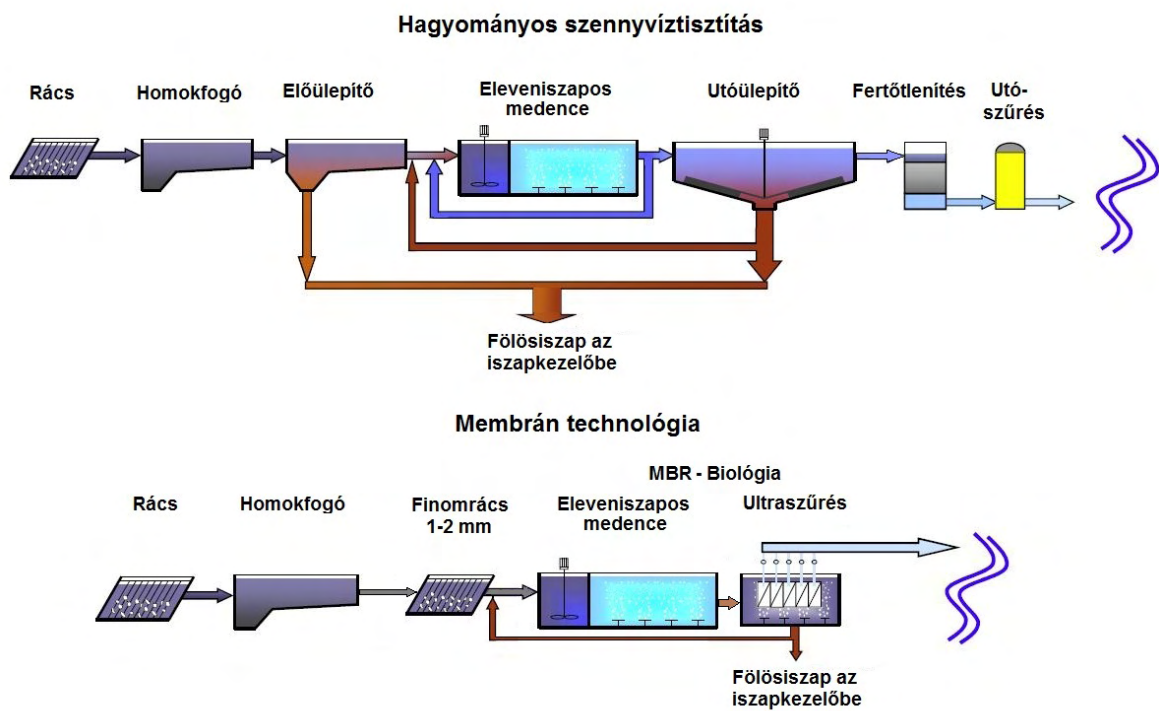
Az MBR technológia ülepítés helyett ultraszűrési fázisszétválasztást alkalmaz teljes lebegőanyag és baktérium visszatartással. Így nincsenek ülepíthetőségi problémák és nincs szükség külön fertőtlenítésre sem. Az energiagigényeket a korszerű gépek, a csőszivattyús recirkuláció, az újszerű membránlevegőztetés (LEAP) és a hőszivattyús fűtés csökkenti.

Az új szennyvíztisztító telep építészetileg is kiemelkedő kialakítását a látképe szemlélteti.



Az új membrán bioreaktoros szennyvíztisztító telep látképe

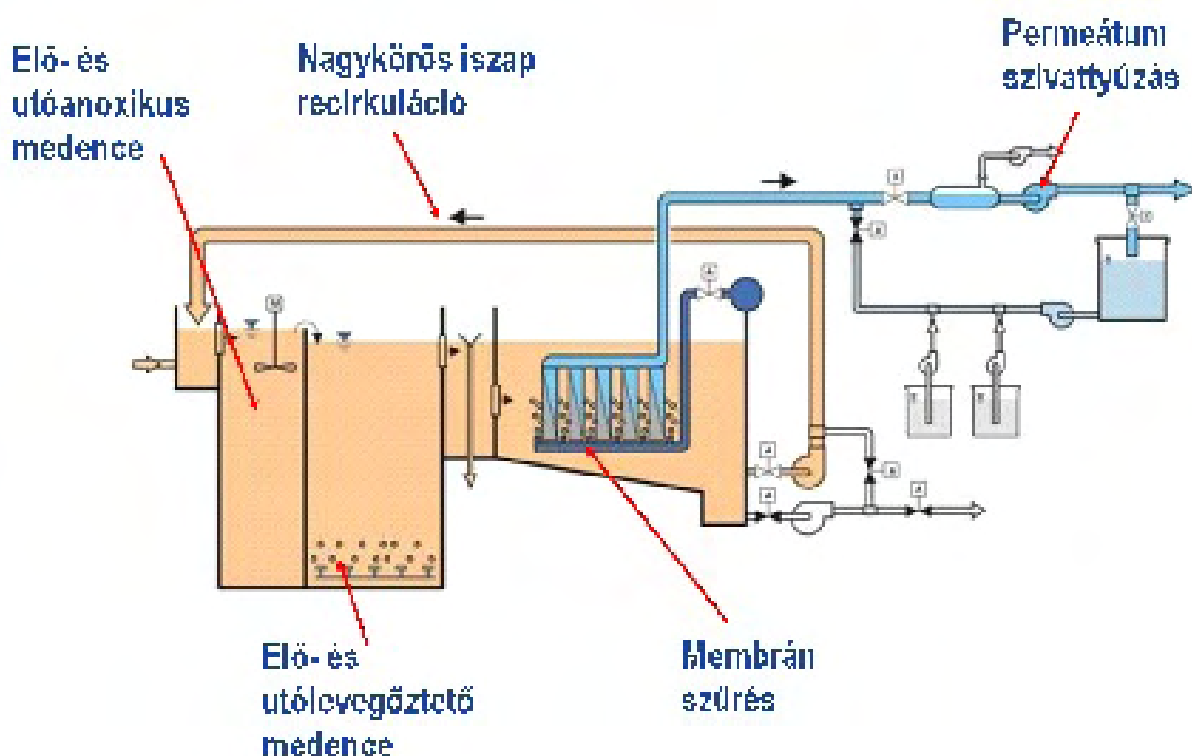
A hagyományos és a membrán technológia közötti eltéréseket az alábbi folyamatábrák szemléltetik:



A budakeszi új MBR szennyvíztisztító telep technológiai elemei a következők:

- Szennyvíz fogadása – átemelés, települési folyékony hulladék (TFH) fogadás-előkezelés 3 mm-es dobszűrővel
- Mechanikai tisztítás: szűrés 5mm-es gépi tisztítású ráccsal, homok- és zsírfogás hosszanti átfolyású légbefúvásos műtárggyal, finomszűrés 1 mm-es forgódobbal, a kifogott hulladékok tömörítésével.
- Kiegyenlítés: a csúcsvíz leválasztása és tárolása 500 m<sup>3</sup>-es átkevert medencében
- MBR biológiai tisztítás két biológiai vonalon:
  - denitrifikáció elő-és utó-anoxikus medencékben, összesen 1500m<sup>3</sup> térfogattal
  - szerves anyagok lebontása és nitrifikáció, összesen 2000 m<sup>3</sup> aerob térfogattal
  - iszap kilevegőztetés 250 m<sup>3</sup> térfogattal
  - tervezett iszapkoncentráció a biológiai medencékben 8-10 kg/m<sup>3</sup>
- Fázissztétválasztás 4 db membrán medencében 4\*2 db ZW500d-48/36 kazettával, új fejlesztésű energiatakarékos LEAP membrán-levegőztetéssel.
- Iszapsűrítés pálcás sűrítőben, iszapvíztelenítés centrifugával
- Víztelenített iszap meszes utókezelése, átmeneti tárolása, elhelyezése.
- Mechanikai tisztításból és iszapkezelésből elszívott bűzös levegő tisztítása biofilterrel
- Épületfűtés hőszivattyúval a tisztított szennyvíz hő-hasznosításával
- A telep építés nélkül fejleszthető a biológiai iszapkoncentráció növelésével és a 48 modul kazettákban további modulok telepítésével a jelenlegi 36 db modulok mellé.

Az MBR technológia az alábbi folyamatábrán feltüntetett módon (4-5)xQ értékű nagykörös iszaprecirkulációval üzemel, ami a denitrifikáció recirkulációját is biztosítja a nitrogén eltávolítás



Az MBR technológia folyamatábrája

igényének megfelelően. A stabil üzemet a 25 napos iszapkor garantálja. A fázisszétválasztást az utolsó bioreaktorba bemerülő membrán modulok biztosítják.

A szennyvíztisztító telep automatizált üzemeltetését PLC-PC irányítja. A tisztított víz főbb jellemzőit online műszerek ellenőrzik, az értékeket a számítógép kijelzi és naplózza.

A 6 hónapos próbaüzem alatt folyamatosan ellenőriztük az üzemi jellemzőket:

- a szárazidei szennyvíz mennyiség 2400 – 2600 m<sup>3</sup>/d volt,
- intenzív csapadékos időben viszont a szennyvíz mennyiség elérte a 4500 m<sup>3</sup>/d értéket
- kis terhelésnél (főleg éjszaka) az oldott-oxigén szint meghaladta a DO=6 – 7 mg/l értéket, a tervezett terhelésre választott fúvók 25 Hz-nek megfelelő fordulatszámokon üzemeltek
- fonalasodás mentes, jól szűrhető, flokkos iszap jellemezte az anox/aerob szelektoros biológiát, a tervezettnél kevesebb fölösiszap keletkezett
- a membrán szűrést jellemző transzmembrán-nyomás értéke TMP <0,06 bar, ami lényegesen alatta marad a tervezett tisztításhoz előírt 0,3 bar értéknek

Ezek a jellemzők lehetővé tették, hogy elvégezzük az MBR technológia finom-szabályozását:

- a biológiában a tervezett 8 g/l iszapkoncentráció helyett átlagosan 6 g/l –el biztosítani lehet a 25 napos iszapkort, amivel megvalósul a teljes nitrifikáció és denitrifikáció, valamint az aerob stabilizált iszappal a szagmentességet üzemelés
- szakaszos levegőztetést vezetünk be oldott-oxigén és időszabályozás alkalmazásával, ezzel biztosítva 1,5 és 2,5 mg/l közötti

üzemi értéket, ennek hatására megszűnt az intenzív uszadék képződés is

- a membrán egységnél a szűrési fluxus be-szabályozásával biztosítható, hogy az átlag vízmennyiség szűrésénél két membrán vonal üzemeljen, a további két vonal a csapadék intenzitás növekedésekor lép üzembe térfogatáram szabályozással
- a membrán szűrés (UF) működése: UF – Relaxáció – UF –Visszamosás (BP) – UF – Relax – UF – BP – UF, ahol a BP természetesen vegyszermentes
- a membránok karbantartó tisztítása (MC) is a tervezett heti kétszeri MC helyett heti egy MC tisztítással üzemel a tervezett NaOCl adaggal
- a membránok tisztításának vegyszer-takarékosságát jellemzi továbbá, hogy 6 évet meghaladó üzemelés után:
  - o nem szükséges a tervezett citromsavas MC alkalmazása
  - o nem volt szükség a 0,5 – 1 évenkénti gyakorisággal tervezett membrán áztatásos - felújító tisztításra (RC), erre eddig két alkalommal (3 évenként) került sor

A PEW Budakeszi Konzorcium a telep technológiájára és valamennyi berendezésének üzemképességére 5 év garanciát vállalt, aminek teljesítését az üzemeltető Fővárosi Vízművek munkatársai által végzett szakszerű üzemeltetés és ellenőrzés segítette.

Az MBR technológia üzemének ellenőrzése többszintű, rendszeres és folyamatos:

- a garanciális időszak alatt a szerződéses partner GE Water a kiépített internetes kapcsolattal rendelkező monitoring rendszeren keresztül ellenőrizte a membrán technológia üzemi paramétereit és erről



havi gyakorisággal monitoring jelentést küldött az üzemeltetőnek

- a garanciális időszakot követően is biztosított a technológiát meghatározó gépek és a membránok szakszerű karbantartása szakcégek által
- az üzemeltető Fővárosi Vízművek által végzett üzemellenőrzések:
  - a folyamatosak, a beépített online műszerek által mért értékek SCADA rendszerben való kijelzésével és archiválással
  - a heti gyakoriságú, a jellemző pontokon vett mintázással és laboratóriumi vizsgálattal az üzemi mért értékek meghatározásával ellenőrzik a telepet

A több mint hatéves üzem jellemzi az előírt határértékeknél lényegesen kedvezőbb tisztított vízminőség biztosítása a következő jellemzőkkel:

Az MBR technológiából a biológiai fölösiszap a tervezettnél megfelelően keletkezett – fajlagosan 0,7 kg szárazanyag/kg BOI – és így a centrifugával víztelenített iszap napi mennyisége heti 5 napos, napi 7 – 8 órás víztelenítéssel, 18 – 20 %-os szárazanyag-tartalommal egy konténernyi, 4 m<sup>3</sup>/d. A stabil iszap jól vízteleníthető, a próbaüzem alatt a szárazanyag-tartalom elérte a 22 – 25 %-ot is.

A víztelenített iszap befogadója a Dél-Pesti Szennyvíztisztító telep iszapvonala, ahol a maradék szerves-anyagból biogáz keletkezik, ami elektromos energia előállítását termel. Az iszap fogadásának feltétele, hogy annak a szárazanyag-tartalma ne haladja meg a 20 % értéket. Ezt megvalósítva a víztelenítés polielektrolit felhasználása 2 – 2,5 g PE/kg szárazanyag értékre csökkent.

A teljes telep fajlagos villamos energia felhasználása: 0.9 - 0.98 kW/m<sup>3</sup>, ami a mérések alapján a jelenleg szárazidőben fogadott és tisztított 2600 – 2800 m<sup>3</sup>/d szennyvízmennyiségre vetített érték. A nagyobb érték a téli, hőszivattyúval együttes energiafogyasztást jellemzi. Az MBR technológiát meghatározó ZW típusú membrán hazai gyártású, az oroszországi gyár a világ legnagyobb membrángyárrá fejlődött az elmúlt 20 évben. A membrántechnológia minden földrészen elterjedt, alkalmazásával biztosítható a tisztított víz újra-hasznosítása és különböző ipari szennyvizeknél a kibocsátás nélküli teljes vízkörzárás.

A tisztított szennyvíz jellemzői a jelenleg előírt és a jövőben várható szigorúbb vízminőségi követelményeket is kielégítik. Az MBR technológia oxigén dús tisztított vize biztosítja a Budakeszi árok megújulását és a befogadó Hosszúréti patak folyamatosan jó minőségű vízpótlását.

	Üzemi mért értékek	Határértékek
KOI (mg/l):	6 - 18	75
Összes Nitrogén (mg/l):	4,4 - 11	25
NH <sub>4</sub> -N (mg/l):	0,04 - 0,2	5
Összes Foszfor (mg/l):	1 - 2,1	5
Zavarosság (NTU):	<0,08	

A klímaváltozás megköveteli, hogy élővizeinkre fokozottan vigyázzunk és megvédjük a szennyeződésektől. Ennek kiváló példája a Budakeszin megvalósított MBR membrán-bioreaktoros technológiával üzemelő szennyvíztisztító telep.

A tisztító telep épületeit, műtárgyait és berendezéseit a csatolt képek szemléltetik. Budakeszi Város Önkormányzata a 2020. évben a külterület 067/18 hrsz. alatti szennyvíztisztító telepet „BUDAKESZI ÉPÍTÉSZETI ÉRTÉKEIÉRT” díjjal ismerte el.

### BUDAKESZI MBR SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEP KÉPEKBE



*A mechanikai tisztítás berendezései: balra léptető-rács, jobbra forgó-dobszűrő*



*Homok és zsírfogó hosszanti átfolyású iker műtárgyban, zárt térben*

### ▶ IRODALOMJEGYZÉK



*Biológiai anoxikus medencék és aerob medencék levegőztetés szabályozással*



Az MBR membrán medencéi – LEAP levegőztetéssel Hőszivattyú



Membrán gépészet: balra: szivattyúház jobbra: biológiai és membrán fúvók



Építészet: épület és műtárgy homlokzatok

## SZERZŐ:



**Boda János:** okleveles építőmérnök, Környezetvédelmi szakmérnök a Mélyép-terv Komplex Zrt. technológus főmérnöke, az igazgatóság tagja.

Több évtizedes munkája során számos hazai és külföldi szennyvíztisztító telepnek és kapcsolódó létesítményeinek az előkészítő, engedélyezési és kiviteli tervezésénél, megvalósulásánál technológus főtervezőként működött közre. Feladatai között szerepelt környezeti hatástanulmányok, uniós és egyéb pályázatok összeállítása, műszaki irányelvek, szabadalmak kidolgozása, kutatás-fejlesztési munkák irányítása is. Speciális szakterülete

a ko-fermentációs iszaprothasztás, a gázmotoros biogázhasznosítás.

Mintegy 100 publikációval, előadással járult hozzá a szakmai ismeretek bővítéséhez.

A MaSzeSz alapító tagja, az MHT csatornázási és szennyvíztisztítási szakosztályának vezetőségi tagja, a Magyar Tudományos Akadémia Vízellátási és Csatornázási Bizottságának a tagja.

Eddigi munkásságát Pro Aqua, Lampl Hugó, Bogdánfy Ödön, Sajó Elemér, Vásárhelyi Pál, Kvassay Jenő díj adományozásával ismerték el.



## 30 éve Magyarországon, 150 éve a világon

A KSB Hungary Kft. a KSB Csoport magyarországi képviselőjeként 1992 óta, immáron 30 éve van jelen a piacon. Az elmúlt 30 év bizalmát ezúton is köszönjük partnereinknek!

A KSB a világ egyik piacvezető vállalkozása a szivattyúk, szerelvények, komplett rendszerek és kapcsolódó szervizszolgáltatások terén. Válassza Ön is a minőséget és a megbízhatóságot, melyet több mint 150 év gyártói tapasztalata garantál.

Tudjon meg többet: [www.ksb.hu](http://www.ksb.hu)

# A SZENNYVÍZTISZTÍTÁS KIALAKULÁSA ÉS JELENLEGI FEJLESZTÉSI IRÁNYAI II. RÉSZ

**DR KÁRPÁTI ÁRPÁD**  
PANNON EGYETEM

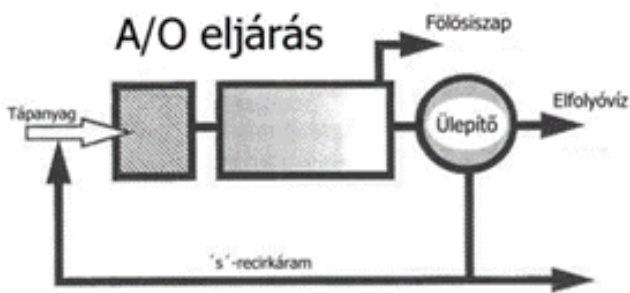
## 1. A NITROGÉNFORMÁK ÉS FOSZFÁT ELTÁVOLÍTÁSA TECHNOLÓGIÁINAK KIALAKÍTÁSA

A múlt század 60-as éveinek elejére a biológiai szennyvíztisztításnak, vagy eleveniszapos szennyvíztisztításnak, amely annak meghatározó részévé nőtt, az alapjai gyakorlatilag ismertté váltak és alkalmazásra, a technológiai fejlesztések során bevezetésre kerültek. Egy ideális kommunális szennyvíztisztító ennek megfelelően egy nagyterhelésű eleveniszapos lépcső, majd azt követő nitrifikációs rész együttese volt. A szerves anyag eltávolításához viszonylag rövid tartózkodási időt kellett csak biztosítani a levegőztető medencében. Egy utónitrifikációs medencetér, vagy csepegtetőtest ilyenkor a kis szerves anyag terhelés eredményeként nagyon hatékonyan biztosíthatta a nitrifikációt, valamint a maradék vagy nehezen bontható szerves anyagok utótisztítását. Tisztán eleveniszapos kialakításnál a levegőztető medencét viszont számtalan kisebb egységre lehetett osztani a levegőbevitel, illetőleg a nitrifikáció optimalizálására. Az üzem tisztítási hatékonysága és gazdaságossága érdekében ez világszerte általánossá vált. Az előülepítést hasonló célból nagyon sokszor szükségtelennek találták, és ezzel javították az eleveniszapos rész tápanyag

ellátottságát, illetőleg a denitrifikáció lehetőségét a rendszerben. Az utóbbihoz az eleveniszap mennyisége szükségszerűen módosult, mintegy másfélszeresére kellett növekedjen (hasonlóan az iszapkoré is) illetőleg a fajlagos fölösiszap hozam mennyisége csökkent valamelyest, de az iszap végső feldolgozására továbbra is az anaerob iszaprohasztó maradt, amely a metán révén a szerves anyaggal érkező energia egy részét ismételtén hasznosíthatóvá tette a szennyvíztisztítóban.

A múlt század hatvanas éveire bebizonyosodott, hogy míg az szerves anyag és az ammónium oxidációjához elengedhetetlen az oxigén, míg az utóbbiból keletkező nitrát redukációjához éppen annak a hiánya, vagy korlátossága szükséges. A két különböző környezet biztosításához folyamatos szennyvíz betáplálásnál egyetlen levegőztetett medence elégtelen. A hatásos denitrifikációhoz tehát ilyenkor elkülönített iszapos térfogatokat kell biztosítani. Mivel a nitrát redukációját is a szerves anyag oxidációját végző mikroorganizmus csoportok (heterotrofok) végzik, az oxigénhiányos (anoxikus) medencetérnek meg kell előznie a levegőztetett medencetérnek.

Abban megfelelő keverést is kell biztosítani, ugyanakkor az utóbbiban keletkező nitrátot vissza kell vinni a nem levegőztetett első térrészbe (elődenitrifikáció) a redukcióhoz. A denitrifikáció szerves tápanyag igényének, sebességének a biztosítása a szerves anyag oxidáló heterotrófokkal így biztosítható optimálisan (1. ábra).



**1. ábra.** Folyamatos betáplálású eleveniszapos szennyvíztisztító elődenitrifikációval, nagykörös nitrátreciklációval és nem hagyományos fülesiszap elvétellel (Fazekas et al., 2014).

Az ilyen megoldás szükségessé teszi az utóülepítőt. Megoldható ugyanakkor az utóülepítés a levegőztető medencében is, ha 2-3 párhuzamosan üzemelő, ciklikus betáplálású (SBR) egységgel kerül a szennyvíztisztítás kialakításra. Ráadásul ekkor a betáplálási szakasz hosszabb-rövidebb részében szükségtelen a levegőztetés (anoxikus szakasz), vagy akár több szakaszban is vihető be friss nyers szennyvíz a denitrifikáció fokozására. Az ilyen megoldások azonban a szabályozás fejletlensége miatt inkább csak a múlt század nyolcvanas éveit követően kerültek kiépítésre.

A denitrifikáció fejlesztési vonalát valamelyest megzavarta a század hetvenes éveitől a foszfát fokozottabb eltávolításának az igénye. A jelentősebb foszforkibocsátás hatására ugyanis az eutrofizáció erősen fokozódott olyan területeken is, amelyeken korábban ennek a kellemetlen

szerves anyag vagy algatermelésnek a hatásait még nem érzékelték. A Balti- és az Északi-tengeren, amely Angliából, Hollandiából, Németországból és Dániából kapta a vízszennyezését, nagyon jelentős algavirágzást vagy algarobbanást tapasztaltak, amely egyértelműen a szennyvizekkel megnövelt nitrogén terhelés eredménye volt. Ennek az új problémának a kiküszöbölésére, megszüntetésére szükségessé vált a szennyvíztisztítási technológiák további fejlesztése, valamint a foszfor eltávolításának olcsóbb, egyszerűbb módszerrel történő biztosítása.

A befogadók foszfor terhelésének csökkentésére szerencsés felismerés volt a szennyvíztisztításnál a múlt század hetvenes éveinek elején, hogy a viszonylagosan főlöslégekben érkező foszfát megfelelő eltávolítása nem csak annak a vegyszeres kicsapatásával lehetséges, hanem speciális rendszerkialakítással, többletfoszfor felvételére alkalmas ugyancsak heterotrof fajok elszaporításával is lehetséges. Ezek kis móltömegű illó savak (elsősorban ecetsav) oxigén és nitrátmentes környezetben történő felvételével, betárolásával kerülnek versenyelőnybe a nagyobb részarányt képviselő többi heterotrof fajokkal. Speciális tápanyag betárolásuk (poly-hydroxi-alkanoátok) energiaigényét a sejteikben (foszfor akkumuláló heterotrofofok – PAH) felhalmozott polifoszfátok depolimerizációjából származó energiával fedezik. Természetesen ekkor a depolimerizált foszfát a vízfázisba kerül. Ezt követően viszont nitrátos, vagy oxigénes környezetbe kerülve képességük fokozására még több orto-foszfátot vesznek fel a sejteikbe, s polimerizálják azt a ciklus rendszeres folytatásához. A heterotrofofok átlagos 1,5 %-nyi foszfor tartalmához képest a PAH fajok annak a 10-20 szorosát is képesek felvenni, s ezzel a kevert iszap foszfor tartalmát



**2. ábra.** Folyamatos betáplálású eleveniszapos szennyvíztisztító foszfor és nitrogéneltávolító technológia nagykörös iszapcirkulációval és belső körös nitrárecirkulációval.

a 3-4-szeresre növelni. Ez viszont biztosíthatja a lakossági szennyvíz teljes foszfát tartalmának a főlösiszapba vitelét. Ehhez azonban elengedhetetlen, hogy az anaerob környezetet biztosító iszapos tér a medencesor első egysége legyen az érkező nyers szennyvíz fogadásával. A biológiai többletfoszfor eltávolító technológiák kiépítésére éppen ezért 1972-től, kombinálva a denitrifikációval számos több lépcsős kialakítással is sor került, melyeknek talán legegyszerűbbike a 2. ábrán látható (Fazekas et al., 2014).

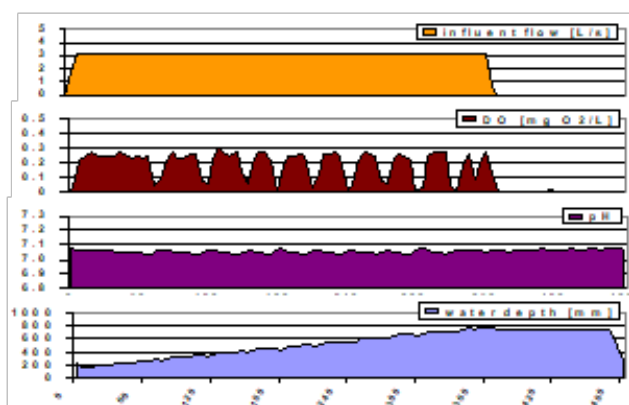
A fokozott nitrogén és foszfor eltávolításhoz azonban a biológiai tisztításnál fokozott mennyiségű szerves szén kell, ami egyértelművé tette, hogy a kommunális szennyvizek ilyen tisztítási folyamatait optimalizálni kell a szerves szén felhasználása tekintetében. Az erre vonatkozó kutatások jelenleg is folyamatban vannak. Emellett a fenti elven működő reaktorkombinációk, vagy inkább cikluskialakítások szakaszos betáplálású megoldásokkal is megvalósításra kerültek.

Az SBR rendszerek időben ciklizált (betáplálású és levegőztetésű), szakaszos üzemű instacioner rendszerek melyeket több párhuzamos reaktoral kell kiépíteni. Egy időben rendszerint csak egy egységbe történik nyersvíz betáplálás. A reaktorokat valamilyen program szerint feltöltik, keverik,

levegőztetik, ülepitik, majd leürítik – hasonlóan a korai eleveniszapos rendszerekhez. Így biztosítottá válik, hogy a biológiai reakció szakasza és hogy az ülepités után tiszta és megfelelő mértékben kezelt víz legyen elvehető a tisztítóból. Ezen fázisok időtartamával, illetőleg a felsorolt műveletek idejének, sorrendjének változtatásával optimalizálva a mikroorganizmusoknak szükséges körülményeket optimalizálható a tisztítás hatásfoka is. A laboratóriumi körülményektől kezdve egészen a nagy volumenű, városokat kiszolgálni képes üzemméretig az alkalmazások teljes skálájában működtethető az ilyen változatnál is a szennyvíztisztítás.

A korábban említett ammónium jobb hatásfokkal történő eltávolítása a nitrifikációs/denitrifikációs úton túl a rothasztás meleg iszapvizéből napjainkban már energiatakarékosabban is történhet. Erre viszont megint csak a nagy szennyvíztisztító esetében adódik lehetőség. Ennél a nitrogéneltávolítás csak autotrof mikroorganizmusokkal történik (nitritálók és anammoxok), melyekhez nem kell szerves anyag sem, viszont valamiből szükségük van szaporodásukhoz hidrogénkarbonátra. Ilyenkor két ammónium ion nitrogénje inertizálható másfél molekula oxigénnel, ami fele a nitrifikáció/denitrifikáció fajlagos oxigénigényének. Az Anammox fajok

elszaporítása ugyanakkor nagyon lassú, rendkívül szabályozásigényes. A megoldás jelentőségét az is csökkenti, hogy a szennyvíztisztítóba kerülő ammóniumnak csak alig valamivel több, mint 10 %-a kerül rögzítésre a szennyvíziszapba. A felének a metánná és széndioxiddá alakulása során így csak mintegy 5 %-a kerül be az iszapvízbe, hogy abból az említett, tengereinkben évmilliárdokkal ezelőtt bőségesen jelen volt Anammox mikroorganizmusokkal inertizálódjon elemi nitrogénné. Magát a technológia speciális iszapvíz betáplálással SBR üzemmódban sikerült megvalósítani 2004-2006 között Ausztriában, majd Hollandiában. Rendkívül kényes a mezofil hőmérsékletre, a pH-ra és a szabályozásra is, ezért hazánkban csak két szennyvíztisztítóban került eddig kiépítésre. Külön érdekessége, hogy az anammox iszap rózsaszín-piros színű apró golyócskába granulálódik. A világon elsőként kiépített Straas-i anammox egység és szabályozása a 3. ábrán látható.



A jelenlegi fejlesztések kívánatos eredménye lehet, ha ezt a megoldást a tisztítás főágán is alkalmazni lehetne, amihez azonban a ott a szennyvíz hőmérséklete, nagy szerves anyag, ugyan akkor kis ammónium tartalma, no meg a szabályozás szinte megoldhatatlan kivitelezése sem ad lehetőséget.

## 2. INTENZÍV ANAEROB SZENNYVÍZTISZTÍTÁS KIALAKÍTÁSA.

Az anaerob iszaprohasztás felismerését, kidolgozását követően hosszú ideig úgy tűnt, hogy ennek az iszap-feldolgozási vagy szennyvíztisztítási módszernek már nincs további fejlesztési lehetősége. A megfelelő fűtött anaerob iszaprohasztók szintjén megállt a fejlesztés. A 70-es évek elejétől azonban ez a terület is újra fejlődésnek indult. A lehetőségekre a korábbi vizsgálatoknál ugyan már voltak jelek, de az igazi áttörést a 70-es évek eredményei jelentették. Ekkor tisztázódott az anaerob iszaprohasztás többlépcsős mechanizmusa, melyben három kölcsönösen vagy szintropikusan együtt élő mikroorganizmus csoport végzi a nagy molekulatömegű szerves anyagok metánná és széndioxiddá történő alakítását. A három mikroorganizmus csoport tevékenységének, kölcsönhatásának pontosításával vált lehetővé olyan speciális iszapkezelési technika, majd később nagy koncentrációjú, elsősorban oldott természetes szerves tápanyagokat tartalmazó élelmiszeripari szennyvizek tisztítására alkalmas módszer kidolgozása, amely később más ipari szennyvizek tisztítását is jelentősen

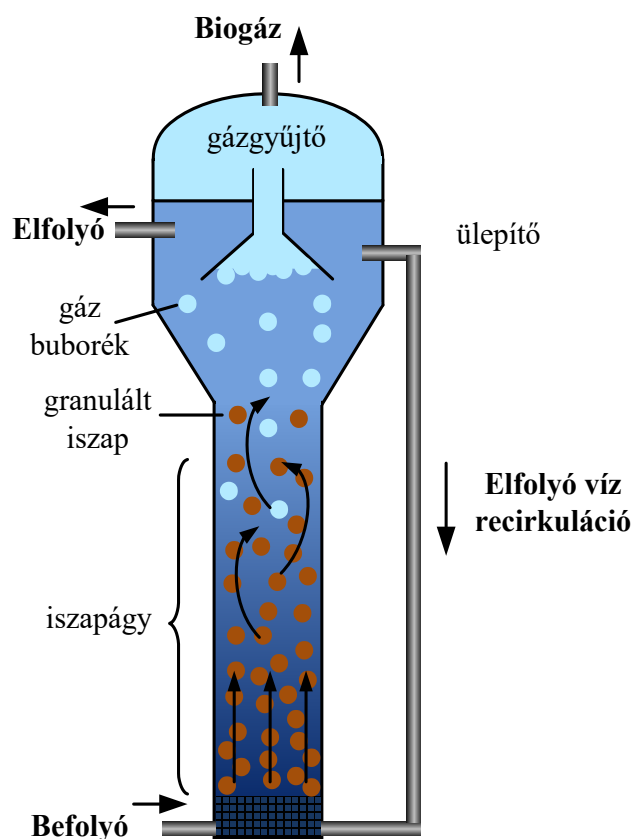
**3. ábra.** Szeparált nitrogéneltávolítás az iszaprohasztás iszapvízéből a Straas-i (Ausztria) előülepítőből átalakított SBR üzemű deammonifikálóban. Grafikonok: iszapvíz feladás, oldott DO koncentráció, pH és folyadékmagasság alakulása a 8 órás ciklusnál.



átalakította. Korábban az ilyen szennyvizek tisztítása az eleveniszapos rendszerekre hárult és azokban nagyon sok esetben iszapduzzadást eredményezett. A csepegtetőtesteknél ezzel szemben a nagy terhelés eliszaposodást, eltömődést okozott. Az új megoldással az iszap, vagy tömény szennyvíz anaerob feldolgozása optimalizált körülmények között történt, sokkal nagyobb térfogati terheléssel, mint a korábbi rothasztóknál.

Az első ilyen megoldásoknál az iszap rothasztását jól, rosszabbul átkevert tankreaktorokban végezték. Esetenként az ilyen tisztításnál iszaprecirkulációt is alkalmaztak a jobb keverés, összetétel kiegyenlítés érdekében. A hetvenes évek elejétől ilyen, tömény (lebegőanyag mentes, 5000 mg KOI/liternél töményebb) élelmiszeripari szennyvizek gyors fermentációját lebegtetett vagy fluid iszapágyas reaktorokban végezték. Később továbbfejlesztésük az expandált ágyas megoldásokhoz vezetett (Lettinga et al., 1980, Winter, 1984), melyekben a kedvező hidrodinamikai körülmények, valamint a mikro-tápanyag ellátottság optimalizálásával a különböző mikroorganizmus fajok olyan együttese alakulhatott ki, melyek optimális lebontási sebességet, s egyidejűleg különösen sűrű (60 g/l), úgynevezett granulált iszapot eredményeztet. Ez tízszerese iszapkoncentráció az aerob eleveniszapos rendszerekének. Értelemszerűen térfogati teljesítményben is azokénak a tízszeresére lett képes. A kedvező, expandált ágyas reaktorkialakítás a 4. ábrán látható.

Valójában ez volt az első eset, amikor iszapgranuláció, s annak a kedvező hatása jelentkezett a szennyvíztisztításnál. Az ekkor keletkező iszapgolyócskák viszonylag nagyobb, stabil képződmények. Színük a környezetnek megfelelően



**4. ábra.** Expandált granulált iszap ágyas reaktor (EGSB) (5-10, de néha 20 m/h folyadék feláramlási sebesség mellett az ábráról lehangzott gázrecirkuláció is gyakorlat).

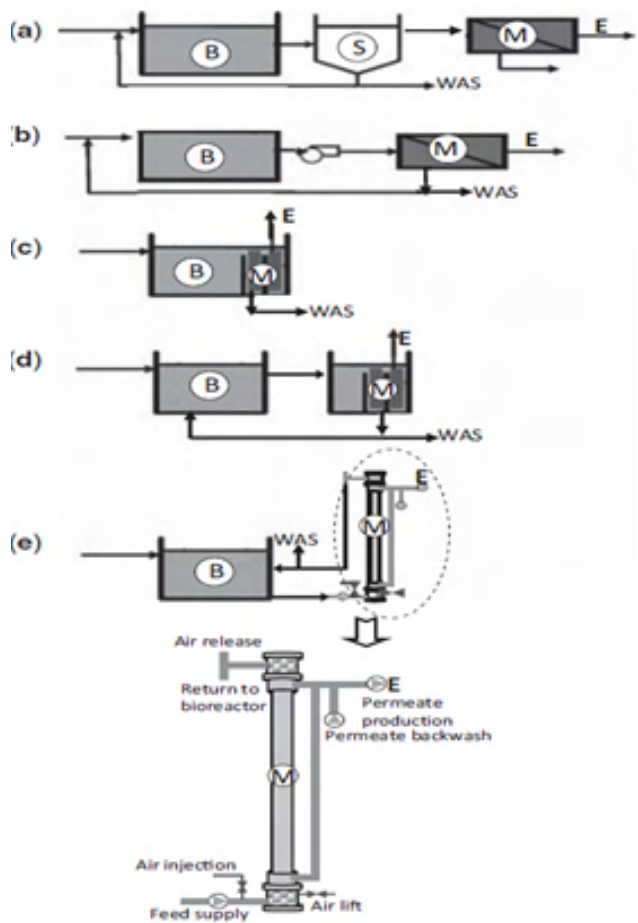
egyértelműen fekete. Egységeik térfogati terhelhetősége az eleveniszapos tisztítókének a tízszerese is lehet. Ennek megfelelően tömény élelmiszeripari szennyvizek intenzív anaerob előtisztítására bizonyultak elsősorban alkalmasnak. Egyéb ipari szennyvizeknél (bőr, papír, gyógyszeripar) sajnos érzékeny a granulom a lemergezésekre. A tisztított vizekben maradó szerves anyag koncentrációja is elég jelentős, amiért arra további aerob tisztítás kiépítése elengedhetetlen (Fazekas et al., 2014).

### 3. ISZAPÜLEPÍTÉS CSERÉJE ULTRASZŰRÉSRE

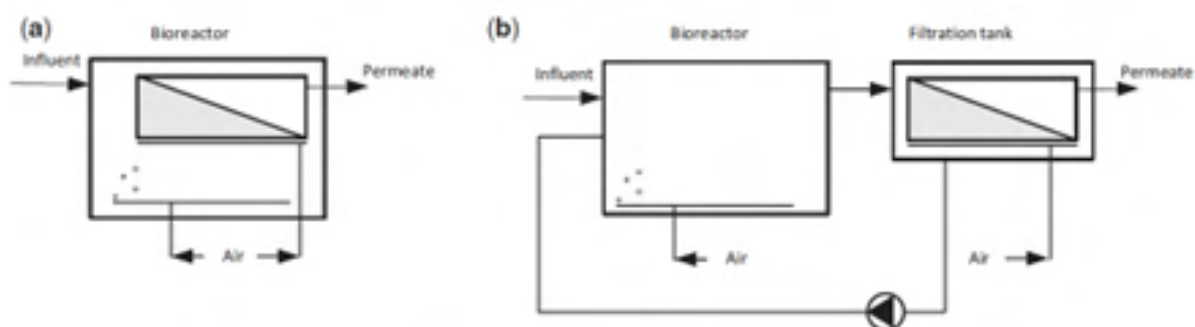
A korábbi évtizedekben kizárólagosan gravitációs ülepítéssel különítették el a tisztított vizet a szennyvíziszaptól. A múlt század kilencvenes éveinek elejére azonban a szűrőmembránok fejlődése révén már lehetőség adódott az ultraszűréssel történő iszapvisszatartásra is. Lévéen a szűrő résmérete 0,02-0,04 mikron közötti, jobb iszap és makromolekula szeparációt, s azzal jóval tisztább elfolyóvizet biztosít. Igaz ez a mikrobiális fertőző ágensek visszatartására is. Az ultraszűrőn keresztül már gyakorlatilag csak a vírusok juthatnak ki a szennyvíztisztítóból. A membránszűrős (ultraszűrős), iszap-szeparációs biológiai szennyvíztisztítókat általánosan membrán bioreaktoroknak (MBR) nevezik. Emellett azonban a membránok egyéb beépítési lehetősége is ismeretes a szennyvíztisztításba, például a gazdaságosabb levegőztetés érdekében, amely azonban ma még nem tekinthető általánosan alkalmazottnak (legutolsó fejlesztés).

Az eleveniszap membrános szeparációjának az öt ugrásszerű fejlődéséről, gyakorlati kiépítéséről mintegy három évtizede beszélhetünk (Yamamoto et al. 1989). A fejlődés menetét az ötödik ábra szemlélteti. Kezdetben a gravitációs ülepítés után további lebegőanyag eltávolításra (harmadfokú tisztítás) próbálták beépíteni a tisztításba (5.a ábra). Nagyjából egyidejűleg került beépítésre az utóülepítés helyére a membránszűrő (5.b ábra). A levegőztető medencébe történő behelyezése, s a tisztított víz membránszűrőből történő eltávolítása volt persze igazán forradalmi lépés (Yamamoto et al. 1989) (5.c ábra). Hamarosan kialakult ezután annak egy szeparált térben történő elhelyezési változata is (5.d ábra). Az első megoldás nagy

üzemméretnél, híg szennyvizek esetében költségtakarékosabb, míg a második a kisebb, töményebb vizeket tisztító egységeknél. Az utóbbi változat fejlesztésében jelenleg a membránfelület air-lift jellegű folyamatos felülettisztítása az egyik utolsó előrelépés (Pearce, 2008) (5. e ábra).



**5. ábra.** A szűrőmembránok beépítési lehetősége az eleveniszapos tisztítóba: a- hagyományos AS megoldás utólagos szűréssel (harmadfokú tisztítás), b- membránszűrés gravitációs ülepítés helyett, c- iszapos medencébe merülő membránszűrő, d- elkülönített térben történő iszapszűrés, e- levegőztetett szűrőcsöves, elkülönítetten kiépített membránszűrés. B = bioreaktor, S = gravitációs iszapülepítő, M=szűrőmembrán, E = tisztított víz (permeátum), WAS = eltávolított fölösiszap



6. ábra. A szűrőmembrán iszapos vízbe történő beépítésének a két változata.

Az MBR szennyvíztisztítás nagyarányú terjedése a jövőben a víz újrafelhasználása érdekében az elérhető előnyök eredménye (Bérubé, 2010). Különösen az utóbbi két évtizedben épültek nagy számban mind régi eleveniszapos üzemek felújítása, mind azok kapacitásnövelése során. Napjaink gyakorlata azt mutatja, hogy az aerob szennyvíztisztításnál az eleveniszap mikro-, vagy ultraszűrése (MF ill. UF) elsősorban a nagyobb telepeken kerül kiépítésre. Az 5. ábra az iszapos vízbe merülő ultraszűrők és a bioreaktor kombinációjának lehetőségeit mutatja be. Természetesen a bioreaktor egy teljes szerves anyag oxidációt és N és P tápanyag eltávolítást végző MBR tisztítóban a hagyományos eleveniszaposakéhoz hasonlóan több reaktortérből kell kiépülnön (A2/O rendszerben).

Az a megoldással kisebb medencetérfogat (alapterület igény) és nagyobb iszapkoncentráció érhető el. Ennél az iszapos víz recirkulációja sem jelent költséget. Kis telepeknél akár a membrán alsó levegőztetése is biztosíthatja a biológia oxigénigényét. Az ultraszűrő szeparált medencetérbe történő elhelyezése – b megoldás- viszont lehetővé teszi a nagymedence térrészekre osztását (anaerob, anoxikus), lehetővé téve a jó denitrifikációt és biológiai többlet-foszfor eltávolítást is. Ekkor a szűrés és biológia

külön-külön is optimalizálható. Így a vízhozam ingadozása is valamivel jobban kompenzálható a szűrés tekintetében.

Az MBR tisztítóknál a durva darabos vagy szálás anyagrészek előzetes eltávolítása a szennyvízből elengedhetetlen. A nagyobb tisztítóknál ez egész műveletsort is jelenthet, de a közepeseknél rendszerint csak egy mechanikus szűrés. A membrán előtt azonban az 1-3 mm résméretű szűrők beépítése mindenképpen ajánlatos. Leggyakrabban kettős szűrést is végeznek, amikor az első 2-6 mm résméretű, míg a második 0,5-3 mm-es. Rendszerint közöttük építik be a homok és zsírfogást. A zsír különösen hidegben blokkolhatja a szűrőfelületet. Ettől függetlenül a membránfelület folyamatos eltömődése, illetőleg megakadályozása az üzemeltetés meghatározója. A szűrés stabilizálására a membrán felületét folyamatosan durva levegőbuborékokkal történő folyadékkeveréssel tisztítják. Ezen túl a membrán eltömődését megakadályozandó rendszeres (ciklikus) membrán visszamosást, vegyszeres tisztításokat is kell az üzemeltetésnél alkalmazni.

A membránszűrés esetében a rendszerben kialakuló iszap mikrobiális összetétele hasonló a hagyományos eleveniszapéhoz, viszont annak

#### 4. MOZGÓ ÁGYAS BIOFILMES REAKTOROK (MBBR), HIBRID RENDSZEREK KIALAKÍTÁSA

a pelyheinél sokkal finomabb szerkezetű kolloid rendszert képez. A szűréssel elérhető, hogy a medencék iszapkoncentrációját akár 20 g/l nagyságúra, tehát az eleveniszapénak a négy-szeresére is növeljék, ami elvileg a térfogati teljesítményt is így növelhetné. A gyakorlatban azonban 10-12 g/l körül megállnak a membrán eltömődésének csökkentése, valamint a jó levegőellátás (oxigén) érdekében. Ezzel is mintegy 1,5-2 kg KOI/m<sup>3</sup>d tisztítóteljesítményt lehet így elérni. Ez azt is jelenti, hogy az MBR kiépítés már mintegy 70 %-os területigénnyel megoldható, mint a hagyományos eleveniszapos. Ezzel szemben az ultraszűrők ára még napjainkban is elég jelentősre növeli az ilyen rendszerek beruházásigényét. Ehhez a levegőellátás eleveniszaposénál nagyobb fajlagos költsége, és egyéb üzemeltetési költségek is elég jelentősek. A membránszűrő ciklusában folyamatosan gondoskodni kell az iszapréteg vastagságának csökkentéséről, a szűrőteljesítmény minél hosszabb ideig történő fenntartásáról. A gyakorlatban legtöbbször alkalmazott megoldások a következők:

- Levegőárammal történő membránfelület tisztítás iszapoldalon,
- Időszakos szűrés leállítás levegőztetés mellett,
- Adsorbens/koaguláns bevitele az iszapba (aktívszén ajánlott),
- Membrán visszamosás, vegyszeres membrántisztítás, mechanikus tisztítás.

A membrános iszap-szeperációval ugyanakkor a lakossági szennyvizekből egy további újrafelhasználásra, sokkal kevesebb költséggel hasznosítható tisztított vizet lehet előállítani.

A biofilm nitrifikációt végző mikroorganizmusok koncentrálására történő hasznosítását már a csepegtetőtestes szennyvíztisztításnál is érzékelték. Később, amikor a műanyag hordozólemezeket mártottak be eleveniszapos medencékbe, ugyancsak tapasztalták ugyanezt. Célszerűnek látszott tehát olyan eleveniszapos – biofilmes hibrid rendszerek kialakítása, melyek mindkét változat előnyeit maximálisan érvényre tudják juttatni. A múlt század nyolcvanas éveitől kezdve végül norvég kutatóknak sikerült olyan kis méretű műanyag elemeket, hordozókat gyártani, melyek az eleveniszapos folyadékkeverékben mozogva, lebegve, jó oxigénellátást tudtak biztosítani a biofilmnek, s az eleveniszap résznek egyaránt (Fazekas et al., 2015). Lehetővé tették a maximális sebességű szerves anyag eltávolítást a mobil iszapréteg révén, valamint a hasonló nitrifikációt a biofilm révén. A biofilm részben a denitrifikációt is javította, de megfelelő anoxikus terek kialakításával és nitrátrecirkulációval az eleveniszap hagyományos A2/O rendszerű forgatásával még tovább csökkenthették a tisztított víz nitrát tartalmát. Anaerob/anoxikus/oxikus medencesor esetén az anaerob medencébe teljesen szükségtelen a biofilm hordozó, de akár az anoxikus medencéből is elhagyható az. A mozgó ágyas biofilmes reaktoroknak (MBBR) az alapvető előnye a rögzített filmes rendszerekkel szemben, hogy ez biztosítani tudja a biofilm és az eleveniszap előnyeit is, miközben a már említett gátló hatások sokkal kevésbé érvényesülnek, éppen a biofilm folyamatos mozgása következtében.

A biofilm hordozón kialakuló iszap arról ciklikusan le is mosódik, de jelentős hányadát

képezheti így is a reaktorterekben kialakuló iszaptömegnek. Ennek megfelelően az utóbbi iszaphányad nem terheli folyamatosan az utóülepítőt, ami ugyancsak kedvező annak az üzemeltetésénél. Általános, hogy a biofilm hordozókkal ilyenkor a reaktoroknak mintegy harmada – fele van megtöltve, míg a többi rész szabad folyadéktérfogat. A hordozó kihordásának, vagy kimosásának a megakadályozására azonban a reaktorok megfelelő felületein, tereiben valamilyen szűrő szerkezetet kell kialakítani. Emellett a biofilmnek a hordozó részecskék felületről történő megfelelő eltávolítását is biztosítani kell. Az elárasztott biofilmes rendszereknél és a mozgó ágyas rendszereknél is egyaránt érvényesül a biofilmnek az az előnye, hogy a biofilm különböző rétegeiben különböző környezeti feltételek kialakulása révén speciális mikroorganizmus csoportok tevékenységére, akkumulációjára ad ott lehetőséget. A mozgó biológiai töltet ugyanakkor lehetővé teszi a nagyobb fajlagos felület kialakítását a folyadéktérben, növelve ezzel a biofilm felületét, és a biofilmes rendszer térfogati teljesítményét.

A mozgó biofilm-hordozó biofilm rétegének a környezetében sokkal nagyobb folyadékáramlás, turbulencia biztosítható, mint az egyszerű, elárasztott ágyas statikus (rögzített) biofilmes rendszer esetében. Ez azt eredményezi, hogy a mozgó biológiai hordozónál sokkal kisebb a túlvastagodás, és ezzel a reaktor visszamosási igényének a jelentkezése. Szükségszerű az is, hogy a mozgó ágyas biológiai hordozóknál talán még a rögzített ágyasokéhoz képest is lényegesen kisebb a hidraulikus ellenállás, tehát a folyadék átfolyásának a nyomásvesztesége. Az ilyen biofilmes reaktorok legfőbb előnye az eleveniszapos rendszerekkel szemben ugyanakkor mégis csak az, hogy a biofilmben kialakuló

biomassza helyben marad a reaktorban. Annak az ülepítésére, szeparációjára nem kell külön ülepítő-térfogatot tervezni. Ez viszont azt is eredményezi, hogy a biofilmben kialakuló átlagos iszapkor lényegesen növekedik a közvetlen átfolyású (bár recirkuláltatott) eleveniszapéhoz képest. A biofilm így a nagyobb iszapkorá révén mind a nitrifikációra, mind a nehezen bontható szerves anyagokhoz történő adaptációra is sokkal alkalmasabb. Mindezek eredményeként a mozgó ágyas bioreaktorok nem csak a hagyományos utóülepítési technikával kombinálhatók, hanem az eleveniszapjuk szeparációja más, modernebb megoldással, ultraszűrővel is szóba jöhet.

A mozgó ágyas biológiai reaktorok változatosságát éppen az teszi lehetővé, hogy a medence kialakítás nagyon sokféleképpen megoldható. De talán ennél is lényegesebb, hogy a korábban épített biológiai medencék minden nehézség nélkül átalakíthatók ilyen töltetes, mozgó ágyas biológiai reaktorokká. Ilyen esetben azok iszaptömege, vagy együttes eleveniszap és biofilm tömege az eleveniszaphoz képest, a levegőztetett medencében lényegesen megnövelhető. Az utóülepítőt ugyanakkor csak az eleveniszapos rész, illetve a biofilmből leszakadó minimális iszaptömeg fogja terhelni. Ilyen értelemben megnövelhető egy utóülepítő medence hidraulikus terhelése különösebb térfogatnövelés, vagy konstrukciós átalakítás nélkül is.

A mozgó biológiai töltet előállításában és forgalmazásában kedvező adottságai miatt jelentős verseny alakult ki. Sokféle anyagból, formai kialakítással készíthettek ilyen biofilm hordozót (töltőanyagot). Fontosnak bizonyult, hogy a sűrűségük, méretük ne legyen túlzottan nagy, tehát könnyen mozogjanak a folyadékfázisban.

Norvég kutatók a fejlesztést a 1980-as évek közepén kezdték, talán annak érdekében, hogy az Északi-tenger, Balti-tenger nitrogén terhelését tudják majd a biofilmes nitrifikációval, denitrifikációval csökkenteni. Felismerték, hogy az ammónium oxidációjára, s a nitrát eltávolításra a legegyszerűbb és leggazdaságosabb megoldás a kompakt, viszonylag kisméretű, de nagy fajlagos felülettel rendelkező biofilm hordozó kialakítása lehet (Odegaard et al., 1991). A 80-as évek végén Norvégiában azután megindult a különlegesen strukturált, egyidejűleg viszonylag kisméretű biofilm hordozók gyártása. A norvég hordozót a „Kaldnes” néven ismerte meg a világ, de ma már nagyon sok helyütt gyártanak ahhoz eléggé hasonló termékeket. A múlt század 80-as éveinek végén kialakított Kaldnes töltet eredményessége azután hamarosan a mozgóágyas biofilmes technológia szabadalmaztatását, majd sikeres gyakorlati megvalósítását is eredményezte 1989-ben. Hamarosan felismerték azt is, hogy ha az ilyen mozgó biofilmes rendszer sikeres lehet a lakossági szennyvizek tisztításánál, az ipariaknál is sikert érhet el. Azoknál a mikroorganizmusoknak még hosszabb adaptációs idő, vagy tartózkodási idő kell a szennyvíztisztító rendszerben a szerves anyag bontásához. Ilyenek bizonyultak a papíripar szennyvizei, melyekben a cellulóz és a rövidebb szénláncú fragmentumai jelentettek lebontási problémát a mikroorganizmusok részére. A norvég cég, illetőleg a világ különböző részein támadt versenytársai azután nagyon sokféle biofilm hordozót készítettek a következő időszakban. Természetesen a fajlagos biofilm hordozó felületet igyekeztek maximálni a belső strukturáltság növelésével, illetőleg ezeknél is finomabb szerkezetű vékony hordozólemezek kialakításával (6. ábra). A Kaldnes töltet fajlagos felülete 500-1000, míg a vékony pénzérméhez

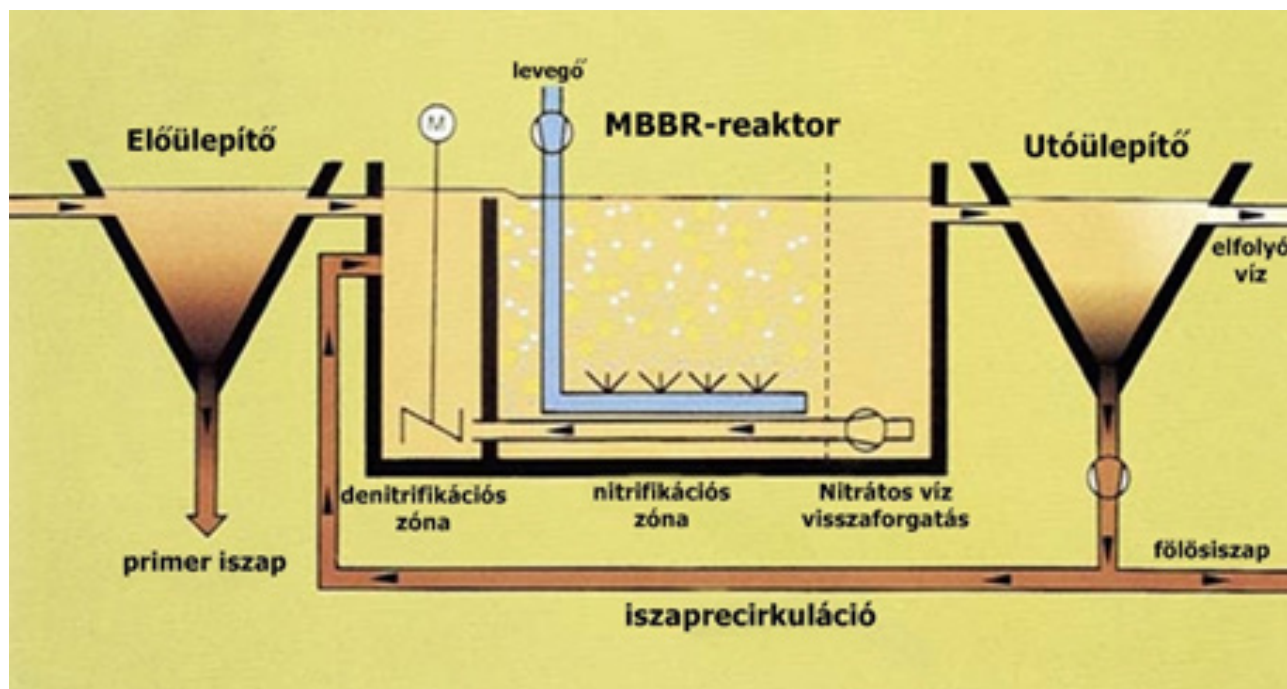
hasonlító, még strukturáltabb, vékony biochip lemezekké  $3000 \text{ m}^2/\text{m}^3$ .



**7. ábra.** Klasszikus Kaldnes töltet (fenti kép), valamint többretegű biofilm hordozó a legkorszerűbb biochip lemezekkel (bal oldali kép).

Az ilyen biofilm hordozóval működő hibrid rendszereknél a hordozó nagy fajlagos felülete ( $500-1000 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ), és viszonylagosan nagy töltet hányada (30-65 %) eredményeként jelentősen csökkenthető a lebegő szennyvíziszap koncentrációja is a levegőztetett medencékben. Napjainkra ez a korábbi  $2500 \text{ mg/l}$ -ről  $1500 \text{ mg/l}$  közelébe csökkent. Ezzel nőtt a biofilm hányad, a biofilm levegőellátása, s a nitrifikáló kapacitás is. A tisztító kiépítésének elve a 7. ábrán látható.

Az MBBR tisztítás a Kaldnes-3 töltettel mintegy  $300 \text{ m}^2$  fajlagos felületet jelent a tisztító minden köbméter térfogatában. Teljes nitrifikáció az ilyen megoldásnál  $5 \text{ g BOI}/\text{m}^2\text{d}$  szerves anyag terhelés esetén biztosítható. Ez azt jelenti, hogy  $1,5 \text{ kg BOI}/\text{m}^3\text{d}$  terheléssel megfelelően működik a tisztítás, ami mintegy  $2,25 \text{ kg KOI}/\text{m}^3\text{d}$  térfogati teljesítményt jelent, tehát nagyobb, mint amilyen a hagyományos



8. ábra. A mozgó ágyas hibrid bioreaktorok elvi kialakítása.

eleveniszapos tisztítás (Odegaard és társai, 2000).

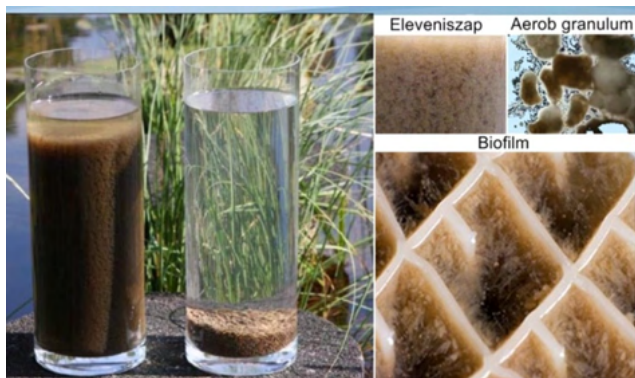
Hidegebb környezetben a biofilm jobb adaptációt biztosít, így a hidegtűrése is jobb. Az eleveniszapra jellemző nitrifikáció csökkenés a biofilmnél mérsékeltebb. Természetesen 10-12 fok Celsius alatt már a biofilmnél is rohamosan csökken a nitrifikáció sebessége, de ebben is jelentős eltérések adódnak a különböző biofilm hordozók alkalmazása esetén.

## 5. AAEROB GRANULÁLT ISZAPOS SZENNYVÍZTISZTÍTÁS

A 271/1991 EU ajánlás elég óvatos a nagyobb tisztítóknak elérendő maximális igény tekintetében (10-15 mg TN/l). Számos országban azonban 8-6-3 mg TN/l értékeket is megkövetelnek, ami a szimultán denitrifikáció jelentős fokozását követeli meg a technológiáktól. A tisztítással elérhető nitrát-tartalmat természetesen a nyersvíz TKN koncentrációja is befolyásolja. Ezért

a nagyobb fajlagos vízfogyasztású országokban, ahol a nyersvizek higabbak, sokkal könnyebb az előírt határértékek betartása. Európa országainak helyzete részben a viszonylagos vízhiány miatt, részben az ivóvíz magas értéken tartott ára miatt kedvezőtlen ilyen tekintetben. Biofilmes, vagy hibrid rendszerekben a denitrifikáció a biofilmek anoxikus tereiben, valamint megfelelő szűréssel, iszapvisszatartással kialakított eleveniszapos anoxikus térben is történhet. A biofilm denitrifikációja azonban a különböző tölteteken kialakuló biofilmek egyetlen levegőztetése, oxigénellátása miatt nehezen szabályozható. Ilyen megoldásoknál a ciklikus levegőztetés, s annak a jó szabályozása ugyan javíthat a helyzeten, de egy egyenletes, kellően apró méretű, mégis jól üledő, hordozó nélküli granulummá alakuló biofilm (aerob granulált iszap) kialakítása, s annak az optimális levegőztetés szabályozása még jobb eredményt hozhat. Az 1/2 -1 mm méretű, gömbszerű tömör iszapgolyócskák

bizonyultak az ezredforduló vizsgálatai alapján az SBR üzemmódban legkönnyebben technológizálható ilyen szennyvíztisztítási változatnak (Pronk et al., 2015, Fazekas et al., 2015). A 8. ábra az eleveniszap, a biofilm és az aerob granulált iszap morfológiáját érzékelteti.



**9. ábra.** Az eleveniszap, a biofilm és az aerob granulált iszap szerkezete, valamint ülepedési, sűrűsödési képessége.

Ez eredményezte felfedezése után, az utóbbi két évtizedben az aerob granulált iszapos technológia ismeretanyagának a robbanás-szerű bővülését. A granulált iszapos megoldás ugyan a lakossági szennyvizeknél valamelyest töményebb, döntően biológiailag jól bontható, oldott szennyezőket tartalmazó szennyvizek tisztítására igazán kedvező, azoknál rendszerint 100 nap alatti a granulum kifejlődési ideje. Ezért az élelmiszeripari szennyvizek tisztításában ért el hamarosan sikereket. A nagyon tömény ilyen szennyvizekre azonban energiatermelése miatt természetesen továbbra is az anaerob granulált iszapos intenzív anaerob tisztítás a célszerű. Az aerob granulált iszapos megoldásnak sok kedvező adottsága van, azonban esetében is kitétel a megfelelő szerves anyag, vagy iszapterhelés (granulom túlnövekedésének, szétrobbanásának megakadályozására), valamint a megfelelő KOI/

TKN arány a tisztítandó szennyvízben, hogy a nitrifikálók kellő mennyiségben, részarányban szaporodjanak és rögzüljenek a granulomok felszín alatti rétegében. A denitrifikációt ennél a megoldásnál is részben anoxikus környezet biztosításával lehet megoldani.

Az eleveniszapos medencékben az iszap-pelyhek mérete folyamatos keverés esetén 30-130 mikron között van. Ezen belül egy sejt mérete 1-2 mikron, mintegy fele ekkora, vagy akár hasonló vastagságú nyálkás exopolimer (EPS) réteggel körülvéve (kapszula). Az utóbbi részben a partikuláris tápanyagot ragasztja ebbe a rétegbe, részben a mikroorganizmusokat köti lazán egymáshoz. A pelyhek belseje meglehetősen kompakt a sejtek folyamatos szétszakadása, és ismétlődő összetapadásaik ellenére is. Az iszap-pelyhek környezető vízfázisban a tápanyagok (köztük az O<sub>2</sub>) koncentrációja a keverés eredményeként, s így a folyamatos konvekció következtében gyakorlatilag homogén. A pelyhek belsejében ugyanakkor azok eljutása a sejtekhez döntően diffúzióval történik. Az utóbbi eredménye a fentiek függvényében kialakuló koncentráció-gradiens, ami az iszap-pelyhet folyamatosan változó környezettel bíró reaktorkaszkáddá alakítja. Az iszap-pelyhek anoxikus belső terének hányadát a külső vízfázis oldott oxigén koncentrációja, valamint a rendszer tápanyag-ellátottsága határozza meg. Az utóbbi a rendszer fajlagos iszapterhelése, ami nyilvánvalóan meghatározza a rendszerben kialakuló átlagos iszapkort is.

Megfelelő nitrifikáció/denitrifikáció csakis adott iszapkor fölött lehetséges. A heterotrof denitrifikáció viszont megfelelő szerves tápanyag igényt jelent, amire a szerves anyag túlzott előzetes (előüleptetés, CEPT) eltávolítása, vagy

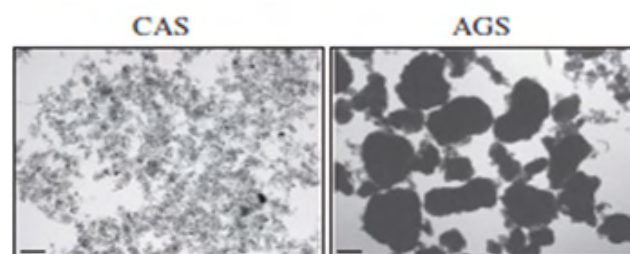


a biológiában történő túlzott oxidációja kedvezőtlen. Nehéz tehát az ilyen eleveniszapos tisztítóokban a megfelelő tápanyagellátást és optimális oxigénszintet biztosítani, mivel az utóbbi túlzott csökkentése a nitrifikációt fékezheti be. A szerves anyagot oxidáló heterotrófok féltelési állandója az oldott oxigénre 0,2 mg/l, míg a nitrifikálóké 0,8-1 mg/l. A heterotrof/autotrof aktivitás tehát az iszap-pelyhekben mélységfüggő, amit ugyanakkor a mélyebb rétegek nitrátellátása is tovább bonyolít. Kijelenthető ezért, hogy az anoxikus/oxikus reaktorkialakítás mellett az iszap-pelyhek ciklikusan működő mikro-reaktorokként működnek. Hogy azokban a biológiai átalakítások sorozata a folyamatos betáplálású, valamint az SBR rendszerekben (netán ciklizált levegőztetés esetén) pontosan hogyan alakul, nehéz megbecsülni. Az oxigénkoncentráció szabályozásának az optimalizálása viszont mindenképpen növelheti a denitrifikáció mértékét az eleveniszapos, sőt a biofilmes, valamint az előbb említésre kerülő granulált iszapos megoldásoknál is.

Közismert, hogy a denitrifikáció sebessége mintegy 0,5 mg/l oldott oxigén koncentráció alatt gyorsul be az iszap-pelyhek belsejében. Évtizedek óta az is tudott, hogy a denitrifikáció a szennyvíz könnyen bontható szerves tápanyagával ötször olyan sebességű, mint az endogén tápanyaggal, de acetáttal még annak is az ötszöröse sebességgel megy végbe. A denitrifikáció (szimultán vagy utódenitrifikáció) sebességét tehát könnyű befolyásolni külső szerves anyag hozzáadásával. A szimultán denitrifikációt viszont a korábban elmondottak szerint külső tápanyag adagolása nélkül is fokozni lehet, ha az endogén tápanyag (szennyvíziszap) hidrolízisét sikerül valamiképpen megnövelni, gyorsítani. Ez iszapkezeléssel, vagy

anoxikus/anaerob tartózkodási idő növeléssel, DO csökkentéssel lehetséges. Ez történhet a hagyományos kaszkád kialakításnál, vagy ciklikusan levegőztetett környezetben is.

A granulált iszap hordozó nélkül kialakuló tömör iszapgolyócska, mikroorganizmus együttes, amely réteges belső mikroorganizmus szelekciója révén a biofilméhez hasonlóan, nagyobb nitrifikáló teljesítményre képes, mint az eleveniszap, sőt a belső tereiben speciális denitrifikáció és foszfor akkumuláció is létrejöhet. Ez annak az eredménye, hogy az iszap-pelyhely belső terének a tápanyag ellátottsága, környezeti feltételei, s ezzel a kialakuló mikroorganizmus konzorcium is jelentősen változik. Ennek megfelelően kialakíthatók így különböző vastagságú biofilmek, megnövelt tömörségű, sűrűségű iszapgolyók is (9. ábra). A felvételen a 0,6-0,7 mm méret alatti iszapgolyók dominálnak.

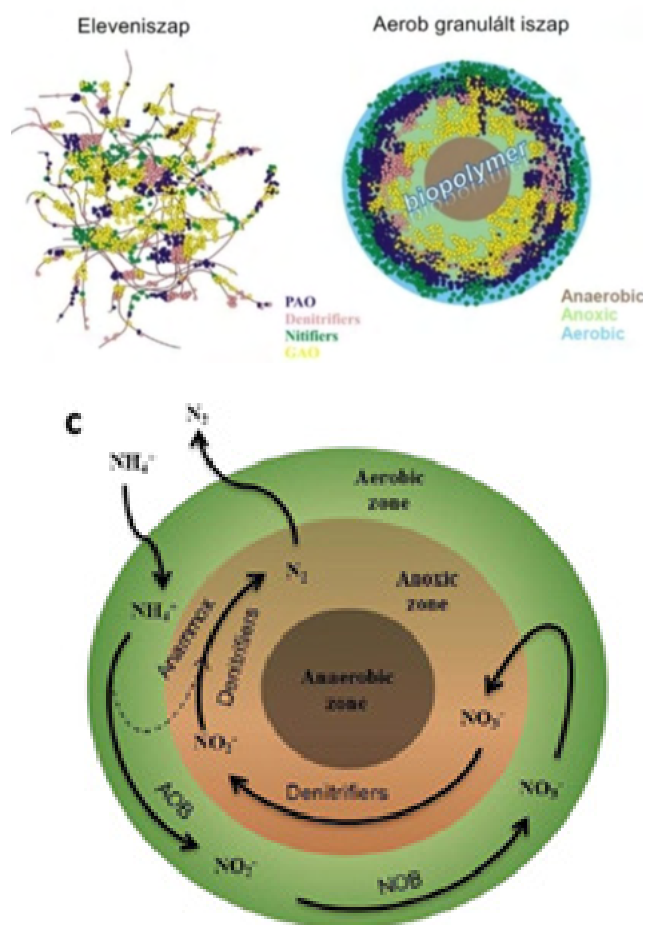


**10. ábra.** Hagyományos eleveniszap (CAS) és aerob granulált iszap (AGS) mikroszkópos képe 40-szeres nagyításban (a méretjelző vonalka 0,2 mm) (Franca et al., 2018).

A mechanikailag meglehetősen stabil granulálódott iszapban a környezet szelekciós hatására annak az egyes rétegeiben a mikroorganizmusok fajtánként térben elkülönülve, vagy eltérő koncentrációban, sűrűséggel helyezkednek el. A szelekció oka a tápanyag-diffúzió okozta eltérő tápanyag ellátottság. Ennek függvényében az egyes mikroorganizmus

fajok mintegy lemezesen, vagy gömbhéjszerű rétegekben helyezkednek el a tömörebb, szilárdabb mikroorganizmus konzorciumban. Az aerob granulált iszap kialakulását döntően a tápanyagok diffúziója, ciklikus ellátottsága, valamint a gyors üleptetés és ciklikusan intenzív levegőbevitel (nyíróhatás) eredményezi. Kialakulásában ezen túl az iszappelyhekre, majd kialakuló granulomokra ható, folyadékáramlásból adódó nyíróhatásnak is meghatározó szerepe van. A ciklikus tápanyag ellátás és vele a gyors iszapülepítési ciklusok (SBR kialakítás) is fontos szerepet játszanak (Nancharaiha és Kiran Kumar Reddy, 2018). Az eleveniszap és a granulált aerob iszap szerkezetét és anyag átalakításait a 9. ábra érzékelteti. Nem látható ugyan a 9. ábrán, de a gyakorlat bizonyította, hogy az aerob granulált iszap nem pirosas golyócskák halmaza, hanem világosabb, sötétebb szürkés golyócskáké, tömörebb részecskéké. A különbség a színükben is éppen a foszfor akkumuláló heterotrofok (PAH) és a glükogén akkumuláló heterotrof (GAH) mikroorganizmus fajok dominanciájának a következménye. Kialakulásuk, dominanciájuk a nyersvízminőség függvénye. Sűrűségük is eltérő, így elvileg lehetőség lehet a két iszapfajta szelektált elvételére is.

A granulált aerob iszap azonban csakis bonyolult reaktorteknikával alakítható ki, tápanyag és oxigénellátás szabályozással, s mindenképpen SBR üzemeltetéssel. Ugyan mára már a folyamatos betáplálását is megoldották, de a levegőztetésre, üleptetésre nagyon érzékeny a kialakuló iszapgranulum. A granulált iszap igen érzékeny a terhelés ingadozására is, s ez jelentősen korlátozza a terjedését a gyakorlatban (Franca et al., 2018).



**11. ábra.** A mikroorganizmus csoportok elhelyezkedése az átlagosan 30-130 mikron méretű, mechanikailag instabil eleveniszap pelyhekben és a csaknem tízszerese méretet is meghaladó, tömör, szilárd granulomokban (Winkler et al., 2013, Nancharaiha és Kiran Kumar Reddy 2018).

PAO- foszfor akkumuláló, denitrifikáló, nitrifikáló, GAO -glükogén akkumuláló mikroorganizmosok; anaerob, anoxikus, oxikus környezet

Kedvező adottsága az aerob granulomoknak, hogy a mindenkori levegőztetés mértéke függvényében ugyan, de a mélyebb (magbelső) térségeikben fejlődő heterotrof mikroorganizmusok az oda diffundáló nitrátot redukálják, sőt ezen nitrátredukció során ott foszfor akkumuláló (PAH) mikroorganizmusok

kifejlődését is lehetővé teszik. Ez a szennyvíz foszfát tartalmának az egyidejű eltávolítását is biztosíthatja. Az utóbbi mikroorganizmus szelekció azonban a PAH fajok mellett glükogén akkumuláló heterotrof fajok elszaporodásával is jár, ami a szerves anyag biomaszába épülésének a mértékét is növelheti, kisebb oxigénfelhasználást eredményezve a tisztítás során. Az iszapgolyók kialakulása részben a speciálisan ciklizált tápanyagellátás (SBR), részben a hasonló levegőztetés és üleptetés, a fokozott (intenzív) levegőztetéssel biztosított megnövelt nyíróhatás, valamint speciális extracelluláris polimer kötőanyag termelés iniciálása, valamint pozitív töltésű, kétértékű szerves ionoknak az EPS negatív töltését ellensúlyozó, stabilizáló hatásának tulajdonítható. A kedvező adottságú granulált iszapoknak mintegy 60-80 %-a mindezek eredményeként EPS, s annak is mintegy harmada EPS fehérje, ami feltehetően a hatásos sejt összekapcsolódást, granulum stabilitást biztosítja. A granulációnál keletkező EPS anyagok összetételében a fehérjék részaránya messze nagyobb, mint az eleveniszap mikroorganizmus kapszuláinál, s egyidejűleg jóval hidrofóbbak is, azzal is segítve a granulum stabilitását. A granulumokban kialakuló EPS negatív töltésű szerves fragmentumai (poliszacharidok, fehérjék, zsírok, aminosavak, humusszerű polimerek) a kétértékű kationokkal ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , and  $\text{Fe}^{2+}$ ) destabilizálódnak, míg a foszforcserénél visszaoldódó foszfát ionok ugyanezekkel kicsapódnak, csökkentve a negatív töltésű foszfát-ion kolloid-destabilizáló hatását. Ennek eredményeként a granulumban jelentős lesz az inert foszfát csapadék részaránya (60-70 %), ami viszont a PAH tevékenység ellenében hat.

A granulum kialakulásában azonban alapvető a speciális EPS keletkezése és összekapcsoló hatása, együtt a hidrodinamika hasonló hatásával, illetőleg a fonalas szervezetek fokozott kimosásával, visszaszorításával. A ciklikus tápanyagellátásnak és levegőztetésnek is az az alapvető célja, hogy a gyorsan felvető szerves tápanyagok az anaerob szakaszban kerüljenek felvételre a mikroorganizmusokba (glikogén és poli-hidroxi-butirát), míg a lassan bomlók ugyanekkor kötődjenek, adszorbeálódnak, döntően a nyálkás, ragasztó extracelluláris polimer rétegek révén az iszapgolyócskába. Utóbbiak azután a levegőztetett ciklusban a hidrolízis révén lassúbb szerves tápanyaganyag ellátást eredményeznek heterotrofoknak. Különösen a gyorsan szaporodó, granulum legkülső felületén elhelyezkedő egyedeknek, megakadályozva az iszapgolyók túlnövekedését, dezintegrációját s biztosítva egyidejűleg a belső rétegek jó tapadását, sűrűsödését, tömörödését.

A granulumban a kis oxigénkoncentrációjú rétegben lehetséges nitrit-képződés is, ami csökkenti a fajlagos  $\text{O}_2$  igényt, s a denitritálódásnál a szerves-C igény is. Kedvező, hogy a nitrit-redukció nitrogénné 1.5-2 – szerez sebességű, mint a nitráté, így kisebb a heterotrof iszapfozom is, sőt ha elszaporodnak a granulumokban anammox mikroorganizmusok is, az  $\text{O}_2$  igény még kevesebb. Esetleg teljesen autotrof is lehet a nitrogéneltávolítás, minimális iszapfozommal.

Az EPS mikroorganizmusokat összekapcsoló szerepét ugyan ma már elég pontosan ismerik, összetételének alakulásáról, szabályozásáról azonban még kevés ismeret áll rendelkezésre. Ezzel szemben egyértelmű, hogy ez a nyálkás

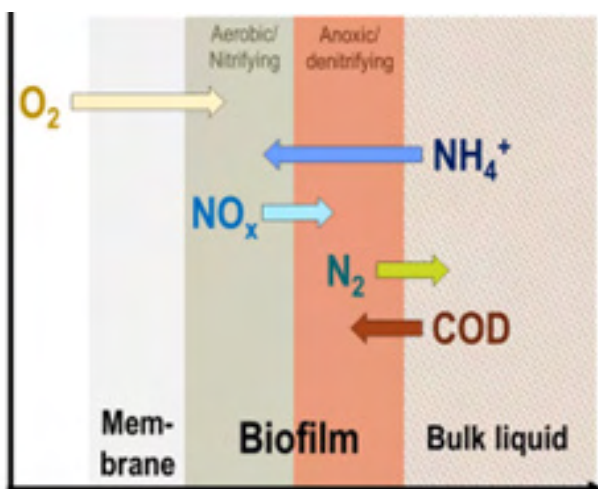
ragasztóanyag jelentősen növelheti a fémionok, továbbá lassan, vagy alig lebomló, többnyire nagy molekulaméretű szerves anyagok megkötését, adszorpcióját, s ezzel eltávolítását a tisztítás során. Kedvező ez a gyógyszermaradványok, háztartási segédvegyyszerek eltávolításánál.

A granulált iszapos megoldások nehezen alakíthatók ki túlzottan híg szennyvizek esetében, mint amilyen egy közvetlen anaerob szennyvíz-metanizáció, vagy a két iszapkörös lépcsős (Böhnke, 1977) AB rendszerű eleveniszapos szennyvíztisztítás első lépcsőjének a terméke. Megfelelően adaptált biofilmmel viszont lehetőség nyílhat híg vizekből történő, újszerű, hatékony autotrof nitrogéneltávolításra is, netán anaerob metán oxidálókkal teljessé téve a nitrogéneltávolítást (Xie et al., 2018). Elképzelhető, hogy az utóbbihoz szükséges igen nagy iszapkorú (több száz nap) és igen lassan adaptálódó mikroorganizmus együttes kialakítása membrános iszapvisszatartásra is szükség lesz a biofilmes immobilizáció mellett. A Böhnke megoldás első lépcsője után a víz hideg, kis szerves anyag de jelentős ammónium tartalmú. Kérdés, hogy a ma még álomnak tűnő anaerob MBR után a víz hőmérséklet milyen. Ha az 15-20 fok fölött maradhatna, a főági nitrogéneltávolítás a második lépcsőben már MBR-el vagy biofilmes megoldással megoldhatónak tűnhet a megfelelő nitrogéneltávolítás (TN). Egy A/B rendszer második, eleveniszapos lépcsője üzemeltetésének a hazai tapasztalatai bizonyítani látszottak ezt (Thury et al. 2006; 2009). Sajnos annak az optimalizálására ugyanakkor több mint egy évtizede pénz és akarat hiányában nem került sor.

## 6. MEMBRÁNOS LEVEGŐZTETÉS

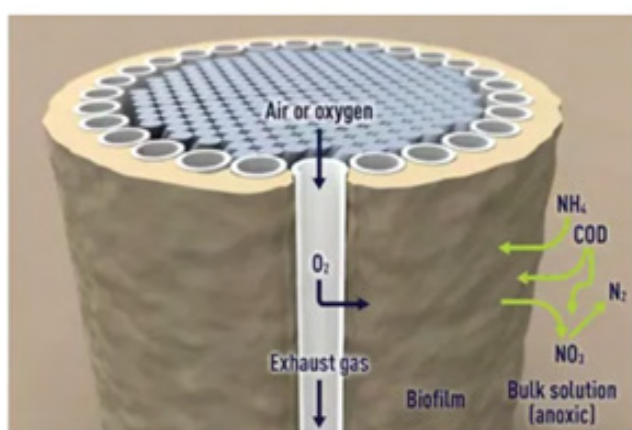
A biofilm kialakítás különleges esetét valósították meg az utóbbi évtizedben speciális gázmembrán felhasználásával (ZeeLung). A membránnal levegőztetett bioreaktorokat a membránszűrősektől eltérő névvel is illették eltérő működési elvüknek megfelelően (MABR - Membrane Aerated Bioreactors). A membrán nem az iszap kiszűrésére, hanem speciális biofilm kialakítására szolgál. Ennek megfelelően a membrán belső szerkezetében is lényegesen eltérő. Nem a szűrt víz szűrését és elvételét biztosítja, hanem a belülről levegőztetett membránszálak felületén kialakuló biofilm köpeny oxigénellátását. Ezt még azzal is fokozták, hogy a különlegesen finom gázmembrán csövecskéken keresztül csak az oxigén jut át a biofilmbe, részben javítva így az oxigénbevitel fajlagos költségét, részben a biofilm egyirányú oxigén konvekciója és diffúziója eredményeként nitrifikáló szervezetekben rendkívül gazdag membránfelületi réteget alakít így ki. Ennek eredménye a nitrifikációs teljesítmény nagymértékű növelése. További előnye az így kialakuló biofilmnek, hogy a folyadékoldaláról ugyanakkor megfelelő szerves tápanyagellátást is kap nitrit és nitrát denitrifikációjához. A filmet körülvevő folyadékfázisban ugyanakkor a biofilm külső felületéről leszakadó denitrifikáló heterotrófokban gazdagabb biofilm részek az ott kialakuló sokkal kisebb oxigénkoncentráció mellett is további szerves anyag oxidációt eredményezhetnek. Az így kialakuló biológiai folyamatokat a 11. ábra szemlélteti.

A membránnak természetesen a fenti oxigénátvitelhez nem csak anyagában kell megfelelőnek lenni, de strukturális kialakításában is. Erős szálakból kell kialakítani, melyek tartós



**12. ábra.** A membránszál belülről levegőztetett biofilmjében kialakuló átalakítások.

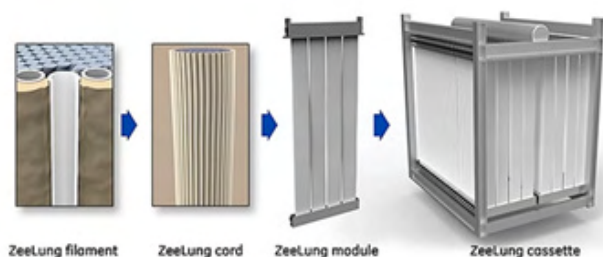
használatot tesznek lehetővé (10-12 év használati idő). A gázmembrán csövecskék központi részében ezt egy stabil hordozószál biztosítja. Emellett a külső felülete felől is kellő mechanikus védelemmel kell ellátni a gázmembrán csövecskéket (12. ábra).



**13. ábra.** A levegőztető membránszál speciális kialakítása.

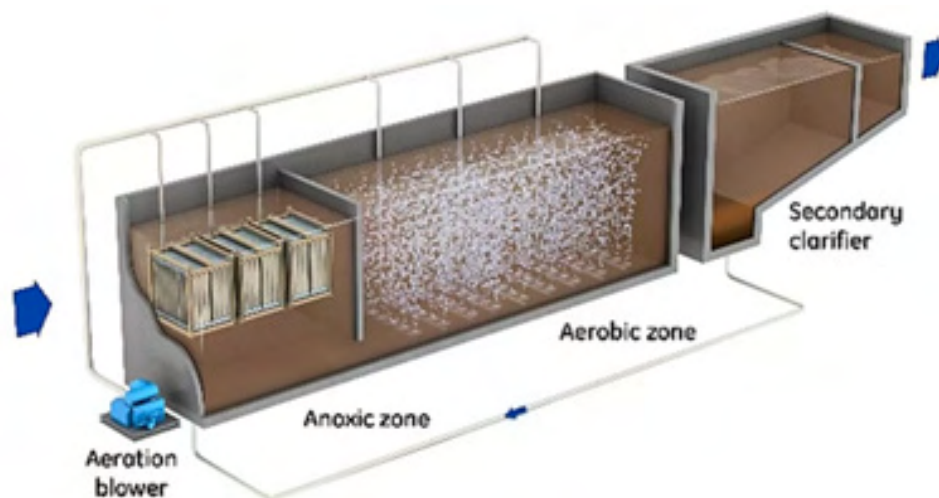
A membránszálakat membránszűrőkéhez teljesen hasonló speciális blokkokba, keretbe rögzítik, s azzal merítik be, építik be a MABR egységbe. Kézenfekvő lehetőség ugyanakkor a leszakadó biofilmrészecskék munkájának

a további javítására egy szeparált, klasszikusan levegőztetett medencetér kialakítása is, amellyel a membrán levegőztető rendszert hibrid rendszerűvé is lehet alakítani, tovább tökéletesítve azzal a szerves anyag és nitrát eltávolítását is. A csak iszapos reaktortér gondos levegőztetés szabályozásával, szimultán utódenitrifikációnál a levegőztetés energiaigényét tovább lehet minimalizálni. Nagyon kedvezően csökkenthető ilyenkor a rendszerben kialakítandó iszapkoncentráció és iszapkor is, ami jó iszapülepedést és iszapszűrést is biztosít, lehetővé téve egyszerű, gravitációs iszap utóülepítés alkalmazását, ami a tisztító kiépítési költségeit tovább csökkenti. A Membrán levegőztető szerkezeti egységeit, annak kiépítését a 13. ábra mutatja be.



**14. ábra.** A membrán levegőztetés részegységei és tisztítóba meríthető kazettája

Fontos eredménye a kiépítéseket végző cégeknek, hogy a teljes levegőztető blokk kiépítésére a membránszűrő (ZEEWEED 500) gyakorlati beépítésben jól bevált kazettájában került sor. Természetesen a levegő hozzávezetéséhez szükséges apróbb módosításokkal. A biológiai szennyvíztisztító rendszerkiépítésének a teljessége a 14. ábrán látható. Ma már az ilyen szennyvíztisztító típusból is több tízezer egység üzemel ipari méretekben.



15. ábra. Jellemző hibrid MABR kialakítás.

## 7. JELENLEGI PROBLÉMÁK, TOVÁBBI LEHETŐSÉGEK.

Összegezve a szennyvíztisztítás napjainkig vezető történetét, folyamatait mindig a bonyolultság, az összetettség jellemezte. A kezdeti időszakában a szükséges elméleti háttér-ismeret szinte teljesen hiányzott. Az üzemek ennek ellenére sikeresen működtek. Üzemeltetőik nem igen tudták, hogy eredményeiknek mi is a magyarázata – a mikroorganizmusok tették, amire képesek voltak. Ebben az időszakban a kultúrmérnökök feladata volt a szennyvíztisztítók tervezése, építése, és ők ki is alakították a megfelelő módszereket, amivel megfelelő tapasztalatra tettek szert. Az eredmények a legtöbbször kielégítették az elvárásokat. A szennyvíztisztítás ebben a kezdeti időszakban erősen szakmaorientált tevékenység volt különösebb tudományos háttér vagy magyarázat nélkül. Természetesen ezt követően a mérnökök fejlesztették a szükséges ismereteiket, és sikeresen átalakították a szennyvíztisztítás technológiáját. A szennyvíztisztítás igényei, követelményei azonban egyre tökéletesebb tisztítási

hatékonyságot és ennek megfelelően a biológiai folyamatok mind részletesebb megismerését követelték a fejlesztőktől. A biológiai szennyvíztisztítás tudományos ismeretei ennek megfelelően az utóbbi 20-30 évben igen rohamosan bővültek, ami elsősorban vegyészmérnökök és biológusok fejlesztő munkájának az eredménye. A fejlődés napjainkban is igen gyors, de szükség is van arra a különlegesen veszélyes szennyezőanyag lehetőség szerinti maximális inertizálása, eltávolítása érdekében. A jelenlegi helyzetet a korábbival szemben az a tény jellemzi, hogy az elméleti ismeretek mögött messze elmarad azok gyakorlati hasznosítása. Nem minden tisztázott technológiai lehetőséget lehet bevezetni a gyakorlatban, ha nincs hozzá gazdasági fedezet.

Legtöbb esetben a szennyvíz, valamint a benne lejátszódó, végbemenő reakciók is egy kémiai rendszertől eltérően nem kellően pontosíthatóak. A biológiai tisztításnál egy tápanyag

felvételi lánc sorozata a folyamat, melynek a szereplői (mikroorganizmusok) is folyamatosan változó dinamikus rendszert alkotnak. Ezek a leghatékonyabban állandó környezeti feltételek mellett, optimalizált rendszerben tudnának dolgozni. A baktériumoknak ennek megfelelően optimális fizikai, kémiai környezetet és tápanyag ellátást kellene biztosítani. Ilyen feltételek azonban a szennyvíztisztítás esetében teljesen kizártak. A lakossági szennyvíz állandóan változó összetételű, hozamú, tápanyag és toxikus anyag tartalmú, sőt még hőmérsékletű. Ennek megfelelően optimális tisztítást ilyen rendszerrel elérni gyakorlatilag szinte lehetetlen.

A szennyvíz összetételének a problémáját talán elég azzal érzékeltetni, hogy az átlagos szennyvíz összetétel is messze van a szennyvíztisztítást végző mikroorganizmusok számára optimális tápanyag aránytól. Ez a tápanyag arány C/N hányaddal jellemezve, mintegy 12 lenne. A gyakorlatban a C/N arány a kommunális szennyvizeknél közelítőleg 4. Ez is mutatja, hogy az ammónium-nitrogén mennyisége a rendelkezésre álló szénhez képest túlzott. Ugyanez igaz a foszfátra is. Az új és folyamatosan szigorodó nitrogén- és foszforeltávolítási igényeket ilyen szerves anyag szegény környezetben nagyon nehéz kielégíteni. Számos esetben éppen külső szerves tápanyag adagolásával lehet valamelyest javítani a nitrifikáló és denitrifikáló és többletfoszfor eltávolító folyamatok végbemenetelét. A szennyvíz tisztítása a lakossági telepen, mintegy végponti szennyvíztisztításként szükségszerűen nem lehet folyamatosan optimális. A károsító anyagokat szükséges valahol a szennyvíztisztítót megelőzően eltávolítani a szennyvizekből, ahol azok koncentrációja még elég nagy ahhoz, hogy

netán gazdaságosan eltávolíthatók, visszanyerhetők legyenek a folyadékáramból. Csak az elkerülhetetlen folyadékszennyezést szabad ezután az iparból a kommunális szennyvíztisztítóba beengedni a befejező tisztításra.

Rendkívüli fontosságú az említett kritikus szennyezők eltávolításában a biológiában egyidejűleg alkalmazható aktív szenes adszorpció hasznosítása. Ez döntően annak az ilyen szennyezőket történő megkötése révén érvényesül, de egyidejűleg növelve ezeknek a komponenseknek a tartózkodási idejét a tisztítóban, lehetővé teszi az ott dolgozó mikroorganizmusok célirányos adaptálódását is azoknak a lebontására, hasznosítására, természetes sejtanyagként a fölösiszapba történő beépítésére. Az ilyen szennyezők maradékainak az eltávolítását a már tisztított szennyvízből kémiai módszerekkel, elsősorban ózonos oxidációval is növelhetjük. Ezt követően azonban ugyancsak szükséges lehet egy aktív szenes adszorpció, de már nem az iszapos vízből, hanem a megfelelően tisztított, gyakorlatilag a befogadóba kerülő vízből. Hasonló szerepe lehet még az ilyen tisztításnál a különböző molekulaszűrőes, ozmózis és elektrokémiai megoldásoknak is (Rout et al., 2021).

## ► IRODALOMJEGYZÉK

# VÁGÓHÍDI SZENNYVIZEK OPTIMÁLIS TÁPANYAG ARÁNYÁNAK MEGKÖZELÍTÉSE AZ ELŐKEZELÉS SORÁN

**DR. SOMOGYI VIOLA, HARASZTINÉ HARGITAI RÉKA, PITÁS VIKTÓRIA, DR. KÁRPÁTI ÁRPÁD**  
PANNON EGYETEM, BIO-, KÖRNYEZET- ÉS VEGYÉSZMÉRNÖKI KUTATÓ FEJLESZTŐ KÖZPONT, FENNTARTHATÓSÁGI MEGOLDÁSOK KUTATÓLABOR

**HORVÁTH DÁNIEL**  
VESZPRÉMI TERVEZŐ KFT.

## TÁPANYAGARÁNYOK A SZENNYVÍZBEN ÉS A SZENNYVÍZTISZTÍTÁSBAN

Az eleveniszapos biológiai szennyvíztisztítás különböző környezeti feltételek között élő és szaporodó mikroorganizmusok csoportjának együttes munkája a szennyezett víz megtisztítása érdekében. A pelyhekké összeálló mikroorganizmusok a szerves szennyező anyagból oxigén segítségével részben szén-dioxidot, részben saját sejtanyagot (szennyvíziszap) állítanak elő. A mikroorganizmusok szaporodása és elhalása folyamatos, a relatív biológiai terheléstől függő értékre áll be. Ugyanez igaz az iszap nitrogén- és foszfortartalmára is. A maximális sebességgel szaporodó sejt mintegy 11,5 % nitrogént tartalmaz [1], míg a megfelelő nitrifikációt is biztosító, kisebb iszapterhelésű rendszereknél az iszap nitrogéntartalma mindössze 5-6 %. A foszfortartalom az iszapban hasonló körülmények között 1,5 % körüli. Ez az átlagos iszapösszetétel határozza meg, hogy a keletkező iszapparadék a szennyvízzel érkező nitrogén és foszfor terhelés mekkora részét képes eltávolítani.

Az adott szennyvíztisztító telepen kialakuló mikroorganizmus közösséget a szennyvíz összetétele és az alkalmazott tisztítástechnológia együttesen határozza meg. Mivel azonban a sejtek alapvető elemi összetétele a mikrobák típusától, fajtájától kevéssé függ, meghatározható az eleveniszap átlagos elemösszetétele [2]. A szennyvíz tisztítását jellemzően végző mikroorganizmus közösség szárazanyagának 93%-a adódik szerves anyagnak, 7% pedig szervesetlen anyagnak a szakirodalom szerint [3]. A szerves anyagnak 50%-a szén, 22%-a oxigén, 12%-a nitrogén, 9%-a pedig hidrogén. A szervesetlen anyagok között a foszfor 2%-kal szerepel a kén, kálium, nátrium, kalcium, magnézium, klorid, vas és egyéb nyomelemek mellett. Az elemösszetétel így közelítőleg  $C_5H_7O_2NP_{1/12}$  formában [3] adható meg. Részletesebben nézve az iszap szerves anyaga (VSS) az alábbi csoportokra bontható, melyek mindegyike tartalmaz nitrogént és foszfort: aktív biomassza ( $X_{BH}$ ), endogén sejtmaradék



( $X_{EH}$ ), biológiailag nem bontható (inert) szerves anyag ( $X_I$ ). A nitrogén tartalom  $f_n = 0,09 - 0,12$ , átlagosan  $0,1 \text{ mg N/mg VSS}$  [3]. A foszfor tartalom aerob és anoxikus rendszerekben  $f_p = 0,01 - 0,03$  közötti, átlagosan  $0,025 \text{ mg P/mg VSS}$ . Az  $X_{BH}$ ,  $X_{EH}$  és  $X_I$  egymáshoz viszonyított arányát az iszapkor határozza meg, azonban mind az  $f_n$ , mind az  $f_p$  értékét viszonylag állandónak mérték ( $0,1 \text{ mg N/mg VSS}$ ,  $0,025 \text{ mg P/mg VSS}$ ), így feltételezhető, hogy a biomasszát alkotó három frakció mindegyike hasonló mértékben tartalmaz nitrogént és foszfort [3]. A tápanyag szükséglet valójában a sejt reprodukciójának tápanyag szükséglete, így az iszapozammal szorosan összefügg. Az iszapkor növekedésével pedig csökken a biomassza tápanyag szükséglete, mivel az iszapkor növekedése a fölösiszap hozam csökkenését eredményezi [3]. Így bár valójában egészen pontosan nem adható meg egy általános tápanyagszükséglet, mivel az iszapkortól függ a fölösiszap hozam, ami pedig a szükséges tápanyag mennyiség szempontjából meghatározó, 10 nap feletti iszapkor esetén kis tartományban változik az érték [3]. A C:N:P arány szakirodalomban leggyakrabban fellelhető, optimálisnak tartott értéke 100:5:1 [4]. A  $C_5H_7O_2NP_{1/12}$  formulát alapul véve 12% N és 2% P tartalmat kapunk a teljes moláris tömeghez viszonyítva. Ebből kiindulva 100:12:2 a létrejövő, optimálisnak tekinthető arány. Egy nemrégiben íródott hazai szakcikk [5] a 100:5:1 értéket  $BOI_5$ :TN:TP formában kifejezve tartja megfelelőnek, feltételezve a biomassza hozam  $0,5 \text{ g VSS/g } BOI_5$  értékét, 10%-os N és 2%-os P-tartalom mellett, biomassza-VSS-re nézve. Emellett fellelhető ugyanígy  $BOI_5$ :TN:TP formában megadva 100:5:1 és 100:10:1 közötti értéket optimálisnak tekintő forrás is [6]. Az igen gyakori ökölszámként emlegetett, a külső szerves tápanyag adagolás nélküli elődenitrifikációhoz szükséges, 10 feletti KOI/TKN arány pedig

a KOI-hoz viszonyítja a TKN értékét. A C:N:P arány KOI:TN:TP arányként való értelmezése egybevágna azzal, hogy 10-20 között optimális a KOI/TKN értéke. Ezen felül mind a TN, mind a TP értékben szerepel lebegőanyaghoz kötött és a biológia számára közvetlenül fel nem vehető rész, így elfogadhatónak tekintjük mindezt a homogén KOI értékéhez viszonyítani. Amennyiben a 100:5:1 arányt  $BOI_5$ :TN:TP-ként fogadjuk csak el, úgy a később részletesen bemutatásra kerülő szennyvízben mért 0,7-es  $BOI_5$ /KOI aránnyal átszámítva a számunkra optimális tápanyagarány KOI:TN:TP=100:3,5:0,7-nek adódik. Ennek az anyagnak a kísérleti részében a C:N:P arány helyett minden esetben a KOI:TN:TP arányt használjuk, külön fel is tüntetve ezt. A különféle szakirodalmi tápanyag arány értelmezéseket az 1. táblázatban foglaltuk össze.

### A KOI/TKN ARÁNY FONTOSSÁGA A TELJES NITROGÉNELTÁVOLÍTÁS ÉRDEKÉBEN

Hagyományosan a teljes nitrogéneltávolításhoz a szennyvíz nitrogén tartalmának nitrifikációja, majd denitrifikációja szükséges. A denitrifikáció szervesanyag igénye mintegy  $4,3 \text{ g KOI/ g } NO_3\text{-N}$ . Elődenitrifikációs technológiai kialakítás során teljes denitrifikációról 10 – 11 fölötti KOI/TKN arány esetén beszélhetünk. Amennyiben a szennyvíz KOI/TKN aránya ennél alacsonyabb, külső szerves tápanyag adagolására van szükség a teljes nitrogéneltávolításhoz. A gyakorlatban 4 - 5 mg/l tisztított víz  $NO_3\text{-N}$  koncentráció alá csak külső szubsztráttal lehet lemenni, kivéve, ha nagyon híg a szennyvíz, és nagy a KOI/TKN aránya [4]. Befolyásoló tényező természetesen a rendelkezésre álló szerves anyag biológiai bonthatósága is.

A denitrifikáció szempontjából legkedvezőbb a könnyen felvehető, elsősorban oldott szerves anyag. A nagyobb szerves molekulák, melyeket

Forrás	Optimális C:N:P arány	Megjegyzés
Szakirodalom általánosságban, Fazekas et al. (2014) [4]	100:5:1	
C <sub>5</sub> H <sub>7</sub> O <sub>2</sub> NP <sub>1/12</sub> iszap elemösszetétel alapján számítva	100:12:2	
	100:12,4:2,1	97% szerves hányadot alapul véve C <sub>5</sub> H <sub>7</sub> O <sub>2</sub> N formában, átszámítva szerves + szervesetlen anyagra
Metcalf & Eddy (1991) [7]	100:12,4:2,48	C <sub>5</sub> H <sub>7</sub> O <sub>2</sub> N alapján, a P szükségletet a N szükséglet ötödének véve
Gordon et al. (1968) [8]	150:5:1 - 90:5:1 között	BOI <sub>5</sub> :TN:TP formában
Bakos V. (2020) [5]	100:5:1	BOI <sub>5</sub> :TN:TP formában
Winkler M. (2013) [6]	100:5:1 és 100:10:1 között	BOI <sub>5</sub> :TN:TP formában
Bakos V. alapján KOI-ra átszámítva a bemutatásra kerülő szennyvízben	100:3,5:0,7	KOI:TN:TP (BOI <sub>5</sub> /KOI=0,7)
<b>Általunk jelen anyagban optimálisnak tekintett arány</b>	<b>100:5:1 - 100:3,5:0,7</b>	<b>KOI:TN:TP</b>

**1. táblázat** C:N:P arány különféle értelmezési lehetőségei

előbb a sejtek által termelt exoenzimekkel hidrolizálni, feldarabolni kell, sokkal lassúbb nitrát-redukciót biztosítanak (a hidrolízis limitált sebessége miatt). Az oldott, de hidrolizálандó tápanyag mintegy ötször lassúbb denitrifikációs sebességet biztosít, mint a közvetlenül felvehető acetát. Ha csak a sejtek hidrolízisével keletkező (endogén) tápanyag áll rendelkezésre, az acetáttal mérhetőnek csak mintegy huszonötöde a denitrifikáció sebessége. Amennyiben ezek mellett a recirkulált nitráttal még sok oxigén is visszakerül az anoxikus reaktortérbe, úgy a denitrifikáció – az oxigén arra gyakorolt gátló hatása miatt – tovább lassul [9].9

## A FOSZFOR TÁpanyag Fontossága, A Foszforhiány Problémája

A szennyvíz túlzott lebegőanyag, kolloid vagy zsír tartalma esetén szükség van annak előkezelésére a biológiai tisztítási fokozatot megelőzően.

Az előkezelés során alkalmazott vegyszerek megegyeznek a foszfor kémiai eltávolítására használt fémsókkal. Ennek következtében a túlzott vegyszerhasználat akár a teljes oldott foszfortartalmat is eltávolíthatja, jelentős mennyiségű szervesanyaggal együtt. Amennyiben a megfelelő C:N:P tápanyagarány nem áll rendelkezésre, annak mesterséges beállítása szükséges a biológiai tisztítás előtt.

Az optimálisnál kisebb nitrogén és foszfor ellátottság mellett (ipari vagy vegyszeresen előtisztított szennyvizek) a mikroorganizmusok szaporodási sebessége csökken, és morfológiájuk is kedvezőtlenül alakul, ami a keletkező iszap ülepedését ronthatja. Nagyobb N és P aránynál viszont ezen tápanyagok fennmaradó hányadát az iszap nem veszi fel, tehát más mikroorganizmusok elszaporítása vagy kiegészítő vegyszeres kezelés lehet szükséges a megfelelő tisztítási hatékonyság eléréséhez [4].

Tápanyag adagolásra van szükség jellemzően a bor-, sör-, szeszipar, üdítő, gyümölcskoncentrátum (almalé) és édességgyártás szennyvizei esetén, melyek biológiailag könnyen hasznosítható szénhidrátokban igen gazdagok, fehérje (nitrogén tartalom) ugyanakkor kevés van bennük. Ezeknél így a heterotróf biomaszsa kiépítéséhez szükséges C:N:P arány nincs megfelelően biztosítva [4]. Bizonyos jól biodegradálható szénforrások esetén a megszokottnál nagyobb (akár 0,7 g biomaszsa KOI / g szubszt-rát KOI) biomaszsa hozam állhat elő. Ez pedig a jól bontható KOI:N arány 100:5-ről 100:7,2 értékre való tolodását okozhatja, azaz a vártnál jóval nagyobb nitrogénigény is mutatkozhat. Így tápanyaghiányos élelmiszeripari szennyvizek tisztításakor a minimális vegyszerfelhasználásra törekedő tápanyagadagolási stratégia szűkös tápanyag-elérhetőséghez, továbbá a biomaszsa nemkívánatos szerkezetéhez, ülepedési problémákhoz is vezethet [5].

Az előkezelt vágóhídi szennyvizeknél ezzel szemben a rendelkezésre álló szerves anyag mennyisége nem biztosít olyan mértékű iszap-hozamot, ami a szennyvízben lévő nitrogén megfelelő hatékonyságú eltávolítását lehetővé tenné [4]. Az előkezelés során történő túlzott szervesanyag eltávolítás megelőzése érdekében célszerű a vegyszer dózisok csökkentése, azonban túl kevés vegyszer használata a foszfor határértékének túllépését és a reaktor túlterhelését okozhatja. A fizikai-kémiai előkezelést annak figyelembevételével kell tervezni, hogy a biológiai fokozat terhelését csökkentse, mindamelllett a mikroorganizmusok számára szükséges tápanyagokat (leginkább a foszfort) ne kelljen a későbbiekben pótolni.

Amennyiben a szennyvízben nem áll rendelkezésre megfelelő mennyiségű foszfor tápanyag, úgy a biomaszsa megfelelő szaporodása gátolt, mivel az új sejtekbe nem tud beépülni a kellő

arányban a tápanyag. Ez nem csak a nitrifikáció, hanem akár a szerves anyag oxidáció hatékonyságának elégtelenségét is okozhatja, melynek következtében határérték túllépés következhet be. Általánosítható megfigyelés, hogy ahogy a tisztítandó szennyvíz C:N:P aránya romlik, úgy a teljes nitrogén- és foszforeltávolítás lehetőségei is fokozatosan csökkennek. A kommunális szennyvizek esetében éppen ezért bevált gyakorlat a tápanyagarány valamilyen, döntően szénhidrát hulladékkal történő javítása. Erre a jól bontható ipari hulladékok a legolcsóbb segédanyagok. Metanol, ecetsav adagolása - nagyobb költsége miatt - célirányosan az anaerob, vagy anoxikus tér tápanyagellátásának javítására jöhet szóba [10].

## VÁGÓHÍDI SZENNYVIZEK JELLEMZŐI ÁLTALÁNOSÁGBAN

A hús- és baromfiipar által igényelt víz mennyisége a feldolgozási technológiától, az üzem méretétől, a technológiai vonalak műszaki színvonalától, valamint az üzemi vízgazdálkodástól függ. A vizsgált technológiában felhasznált víz mennyisége saját kitermelésű kutakból és ivóvíz hálózatról is biztosítható, melynek közel 80 %-a szennyvízként jelentkezik. 1 000 db. csirke feldolgozását követően 17,1 - 26,5 m<sup>3</sup> szennyvízhozamról beszélhetünk [11], melynek előkezelését a telephelyen biztosítani kell - általában a közcsatorna határértékeknek megfelelően.

A technológiai kialakítás az ipari szennyezők esetében kiemelt vizsgálati szempont, különösen a vágóhidak szennyvizének jellemzésénél. A feldolgozási folyamatoknak eltérő a szennyező hatása: a legszennyezőbb a zsírolvasztás, ezt követi az állatpihentetés, a vágás, a bél és gynommosás, legvégül a feldolgozás folyamatai [12]. A baromfifeldolgozó iparban a ketrecmosás a legszennyezőbb folyamat, melyet a kövéráru

és soványáru vágás, majd a feldolgozás követ. Fontos figyelembe venni, hogy az általános technológiai kialakítás sokat változott az elmúlt években, elsősorban a fogyasztás növekedése, az új brojler típusok és az őket feldolgozó berendezések megjelenése, valamint a víztakarékossági intézkedések következtében. A feldolgozási lépések sorrendisége és hatékonysága jelentősen befolyásolja a szennyvízminőséget. A kémiai összetevők többnyire a tisztítási és fertőtlenítési szakaszból származnak, mivel számos patogén kórokozó kerülhet be a technológiai sorra az élő állatok fogadásából. A higiéniai feltételek biztosítása mellett változó mennyiségben jut állati melléktermék a szennyvíz vonalra. A szalag mellett keletkeznek emberi fogyasztásra alkalmatlan állati testrészek (állati melléktermékek), melyeket kötelesek elszállítani és ártalmatlanítani [13]. Szennyvízminőség szempontjából a vér elkülönítése különösen fontos, mivel szerves anyag és nitrogén tartalma kiemelkedően magas [14]. Többlet sószenyezés a pácolási folyamatok következtében kerülhet a szennyvízbe.

Egy baromfi feldolgozása során átlagosan 26 liter vizet használnak fel [15], a keletkező szennyvíz minősége pedig széles határok között mozog. A minőséget a korábban említett technológiai kialakítás és a baromfi jellege befolyásolja. A 2. táblázatban a szakirodalomban megtalálható értékeket mutatjuk be. A szakirodalmi tartomány a részletesebben vizsgált ipari eseteket tartalmazza, azonban ettől eltérő tulajdonságú baromfi vágóhídi szennyvízre is találunk adatot. Az egyes szennyezők esetében látható igen széles tartomány egyik oka lehet, hogy a vér elkülönítése nélkül jóval koncentráltabb minőségű a keletkező szennyvíz, továbbá a magas lebegőanyag tartalom nagymértékben növelheti a KOI értékét. KOI vonatkozásában 2 224 - 12

490 mg/l közötti értékek fordulnak elő, TN esetében 62 - 313 mg/l közötti adatokat találunk az irodalomban. Összes foszfor tekintetében kevésbé széles a tartomány, 5,8 - 12,74 mg/l között mozognak az értékek.

## A VIZSGÁLT ÜZEMI TECHNOLÓGIA ÉS SZENNYVÍZ JELLEMZŐ SAJÁTÓSÁGAI

Az általunk vizsgált üzem baromfiipari üzem. A feldolgozásból származó technológiai szennyvíz előkezelése a telephelyen kiépített szennyvíz előtisztítóban történik. A technológiai szennyvízáramba a brojlerek vágásakor keletkező vér nem kerül, legfeljebb a takarítási folyamatok során juthat be. A véreztető padozata és oldalfalai úgy vannak kialakítva, hogy a műszak alatt keletkező összes vért biztonsággal tárolni tudják, amit a műszak végén egy összefolyón és egy vezetéken keresztül egy vérszállító tartálykocsi ürít le és szállít el az előírásoknak megfelelően [22]. Az üzem úgynevezett szennyves övezeti (élőállat fogadás, állati melléktermék gyűjtők, szennyvíz előkezelő területe) burkolatainak a vize a technológiai szennyvízzel együtt szintén a szennyvíz előkezelőre kerül [22]. A kommunális szennyvíz külön ágon távozik a telephelyről, az előkezelést kikerülve a végátemelő aknában keveredik az előtisztított technológiai vízzel. A telephelyen felhasznált vízmennyiségnek 80%-a távozik szennyvíz formájában [23]. A maradék 20% elsősorban a magas hőfok okozta párolgásból, valamint a húсок áztatása során felvett vízmennyiségből adódik. A telephelyen keletkező szennyvíz minőség feltérképezése érdekében hosszú távú mintavételeztünk mind a nyers, mind a telephelyi előkezelt (flotált) szennyvízből két hónapon keresztül 2018 augusztusa és októbere között. A mintákból a 3. és 4. táblázatban szereplő paraméterek mérése történt meg. Az átlagosan 5

Szerző	pH [-]	KOI [mg/l]	BOI [mg/l]	NH <sub>4</sub> -N [mg/l]	TN [mg/l]	TP [mg/l]	TSS [g/l]
Chávez et al., 2005 [16]	6,1 - 7,1	5 800 - 11 600	4 524 - 8 700	6 - 94	74,9	7,17 - 12,74	762 - 1 462
Del Nery et al., 2007 [17]	6,9 ± 1,3	6 880 ± 1 400	-	335 ± 140	-	8,95 ± 3,15	2 800 ± 950
Del Nery et al., 2015 [18]	6,8 - 7,8	2 790 - 5 520 (4 060 ± 687)	1 558 - 2 988 (2,133 ± 373)	16 - 95 (57 ± 29)	62 - 313 (169 ± 71)	-	-
Rajab et al., 2017 [19]	6,8 ± 0,2	2 711 ± 487	930	85 ± 32	153 ± 32	-	835 ± 162
Besitere et al., 2019 [20]	6,1 - 7,2	2 517 - 12 490 (5 216 ± 2,534)	925 - 5 000 (2 477 ± 1 347)	134 - 477 (216 ± 56)	-	*	313 - 8 200 (1 654 ± 1 695)
Rinquest et al., 2019 [21]	5,6	4 317	2 875	25,2	-	**	1 580
<b>Szakirodalmi tartomány</b>	<b>5,6 - 7,8</b>	<b>2 224 - 12 490</b>	<b>930 - 8 700</b>	<b>6 - 475</b>	<b>62 - 313</b>	<b>5,8 - 12,74</b>	<b>673 - 8 200</b>

\* nem vizsgálták az összes foszfort, foszfát tartalom: 29-54 (38±6) mg/l

\*\* foszfát tartalom: 24,3 mg/l

**2. táblázat:** Szakirodalomban megtalálható baromfi ipari szennyvíz jellemzők

500 mg/l körüli KOI nagy részét lebegőanyag adja a nyers szennyvízben, az oldott KOI 1 500 mg/l körüli. A KOI:TKN arány a nyers vízben jellemzően 30 körüli, a flotálást követően 11. Ez utóbbi még elegendő lehet a teljes nitrogén eltávolításhoz, mivel meghaladja a 10-et. A flotálást követően maradó 7 mg/l körüli TP viszont már alacsonyabb, mint a biológia számára optimálisnak tartott C:N:P arány alapján számított, mivel ez 10 - 15 mg/l körüli koncentrációt jelentene. Az egyes szennyezők mért értékei jól illeszkednek a szakirodalomban fellelhető tartományokba is, egyedül foszfor szempontjából magasabbak jelentősen az általunk mért értékek, mint az irodalmi adatok. A helyszíni előkezelő technológiában (oldott levegős flotálás) ebben az időszakban a következő vegyszereket és

vegyszer mennyiségeket alkalmazták: koaguláló-szerként vas-szulfátot 0,23 l/m<sup>3</sup> mennyiségben, majd a pH visszaállítására nátrium-hidroxidot (0,15 l/m<sup>3</sup>), végül a pelyhesítés anionos polielektrolittal történt.

2020 - 2021 folyamán komplett szennyvíztisztító telep épült meg a telephelyen, mely tartalmazza az oldott levegős flotálást, mint előkezelést, továbbá ezt követő biológiai fokozattal is rendelkezik, melynek köszönhetően a felszíni befogadóba bocsátás határértékeit is képes elérni a technológia.

### ELVÉGZETT KÍSÉRLETEK - ELŐKEZELÉS

Laboratóriumi méretben végeztünk kísérleteket azzal a céllal, hogy megtaláljuk azt

a vegyszerdózist és vegyszerkombinációt, amellyel az előkezelt szennyvízben a biológiai tisztítás számára optimális C:N:P arány jön létre. Ennek köszönhetően egyrészt nem szükséges foszfor adagolás a biológiai fokozat foszforigényének biztosításához, másrészt az előkezelést követően a vízben maradó foszfor biztonsággal a határérték alatti szintre csökkenthető a biológiai fokozattal. Nem szükséges továbbá külső szerves tápanyag adagolás sem a megfelelő hatékonyságú denitrifikáció érdekében.

Az előkezelési kísérletek során az adatszolgáltatás szerint a helyszínen alkalmazott vegyszereket hasonlítottuk össze különböző vegyszerdózisok és helyettesítő vegyszerek hatásával (5. táblázat). Az alkalmazott vassó az eredeti adagolással megegyező mennyiségben, továbbá fele, kétszeres és háromszoros mennyiségben került hozzáadásra (1 - 4. minták). A pH visszaállítására a NaOH mellett AquAl is kipróbálásra került (5 - 6. minták). Flokkulálószerként minden esetben a telephelyen is alkalmazott anionos polielektrolit ezrelékes oldatát használtuk. A kezelések eredményeként elért szennyvíz minőséget a 6. táblázat mutatja.

Az ideálisnak tekinthető C:N:P (KOI:TN:TP=100:5:1 - 100:3,5:0,7) arányhoz a kezelt minták közül az 5. minta áll a legközelebb (0,23 l vas-szulfát/m<sup>3</sup> és 0,15 l AquAl/m<sup>3</sup>), mivel arányaiban a szerves anyaghoz képest itt a legkevesebb a nitrogén és ezzel egyidőben a legtöbb a foszfor. Azonban így is távol áll az ideálistól KOI:TN arány szempontjából (100:14,2:0,9). A helyszínen nagyüzemben végzett flotálással is hasonló arányokat sikerült elérni (100:13,5:0,8) ugyanebben az időszakban.

Az 5. mintánál használt előkezelést egy laboratóriumi biológiai reaktorra történő feladás érdekében összesen 28 alkalommal, 18 hónap alatt végeztük el rendszeresen, adagonként

5 literes mintatérfogatban (7. táblázat). A hosszú időszaknak köszönhetően megállapítható, hogy a viszonylag széles tartományban (KOI 1 454 - 6 710 mg/l) mozgó nyers szennyvízminőség ellenére is 1 000 mg/l körüli KOI értékre tisztítható a szennyvíz vegyszeres előkezeléssel. Ez átlagosan is 100:13:0,5 körüli KOI:TN:TP arányt biztosít az eredetileg ~100:3:1 körüli arányokkal rendelkező nyers szennyvízből.

2021 év végén 5 napon át mintáztuk, majd mértük az időközben megépült és üzembe helyezett szennyvíztisztító telep nyers és előkezelt vízminőségét. Az előkezelést megelőzően a csőfokkulátor belépési pontján történt a nyers víz mintavétel, a kezelt minták megvétele pedig a hidraulikai tartózkodási idő lejártával, a flotáló berendezés kilépési pontján történt. A vegyszeradagolás a technológiában nem folyamatos, a szakaszos üzemű biológiai reaktorok feladásához igazodva időszakosan történik. A vassó adagolás 21,4 l/h-val (0,43 l/m<sup>3</sup>), míg az AquAl adagolás 22,95 l/h-val (0,46 l/m<sup>3</sup>) történt a flotáló üzemelési időszakában, mely átlagosan 49,9 m<sup>3</sup>/h-val működött. A pH 7,08 - 7,70 között mozgott, átlagértéke 7,31 volt. A nyers és az előkezelt vízminőségek a 8 - 9. táblázatban kerülnek bemutatásra.

Az üzemi méretben felhasznált vegyszerek fajlagos értékei a laboratóriumi 6. minta fajlagosaihoz vannak legközelebb, ugyanakkor fontos megemlíteni, hogy a koagulálószer a kampánymérés idején és a teljes próbaüzemi időszakot nézve is annak duplája. A 10. táblázatban a legnagyobb alkalmazott kombinált vegyszerdózis mellett feltüntettük a másfél éves időszakban 28 alkalommal elvégzett laboratóriumi előkezelések átlagát és a kampánymérés időszakának átlagos értékeit is, kiegészítve a telep tervezőjétől kapott, a teljes próbaüzemi időszakra számított fajlagos értékekkel.

	pH [-]	KOI <sub>hom</sub> [mg/l]	KOI <sub>szűrt</sub> [mg/l]	NH <sup>4</sup> -N [mg/l]	TN [mg/l]	TP [mg/l]	OP [mg/l]	TSS [g/l]	KOI:TN:TP
ÁTLAG	6,8	5 555	1 565	45,8	188	38,9	25,4	3,21	100:3,4:0,7
MINIMUM	6,3	3 240	1 064	23,1	136	18,7	17,0	1,53	100:4,2:0,6
MAXIMUM	7,7	9 800	1 980	101,0	228	50,8	38,0	5,56	100:2,3:0,5
SZÓRÁS	0,3	1 613	248	20,75	23	8,10	4,82	1,48	

3. táblázat: Telephelyen keletkező nyers szennyvíz jellemzői (2018 augusztus - október)

	pH [-]	KOI <sub>hom</sub> [mg/l]	KOI <sub>szűrt</sub> [mg/l]	NH <sup>4</sup> -N [mg/l]	TN [mg/l]	TP [mg/l]	OP [mg/l]	TSS [g/l]	KOI:TN:TP
ÁTLAG	6,7	1 340	876	33,2	119	7,2	3,5	0,27	100:8,9:0,5
MINIMUM	6,4	213	195	5,9	26	0,5	0,3	0,12	100:12,2:0,2
MAXIMUM	7,3	2 024	1 208	58,1	160	16,4	13,7	0,41	100:7,9:0,8
SZÓRÁS	0,2	445	232	12,27	29	4,24	2,85	0,14	

4. táblázat: Telephelyi előkezelt szennyvíz jellemzői (2018 augusztus - október)

	pH0 [-]	FeSO4 [l/m <sup>3</sup> ]	pH1 [-]	NaOH [l/m <sup>3</sup> ]	AquaAl [l/m <sup>3</sup> ]	pH2 [-]	PE 1‰ [l/m <sup>3</sup> ]
1.	6,6	0,23	6,4	0,15	-	6,9	3
2.	6,6	0,15	6,7	0,1	-	7,0	3,5
3.	6,6	0,5	6,0	0,4	-	7,2	2
4.	6,6	0,75	5,6	0,5	-	6,9	1,5
5.	6,6	0,23	6,4	-	0,15	6,9	2
6.	6,6	0,2	6,5	-	0,25	7,3	1,5

5. táblázat: Alkalmazott vegyszerdózisok

	KOI [mg KOI/l]	TN [mg N/l]	TP [mg P/l]	KOI:TN:TP
Nyers	4 600	159	46	100:3,5:1
1.	1 140	140	18,45	100:12,3:1,6
2.	1 102	154	14,55	100:14:1,3
3.	952	138	7,01	100:14,5:0,7
4.	860	132	0,95	100:15,3:0,1
5.	<b>1 058</b>	<b>150</b>	<b>9,45</b>	<b>100:14,2:0,9</b>
6.	1 188	154	3,56	100:13:0,3
Flotált	950	128	7,88	100:13,5:0,8

6. táblázat: Előkezelést követően mérhető paraméterek, és ezek összehasonlítása a nyers és az üzemi flotált szennyvíz minőségével

		pH [-]	KOI <sub>hom</sub> [mg/l]	KOI <sub>szűrt</sub> [mg/l]	NH <sub>4</sub> -N [mg/l]	TN [mg/l]	TP [mg/l]	OP [mg/l]	KOI:TN:TP
Nyers	ÁTLAG	6,8	4 778	1 118	36,11	146	30,52	18,81	100:3,1:0,6
	MINIMUM	6,2	1 454	480	14,40	64	22,61	5,35	100:4,4:1,6
	MAXIMUM	7,3	6 710	1 932	54,03	228	36,80	27,16	100:3,4:0,5
	SZÓRÁS	0,4	1410	397	15,20	37	5,26	7,69	
Flotált	ÁTLAG	7,0	959	698	56,91	122	3,88	0,57	100:12,7:0,4
	MINIMUM	7,0	315	261	20,00	39	2,24	0,00	100:12,4:0,7
	MAXIMUM	7,1	1 478	1 384	141,00*	190	8,74	1,63	100:12,9:0,6
	SZÓRÁS	0,02	321	304	41,72	35	1,94	0,67	

\* Hosszabb idejű hűtött tárolás esetén is végbe megy a szerves nitrogén hidrolízise, így változatlan TN mellett egyre nagyobb ammónium koncentráció mérhető.

**7. táblázat:** Átlagos szennyvíz minőség előkezelés előtt és után (laboratóriumi előkezelés, időszak: 2019.02.25-2020.08.06)

A fajlagos vegyszerdózisok összehasonlítása alapján levonható az a következtetés, hogy üzemi méretben a laboratóriumi vegyszerdózis duplájával sikerült közel azonos hatékonyságú szerves anyag eltávolítást elérni az előkezelés során. A nyers szennyvíz KOI:TN:TP aránya mindhárom esetben igen hasonló volt (~100:3:1), melyből a laboratóriumi kezelése során ~100:13:0,5 körüli arányt sikerült kihozni. Ehhez képest az üzemi, nagyobb vegyszermennyiséggel történő előkezelés az ideálshoz (KOI:TN:TP=100:5:1 - 100:3,5:0,7) jóval közelebb álló tápanyag arányt produkált a kampánymérés során 100:10,8:0,8 értékkel.

## KÖVETKEZTETÉSEK

A bemutatott irodalmi és mérési adatok alapján látható, hogy a vágóhídi szennyvíz minősége a feldolgozási folyamatától függően erősen változhat. A vágást követően keletkező koncentráltabb szennyvízre használt vegyszeres kezelések a feldolgozási időszakban vegyszertuladagolást jelenthetnek. A beérkező szennyvíz megfelelően megválasztott térfogatban történő kiegyenlítése azonban megoldja ezt a problémát.

Üzemi méretben a laboratóriumi fajlagos vegyszerdózisok duplája szükséges az előkezelés során ugyanahhoz a szerves anyag eltávolítási hatékonysághoz. Fontos megjegyezni, hogy a tervezési értéként is szereplő 40 mg/l TP teljes mennyiségének eltávolításához a biztonsági faktort is tartalmazó 1,5 mól Fe/mól P fajlagossal számítva 0,62 liter 40 m/m%-os vas-szulfát/m<sup>3</sup> szennyvíz lenne szükséges. Ez 108 g Fe/m<sup>3</sup> szennyvíz mennyiséget jelent. Annak érdekében, hogy a mintegy 1 000 mg/l körüli kezelt KOI-hoz arányaiban megfelelő foszfor álljon rendelkezésre a későbbi biológiai fokozat számára, 7-10 mg/l körüli értéknek maradnia kellene a kezelést követően, azaz körülbelül 30 mg/l TP eltávolítása lenne szükséges. Ez 0,47 l/m<sup>3</sup> vassó dózist (81 g Fe/m<sup>3</sup> szennyvíz) jelentene, ami jól egybevágh a teljes üzemi méretben tapasztalt 0,43 és 0,46 l/m<sup>3</sup> koagulálószer felhasználással. Érdekes módon laboratóriumi méretben fele ekkora mennyiséggel sikerült hatékonyabb foszforeltávolítást elérnünk, kis poharas (~200 ml) és nagyobb térfogatban történő (~5 liter) kezelése során is. A különbség a térfogatok nagyságrendjén túl természetesen



	pH [-]	KOI <sub>hom</sub> [mg/l]	KOI <sub>szűrt</sub> [mg/l]	NH <sup>4</sup> -N [mg/l]	TN [mg/l]	TP [mg/l]	OP [mg/l]	KOI:TN:TP
ÁTLAG	6,58	5 342	1 605	159,1	180	43,81	21,77	100:3,4:0,8
MINIMUM	6,45	3 810	1 430	95,9	133	36,92	20,37	100:3,5:1
MAXIMUM	6,68	8 150	1 780	187,8	210	51,49	22,57	100:2,6:0,6
SZÓRÁS	0,08	1 606	140	36,3	30	5,06	0,97	

8. táblázat: Telephelyen keletkező nyers szennyvíz jellemzői (2021.11.18-22. között)

	pH [-]	KOI <sub>hom</sub> [mg/l]	KOI <sub>szűrt</sub> [mg/l]	NH <sup>4</sup> -N [mg/l]	TN [mg/l]	TP [mg/l]	OP [mg/l]	KOI:TN:TP
ÁTLAG	6,76	1 355	898	121,0	147	11,35	7,50	100:10,8:0,8
MINIMUM	6,69	1 151	423	83,9	105	8,89	5,49	100:9,1:0,8
MAXIMUM	6,84	1 626	1 218	146,1	161	13,71	9,83	100:9,9:0,8
SZÓRÁS	0,07	144	308	29,1	22	1,83	1,60	

9. táblázat: Telephelyi előkezelt szennyvíz jellemzői (2021.11.18-22. között)

	Laboratóriumi előkezelés a 6. vegyszerdózissal	Laboratóriumi hosszú távűelőke- zelések átlaga	Üzemi méretű flotálás átlag ampánymérés	Üzemi méretű flotálás átlag teljes próbaüzem
Vas-szulfát fajlagos mennyisége (l/m <sup>3</sup> )	0,2	0,23	0,43	0,46
Adagolt g Fe/m <sup>3</sup> szennyvíz	35	40	75	80
Aqual fajlagos men- nyisége (l/m <sup>3</sup> )	0,25	~0,15 (pH 7 célérték)	0,46	0,23
Adagolt g Al/m <sup>3</sup> szennyvíz	25	15	46	23
pH a kezelést követően	7,3	6,8	7,31	7,1
TP kiindulási (mg/l)	46	31	43	30
TP maradó (mg/l)	3,56	3,88	11,35	n.a.*
Kiindulási KOI (mg/l)	4 600	4 778	5 342	3 659
Szerves anyag eltávo- lítási hatékonyság (%)	77	80	75	73
Előkezelést követő KOI (mg/l)	1 058	959	1 355	1 032
KOI:TN:TP arány a nyers szennyvízben	100:3,5:1	100:3,1:0,6	100:3,6:0,8	100:5:0,8
KOI:TN:TP arány az előkezelt szennyvízben	100:13:0,3	100:12,7:0,4	100:10,8:0,8	n.a.*

\* nem történt folyamatos TN és TP mérés az előkezelést követően

10. táblázat: Laboratóriumi és üzemi méretű előkezelés összehasonlítása

a kezelés módjában is tetten érhető, mivel a laboratóriumi méretű előkezeléseknél mágneses keverővel történt a vegyszerek bekeverése és a pehelyképzés, majd ülepitést követően történt a fázisszétválasztás - a nagyüzemi csőflokulátoros vegyszerbekeveréshez és oldott levegős flotáláshoz képest.

Nagyüzemben a nyers szennyvíz 100:3,5:1 körüli KOI:TN:TP arányáról az ideálishoz (KOI:TN:TP=100:5:1 - 100:3,5:0,7) közelebb álló, 100:10,8:0,8-as KOI:TN:TP arányt sikerült elérni a vizsgált időszakban átlagosan, szemben a laboratóriumi előkezeléssel elért ~100:13:0,5 körüli aránnyal. Így üzemi méretben megvalósítható a szennyvíz saját szerves anyagával történő elődenitrifikáció, mivel a 10-es KOI/TKN arány biztosított. Ez azt jelenti, hogy külső szerves tápanyag hozzáadására valószínűleg hosszútávon sem lesz szükség a felszíni befogadóra érvényes határértékek eléréséhez sem. Azonban a hosszú távú üzemelés során derül majd fény arra, hogy az optimálisnál alacsonyabb mennyiségű foszfor okoz-e bármilyen iszapszerkezeti vagy tápanyag eltávolítási problémát.

Amennyiben hosszú távon problémát okozna a biológiai tisztítási fokozat számára a foszforhiány a nitrogén mennyiségéhez képest, úgy megfontolandó a telephelyen keletkező kommunális szennyvíz biológiai reaktorokra történő rávezetése. Üzemeltetési költséghatékonyság szempontjából ez a megoldás jóval kedvezőbb, mint a foszfor tápanyag adagolása, mivel ez utóbbi igen költséges vegyszerekkel lehetséges csak (pl. foszforsav).

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Munkánk a GINOP-2.2.1-15-2016-00096 "Magas nitrogéntartalmú élelmiszeripari szennyvíz szenzorhálózat alapú vezérlésének fejlesztése SBR környezetben" című projekt keretében, az Európai Regionális Fejlesztési Alap támogatásával valósulhatott meg.

## ▶ IRODALOMJEGYZÉK

## JELMAGYARÁZAT

BOI	Biológiai oxigénigény [mg/l]
$KOI_{nom}$	Homogén mintában mért KOI [mg/l]
$KOI_{szűrt}$	0,45 $\mu$ m membránszűrést követően mért KOI [mg/l]
KOI:TN:TP	KOI, TN és TP tartalom alapján meghatározott C.N:P tápanyagarány
$NH_4$ -N	Ammónium-nitrogén [mg/l]
PE 1%	1%-os anionos polielektrolit [l/m <sup>3</sup> ]
TN	Összes nitrogén [mg/l]
TP	Összes foszfor [mg/l]
OP	Ortofoszfát-foszfor [mg/l]
TSS	Összes lebegőanyag [g/l]

## SZERZŐ:



**Harasztiné Hargitai Réka:** környezetmérnök, a Pannon Egyetem Fenntarthatósági Megoldások Kutatólaboratóriumának tagja és PhD hallgatója. Fő szakterülete a szennyvíztisztítási technológiák. PhD hallgatóként kutatási témájában a körforgásos (víz)gazdaság kialakításának lehetőségeit vizsgálja.



**Somogyi Viola PhD.:** egyetemi docens a Pannon Egyetem Bio-, Környezet- és Vegyészmérnöki Kutató Fejlesztő Központ szennyvízkezeléssel foglalkozó kutatásait vezeti. 2006 óta foglalkozik települési szennyvíztisztítók biológiai folyamatainak vizsgálatával és optimalizálásával. Kutatási területe a körforgásos gazdálkodási modell szennyvíztisztítókra történő adaptálása. A Magyar Szabványügyi Testület Munkavédelmi Munkabizottság és a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség (MASZESZ) tagja. Kitüntetés: Környezetünkért emlékplakett 2021.



**Horváth Dániel:** Szakmai tanulmányait a Pannon Egyetem Mérnöki Karán kezdte, mint Környezetmérnöki alapszakos hallgató, 2019-ben végzett alapszakon, majd 2022-ben okleveles környezetmérnök végzettséget szerzett. Alapszakon technológia szakirányon végzett, szakdolgozatát szennyvíztisztítás témakörében írta, amelynek kutató munkája része a megjelent cikknek. Jelenleg a Veszprémi Tervező Kft.-nél dolgozik.



**Pitás Viktória:** okleveles környezetmérnök, a Pannon Egyetem Fenntarthatósági Megoldások Kutatólaboratóriumának munkatársa. 2008-ban végzett a Pannon Egyetemen, azóta foglalkozik szennyvíztisztítási technológiákkal. Fő érdeklődési és kutatási területe az ipari szennyvizek eleveniszapos tisztítása, mely témakörben doktori fokozatának megszerzését tervezi. Néhány éves piaci kitérőt követően (2011-2018) tért vissza alma materébe.

## CO-DEVELOPMENT MEGBESZÉLÉS A MASZESZ OKTATÁSI PROGRAMJÁNAK FEJLESZTÉSÉRŐL

A MaSzeSz új irodája július 19 délután egy kísértetnek adott helyet: Néhány, a Szövetség képzési programja iránt különösen elkötelezett résztvevő a fejlesztés szükséges és lehetséges irányait térképezte fel. (dr. Major Veronika, dr. Papp Mária, Káli Andrea, Csörnyei Géza, Rózsa Bálint)

A megbeszélést megelőzően az elnökségben vetődött fel a kérdés: *“Hogyan tud a MaSzeSz oktatási programja hozzájárulni a víziparban és a víziközmű-szolgáltatásban tapasztalható szakemberhiány enyhítéséhez?”*. Annak érdekében, hogy ezt a nehéz kérdést minél átfogóbban megválaszolhassuk örömmel fogadtuk el egy tapasztalt coach felajánlását arra, hogy kipróbáljunk egy viszonylag újszerű szervezetfejlesztésben használt technikát a Co-Developmentet. A Co-development egy irányított brain-storming, mely biztonságos környezetet biztosítva, a kollektív intelligenciát hívja segítségül. Itt a különböző tudással, ismeretekkel, információval rendelkező résztvevők gondolatai szabadon áramolhatnak és a nehézségek megértéséhez közelebb kerülve merülnek fel válaszok, megoldási lehetőségek és ezek csoportosításával, rendszerbe-szervezésével végső soron egy cselekvési terv áll össze.

A megbeszélés első szakasza tehát, az alábbi problémákat vázolta fel, melyre a MaSzeSz képzési programja megkísérelhet választ adni: Definiált egy általános tudáshiányt a szakmán belül. Ennek része a fiatal szakemberek képzése, a korábban keresett és jól ellátott, korábban a közművek által támogatott **vízügyi szak-középiskolák** hiánya. Továbbá megállapítást nyert, hogy hiányzik a meglévő **szakemberek továbbképzése**, eredetileg nem **vízügyi végzettségű szakemberek átképzése**, ami azért különösen fájdalmas, mert a szakmába érkezők nagy része eredetileg nem vízügyi végzettségű munkavállaló. Ők képességeik, elhivatottságuk okán megfelelhetnének a munkakörük által támasztott követelményeknek, de fontos lenne, hogy ehhez megfelelő képzési asszisztenciát is kapjanak. Ezek egyes vállalatoknál saját forrásból, alkalomszerűen, olykor megvalósulnak, de csak a legégetőbb igényekre jelentenek megoldást. A szakma régóta tartó előregedése, a **nyugdíjazások** és a 20-25%-os **fluktuáció** rendszeresre és strukturáltságra épülő képzést tesznek szükségessé. Fontos részletek is megállapításra kerültek. Többek között elhangzott, hogy nem papírra, hanem kompetenciára van szükség, illetve az is, hogy a szakképzett munkavállalók hiánya egyforma mértékben vonatkozik a szellemi és a fizikai munkakörökre is.

A megbeszélés a megoldás keresése közben a jelenlegi helyzetet kiváltó okokat is megkísérelte feltárni. Így a forráshiány és a pálya alacsony vonzereje háttérben nem pusztán anyagi, hanem társadalmi elismertségbeni deficitet határozott meg. Szembe kell nézni azzal a – már nem új – kihívással, hogy lényegében változott meg a terület helyzete.

Az évtizedeken keresztül tartó közművesítés a 90-es évek végén lezárult. Legalábbis az országon belül. Ugyanakkor meg kell jegyezni, hogy az export, akár a balkán, akár a távolabbi országok esetében komoly lehetőséget biztosíthat a Magyarországon megszerzett know how és tudás számára. Itthon nincs több "feltöresre váró föld". Ugyanakkor vannak előre-gedő, élettartamuk végén járó hálózataink, vannak változó fogyasztói és környezeti igények, vannak új felfogások és új technológiák. Ezek nem indokolják, hogy a pálya ne legyen társadalmi szempontból vonzó, hogy ne kínáljon kívánatos karrierlehetőséget és mindehhez ne legyen forrás. A megbeszélésnek ez a része újra

rámutatott, hogy a MaSzeSz munkájának a szakmai képzések biztosításán túl, elengedhetetlen része kell legyen a társadalmi szemléletformálás, értékképviselés.

A résztvevők által felvetett számos probléma, észrevétel, nehézség rendszerezéséből és szintéziséből az alábbi fő problémakörök kerültek definiálásra, melyek némelyike túlmutat nemcsak a MaSzeSz képzési programján a MaSzeSz-en, de még akár a vízszakmán is:

1. Rang, társadalmi elismertség
2. Költségvetési forrásból biztosított alapképzések
3. Aktív munkavállalók folyamatos képzése, átképzése

Bár van ezek közt, amihez a MaSzeSz kicsinek tűnik, az nem jelenti azt, hogy nincs tennivalója a területen. A megbeszélés második része olyan lehetőségeket keresett, melyek erőforrásainkhoz illeszkedően lehetőségeket biztosítanak a minél eredményesebb szerepvállalásra és ezek a jövőben meg kell jelenjenek a MaSzeSz képzési programjában és a MaSzeSz tevékenységében általában is.



## A TUDÁSÁTADÁS ÚJ ESZKÖZEI

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

*Ifj. Chikán Attila*

A 2020-as évek rendkívüli kihívások elé állították ágazatunkat. Az alulfinanszírozott üzemeltetés, a szakemberhiány, a szélsőséges időjárási körülmények és a vírushelyzet egy nagyon hatékony tudásátadási módot követelnek. Talán fel kellett volna adni jól bevált konferenciáinkat? Nem, hisz soha nem volt ennyi új információ, soha nem éltünk meg ilyen különleges időszakot! Ezért a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség két-három hetente csütörtökön, online módon jár körül különleges témákat. a szakmai alapoktól a digitális vízgazdálkodásig. Bár hiányzik a személyes kapcsolatok ápolása, de az online fórumok kárpótolnak az intenzív tudás átadással és a visszanezhető tudásbázissal. Eltérően az eddigi gyakorlattól a webináriumaink ingyenesen elérhetőek.

2022-ben a MASZESZ az online előadásokat négy téma köré csoportosítva szervezi:

- **A települési vízgazdálkodás kihívásai**
- **Az ellátás biztonsági kérdései**
- **Minden, ami energia**
- **Alaptudás szinten tartása**

### AZ ELSŐ FÉLÉV

2022. március 22-én a **Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Vízudományi Karával** közös

szervezésében tartotta meg **országos konferenciáját**. Az online esemény a 2022-es **Víz Világnap** mottóját alapul véve a társadalom számára láthatatlan, ám életelemet jelentő vízi-közmű szolgáltatás fenntarthatóságát helyezte a középpontba.

A 2022. év első programcsomagja: **„A települési vízgazdálkodás kihívásai”**



**INTEGRÁLT  
TELEPÜLÉSI  
VÍZGAZDÁLKODÁSI  
TERV –  
2022. MÁRCIUS 31.**

350 regisztráció, 260 résztvevő! Igazi tavaszi

sikerként indul a MASZESZ 2022. évi, 10 részből álló tudástranzfer programjának első webinárium, az **Integrált Települési Vízgazdálkodási Terv (ITVT)** szerepéről és követelményeiről.

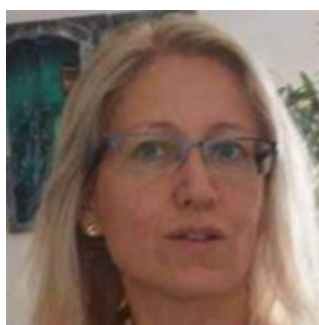
**Balatonyi László**, az OVF osztályvezetője, **„A települések helye és szerepe a mai magyar vízgazdálkodásban - Az ITV szükségessége és a pályázati források”** című előadásában a globális és lokális problémák bemutatásán túl felhívta a figyelmet az integrált vízgazdálkodási tervezés szükségességére.

**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 szétaprózódottan van jelen, nem használják ki a vízben rejlő lehetőségeket és az ágazati stratégiákkal és programokkal együtt igen sok átfedés, párhuzamosság található.

**Jancsó Béla**, a Magyar Mérnöki Kamara Vízgazdálkodási és Vízépítési Tagozatának Elnöke, *„Az ITVT tervezés módszertana, folyamata és a terv tartalmi követelményei”* című előadásában bemutatta, hogy a településfejlesztés és a vízgazdálkodás hogyan kapcsolódik össze az ITVT keretén belül.

**Nagy Zsuzsanna**, a DHI Hungary Kft, ügyvezetője az *„ITVT ütemezése és helye a vízgyűjtő-gazdálkodási tervezésben”* című előadásában az ITVT és a Vízgyűjtőgazdálkodási tervek kapcsolódását mutatta be, külön kitérve a tervezés ütemezésének fontosságára.

A webinárium elérhető [itt](#).



## INNOVÁCIÓ MENEDZSELÉSE 2022. ÁPRILIS 28.

A programcsomag második webináriuma az innováció fontosságáról és a cégek életében betöltött hajtóerejéről szólt.



**dr. Birkner Zoltán**, a NKFIH elnöke előadásában 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, Számítalan forma és forrás áll rendelkezésre a vállalati innovációk támogatására.



**Pomázi Gyula**, a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatalának elnöke az innováció folyamatának második lépéséről, az innováció hasznosításáról beszélt. A 21. században

az innováció üzleti eredménnyé konvertálási módja a szellemi tulajdon védelmének megteremtése. A Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala térítésmentes tanácsadással áll a kis- és középvállalkozások rendelkezésére.

A hazai vízipari cégek sikeréről számolt be **Arnhoffer András** a ZALAVÍZ Zrt. vezérigazgatója, **Dózsa Péter** a PURECO IDEA ügyvezetője, **dr. Zádor István** a PURASET igazgatója és



- Gebhard Antal és Géczi Ágnes mutattat be, hogy a szolgáltatók milyen problémákkal találkoznak, milyen megoldásokkal próbálják ezeket kezelni.
- Csepel Csaba bemutatta azt a magyar a magyar innovációt, mely műszaki megoldást adhat a hátrányos területek vízellátására.



**Taxner György**, az UTB vezérigazgató helyettese. Az eredményekhez gratulálunk!

A webinárium elérhető [itt](#).

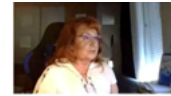


**A SZOLGÁLTATÁSI  
KIHÍVÁSOK  
A HÁTRÁNYOS  
HELYZETŰ  
TERÜLETEKEN –2022.  
– 2022. JÚNIUS 16.**

A MaSzeSz a „**SZOLGÁLTATÁSI KIHÍVÁSOK A HÁTRÁNYOS HELYZETŰ TERÜLETEKEN**” című webináriumára segítséget nyújtott önkormányzatoknak és szolgáltatóknak a szegregált területek vízellátásának biztosításában.

A webinárium többet adott műszaki és szolgáltatási megoldások bemutatásánál.

- A Máltai Szeretetszolgálat segítségével körképet rajzoltunk a jelenkori magyarországi helyzetről.

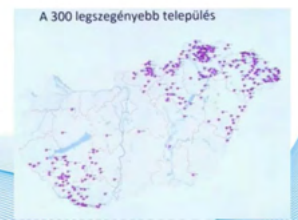


**maszesz**  
Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség

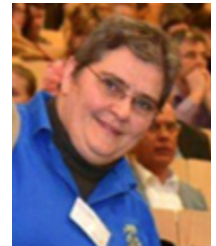
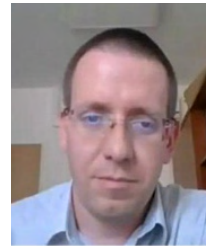
**Vecsei Miklós**

Magyar Máltai Szeretetszolgálat alelnöke

„a szívhez szólok nem az észhez”



Hisszük, hogy webináriumunkkal a hátrányos helyzetű térségekben nemcsak a műszaki, de az emberi problémák enyhítését is elősegítjük.



A webinárium elérhető [itt](#).





A 2022. év második programcsomagja: **Az ellátás biztonsági kérdései**



### AZ ÜZEMELTETÉSHEZ KAPCSOLÓDÓ ANYAG ÉS ENERGIAELLÁTÁS – 2022. JÚNIUS 23.

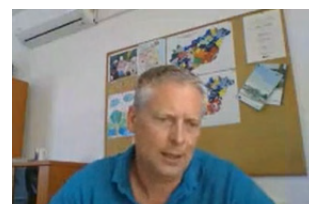
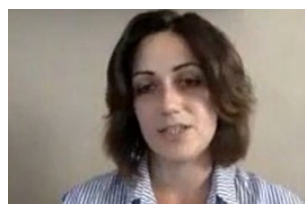
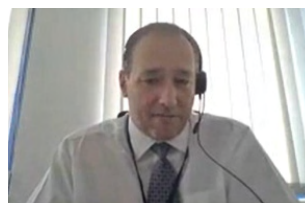
„Az üzemeltetéshez kapcsolódó anyag és

**energiaellátás”** című webinarium az erőforrásellátás különböző aspektusait vette górcső alá a víz- és csatornahálózat azüzemeltetés biztonsága szempontjából. Tárgyalta a finanszírozási nehézségeket és megoldási lehetőségeket kínált.

A világ számos országát érintő egészségügyi vészhelyzet, a háborús szankciók világában nem újdonság, ha az ellátási láncok sérülékenységről kell beszélnünk. Az alapanyaghiány, az ehhez kapcsolódó áremelkedés mindennapjaink része lett.



- **Csörnyei Géza** – Fővárosi Vízművek, üzemeltetési igazgatója előadása a "Szolgáltatási színvonal a beszállítói láncok és a rezszivédelem kereszttüzeben" címet viseli.
- **Fábrik Tamás** – TRV Zrt, műszaki igazgatója az Üzemeltetéshez kapcsolódó anyag és energiaellátási megoldásokról beszélt.
- **Molnárová Viktória** – 2022. Junior Szimpózium nyertese - A biogáz jelenéről és jövőjéről tartott előadást a Dél-Pesti szennyvíztisztító telep gyakorlati példája alapján. A biogázzal, mint energiaellátás részéről és annak energiabiztonsági kérdéseiről számolt be.
- **Czipri András és Raáb Gábor** – DRV Zrt munkatársai az Új projektek tervezéséről és a megvalósíthatóságukat befolyásoló negatív és pozitív tényezőkről számoltak be.



A webinarium elérhető [itt](#).



### A TELEPÜLÉSI VÍZGAZDÁLKODÁS KRITIKUS PONTJA – 2022. JÚNIUS 9.

„A települési vízgazdálkodás kritikus pontjai” című webinarium

feltárta az ellátásbiztonság erős és gyenge pontjait.

Az ellátást egyszerre fenyegetik tervezhető, kiszámítható és kiszámíthatatlan veszélyek. Milyen erőforrásokra támaszkodhatunk ezek kezelésében, és milyen kockázatot jelent maga az erőforrásszűke?

- Mik a szűkös erőforrások?
- Milyen lehetőségeink vannak?



A webinarium elérhető [itt](#).



## MIT LÁTHATUNK A ÉV VÉGÉIG?

Az első hat hónap eredményei, a nagyszámú lelkes hallgatóság megerősített bennünket abban, hogy jó úton járunk. Ezért újabb izgalmas webinariumokat tervezünk.

A 2022. év harmadik programcsomagja: **Min- den, ami energia**

**Tervezett időpont: 2022. szeptember-október**

**Energiahatékonyság, veszteségcsökkentés, alternatív energiák alkalmazásának lehetőségei, ágazati összefüggések vizsgálata energiagazdálkodás oldalról (Energiahatékonysági Kötelezettségi Rendszer, „virtuális erőmű”, VÁRA, körforgásos gazdaság), digitalizáció**

**Tervezett webinariumok:**

- Iszap és energia
- Energiahatékonyság a gyakorlatban (az elmúlt évek energiahatékonysági beruházásainak és eredményeinek áttekintése, VÁRA pályázatok)
- Szennyvíz kezelés energiamérlege
- Alternatív energia termelő megoldások az ágazatban

A 2022. év negyedik programcsomagja: **Alap- tudás szinten tartása**

**Tervezett webinariumok:**

- Elkeveredés vizsgálatok
- Vízgépészet

Kérjük, tájékozódjon a [MASZESZ honlapján](#) és a [FACEBOOK oldalán](#) az előadások időpontjáról és kapcsolódjon be webinariumainkba.

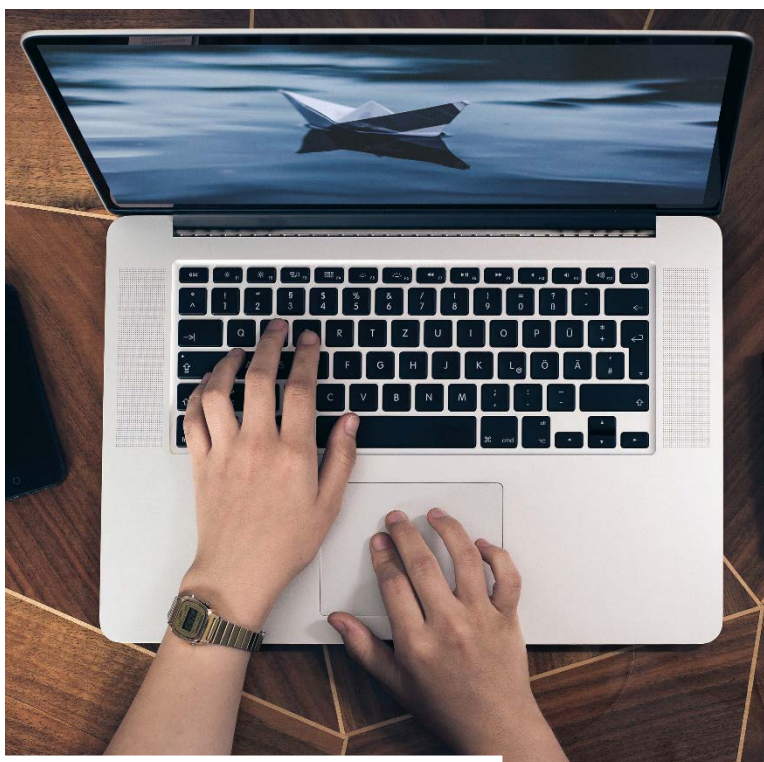
Hírsatorna on-line magazin **különszámot** jelentet meg:

## Digitalizáció a Víziparban

- az adatok és folyamatok digitális hálózatba kötése,
- a közérdekű szolgáltatások nyújtásának digitális támogatása

fontos téma valamennyi vízszolgáltató és vízkezeléssel foglalkozó vállalkozás számára

**Különszámunk** az érdekes cikkek mellett **kézikönyvszerűen** szándékozik bemutatni a digitális megoldásokat kínáló vállalkozásokat.



Ismerje meg a lehetőségeket, válassza ki az optimális megoldásokat!  
 Figyelje a Különszámot (megjelenés: 2022. október 15)

Ragadja meg a lehetőséget és mutassa be cégét!

Titkárságunk várja jelentkezését a [titkarsag@maszesz.hu](mailto:titkarsag@maszesz.hu) e-mail címen,  
 +36 20 391 0909 telefonszámon

## MINDEN, AMI ENERGIA

# Ivóvíz termelés és ellátás lehetőségei



Milyen megtakarítási lehetőségek rejlenek az ivóvízelőállítás/szállítás rendszerében? Hol tudunk faragni egyébként is magas költségeinkből? Kevés ennél aktuálisabb kérdéssel tudunk találkozni.

- -Szerelvények
- -szivattyúk
- -tervezés
- -termelésirányítás

A hybrid webinárium **a rendezvényt követően is megtekinthető.**

Személyes részvételi regisztráció az alábbi linken:

[személyes regisztráció](#)



On-line részvételi regisztráció az alábbi linken:

[on-line regisztráció](#)



### Dátum

2022. október 11.,  
9.00-12:00 óra



### Helyszín

2000 Szentendre  
Dobogókői út 5.



### Részvétel

A hybrid webinárium ingyenes,  
de a személyes, illetve on-line részvétel  
regisztrációhoz kötött.



### Kapcsolat

MaSzeSz Titkárság

e-mail: [titkarsag@maszesz.hu](mailto:titkarsag@maszesz.hu)

tel: 06 20 391 0909

**MINDEN, AMI ENERGIA**

## Szennyvíz újrahasznosítási rendszer

Szennyvíz újrahasznosítási rendszer:

A Szennyvízkezelésnél kevés energiaigényesebb terület van, miközben maga a szennyvíz is rengeteg hasznosítható energiát hordoz.

Erre az érdekes kettősségre fűztük fel ezt az izgalmas webinárium alkalmat.

- energiamegtakarítás
- energiahasznosítás

A hybrid webinárium a rendezvényt követően on-line megtekinthető.



Személyes részvételi regisztráció az alábbi linken:  
[regisztráció](#)

On-line részvételi regisztráció az alábbi linken:  
[on-line regisztráció](#)



### Dátum

2022. október 27.,  
9.00-12:00 óra



### Helyszín

2000 Szentendre  
Dobogókői út 5.



### Részvétel

A hybrid webinárium ingyenes,  
de a személyes, illetve on-line részvétel  
regisztrációhoz kötött.



### Kapcsolat

MaSzeSz Titkárság  
e-mail: [titkarsag@maszesz.hu](mailto:titkarsag@maszesz.hu)  
tel: 06 20 391 0909

# Mit nyerhetnek az érintettek?

## KÖZÉRDEKŰ ONLINE FÓRUM

A VÍZIKÖZMŰ-SZOLGÁLTATÁS ÁLLAMÁLTALI ÁTVÉTELÉNEK LEHETŐSÉGÉRŐL

**2022. szeptember 27., 9:00 - 12:00**

ONLINE KONFERENCIA

### ELŐADÓK:

**VOLENCSEK ZSOLT** (vezérigazgató - NV Zrt):

Az ellátási kötelezettség és vagyonátadási folyamat eredményeinek és a ható használók ismertetése

**SCHMIDT JENŐ** (elnök TÖOSZ): A lehetőség értékelése önkormányzati szempontok alapján

**KURDI VIKTOR** (elnök MAVÍZ): Az integrációban a lehetőség szakmai megítélése szolgáltatói szemmel

**DR SZALÓKI SZILVIA** (alelnök MEKH, fideszes alatt): A fogyasztók érfimattsége

**KOVÁCS KÁROLY PhD** (elnök MASZESZ):

A víziközmű vagyongazdálkodás fő jellemzői, és az integrált vagyongazdálkodásban rejlő lehetőségek

**KÁLI ANDREA** (MASZESZ vízérték kommunikáció):

Vízérték társadalmi megítélése - Kinek mit a feladat? - Mennyit ér? - Az egységes vízdíj megítélése

**REGISZTRÁCIÓ: [regisztracio.maszesz.hu](https://regisztracio.maszesz.hu)**

**Részvételi díj: 6.500 Ft + ÁFA / MASZESZ tagoknak: 3.250 Ft + ÁFA**

**Kérdésfeltevésre van lehetőség az előadók felé előzetesen a regisztráció során, illetve a fórum ideje alatt.**

A kérdéseket a MASZESZ gyűjti, rendszerezi és moderálja. A kérdéseket az előadóknak lehetőség szerint a fórum folyamán feltesszük, vagy a fórum után eljuttatjuk hozzájuk. A válaszokat a fórum után a MASZESZ honlapján közzétesszük: [www.maszesz.hu](http://www.maszesz.hu)

**A MASZESZ 2022. ÉVI MŰKÖDÉSÉNEK TÁMOGATÓJA:**



**HUNGARIAN  
WATER  
PARTNERSHIP**

# Újérték

## ORSZÁGOS KONFERENCIA

**2022. december 1.**  
NEMZETI KÖZZSOLGÁLATI EGYETEM  
/ ONLINE KÖZVETÍTÉS

**TÁRSSZERVEZŐK:**

Nemzeti Közzolgálati Egyetem - Ludovika  
Nemzeti Közzolgálati Egyetem - VTK

## Kényszerek és lehetőségek

1. Új
2. Energia
3. Ember
4. Szabályzók

A MASZESZ 2022. ÉVI  
MŰKÖDÉSÉNEK TÁMOGATÓJA:



**HUNGARIAN  
WATER  
PARTNERSHIP**

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



**MAGYAR HIDROLÓGIAI TÁRSASÁG vándorgyűlésére** a szakma minden területéről mintegy 300 résztvevő érkezett Nyíregyházára.

A 105 éves társaság 39.

vándorgyűlését, a köszönet szavai nyitották meg. Dr. Váradai József, Boda János, Serény József, Bálint Márton, Kumánovics György és Lucza Zoltán kapta az MHT 2022. évi nívódíját. A kiállítással kibővített vándorgyűlésen 6 témakörben rendeztek szekciós üléseket a vízkárelhárítás, a területi vízgazdálkodás, a települési vízgazdálkodás, az infrastruktúra-fejlesztés, a hidrológia-hidrogeológia-hidraulika-numerikus modellezés és a vízügytörténet tudományterületén. Települési vízgazdálkodás szekcióban 19 előadás mutatta be a vízellátás, szennyvíztisztítás, iszapkezelés és kék-zöld infrastruktúra legfontosabb eredményeit.

A Boda János és Serény József által jegyzett nívó díjas előadás budakeszi város új membrán bioreaktoros szennyvíztisztító telepét mutatta be. A membrán-bioreaktoros (MBR) szennyvíztisztítási technológia ülepítés helyett ultraszűrési fázisválasztást alkalmaz teljes lebegőanyag, baktérium és vírus visszatartással.

A záró plenáris ülésen Dr. Szlávik Lajos elnök rövid áttekintést adott a rendezvényről, a szakmai szekciók legfontosabb témáiról,

megállapításairól. Ezt követően a Győri Területi Szervezet elnöke, Németh József távollétében Sütőheő László elnökségi tag meghívta Társaságunk tagjait Győrbe, a 2023. évi XL. Országos Vándorgyűlésre.

A vándorgyűlés gazdag programú tanulmányi kirándulással zárult, mely során meglátogatták a Regionális Vízmű Paszabi vízműtelepét, a Tiszaberceli muzeális és elektromos meghajtású üzemelő szivattyútelepet, a Lónyay torkolati műtárgyat, a Szabolcsi földvár, az Árpád-kori templomot és a Mudrány-kúriát.

A vándorgyűlés tanulmánykötete elérhető [itt](#)





# TÁJÉKOZTATÓ A VÍZIKÖZMŰ-SZOLGÁLTATÁS ÁLLAM ÁLTALI ÁTVÉTELÉNEK LEHETŐSÉGÉRŐL



NEMZETI  
VÍZMŰVEK

## HELYZETÉRTÉKELÉS

A Kormány kiemelt célja a közszolgáltatások terén elért eredmények, így a rezsicsökkentés vívmányainak, a magas színvonalú szolgáltatásnak, az ügyfél elégedettségnek a megőrzése, valamint a közszolgáltatási rendszer folyamatos fejlesztése. A víziközmű szolgáltatás esetében is prioritás, hogy az állampolgárok továbbra is a megszokott, illetve lehetőség szerint magasabb színvonalon jussanak hozzá a szolgáltatáshoz úgy, hogy mindeközben terheik ne növekedjenek. Az elért eredmények megőrzése érdekében a víziközmű ágazat szereplői részéről egyrészt folyamatosan keresni kell a hatékonyságnövelési és újítási lehetőségeket, igénybe véve az új technológiai megoldásokat is, másrészt a szolgáltatásnyújtás közép-pontjába ténylegesen a fogyasztók érdekeinek szolgálatát és nem profitszerzést kell állítani. Jelenleg a hatékonyság növelésének bizonyos esetekben akadálya, hogy egyes szolgáltatók és tulajdonos önkormányzataik önerőből nem képesek a változásokra, így nincs mód az országos szinten meglévő különbségek fokozatos felszámolására sem.

A közszolgáltatások esetében általános tapasztalat, hogy a hatékonyságnövelés, illetve kedvezőbb fogyasztói árszínvonal nagyobb eséllyel megvalósítható, ha a szolgáltatás nyújtói optimális üzemméret mellett működnek és a kisebb szolgáltatók keresik az egymással való együttműködés nyújtotta előnyöket. Ugyancsak hatékonyságnövelés lehetőségét rejti magában a közszolgáltatásért felelős önkormányzatok és az állam egymással való együttműködésének fokozása.

## FELADAT- ÉS VAGYONÁTADÁS LEHETŐSÉGE (INTEGRÁCIÓ):

Az ellátásbiztonság fokozása, a közszolgáltatással járó feladatok ellátásának optimális megszervezése, illetve az önkormányzatok és az állam közötti együttműködés lehetőségeinek bővítése érdekében indokolt, hogy a víziközmű-szolgáltatás, mint önkormányzati közfeladat állam részére történő átadásának a lehetősége biztosított legyen. E célból került sor a víziközmű-szolgáltatásról szóló 2011. évi CCIX. törvény

olyan irányú módosítására, mely lehetővé teszi az önkormányzatok és a tulajdonukban működő szolgáltatók számára, hogy a közszolgáltatáshoz kapcsolódó vagyon állam részére történő átadásával, – önkéntes módon – egy állami integrációs folyamatban vehessenek részt. Ez az önkormányzatok és a tulajdonukat képező szolgáltatók számára is lehetőséget teremt arra, hogy portfólió-tisztítást hajtsanak végre, illetve ha azt célszerűnek tartják, úgy a közszolgáltatással járó feladatokat átadják az államnak.

Az integráció előnye összefoglalva az, hogy az érintett szolgáltatók és tulajdonos önkormányzataik számára az állam biztosítsa annak lehetőségét, hogy e jogalanyok a tulajdonukat képező vagyon átadása fejében, önkéntes módon egy állami integrációs folyamatban vehessenek részt. Ezen integrációs folyamat a közszolgáltatás által érintett valamennyi szereplő számára előnyös, mivel:

- az abban részt venni kívánó szolgáltatók segítségével részesülhetnek, illetve a tulajdonos önkormányzatok számukra pénzügyi teherrel járó kötelezettségtől (ellátási felelősség) mentesülhetnek, melynek fejében önként vállalják az integrációval járó kötelezettségek teljesítését;
- az állam számára az integráció eredményeként jelentkező kiadások a költségvetés mindenkori teherbíró képességéhez igazodva kontrollálhatóvá válnak, illetve a felhasználásra kerülő költségvetési források fejében az állami vagyon köre szélesíthető,
- a víziközmű-fejlesztésre fel nem használt források átvételével, illetve a jövőbeni fejlesztésekre, felújításokra vonatkozó források Nemzeti Vízművek Zrt. stratégiai irányítása melletti allokálásával az üzembiztonság tovább növelhető,

- a munkavállalók számára a csatlakozás kiszámítható foglalkoztatási feltételeket biztosít,
- az állampolgárok az integrációs lehetőség következményeként nagyobb biztonsággal jutnak a közszolgáltatáshoz, a szolgáltatás színvonala egységesebbé válik.

### AZ INTEGRÁCIÓ FELTÉTELEI:

Az integrációs lehetőség nem nélkülözheti az állami források ésszerű és takarékos felhasználását, melyre tekintettel az integráció feltételekhez kötött. Az integráció alapját az abban részt vevő önkormányzat, a szolgáltató és az államot képviselő Nemzeti Vízművek Zrt. részéről megkötendő, a közfeladat- és a vagyonátadást rögzítő megállapodás képezi, melynek megkötése valamennyi résztvevő, így az állam nevében eljáró Nemzeti Vízművek Zrt. részéről is önkéntes, tárgyalásos folyamat eredményeként történik. Az állam a vagyon olyan átvételében érdekelt, amelynek eredményeként az a későbbiekben hatékonyan üzemeltethető az állami víziközmű-vagyon részeként és az is prioritás, hogy az állam ingyenesen szerezzen tulajdont (mind a víziközmű-infrastruktúra, mind a víziközmű-szolgáltató társaság részesedései esetében). Tekintettel továbbá arra, hogy az állam számára alapvető cél a hatékonyságnövelés, a tulajdonszerzés csak abban az esetben ésszerű megoldás, ha a víziközmű-rendszerek esetében kizárólagosan, a társasági üzletrészek esetében pedig legalább a meghatározó állami befolyás (75 % + 1 szavazat) elérésének mértékéig terjedően kerül erre sor (az önkormányzatok részéről az ezt el nem érő mértékű üzletrész értékesítésére nincs lehetőség).

Az önkormányzatok és a szolgáltatók megkeresései alapján a Nemzeti Vízművek Zrt. részéről a fenti szempontok érvényesítése minden esetben vizsgálat tárgyát képezi. Az említett szempontok érvényesítése érdekében az integrációban részt venni kívánó önkormányzatok, szolgáltatók részéről az alábbi fontosabb feltételek teljesítésére van szükség:

1. Az Önkormányzat Közgyűlése/Képviselő-testülete kinyilvánítja azon szándékát, miszerint az Önkormányzatot terhelő víziközmű-szolgáltatás biztosítása vonatkozásában fennálló ellátási kötelezettségének és a tulajdonában álló víziközmű-vagyonnak az államra történő átruházására irányuló Integrációs Programban részt kíván venni.
2. Az Önkormányzat Közgyűlése/Képviselő-testülete felhatalmazza a polgármestert arra, hogy az 1. pontban megjelölt cél megvalósítása érdekében a Víziközmű-szolgáltató soron következő Közgyűlésén szavazatával hatalmazza fel a Társaság vezérigazgatóját arra, hogy a Társaság átvilágítását, az önkormányzati-víziközmű vagyon értékelését és integrációs javaslat kidolgozását célzó együttműködési megállapodást írjon alá a Nemzeti Vízművek Zrt.-vel.
3. Az Együttműködési Megállapodás alapján teljeskörű együttműködés az integráció előkészítésében és lebonyolításában, mely kiterjed különösen
  - a megállapodásban rögzített kötelezettségvállalásokhoz szükséges részvényesi felhatalmazásokra, nyilatkozatokra;
  - a víziközmű-szolgáltató (jogi, pénzügyi, gazdasági és műszaki) átvilágításához és önkormányzati-víziközmű vagyon értékeléséhez szükséges dokumentumokra,

információkra – teljességi nyilatkozat megadása mellett – a vizsgálat részeként meghatározott adatszobák szerint, betekintési nyilatkozatokra;

- megalapozott integrációs javaslat készítésére, ami alapján döntés hozható az integráció megvalósítási feltételeinek elfogadásáról és a tranzakciós szerződés(ek) megkötéséről;
4. Az integrációs javaslat előkészítése érdekében az érintett önkormányzatok, szolgáltatók és a Nemzeti Vízművek Zrt. a képviselőikből álló Projekt Irányító Bizottságot hoznak létre. E testület alkalmas arra, hogy az előkészítési folyamat során az érintett önkormányzat a képviselője útján a szükséges információkat megkapja és a folyamatot nyomon tudja követni.
  5. Az integráció előkészítése során az átvilágítással kapcsolatosan felmerülő költségeket egyfelől a csatlakozni szándékozók, másfelől az állam viselik, főszabály szerint 50-50%-ban.

Fenti feltételek indikatív jellegűek, azok a csatlakozni kívánó önkormányzatok, illetve szolgáltatók előzetes tájékoztatását szolgálják, annak érdekében, hogy előzetesen mérlegelni tudják a csatlakozás következményeit. Az integrációs kérelem benyújtására csak abban az esetben célszerű sort keríteni, ha fenti feltételek teljesülése hiánytalanul biztosított és ezek iránt az önkormányzat és szolgáltató elkötelezett. Konkrét esetben az önkormányzatok, illetve szolgáltatók csatlakozásának egyedi feltételei a Nemzeti Vízművek Zrt.-vel lefolytatásra kerülő tárgyalásos folyamat során kerülnek kidolgozásra. A csatlakozási feltételek teljesülése iránt a csatlakozni kívánó önkormányzatoknak és szolgáltatóknak lesz szükséges intézkedniük és dokumentációval alátámasztottan kell igazolniuk.

Hangsúlyozni szükséges, hogy fentiek szerinti feltételek teljesítése sem jelenti automatikusan az integrációs megállapodás megkötését a Nemzeti Vízművek Zrt. részéről, mert azt minden esetben részletes vizsgálat, egyedi körülmények mérlegelése előzi meg a Nemzeti Vízművek Zrt. részéről.

### **INTEGRÁCIÓS KÉRELEMBENYÚJTÁSÁVAL KAPCSOLATOS INFORMÁCIÓK:**

Az integrációt célzó kapcsolat felvételére a Nemzeti Vízművek Zrt.-vel a következő elérhetőségen van lehetőség: [integracio@nvmzrt.hu](mailto:integracio@nvmzrt.hu)

Számos kérdés merül fel a víziközművek átadásának lehetőségével kapcsolatban. A MaSzeSz feladatának érzi, hogy az érintetteket megalapozott döntésekre biztassa, és ehhez a felmerülő kérdésekre válaszokat próbáljon nyújtani. A MaSzeSz vagyonátadási munkacsoport számos felmerülő kérdésre adott választ *ITT*.

Továbbá online fórumot szervezünk szeptember 27-én (*lásd 78. oldal*), melyen a téma legavatottabb ismerői, szereplői adnak elő, és őket lehet kérdezni.



## LAMPL HUGÓ EMLÉKPLAKETT 2023. ÉVI PÁLYÁZATI FELHÍVÁS

A belügyminiszter által alapított és adományozott elismerésekről szóló 37/2012. (VIII. 2.) BM rendelet (a továbbiakban: Rendelet) 26/B. § (1) bekezdése alapján Lampl Hugó Emlékplakett adományozható a tervezési, kivitelezési, technológiai, tájlesztetiki és környezetvédelmi szempontból kimagasló, gazdaságosan megvalósított, továbbá gazdaságosan üzemeltethető vízellátási terv (a továbbiakban: létesítmény) tervezéséért, kivitelezéséért felelős természetes személynek, a létesítmény megvalósításában való meghatározó közreműködéséért, valamint az eredményesség érdekében kifejtett munkája elismerésére.

Az emléklakett évenként egy, a pályázat benyújtásának évében vagy az azt megelőző három évben Magyarországon üzembe helyezett létesítmény tervezéséért, valamint egy a létesítmény kivitelezéséért felelős természetes személy nyerheti el.

Az emléklakett elnyerésére a létesítmény tervezéséért és a kivitelezéséért felelős természetes személy együttesen nyújthat be pályázatot. A pályázat többször is benyújtható. Emlékplakett ugyanazon létesítmény tervezéséért, kivitelezéséért egy alkalommal nyerhető el.

A javaslatok véleményezésére létrehozott szakmai kuratórium a beérkezett pályázatokat

az általános tartalmi és formai követelmények teljesülését követően, helyszíni bejárás és konzultáció alapján értékeli, valamint a Rendelet 30. mellékletében található bírálati lap szempontjai alapján minősíti. A döntést az elismerés adományozásáról a szakmai kuratórium felterjesztése alapján a belügyminiszter hozza.

### A pályázat általános tartalmi és formai követelményei:

- a pályázat benyújtójának természetes személyazonosító adatai (neve, születési helye és ideje, anyja neve), elérhetősége.
- A létesítmény megnevezése, címe.
- A létesítmény tervezéséért felelős mérnök neve.
- A létesítmény kivitelezéséért felelős mérnök neve.
- Műszaki leírás. A kiviteli terv műszaki leírásának rövidített változata legfeljebb 15 oldal terjedelemben.
- Átnézeti helyszínrajz, amely bemutatja a létesítmény földrajzi helyét és a más létesítményekhez való kapcsolatát.
- Részletes helyszínrajz, a létesítmény jellemző méreteinek feltüntetésével.
- Technológiai folyamatábra (működési hossz-szelvény) – ha a mű bemutatásához szükséges – amely tartalmazza a létesítmény fő méreteit és az egyes részek

egymáshoz való csatlakozását, továbbá a lényeges technológiai adatokat.

- A pályázó által szükségesnek ítélt részlettervek az építményekről és építményrészekről.
- Gazdasági értékelés, amely tartalmazza a fajlagos anyag, energia és egyéb költségmutatókat, továbbá összehasonlítást más hasonló célú már működő berendezésekkel.
- Indokolása és bemutatása, hogy az adott terv, illetve a kivitelezés miben tekinthető az átlagtól eltérő műszaki megoldásnak.
- Kiegészítő dokumentumok a pályázat értékelésének elősegítésére: fényképek, az üzem működésének eredményeit igazoló dokumentumok, szakvélemények stb. (pl. vízjogi létesítési engedély, üzemeltetési engedély).
- A dokumentáció mérete: A/4 vagy ennek többszöröse, A/4 méretre hajtogatva.
- A pályázat nyelve magyar és a pályázónak minden oldalt, illetve mindegyik dokumentumrészlet aláírásával kell ellátnia.

**Évente legfeljebb egy Lampl Hugó Emlékplakett elnyerésére kerülhet sor, amely elismerés átadására jelen pályázat esetében a Víz Világnapján - március 22-én - kerül sor.**

A nyertes pályázat elismerése során egy, a tervezésért és egy, a kivitelezésért felelős természetes személy emlékplakettet és adományozást igazoló oklevelet kap. A létesítményen az emlékplakett adományozását igazoló emléktábla kerül elhelyezésre.

**A pályázat benyújtásának illetőleg postai feladásának a határideje: 2022. december 15.**

A pályázatot a Belügyminisztérium Közfoglalkoztatási és Vízügyi Helyettes Államtitkárság postacímére (1051 Budapest, József Attila u. 2-4., 1903 Budapest, Pf.: 314.) szíveskedjenek eljuttatni. A lezárt borítékra a „Lampl Hugó Emlékplakett pályázat” jelölést kérjük feltüntetni.

**További felvilágosítást nyújt:**

Csehné Beszterczán Judit

tel: 06/70/4897063

e-mail: judit.beszterczan@bm.gov.hu



**VIZESMACI Korlátolt Felelősségű Társaság**  
*Mobile Tiefbau Saugsysteme GmbH magyarországi képviselet*  
*A Magyar Szennyvíztechnikai Szövetség tagja*

### Eladó Magyarország első speciális szívó-kotró berendezése

Márka: IVECO TRAKKER, 450 LE Gyártási év: 2007. Futott km: 124 439 Műszaki vizsga: 2022. május, üzemóra: 3857 Felújított ventilátorok, új hátsó gumik, rozsdamentes bélelésű tartály és teljesen rozsdamente tetőszerkezet

Nettó tömeg: 23 tonna Össztömeg: 32 tonna, Levegő szállítás: 600 m<sup>3</sup>/ min, szívóerő: kb.: 40 kg szívócső átmérő: 250 mm maximális szívási mélység: 25 méter, rádió távirányítású erőkar, pneumatikus segítő szerszámok. Maximális szívási távolság: 100 méter

A berendezés alkalmas: iszap, építési törmelék, föld, folyadék és hulladék eltávolítására, biogáz fermentor tisztításra, szennyvíz átemelő aknákból üledék eltávolítására.

Bővebb információ: [www.vizesmaci.hu](http://www.vizesmaci.hu) truck1.eu

Molnár István Tel: + 36 70 281 9988 E-mail: [info@vizesmaci.hu](mailto:info@vizesmaci.hu)



# KA KORRESPONDENZ ABWASSER, ABFALL – LAPSZEMLE

## CSAPADÉKVÍZ KEZELÉSE NAGYVÁROSOKBAN, FRANKFURT AM MAIN VÁROS PÉLDÁJÁN

Andrea Lindner (Frankfurt am Main)

### Összefoglalás

Nagyvárosokban a csapadékvíz-kezelés másnyilvánvalóan mutatkozik, illetve – különösen a hőfejlesztés figyelembevételével – kritikusabban szemlélendő, mint vidéki térségekben vagy kisebb településeken. Frankfurt am Main városának példáján bemutatjuk, hogy a nagyvárosban hogyan kezelik a csapadékvizet magántelkeken, illetve közterületen. Különösen részletesen tárgyaljuk a jogi alapokat és a törvényalkotási kérdéseket.

Kulcsszavak: vízelvezető rendszerek, csapadékvíz-kezelés, nagyváros, csapadékvíz-elszívó-rogtatás, szivárgó folyóka, szivárgóárok, telek, beépítési terv, rendelkezés

DOI: 10.3242/kae2022.03.004



**2. ábra:** Csapadékvíz-tározás egy belvárosi parkban

**1. ábra:** Részlet a 2016-os funkcionális éghajlattérképből (© Frankfurt am Main városa, fénykép: INKEK/ Környezetvédelmi Hivatal)



A sárga területek városi éghajlatot jelentenek, ahol a sűrű beépítés, a nagyfokú burkolat és a kevés szabad téri növényzet miatt mérsékelt túlmelegedés figyelhető meg. A piros területek belvárosi éghajlatot jelentenek, a csekély mértékű növényzettel rendelkező, sűrűn beépített belvárosi területek/városközpont, ipari és kereskedelmi területek miatti erős túlmelegedéssel.



**3. ábra:** Részben csapadékvíz-tározásra szolgáló szabad terület lakott területen



4. ábra: Példa zöldtetőre



6. ábra: Föld alatti szivárogtatóberendezés építése



5. ábra: Nagyobb épület tetőfelületének vízvezetése szivárogtatókba

## SZENNYVÍZHŐ-HASZNOSÍTÁS EGYSÉGES SZEMPONTBÓL

Florian Kretschmer (Bécs/Ausztria)

### Összefoglalás

A szennyvíznek az Európai Bizottság által 2018 végén megújuló energiaforrásként való elismerése, valamint különböző regionális, illetve nemzeti finanszírozási programok bevezetése időközben a szennyvízhő-hasznosítás felé irányította a szakemberek figyelmét. Manapság azonban gyakran egyre inkább az a vélemény van túlsúlyban, hogy a szennyvízhő-hasznosítással kapcsolatban elsősorban települési vízgazdálkodási,

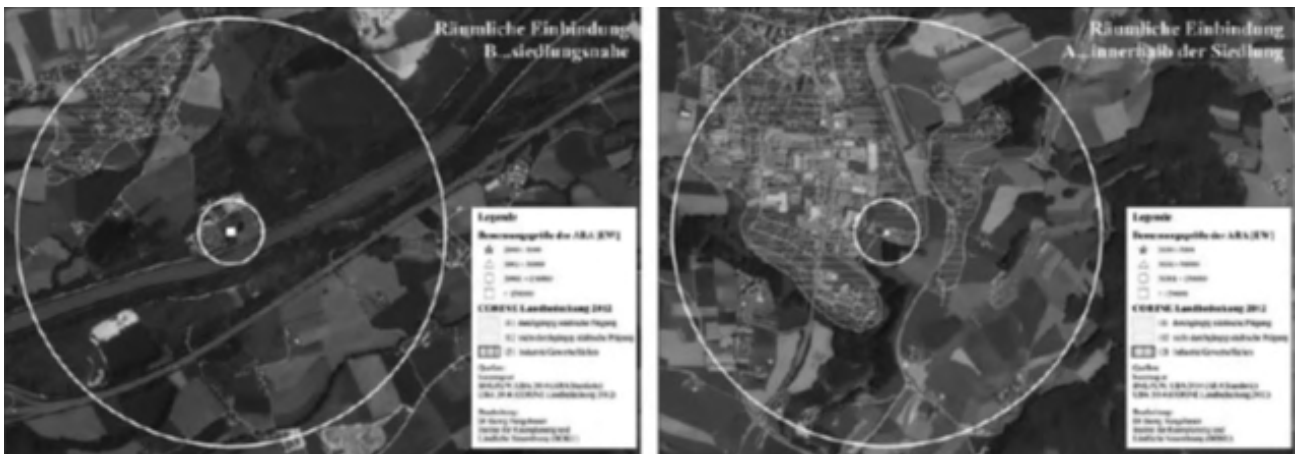
illetve szennyvízgyártási feladatról van szó. Ez a szemléletmód azonban általában meglehetősen kevésbé elterjedt. A szennyvíz megújuló energia-, illetve hőforrásként történő célzott és széles körű aktiválása, alkalmazása és megvalósítása sokkal inkább a különböző szempontok figyelembevételét követeli meg. Jelen cikkünkben ezért bemutatjuk és röviden megvitatjuk a szerző szemszögéből a szennyvízhő-hasznosítás



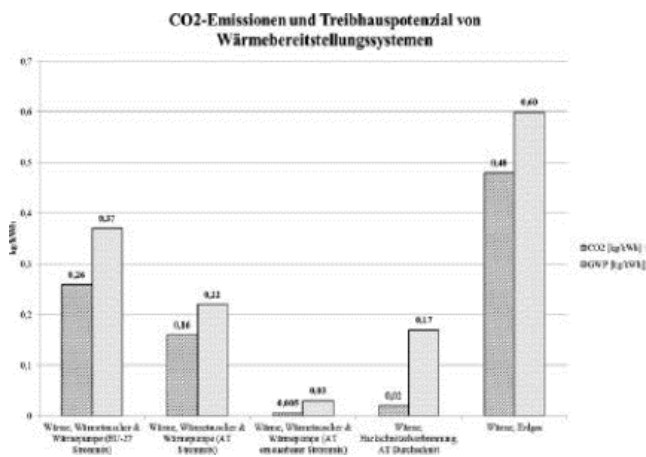
vonatkozásában központi szerepet játszó témaköröket. A cikkben konkrétan a (hőforrások és -fogyasztók) rendelkezésre állása, a gazdaságosság, a klímavédelem, a csatornák és szennyvíztisztító telepek üzemeltetése, az érintett felek irányítása, a térbeli tervezés, valamint az intézményesítés szempontjait részleteztük. Ennek az egységes szemlélet-, ill. cselekvésmódnak az a kívánt célja, hogy hosszú távon biztosítsa a széles körű

elfogadottságot, és így a szennyvízhő-hasznosítás a lehető legnagyobb mértékben támogathassa az energia-átállást.

Kulcsszavak: szennyvíztisztítás, vízvezető rendszerek, energia, energia-vonatkozású térbeli tervezés, klímavédelem, érintett felek irányítása, integrált tervezés, DWA-M 114 irányelv  
DOI: 10.3242/kae2022.02.004



1. ábra: Szennyvíztisztító telepek helyszíneinek példái a lakott területek vonatkozásában [11]



2. ábra: CO<sub>2</sub>-kibocsátások és üvegház-potenciál különböző hőszolgáltató rendszerekben [11]

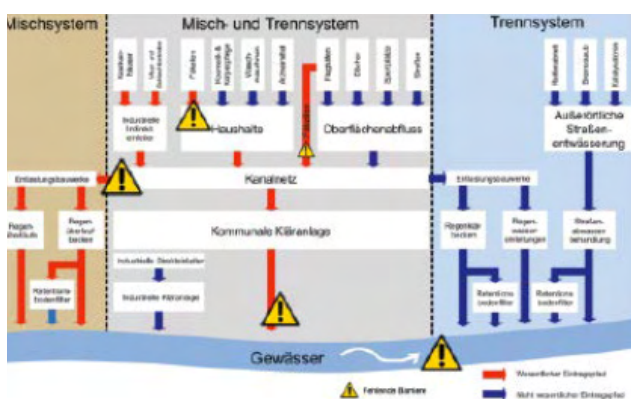
## HOSS: HIGIÉNYA-ORIENTÁLT TELEPÜLÉSI VÍZELVEZETŐ RENDSZER

Jörg Londong (Weimar)

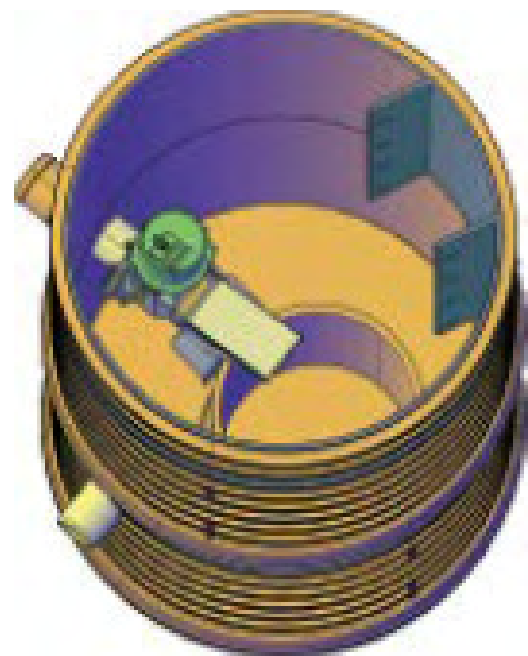
### Összefoglalás

A lakott területeken keletkező szennyvizek gyors elvezetése – elsősorban higiéniai okokból – a fertőző járványok megelőzése miatt történt. Manapság az antibiotikum-rezisztencia a jövő egyik legnagyobb, óriási nemzetgazdasági jelentőségű problémája. A jelenlegi települési vízgazdálkodási rendszer továbbítja az antibiotikumoknak ellenálló kórokozókat, amelyek lényegében a széklettel kerülnek a szennyvízbe. Az élővizek széklettel történő szennyeződése megelőzhető volna, ha az anyagáramokat többé nem kevernék össze, és megfelelő kezelési módszereket alkalmaznánk. Megmutatjuk, hogyan építhetjük át úgy a szennyvízrendszereket, hogy azok az antibiotikumoknak ellenálló kórokozókat többé ne továbbítsák, ez azt jelenti, hogy – az anyagáram-szétválasztás elvei szerint kialakított szaniterrendszerek segítségével – lehetővé válhat a megfelelő, vizes környezetbe történő kibocsátások csökkentése.

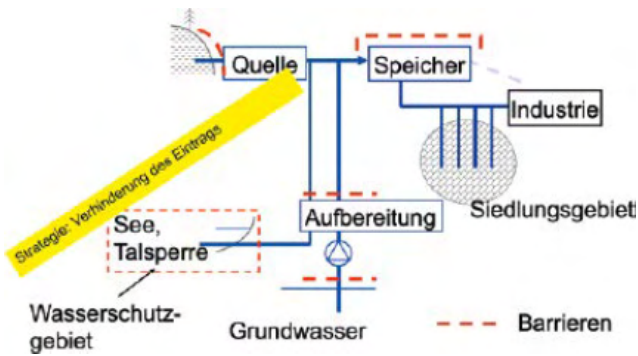
Kulcsszavak: Szennyvíztisztítás, kommunális, vízvezető rendszerek, antibiotikumoknak ellenálló kórokozók, anyagáram, szétválasztás, újszerű szaniterrendszerek  
DOI: 10.3242/kae2022.01.002



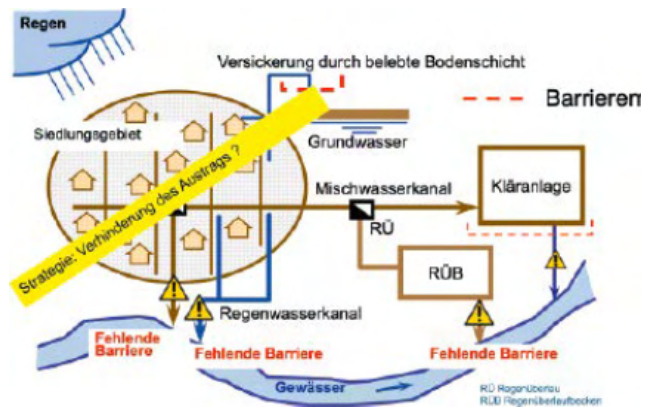
2. ábra: Csőben-cső keresztmetszet, az EVaSENS (fent) és az AWAS (lent) elv szerint (© Ben Schäfer)



1. ábra: Az antibiotikumoknak ellenálló kórokozók szempontjából jelentős beviteli útvonalak (Pinnekamp et al. nyomán [36])



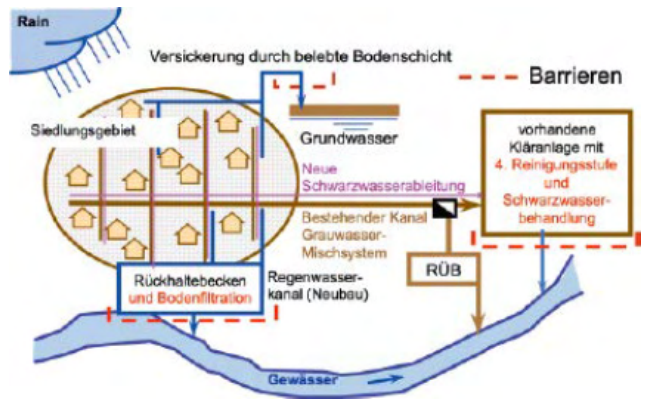
3. ábra: Többszörös rendszer (Gujer [63] ábrája alapján)



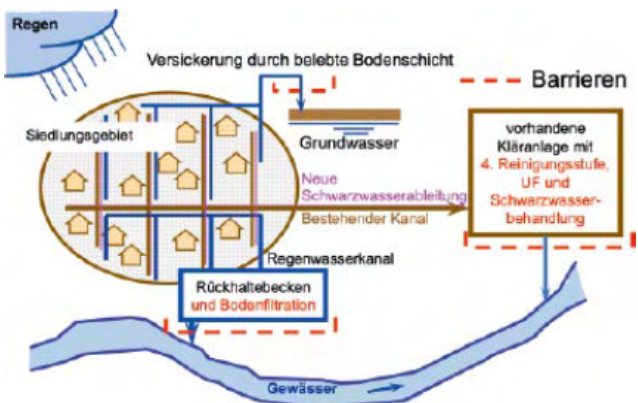
4. ábra: A települési vízelvezető rendszer jelenlegi koncepciója (Gujer [63] ábrája alapján)



5. ábra: A gáttal kialakított elválasztott rendszerű települési vízelvezető rendszer koncepciója (Gujer [63] ábrája alapján)



6. ábra: Szürke szennyvíz-egyesített rendszer (Gujer [63] ábrája alapján)



7. ábra: Hosszú távú célrendszer: A települési vízelvezetés HOSS-koncepciója elválasztott rendszerként, hibás rákötések nélkül, gáttal (Gujer [63] ábrája alapján)



8. ábra: Fekete szennyvíz kezelési koncepciója

## IFAT - SIKERREL ZÁRULT A VILÁG VEZETŐ VÍZ-, SZENNYVÍZ-, HULLADÉK- ÉS NYERSANYAG-GAZDÁLKODÁSI SZAKKIÁLLÍTÁSA



Idén Münchenben rendezték a világ vezető víz-, szennyvíz-, hulladék- és nyersanyag-gazdálkodási szakkiállítását - az IFAT-ot. A 2022. május 30. és június 3. között megrendezésre kerülő rendezvény közel 3 000 kiállítót és 120 ezer látogatót vonzott. A rendezvényre 58 országból érkeztek a kiállítók, míg a látogatók 162 országból utaztak a Münchenbe azzal a céllal, hogy bemutassák, illetve megtekintsék a világ legújabb környezetvédelmi termékeit és szolgáltatásait. A kétévente megrendezésre kerülő szakkiállítás mostani nagysága is megerősítette, hogy a müncheni IFAT világszinten a környezetvédelmi technológiák legfontosabb platformja.

Kína és Oroszország részvétele hiányzott ugyan, azonban az eseményen 15 nemzetközi közös pavilonnal szerepeltek kiállítók Európából, Japánból, Kanadából, Dél-Koreából és az Egyesült Államokból. A rendezvényre magas rangú politikai képviselők is ellátogattak, mint Egyiptom, Belgium és Malajzia, valamint Brazília és Szingapúr környezetvédelmi miniszterei, és számos országból érkezett nemzetközi delegáció is. A Startup Area-ba, azaz az induló vállalkozási szektorba 49 vállalkozás jelentkezett 16 nemzettől.

Az IFAT konferenciáin több, mint 300 szakértő osztotta meg tudását előadások keretein belül,



valamint rengeteg bemutató és számos vezetett megoldási körutazás szerepelt -ez utóbbi 2022-ben került első ízben megrendezésre, a nagy érdeklődésre való tekintettel hagyománnyá kívánják tenni a szervezők.

A 2022-es IFAT kulcstémája az erőforrások hatékony felhasználása és újrahasznosítása volt.

Legyen szó vízről, műanyagról vagy építőanyagról - a fenntartható erőforrás-gazdálkodási megoldások elengedhetetlenek a környezet- és klímavédelemhez. A kiállítás fontos mozgatórugója, a körforgásos gazdaságnak és a környezetvédelmi iparnak.

Az ez évi IFAT-on a fókusz a zárt ciklusokra helyeződött. A körkörös gazdaság minden eddiginél nagyobb teret foglalt a kiállításon. Steffi Lemke német környezetvédelmi miniszter hangsúlyozta:

*"A megfelelően működő körforgásos gazdaság kíméli az elsődleges erőforrásokat, csökkenti a függőséget, és ezáltal jelentősen hozzájárul az éghajlat és a biológiai sokféleség védelméhez. Célunk, hogy elősegítsük a körforgásos gazdaság működését, annak minden szakaszában, és az, hogy a környezetvédelmet vonzó üzleti modellé tegyük."*

2022-ben **négy speciális területet** szenteltek kifejezetten a körforgásos gazdaságnak. A hangsúly a víz esetében is a fenntartható felhasználásra, és a zárt ciklusokra helyeződött. Az ipari termelésben és a városokban is fel kell készülni a szélsőséges szárazságra és heves esőzésekre az intelligens vízgazdálkodás alkalmazásával.

A 2022. IFAT **kiállítói** két csoportra bontva szerepeltek: a **Víz- és csatornaszolgáltatással** foglalkozók

és a **Hulladékgazdálkodási és újrahasznosítási** tevékenységet folytatók

**Víz- és csatornaszolgáltatás témaköre felüli a következő tevékenységet bemutató vállalkozásokat:**

- **Víz- és kútépítési szektor**

Bemutatja, hogyan lehet a kutakat olcsón és biztonságosan fúrni, minőségbiztosítottan és hosszú távon üzemeltetni. A kutak építésére és felújítására irányuló innovatív fejlesztések biztosítják a vízhez, mint erőforráshoz való hozzáférést.

- **Öntözési és vízvezetési technológiák**

A vízvezetési technológia területén az IFAT kiállítói olyan modern eljárásokat és alkatrészeket mutatnak be, amelyekkel a nem kívánt talaj- és esővíz hatékonyan, gazdaságosan, ugyanakkor környezetbarát módon távolítható el. A környezettechnológiai ágazat az "ellenkező irányba" is kínál korszerű megoldásokat: A jelenlegi öntözési módszerek gazdaságilag és ökológiailag ésszerű módon juttatják el ezt a létfontosságú erőforrást oda, ahol szükség van rá.

Az árvizek növekvő problémája is szükségessé teszi a vízfolyások körültekintő fejlesztését és karbantartását. Ártereket kell létrehozni, a patakokat és folyókat vissza kell állítani természetes állapotukba, és stabilizálni a partjaikat. Az IFAT-on ezen a területen bemutatott termékekkel és eljárásokkal nemcsak a természettel összhangban lévő vízkonceptiók valósíthatók meg, hanem az emberek életminősége is javulhat ezáltal.

- **Víz- és szennyvíztisztító üzemek tervezése**

A víz- és szennyvízkezelés az IFAT legnagyobb kiállítási területei közé tartozik - összhangban az e területen megoldandó feladatok globális jelentőségével és nagyságrendjével.

**Az e területen érintett témák a következők**

- **Szennyvíziszap**

A szennyvíziszap stabilizálására, valamint a szennyvíziszap hatékony víztelenítésére és szárítására szolgáló eljárások szintén egyre nagyobb jelentőséggel bírnak. Ezen eljárások fő célja a szennyvíziszapban lévő energia hatékony felhasználása, és az ártalmatlanítandó mennyiség csökkentése.

- **Energiahatékony szennyvíztisztító telepek**

A modern szennyvíztisztító telepek túl nagy energiaigényűek ahhoz, hogy a fenntartható vízvédelemhez szükséges tisztítási teljesítményt biztosítsák. A mérési, ellenőrzési és szabályozási technológia, a levegőztetéshez használt modern aggregátumok, vagy az emésztőgáz felhasználására szolgáló, nagy hatékonyságú, kapcsolt hő- és villamosenergia-termeléssel működő üzemek további fejlődése lehetővé teszi a szennyvíztisztítás energiamérlegének fenntartható javítását.

- **Vízhiány**

A fejlesztők egyre inkább a szennyvízben található értékes anyagok hasznosítására összpontosítanak, mindenekelőtt a szennyvízből, szennyvíziszapból vagy a szennyvíziszap elégetéséből származó hamuból származó foszfor visszanyerésére.

A vízhiány globális probléma, így ennek a pótolhatatlan erőforrásnak a fenntartható felhasználása kötelességünk. A víztisztító telepek jelentős mértékben hozzájárulnak ehhez, például az okos üzemeltetési és esővíz-hasznosítás vagy az úttörő sóatlanítási eljárások révén.

- **Víz- és csatornahálózatok**

Az ivóvízvezetékek és a csatornarendszereket folyamatosan kell bővíteni, fejleszteni, ellenőrizni, karbantartani és felújítani. A vízellátás, és az ehhez szükséges víztechnológia biztosítása világszerte

a környezetvédelmi hatóságok és kormányok legfontosabb feladatai közé tartozik.

Az IFAT kiállítói minden ehhez szükséges elemet biztosítanak. A tartályok, aknák és csövek különböző átmérőben és különféle anyagokból, például betonból, szálcementből, kőanyagból, rozsdamentes acélból és műanyagból készülnek. Korszerű korrózióvédelmük garantálja a piac által megkövetelt tartósságot. Az IFAT-on a csövekhez, vezetékhez és csatornához illeszkedő lefolyók, szerelvények és tömítések szinte áttekinthetetlen választéka áll rendelkezésre.

A víz- és szennyvízhálózat kiépítése után a megfizethető és hatékony karbantartás elengedhetetlen a funkciójuk és értékük megőrzéséhez. Az IFAT-on ezért a tisztításhoz, ellenőrzéshez és felújításhoz szükséges legújabb gépek, berendezések és technikák is bemutatásra kerülnek.

- **Gépészeti és üzemmérnöki tevékenység a vízgazdálkodásban**

A víziparban a gép- és rendszertechnika portfóliója a szivattyúktól és emelőrendszerektől kezdve a hajtástechnológián és a mechanikai, illetve elektromos berendezéseken át a mérési és irányítástechnikáig terjed.

A gép- és üzemtechnológia folyamatosan és gyorsan fejlődik minden tekintetben: energiahatékonyság, minőségi követelmények, üzembiztonság, teljesítmény. A fejlődés dinamikájának egyik fő mozgatórugója a digitalizáció gyors fejlődése, és annak hatása a vízipari gépek és berendezések mérési, ellenőrzési és szabályozási technológiájára.

- **Szolgáltatások a vízügyi ágazatban**

Tervezés, tanácsadás, üzemeltetés, szállítás, újrahasznosítás - a nemzetközi víz- és szennyvízágazatban a szolgáltatások széles skálájára van szükség. Müncheni vásáron bemutatott szolgáltatások

széles skálájának célcsoportjai mind az önkormányzatok, mind az ipari magánvállalkozások. A különböző szolgáltatási ajánlatok és megoldási megközelítések továbbá kiváló áttekintést nyújtanak az iparágról, és így az iparági szakértőkkel folytatott megbeszélések alapját képezik.

- **Vizelemzés és laboratóriumi technológia**

A biztonság és a minőség döntő tényező a jogi irányelvek, az ivóvíz-előírások és az egészségügyi előírások végrehajtása során. A megbízható és tisztán dokumentált ellenőrzések, például ivóvíz-minták és ivóvízelemzések esetében, fontosabbak, mint valaha - különösen, ha a vízérzékeny környezeti közeggel foglalkozunk. A vízgazdálkodás és a kútépítés szigorú állami felügyelet alatt áll. Ennek megfelelően az analitikával szemben támasztott követelmények egyre nőnek. Az IFAT-on lenyűgözően mutatják be, hogy az analitikai és laboratóriumi technológia mire képes ma, és mire lesz képes a jövőben: a vízvizsgálatoktól kezdve, a vizelemzési eljárásokon át, a megfelelő laboratóriumi technológiáig.

- **Oktatás, kutatás, technológiatranszfer**

Minden eddiginél nagyobb szükségünk van gyakorlatias technikai, szerkezeti újításokra az emberiség megélhetésének biztosítása, és a környezet-szennyezés elkerülése érdekében. A tudományos intézmények világszerte részt vesznek a véges erőforrásaink felelősségteljesebb felhasználásának új módjainak keresésében.

A világ népességének növekedése, az éghajlatváltozás, valamint az olyan folyamatok, mint a migráció és az urbanizáció miatt, a víz iránti globális kereslet a jövőben is jelentősen növekedni fog. Ahhoz, hogy a kapcsolódó kihívásokon úrrá tudjunk lenni, innovatív technológiákra, és holisztikus rendszermegoldásokra van szükségünk. Az egyetemek, kutatóintézetek és más "agytrösztök" gyakorlatilag



kimeríthetetlen forrásai az ötleteknek, koncepcióknak, és új fejlesztéseknek.

Az IFAT az első számú iparági kommunikációs platform számukra. A vásár aktívan hozzájárul a víz- és szennyvízágazatban, valamint a hulladék- és másodlagos nyersanyagágazatban tevékenykedő előremutató gondolkodók és a gyakorlati szakemberek hálózatba szervezéséhez.

### 2022. szakvásár kiemelt témája a **Digitalizáció a vízgazdálkodásban**

A vízügyi ágazatot jelenleg foglalkoztató egyik kulcskérdés a digitalizáció kérdése. Milyen lehetőségeket és kihívásokat kínál a digitalizáció a víztechnológia és az analitika számára? Hol van értelme és hol felesleges? Az IFAT fontos tájékoztató pontokat nyújt a Víz 4.0 felé vezető úton: Hogyan lehet a vízgazdálkodásban az adatokat és folyamatokat digitálisan hálózatba kötni, és hogyan lehet optimálisan támogatni a közérdekű szolgáltatások nyújtását? Hogyan profitálhatnak a kis és közepes méretű vízszolgáltatók a digitális vezérlőrendszer előnyeiből, és hogyan tudják kezelni a digitalizáció

felé tett lépést? Az IFAT 2022 a szennyvíz- és vízgazdálkodási ágazatban a digitalizáció témáját kiemelten kezelve biztosított vitafórumot és teret a fenti kérdések megválaszolására.

Philipp Eisenmann, IFAT München projektvezetője szerint:

*„A világ vezető vásárának lenni egyben felelősségvállalást is jelent. Ezért akarjuk a fenntarthatóság elvét kifejezni a tevékenységeinkben is. Szeretnénk jó példát mutatni, és az IFAT-ot folyamatosan, folyamatában is fenntarthatóbbá tenni. Ezt, az anyagok kiválasztásától kezdve a keletkező széndioxid-kibocsátás kompenzálásán, és a hulladékkezelésén át, a kiállítóink és látogatóink motiválásáig terjed. Tegyük együtt még fenntarthatóbbá a müncheni IFAT-ot! Ez ne csak szándék legyen, hanem a hozzáállásunk. Ez legyen döntéseink és cselekedeteink alapja.”*



## „LEG”-EK A VÍZÉPÍTÉS VILÁGÁBAN - I.RÉSZ

PROF. DR. JUHÁSZ ENDRE CSC.

A Földet övező sós vizű tengereket felszabdadják az emberiség létfeltételét adó, kontinenseket képező szárazföldek, ahol természetesen a levegő mellett alapvető harmadik lételem az édesvíz. Társadalom fenntartásához alap cél az életszükségletünk és termelési tevékenységünkhez „kellő” minőségű és mennyiségű víz biztosítása és a létünket olykor veszélyeztető vízkárok elhárítása. Ám a víz egyben speciális potenciáljával ki is szolgálja az emberiséget. Nem véletlen, hogy az eleink főleg vízfolyások, tavak, tengerek mellett vetettek gyökeret.

A mobilitás ősi lehetősége a víz által nyújtott - archimédeszi törvényben is megfogalmazott – elv, azaz a vízkiszorításon alapuló hajók létrejötte, mely Noétól a Vikingeken keresztül a fultoni gőzhajóig, a víz áramlásától vagy a szél erejével mozgatva, nem csak a felszínen, hanem pl. atom meghajtással a vízszint alatt is közlekedve végig kísérte és kíséri az emberiség történelmét. A hajózás nem kíván sok tízezer km.-es kötőpályás alépítményt, ezért az ipari forradalom időszakától számítva különös módon, a vízen történő teherszállítás területén nőtt meg a jelentősége.

A világtengereket elválasztó szárazföldi szűkületek átvágásával lerövidíthetővé válhattak a szállítási hosszok, időt és üzemanyagot stb. takaríthattak meg, ezért az emberi agy megkereste azokat a pontokat, ahol ezek a szempontok leginkább érvényesíthetőkké válhattak.

A jövőben számítani lehet a klímaváltozással járó hó, ill. jégtakarók olvadása általi vízszintemelkedésre is, mely magában hordja a vízi úton történő, nagyobb hajók számára is az áruszállítás Északi „átjárón” keresztül történő teljes föld megkerülését.

A „legek” közül az elmúlt másfél század vízi építkezéseinek egyik legkiemelkedőbb létesítménye, a tengeri áruszállítás meghatározó csomópontja a **Szuezi csatorna, melynek célja Európa és Ázsia közötti szállítási útvonal lerövidítése**. E mesterséges vízi út a Sínai-félsziget nyugati része mentén húzódik és a földközi tengeri Port Szaid és a Vörös tengernél kiépült Szuezi városok között nyúlik.

A Földközi-tengert a Vörös-tengerrel összekötő 190 km-es Szuezi-csatorna az 1869-es átadásakor 8 méter mély, 70 méter széles volt. Jelenlegi hossza 163 km, legkeskenyebb részén 300 m széles, átlagos mélysége 22m. (lásd 1.-2. sz ábrát)

A vízszint különbség - feltehetőleg mérési pontatlanságból származó - néhány cm, ezért zsilipelésre nincs is szükség. A szárazföldi közlekedést a csatornát áthidaló hidak segítik. Viszonylag könnyű volt bővíteni, mert nincsenek rajta zsilipek és a sivatagot szeli át.

Már az újkorban Lesseps Ferdinánd nevű vállalkozó által indított csatornaépítő konzorcium osztrák tervek alapján 1859-ben kezdte el az építési munkákat és tíz évvel később,



1-2-3 sz. ábrák: A víziútak lerövidülése és a csatorna térsége

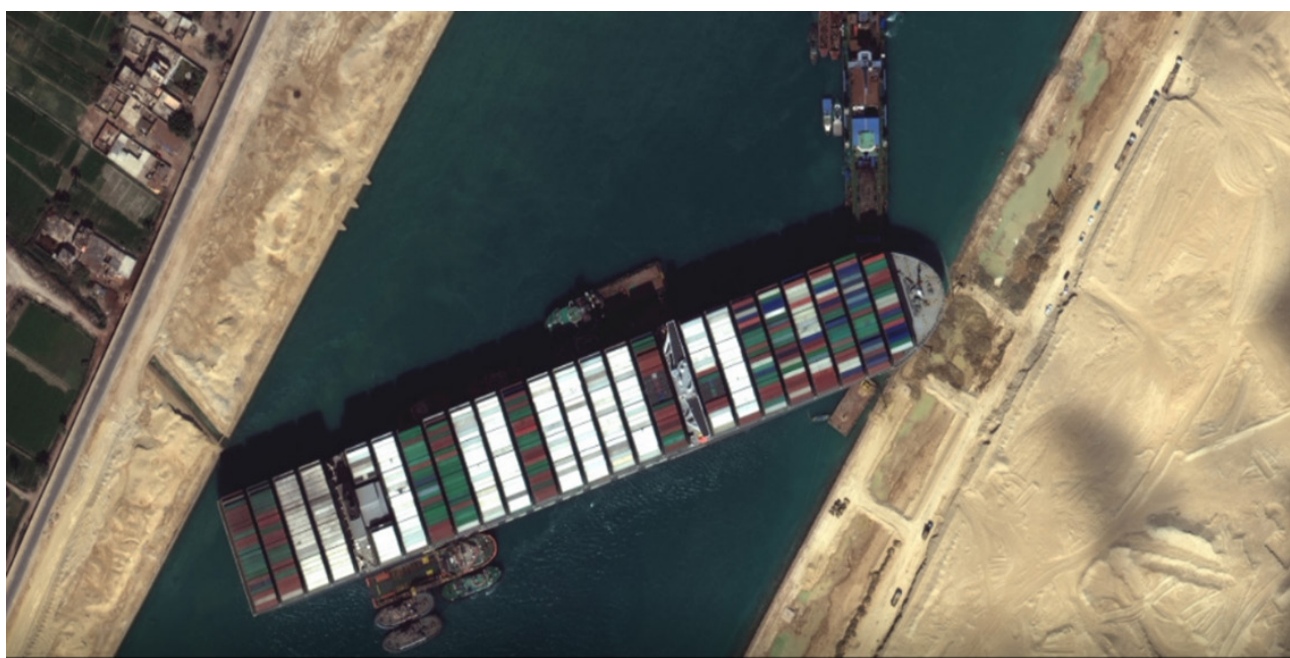
Történelmi jellegét tekintve a Földközi- és a Vörös-tenger közötti mesterséges vízi út létesítésének terve már az ókorban felmerült: III. Szeszotrisz fáraó ásátott először kelet-nyugat irányú csatornát a Tumilat-völgyében (Wadi Tumilat) mely összekapcsolta a Nílust a Vörös-tengerrel a pontokkal való közvetlen kereskedelem érdekében. A csatorna a Kr.e. XIII. századig, II. Ramszeszig fennállt. Amikor betemetődött, II. Néko (Kr.e. 610-595) kezdett új csatornát a Nílus-delta pelusiai ága és a Keserű-tavak északi vége közt, amelyet a perzsa Dareiosz (Kr.e.522-486), Egyiptom meghódítója fejezett be 100 évvel később. Ezt II. Ptolemaiosz (Kr.e. 285-247) bővítette a Vörös-tengerig. Idővel ennek az állapota is romlott (a csatorna partfala helyenként beomlott), de az actiumi csata idején (Kr.e. 31) Kleopátra néhány hajója még átjutott rajta a Vörös-tengerre. Ezután elhanyagolták, csak Traianus (98-117), majd Omár kalifa (VII. század) újította fel, de 767-ben al-Manszúr kalifa a nilusi lázadók elszigetelésére végleg betemetette. (Forrás: Wikipedia)

1869-ben nagy avatási ünnepség keretében adták át és haladt át rajta az első hajó.( Kulturális emlék, hogy ezen az ünnepségen mutatták be Verdi olasz zeneszerző nagy sikert aratott Aida c. operáját)

A korábbi hajózási útvonal hossza Londontól - Afrikát megkerülve - Mumbaig 19 800 km (12 200 mérföld) volt, ami a földközi tengeren keresztül a szuezi csatorna kiépítésével 11 600 km.-re (7 200 mérföld) rövidült. Hasonlóan számottevő szállítási hossz csökkenést jelentett Európa egyik legnagyobb kikötője – Rotterdam - és Kína közötti távolságban jelentkező út megtakarítás is (3.sz. ábra).

Az 1956 öbölháborúban viszontagságokat átélt csatorna (több hónapos zárlat) majd üzemeltetői birtoklás és váltás után a birtokjogot ma már Egyiptom gyakorolja.

Mivel az áteresztő képesség egyre szűkösebbnek bizonyult, sor került a csatorna kiszélesítésére, mely munkálatok jelentős költségvonatot követelve 2015-ben átadásra is kerültek. A hajózó utat oly módon szélesítették ki, hogy a kétirányú közlekedés létre jöhessen (4-5 sz. ábrák), minek hatására az áthaladás ideje csaknem a felére (11 órára), az átbocsátás előtti veszteglési időt 11 órától 3 órára tudták csökkenteni. Lényegesen, mint egy kétszeresére nőtt a napi hajó átbocsátás, mellyel



**7.sz. ábra:** Az óriás konténerhajó balesete

jelentősen javult a beruházás és a fenntartás fizetési mérlege.

A világ teherszállítási forgalma 9-10 %-ban ezen az úton bonyolódik, ami felélénkítette a partmenti térség ipari-kereskedelmi terjeszkedését. Az előnyös beruházás olaj és petrokémiai, gépkocsi összeszerelő, könnyűfém-feldolgozó, raktározást és elosztást segítő logisztikai központokat vonzott, sőt rekreációs körzeteket is alakítottak ki.

Emlékezetes esemény volt a kiszélesített csatorna történetében, amikor a világ 9. legnagyobb 400 m hosszú 200 ezer tonnás óriás konténerszállító hajó keresztbe fordult és napokig elzárta a forgalmat (7.sz ábra)

Feltétlen tudnivaló, hogy esetleges hajó balesetek, keresztbe fordulások és egyéb zavarok elhárítására állandó készségi egység áll rendelkezésre, ugyanis a forgalom kiesés nem csak torlódást, hanem az üzemben tartónak anyagi veszteséget is jelent.



8.sz. ábra: A panama csatorna helyszíne

Az átjáró útnak politikai és hadászati jelentősége miatt az ENSZ gyakorol katonai felügyeletet, ahol ~40 fős magyar katonai kontingens is részt vesz az őrszolgálatban.

## A PANAMA CSATORNA

A Szezei csatornázáshoz hasonló korszakos „leg”-nek számító nagy vízi munka a Panama csatorna építése volt, melyet annak idején és még sokáig az emberiség egyik legnagyobb vállalkozásának tartottak.

A beruházás célja az Atlanti- és a Csendes óceán összekötése - a Szezei csatornához szintén hasonlóan - a vízi szállítási útvonal lerövidítése.

A terv megvalósításával a New-York – San-Francisco közötti szállítási út- vonal 13 000 km-rel (22 500 km- ről 9 500-km-re) rövidült le. Az építést 1881-ben a franciák kezdték meg a Szezei csatornát sikeresen megépítő Lesseps Ferdinánd irányításával. A pontatlan előkészítés, illetőleg a rossz felmérés miatt a költségeket rendkívül alá becsülték, amit még tovább tetézett a „panamázás” néven elhíresült nyereszedés. A mocsaras körülmények közepette a sárgaláz és a malária rendkívül megtizedelte



9.sz. ábra: Hajó útvonal csökkenés

a zömében környékből verbuvált munkavállalókat. A feljegyzések szerint a csatornaépítés kapcsán ~27 500-an vesztették életüket.

A franciák által indított vállalkozás hamarosan csődbe jutott. Az USA az addig végzett munkát 40 millió dollárért átvette a korábban megépített panama vasúttal együtt és folytatta a víziút építését. A két világtengert összekötő átjáró 77km. hosszon három zsilippel 1914-ben bocsátotta át az első hajót.

A szállítandó mennyiség növekedése maga után vonta a hajók méretének növelését, a régi zsilipkamrák mérete az rövid idő után szűknek bizonyult. A 33,5 x 320 x 12,5 méteres zsilipkamrákat 2016 –ra jelentős költségvonzattal felbővítették. Új „panamax” normát vezettek be a (szélesség 49 m, hossz 66 m, mélység 15,2m), hogy a nagyobb testű és merülésű hajók nagyobb rakománnyal tudjanak közlekedni. Az átkelni szándékozó hajóknak e normához kell igazodni. A párhuzamos kamrák számának megtoldásával ugyan csak a jobb kihasználás lehetőségét kívánták javítani. A vízszintet a tengerszinthez képest 26 m–el emelték meg. A konténerekkel magasan megpakolt hajók



10.sz. ábra: A megnövelt új zsilip

miatt a vízi út felett megépített három híd magassági őrzelvény méretét a legalacsonyabb vízszinthez mérten 62,5 m.-ben határozták meg.

A bővítés után 2016 –ban indult meg a forgalom.

A Panama csatorna a Szuezi csatorna csupán egyharmad áruszállítási kapacitását képviseli, a megvalósítása – nem számítva az elhalálozások nagyságát – annak, mint egy négyszeresére rúgott.

A tengeri kereskedelem eme világútjának birtoklásáért hosszabb tárgyalás sorozat után ma már maga Panama állam a tulajdonosa, s a bővítési munkálatokat saját keretein belül fedezte.

Míg a csatorna a Karib tengeren át a két óceánt köti össze, a csatorna felett három híd ível át melyek közül az „Amerika híd” jelképesen is a „két” Amerikát kapcsolja össze.

## A KORINTHOSZI CSATORNA

A csatorna megvalósításával az Athén-Pireus kikötőjéből a Földközi tenger irányában való főbb kereskedelmi útvonal, mint egy 185 mérföldes hosszban válik rövidebbé.



11.sz. ábra: Az Amerika híd képe



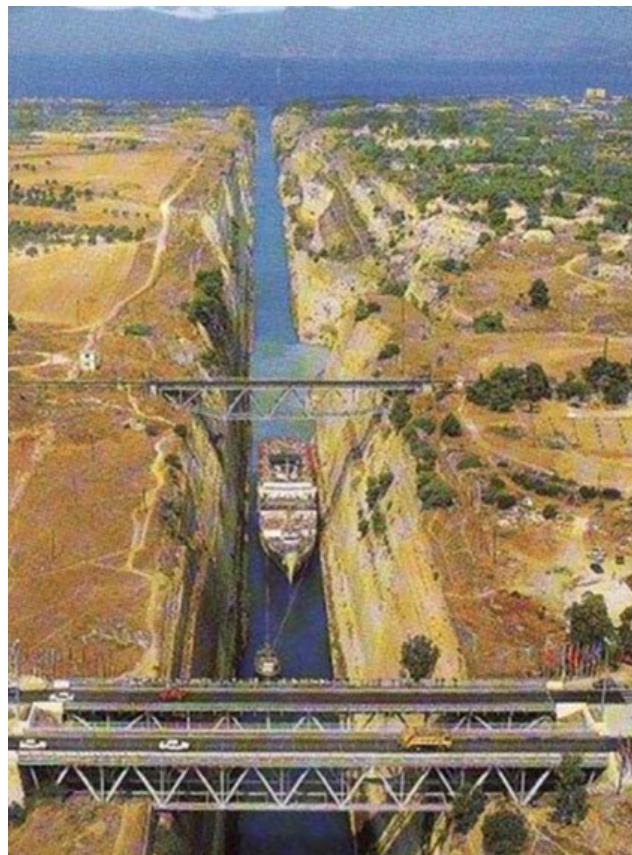
A létrehozását már az Ókorban is felvetették, de az akkori kézi ásással történő végrehajtás sikerében nem láttak reményt, úgy vélték meghaladja képességeiket. A földszoros átvágása Cézár és Caligula uralkodása idejében még csak szóba került (Kr.e 37-41), ám Néró már 6000 rabszolgát mozgósított a helyszínre, azonban halálával a munka abbamaradt. Közel 2000 év elmúltával, a Szezei és a Panama csatornák megépítése ismét felszínre hozta a földszoros átvágásának gondolatát

A csatorna építését ez úttal is a franciák kezdeményezték, ám az építkezés megkezdése után hamarosan csödbe jutottak. A beruházást egy görög vállalkozási csoport vette át és a görög állam a panamai építkezést megjárta Türr Istvánt bízta meg a munka levezetésével aki Gerster Béla szintén panamát megjárta magyar mérnök tervei alapján folytatta a munkát.

Türr István (1825-1908) Baján egyszerű családban született. Nyughatatlan fiatal volt, 17 évesen beállt katonának ahol a XIX sz. szabadságharcainak szinte mindegyikében részt vett. Az olasz egység megvalósítása érdekében folyó küzdelemben Garibaldi oldalán harcolt. Sikereit elismerve hamarosan a „rendíthetetlen magyar” jelzővel illették és tábornoki rangig emelkedett. Miután feleségül vette III. Napóleon császár unokahúgát (Adelina Bonaparte Wyse) francia kapcsolatai révén, mint szervező és tanácsadó ki került a panama csatorna építéséhez. Itt együtt dolgozott Gersterrel és együtt építették meg a mélybevágásos görögök által finanszírozott vízi utat.

Az átvágás hossza 6 343 m, fenék szélessége 21 m, terepszinten mért szélessége 27 m, mélysége 8,3 m.

Az építési munkák során a talaj állékonyságától függően a 80 m-es magas part esetében ~ 4:1 (~750) viszonylag meredek rézsüt alakítottak



**13.sz. ábra:** A csatorna látképe



**Borsos József fényképfelvétele Türr Istvánról (1870-es évek)**

ki, mely omlás veszéllyel járt. Míg a szuezi csatorna építésénél a sivatagos-, a Panama csatornánál a lápos –mocsaras talajokkal kellett az építőknek megbirkózni, itt összesen 11 millió m<sup>3</sup> földet és kőzetet termeltek ki, amihez a kézi erővel történő mélyítésen túlmenően 450 tonna dinamitot is felhasználtak

Az 1881-93 években végzett látványos munka eredményeként a kor magas műszaki színvonalán a közel 6,5 km.-es vízi út sikeresen összekötötte az Égei tenger és a Jóni tenger közötti Korinthoszi és a Száróni öblöket, mely lehetővé tette a görög főváros és a délolasz városok közötti kereskedelmi kapcsolatot ~185 tengeri mérfölddel rövidített útvonalon történő elérését. Az építéshez hozzátartozott egy vasúti és egy közúti híd megépítése is. A Peloponnészoszi-félsziget valójában szigetté változott. A megrövidített víziutat a csatorna nem tudja kereskedelmileg eléggé kihasználni, mert

a korában elégségesnek meghatározott fenék méret szélessége mára ~10 000 tonnánál nagyobb hajók közlekedését nem teszi lehetővé. Jobbára csupán a turista forgalom veszi igénybe, ezért a görög állam tartja fenn.

A csatorna ünnepélyes átadására 1893 augusztusában a görög királyi pár - I. György és Olga királyné - jelenlétében került sor, továbbá az építők tiszteletére való tekintettel is Ferenc József császár is megjelent.

A csatorna bejáratánál elismerés képpen márvány emlékkövel emlékeztek meg a magyar építőkről, melyen Türr István és Gerster Béla nevén kívül négy magyar építési kiválóság is szerepel.

## *A magyar tervezők és építők emlékoszlopa*

tervező **Türr István** tábornok  
építő: **Gerster Béla** mérnök

Mérnökök  
**Kauser István**  
**Nyári László**  
**Stégmüller István**  
**:Pulszki Garibaldi**



15.sz. ábra: Türr emlékmű a szoros bejáratánál

## NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM - VÍZÜGYI ÖSZTÖNDÍJ

**A Nemzeti Közzszolgálati Egyetem Vízudományi Karán a 2022/23. tanév őszi félévétől kerül bevezetésre a Vízügyi ösztöndíj.** A pályázat kiírására 2022 augusztusában kerül sor. Az ösztöndíj a nappali munkarendű, építőmérnök hallgatók számára biztosít támogatást a képzés teljes időtartamára. A bajai vízügyi képzés országos hírű és jelentőségű, a vízügyi ágazat egyik legfontosabb utánpótlási bázisa. A Vízudományi Kar célja a hallgatók kulcskompetenciáinak és készségeinek fejlesztése, valamint a gyakorlatorientált képzés támogatása, folyamatos biztosítása. Az ösztöndíj nemcsak rendszeres havi pénzügyi támogatást, hanem a diploma megszerzését követően biztos

munkahelyet jelent az ösztöndíjat elnyert hallgatók számára. Sikeres pályázat esetén a Nemzeti Közzszolgálati Egyetem, mint ösztöndíj nyújtó és az Országos Vízügyi Főigazgatóság, mint munkahelyet biztosító szerződést köt minden eredményes pályázóval. A bírálati szempontok között szerepel az elért felvételi pontszám, valamint a szakmai és tudományos előélet. A jelentkezők szakmai elhivatottságuk bemutatására egy szakmai motivációs elbeszélgetésen is részt vesznek.

**A pályázatról részletes információk a <https://vtk.uni-nke.hu/hallgatoknak/tanulmányi-ugyek/golyaknak/vizugyi-osztondij> oldalon található.**

## MHT IFJÚSÁGI NAPOK A VÍZTUDOMÁNYI KARON

**A 2022. évi XXVII. Ifjúsági Napokat 2022. december 1-2. között Baján, a Nemzeti Közzszolgálati Egyetem (NKE) Vízudományi Karán (VTK) rendezik meg, az MHT Ifjúsági Bizottsága és Bács-Kiskun megyei Területi Szervezete, valamint az NKE VTK szervezésében.**

Az Ifjúsági Napok célja, hogy a fiatal mérnökök a Társaság keretei között bemutatkozhatnak, megismerhessék egymást, bővíthessék szakmai

kapcsolataikat, szakmai tudásukat, fejleszthessék előadói készségüket. A rendezvényre elsősorban a társaság 35 év alatti tagjait várjuk, de a programon a szervezet minden tagja és bármely érdeklődő részt vehet, korhatártól függetlenül. **Jelentkezni lehet a hazai vízgazdálkodást érintő bármely témában készült előadással vagy plakáttal.**

**Bővebb információ [itt](#) található.**



# VÍZ- ÉS SZENNYVÍZKEZELÉS AZ IPARBAN 2022 KONFERENCIA

**A KONFERENCIA IDŐPONTJA: 2022. OKTÓBER 13. (CSÜTÖRTÖK)**

Helyszín: HOTEL KAROS SPA\*\*\*\*superior (8749 Zalakaros, Alma utca 1.)

Bolygónk népességével együtt rohamosan nő az egészséges ivóvíz iránti igény, globális kihívás elé állítva az emberiséget. A víz hamarosan a jövő legfontosabb ásványkincsévé válik, ezért egyre inkább felértékelődnek a versenyképes vízkezelő és víztisztító technológiák. Az iparág hazai fejlesztéseiben élenjáró Soós Ernő Kutató-Fejlesztő Központ idei évben nyolcadik alkalommal rendez nemzetközi tudományos konferenciát a témában.

A Soós Ernő Kutató-Fejlesztő Központ a régió messze túlmutató tudásbázis, amelynek „Víz- és Szennyvízkezelés az iparban” című éves konferenciája mára már határokon átnyúló szakmai eseménnyé vált. A szervezők legfőbb célja, hogy összekapcsolják a tudomány és az ipar szereplőit, lehetőséget biztosítva a legújabb kutatási eredmények és az ipari tapasztalatok bemutatására, teret adva a szakemberek, kutatók, ipari partnerek tapasztalatcseréjéhez és kapcsolatépítéshez.

**Regisztráció:** <http://www.sooswrc.hu> honlapon.

**Kapcsolattartó:**

**Kovács Barbara** (Pannon Egyetem – Soós Ernő Kutató- Fejlesztő Központ)

**E-mail elérhetőség:**

[conference@pen.uni-pannon.hu](mailto:conference@pen.uni-pannon.hu)

**Telefon:** +36 30 504 5331



